

AUS DER RINDERABTEILUNG DER CHIRURGISCHEN TIERKLINIK DER TIERÄRZTLICHEN
FAKULTÄT DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN
VORSTAND: PROF. DR. DR. HABIL. U. MATIS

ARBEIT ANGEFERTIGT UNTER DER LEITUNG VON
PROF. DR. DR. HABIL. R. KÖSTLIN

ULTRASCHALLDIAGNOSTIK AM KARPALGELENK DES RINDES –
EIN STANDARDISIERTER UNTERSUCHUNGSGANG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Christine Nikola Saule
aus
Augsburg

MÜNCHEN 2004

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof.Dr. A. Stolle
Referent: Univ.-Prof.Dr. R. Köstlin
Korreferentin: Priv.-Doz.Dr. B. Wollanke

Tag der Promotion: 13. Februar 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Literaturübersicht	7
2.1	Anatomie der Karpalgelenkregion des Rindes	7
2.1.1	Knöcherne Grundlage des Karpalgelenkes	7
2.1.1.1	Ossa antebrachii	7
2.1.1.2	Vorderfußwurzelknochen	8
2.1.1.3	Metakarpalknochen	10
2.1.2	Vorderfußwurzelgelenk	11
2.1.2.1	Unterarm-Vorderfußwurzelgelenk	11
2.1.2.2	Vorderfußwurzel-Mittelgelenk	11
2.1.2.3	Vorderfußwurzel-Mittelfußgelenke	12
2.1.2.4	Punktionsstellen im Bereich des Karpalgelenkes	12
2.1.3	Bänder im Bereich des Karpus	13
2.1.3.1	Seitenbänder	14
2.1.3.2	Unterarm-Fußwurzelbänder	14
2.1.3.3	Bänder des Os carpi accessorium	14
2.1.3.4	Interkarpalbänder	16
2.1.3.5	Fußwurzel-Mittelfußbänder	16
2.1.3.6	Bewegungsmöglichkeiten des Karpalgelenks	16
2.1.4	Muskeln des Karpalgelenks	17
2.1.4.1	Muskulatur dorsal und lateral am Karpus	17
2.1.4.2	Muskulatur medial und palmar am Karpus	18
2.1.5	Weitere synoviale Einrichtungen	20
2.1.5.1	Hilfseinrichtungen im Verlaufe der Muskeln der Karpalgelenkregion	20
2.1.5.2	Synoviale Einrichtungen im Verlauf von Bändern	22
2.1.5.3	Hautschleimbeutel	22
2.1.6	Blutgefäßversorgung im Karpalgelenkbereich	23
2.1.6.1	Arterielle Blutgefäßversorgung	23
2.1.6.2	Venöser Blutabfluß aus der Karpalgelenkregion	25
2.1.7	Lymphatische Einrichtungen	25
2.1.8	Nerven im Bereich des Karpus	27
2.1.8.1	Versorgung der Haut	28
2.1.8.2	Versorgung tieferliegender Strukturen	29
2.2	Ultraschalldiagnostik am Bewegungsapparat	32
2.2.1	Grundlegendes zur Ultraschalldiagnostik	32

2.2.1.1	Technische Grundlagen des Ultraschalls	32
2.2.1.2	Vorteile der Ultraschalluntersuchung gegenüber anderen bildgebenden Verfahren	32
2.2.1.3	Nachteile und Grenzen der sonographischen Untersuchungstechnik	34
2.2.1.4	Bilddokumentation und Befundinterpretation in der Ultraschall-diagnostik	34
2.2.2	Orthopädische Ultrasonographie bei Großtieren	37
2.2.2.1	Strukturen des Gelenkes und deren ultrasonographische Normalbefunde	37
2.2.2.1.1	Knochen und Knorpel	37
2.2.2.1.2	Muskulatur	38
2.2.2.1.3	Sehnen, Bänder, Sehnenscheiden und Schleimbeutel	38
2.2.2.1.4	Gelenkkapsel, Gelenkspalt und Gelenkaussackungen	39
2.2.2.1.5	Gefäße	39
2.2.2.1.6	Nerven	40
2.2.2.1.7	Weichteilgewebe	40
2.2.2.2	Wichtige Abbildungsartefakte bei sonographischen Gelenkuntersuchungen und ihre Interpretationsmöglichkeiten	40
2.2.2.2.1	Wiederholungsechos	40
2.2.2.2.2	Schallschatten	41
2.2.2.2.3	Bogenartefakte	41
2.2.2.2.4	Rauschen	43
2.2.2.3	Ultraschalluntersuchungen im Bereich des Karpus	43
2.2.2.3.1	Untersuchung des Karpalgelenks des Pferdes	43
2.2.2.3.2	Untersuchungen am Karpus des Rindes	45
3	Eigene Untersuchungen	47
3.1	Material und Methode	47
3.1.1	Untersuchungsgut	47
3.1.2	Apparative Ausrüstung	50
3.1.2.1	Ultraschallgerät, Bilddokumentation und Weiterverarbeitung	50
3.1.2.2	Weitere verwendete Geräte	50
3.1.3	Voruntersuchungen	51
3.1.3.1	Isolierte Karpalgelenke	51
3.1.3.2	Gefriersägeschnitte	51
3.1.4	Hauptuntersuchungen	52
3.1.4.1	Standardisierter Untersuchungsgang	52
3.1.4.2	Darstellung der wassergefüllten Gelenkaussackungen	54
3.1.4.3	Klinische Fälle	55
3.2	Ergebnisse	57
3.2.1	Gefrierschnitte der vier horizontalen Untersuchungsebenen.	58
3.2.2	Untersuchungsgang und Gefrierschnitte der 8 vertikalen Untersuchungsebenen	62
3.2.2.1	Dorsale Schallkopfposition	62
3.2.2.1.1	Untersuchungsebene 1	64
3.2.2.1.2	Untersuchungsebene 2	66
3.2.2.1.3	Untersuchungsebene 3	68

3.2.2.1.4	Untersuchungsebene 4	70
3.2.2.2	Dorsolaterale Schallkopfposition	72
3.2.2.2.1	Untersuchungsebene 1	74
3.2.2.2.2	Untersuchungsebene 2	76
3.2.2.2.3	Untersuchungsebene 3	78
3.2.2.2.4	Untersuchungsebene 4	80
3.2.2.3	Laterale Schallkopfposition	82
3.2.2.3.1	Untersuchungsebene 1	84
3.2.2.3.2	Untersuchungsebene 2	86
3.2.2.3.3	Untersuchungsebene 3	88
3.2.2.3.4	Untersuchungsebene 4	90
3.2.2.4	Lateropalmare Schallkopfposition	92
3.2.2.4.1	Untersuchungsebene 1	94
3.2.2.4.2	Untersuchungsebene 2	96
3.2.2.4.3	Untersuchungsebene 3	98
3.2.2.4.4	Untersuchungsebene 4	100
3.2.2.5	Palmare Schallkopfposition	102
3.2.2.5.1	Untersuchungsebene 1	106
3.2.2.5.2	Untersuchungsebene 2	108
3.2.2.5.3	Untersuchungsebene 3	110
3.2.2.5.4	Untersuchungsebene 4	112
3.2.2.6	Mediopalmare Schallkopfposition	114
3.2.2.6.1	Untersuchungsebene 1	116
3.2.2.6.2	Untersuchungsebene 2	118
3.2.2.6.3	Untersuchungsebene 3	120
3.2.2.6.4	Untersuchungsebene 4	122
3.2.2.7	Mediale Schallkopfposition	124
3.2.2.7.1	Untersuchungsebene 1	126
3.2.2.7.2	Untersuchungsebene 2	128
3.2.2.7.3	Untersuchungsebene 3	130
3.2.2.7.4	Untersuchungsebene 4	132
3.2.2.8	Dorsomediale Seite	134
3.2.2.8.1	Untersuchungsebene 1	136
3.2.2.8.2	Untersuchungsebene 2	138
3.2.2.8.3	Untersuchungsebene 3	140
3.2.2.8.4	Untersuchungsebene 4	142
3.2.2.9	Musculus abductor pollicis longus	144
3.2.2.9.1	Untersuchungsebene 1	146
3.2.2.9.2	Untersuchungsebene 2	148
3.2.2.9.3	Untersuchungsebene 3	150
3.2.2.9.4	Untersuchungsebene 4	152
3.3	Experimentelle Füllung von Gelenken	154
3.3.1	Dorsale Schallkopfposition	154
3.3.2	Zwischen dorsaler und dorsomedialer Schallkopfposition	154
3.3.3	Zwischen dorsaler und dorsolateraler Schallkopfposition	156
3.3.4	Laterale Schallkopfposition	156
3.4	Klinische Fälle	158

3.4.1	Fallbeispiel 4	158
3.4.2	Fallbeispiel 6	163
3.4.3	Fallbeispiel 12	168
3.4.4	Fallbeispiel 14	171
3.4.5	Fallbeispiel 20	174
3.4.6	Fallbeispiel 24	176
4	Diskussion	181
4.1	Patientenvorbereitung, apparative Ausrüstung und Untersuchungsgang	181
4.2	Muskeln, Sehnen, Sehnenscheiden und Bänder	182
4.3	Nerven und Blutgefäße	185
4.4	Gelenkbildende Anteile	186
4.5	Experimentelle Füllung von Gelenken	187
4.6	Pathologische Zustände am Karpus	188
5	Zusammenfassung	191
6	Summary	193
7	Literaturverzeichnis	201

1 Einleitung

Die Ultraschalluntersuchung des Karpus beim Rind stellt nicht völliges Neuland dar. Untersuchungen zur Ultrasonoanatomie von Strukturen im Bereich des Karpalgelenks sind in der Literatur vorhanden (Kofler, 2000), ebenso wie sonographische Darstellungen von pathologischen Veränderungen im Bereich dieses Gelenkes (Kofler, 1995b, 1997a,b). Trotz dieser Pionierarbeiten fehlen, insbesondere wenn man die Forderung nach einer fundierten Kenntnis der Anatomie der zu untersuchenden Strukturen als entscheidende Grundlage der Ultrasonographie berücksichtigt, noch viele grundlegende Daten zu einer kompletten, nachvollziehbaren Darstellung dieses häufig erkrankten und insofern klinisch wichtigen Gelenks beim Rind. Insbesondere für das Pferd (Mettenleiter, 1995; Cauvin et al., 1997; Budde, 1997; Tnibar et al., 1993), aber auch für das Rind existieren detaillierte, beispielhafte Darstellungen von anderen Gelenkregionen (Flury, 1996; Schock, 1997). In Orientierung an den Vorgehensweisen der Untersuchung dieser Gelenke sollte ein standardisierter Untersuchungsgang der Karpalgelenkregion des Rindes erstellt werden, der die ultrasonographische Anatomie vollständig darlegt und die verschiedenen Erkrankungsformen besser beurteilbar macht.

2 Literaturübersicht

2.1 Anatomie der Karpalgelenkregion des Rindes

Damit eine hinsichtlich einer Befunderhebung erfolgreiche sonographische Untersuchung durchgeführt werden kann, sollte der Untersucher über fundierte Anatomiekenntnisse der entsprechenden Region sowie eine detaillierte räumliche Vorstellung der anatomischen Gegebenheiten verfügen (Fritsch und Gerwing, 1993; Gladisch, 1993; Kofler, 1997b).

Die in den folgenden Abschnitten verwendeten anatomischen Angaben stammen grundlegend aus den Lehrbüchern von Sisson und Grossman (1938), Ellenberger und Baum (1974), Wilkens (1984), Vollmerhaus (1984), Dyce et al. (1991), Nickel et al. (1992), Seiferle und Frewein (1992) und Seiferle (1992).

2.1.1 Knöcherne Grundlage des Karpalgelenkes

Die knöcherne Grundlage des Karpalgelenks wird an der proximalen Gelenketape von der Metaphyse und der distalen Epiphyse der Ossa antebrachii gebildet; es schließen sich die Ossa carpi an, auf die distal die proximale Epiphyse der Ossa metacarpalia folgt.

2.1.1.1 Ossa antebrachii

Die das Zeugopodium bildenden Radius und Ulna sind im jugendlichen Alter durch die membrana interossea bindegewebig verbunden. Mit zunehmendem Alter erfolgt eine knöcherne Umbildung der Membran, wobei nur noch proximal und distal je ein Spatium interosseum bleiben, die dem Durchtritt von Blutgefäßen und Nerven dienen.

Die Ulna reicht beim Rind bis in die Höhe des Karpus, ist aber sowohl im Bereich der Diaphyse als auch am distalen Ende stark zurückgebildet. Sie verläuft von kaudolateral im proximalen Abschnitt auf die laterale Seitenfläche des sich kranio-medial anlegenden Radius.

Das distale Endstück der Ulna wird als Caput bezeichnet. Der als lateraler Bandhöcker dienende Processus styloideus ulnae steht nach zehenwärts dornförmig über die Gelenkfläche des Radius vor. Medial hat die Ulna knöcherne Verbindung zum Radius.

Der das Hauptgewicht tragende, kranio-kaudal stark abgeplattete Radius besitzt als distales Endstück die Speichenwalze, Trochlea radii. Sie ist relativ breit und verfügt über eine durch zwei Sagittalkämme dreigeteilte Facies articularis carpea, welche nach medial um 20° hin abfällt (Schraml, 1931). Nach lateral wird die Gelenkfläche des Radius durch den Processus styloideus der Ulna ergänzt. An der Kaudalfläche der Speichenwalze befindet sich die niedrige und rauhe Crista transversa; distal dieser dienen zwei Gruben der Aufnahme des Os carpi intermedium und des Os carpi accessorium bei Gelenkbeugung. Die Dorsalfläche der Speichenwalze ist gekennzeichnet durch zwei flache Sehnenrinnen. Medial bildet der Processus

styloideus radii als Höcker eine Ansatzstelle für die Gelenkbänder, während die laterale Fläche knöchern mit der Ulna verschmolzen ist.

Die beiden Enden von Radius und Ulna verfügen über getrennte Ossifikationszentren, so dass das Längenwachstum dieser beiden Knochen aus distaler, aber auch aus proximaler Richtung erfolgt. Der distale Ossifikationskern der Radiusepiphyse erscheint im 7. Trächtigkeitsmonat (König und Liebich, 1999). Lindsay (1969) konnte röntgenologisch das Auftreten dieses Ossifikationskerns auf den 188. Trächtigkeitstag festlegen. Der endgültige Schluß der distalen Wachstumsfuge ist im Alter von 3,5–4 Jahren erreicht (Sisson und Grossman, 1938; Greenough und Weaver, 1997; König und Liebich, 1999). Zur gleichen Zeit stellt die distale Wachstumszone der Ulna ihr Längenwachstum ein (Greenough und Weaver, 1997; Sisson und Grossman, 1938; König und Liebich, 1999). Ihr Ossifikationskern tritt ebenfalls zum erstenmal im 7. Trächtigkeitsmonat auf (König und Liebich, 1999). Lindsay (1969) datiert mittels Röntgenuntersuchung sein erstes Auftreten auf den 215. Trächtigkeitstag. Sowohl die distale Epiphyse des Radius als auch jene der Ulna sind bei einem neugeborenen Kalb laut Burt et al. (1968) röntgenologisch zu erkennen.

2.1.1.2 Vorderfußwurzelknochen

Die Ossa carpi bilden das Basipodium der Gliedmaßen spitze. Sie sind in zwei Reihen angeordnet, der proximalen oder antebrachialen und der distalen oder metakarpalen Reihe. Eine während der fötalen Entwicklungsphase auftretende, aus ein bis vier Ossa carpi centralia bestehende interkarpale Reihe, wie beim Fleischfresser, findet sich beim Wiederkäuer nicht.

Beim Rind sind sechs Ossa carpi vorhanden. Vier befinden sich in der antebrachialen Reihe und nur zwei in der metakarpalen Reihe, da das Os carpale I fehlt und das Os carpale II und III miteinander verschmolzen sind (Abb. 2.1).

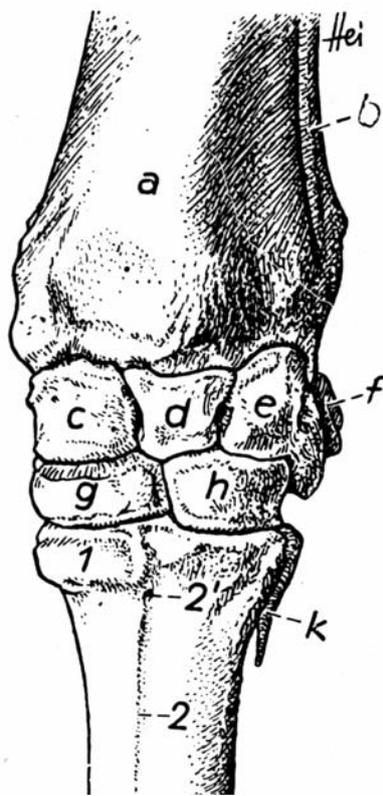
In der proximalen Reihe reihen sich, von medial nach lateral angeordnet, das Os carpi radiale (= Os scaphoideum, Cr), das Os carpi intermedium (= Os lunatum, Ci), das Os carpi ulnare (= triquetrum, Cu) und das Os carpi accessorium (= Os pisiforme, Ca) aneinander. In der metakarpalen Reihe liegt medial das Os carpale secundum et tertium (= Os trapezoidem, C II+III), lateral schließt sich das Os carpale quartum (= Os hamatum, C IV) an.

Das einem Würfel mit einer palmaren pyramidenförmigen Ausziehung ähnliche Os carpi radiale (Schraml, 1931) artikuliert proximal mit dem Radius, distal mit dem Os carpale II +III, wobei beide Gelenkflächen eine starke Aushöhlung zeigen. Lateral besteht eine Gelenkfläche zum Os carpi intermedium.

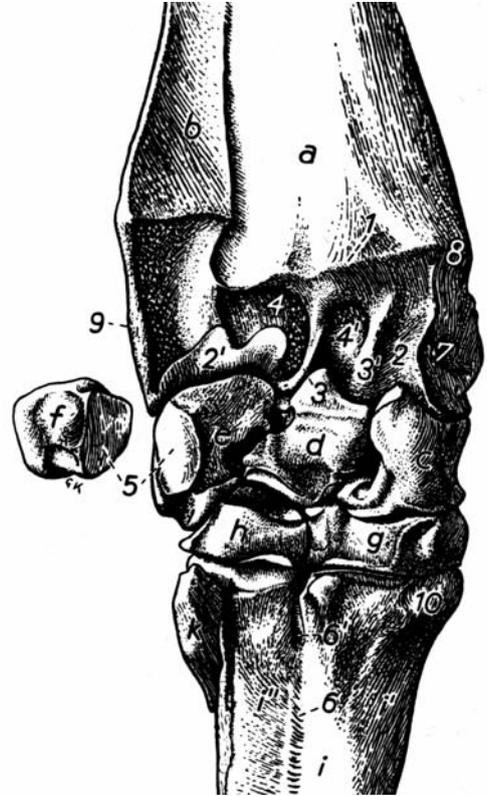
Beim Os carpi intermedium ist die palmare Fläche breiter als die dorsale, welche eine fast quadratische Form aufweist (Schraml, 1931). Dorsal artikuliert es mit dem Radius. Die Gelenkfläche weist palmar einen zapfenähnlichen Fortsatz auf, der sich bei Beugung des Gelenkes durch Einsenkung in die mittlere Grube der Speichenwalze die sog. Knochenhemmung bewirkt (Schraml, 1931). Die Artikulation medial mit dem Os carpi radiale erfolgt durch eine hakenförmige Umgreifung (Schraml, 1931), wohingegen die Gelenkflächen zum lateral gelegenen Os carpi ulnare und zu den distal gelegenen Ossa carpalia II + III und IV eher plan verlaufen.

Das große und sehr unregelmäßig geformte Os carpi ulnare artikuliert proximal sowohl mit dem Radius als auch mit der Ulna, wobei die Ulna in der starken Aushöhlung des Os carpi ulnare zu liegen kommt. Das Os carpale IV wird mit einem nach distal gerichteten Vorsprung lateral umfaßt. Medial finden sich zwei Gelenkflächen zum Os carpi intermedium; die Gelenkfläche zum palmar angelagerten Os carpi accessorium hat ovale Gestalt.

Das als Sesambein lateral angelagerte Os carpi accessorium weist die Gestalt eines nach



(a) Dorsolateralansicht



(b) Mediopalmaransicht

Abb. 2.1: Knöchernen Grundlage des Karpalgelenkes aus: Seiferle und Frewein (1992)

(a) Dorsolateralansicht: a = Radius; b = Ulna; c = Os carpi radiale; d = Os carpi intermedium; e = Os carpi ulnare; f = Os carpi accessorium; g = Os carpale secundum et tertium; h = Os carpale quartum; k = Os metacarpale quintum; 1 = Tuberositas ossis metacarpalis III; 2 = Sulcus longitudinalis dorsalis mit Canalis metacarpi proximalis (2')

(b) Mediopalmaransicht: a = Radius; b = Ulna; c = Os carpi radiale; d = Os carpi intermedium; e = Os carpi ulnare; f = Os carpi accessorium (herausgeklappt); g = Os carpale secundum et tertium; h = Os carpale quartum; i = Hauptmittelfußknochen; i' = sein Os metacarpale tertium; i'' = sein Os metacarpale quartum; k = Os metacarpale quintum; 1 = Crista transversa; 2 = Facies articularis carpea Trochlea radii, durch Gelenkfläche des Processus styloideus ulnae (2') ergänzt, mit zwei Sagittalkämmen (3,3') und zwei Gruben (4,4'); 5 = Kontaktfläche des Os carpi ulnare bzw. accessorium; 6 = Sulcus longitudinalis palmaris mit 6' Canalis metacarpi proximalis; 7 = mediale Bandgrube; 8 = Processus styloideus radii; 9 = Processus styloideus ulnae; 10 = medialer Bandhöcker des Os metacarpale tertium;

palmar gerichteten Zapfens bzw. einer Knolle (Schraml, 1931) auf. Es artikuliert nur mit dem Os carpi ulnare, nicht jedoch mit dem Radius.

Das breite und recht platte (Schraml, 1931) Os carpale II + III artikuliert lateral mit dem Os carpale IV, distal durch eine fast plane Gelenkfläche mit dem Os metacarpale III. Die nach proximal zum Os carpi radiale und Os carpi intermedium gerichtete Gelenkfläche teilt sich in einen kranialen, dreieckig geformten kleineren Abschnitt und einen größeren, bis auf die Palmarseite ziehenden walzenförmigen kaudalen Abschnitt (Schraml, 1931).

Am relativ großen, beinahe würfelförmigen Os carpale IV findet sich distal eine viereckige, unregelmäßig geformte Gelenkfläche zum Os metacarpale IV, die sich etwas auf den palmaren Bereich des Vorderfußwurzelknochens ausdehnt. Die Gelenkfläche zieht auch auf die laterale Seite des Os carpale IV und geht mit dem zapfenförmigen Fortsatz des Os carpi ulnare eine Verbindung ein.

Da beide Knochenreihen entsprechend der Neigung der Radiuswalze schräg nach medial abfallen, entsteht die „Knieenge des Rindes“ (Ellenberger und Baum, 1974).

2.1.1.3 Metakarpalknochen

Die Ossa metacarpalia bilden das Metapodium des Autopodiums und sind in der für den Paarzeherfuß typischen Form ausgeprägt.

Der Hauptmittelfußknochen, auch Röhrbein genannt, entsteht durch die Verschmelzung der Ossa metacarpalia III und IV. Diese beginnt beim Fötus im Alter von 80 bis 100 Tagen und endet mit 120 bis 150 Tagen Lebensalter, wobei auch bei älteren Rindern eine vollständige Verbindung beider Knochen ausbleibt (Diesem et al., 1971). Lateral des Röhrbeins findet sich beim Rind ein Nebenmittelfußknochen, das Os metacarpale V. Es hat die Form eines sich nach distal verjüngenden Stäbchens und liegt auf einer Länge von 3,5 – 4 cm dem Proximalende des Hauptmittelfußknochens zum Teil gelenkig, zum Teil bindegewebig verbunden an. Selten erreicht es das Distalende des Os metacarpale IV.

Fötal werden in Vorknorpelstadium nach Ellenberger und Baum (1974) auch die Ossa metacarpalia I und II angelegt. Sisson und Grossman (1938) hingegen erwähnen nur das Os metacarpale II, welches im Laufe der Entwicklung zurückgebildet wird, mit dem Os metacarpale III verschmilzt oder in sehr selten Fällen als schmaler Zapfen auch noch beim erwachsenen Rind anzutreffen ist, worin sie wieder mit Ellenberger und Baum (1974) übereinstimmen. Die Röntgenuntersuchungen von Lindsay (1969) zeigen, dass das Os metacarpale II im pränatalen Skelett vom 58. bis ungefähr 82. Trächtigkeitstag nachweisbar ist.

Das Körpergewicht wird jedoch nach der Geburt vom Röhrbein getragen, dessen fötal doppelte Anlage noch an einigen Merkmalen erkennbar ist. Dies sind die getrennte Markhöhle, ein sowohl auf der dorsalen als auch auf der palmaren Seite verlaufender Sulcus longitudinalis mit distalem und häufig auch proximalem Canalis metacarpi sowie im distalen Bereich die durch die Incisura intertrochlearis getrennten Gelenkwalzen.

Das als Basis bezeichnete Proximalende des Röhrbeins zeichnet sich durch eine fast ebene Facies articularis carpea aus, wobei die medial gelegene große Fläche für das Os carpale II + III durch einen palmar tiefen Einschnitt von der lateral gelegenen kleineren Gelenkfläche für das Os carpale IV getrennt ist. An der Dorsalfläche findet sich die kräftige Tuberositas ossis metacarpalis III. Beiderseits ragen die proximalen Bandhöcker als Rauigkeiten palmar vor.

Die proximale Epiphysenfuge des Os metacarpale III + IV ist bei einem neugeborenen Kalb nach Burt et al. (1968) im Röntgenbild nicht darzustellen und verschmilzt nach Sisson und Grossman (1938) schon vor der Geburt mit der Diaphyse. Lindsay (1969) stellte fest, dass nicht einmal vor der Geburt eine proximale Epiphysenfuge auftritt. Das Os metacarpale V

ist zum Zeitpunkt der Geburt schon so weit verknöchert, dass es röntgenologisch sichtbar ist (Burt et al., 1968).

2.1.2 Vorderfußwurzelgelenk

Das Vorderfußwurzelgelenk, *Articulatio carpi*, entspricht dem Handgelenk des Menschen. Es ist ein zusammengesetztes Gelenk, das als unvollkommenes Wechsel- oder Walzengelenk funktioniert. Man unterscheidet das Unterarm-Vorderfußwurzelgelenk, das Vorderfußwurzel-Mittelgelenk und das Vorderfußwurzel-Mittelfußgelenk. Diese Gelenketagen besitzen eigene Synovialräume.

2.1.2.1 Unterarm-Vorderfußwurzelgelenk

Die *Articulatio antebrachioarpea* mit ihren beiden Anteilen, der *Articulatio radiocarpea* und der *Articulatio ulnocarpea*, wird von den *Ossa antebrachii* und den Karpalknochen der proximalen Reihe gebildet. Da es zu einer Achsendrehung der distalen Gelenkfläche des Radius im Vergleich zur jener proximal gelegenen um 30° nach außen kommt und die auf der *Facies articularis carpea* verlaufenden Leisten von S-förmiger, nach mediopalmar ausgerichteter Gestalt sind, handelt es sich um ein als Schraubengelenk funktionierendes zusammengesetztes Walzengelenk, das als Wechselgelenk am meisten an der Gesamtbewegung des Karpus beteiligt ist. Diese starke Beweglichkeit führt zu einer dorsal recht weiten Ausbuchtung der Gelenkkapsel. Die Kontrastmittelstudien von Nuss (2000) an einer begrenzten Anzahl von Präparaten zeigten ein Fassungsvermögen dieser Gelenkabteilung von 10 bis 20 ml beim Kalb und 20 bis 40 ml bei adulten Rindern, worin er mit den Angaben für ausgewachsene Rinder bei Gigov (1964) übereinstimmt. Ein mittleres Volumen von 44 ml bei alleiniger Füllung des *Antebrachiocarpalgelenkes* konnte Schraml (1931) injizieren. Wurde jedoch vorher die *Articulationes mediocarpea* und *carpometacarpeae* mit einem Volumen von 20 ml gefüllt, sank das Fassungsvermögen auf durchschnittlich 25 ml.

Im palmaren Bereich findet sich nach Ellenberger und Baum (1974) eine laterale Gelenkkapselausbuchtung zwischen dem proximalen Band des *Os carpi accessorium* und dem *Ligamentum palmare profundum*. Laut Desrochers et al. (1997) ist auch eine Synovialausbuchtung palmar zwischen *Os carpi accessorium* und dem *Os carpi ulnare* zu finden. Im Gegensatz dazu findet Koy (1999) in seiner Arbeit aufgrund der starken Bandmassen im palmaren Bereich keine Gelenkaussackungen. Neuere Untersuchungen von Desrochers et al. (1997) zeigen, dass abweichend von der älteren Literatur zwischen den Synovialräumen der *Articulatio antebrachioarpea* und der *Articulatio mediocarpea* in 13,1 % der Fälle eine Verbindung besteht. Diese liegt zwischen dem *Os carpi ulnare* und dem *Os carpi intermedium*. Meier (1997) hingegen behandelt alle drei Gelenketagen des Karpus als miteinander kommunizierende Einheiten. Verbindungen des Synovialraumes zum Schleimbeutel des *Musculus extensor carpi radialis*, anderen Schleimbeuteln oder Sehnenscheiden sind in der Regel auszuschließen, wohingegen Gigov (1964) beim Sofioter Rind in 30 % der Fälle eine Verbindung zwischen der *Articulatio antebrachioarpea* und der Sehnenscheide des *Musculus extensor carpi radialis* ausmacht, wobei die verbindende Stelle immer zwischen den dorsalen Ecken der *Os carpi radiale* und *Os carpi intermedium* und dem distalen Ende der Ulna zu finden ist.

2.1.2.2 Vorderfußwurzel-Mittelgelenk

Zwischen den Karpalgelenkknochen der proximalen Reihe, also dem *Os carpi radiale*, dem *Os carpi intermedium*, dem *Os carpi ulnare* sowie dem *Os carpi accessorium* und jenen der distalen

Reihe, dem Os carpale II + III und dem Os carpale IV ist die *Articulatio mediocarpea* als Walzengelenk ausgebildet. Obwohl es sich um ein Wechselgelenk handelt, verfügt es nur über einen geringeren Anteil an der Bewegung, was sich auch in einer weniger weiten Gelenkkapsel äußert.

Die Synovialräume der *Articulatio mediocarpea* und jene der *Articulationes carpometacarpeae* stehen immer miteinander in Verbindung. Desrochers et al. (1997) erwähnen drei Verbindungsstellen. Ein enger, aber konstanter Spalt besteht zwischen dem Os carpale II + III und dem Os carpale IV. Dieser wird auch in der übrigen Literatur genannt. Zusätzlich wurden von den angeführten Autoren noch Verbindungsstellen palmar im Bereich des Os carpale IV und palmar auf Höhe des Os carpale II + III gefunden. Das Fassungsvermögen an Kontrastmittel dieser beiden Gelenkaussackungen gibt Nuss (2000) mit bis zu 20 ml bei Kälbern und bis zu 40 ml bei adulten Rindern an, wohingegen Gigov (1964) auch bei erwachsenen Tieren nur 20 ml Flüssigkeit injizieren konnte.

Zum Vorderfußwurzel-Mittelgelenk zählen König und Liebich (1999) auch die *Articulatio ossis carpi accessorii*, die lateropalmar gelegene gelenkige Verbindung zwischen Os carpi ulnare und Os carpi accessorium. Nuss (2000) fand in Kontrastmittelstudien hingegen, dass eine Aussackung der *Articulatio antebrachioarpea* die gelenkige Verbindung des Os carpi accessorium mit einschloß, was auch schon Schraml (1931) dokumentierte.

Weiterhin sind zwischen den Karpalknochen der selben Reihe die straffen *Articulationes intercarpeae* ausgebildet. Sie gewährleisten aber nur einen minimalen Bewegungsspielraum aufgrund der *ligamenta intercarpea*.

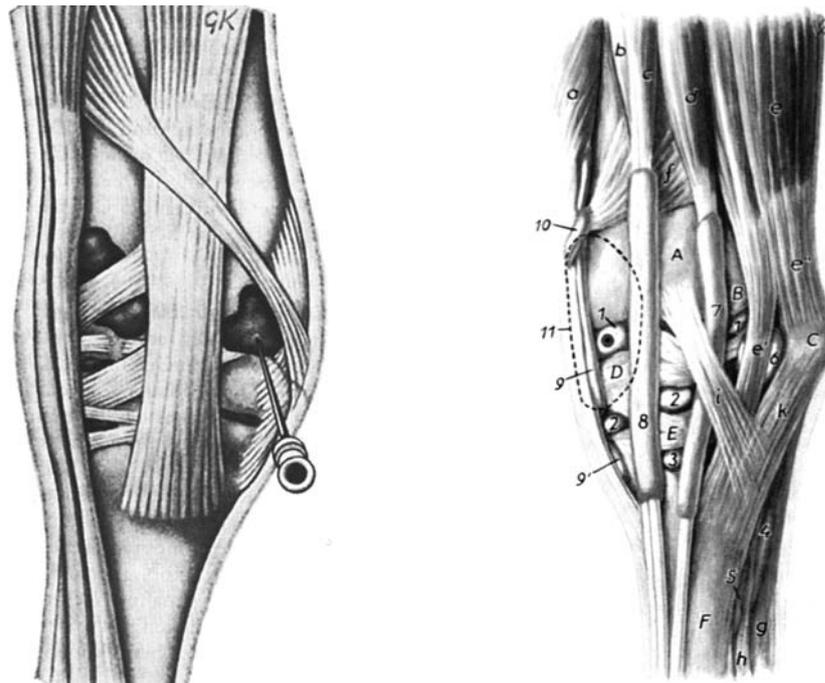
2.1.2.3 Vorderfußwurzel-Mittelfußgelenke

Als ebenfalls straffe Gelenke verbinden die *Articulationes carpometacarpeae* die *Ossa carpi* des distalen Reihe mit dem Metakarpalknochen. Die Gelenkkapsel ist sehr eng und die Beweglichkeit dieses Gelenks ist sehr gering.

Desrochers et al. (1997) erwähnen eine Synovialausbuchtung zwischen dem Rudiment des V. und dem verschmolzenen III. und IV. Metakarpalknochen als ein Intermetakarpalgelenk, welches auch Nuss (2000) in seinen Kontrastmittelstudien darstellen konnte. Die Kenntnis dieser Ausbuchtung ist vor allem bei Verletzungen im proximalen Abschnitt der Metakarpalknochen sowie bei Karpalgelenksarthrotomien von Belang (Desrochers et al., 1997; Nuss et al., 2002).

2.1.2.4 Punktionsstellen im Bereich des Karpalgelenkes

Die Punktion der *Articulatio antebrachioarpea* erfolgt in Übereinstimmung aller Autoren an leicht abgebeugtem Gelenk (Gigov, 1964; Nickel et al., 1992; Desrochers et al., 1997; König und Liebich, 1999; Dirksen, 2002; Nuss et al., 2002; Kofler, 2002b). Allein Vollmerhaus (1987) schlägt zusätzliche auch eine Punktion bei belasteter Vordergliedmaße vor. Die Autoren nennen zwei verschiedene Punktionsstellen, die in Abbildung 2.2 gezeigt werden. Der Einstich erfolgt von dorsolateral zwischen die Sehnenscheide, nach Nuss et al. (2002) zwischen dem Schleimbeutel des *Musculus extensor carpi radialis* und der Sehnenscheide des *Musculus extensor digitorum communis*. Dirksen (2002) und Kofler (2002b) punktieren das Karpalgelenk zwischen dem *Musculus extensor carpi radialis* und dem medialen Seitenband. Beim Vorliegen einer *Bursitis praecarpalis* schlagen Nuss et al. (2002) eine Punktion von lateral oder medial in die dort zu palpierenden Gelenkaussackungen vor.



(a) Punktionsstelle nach Dirksen (2002)

(b) Punktionsstelle nach Vollmerhaus (1987)

Abb. 2.2: Punktionsstellen der Articulatio antebrachio-carpea aus Dirksen (2002) und Vollmerhaus (1984).

Abb. (a): Punktionsstelle nach Dirksen (2002): 2-3 cm tiefer horizontaler Einstich von dorsomedial zwischen die Endsehne des Musculus extensor carpi radialis und das mediale Seitenband.

Abb. (b): Punktionsstelle nach Vollmerhaus (1984): 2-3 cm tiefer horizontaler Einstich zwischen der Sehne des Musculus extensor digitorum communis (b,c) und der Sehne des dorsal gelegenen Musculus extensor carpi radialis (a).

Zur Punktion der stets miteinander in Verbindung stehenden Articulationes mediocarpea und carpometacarpeae sind die Literaturangaben deutlich spärlicher. Die Beugung des Gelenkes wird beibehalten. Als Einstichstelle wählen Kofler (2002b) und König und Liebich (1999) den palpierbaren Gelenkspalt der Articulatio mediocarpea zwischen dem medialen Seitenband und dem Musculus extensor carpi radialis, wohingegen Nuss (2000) die Kanüle zwischen den Sehnenscheiden des Musculus extensor digitorum communis und lateralis plaziert. Allein Desrochers et al. (1997) nennen getrennte Punktionsstellen für die Articulationes mediocarpea und carpometacarpeae. Erstere wird distal der proximalen Reihe der Ossa carpi zwischen Musculus extensor carpi radialis und Musculus extensor digitorum communis punktiert. Zum Gewinnen von Synovia aus den Articulationes carpometacarpeae stechen sie die Kanüle in kaudomedialer Richtung zwischen dem Musculus extensor digitorum communis und Musculus extensor digitorum lateralis ein.

2.1.3 Bänder im Bereich des Karpus

Neben den eigentlichen Gelenkbändern finden sich im Karpusbereich als bandartige Faserbündel dorsal das Retinaculum extensorum und palmar das Retinaculum flexorum.

Das an der Streckseite liegende Retinaculum extensorum dient den Strecksehnen, in de-

ren Sehnscheidenfibrosa es teilweise einstrahlt, als Halteband. Es wird gebildet von der Fascia dorsalis manus, die im Karpalgelenkbereich durch transversal verlaufende Faserzüge Verstärkung erfährt. Die Fascia palmaris bildet, ebenfalls durch Faserzüge ergänzt, das Retinaculum flexorum, das an der Palmarfläche des Karpus den Sulcus carpi bogenförmig umspannt und sich an der Bildung des Canalis carpi für Sehnen, Nerven und Gefäße beteiligt. Es beginnt am Os carpi accessorium, zieht dann auf die mediale Seite, wo es Anschluß an die Unterarmfaszie findet, und setzt an den knöchernen Strukturen von Unterarmskelett, Karpus und Metakarpus an.

Die eigentlichen Karpalgelenkbänder, die in Abbildung 2.3 auf der gegenüberliegenden Seite dargestellt sind lassen sich zu mehreren Gruppierungen zusammenfassen:

2.1.3.1 Seitenbänder

Die Ligamenta collateralia überziehen an der lateralen und medialen Seite des Karpus alle drei Gelenkspalten. Sowohl das laterale als auch das mediale Seitenband besitzen neben ihren langen Anteilen kurze Schenkel. Diese proximalen, mittleren und distalen Schenkel dienen der Überbrückung der einzelnen Gelenkspalten und werden als tiefe Anteile bezeichnet.

Der oberflächliche Anteil des Ligamentum collaterale carpi laterale, dessen Ursprung am Processus styloideus ulnae zu finden ist, setzt seitlich am Proximalende des Os metacarpale IV an. Seine kurzen Anteile ziehen zum Os carpi ulnare und zum Os carpale IV.

Das wesentlich stärker ausgeprägte Ligamentum collaterale mediale erhält noch zusätzlich einen medialen Verstärkungsast, was seine Begründung in der starken mechanischen Beanspruchung durch die „Knieenge“ der Rinder hat (Nickel et al., 1992). Es nimmt seinen Ursprung am Processus styloideus radii und endet proximal am Os metacarpale III.

2.1.3.2 Unterarm-Fußwurzelbänder

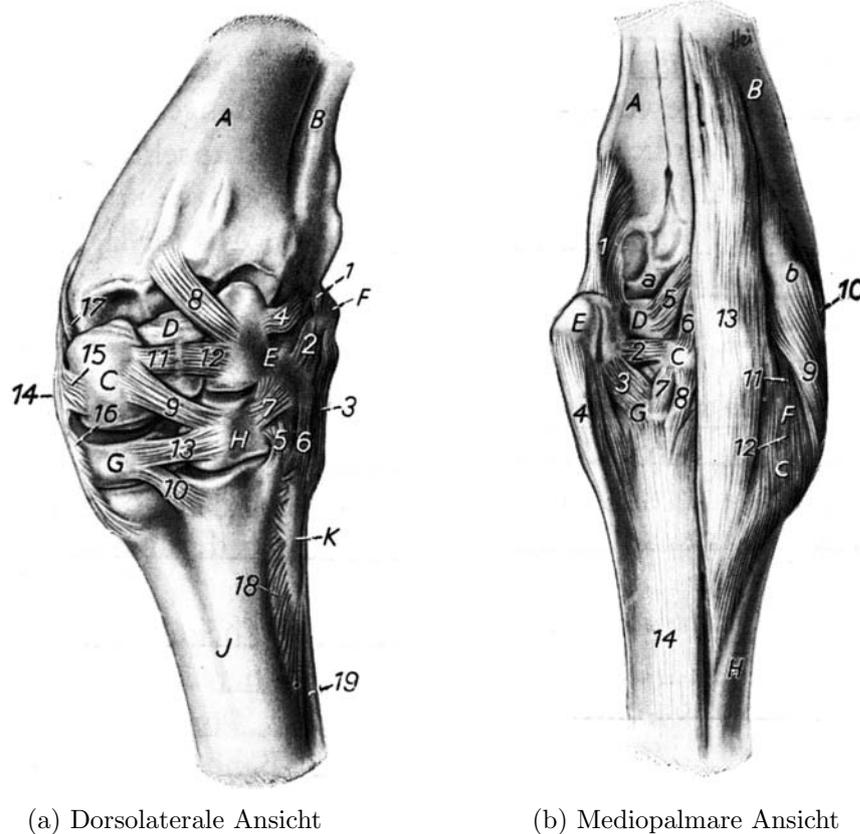
Die Knochen des Unterarmes und die in der proximalen Reihe gelegenen Karpalknochen sind sowohl auf der dorsalen als auch auf der palmaren Seite durch Bänder miteinander verbunden.

Das Ligamentum radiocarpeum dorsale verläuft als elastisches Band schräg an der Dorsalseite, Ursprung nehmend am Distalende des Radius und am Os carpi ulnare endend.

An der Beugeseite des Gelenkes findet sich das Ligamentum carpi palmare profundum, das im wesentlichen durch längsverlaufende Fasern die Gelenkkapselfibrosa verstärkt. Die Faserzüge entspringen an der Crista transversa des Radius und setzen an den Karpal- oder Metakarpalknochen an, wobei eine Isolierung der einzelnen Teile schwierig ist. Einen besser abgesetzten Anteil bildet das Ligamentum radiocarpeum palmare; es verläuft zwischen Radius und Os carpi ulnare bzw. intermedium und wirkt ebenso wie das Ligamentum carpi radiatum und das Ligamentum ulnocarpeum palmare einer Hyperextension des Karpalgelenks entgegen.

2.1.3.3 Bänder des Os carpi accessorium

Das Os carpi accessorium verfügt über vier Bänder, denen die Funktion von „Haltebändern“ (Nickel et al., 1992) zukommt und die somit den Ansatz von Beugemuskeln ermöglichen. Ursprung aller Bänder ist das Os carpi accessorium, die Ansatzstelle läßt sich aus dem zweiten Wortteil des Bandnamens leicht erschließen. Man findet das Ligamentum accessorioulnare, das mit 2 Schenkeln am Processus styloideus ulnae ansetzt. Das Ligamentum accessoriocarpoulnare zieht mit einem Schenkel an das Os carpi ulnare und mit dem anderen an das Os carpi intermedium. Das Ligamentum accessoriometacarpeum setzt lateral am Metakarpalknochen



(a) Dorsolaterale Ansicht

(b) Mediopalmare Ansicht

Abb. 2.3: Bänder im Bereich eines linken Karpalgelenkes aus Seiferle und Frewein (1992).

(a) Dorsolaterale Ansicht nach Entfernung der Gelenkkapsel und der langen oberflächlichen Anteile des lateralen Seitenbandes: A = Radius; B = Ulna; C = Os carpi radiale; D = Os carpi intermedium; E = Os carpi ulnare; F = Os carpi accessorium; G = Os carpale secundum et tertium; H = Os carpale quartum; J = Os metacarpale tertium et quartum; K = Os metacarpale quintum; 1 = Lig. accessorioulnare; 2 = Lig. accessoriocarpoulnare; 3 = Lig. accessoriometacarpeum; 4-7 = Lig. collaterale carpi laterale, kurze tiefe Anteile: 4 = proximales; 5,6 = distales; 7 = mittleres Seitenband; 8 = Lig. radiocarpeum dorsale; 9 = Lig. intercarpeum dorsale zwischen Os carpi radiale und Os carpale quartum; 11-13: Ligg. intercarpea dorsalia (dorsale Querbänder): 11 = zwischen Ossa carpi radiale und intermedium; 12 = zwischen Ossa carpi intermedium und ulnare; 13 = zwischen Ossa carpalia secundum et tertium und quartum; 14-17 = Lig. collaterale carpi mediale: 15 = sein Schenkel an das Os carpi radiale; 16 = sein Schenkel zum Os carpale secundum et tertium ; 17 = sein proximaler Schenkel an das Os carpi radiale; 18 = Lig. metacarpeum zwischen Ossa metacarpalia tertium et quartum und quintum; 19 = M. interosseus;

(b) Mediopalmare Ansicht nach entfernter Gelenkkapsel: A = Ulna; B = Radius; c = Os carpi intermedium; D = Os carpi ulnare; E = Os carpi accessorium; F = Lage des Os carpale secundum et tertium; G = Os carpale quartum; H = Os metacarpale tertium et quartum; a = Trochlea radii; B = Processus styloideus radii; c = Lage des medialen Bandhöckers des Os metacarpale tertium et quartum; 1 = Lig. accessorioulnare; 2 = Lig. accessoriocarpoulnare; 3 = Lig. accessorioquartale; 4 = Lig. accessoriometacarpeum; 5-6 = Lig. radiocarpeum palmare, zwischen Radius und Os carpi ulnare bzw. Os carpi intermedium; 7 = Lig. intercarpeum palmare, zwischen Os carpi intermedium und Os carpale quartum; 8 = Lig. carpometacarpeum palmare, zwischen Os carpi intermedium und Os metacarpale tertium et quartum; 9-13: Lig. sollaterale carpi mediale: 9 = langer, oberflächlicher Teil; 10-12 = kurze, tiefe Anteile: 10 = proximaler, 11 = mittlerer, 12 = distaler Schenkel, 13 = palmarer Verstärkungsstrang; 14 = M. interosseus;

Abkürzungen: Lig. = Ligamentum; Ligg. = Ligamenta.

an (Nickel et al., 1992). Schraml (1931) nennt als Insertationsstellen dieses Bandes sowohl das Os metacarpale IV als auch V. Das Os carpale IV dient dem Ligamentum accessorioquartale als Ansatzstelle.

2.1.3.4 Interkarpalbänder

Die Ligamenta intercarpea, auch Fußwurzelbänder genannt, sind häufig nicht als isolierte Strukturen darzustellen, da sie meist im Zusammenhang mit anderen Bandstrukturen oder der Gelenkkapsel stehen. Es findet eine Unterteilung in dorsale, palmare und innere Fußwurzelbänder statt. Ihnen ist gemeinsam, dass sie die Ossa carpi miteinander verbinden.

An der Dorsalseite des Karpalgelenkes finden sich die elastischen Ligamenta intercarpea dorsalia, die in Längsrichtung die proximalen mit den distalen Karpalknochen verbinden, aber auch als querverlaufende Bänder benachbarte Knochen verknüpfen. Ebenso gibt es auf der Beugeseite des Karpus Interkarpalbänder, die als Ligamenta intercarpea palmaria bezeichnet werden. Sie sind schwer von den umgebenden Bändern, wie dem Ligamentum radiocarpum palmare oder dem Ligamentum ulnocarpum palmare, sowie dem Ligamentum carpi radiatum und den Ursprungssehnen des Musculus interosseus medius, zu trennen und bilden mit dem Ligamentum palmare profundum eine funktionelle Einheit.

2.1.3.5 Fußwurzel-Mittelfußbänder

Die Ossa metacarpalia und die Ossa carpi der distalen Reihe werden sowohl auf der Dorsalseite als auch auf der palmaren Seite durch die Ligamenta carpometacarpea dorsalia bzw. palmaria straff miteinander verbunden.

2.1.3.6 Bewegungsmöglichkeiten des Karpalgelenks

Die Hauptbewegungsmöglichkeit des Karpus liegt beim Rind wie bei fast allen Haussäugetieren in der Beugung und Streckung, wobei deren Umfang laut Ellenberger und Baum (1974) 140° beträgt. Hierbei entfallen nach Nickel et al. (1992) 95° auf das Unterarm-Vorderfußwurzelgelenk und 45° auf das Vorderfußwurzel-Mittelgelenk; Schraml (1931) errechnet einen Winkel von annähernd 155° .

Bei maximaler Streckung des Karpalgelenks bildet sich annähernd eine Gerade zwischen Unterarm und Mittelfuß, laut Schraml (1931) fehlen $2-5^\circ$ zu den 180° . Einer Überstreckung, wie sie beim Menschen möglich ist, wirken die starken palmaren Bandmassen entgegen.

Bei der Beugung des Karpalgelenkes wird der Mittelfuß nahe an den Unterarm herangeführt, wobei es nicht zu einer einfachen Dorsopalmarflexion, sondern auch zu einer leichten Bewegung nach lateral kommt, die im Maximalfall 6° beträgt (Schraml, 1931). Somit spricht Schraml (1931) von einer ulnaren Dorsopalmarflexion.

Bei der Bewegung des Karpalgelenks läuft ein sehr komplexer Vorgang ab, der das Karpalgelenk seiner Funktion nach nicht als einfache „Zylinderschraube“, sondern als „Kegelschraube“ (Schraml, 1931) erscheinen läßt. Bei Gelenkbeugung wird zum einen die antebrachiale Reihe der Ossa carpi gegenüber den Ossa antebrachia nach medial verschoben, wobei bei einer 45° -Beugung die Verschiebung 10 bis 15 mm beträgt. Mit fortschreitender Abwinkelung des Gelenks tritt vermehrt die Aktion des Vorderfuß-Mittelfußgelenks in den Vordergrund; es findet keine seitliche Verschiebung mehr statt, sondern eine Verlagerung der Mittelachsen, wobei dann eine starke Konvergenz nach lateral zu erkennen ist. Somit wird die sog. „unvollständige

Pronationsstellung“ (Schraml, 1931) bedingt durch die Drehung der distalen Gelenkfläche des Radius um 30° , ausgeglichen.

Des Weiteren ist eine stoßbrechende Wirkung des Karpalgelenkes bekannt, an der besonders die antebrachiale Reihe beteiligt ist. Durch starke Belastung kommt es zum Auseinanderweichen der einzelnen Knochen, begünstigt durch ihre schrägen Gelenkflächen und ihre Keilform. Es erfolgt eine Dehnung der Zwischenknochenbänder und somit eine Stoßabfederung, die beim Rind aufgrund der Weite der Gelenkkapsel recht ausgiebig ausfällt (Ellenberger und Baum, 1974).

2.1.4 Muskeln des Karpalgelenks

Im Bereich des Karpus findet man die Muskelbäuche und Sehnen der Strecker und Beuger des Karpalgelenkes, aber auch die der Zehengelenke. Bei den Muskeln des Vorderfußwurzelgelenkes handelt es sich um zweigelenkige Muskeln; sie entspringen oberhalb des Ellenbogengelenkes und finden ihren Ansatz im Bereich des Karpus oder Metakarpus. Zwischen ihren am Unterarmskelett anliegenden spindelförmigen Muskelbäuchen kommen jene der stark sehnig durchsetzten mehrgelenkigen Zehenmuskeln zu liegen. Alle Muskelbäuche sind im Unterarmbereich strumpffartig von der Fascia antebrachii umhüllt. Während diese kranial lateral den Streckern dicht anliegt, findet sich kaudal im Bereich der Beuger nur eine eher lose Verbindung (Nickel et al., 1992).

Der mediale Rand des Radius ist als Planum cutaneum direkt unter der Haut zu palpieren. Dorsolateral am Unterarm liegen die Strecker des Karpalgelenkes und der Zehengelenke dem Knochen auf. Die Palmarfläche wird von den Beugern bedeckt. An dieser Stelle soll nur ein kurzer Abriss über die den Karpus überziehenden Muskeln gegeben werden, detaillierte Informationen bezüglich Ursprung, Ansatz, Verlauf, Innervation und Funktion finden sich in Kapitel 3.2.

2.1.4.1 Muskulatur dorsal und lateral am Karpus

Die dorsolateral am Karpus befindlichen Muskeln (Abb. 2.4 auf der nächsten Seite) mit ihren dazugehörigen Sehnen sind ihrer Funktion nach Strecker des Vorderfußwurzelgelenkes oder der Zehengelenke.

Der auch als äußerer Speichenmuskel bezeichnete *Musculus extensor carpi radialis* ist der wichtigste und stärkste Strecker sowie der Fixator des Karpalgelenks. Er liegt der Dorsalfläche des Radius auf und bildet die vordere Kontur des Unterarmes im Bereich der Ossa antebrachii.

Lateral seitlich dem *Musculus extensor carpi radialis* anliegend findet sich der *Musculus extensor digitorum communis*. Dieser gemeinsame Zehenstrecker besteht aus zwei kräftigen gefiederten Muskelbäuchen, die mit je einer Sehne gemeinsam dorsolateral über das Karpalgelenk laufen. Sie sind an der Streckung des Karpus beteiligt und fungieren als Strecker der Zehengelenke, indem sie an Klauen- und Kronbein ansetzen.

Zwischen dem gemeinsamen Zehenstrecker und dem *Musculus extensor carpi ulnaris* läuft der beim Rind einheitliche *Musculus extensor digitorum lateralis* über die Lateralfäche des Unterarmes. Bedingt durch seinen Ansatz am Kronbein der 4. Zehe bewirkt er eine Streckung des Fessel- und Krongelenks.

Der *Musculus extensor carpi ulnaris*, der sogenannte äußere Ellenbogenmuskel, liegt am Übergang von der lateralen zur kaudalen Seitenfläche des Radius. Obwohl er als Extensor bezeichnet wird, bewirkt er eine Beugung des Karpalgelenks.



Abb. 2.4: Kraniolaterale Darstellung der Muskeln der Vorderfußes aus Nickel et al. (1992);
 1 = M. extensor carpi radialis; 2= M. extensor carpi ulnaris; 4 = M. extensor digitorum communis;
 4'= medialer Bauch von 4; 5 = M. extensor digitorum lateralis; 7 = M. abductor pollicis longus;
 8'= oberflächliche Beugesehne; 9 = Caput ulnare des M. flexor digitorum profundus, 9'= tiefe
 Beugesehne; 10'= M. interosseus; 10''= sein Unterstützungsast zur oberflächlichen Beugesehne;
 10'''= sein Unterstützungsast zu den Strecksehnen;
 Abkürzungen: M. = Musculus.

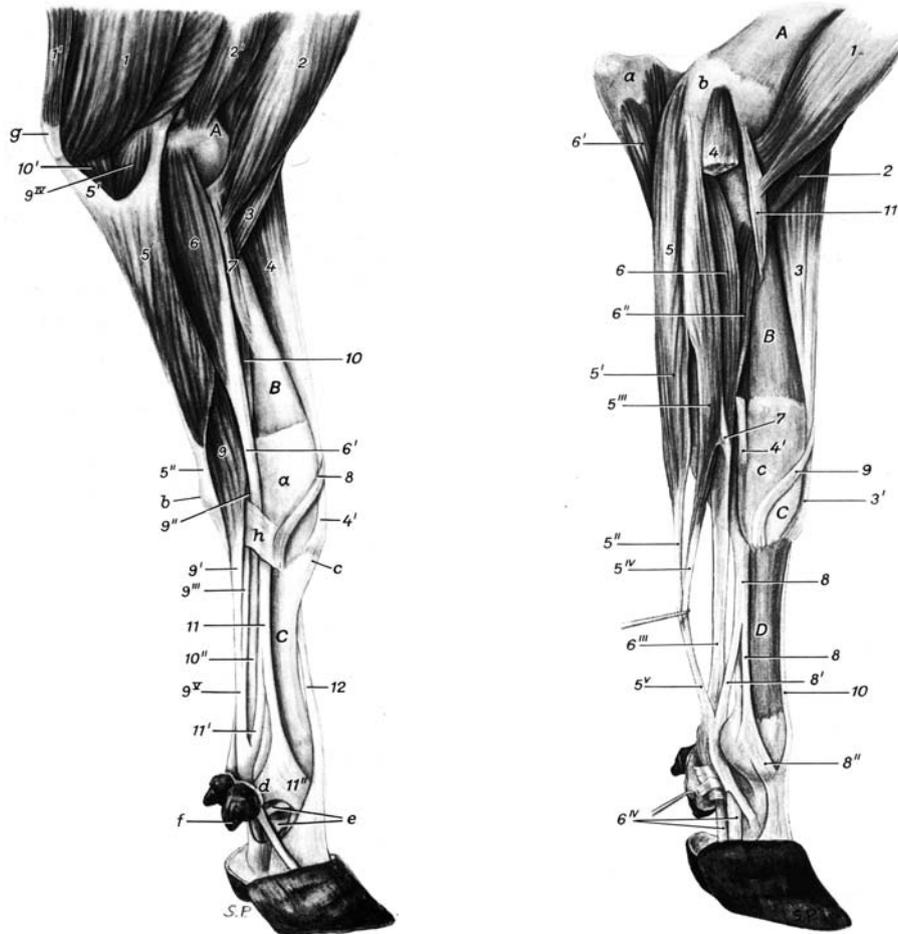
Funktionell zu den Streckern des Vorderfußwurzelgelenkes zu rechnen ist auch der Musculus abductor pollicis longus, der lange Auswärtszieher des Daumens, bei unseren Haussäugetieren schiefer Mittelfußstrecker genannt. Er liegt als fächerförmige Muskelplatte kraniolateral am Unterarm und zieht in schrägem Verlauf über die Sehne des Musculus extensor carpi radialis an die Medialseite des Radius.

2.1.4.2 Muskulatur medial und palmar am Karpus

An der Palmarseite des Karpus findet man die Beuger des Karpalgelenkes und die der Zehengelenke, welche in Abb. 2.5 auf der gegenüberliegenden Seite dargestellt sind.

Kaudal des Medialrandes des Radius verläuft der Musculus flexor carpi radialis, der innere Speichenmuskel, in Form eines schlank-spindelförmigen Muskels von kräftiger, überwiegend fleischiger Gestalt. Er bewirkt eine Beugung des Karpalgelenkes.

Der Musculus flexor carpi ulnaris liegt mediokaudal den Zehenbeugern oberflächlich auf und überdeckt diese zum großen Teil. Er, der auch unter der Bezeichnung innerer Speichenmuskel



(a) Medialansicht: Oberflächliche Muskeln (b) Medialansicht: Tiefe Muskeln

Abb. 2.5: Medialansicht der Muskeln der Karpal- und Zehengelenke aus Nickel et al. (1992);
 (a) Oberflächliche Muskeln: 1 = Caput mediale des M. triceps brachii; 1' = M. tensor fasciae anterbrachii; 2 = M. biceps brachii; 2' = M. coracobrachialis; 3 = M. brachialis; 4 = M. extensor carpi radialis; 4' = seine Sehne; 5 = M. flexor carpi ulnaris; 5' = sein Caput ulnare; 5'' = seine Endsehne; 6 = M. flexor carpi radialis; 6' = seine Sehne; 7 = M. pronator teres; 8 = Sehne des M. abductor pollicis longus; 9 = oberflächlicher Bauch des M. flexor digitorum superficialis; 9' = seine Sehne; 9'' = tiefer Bauch des M. flexor digitorum superficialis; 9''' = seine Sehne, 9^{IV} = gemeinsamer Ursprungskopf des oberflächlichen Zehenbeugers; 9^V = oberflächliche Beugesehne; 10 = Caput radiale, 10' = Caput ulnare des M. flexor digitorum profundus; 10'' = tiefe Beugesehne; 11 = M. interosseus medius; 11' = seine Verbindungsplatte zur oberflächlichen Beugesehne; 11'' = sein Unterstützungsast zur Sehne des M. extensor digitorum communis an die 3. Zehe (12); 12 = Sehne des M. extensor digitorum communis an die 3. Zehe.

(b) Tiefe Muskeln: 1 = M. biceps brachii; 2 = M. brachialis; 3 = M. extensor carpi radialis, 3' = seine Sehne; 4 = M. flexor carpi radialis; 4' = seine Sehne; 5 = M. flexor digitorum superficialis, 5' = sein oberflächlicher Bauch; 5'' = dessen Sehne; 5''' = sein tiefer Bauch; 5^{IV} = dessen Sehne; 5^V = oberflächliche Beugesehne; 6 = Caput humerale; 6' = Caput ulnare; 6'' = Caput radiale des M. flexor digitorum profundus; 6''' = tiefe Beugesehne; 6^{IV} = ihre beiden Endschenkel; 7 = M. interflexorius proximalis; 8 = M. interosseus medius; 8' = seine Verbindungsplatte zur oberflächlichen Beugesehne; 8'' = sein Unterstützungsast zur medialen Sehne des M. extensor digitorum communis; 9 = Sehne des M. abductor pollicis longus; 10 = mediale Sehne des M. extensor digitorum communis; 11 = M. pronator teres.

Abkürzungen: M. = Musculus.

in der Literatur zu finden ist, zeigt äußerst sehnigen Charakter und hat eine abgeplattete Form (Nickel et al., 1992). Beim Rind handelt es sich um einen reinen Karpalgelenkbeuger.

Der als oberflächlicher Zehenbeuger bezeichnete *Musculus flexor digitorum superficialis* stellt den schwächeren der beiden Zehenbeuger dar. Seine Funktion besteht einer in Beugung des Vorderfußes, besonders der Klauen- und Krongelenke, bedingt durch seinen Ansatz am Kronbein der dritten und vierten Zehe.

Dagegen bildet der in der Tiefe auf der Palmarseite des Antebrachialskelettes verlaufende, sowohl von den Karpalgelenkbeugern als auch vom *Musculus flexor digitorum superficialis* bedeckte *Musculus flexor digitorum profundus* den Hauptbeuger des Vorderfußes, vor allem der Zehengelenke. Die beiden langen Zehenbeuger, deren Sehnen medial des *Os carpi accessorium* laufen, stellen auch ein wichtiges passives Tragelement der Körperlast dar.

2.1.5 Weitere synoviale Einrichtungen

Schleimbeutel und Sehnenscheiden sind an jenen Stellen besonders ausgeprägt anzutreffen, an denen starke Bewegungen im Kombination mit Druck- und Zugwirkungen auftreten, besonders im Verlauf von langen Sehnen über harte und rauhe Skelettvorsprünge an den Extremitäten (Schmidtchen, 1906). Somit sind sie auch im Bereich des Karpus als Hilfseinrichtung von Sehnen, Muskeln, Bändern und der äußeren Haut von Bedeutung.

Im folgenden Abschnitt werden die synovialen Strukturen im Karpalgelenkbereich nur kurz aufgeführt. Vor allem Schmidtchen (1906) führt ausführliche Untersuchungen dieser Strukturen am Rinderfuß durch. Bei der Beschreibung der einzelnen Muskeln in Kapitel 3.2 wird dann auf Lage, Ausdehnung und Typus der synovialen Hilfseinrichtungen und auf deren Verbindung zu benachbarten Strukturen genauer eingegangen.

2.1.5.1 Hilfseinrichtungen im Verlaufe der Muskeln der Karpalgelenkregion

Der *Musculus extensor carpi radialis* besitzt regelmäßig zwei Schleimbeutel. Der erste liegt am Übergang des Muskels in seine Sehne, der zweite ist im Bereich der Endinsertation zu finden (Abb. 2.6).

Im Verlauf des *Musculus abductor pollicis longus* sind am Muskel-Sehnen-Übergang eine Sehnenscheide und medial am Karpus bis kurz vor die Ansatzstelle der Sehne ein Schleimbeutel zu finden.

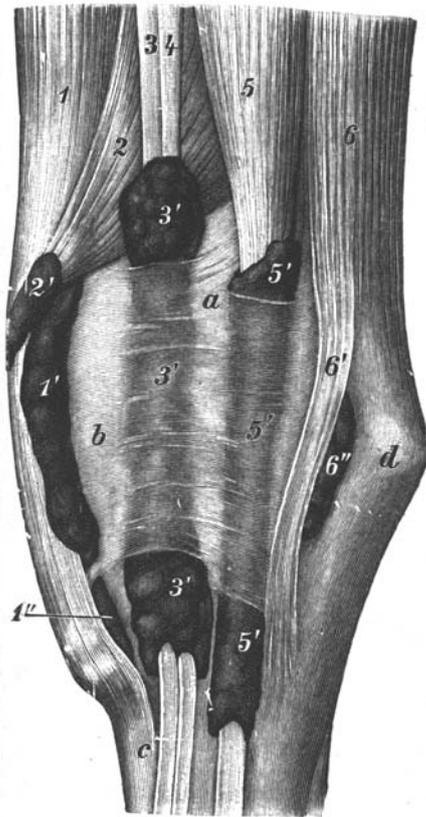
Für die beiden Sehnen des *Musculus extensor digitorum communis* gibt es eine gemeinsame Sehnenscheide, die Sehnen auf ihrem Weg durch die laterale Sehnensrinne des Radius auf der dorsolateralen Fläche des Karpus begleitet.

Die „Sehne des Streckers der lateralen Zehe geht am Karpus durch eine eigene Scheide“ Schmidtchen (1906), die in der Rinne zwischen Radius und Ulna der Sehne über der lateralen Karpusfläche Schutz bietet.

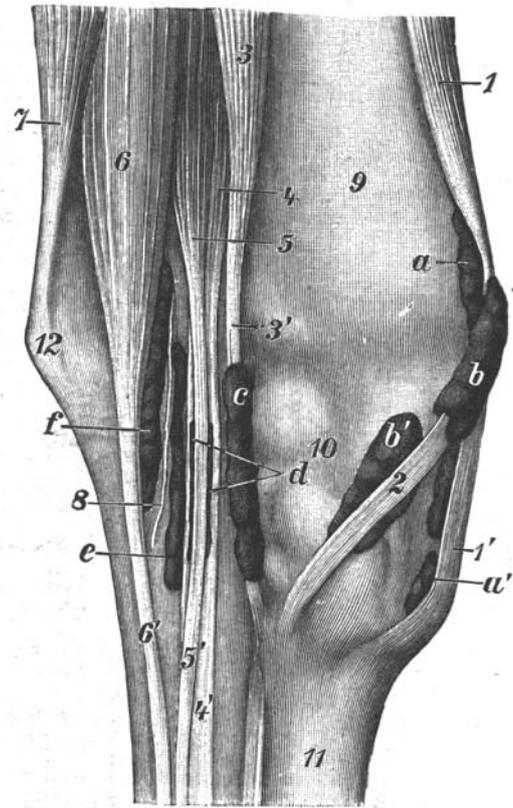
Neben dem Kapselschleimbeutel am Ursprung des *Musculus extensor carpi ulnaris* findet sich bei älteren Rindern ein Schleimbeutel an jener Stelle, an der der Sehnenschenkel für das *Os metacarpale IV* über das *Os carpi accessorium* zieht.

Als einziger Muskel des Karpalgelenkes verfügt der *Musculus flexor carpi ulnaris* über keinerlei synoviale Einrichtung.

Im Gegensatz dazu verfügt der *Musculus flexor carpi radialis* neben einem Schleimbeutel unter dem Muskelursprung noch über eine kurze Sehnenscheide an der Palmarfläche des Karpus (Abb. 2.6).



(a) Sehnenscheiden und Schleimbeutel an der lateralen Seite



(b) Sehnenscheiden und Schleimbeutel an der medialen und palmaren Seite

Abb. 2.6: Synoviale Einrichtungen der Muskulatur im Karpalgelenkbereich aus Ellenberger und Baum (1974)

(a) Sehnenscheiden und Schleimbeutel an der lateralen Seite: 1 = M. extensor carpi radialis mit Bursa vaginalis (1') und Schleimbeutel (1''); 2 = M. abductor pollicis longus mit Sehnenscheide (2'); 3+4 = lateraler und medialer Bauch des M. extensor digitorum communis (3'gemeinschaftliche Sehnenscheide von 3 und 4); 5 = M. extensor digitorum lateralis mit Sehnenscheide (5'); 6 = M. extensor carpi ulnaris, 6' = sein zum Metakarpus ziehender Endschenkel mit Schleimbeutel (6''); a = Radius; b = Carpus; c = Metakarpus; d = Os carpi accessorium.

(b) Sehnenscheiden und Schleimbeutel an der medialen und palmaren Seite: 1 = M. extensor carpi radialis; 1' = seine Sehne; 2 = Sehne des M. abductor pollicis longus; 3 = M. flexor carpi radialis; 3' = seine Sehne; 4 = M. flexor digitorum profundus; 4' = seine Sehne; 5 = tiefer Bauch des M. flexor digitorum superficialis; 6 = oberflächlicher Bauch des M. flexor digitorum superficialis; 7 = M. flexor carpi ulnaris; 8 = durchschnittenes Retinaculum flexorum; 9 = Radius; 10 = Carpus; 11 = Metacarpus; 12 = Os carpi accessorium; a, a' = Schleimbeutel unter der Endsehne des M. extensor carpi radialis; b = Sehnenscheide und b' = Schleimbeutel der Sehne des M. abductor pollicis longus; c = Sehnenscheide des M. flexor carpi radialis; d = Sehnenscheide bzw. Schleimbeutel zwischen der tiefen Beugesehne und der Sehne des tiefen Bauches des M. flexor digitorum superficialis; e = scheidenartiger Schleimbeutel unter der tiefen Beugesehne; f = scheidenartiger Schleimbeutel unter der Sehne des oberflächlichen Bauches des M. flexor digitorum superficialis; Abkürzungen: M. = Musculus.

Der *Musculus flexor digitorum profundus* besitzt in der Gegend des Vorderfußwurzelgelenkes eine Bursa synovialis, die innerhalb des *Ligamentum carpi transversum* zu finden ist und sich vom distalen Unterarmende bis an das Proximalende des Mittelfußes erstreckt.

Vor allem bei älteren Individuen findet sich eine deutliche Bursa vaginalis, die die Sehne des oberflächlichen Bauches des *Musculus flexor digitorum superficialis* an der Palmarfläche des Karpus unterlagert.

2.1.5.2 Synoviale Einrichtungen im Verlauf von Bändern

Am Karpus treten auch im Verlauf von Bändern synoviale Einrichtungen auf. So findet man beim ausgewachsenen Rind einen Schleimbeutel von der Größe einer Haselnuß zwischen dem lateralen Seitenband und der Gelenkkapsel auf Höhe der *Articulatio antebrachioarpea*, der jedoch keinerlei Verbindung mit der Gelenkhöhle aufnimmt. Auf der Medialseite des Karpus ist ein flachovaler bis zu kirschgroßer Schleimbeutel, ebenfalls ohne Gelenkverbindung, unter dem Seitenband im Bereich des *Os carpi radiale* zu erkennen. Seine laterale Wand ist mit der Gelenkkapsel verschmolzen und seine mediale Wand geht eine innige Verbindung mit der Unterfläche des Seitenbandes ein (Schmidtchen, 1906).

2.1.5.3 Hautschleimbeutel

An der Dorsalfläche des Karpus findet sich bei den Rindern häufig als Bursa synovialis subcutanea die Bursa praecarpalis, die in Bezug auf das Hygrom sowie die Bursitis praecarpalis bedeutsam ist (Salvisberg, 1913; Möckeberg, 1934; Piguet et al., 1997; Saika und Sarma, 1999; Heimberg, 1999; Dirksen, 2002; Kofler, 2002a).

Bei der Bursa praecarpalis handelt es sich um einen akzessorischen Schleimbeutel im Unterhautbindegewebe, welcher embryonal nicht angelegt ist. Er entsteht erst im Zuge wiederholter mechanischer Reizung, sei es aufstellungsbedingt oder beim Aufstehen durch zu langes Verweilen auf dem Karpus, wegen schmerzhafter Prozesse an den Vorder- oder Hintergliedmaßen oder allgemeiner Schwäche. Infolgedessen sind sie auch oftmals beidseitig zu finden (Möckeberg, 1934; Nickel et al., 1992; Kofler, 2002a).

Stadelhofer (1959) gibt einen kurzen Abriss über die Entstehung dieses akzessorischen Schleimbeutels. Durch wiederholte Traumatisierung kommt es unter Bildung eines Hohlraums zur Trennung der Bindegewebsschichten zwischen Haut und knöchernen Grundlage des Karpus. Der so entstandene Raum füllt sich zunächst mit Lymphe oder Blut an und es kommt langsam zu Umbauvorgängen in der Wand des Hohlraums. Neben der Auskleidung der Wand mit Endothel findet eine Kammerung des Hohlraums durch Bindegewebsfasern statt, was auch Schraml (1931) erwähnt.

Neben der traumatischen Komponente spielte in früherer Zeit eine Infektion mit *Brucella abortus bovis* eine bedeutende Rolle beim Auftreten der Karpalbeule. Stadelhofer (1959) konnte mit einem Tierversuch belegen, dass unter einer akuten „Bang-Infektion“ das Wachstum der Bursa praecarpalis beschleunigt wird. Er stellte einen Zusammenhang zwischen der Größe der Karpalbeule und eines positiven „Bang-Titer“ fest.

Die Ausdehnung dieses Hautschleimbeutels variiert sehr stark. Das proximale Ende grenzt an die *Articulatio antebrachioarpea*, das distale liegt distal der *Tuberositas ossis metacarpalis III*. Der distale Anteil der Bursa liegt laut Schmidtchen (1906) der Sehne des *Musculus extensor carpi radialis* auf, wobei sich die Sehne mit der Wand des Hautschleimbeutels locker durch Bindegewebe verbindet und der Sehnenansatz daher meist im Innenraum der Bursa zu finden ist. Auch hinsichtlich der Größe bestehen sehr starke Unterschiede, sie reicht von der

Größe einer Walnuß (Schmidtchen, 1906) bis hin zu „Menschenkopfgröße“ (Möckeberg, 1934; Stadelhofer, 1959).

Ein weiterer Hautschleimbeutel wird von Nickel et al. (1992) erwähnt. Er überzieht den Knochenvorsprung am Radius, der die Sehnenrinne des *Musculus extensor digitorum communis* medial begrenzt. Pathologische Veränderungen dieser von ihm als „oberen Unterhautschleimbeutel“ bezeichneten subkutanen Bursa konnte Geishauser (1996) des öfteren diagnostizieren.

2.1.6 Blutgefäßversorgung im Karpalgelenkbereich

Sowohl im arteriellen als auch im venösen Bereich der Blutgefäßversorgung findet sich am Karpus ein reich verzweigtes Netz von Blutgefäßen, das als *Rete carpi* bezeichnet wird und durch die Ausbildung von Kollateralgefäßen eine optimale Blutgefäßversorgung gewährleistet.

2.1.6.1 Arterielle Blutgefäßversorgung

Die hinter den Blutgefäßen in Klammern angegebenen Nummern entsprechen der Beschriftung in Abb. 2.7.

An der Ausbildung des arteriellen *Rete carpi dorsale* (25) und *Rete carpi palmare* (20; 28) sind die *A. collateralis ulnaris*, die *A. interossea communis*, die *A. radialis* und die *A. transversa cubiti* mit ihren jeweiligen Ästen beteiligt.

Die *A. collateralis ulnaris* (8), die aus der *A. brachialis* entspringt, läuft in Begleitung des *Nervus ulnaris* auf der Medialseite in Richtung *Olecranon* und in der sogenannten *Ulnarisrinne* karpalwärts, wo sie den *Ramus carpeus dorsalis* (10) an die Streckseite des Karpus entläßt.

A. interossea communis geht als letztes Gefäß aus der *A. brachialis* hervor, bevor diese dann zur *A. mediana* wird. Sie entläßt zunächst die *A. interossea cranialis* (14), die beim Wiederkäuer das stärkste Gefäß darstellt. Jene läuft nach Durchtritt durch das proximale *Spatium interosseum antebrachii* auf der Dorsalfläche in Richtung Karpus und gibt den *Ramus carpeus dorsalis* (15) zum *Rete carpi* ab. Danach zieht die *A. interossea cranialis* durch das *Spatium antebrachii distalis* und verbindet sich manchmal über den *R. interosseus* (17) mit der *A. interossea caudalis* (16), die als Fortsetzung der *A. interossea communis* an der Kaudalseite des Unterarmes verläuft und eher selten den *R. interosseus* erreicht. Der *Ramus interosseus* entläßt zunächst den *Ramus carpeus palmaris* (18) an die Beugeseite des Gelenkes und wird dann zum *Ramus palmaris* (19).

Die *A. radialis* (23) nimmt ihren Ursprung unmittelbar proximal des Karpus aus der *A. mediana* (22), die – in Begleitung der *V. mediana* und des *Nervus medianus* – durch das *Retinaculum flexorium* zwischen dem tiefen Anteil des *Musculus flexor digitorum superficialis* und dem *Musculus flexor digitorum profundus* läuft. Sie entläßt dicht proximal am Karpus den *Ramus carpeus palmaris* (27), der zur mediopalmaren Seite zieht, und den *Ramus carpeus dorsalis* (24) an die Streckseite des Gelenkes. Beide sind häufig doppelt angelegt.

Das *Rete carpi dorsale* erhält auch noch einen Ast der *A. transversa cubiti* (nicht eingezeichnet), die zum Teil mit der *A. interossea cranialis* anatomisiert.

Im dorsalen Bereich der Karpalgelenkregion findet sich zudem die *A. antebrachialis superficialis* (1), die keine Verbindung zum *Rete carpi* unterhält.

Das *Rete carpi* verlassen der *Ramus superficialis* (21) der *A. interossea cranialis* sowie die *Aa. metacarpeae palmares* (30), der *Ramus superficialis* der *A. radialis* (29) und die *A. metacarpea dorsalis III* (26) als stärkstes Blutgefäß.

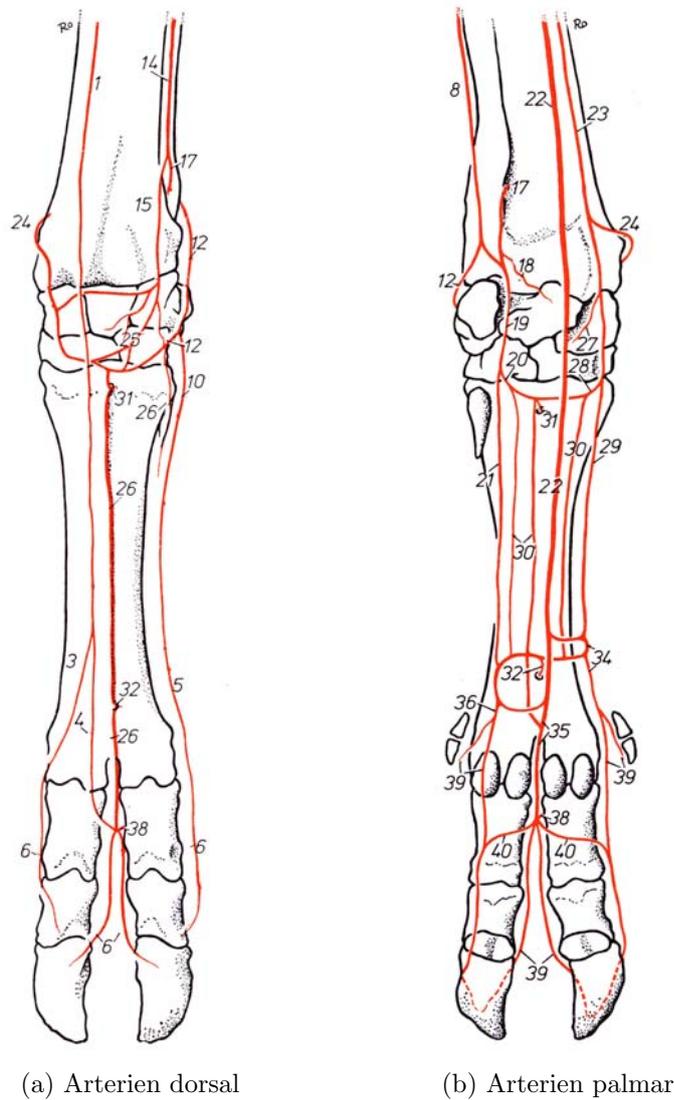


Abb. 2.7: Arterielle Blutgefäßversorgung der Karpalgelenkregion aus Wilkens (1984).

(a,b) Arterien dorsal und palmar: 1 = A. antebrachialis superficialis cranialis; 2-5 = Aa. digitales dorsales communes; 6 = Aa. digitales dorsales propriae; 8 = A. collateralis ulnaris; 10 = R. dorsalis von 8; 12 = R. carpeus dorsalis; 14 = A. interossea cranialis; 15 = R. carpeus dorsalis von 14; 17 = R. interosseus von 14; 18 = R. carpeus palmaris von 17; 19 = R. palmaris; 20 = R. profundus; 21 = R. superficialis; 22 = A. mediana; 23 = A. radialis; 24 = R. carpeus dorsalis; 25 = Rete carpi dorsale; 26 = Aa. metacarpeae dorsales; 27 = R. carpeus palmaris von 23; 28 = R. palmaris profundus von 23; 29 = R. palmaris superficialis von 23; 30 = Aa. metacarpeae palmares; 31 = Rr. perforantes proximales; 32 = Rr. perforantes distales; 34-36 = Aa. digitales palmares communes; 38 = Aa. interdigitales; 39 = Aa. digitales palmares propriae; 40 = Rr. palmares phalangium proximalium.

Abkürzungen: A. = Arteria; Aa. = Arteriae; R. = Ramus; Rr. = Rami.

Die arterielle Blutgefäßversorgung der Gelenkkapsel erfolgt durch die A. radialis und die A. interossea communis.

2.1.6.2 Venöser Blutabfluß aus der Karpalgelenkregion

Die in Klammern angegebenen Nummern verweisen auf die Beschriftung in Abb. 2.8.

Im Bereich des Karpus findet sich im venösen Anteil des Blutgefäßsystems palmar der Arcus palmaris profundus (21;29) und dorsal das Rete carpi dorsale (26), welche von den Ästen verschiedener Venen gebildet werden.

An der Ausbildung des Arcus palmaris profundus ist zum einen die V. radialis (24) mit ihrem Ramus palmaris profundus (29) beteiligt. Die meist doppelte V. radialis geht in halber Unterarmlänge aus der V. mediana hervor, verbindet sich proximal des Karpus mit der V. cephalica (1) und entläßt distal der Verbindungsstelle den Ramus palmaris profundus (29) an den Arcus.

Des weiteren ist am Arcus palmaris profundus der Ramus interosseus (18) der V. interossea cranialis (15) vertreten. Dieser geht eine starke Anastomose mit der V. radialis ein und setzt sich als Ramus palmaris (20) fort. Dieser läuft medial des Os carpi accessorium in distaler Richtung, nimmt die V. collateralis ulnae (10) auf und teilt sich in einen oberflächlichen Ast und den Ramus profundus (20), der zum Arcus palmaris zieht.

Dorsal am Karpus findet sich das Rete carpi dorsale (26), gebildet aus den Rami carpi dorsales der V. radialis (24) und der V. interossea cranialis (15). Jene zieht kranial zwischen Radius und Ulna karpuswärts und gibt im distalen Unterarmbereich den Ramus carpeus dorsalis (16) ab. Die V. radialis entläßt auf etwa gleicher Höhe, von palmar her ziehend, den Ramus carpus dorsalis (25) an das Rete carpi dorsale.

Während aus dem Rete carpi dorsale die relativ schwache V. metacarpea dorsalis III (27), die auch die Rami perforantes proximales et distales (32;33) aufnimmt, entspringt, verlassen den Arcus palmaris profundus die Venae metacarpeae palmares II (31) – IV, wobei die funktionelle Fortsetzung der V. radialis von der V. metacarpea palmaris II gebildet wird.

2.1.7 Lymphatische Einrichtungen

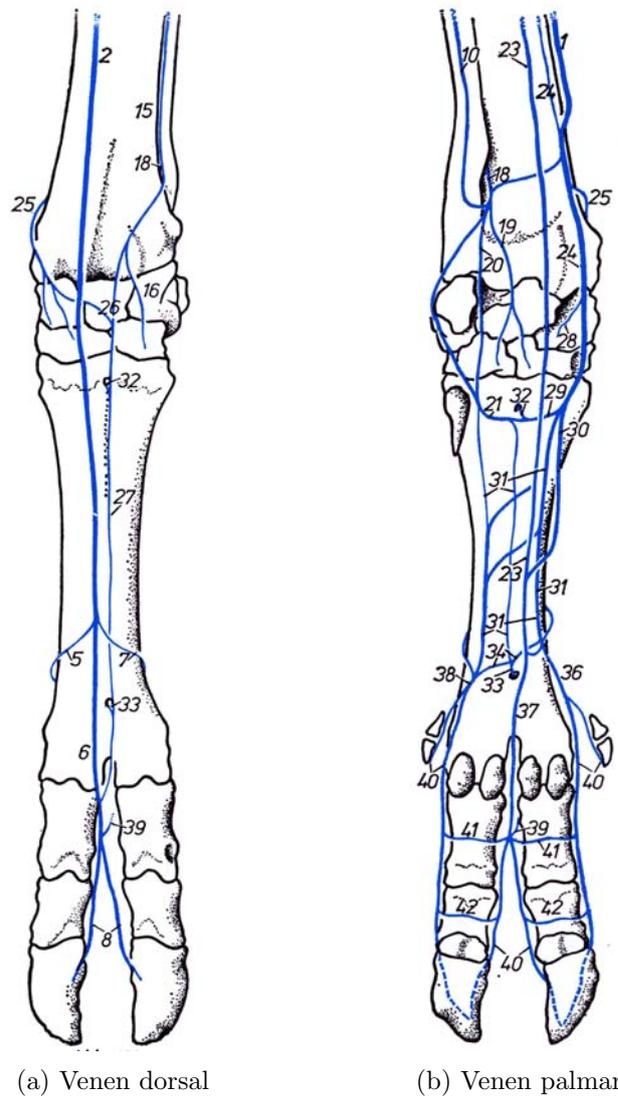
Der Abtransport der Lymphe aus der Karpalregion erfolgt zu einem zum Lymphocentrum cervicale superficiale, in welches vor allem die oberflächlichen Lymphgefäße münden; die tiefer gelegenen Lymphgefäße ziehen zum Lymphocentrum axillare (Abb. 2.9).

Zum Lymphocentrum axillare zählt zunächst der Lymphonodus axillaris proprius (19), welcher kaudal des Schultergelenkes an der Medialseite des Musculus teres major zu finden ist. Sein Zufluß erfolgt aus den Muskeln des Oberarmes sowie den Knochen und Gelenken der Schultergliedmaße ohne Metapodium und Autopodium.

Das gleiche Zuflußgebiet weisen die Lymphonodi axillares primae costae (20) auf. Sie bestehen aus zwei bis drei Knoten, die lateral der ersten Rippe und im ersten Interkostalraum, verdeckt von Musculus pectoralis profundus, gelegen sind.

Der Abfluß der Lymphe erfolgt zu den Lymphonodi cervicales profundi caudales (16). Von den Lymphonodi axillares primae costae (20), zu welchen auch zum Teil Lymphe vom Lymphonodus axillaris proprius (19) gelangt, fließt die Lymphe der linken Gliedmaße zum Teil direkt in den Ductus thoracicus (60), jene der rechten Schultergliedmaße in den Truncus jugularis dexter (59).

Das Lymphocentrum cervicale superficiale besteht aus dem Lymphonodus cervicalis superficialis (9), welcher, am Kranialrand des Musculus supraspinatus und unter dem Musculus



(a) Venen dorsal

(b) Venen palmar

Abb. 2.8: Venöse Blutgefäßversorgung der Karpalgelenkregion aus Wilkens (1984).

(a,b) Venen dorsal und palmar: 1 = V. cephalica; 2 = V. cephalica accessoria; 5-7= Vv. digitales dorsales communes; 8 = Vv. digitales dorsales propriae; 10 = V. collateralis ulnaris; 15 = V. interossea cranialis; 16= R. carpeus dorsalis; 18 = R. interosseus; 19 = R. carpeus palmaris von 17; 20 = R. palmaris; 21 = R. profundus; 23 = V. mediana; 24 = V. radialis; 25 = R. carpeus dorsalis von 24; 26 = Rete carpi dorsale; 27 = Vv. metacarpeae dorsales; 28 = Ramus carpeus palmaris von 24; 29 = R. palmaris profundus; 30 = R. palmaris superficialis; 31 = Vv. metacarpeae palmares; 32 = Rr. perforantes proximales; 33 = Rr. perforantes distales; 34 = Arcus palmaris profundus distalis; 36-38 = Vv. digitalis palmares communes; 39 = Vv. interdigitales; 40 = Vv. digitales palmares propriae; 41 = Rr. palmares phalangium proximales; 42 = Rr. palmares phalangium medianum. Abkürzungen: R. = Ramus; Rr. = Rami; V. = Vena; Vv. = Venae.

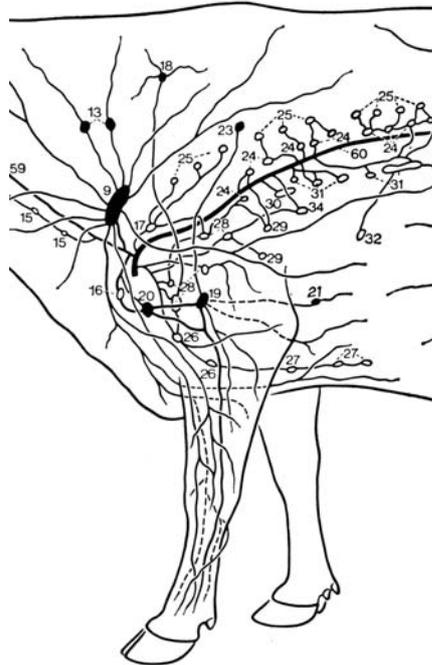


Abb. 2.9: Lymphgefäße aus Vollmerhaus (1984). Es werden nur die für die Karpalgelenkregion relevanten Lymphknoten und Lymphgefäße beziffert.

9 = Ln. cervicalis superficialis (Buglymphknoten); 13 = Lnn. cervicales superficiales accessorii; 16 = Lnn. cervicales profundi caudales; 19 = Ln. axillaris proprius; 20 = Lnn. axillares primae costae; 59 = Truncus jugularis; 60 = Ductus thoracicus;
Abkürzungen: Ln. = Lymphonodus; Lnn. = Lymphonodi.

brachiocephalicus und dem Musculus omotransversarius gelegen, zu den tastbaren Lymphknoten des Rindes zählt. Sein Zuflußgebiet besteht aus der Haut der Schultergliedmaße, der Unterarmfaszie, aber auch dem Fuß mit Sehnen und Gelenken. Der Truncus jugularis dexter (59) und der Ductus thoracicus (60) bilden das Abflußgebiet des Buglymphknotens.

Als Blutlymphknoten oder auch als echte Lymphknoten finden sich unter dem Musculus trapezius und dem Musculus omotransversarius die Lymphonodi cervicales superficiales accessorii (13); der Abfluß dieser fünf bis zehn Knoten erfolgt zum Lymphonodus cervicalis superficialis (9).

2.1.8 Nerven im Bereich des Karpus

Die Karpalgelenkregion wird sensibel und motorisch von Nerven des Plexus brachialis versorgt, dessen Radices von den Ventralästen des sechsten, siebten und achten Halsnerven sowie des ersten und zweiten Brustnerven gebildet werden. An der Innervation des Karpalgelenkes beteiligen sich der Nervus ulnaris, der Nervus radialis, der Nervus medianus, der Nervus axillaris sowie der Nervus musculocutaneus.

2.1.8.1 Versorgung der Haut

Die sensible Versorgung der Haut erfolgt durch die Hautäste der oben genannten Nerven. Der Nervus cutaneus antebrachii cranialis des Nervus axillaris versorgt die Dorsalfäche des Unterarmes. Lateral schließt sich das Hautfeld der Nervus radialis an, dessen Hautast als Nervus cutaneus brachii lateralis bezeichnet wird. Die Innervation der Haut an der Kaudalfäche des Unterarmes wird vom Nervus cutaneus antebrachii caudalis des Nervus ulnaris übernommen; wohingegen die mediale Unterarmfläche vom Nervus cutaneus antebrachii medialis des Nervus musculocutaneus versorgt wird.

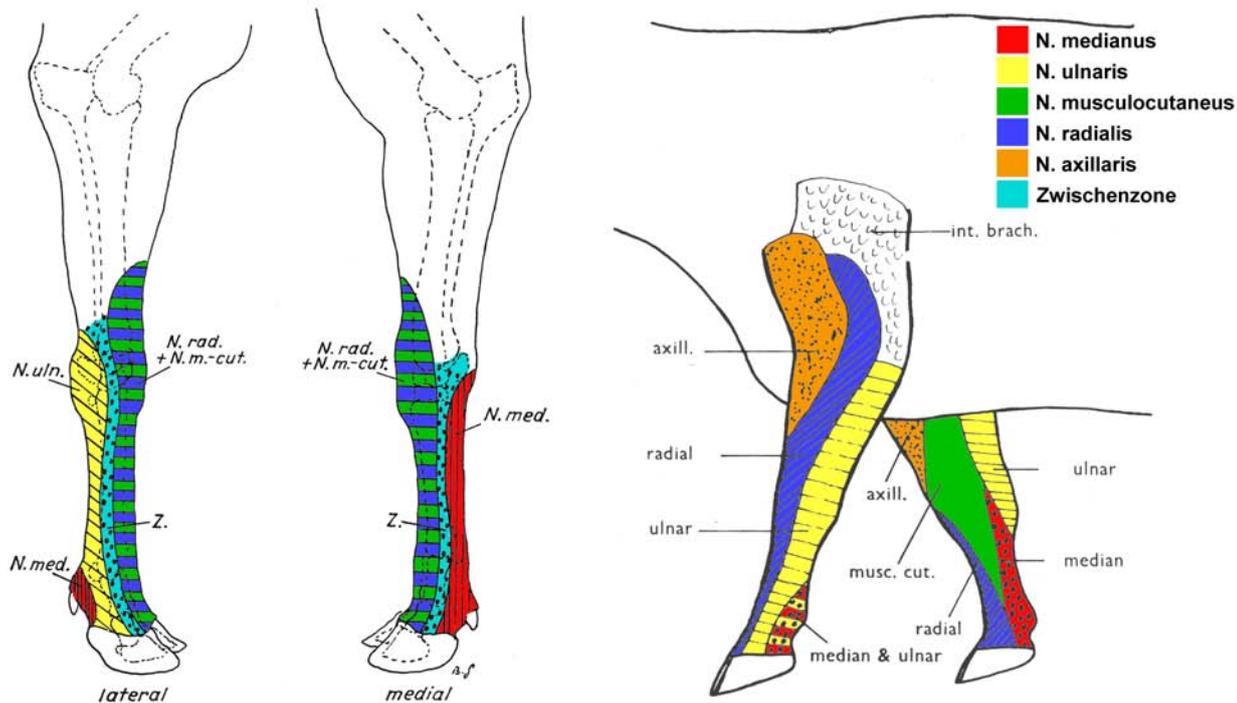


Abb. 2.10: Innervation der Haut. Geändert nach Westhues und Fritsch (1960) bzw. Greenough et al. (1981); axill = N. axillaris; radial = N. rad = N. radialis; ulnar = N. uln. = N. ulnaris; musc. cut. = N. m.-cut. = N. musculocutaneus; median = N. med. = N. medianus; int. brach. = N. intercostobrachialis; Z. = Zwischenzone, die nach Westhues und Fritsch (1960) nur bei gleichzeitiger Blockierung von N. ulnaris und N. radialis + N. musculocutaneus (lateral) bzw. N. medianus und N. radialis + N. musculocutaneus (medial) anästhesiert wird.

Abkürzungen: N. = Nervus.

Die sensible Versorgung der Haut im Bereich des Karpalgelenkes wird bei verschiedenen Autoren unterschiedlich beschrieben (Abb. 2.10). Die lateralen und dorsalen Hautbezirke werden laut Greenough et al. (1981) vom Nervus cutaneus antebrachii lateralis des Nervus radialis versorgt. Westhues und Fritsch (1960) ordnen die lateralen, dorsalen und medialen Hautbezirke der gemeinsamen Innervation des Nervus cutaneus antebrachii lateralis des Nervus radialis und des Nervus cutaneus antebrachii medialis des Nervus musculocutaneus zu, die sich im distalen Unterarmdrittel miteinander verbinden. Greenough et al. (1981) machen den Nervus antebrachii medialis des Nervus musculocutaneus allein für die sensible Versorgung der Haut an der medialen Seite verantwortlich. Laut Seiferle (1992) versorgt der Ramus cutaneus des Nervus medianus den medialen Hautbezirk am Karpalgelenk. Bei Westhues und Fritsch (1960) erhält dieser ein distal des Os carpi accessorium mediopalmar gelegenes Innervationsgebiet,

wohingegen er bei Greenough et al. (1981) nur ein sehr kleines Hautareal am Übergang des Innervationsgebietes zwischen Nervus musculocutaneus und Nervus ulnaris zu versorgen hat. Der Nervus ulnaris versorgt sowohl nach Westhues und Fritsch (1960) als auch nach Greenough et al. (1981) die palmaren Hautbezirke. Bei Seiferle (1992) werden die palmaren Hautbezirke vom Ramus dorsalis des Nervus ulnaris versorgt, der auch für die Innervation der lateralen Hautfläche verantwortlich ist. Allein Westhues und Fritsch (1960) erwähnen eine sogenannte Zwischenzone, die sowohl an der lateralen als auch an der medialen Seite des distalen Abschnittes des Rinderbeines zu finden ist. Sie wird an der lateralen Seite nur bei gleichzeitiger Blockade des Nervus ulnaris, Nervus radialis und Nervus musculocutaneus und an der medialen Seite bei simultaner Blockierung des Nervus medianus, des Nervus radialis und des Nervus musculocutaneus anästhesiert.

2.1.8.2 Versorgung tieferliegender Strukturen

Die motorische Versorgung der im Karpalgelenkbereich liegenden Muskeln wird durch den Nervus ulnaris, den Nervus medianus und den Nervus radialis gewährleistet (Abb. 2.11)

Die Strecker sowohl des Karpalgelenkes als auch der Zehengelenke sowie der Musculus extensor carpi ulnaris werden vom *Nervus radialis* versorgt, der seine Fasern aus den Ventralästen des siebten und achten Halsnerven und des ersten Brustnerven bezieht. Der Stamm des Nervus radialis tritt zwischen Caput longum und Caput mediale des Musculus triceps brachii in die Tiefe und gelangt zur Beugeseite des Ellenbogengelenkes. Dort spaltet er sich in einen Ramus profundus, der die motorische Innervation der Muskulatur übernimmt, und in einen Ramus superficialis, der auf der Dorsalfäche des Mittelfußes verläuft und ins Zehengebiet zieht.

Die motorische Versorgung der das Karpalgelenk und die Zehengelenke beugenden Muskeln wird vom Nervus medianus und vom Nervus ulnaris übernommen. Die Fasern des *Nervus medianus*, des stärksten Nerven des Plexus brachialis, stammen von den Ventralästen des achten Halsnerven, des ersten Brustnerven und zum Teil auch des zweiten Brustnerven. Jener ist zunächst mit den Nervus ulnaris verbunden und bildet mit dem Nervus musculocutaneus die Ansa axillaris. Nach Trennung vom Nervus ulnaris läuft er auf der medialen Seite zum Ellenbogengelenk und weiter zwischen dem Musculus flexor carpi radialis und dem Musculus flexor digitorum profundus in Begleitung der A. mediana zum Karpalgelenk. Nach Abgabe des Ramus cutaneus dicht proximal des Karpalgelenkes zieht er unter dem Retinaculum flexorum an die mediopalmare Seite des Metacarpus und weiter bis ins Zehenendgebiet.

Der *Nervus ulnaris*, dessen Fasern von den Ventralästen des achten Halsnerven und des ersten Brustnerven, selten des zweiten Brustnerven stammen, zieht an die Streckseite des Ellenbogengelenkes und verläuft nach Abgabe des Hautastes an die Kaudalseite des Unterarmes zwischen den Muskelbäuchen des Musculus flexor carpi ulnaris und des Musculus extensor carpi radialis nach distal. Vor Erreichen des Karpus spaltet er sich in einen Ramus dorsalis, der den Nervus digitalis dorsalis communis IV bildet, seitlich des Os carpi accessorium in Richtung Metakarpus verläuft und unter der Haut zu palpieren ist (Dyce et al., 1991). Außerdem spaltet sich ein Ramus palmaris ab, der sich wiederum unterteilt in einen Ramus profundus - der Muskeläste an den Musculus interosseus entsendet- und in einen Ramus superficialis, der bis zum Zehenendgebiet verfolgt werden kann

Die Sehnen, die Bänder und das Periost des Unterarmes und des Vorderfußbereiches werden ausnahmslos vom Nervus medianus versorgt.

Die sensible Innervation der Karpalgelenkkapsel erfolgt laut Seiferle (1992) durch die Äste des Nervus medianus und des Nervus ulnaris. Die Innervation durch den Nervus ulnaris beschreibt auch Gigov (1964). Laut seinen Untersuchungen entsendet der Nervus ulnaris zunächst

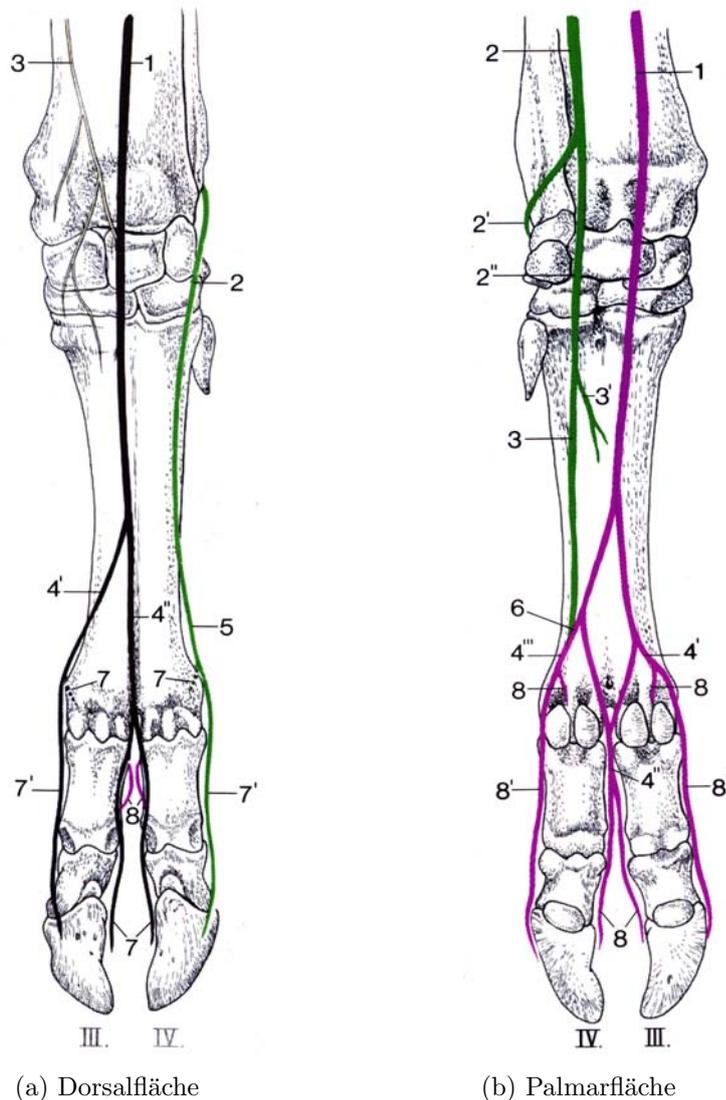


Abb. 2.11: Motorische Versorgung einer linken Karpalgelenkregion aus Seiferle (1992).

schwarz = N. radialis; grün = N. ulnaris; gelblich-weiß = N. musculocutaneus; violett = N. medianus.

(a) Dorsalfläche: 1 = Ramus superficialis des N. radialis; 2 = Ramus dorsalis des N. ulnaris; 3 = N. cutaneus antebrachii medialis des N. musculocutaneus; 4' = N. digitalis dorsalis communis II; 4'' = N. digitalis dorsalis communis III; 5 = N. digitalis dorsalis communis IV des N. ulnaris; 7 = Nn. digitales dorsales proprii axiales; 7' = Nn. digitales dorsales proprii abaxiales; 8 = Rami dorsales phalangis proximalis der Nn. digitales palmares - kommunizieren mit den Nn. digitales dorsales proprii axiales.

(b) Palmarfläche: 1 = N. medianus; 2 = N. ulnaris; 2' = Ramus dorsalis des N. ulnaris; 2'' = Ramus palmaris des N. ulnaris; 3 = Ramus superficialis des Ramus palmaris des N. ulnaris; 3' = Ramus profundus des Ramus palmaris des N. ulnaris; 4' = N. digitalis palmaris communis II; 4'' = N. digitalis palmaris communis III; 4''' = N. digitalis palmaris communis IV; 6 = Ramus communicans; 8 = Nn. digitales palmares proprii axiales; 8' = Nn. digitales palmares proprii abaxiales; 8'' = Nn. digitales palmares proprii abaxiales; 8''' = Nn. digitales palmares proprii abaxiales;
Abkürzungen: N. = Nervus; Nn. = Nervi.

auf der Höhe des Os carpi accessorium einen Ast, der in der Kapsel endet. Weiter distal zieht ein weiterer Zweig nach dorsal und distal und versorgt die mittlere Gelenkabteilung nach Eintritt zwischen dem Os carpi radiale und Os carpi intermedium. Des weiteren entläßt nach Gigov (1964) auch der Nervus musculocutaneus Nervenzweige an die fibrinöse Gelenkkapsel.

2.2 Ultraschall Diagnostik am Bewegungsapparat

2.2.1 Grundlegendes zur Ultraschall Diagnostik

2.2.1.1 Technische Grundlagen des Ultraschalls

Ultraschallwellen sind mechanische Wellen, deren Frequenz, in der medizinischen Diagnostik mit 1-10 MHz Bandbreite, oberhalb der menschlichen Hörschwelle von 16 000 Hz liegt. Ihre Ausbreitung, die an das Vorhandensein von Materie gebunden ist, erfolgt in Form von Longitudinalwellen (Dudwiesus, 1987; Fritsch und Gerwing, 1993; Poulsen Nautrup, 1998).

Die Erzeugung der Schallwellen erfolgt im sogenannten Schallkopf, der sowohl als Sender als auch als Empfänger dient. Durch das Anlegen einer Wechselspannung ändern die im Schallkopf befindlichen, aus Seignettesalz oder Schwermetall-Titanat- oder -Niobatverbindungen bestehenden, Kristallplättchen ihre Dichte; dies wird als reziproker piezoelektrischer Effekt bezeichnet (Dudwiesus, 1987; Flückiger, 1990; Fritsch und Gerwing, 1993). Die entstehenden Dichtewellen breiten sich entlang einer optischen Achse aus. Sie treffen im Gewebe auf akustische Grenzflächen von Medien unterschiedlicher Dichte, wo sie nach den Gesetzen der Wellenlehre entweder reflektiert oder gebrochen werden (Meier, 1989). Grundsätzlich tragen nur diejenigen Schallwellen zur Bilderzeugung bei, die in Richtung des Schallkopfes reflektiert werden. Die Reflexion erfolgt nur an sogenannten akustischen Grenzflächen. Dies sind Flächen, welche zwei Bereiche unterschiedlicher akustischer Impedanz voneinander trennen. Der Anteil der dabei reflektierten Energie hängt vom Impedanzunterschied an der Grenzfläche ab. Der Energieanteil, der nicht reflektiert wird, wird transmittiert und kann an einer neuen Grenzfläche reflektiert werden. Ein beachtlicher Teil der Energie wird durch Reibung in Wärme umgewandelt und geht für den Bildaufbau verloren; dieser Vorgang wird als Absorption bezeichnet (Dudwiesus, 1987; Meier, 1989; Gladisch, 1993; Poulsen Nautrup, 1998). Grundsätzlich werden auch schräg auf Grenzflächen auftreffende Schallwellen reflektiert, jedoch erreichen diese im Gegensatz zu orthograd auftreffenden Strahlen nicht wieder den Schallkopf, da hierzu der Einfallswinkel α gleich dem Ausfallswinkel β sein muß. Die nicht reflektierten Schallwellen werden an der Grenzfläche gebrochen und setzen sich im neuen Medium mit einer Richtungsänderung fort (Abb.2.12)

Sie spielen für den Bildaufbau nur noch eine Rolle, wenn sie an einer neuen Grenzfläche reflektiert werden (Poulsen Nautrup, 1998). Bei sehr kleinen oder von der Oberflächenbeschaffenheit her unregelmäßig geformten Grenzflächen erreicht nur ein kleiner Teil des ursprünglichen Strahls den Schallkopf, es tritt das Phänomen der ungerichteten Reflexion, auch Streuung genannt auf (Gladisch, 1993; Poulsen Nautrup, 1998). In diesem Fall nimmt die Natur des Gewebes entscheidenden Einfluß auf das Echo (Meier, 1989).

Zusammenfassend läßt sich sagen, dass ein unterschiedlich großer Teil der Energie als sogenanntes Echo zum Schallkopf zurückgeworfen und in ein elektrisches Signal umgewandelt wird, in dem die mechanische Verformung der Kristallplättchen eine Änderung der elektrischen Spannung erzeugt. Es erfolgt eine Analyse des Echos nach dem Zeit-Weg-Prinzip (Fritsch und Gerwing, 1993) und eine Darstellung des Untersuchungsergebnisses auf dem Monitor mittels Kathodenstrahls (Meier, 1989).

2.2.1.2 Vorteile der Ultraschalluntersuchung gegenüber anderen bildgebenden Verfahren

Eine Untersuchung mittels Ultraschall stellt ein nicht invasives Diagnostikverfahren dar, das beliebig oft wiederholt werden kann und sowohl für den Patienten als auch für die untersuchen-

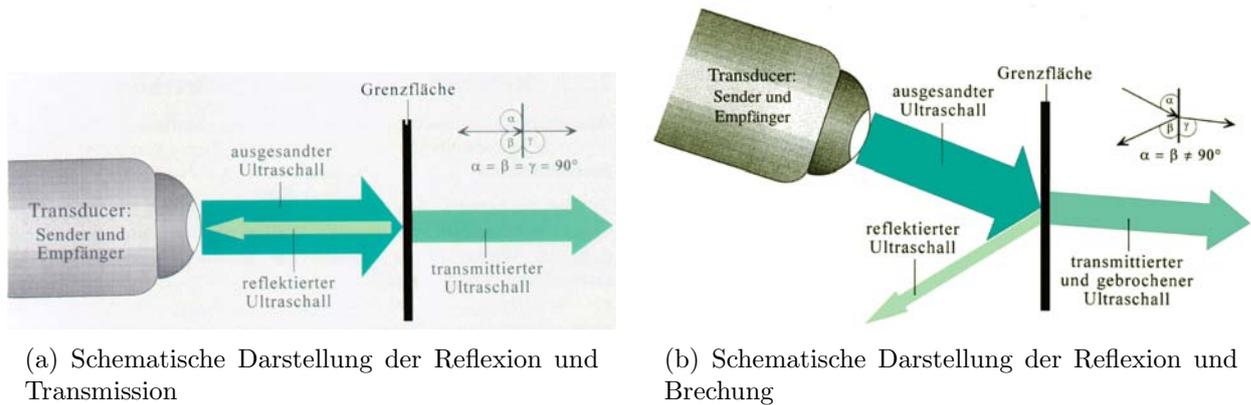


Abb. 2.12: Darstellung der Schalleffekte Reflexion, Brechung und Transmission aus Poulsen Nautrup (1998).

(a) Schematische Darstellung der Reflexion und Transmission von Schallwellen, die senkrecht auf eine akustische Grenzfläche treffen.

(b) Schematische Darstellung der Reflexion und Brechung von Schallwellen, die schräg auf eine akustische Grenzfläche treffen.

de Person unschädlich ist, da im Gegensatz zur Röntgendiagnostik keine Gesundheitsrisiken durch ionisierende Strahlen auftreten (Fritsch und Gerwing, 1993; Gerlach et al., 1998). Ebenso können aufgrund der beim diagnostischen Ultraschall verwendeten niedrigen Frequenzen und die nicht stattfindende Punkt-Dauerbeschallung teratogene und mutagene Effekte ausgeschlossen werden. Die entstehende Wärme, die im Milliwattbereich (10 mW/cm^2) liegt, wird an die Umgebung abgegeben oder von Blutstrom abtransportiert, so dass am Gewebe keine thermische Schäden auftreten (Gladisch, 1993; Poulsen Nautrup, 1998). Der entscheidende Vorteil ist jedoch darin zu sehen, dass es mittels Ultraschalldiagnostik gelingt, den Innenaufbau eines Organs zu beurteilen, Organgrenzen zu bestimmen und gegebenenfalls Größenmessungen vorzunehmen (Fritsch und Gerwing, 1993). Die Ultrasonographie dient im wesentlichen dem Erkennen von strukturellen und die Größe betreffenden Veränderungen an Weichteilen sowie parenchymatösen und flüssigkeitsgefüllten Organen. Ihr Einsatzbereich liegt auch im Nachweis von vermehrtem oder abnormen Inhalt in Körperhöhlen, dessen Dichte und Homogenität genauer analysiert werden kann (Fritsch, 1993). Flüssigkeitsansammlungen (z. B. Aszites) wirken ebenso wie Organe mit homogenem Reflexmuster (z. B. Milz, Leber) als akustische Fenster, was zu einer verbesserten Beurteilung des Bildes führt (Fritsch und Gerwing, 1993). Des Weiteren kann man mittels Ultraschall Bewegungsabläufe, die Pulsation von Gefäßen und die Flotation von Sedimenten beobachten (Fritsch, 1993). Im Bereich der Großorthopädie liefert die Sonographie zum Teil wertvolle Befunde in Körperregionen, die einer röntgenologischen Untersuchung nur schwer zugänglich sind. In diesem Zusammenhang sind das Schultergelenk und die Hüftregion zu nennen (Mettenleiter und Frohnes, 2000; Kofler, 2002c; Kofler et al., 2002; Martinek et al., 2002). Weiterhin bleibt noch zu erwähnen, dass diagnostische und therapeutische Eingriffe unter Ultraschallkontrolle durchgeführt werden können (Gerlach et al., 1998).

In der Orthopädie vermittelt die Sonographie Einblicke in Gelenkspalten und läßt vermehrte Gelenkfüllungen erkennen. In manchen Fällen ist eine Beurteilung des Gelenkknorpels möglich. Eine hohe Aussagekraft liegt in der Darstellung von Sehnen, Sehnenscheiden, Bursen und des Weichteilmantels um die Gelenke (Fritsch, 1993). Mittels Ultraschalluntersuchung ge-

lingt eine frühzeitige Charakterisierung des Inhalts bei Gelenk-, Sehnenscheiden- und Schleimbeutelentzündungen. Weiterhin fallen die Feststellung von Rupturen im Bereich von Muskeln und Sehnen, aber auch das Auffinden von röntgenologisch nicht darstellbaren Fremdkörpern oder die rechtzeitige Erkennung von Wundheilungsstörungen in den Einsatzbereich des Ultraschalluntersuchung. (Kofler, 1997a,b, 2002c).

Die Ultraschalldiagnostik liefert jedoch immer nur im Zusammenhang mit einer exakten Anamneseerhebung, den klinischen Untersuchungsmethoden wie Adspektion und Palpation, der Röntgendiagnostik sowie gegebenenfalls einer Punktion eine wertvolle Ergänzung hinsichtlich der Diagnosefindung (Fritsch, 1993; Kofler, 2002c).

2.2.1.3 Nachteile und Grenzen der sonographischen Untersuchungstechnik

Der Untersuchungstechnik sind zum einen Grenzen technischer Art gesetzt, zum anderen ist die Aussagekraft einer Ultraschalluntersuchung in hohem Maße von der Erfahrung des Untersucher abhängig (Fritsch, 1993; Gladisch, 1993). Die Untersuchung liefert eine Reihe von Bildern in verschiedenen räumlichen Ebenen, die im Kopf des Untersuchers zu einem dreidimensionalen Gesamtbild zusammengesetzt werden müssen (Flückiger, 1990; Fritsch und Gerwing, 1993). Die Erstellung eines detaillierten, aussagekräftigen Sonogramms erfordert, nach einer langen Einarbeitungszeit, einen wesentlich größeren Zeitaufwand als die Anfertigung einer Röntgenaufnahme (Fritsch und Gerwing, 1993). Neben diesen „menschlichen“ Beschränkungen liegt der größte technische Nachteil der Ultraschalluntersuchung darin, dass eine Beurteilbarkeit des Gewebes hinter Knochen, Luft oder Bariumsulfat nicht möglich ist (Fritsch und Gerwing, 1993; Fritsch, 1993). Am Knochen kann nur eine Aussage über die Oberfläche getroffen werden. Eine weitere technische Limitierung liegt im Auflösungsvermögen der Schallköpfe. Es ist im allgemeinen höher bei hochfrequenten Schallköpfen und nimmt insbesondere bei Sektorschallköpfen mit zunehmender Tiefe ab. Die axiale Auflösung liegt zwischen 0,1 und 1,5 mm, die laterale zwischen 1,0 und 4,0 mm (Fritsch, 1993). Ein weiterer limitierender Faktor ist die Eindringtiefe der Ultraschallwellen ins Gewebe. Sie ist vom gewählten Schallkopf abhängig. Je höher die Frequenz, desto geringer ist die Eindringtiefe, aber desto besser ist die Detailgenauigkeit. Somit sind unterschiedliche Schallköpfe für die verschiedenen Fragestellungen, aber auch für die unterschiedlichen Spezies notwendig (Flückiger, 1997). Im tiermedizinischen Bereich sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass sich der Patient nicht immer von der kooperativen Seite zeigt (Gerlach et al., 1998).

2.2.1.4 Bilddokumentation und Befundinterpretation in der Ultraschalldiagnostik

Die Dokumentation der Ergebnisse einer Ultraschalluntersuchung, die sowohl schriftlich als auch bildlich erfolgen sollte (Bönhof, 1987; Mettenleiter, 1995), obliegt dem Untersucher selbst, da nur vor seinem geistigen Auge das „3-D-Bild“ (vgl. Abschnitt 2.2.1.3) existiert (Flückiger, 1997). Bei Untersuchungen des Bewegungsapparates ist es sinnvoll, sich an einen standardisierten Untersuchungsgang zu halten, der sich in den meisten Fällen an palpierbaren oder sonographisch deutlich darstellbaren Strukturen orientiert, damit bei eventuellen Kontrolluntersuchungen oder Vergleichsbildern dieselbe Ebene zu treffen ist (Mettenleiter, 1995).

Für die Dokumentation in Form von Bildern liegt eine Vielzahl von Möglichkeiten vor, wobei heutzutage vor allem der Bildausdruck mittels Thermoprinter, die Aufzeichnung der Bilder durch ein Videogerät oder die Speicherung auf Hard-Disks im Vordergrund stehen (Fritsch und Gerwing, 1993; Graf und Schuler, 1995). Videoaufzeichnung eignen sich besonders bei der Un-

tersuchung von sich bewegenden Organen (Flückiger, 1997). Desweiteren ist damit auch eine Rekapitulierung und eine Nachbearbeitung der Befunde möglich, was auch einen Pluspunkt bei der Speicherung auf Disketten darstellt. Der Nachteil der Disketten liegt jedoch in der geringen Speicherkapazität (Fritsch und Gerwing, 1993).

Bei der schriftlichen Dokumentation ist auf eine exakte Beschreibung des sonographischen Befundes zu achten. Zunächst sollte eine deskriptive Befunderhebung erfolgen, der sich eine subjektive Bewertung und Interpretation der gewonnenen sonographischen Befunde unter Einbeziehung von Anamnese und klinischen Untersuchungen anschließt. Die deskriptive Beschreibung der Ultraschallaufnahmen stützt sich auf bestimmte „Grundpfeiler“ (Dudwiesus, 1987; Gerlach et al., 1998).

Man beurteilt zunächst die **Lage** eines Organs (Fritsch und Gerwing, 1993; Fritsch, 1993; Flückiger, 1997), wobei man sich an leicht identifizierbaren Nachbarorganen und Oberflächen orientiert und auch die Abgrenzbarkeit der Strukturen gegenüber der Umgebung mit ins Auge faßt (Fritsch und Gerwing, 1993). Durch den Vergleich mit benachbarten Strukturen kann auch eine Aussage über die **Größe** eines Organs getroffen werden. Sehr objektive Befunde liefert in diesem Fall eine Vermessung von Längs- und Querachsen, gegebenenfalls eine metrische Bestimmung von Flächen und Umfängen (Fritsch und Gerwing, 1993). Bei der Beurteilung von **Grenzen und Konturen** einer Struktur ist zu beachten, dass diese überaus abhängig vom Einfallwinkel der Schallwellen sind und eine sichere Beurteilung nur unter Einbeziehung weiterer Befunde sowie der Darstellung in mehreren Ebenen möglich ist (Fritsch, 1993; Fritsch und Gerwing, 1993; Flückiger, 1997).

Die Domäne der Ultraschalluntersuchung ist natürlich die Beurteilung der Binnenstruktur, das sogenannte **Echomuster**, eines Organs. Jedes Organ besitzt ein charakteristisches Echomuster, das jedem vertraut sein sollte, der sonographisch tätig ist (Flückiger, 1990; Gladisch, 1993). Definiert wird das Echomuster durch die drei Parameter Stärke, Größe und Dichte der Echos. Die Varitationsbreiten dieser drei Parameter, die alle in der Bezeichnung „echofrei“ münden, sind der Abbildung 2.13 zu entnehmen.

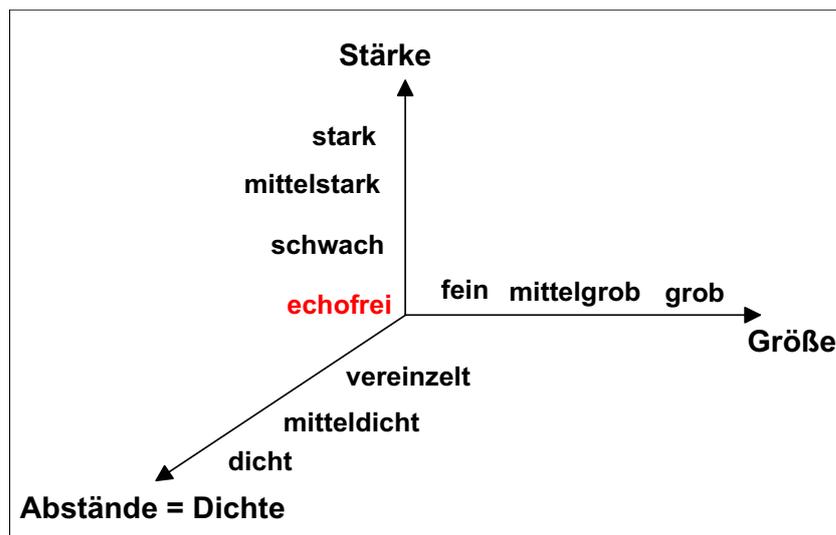


Abb. 2.13: Parameter eines Echomusters: Stärke, Größe und Dichte aus Bönhof (1987)

Ein weiteres Kriterium zur Beschreibung eines Echomusters ist die Gleichmäßigkeit in der Verteilung der Echos. Das Echomuster eines Organs wird als homogen bezeichnet, wenn eine gleichmäßige Verteilung der Echos vorliegt und dadurch eine ebenmäßige Schattierung ent-

steht. Von einem inhomogen Echomuster spricht man dann, wenn eine unregelmäßige Verteilung der Echos anzutreffen ist (Fritsch und Gerwing, 1993; Fritsch, 1993). Beim Vorliegen einer inhomogenen Binnenstruktur ist noch eine weitere Differenzierung hinsichtlich der Verteilung möglich: es kann unterschieden werden zwischen fokal, herdförmig, umschrieben, multifokal und generalisiert auftretenden Veränderungen.

Die Zusammenfassung der Größe, Stärke und Dichte von Echos zusammen mit der Verteilung der Echos erlaubt eine Aussage über die akustische Dichte eines Gewebes, die sogenannte Echogenität. Dadurch ist eine Einteilung in echofreie, echoarme und echoreiche Gewebe möglich (Poulsen Nautrup, 1998) (vergleiche hierzu Abbildung 2.14). Die Tabelle 2.1 auf nebenstehender Seite gibt einen Überblick über die Synonyme der Echogenitätsbezeichnungen, ihre sonographische Darstellung und einige Beispiele.

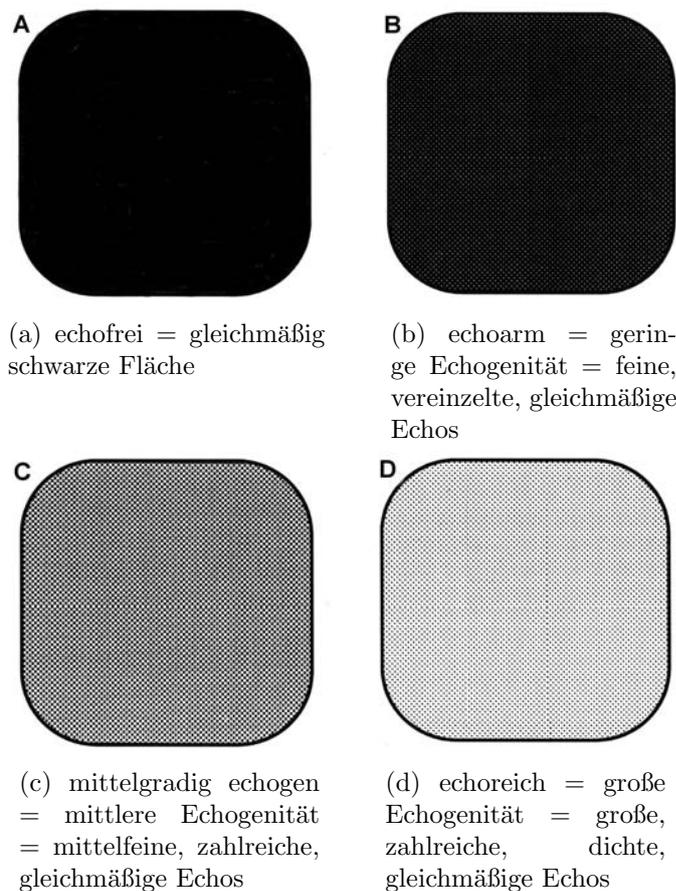


Abb. 2.14: Darstellung der verschiedenen Echodichten mittels Größe, Stärke, Dichte und Verteilung von registrierten Echos nach Poulsen Nautrup (1998)

Zu den „Grundpfeilern“ der Interpretation von Ultraschallbildern gehört auch die Beurteilung von **Bewegungskomponenten**. Unter diesen Begriff fallen die Pulsation von Gefäßen, die Peristaltik von Därmen sowie andere Bewegungsabläufe von kontraktilem Organen (Dudwiewsus, 1987; Gladisch, 1993; Flückiger, 1997). Die Auslösung von Strömungsphänomenen durch manuelle Kompression oder festes Andrücken des Schallkopfes ist auch unter dieser Rubrik zu nennen (Kofler, 1997b).

Tabelle 2.1: Synonyma für Echogenitäten, zusammengestellt nach Gladisch (1993); Flückiger (1997); Fritsch und Gerwing (1993); Poulsen Nautrup (1998).

Echogenität	sonographisches Bild	Beispiele
<u>echoreich</u> – reflexreich, echogen, reflexogen, energiereiche Reflexe, stark reflektierend, echodicht, stark echogen, sonodicht, hyperechogen	homogen, zahlreiche grobe bis feine, stark bis mittelstarke Einzelechos, ⇒ weiß bis hellgrau	interstitielles Bindegewebe, Zwerchfell, Herzbeutel, Gefäßwand von Arterien
<u>echoreich mit Schallschatten</u>	schwarzer Sektor distal der weißen Linie	Knochen, Verkalkungen, Darm, Fremdkörper
<u>mittelgradig echogen</u> - mittlere Echodichte, isoechoisch, mittel reflexdicht, mittel reflexogen	zahlreiche, gleichmäßig verteilte fein- bis mittelfeine, starke bis mittelstarke Echos mittlerer Dichte ⇒ hell- bis mittelgrau	Bindegewebe, Sehnen, Bänder, parenchymatöse Organe wie Leber, Milz, Pankreas, Schilddrüse
<u>echoarm</u> - reflexarm, geringe Echodichte, wenig echogen, hypoechogen, hypoechoisch, energiearme Reflexe	feine vereinzelt gleichmäßig schwache Echos ⇒ mittel- bis dunkelgrau	Nierenmark, Darmmuskulatur, Lymphknoten
<u>echofrei</u> - reflexfrei, anechogen, anechoisch, sonolucent, translucent, transsonisch, echolos, reflexlos	gleichmäßig schwarze Fläche	zellarme Flüssigkeiten wie Galle, Harn, Blut, Fruchtwasser, frisches Hämatom, Aszites

2.2.2 Orthopädische Ultrasonographie bei Großtieren

Eine Ultraschalluntersuchung am Bewegungsapparat beginnt sinnvoller Weise mit dem Aufsuchen von „leicht identifizierbaren, anatomischen Leitstrukturen“ (Mettenleiter, 1995; Kofler, 1997b), zu denen Knochenoberflächen, Bänder, Sehnen, Gelenkspalten und große Gefäße zählen. Ausgehend von diesen wird die „region of interest“ in den verschiedenen Schnittebenen genauer untersucht (Kofler, 1997b).

2.2.2.1 Strukturen des Gelenkes und deren ultrasonographische Normalbefunde

Unter idealen Bedingungen lassen sich sonographisch die unter den Abschnitten 2.2.2.1.1 bis 2.2.2.1.7 aufgeführten Strukturen des Bewegungsapparates abbilden. Bei passiver Bewegung des Gelenks im Sinne von Beugung und Streckung läßt sich auch eine Aussage hinsichtlich der Gelenkkinetik machen (Kofler, 1997b).

2.2.2.1.1 Knochen und Knorpel Im Ultraschallbild stellt sich Knochen als kalkhaltige Substanz, bei senkrecht auftreffendem Schallstrahl als stark hyperechogene Linie mit völliger Schallauslöschung dar. Es wird eine Beurteilung der Kontinuität und der Ausrichtung der Echolinie vorgenommen, wobei man sich jedoch das Phänomen der „Pseudousuren“ (Dubs-

Kunz, 1990; Kofler, 1997b) vor Augen halten sollte, das sowohl bei konkaven und konvexen Knochenoberflächen als auch bei nicht orthograder Anschallung einer Knochenlinie in Erscheinung tritt. Schräg auf die Knochenoberfläche auftreffende Schallstrahlen gelangen nicht mehr zum Transducer zurück. Im Gegensatz zur Pseudousur gelingt bei einer typischen Usur die Darstellung des Grundes als reflektierende Kontur. Weiterhin ist es mittels Ultraschall möglich, Tumoren, Frakturen oder freie Gelenkkörper nachzuweisen (Dubs-Kunz, 1990).

In longitudinaler Schallebene stellen sich bei noch im Wachstum befindlichen Tieren die Epiphysenfugen der langen Röhrenknochen als Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinie durch kurze anechoische Bezirke dar (Kofler, 1997b).

Die Darstellung des Gelenkknorpels als eine dem Knochen aufliegende anechoische Zone gelingt nur in seltenen Fällen bei senkrechter Positionierung des Schallkopfes und ist abhängig von der Dicke des Knorpels, dem Alter des Tieres und des Auflösungsvermögens des Ultraschallgerätes (Kofler, 1997b; Schock, 1997; Siebert et al., 1999). Dubs-Kunz (1990) unterscheidet zwischen der Darstellung hyalinen Knorpels als eholeere Struktur, die sich der Form des darunterliegenden Knochens anpaßt und keine Schallverstärkung aufweist und dem je nach Dicke in unterschiedlicher Echogenität auftretenden Faserknorpel, der aber nicht immer sonographisch darzustellen ist.

2.2.2.1.2 Muskulatur Das ultrasonographische Erscheinungsbild der Muskulatur ist davon abhängig, ob ein Transversal- oder ein Longitudinalschnitt vorgenommen wird.

Im Longitudinalschnitt ist Muskelgewebe als echoarme Struktur mit feinen längsverlaufenden echogenen Reflexen, die den Muskelsepten entsprechen, darstellbar; es ergibt sich somit ein strichförmiges Muster. Die Unterscheidung einzelner Muskelpartien kann mit Hilfe der stark echogenen intermuskulären Septen vorgenommen werden (Mettenleiter, 1995). Durch die sich bei orthograder Schallrichtung echoreich darstellenden Faszien ist eine Abgrenzung des Muskels gegenüber der Umgebung sowie anderen Muskelpartien möglich (Graf und Schuler, 1995).

Als punkt- oder bogenförmig echogene bis hyperechogene Strukturen stellen sich die Muskelsepten bei einem Transversalschnitt durch die Muskulatur dar (Mettenleiter, 1995). Während sie in der Mitte des Muskelbauches locker angeordnet sind, ist der Übergangsbereich der Muskulatur in die Endsehne durch eine zunehmende Echogenität des Gewebes gekennzeichnet (Graf und Schuler, 1995; Kofler, 1997b). Wichtig ist es, sich vor Augen zu führen, dass unter Zug oder durch Kompression die Echogenität des Muskels zunimmt. So lassen sich Fehldiagnosen wie Muskelerkrankungen oder Risse vermeiden (Dubs-Kunz, 1990). Beurteilt werden bei der sonographischen Untersuchung der Muskulatur zum einen die Struktur - man achtet auf Verkalkungen, Ein- oder Abrisse, Hämatome oder Abszesse - zum anderen die Muskeldynamik sowie Adhäsionen (Dubs-Kunz, 1990).

2.2.2.1.3 Sehnen, Bänder, Sehnenscheiden und Schleimbeutel Bei der sonographischen Untersuchung von Sehnen ist besonderes Augenmerk auf eine parallele bzw. senkrechte Positionierung des Schallkopfes zum Faserverlauf der Sehne zu legen, damit die Fehldiagnose „Strukturauflösung“, nicht aufgrund einer falschen Hypoechogenität gestellt wird (Mettenleiter, 1995).

Das Ultraschallbild einer gesunden Sehne im Longitudinalschnitt gibt deren einzelne Fasern als schmale echogene Linien wieder, während sich das Peritendineum auf beiden Seiten in Form zweier stark echogener Linien deutlich zu erkennen gibt. Der Ansatz der Sehne am Knochen stellt sich meist echoarm dar. Ursächlich hierfür ist die meist stattfindende Änderung des Verlaufs der Sehnenfasern und somit das „Verlassen“ des orthograden Anschallwinkels (Graf

und Schuler, 1995).

Im Transversalschnitt des Schallbildes stellen sich Sehnen als runde bis flachovale stark echogene Gebilde dar, wobei sich besonders bei den größeren Vertretern unter ihnen die fibrilläre Struktur als fein gepunktetes Muster zu erkennen gibt (Mettenleiter, 1995).

Die Bänder eines Gelenkes weisen sowohl im Längs- als auch im Transversalschnitt dieselbe Ultrasonoanatomie wie Sehnen auf (Siebert et al., 1999). Eine Unterscheidung ist nur mit Hilfe fundierter anatomischer Kenntnisse bezüglich des Verlaufes und der Lage möglich (Kofler, 1997b).

Sehnenscheiden und Schleimbeutel sind in physiologischem Zustand nicht oder nur sehr schwer darzustellen. Mit sehr hochfrequenten Schallköpfen gelingt es teilweise, Sehnenscheiden als hypoechogene ringförmige Zonen im Verlauf von Sehnen darzustellen. Schleimbeutel sind manchmal über Knochenlinien oder im Weichteilgewebe als hypoechogene Gebilde zu entdecken (Mettenleiter, 1995). Nach Siebert et al. (1999) sind häufig ihre Kapseln nicht darstellbar.

2.2.2.1.4 Gelenkkapsel, Gelenkspalt und Gelenkaussackungen Die Gelenkkapsel, die sich aus der Membrana fibrosa und der Membrana synovialis zusammensetzt, ist unter normalen Bedingungen sonographisch nicht vom umgebenden Weichteilgewebe zu unterscheiden, da beide dieselbe Echogenität aufweisen (Mettenleiter, 1995).

Die Gelenkspalten lassen sich am besten in der longitudinalen Schallebene darstellen. Sie sind als Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinien zu erkennen. Zum Teil weisen sie aufgrund abgerundeter Knochenenden trichterförmige Gestalt auf (Kofler, 1997b).

An einem gesunden Gelenk sind die Gelenkrezessus wegen des geringen Inhaltes an Synovia meistens nicht, manchmal nur in bestimmten Bereichen sonographisch darzustellen. Sie zeichnen sich dann als eng umschriebene anechoische Areale ab, da gesunde Synovia „signalfrei“ dargestellt wird (Mettenleiter und Frohnes, 2000). Das gelingt vor allem in der longitudinalen Schallebene (Mettenleiter, 1995; Kofler, 1997b).

2.2.2.1.5 Gefäße Mittels Ultraschall lassen sich sowohl Arterien als auch Venen im Horizontalschnitt als schlauchförmige, im Transversalschnitt als runde, hypoechogene Gebilde mit einer dünnen, stärker echogebenden Membran erkennen. Aufgrund des großen Impedanzunterschiedes zwischen Blut und dem umgebenden Gewebe zeichnet sich die Gefäßwand als Doppellinie ab. Die innere Linie entsteht an der Grenzfläche zwischen Endothel und Blut, wohingegen die äußere, wesentlich breitere und echogenere Linie wahrscheinlich der Adventitia entspricht (Mettenleiter, 1995). Im Real-Time-Bild, vor allem bei Verwendung von hochfrequenten Schallköpfen ab 7,5 MHz und höher, kann aufgrund der Aggregation der roten Blutkörperchen der Blutstrom sichtbar gemacht werden, was die Unterscheidung zu anderen flüssigkeitsgefüllten Hohlräumen erleichtert (Mettenleiter, 1995). Eine Unterscheidung zwischen Arterien und Venen ist auch ohne Dopplersonographie anhand einfacher Unterscheidungsmerkmale möglich, bei denen zunächst die stärker Wanddicke der Arterien zu nennen ist, des Weiteren die völlige Komprimierbarkeit der Venen und die besonders in großlumigen Venen sichtbaren Klappen, die sich als „echogene im Blutstrom flottierende Falten“ (Kofler, 1997b) zu erkennen geben. Eine weitere Möglichkeit zur Identifizierung einer Vene ist die Zunahme ihres Durchmessers bei Durchführung einer Stauprobe (Dubs-Kunz, 1990; Kofler, 1997b; Mauer et al., 1998).

2.2.2.1.6 Nerven Das sonographische Bild von Nervengewebe ist charakterisiert durch eine stark echogene, fibrilläre Struktur. Es stellt sich insofern wie Sehngewebe dar. Die Horizontalschnittebene zeichnet sich durch einen Wechsel von längsverlaufenden echoreichen und echoärmeren Strukturen aus (Mettenleiter, 1995).

2.2.2.1.7 Weichteilgewebe Die Haut läßt sich am besten unter Verwendung einer sogenannten Vorlaufstrecke darstellen. Sie ist ultrasonographisch charakterisiert durch zwei parallel verlaufende schmale echogene Streifen. Unter Verwendung von Schallköpfen von 5 MHz und höher kann eine genauere Bestimmung der Textur sowie eine Dickenmessung durchgeführt werden. Das sich der Haut anschließende subkutane Bindegewebe zeigt verschiedene Echogenitäten, die im wesentlichen von seiner Dicke abhängig sind; die Echos reichen daher von grau bis weiß (Mettenleiter, 1995).

2.2.2.2 Wichtige Abbildungsartefakte bei sonographischen Gelenkuntersuchungen und ihre Interpretationsmöglichkeiten

Unter dem Begriff Artefakte versteht man „Kunstprodukte“, die bei bildgebenden Diagnoseverfahren (Meier, 1989) in Erscheinung treten. Im wesentlichen handelt es sich um Strukturen, die entweder, an einem falschen Ort oder mehrfach abgebildet werden. Zudem kann es zu Abweichungen hinsichtlich der Gestalt und der Intensität der Echos, aber auch der Größenverhältnisse kommen (Flückiger, 1997). Als hauptsächliche Ursachen der Artefaktentstehung sind neben den Interaktionen der Schallwellen mit dem zu untersuchenden Gewebe falsch gewählte Einstellungen am Ultraschallgerät (Flückiger, 1997). Die ungenügende Vorbereitung des zu untersuchenden Patienten, aber auch eine Ultraschalluntersuchung in ungeeigneten Räumen kann nicht kompensiert werden. Jeder Untersucher sollte sich vor Augen halten, dass Artefakte auftreten können. Er sollte über ihren Entstehungsmodus unterrichtet sein, sie erkennen und eventuell aus ihnen Nutzen bei der Interpretation des Bildes ziehen (Meier, 1989) oder sie vermeiden (Dubs-Kunz, 1990). Aus der Vielzahl der Artefakte die bei ultrasonographischen Untersuchungen auftreten können, werden nachfolgend die wichtigsten aufgeführt.

2.2.2.2.1 Wiederholungsechos Wiederholungsechos, im Englischen reverberations, stellen sich als helle, in regelmäßigen Abständen auftretende, meist horizontal verlaufende Streifen dar; zwischen diesen liegen echoärmere, etwas breitere Bänder. Das Bild nimmt ein „leiterartiges“ Aussehen (Flückiger, 1997) an (Abb. 2.15). Ursache der Wiederholungsechos sind meist parallel zum Sondenkopf liegende stark reflektierende Strukturen, die ein Eindringen der mechanischen Wellen in tiefere Gewebeschichten unterbinden. Die frühzeitig zurückgeworfenen, starken Echos werden am Schallkopf reflektiert und gelangen erneut in den Körper. Dieser Vorgang spielt sich so lange ab, bis die Energie verbraucht ist (Meier, 1989). Neben einem schlechten Kontakt zwischen Haut und Sondenkopf treten Wiederholungsechos auch an der stark reflektierenden Lungenoberfläche, bei Luftschlüssen im Gewebe sowie im Magen-Darm-Trakt auf. Durch Kippen des Schallkopfes und einer somit erreichten Änderung des Einfallswinkels der Wellen zur stark reflektierenden Grenzfläche verschwinden die leiterartigen Strukturen (Flückiger, 1997).

Als Besonderheit der Wiederholungsechos in Form von starken Mehrfachspiegelungen ist das Kometenschweifartefakt (comet tail) zu erwähnen. Dabei handelt es sich um echoreiche, radiär verlaufende Streifen, die distal einer kleinen echoreichen Struktur wie z. B. eines metallischen Fremdkörpers, kleineren Knochen oder Weichteilverkalkungen auftreten. Ursächlich

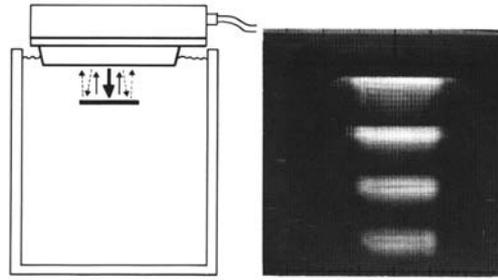


Abb. 2.15: Entstehung von Wiederholungsechos aufgrund einer stark reflektierenden im Nahbereich des Schallkopfes liegenden Struktur; aus Dudwiesus (1987)

ist der große Impedanzunterschied zwischen dem umgebenden Gewebe und der echoreichen Struktur zu nennen (Flückiger, 1997).

2.2.2.2 Schallschatten Akustische Schattenphänomene (acoustic shadowing), die sich im Ultraschallbild als sehr helle bandartige oder gekrümmte Echos mit distalen echofreien schwarzen Bereich darstellen, treten hinter Strukturen mit hoher Schallabschwächung auf (Gladisch, 1993), wobei für die Auslösung eines solchen Phänomens eine Mindestgröße des Objektes von 2-3 mm (Flückiger, 1997) notwendig ist (siehe Abbildung 2.16 auf der folgenden Seite). Im Allgemeinen ist für die Intensität der Schattenbildung wichtig, wieviel Energie aufgrund des Impedanzsprunges zum Empfänger zurückgeworfen wird und wieviel Sendeenergie die Struktur noch passieren kann, damit im nachfolgenden Gewebe abgeschwächtere Echos erzeugt werden (Dubs-Kunz, 1990; Gladisch, 1993). In der ultrasonographie an Gelenken ist vor allem die Schallauslöschung hinter Knochen von Bedeutung, die ihre Ursache sowohl in einer erhöhten Reflexion als auch in einer ausgeprägten Absorption der Schallintensität hat. Wegen der spongiösen Struktur des Knochengewebes breiten sich die Schallwellen nicht nur in Longitudinalwellen, sondern auch in Tangentialwellen aus (Gladisch, 1993). Ultrasonographisch läßt sich somit nur die Knochenoberfläche beurteilen. Schallschattenphänomene treten auch bei schlechter Schallkopfkopplung und starker Gasansammlung, beispielsweise im Darm auf. Diagnostisch hilfreiches „acoustic shadowing“ findet sich hinter Konkrementen oder dichtem Binde- und Narbengewebe (Gladisch, 1993).

2.2.2.3 Bogenartefakte Bogenartefakte, besser bezeichnet als Schallkeulenartefakte („side lobe“) haben ihren Ursprung in stark reflektierenden rundlichen Strukturen wie Knochen, Konkrementen oder Luft (Gladisch, 1993). Verursacht wird dieses Artefakt im Wesentlichen durch die unvermeidliche Tatsache, dass neben dem Hauptstrahl auch sogenannten Nebenkeulen vom den Kristallelementen des Schallkopfes erzeugt werden (vergleiche hierzu Abbildung 2.17 auf der nächsten Seite). Trifft ein in einer Nebenkeule durch einen starken Reflektor entstandenes Echo auf ein empfangsbereites Kristallelement, wird es als ein Echo der Hauptkeule abgebildet, obwohl unterhalb der dazugehörigen Kristallgruppe gar kein reales Objekt vorhanden ist. Dasselbe geschieht bei der Aktivierung der weiteren Kristallzeilen. Da der Weg zwischen Objekt und Schallkopfoberfläche zunächst abnimmt, jedoch auf der anderen Seite der reflektierenden Struktur wieder zunimmt, entstehen schmale helle Bögen von hyperbelartiger Gestalt (Dudwiesus, 1987; Gladisch, 1993), die sich meist nur in echoarmen Gewebe darstellen lassen. Indem man den Einfallswinkel der Ultraschallwellen ändert, kann man Bogenartefakte verschwinden lassen (Flückiger, 1997).

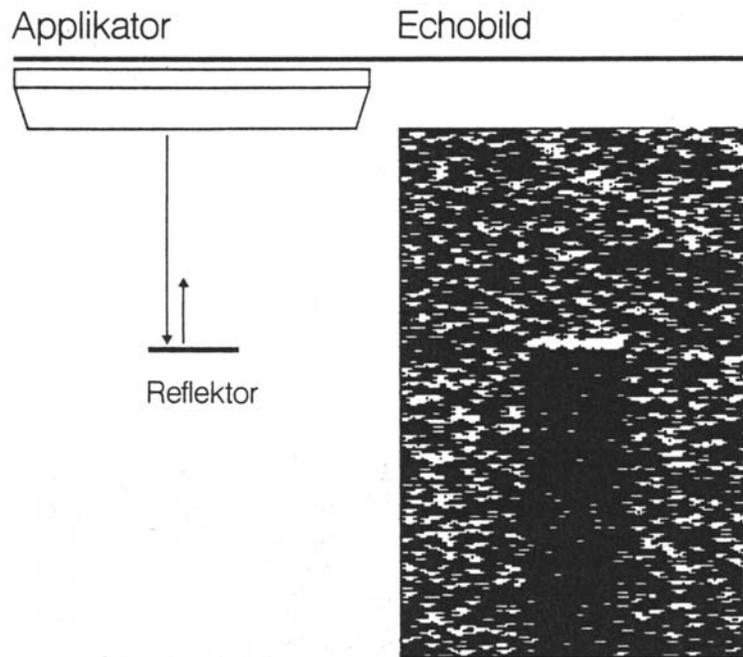
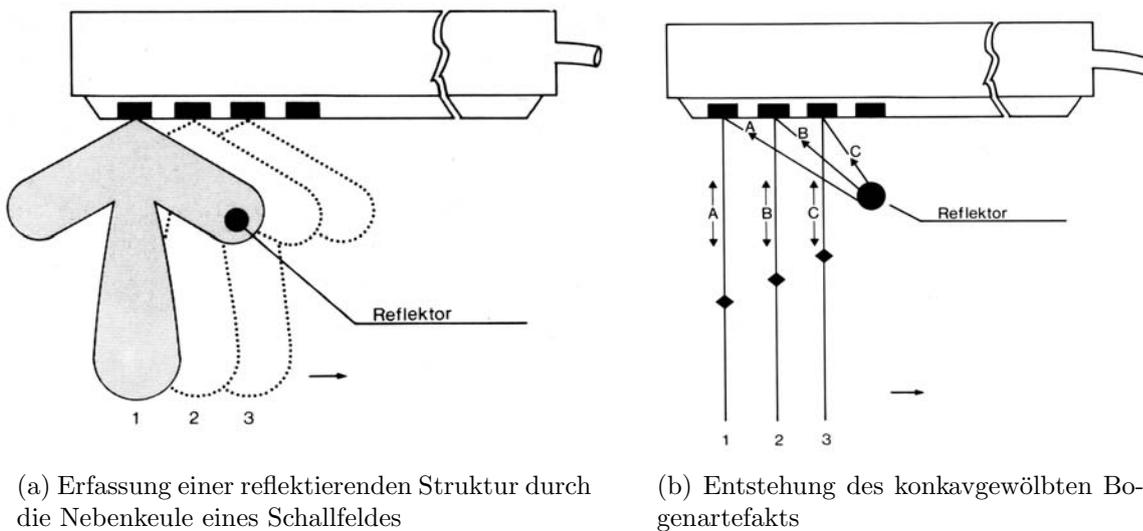


Abb. 2.16: Schallschattenartefakt: Bei starken Reflektoren wird der hinter der Struktur liegende Bereich nicht mehr von Schallimpulsen erreicht, und somit nicht abgebildet. An der Stelle des Reflektors entsteht ein starkes Echo mit dahinterliegendem echofreiem Raum; aus Graf und Schuler (1995)



(a) Erfassung einer reflektierenden Struktur durch die Nebenkeule eines Schallfeldes

(b) Entstehung des konkavgewölbten Bogenartefakts

Abb. 2.17: Entstehung von sogenannten Bogenartefakten aus Dudwiesus (1987)

2.2.2.2.4 Rauschen Das Artefakt des Rauschens („noise“), besonders bei Sektorschallköpfen anzutreffen, führt im Wesentlichen dazu, dass ein Ultraschallbild an Aussagekraft verliert (Gladisch, 1993). Das Bild erhält einen milchigen Charakter (Gladisch, 1993), es erscheint in seiner Gesamtheit zu hell; ein Schleier kleinster heller Lichtpunkte durchzieht das Bild und stellt unter normalen Bedingungen dunkel erscheinende Gebilde Schneegestöber-ähnlich (Flückiger, 1997) dar. Die Ursachen des Rauschens sind rein technischer Art und können somit leicht behoben werden. Die Schallintensität sollte erniedrigt werden und eine Dämpfung der Echos durch den Tiefenausgleichsregler geschaffen werden. Zu beachten ist jedoch, dass das Artefakt des Rauschens regelmäßig schallkopfnah durch Interaktionen der Schallwellen untereinander zu finden ist, was eine Strukturwiedergabe auf den ersten Zentimetern erschwert (Flückiger, 1997).

2.2.2.3 Ultraschalluntersuchungen im Bereich des Karpus

2.2.2.3.1 Untersuchung des Karpalgelenks des Pferdes Untersuchungen zur normalen Ultrasonoanatomie der Karpalgelenkregion der Pferde wurden von Budde (1997), Cauvin et al. (1997) und Tnibar et al. (1993) durchgeführt.

Tnibar et al. (1993) untersuchten die dorsalen und lateralen Strukturen unter Verwendung einer 7,5 MHz-Linearsonde mit Vorlaufstrecke. Zur Erleichterung der Interpretation der gefundenen Ergebnissen entwickelten sie ein Zonensystem. Als Referenzpunkt wurde der leicht zu palpierende Processus styloideus radii gewählt. Ausgehend von ihm wurden zwei Zonen nach proximal und drei Zonen nach distal festgelegt, wobei jeweils ein Abstand von 5 cm gewählt wurde. Damit ein Überblick gewonnen werden konnte, in welcher Ebene gerade geschallt wurde, wurde ein Lineal angelegt, dessen O-Marke 10 cm proximal des Processus styloideus radii zu liegen kam. Die Darstellung des Musculus extensor carpi radialis und des Musculus extensor digitorum communis mit ihren Sehnenscheiden sowie des Musculus flexor carpi ulnaris gelang ihnen sowohl in longitudinaler als auch in transversaler Ebene. Der Musculus abductor pollicis longus mit seiner Sehnenscheide war aufgrund seiner oberflächlichen Lage und der geringen Größe schwierig darzustellen. Trotzdem war die Sichtbarmachung aber in allen Fällen möglich, wobei die Palpation für die Lokalisation mitunter hilfreich war. Im Transversalschnitt war eine Erkennung des Musculus extensor digitorum lateralis im Bereich des Ligamentum collaterale laterale schwierig, da er genau zwischen den beiden Schenkel dessen hindurch zog. Das Ligamentum collaterale laterale selbst mit seinem tiefen und oberflächlichen Anteil war nur schwer vom umgebenden Gewebe abzugrenzen. Bei vollständig gebeugtem Gelenk und orthograder Schallkopfposition gelang die Darstellung des Gelenkknorpels der distalen Radiusepiphyse. Sowohl die Gelenkkapsel der Articulatio antebrachio-carpea als auch die in diesem Bereich bei einem Großteil der Pferde auffindbaren beiden Fettpolster (Dietze und Rendano, 1984) waren sonographisch darzustellen. Ihre mittels Ultraschall gefundenen Ergebnisse verglichen sie sowohl mit Gefrierschnitten von 1cm Dicke als auch mit bei der Sektion von Karpalgelenkregionen aufgefundenen anatomischen Gegebenheiten.

Die Schwerpunktsetzung bei Cauvin et al. (1997) bestand in der Erarbeitung einer anatomischen und ultrasonographischen Darstellung des Karpaltunnels und der angrenzenden Strukturen der palmaren Karpalregion des Pferdes. Sie verwendeten eine 7,5 MHz-Linearsonde mit Vorlaufstrecke. Die anatomischen und sonographischen Befunde stützten sie auf die Auswertung von 1,5 bis 2 cm dicken Gefrierschnitten, wobei bei zwei Präparaten die großen Blutgefäße mit Latex ausgefüllt und zugleich der Karpaltunnelbereich mit isotonischer Kochsalzlösung aufgedehnt wurden. Ultrasonographisch gelang den Autoren eine gute Darstellung der Muskeln bzw. Sehnen und Bänder des palmaren Karpusbereichs sowohl in der longitudinalen als

auch in der transversalen Schnittebene, wobei ein leichtes Abweichen von der streng transversalen Schnittebene zu besseren Darstellungen der oberflächlichen und tiefen Beugesehne führte. Das Auffinden des Unterstützungsbandes der oberflächlichen Beugesehne war wesentlich leichter, wenn der Schallkopf in einer eher kaudomedialen Orientierung angelegt wurde. Die Darstellung des Unterstützungsbandes in seiner gesamten Länge war wegen des schlechten Kontakts zwischen Schallkopf und Haut nicht einfach, gelang aber nach Entfernung der oberflächlichen Anteile der Kastanie oder durch Anlegen des Schallkopfes in longitudinaler Richtung vor der Kastanie mit kaudodistaler Schallausrichtung. Die Blutgefäße - die A. mediana, die A. radialis, sowie die V. cephalica und die V. radialis - waren aufgrund des Blutflusses deutlich am lebenden Tier zu erkennen. Dabei es fiel auf, dass der lateropalmare Bereich des Karpus frei von Blutgefäßen war. Die im Karpaltunnel verlaufenden Nerven ließen sich am besten in der longitudinalen Schnittebene darstellen. Die dort liegende Sehnenscheide, die vor allem im Bereich der tiefen Beugesehne zu finden war, die oberflächliche Beugesehne aber nur im Karpaltunnelbereich umgab, ließ sich am besten nach Ausdehnung mit Wasser darstellen; bei gesunden Individuen war die Sehnenscheide ultrasonographisch nicht darzustellen, weil sie nicht vermehrt gefüllt ist.

Budde (1997) beschäftigte sich in ihrer Dissertation mit der Ultrasonoanatomie des Karpus und lieferte Referenzwerte für die wichtigsten Sehnen und Bänder dieser Gelenkregion sowohl in horizontalem und vertikalem Durchmesser sowie in Fläche und Umfang. Um sich mit den anatomischen Gegebenheiten der Karpalgelenkregion vertraut zu machen, erarbeitete sie sich die Grundlagen zunächst an im Ellenbogengelenk exartikulierten Präparaten. Sie legte die anatomischen Strukturen der Karpusregion frei und untersuchte diese im Anschluß ultrasonographisch in einen Wasserbad. Des weiteren fertigte sie Gefrierschnitte in horizontalen und vertikalen Schnittebenen an. Eine Gliedmaße wurde einer kernspintomographischen Untersuchung unterzogen. Zum besseren Verständnis erarbeitete sie sich ein aus 5 transversalen Ebenen bestehendes Zonensystem, das sich an sichtbaren anatomischen Fixpunkten der Karpalregion orientierte. Die Ebene 1 befand sich am Radius eine handbreit über der Kastanie, die sich anschließende Ebene 2 lag auf Höhe des processus styloideus. Auf Höhe der proximalen Karpalreihe, die etwa im unteren Drittel des Os carpi accessorium zu finden war, befand sich die Ebene E3. Als Markierung für die Ebene 4 zog sie die distale Karpalknochenreihe heran. Die Ebene 5 lag auf Höhe des proximalen Bereiches der Metakarpalknochen. Anhand dieses Zonensystems untersuchte sie jede Ebene von proximal nach distal, von allen Seiten am stehenden, sedierten Pferd. Hierzu verwendete sie eine 5 MHz Linearsonde und einem 7,5 MHz Sektorschallkopf. Die Darstellung der den Karpus überziehenden Muskeln bzw. ihrer Sehnen konnte mit etwas Übung in allen Untersuchungsebenen bewerkstelligt werden. In Problemfällen erwies sich die dynamische Untersuchung oft als hilfreich. Allein der Musculus abductor pollicis longus war im Gegensatz zu Tnibar et al. (1993) weder eindeutig von der Umgebung noch vom den Sehnenfasern des Musculus extensor carpi radialis zu trennen. Die ultrasonographische Darstellung des lateralen und medialen Seitenbandes bereitete keine Schwierigkeiten. In Anlehnung an die bei der Arthroskopie verwendeten Zugänge stellte sie die Interkarpalbänder in Ebene 3 von dorsal in orthograder Schallrichtung dar. Auch die sonographische Darstellung der dorsalen Interkarpalbänder war problemlos möglich. Anteile des medialen und lateralen palmaren Interkarpalbandes ließen sich nur am abgebeugten Gelenk zufriedenstellend darstellen. Keinerlei Probleme zeigten sich bei der ultrasonographischen Untersuchung des Unterstützungsbands der oberflächlichen Beugesehne. Das Unterstützungsband der tiefen Beugesehne sowie der Musculus interosseus medius waren in ihrem Ursprungsgebiet - der Ebene 4 - sowohl schwer voneinander als auch vom umgebenden Gewebe zu differenzieren.

Ihre Lage zwischen den Griffelbeinen erhöhte die Schwierigkeit der sonographischen Darstellung noch um ein weiteres. Die ultrasonographische Darstellbarkeit der Gelenkaussackungen erwies sich als stark vom Füllungsstatus abhängig. Die erarbeiteten ultrasonographischen Normalbefunde wandte sie an einigen klinischen Fällen an und sah in der Ultraschalluntersuchung eine Bereicherung für die Diagnostik der equiden Karpalgelenkregion.

2.2.2.3.2 Untersuchungen am Karpus des Rindes Kofler (2000) führte seine Untersuchungen zur Bestimmung des ultrasonographischen Erscheinungsbildes des Weichteilgewebes des Karpus sowohl an gesunden Rindern als auch an in der Schulter exartikulierten Präparaten unter Verwendung einer 7,5 MHz-Linearsonde durch, wobei er die Verwendung einer Vorlaufstrecke empfahl. Es gelang ihm, die Sehnen aller im Bereich des Karpus verlaufenden Muskeln ausgehend vom Muskel-Sehnenübergang darzustellen, wobei der im Bereich der V. radialis verlaufende *Musculus flexor carpi radialis* und der kraniale Ast des *Musculus flexor carpi ulnaris* nur schwierig darzustellen waren. Die Auffindung und Erkennung des lateralen und medialen Seitenbandes sowie des *Retinaculum flexorum* stellten keine Schwierigkeit dar. Nur in sehr seltenen Fällen konnte die Sehnen Scheide des *Musculus extensor carpi radialis*, des *Musculus extensor digitorum lateralis* und des *Musculus extensor digitorum communis* auf einem Ultraschallbild gesehen werden. Im Bereich der Gelenke ließen sich die am Karpus beteiligten Knochen, die Wachstumsfugen von Radius und Ulna und die sich trichterförmig präsentierenden Gelenkspalten darstellen. Des öfteren betonte er, dass an einem gesunden Karpalgelenk das Auffinden der Gelenkaussackungen schwierig war. Während die dorsalen Aussackungen in Höhe der Gelenke als dreieckige, anechogene Bezirke erschienen, waren die palmaren Rezessus teilweise nur als schmale anechogene Bereiche von trapezförmiger Gestalt zu erkennen. Auch die Darstellung der Gelenkkapsel gestaltete sich schwierig; meist war sie nur an ihrer Ansatzstelle am Knochen sichtbar. Die im Karpaltunnel verlaufenden V. und A. radialis sowie die A. und V. mediana waren sonographisch zu erkennen. Die Tierkadaver nutzte Kofler des Weiteren für eine experimentelle Füllung der Gelenktagen des Karpalgelenkes sowie der Sehnen Scheiden einiger Muskeln mit physiologischer Kochsalzlösung. So sollen Verhältnisse simuliert werden, wie sie bei pathologischen Veränderungen vorliegen. Die von ihm sowohl in longitudinaler als auch in transversaler Schnittebene mit der Dicke von 1 cm angefertigten Gefriersägeschnitte zeigten eine überzeugende Übereinstimmung der makroskopischen Anatomie mit den bei der Sonographie gewonnenen Befunden. Außerdem führte er Messungen hinsichtlich des Durchmessers von Sehnen, Gelenkaussackungen und des Lumens von Blutgefäßen durch, um Referenzwerte liefern zu können.

Neben der ultrasonographischen Darstellung physiologischer Gegebenheiten der Karpalgelenkregion beschrieb Kofler auch pathologische Veränderungen dieses Gebietes. Es gelang ihm, Entzündungen der Bursa praecarpalis darzustellen, wobei er in einem Fall eine Verbindung zwischen einer veränderten Bursa praecarpalis und den dorsalen Gelenkrecessus der *Articulatio antebrachio-carpea*, der *Articulatio mediocarpea* und der *Articulatio carpometacarpea* aufzuzeigen konnte (Kofler, 1995b). Die Diagnose einer Karpitis gelang mit Hilfe der stets darzustellenden erweiterten Gelenkrecessus. Meist war es auch möglich, anhand der Echogenität und des Echomusters der veränderten Synovia sowie des Strömungsphänomens eine Zuordnung zu einer bestimmten Form der exudativen Arthritis vorzunehmen. Dies erleichterte in einigen Fällen die weitere therapeutische Vorgehensweise (Kofler, 1995b, 1997a,b). Des Weiteren konnte eine Tendovaginitis der Sehnen Scheide des *Musculus extensor carpi radialis* und des *Musculus extensor digitorum communis* sonographisch dargestellt werden (Kofler, 1995b, 1997a).

Die Arbeiten von Kofler bilden den Ausgangspunkt der vorliegenden Dissertation. Die bereits gewonnenen Ergebnisse (Kofler, 1995b, 1997a, 2000, 2001) sollen erweitert und ein schematisierter, standardisierter Untersuchungsgang der Karpalgelenkregion des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Nachvollziehbarkeit erarbeitet werden. Der ausgearbeitete Untersuchungsgang soll anhand von Fallbeispielen erprobt werden.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

3.1.1 Untersuchungsgut

Insgesamt wurden in dieser Arbeit 59 Gelenke untersucht. Die Karpalgelenke wurden in 5 Gruppen eingeteilt. Gruppe eins bis drei bestand aus Präparaten. Die Gruppen vier und fünf setzten sich aus Karpalgelenken von lebenden Tieren zusammen.

Gruppe 1 Diese Gruppe umfaßte 8 Tiere, die aufgrund einer nicht das Karpalgelenk betreffenden Erkrankung eingeschläfert wurden. Die Vordergliedmaßen wurden mit unversehrter Haut im Ellenbogengelenk abgesetzt. Sie stammten aus dem Institut für Tierpathologie der Ludwigs-Maximilians-Universität München sowie der Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheitswesen Südbayern in Oberschleißheim. Bei diesen Tieren lagen keine Angaben bezüglich Rasse, Geschlecht oder Alter vor. Die Präparate wurden für die Voruntersuchungen genutzt.

Gruppe 2 Zu dieser Gruppe (Tabelle 3.1) gehörten die Vordergliedmaßen von 13 Tieren. Sie wurden für Gefriersägeschnitte im Institut für Tieranatomie verwendet. Es handelte sich hierbei um unveränderte Karpalgelenke von Tieren, die unabhängig von dieser Arbeit eingeschläfert worden waren.

Tabelle 3.1: Alter, Rasse und Geschlechtsverteilung der Rinder von Gruppe 2.

Nr.	Rasse	Alter	Geschlecht
1	DFV	1 Tag	männlich
2	DFV	2 Wochen	weiblich
3	DFV	5 Monate	weiblich
4	DFV	6 Monate	männlich
5	DFV	9 Monate	weiblich
6	DFV	9 Monate	weiblich
7	RB	1 Jahr	männlich
8	DFV	11 Monate	weiblich
9	DFV	1 Jahr	weiblich
10	DFV	1 Jahr	männlich
11	DFV	2 Jahre 1 Monat	weiblich
12	DFV	3 Jahre	weiblich
13	DFV	3 Jahre 1 Monat	weiblich

DFV = Deutsches Fleckvieh; RB= Rotbunt.

Gruppe 3 Diese Gruppe bestand aus 3 unabhängig von dieser Arbeit eingeschläferten Tieren. Je eine Vordergliedmaße wurde im Ellenbogengelenk mit intakter Haut abgesetzt und zur besseren Darstellung der Gelenkaussackungen des Karpalgelenkes diese mit 0,9 % iger Natriumchloridlösung gefüllt.

Tabelle 3.2: Daten der Tiere in Gruppe 3. Neben Rasse, Alter und Geschlecht sind die Füllmengen der *Articulatio antebrachioarpea* (ABC) sowie der *Articulatio medioarpea* (MC) zusammen mit der *Articulationes carpometacarpeae* (CMC) angegeben.

Nr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Füllmenge [ml]	
				ABC	MC+CMC
1	DFV	7 Jahre	weiblich	50	-
2	BV	2 Jahre	weiblich	50	30
3	DFV	2 Wochen	weiblich	17,5	12,5

DFV = Deutsches Fleckvieh; BV = Braunvieh.

Gruppe 4 Diese Gruppe (Tabelle 3.3) bestand aus 11 Tieren verschiedener Rassen und Altersgruppen, deren Karpalgelenke für die Hauptversuche dieser Arbeit sonographisch untersucht wurden. Sie entstammten dem Patientengut der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik und wurden als in beiden Karpalgelenken klinisch gesund eingestuft.

Tabelle 3.3: Alter, Rasse und Geschlecht der Rinder von Gruppe 4.

Nr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Untersuchter Karpus
1	DFV	9 Monate	männlich	links
2	DFV	11 Monate	männlich	rechts
3	DFV	1 Jahr 3 Monate	weiblich	rechts
4	DFV	3 Jahre 9 Monate	weiblich	links
5	DFV	4 Jahre	weiblich	links
6	DFV	4 Jahre	weiblich	links
7	DFV	4 Jahre 9 Monate	weiblich	links & rechts
8	DFV	5 Jahre	weiblich	links & rechts
9	DFVxSB	5 Jahre 4 Monate	weiblich	links
10	DFV	6 Jahre	weiblich	links
11	DFV	8 Jahre 7 Monate	weiblich	rechts

DFV = Deutsches Fleckvieh; SB = Schwarzbunte;

DFVxSB = Kreuzung aus Deutschem Fleckvieh und Schwarzbunt.

Gruppe 5 In diese Gruppe (Tabelle 3.4) fielen 24 Patienten der Chirurgischen Tierklinik, die Erkrankungen der Karpalregion aufwiesen. Neben der sonographischen Untersuchung des betroffenen Karpalgelenkes wurden eine klinische, röntgenologische sowie eine labormedizinische und in einigen Fällen eine bakteriologische Untersuchung der Synovia durchgeführt.

Tabelle 3.4: Daten der Tiere in Gruppe 5. Neben Rasse, Alter und Geschlecht ist die klinische Diagnose der Erkrankung der Karpalregion aufgelistet.

Nr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Klinische Diagnose
1	DFV	3,5 Wochen	männlich	Polyarthritits (Karpitis beidseits)
2	DFV	2 Jahre 8 Monate	weiblich	Karpitis mit Osteolyse
3	SB×WBB		männlich	septische Karpitis rechts mit Osteolyse, Myositis des Musculus extensor carpi radialis links
4	DFV	2 Wochen	weiblich	Karpitis mit Osteolyse und Tendovaginitis
5	DFV	2 Monate 2 Wochen	männlich	Karpitis mit Osteomyelitis und Bursitits praecarpalis
6	DFV	1 Jahr 5 Monate	weiblich	Karpitis mit Osteomyelitis, Tendovaginitis
7	DFV	3 Wochen	männlich	Karpitis und Bursitits praecarpalis (beidseits)
8	DFV	1 Monat	männlich	Karpitis (beidseits)
9	DFV	2 Monate 2 Wochen	männlich	Bursitis praecarpalis links und Bursahygom rechts
10	DFV	5 Jahre 8 Monate	männlich	fibrinöse Karpitis
11	BV	5 Jahre 2 Monate	weiblich	purulente Arthritis der Articulationes mediocarpea et carpometacarpeae
12	DFV	2 Jahre 8 Monate	weiblich	Entzündung der Unterhaut und Tendovaginitis des Musculus extensor carpi radialis
13	DFV	5 Jahre 3 Monate	weiblich	Karpitis und Osteolyse des Os carpi accessorium
14	BV	1 Jahr 7 Monate	weiblich	Verletzung palmar am Karpus
15	DFV	2 Monate 2 Wochen	männlich	Polyarthritits mit Karpitis
16	BV×WBB	3 Wochen	männlich	purulente Karpitis
17	DFV	4 Jahre 7 Monate	weiblich	Bursitis praecarpalis
18	DFV	5 Jahre 11 Monate	weiblich	Bursitis praecarpalis
19	SB	12 Tage	weiblich	Karpitis mit Tendovaginitis des Musculus extensor digitorum lateralis
20	DFV	6 Monate	männlich	Hygom der Bursa praecarpalis
21	BV	6 Jahre	weiblich	Hygom der Bursa praecarpalis
22	DFV	4 Jahre 11 Monate	weiblich	septische Karpitis mit hochgradiger Knochendestruktion
23	DFV	4 Jahre	weiblich	Bursitis praecarpalis
24	DFV	8 Jahre	weiblich	Entzündung der Karpalgelenkstrecker, Bursitis präcarpalis

DFV = Deutsches Fleckvieh; SB = Schwarzbunt; BV = Braunvieh; RB = Rotbunt; WBB = Weißblauer Belgier; × = Kreuzungsrasse;

3.1.2 Apparative Ausrüstung

3.1.2.1 Ultraschallgerät, Bilddokumentation und Weiterverarbeitung

Sowohl die Vor- als auch die Hauptuntersuchungen wurden mit dem Real-Time-Ultraschallgerät Sonoline Prima der Firma Siemens durchgeführt. Dieses ist mit einem aktiven Multifrequenz-Linearschallkopf vom Typ 7.5L75S ausgerüstet. Eine Wahl der Frequenz zwischen 7,5 MHz und 5 MHz ist somit möglich. Zur Erleichterung der Rechts-Links-Zuordnung am Ultraschallbild befindet sich ein kleiner erhabener Punkt an einer Seite des Schallkopfes. Die dem Punkt nahen Strukturen werden auf dem linken Bildschirmrand dargestellt.

Da für den benützten Schallkopf keine handelsübliche Vorlaufstrecke erhältlich war, wurden zur besseren Darstellung oberflächlich gelegener Strukturen Aquaflex[®]- Gel Pads der Firma Parker Laboratories, INC verwendet. Dabei handelt es sich um Gel Packungen von 2 cm Dicke und 9 cm Durchmesser.

Damit eine luftleere Ankopplung des Schallkopfes an die Haut sowie an das Gelkissen erreicht werden konnte, wurde das Ultraschallkontaktgel (Aquasonic 100 der Firma Parker Laboratories, INC) verwendet.

Die Ultraschalluntersuchungen wurden auf viererlei Arten aufgezeichnet:

Fast alle Ultraschalluntersuchungen der Vor- und Hauptversuche (Gruppe 1, 3 und 4) wurden via Videosignal aufgezeichnet; anfänglich auf VHS-Kassetten mit dem analogen Gerät SONY SLV-E 1000 (1) und schließlich mit Hilfe der digitalen Videokamera SONY DCR-TRV 310E (2). Die Bilder des Großteils der klinischen Fälle (Gruppe 5) wurden direkt mit dem im Ultraschallgerät eingebauten Diskettenlaufwerk gespeichert (3). Einige wenige Ultraschallbilder wurden jedoch auch mit dem im Ultraschallgerät integrierten Thermoprinter (SONY UP-890MD) direkt ausgedruckt und später eingescannt (4).

Sowohl die analogen als auch digitalen Aufnahmen wurden mit Hilfe der digitalen Videokamera auf den Computer übertragen. Mit der Software Pinnacle Studio DV 1.2 wurden aus den Filmsequenzen das für die jeweilige Untersuchungsebene optimale Einzelbild herausgesucht und im Bitmap-Format abgespeichert. Die Bilder der klinischen Fälle, die direkt auf Disketten gespeichert worden waren (s.o.), lagen im Tiff-Format vor, welches ebenfalls ein unkomprimiertes Bitmap-Format darstellt. Somit konnten schließlich alle Ultraschallbilder verlustfrei mit den handelsüblichen Photobearbeitungsprogrammen weiterbearbeitet werden.

3.1.2.2 Weitere verwendete Geräte

Im Institut für Tieranatomie wurde zur Herstellung der Gefriersägeschnitte eine Bandsäge verwendet. Die gewonnenen Schnitte wurden dort mit der digitalen Kamera Fujifilm FinePix S1 Pro, mit Objektiv Nikon AF Nikkor 28-105 mm, abphotographiert. Dabei wurde der Polfilter Circluar ES 62 verwendet. Schließlich wurden die Aufnahmen mit der Camara-Shooting-Software von Fujifilm auf den Rechner übertragen. Die Weiterverarbeitung erfolgte analog zu den Ultraschallaufnahmen.

Von allen Patienten der Gruppe 5 wurden Röntgenbilder in zwei Ebenen angefertigt. Hierzu wurde das fahrbare Röntgengerät Polymobil der Firma Siemens und Röntgenkassetten mit Verstärkerfolie und einem Agfa Curix 1.000 HC-Film verwendet. Einige Befunde klinischer Fälle sowie Sektionsergebnisse wurden mit Hilfe von konventionellen und digitalen Fotoaufnahmen festgehalten.

3.1.3 Voruntersuchungen

3.1.3.1 Isolierte Karpalgelenke

Die isolierten Karpalgelenke der Gruppe 1 dienten der Auffrischung und Vertiefung der Anatomie der Karpalgelenkregion sowie dem Kennenlernen der charakteristischen Sonogramme der Strukturen in diesem Bereich. Des Weiteren wurden die Vorversuche zur Erarbeitung eines praktikablen Untersuchungsganges mit Festlegung der Schallkopfpositionen in den verschiedenen Ebenen sowie der Auswahl der optimalen Frequenz des Schallkopfes genutzt.

Nach dem Einschlafen des Tieres wurde eine Vordergliedmaße im Ellenbogengelenk exartikuliert, wobei besonderes Augenmerk auf die Unversehrtheit der Haut gelegt wurde. Für die Ultraschalluntersuchung wurde die Karpalgelenkregion geschoren, mit Wasser und Seife gereinigt und rasiert.

Zum Kennenlernen des der anatomischen Struktur entsprechenden Sonogramms und zur Überprüfung der Lage der Schallkopfposition wurde zumeist parallel gearbeitet; das heißt gleichzeitig an einer Vordergliedmaße mit intakter Haut und an einem anatomischen Präparat. Bei letzterem wurde die Haut und eine gegebenenfalls vorhandene Bursa praecarpalis sowie Unterhaut und Faszien entfernt. Vor allem im Bereich des Karpaltunnels war es notwendig, die einzelnen Muskelpartien freizupräparieren und dann schichtweise zu entfernen, damit der komplexe Aufbau dieser Region im Sonogramm nachvollzogen werden konnte. Für die Untersuchung der Präparate sowie der Karpalgelenke mit intakter Haut wurde die Vorlaufstrecke und ausreichend Kontaktgel verwendet. Eine optimale Ankoppelung an unebene Stellen war dadurch möglich und die zu untersuchende Struktur gelangte in den Fokussierungsbereich.

3.1.3.2 Gefriersägeschnitte

Für die Anfertigung der Gefrierschnitte wurden die im Ellenbogengelenk exartikulierten Vordergliedmaßen (Gruppe 2) im Bereich des Karpalgelenkes geschoren, gewaschen und rasiert. Somit konnte eine Verschmutzung der späteren Schnittfläche vermieden werden. Damit eine Verlagerung der Muskelbäuche während des Einfrierens bei -18°C in maximaler Streckung verhindert wurde, wurden die Muskeln unter starker Spannung ans Periost des Unterarmskeletts angenäht und unterstützend der Karpalgelenkbereich mit Peha-Haft[®]-Binden bandagiert.

Die durchgefrorenen Beine wurden im Bereich des Karpalgelenkes abgesägt und auf einer Holzplatte mit kleinen Holzkeilen in die gewünschte Schnittposition gebracht. Anschließend wurden sie in ein Bett aus Gelatine gegossen, damit die korrekte Lagerung für den Schnitt mit der Bandsäge gefestigt war. Hierbei wurde handelsübliche Balkenanzeige verwendet. Danach wurden die so fixierten Karpalgelenke wieder bei -18°C eingefroren.

Die fixierten Karpalgelenke wurden in gefrorenem Zustand in den entsprechenden horizontalen und vertikalen Schnittebenen mit der Bandsäge in Scheiben geschnitten und diese sofort wieder in die Gefrierkammer gebracht.

Jeder Gefrierschnitt wurde einzeln dokumentiert. Zunächst wurde er unter kaltem Wasser vom Schmierfilm befreit, danach auf eine schwarze Glasplatte gelegt und zur Vermeidung von Glanzeffekten mit 70%igem Alkohol überschichtet. Zur weiteren Minimierung von Spiegelungen wurden Polarisationsfolien vor der seitlichen Beleuchtung sowie ein dem Objektiv aufgeschraubter Circula-Polfilter verwendet. Von jedem Gefrierschnitt wurden Übersichtsaufnahmen angefertigt sowie Detailbereiche abphotographiert.

3.1.4 Hauptuntersuchungen

3.1.4.1 Standardisierter Untersuchungsgang

Bei den Patienten der Gruppe 3 wurde eine kurze Allgemeinuntersuchung, eine Beurteilung in der Bewegung sowie eine spezielle Untersuchung des Karpalgelenkes durch Adspektion und Palpation durchgeführt. Besonders geachtet wurde dabei darauf, dass keine Bursa präcarpalis vorlag und dass die Gelenkaussackungen nicht vermehrt gefüllt waren.

Die ultrasonographische Untersuchung erfolgte in Seitenlage auf einem Ablegewagen. Dieser ermöglichte eine optimale Fixierung der Tiere und der zu untersuchenden Beine. Auf eine Sedation konnte somit verzichtet werden.

Die Karpalregion wurde ringsum großflächig geschoren, mit Wasser und Seife gereinigt, rasiert und reichlich Kontaktgel aufgetragen.

Die Untersuchung erfolgte nach dem in den Vorversuche entwickelten Untersuchungsschema.

In Anlehnung an die Arbeiten von Mettenleiter (1995) und Budde (1997) wurde die Karpalgelenkregion in 4 horizontale Schnittebenen unterteilt. Bei der Festlegung der Ebenen spielten zwei Aspekte eine wichtige Rolle: Die präzise Darstellung der anatomischen Strukturen sowie die leichte Reproduzierbarkeit des Untersuchungsgangs durch Wiederauffinden der entsprechenden Ebene. Letzteres gelang durch die Orientierung an den nach Nickel et al. (1992) tastbaren Knochenpunkten der Karpalgelenkregion des Rindes: dem Os carpi accessorium, dem Os metacarpale quintum, der Tuberositas ossis metacarpalis, dem Processus styloideus ulnae sowie dem Processus styloideus radii. Letztlich ergaben sich folgende Untersuchungsebenen (siehe Abb. 3.1):

Ebene 1: Am Radius zwei bis drei fingerbreit proximal des Os carpi accessoriums oder zwei bis drei fingerbreit proximal des Processus styloideus ulnae; auf Höhe der Radiusfuge

Ebene 2: Auf Höhe des palpierbaren Gelenkspalts der Articulatio antebrachioarpea

Ebene 3: Auf Höhe der Articulatio mediocarpea, distal des Os carpi accessorium

Ebene 4: Auf Höhe der Articulationes carpometacarpeae proximal des proximalen Randes des Os metacarpale quintum bzw. der Tuberositas ossis metacarpale

Jede dieser Untersuchungsebenen wurde auf der dorsalen, dorsolateralen, lateralen, lateropalmaren, palmaren, mediopalmaren, medialen und dorsomedialen Karpalgelenkseite in horizontaler und vertikaler Schallkopfposition untersucht.

Praktisch erfolgte die Untersuchung der *Dorsal- und Lateralseite* entlang der den Karpus überziehenden Muskeln und Sehnen, deren Verlaufsrichtung sich meist an die Lagebezeichnungen hält. So dominiert der Musculus extensor carpi radialis die Dorsalseite und der Musculus extensor digitorum communis die dorsolaterale Seite. Über die laterale Seite verläuft der Musculus extensor digitorum lateralis. Der Musculus extensor carpi ulnaris bedeckt die lateropalmarare Seite. Diese Muskeln wurden jeweils in Höhe der Ebene 1 palpatorisch aufgesucht und in distaler Richtung in beiden Schallkopfpositionen dargestellt.

Die Darstellung des Musculus extensor carpi radialis wurde bei Tieren, die älter als 1,5 Jahre waren, wegen der in diesem Bereich sehr dicken Haut mit dem 5-MHz-Schallkopf durchgeführt. Bei den übrigen Muskeln wurde eine Frequenz von 7,5 MHz gewählt. Das Aqua-Flex® Gel-Pad kam zum Gebrauch.

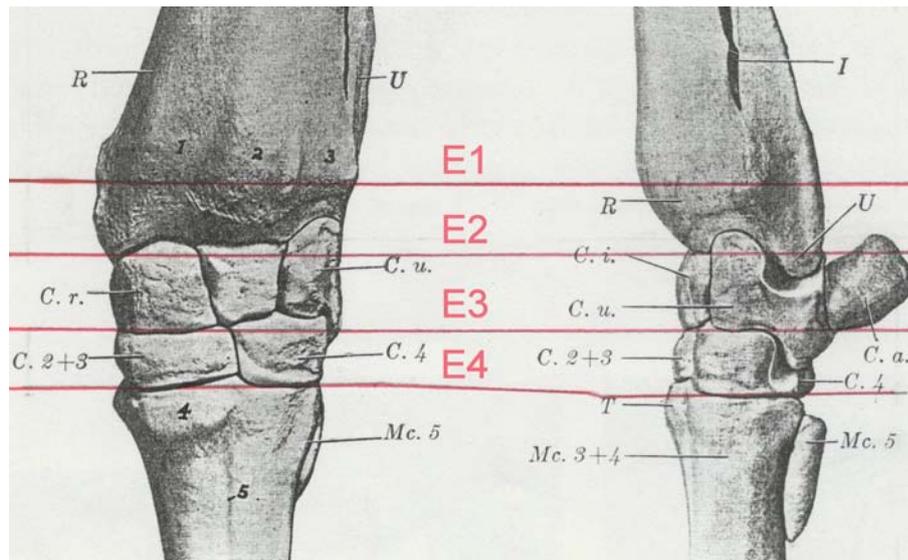


Abb. 3.1: Untersuchungsebenen nach Sisson und Grossman (1938). Die in dieser Arbeit verwendeten Ebenen E1 bis E4 wurden markiert.

Legende: R = Radius; U = Ulna; I = Spatium interosseum antebrachii; T,4 = Tuberositas ossis metacarpalis III; C.r. = Os carpi radiale; C.i. = Os carpi intermedium; C.u. Os carpi ulnare; C.a. = Os carpi accessorium; C.2+3 = Os carpale secundum et tertium; C.4 = Os carpale quartum; Mc.3+4 = Os metacarpale tertium et quartum; Mc.5 = Os metacarpale quintum; 1,2,3 = Gleitrinnen für Strecksehnen; 5 = Canalis metacarpi proximalis.

Auf der *palmares, mediopalmares und medialen* Seite wurden die im Bereich des Karpaltunnels verlaufenden Muskeln und Sehnen zusammen dargestellt. Der Schallkopf wurde auf die Frequenz von 5 MHz eingestellt und in vertikaler und horizontaler Richtung über die festgelegten Ebenen geführt. Der Einsatz des Gelpads war häufig notwendig. Die *dorsomediale* Seite wurde mit dem 7,5-MHz-Schallkopf dargestellt.

Der Orientierungspunkt am Schallkopf (vgl. 3.1.2.1 auf Seite 50) wurde bei vertikalen Aufnahmen stets nach proximal gehalten. Somit sind die proximalen Strukturen in den Abbildungen der vorliegenden Untersuchung stets am linken Bildschirmrand abgebildet.

Bei horizontalen Darstellungen der dorsalen Bereiche des Karpus befand sich der Punkt lateral, auf der palmares Seite war er nach medial gerichtet. Bei Aufnahmen der dorsolateralen, lateralen, lateropalmares, mediopalmares, medialen sowie dorsomedialen Seite war stets er nach dorsal gerichtet (Abb. 3.2).

In Abbildung 3.3 ist die Ausrichtung des Schallkopfes anhand eines Gefrierschnitts durch die Ebene E1 dargestellt. Die Schallkopfpositionen sind darin durch weiße Pfeile symbolisiert, der weiße Punkt steht für den Orientierungspunkt am Schallkopf (vgl. 3.1.2.1 auf Seite 50). In seiner Richtung gelegene Strukturen erscheinen links im Ultraschallbild.

Abweichend vom festgelegten Untersuchungsschema erfolgte die Darstellung des *Musculus abductor pollicis longus*. In Anlehnung an die Arbeit von Tnibar et al. (1993) wurde die Sehne dieses Muskels bei der vertikalen Darstellung des *Musculus extensor carpi radialis* am Übergang der Ebene 1 in die Ebene 2 ausfindig gemacht, wobei die Palpation oft hilfreich war. Bei der ultrasonographischen Untersuchung einer **rechten** Schultergliedmaße wurde der Schallkopf hierauf um einen Winkel von annähernd 40° aus der eben noch eingenommenen Schallkopfposition im Uhrzeigersinn gedreht und der Muskel sowohl nach proximopalmar und nach distodorsal verfolgt, wobei das „horizontale Bild“ entstand. Für die „vertikale“ Darstel-



Abb. 3.2: Schallkopfpositionierung in Bezug auf die Lagebezeichnungen, dargestellt am Karpus einer rechten Schultergliedmaße.

lung war eine Drehung des Schallkopfes um ca. 50° gegen den Uhrzeigersinn notwendig. Der am Schallkopf vorhandene Punkt war nach dorsal bzw. nach proximal gerichtet (Abb. 3.4). Für die Darstellung des Musculus abductor pollicis longus einer **linken** Schultergliedmaße war für die „horizontale Darstellung“ eine Drehung gegen den Uhrzeigersinn und für das „vertikale“ Bild eine Drehung im Sinn der Uhr erforderlich.



Abb. 3.4: Schallkopfpositionierung für den Musculus abductor pollicis longus an einer rechten Schultergliedmaße.

3.1.4.2 Darstellung der wassergefüllten Gelenkaussackungen

Die Füllung der Gelenkaussackungen der Tiere der Gruppe 3 mit 0,9%iger Natriumchloridlösung diente der Simulation von vermehrter Synovia im Gelenk und somit von krankhaften Zuständen. Es sollten jene Schallkopfpositionen herausgearbeitet werden, mit denen eine unphysiologische Gelenkfüllung am besten dargestellt werden kann.

Die Punktion und Füllung der Gelenketagen erfolgte an den entsprechend vorbereiteten Präparaten, bei leicht abgebeugten Gelenk. Es wurde eine Nadel der Stärke $0,80 \times 40\text{mm}$ verwendet. Die Punktion der Articulatio antebrachio-carpea erfolgte zwischen der Sehnenscheide des Musculus extensor digitorum communis und dem Musculus extensor carpi radialis, die der

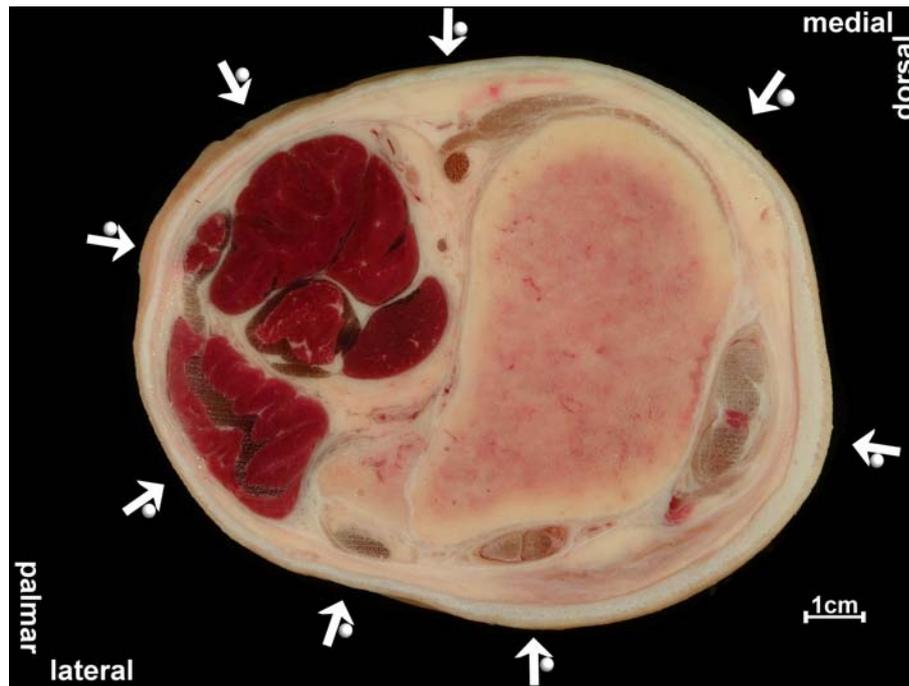


Abb. 3.3: Schematische Darstellung der Schallkopfposition und -orientierung anhand eines horizontalen Gefrierschnitts einer rechten Schultergliedmaße durch die Ebene E1 in proximaler Ansicht. Der Punkt neben dem Pfeil steht stellvertretend für den Punkt am Schallkopf.

Articulatio mediocarpea und carpometacarpeae distal der proximalen Reihe zwischen denselben Muskeln (vergleiche 2.1.2.4 auf Seite 12). Der richtige Sitz der Kanüle wurde durch Aspiration von Synovia bestätigt. Die injizierte Menge an Natriumchloridlösung ist der Tabelle 3.2 zu entnehmen.

Die sonographische Darstellung der Gelenkaussackungen erfolgte mit der 7,5-MHz-Sonde und zum Großteil ohne Gelpad. Im Bereich des Karpaltunnels und des Musculus extensor carpi radialis musste häufig auch eine Frequenz von 5 MHz gewählt werden. Die Untersuchung erfolgte nach dem für die Hauptversuche festgelegten Untersuchungsgang. Zusätzlich wurde auf die Darstellbarkeit der Gelenkaussackungen im Bereich der in der Literatur beschriebenen Punktionsstellen Wert gelegt.

3.1.4.3 Klinische Fälle

Parallel zur Untersuchung gesunder Tiere (Gruppe 4) bestand die Möglichkeit, Patienten mit Karpalgelenkerkrankungen (Gruppe 5) sonographisch zu untersuchen.

Nach der Erfassung eines genauen Vorberichtes schloss sich in der Regel eine abgekürzte Allgemeinuntersuchung an, wobei bei Kälbern bis zu zwei Monaten auch eine tiefe Palpation des Nabels durchgeführt wurde. Wenn erforderlich, wurden weitere diagnostische Maßnahmen durchgeführt.

Danach erfolgte eine Beobachtung der Belastung im Stand und während des Vorführens des Tieres. Neben der Einteilung der Lahmheit in die von Manson und Leaver (1988) festgesetzten Lahmheitsgrade wurde auch die Art der Lahmheit bestimmt.

Es schloß sich eine spezielle orthopädische Untersuchung im allgemeinen und der Karpalgelenkregion im besonderen an. Für die weiterführende Diagnostik wurden Kälber und Junggrinder zum Großteil sediert. Hierfür wurde Xylazin (Rompun® / Bayer) in einer Dosie-

zung von 0,1 mg/kg intramuskulär verabreicht. Erwachsene und laktierende Tiere konnten auf dem Ablegewagen gut fixiert werden, eine Sedation war somit meist nicht notwendig. In Einzelfällen wurde Detomidin (Domosedan[®] / Pfizer) in einer Dosierung von 1 - 2 mg/100 kg intravenös verabreicht.

Von jeder erkrankten Gliedmaße wurden Röntgenbilder im lateromedialen und dorsopalmaren Strahlengang angefertigt. Nach der Ultraschalluntersuchung schloß sich die Punktion vermehrt gefüllter Gelenkaussackungen oder einer gefüllten Bursa präcarpalis an. Die gewonnene Synovia wurde zunächst hinsichtlich Menge, Farbe, Transparenz, Konsistenz und Beimengungen physikalisch beurteilt. Danach schloß sich eine labormedizinische Untersuchung mit folgenden Parametern an: spezifisches Gewicht, Eiweißgehalt (g/l), Glucosegehalt (mmol/l), Laktatgehalt (mmol/l), Anzahl der Leukozyten (n/ μ l) sowie ein Differentialzellbild. Ein Teil der Synovia wurde für eine bakteriologische Untersuchung mit Resistenztest verwendet.

Tiere, die wegen infauster Prognose eingeschläfert werden mussten, wurden pathologisch-anatomisch untersucht. Die Ergebnisse wurden zum Vergleich sowie der Verifizierung der ultrasonographisch erhobenen Befunde herangezogen.

3.2 Ergebnisse

Zunächst werden die Gefrierschnitte der vier horizontalen Untersuchungsebenen E1 bis E4 dargestellt und die anatomischen Strukturen gekennzeichnet.

Der sich dann anschließende atlantenartig aufgebaute Hauptteil zeigt die Ultraschallaufnahmen aller Schallkopfpositionen. Die Gliederung erfolgt anhand der in Kapitel 3.1.4.1 festgelegten Lagebezeichnungen und Untersuchungsebenen.

Für jede Lagebezeichnung werden zunächst die dort verlaufenden anatomischen Strukturen, insbesondere die Muskelgruppen, anhand des zugehörigen vertikalen Gefrierschnitts beschrieben.

Darauf folgen jeweils vier immer gleich aufgebaute Doppelseiten – für jede Untersuchungsebene eine. Auf beiden Seiten nehmen die Horizontalschnitte stets die obere Seitenhälfte ein, die Vertikalschnitte findet man auf der unteren Seitenhälfte.

Die rechte Seite ist der Gegenüberstellung des Ultraschallbildes mit dem entsprechenden Ausschnitt aus dem Übersichtsgefrierschnitt gewidmet. Die Topographie des Untersuchungsgebiets wird anhand einer Skizze genau erklärt. Des weiteren wird die korrekte Schallkopfhaltung gezeigt, wie sie am lebenden Tier angewendet werden sollte. Zur besseren Veranschaulichung der Tatsache, dass die dem Punkt am Schallkopf nahen Strukturen stets am linken Bildschirmrand dargestellt werden, wurden die Photos ebenso stets so orientiert, dass sich der Punkt am Schallkopf links im Bild befindet. Dazu war es teilweise notwendig, die Abbildungen zu spiegeln.

Die linke Seite enthält Anmerkungen zur sonographischen Untersuchung und die in den Text eingefügten Abkürzungen.

3.2.1 Gefrierschnitte der vier horizontalen Untersuchungsebenen.

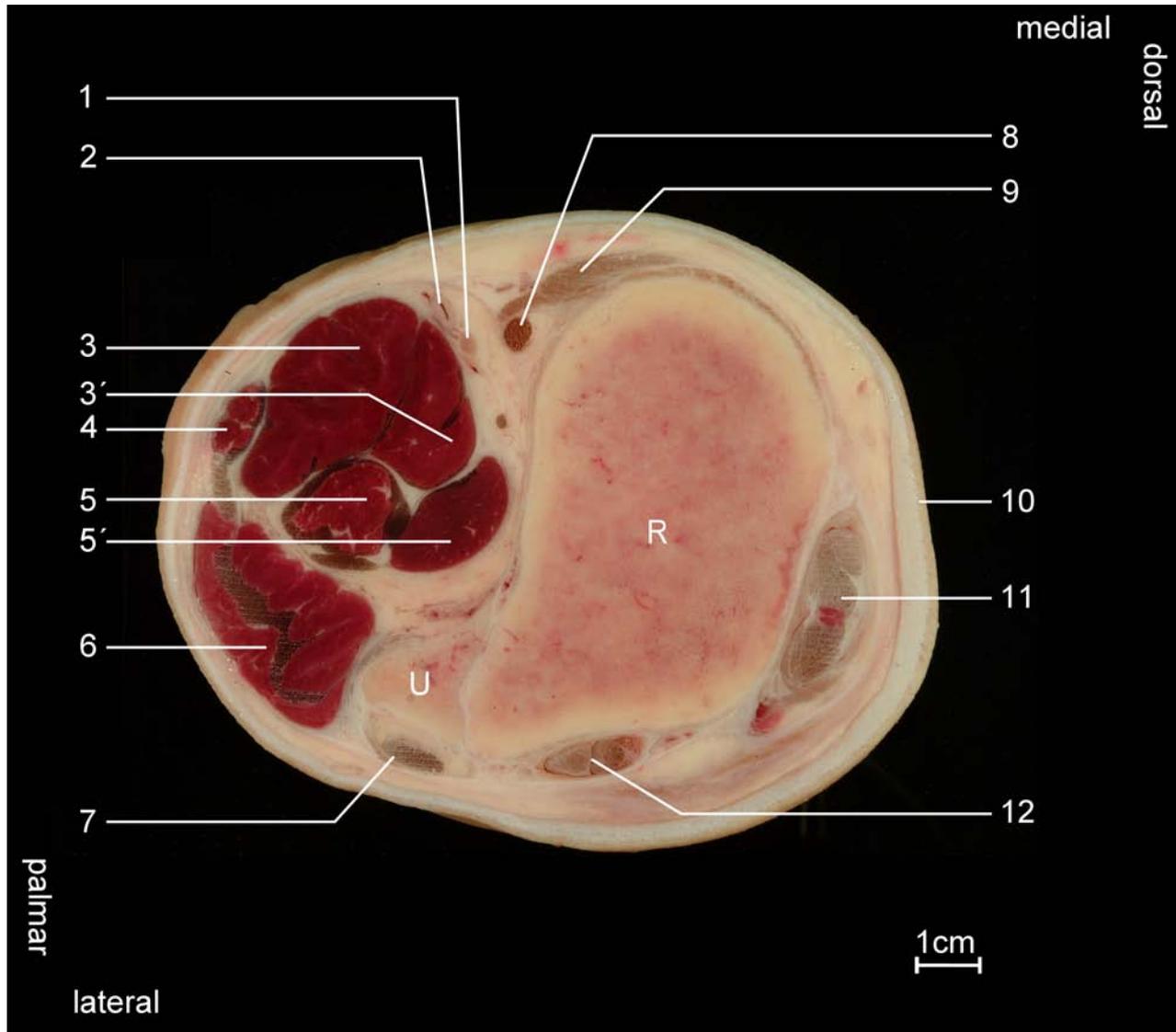


Abb. 3.5: Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E1; R = Radius; U = Ulna; 1 = Nervus medianus; 2 = Arteria mediana; 3 = oberflächlicher Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis; 3' = tiefer Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis; 4 = Musculus flexor carpi ulnaris; 5 = Caput ulnare verbunden mit Caput humerale des Musculus flexor digitorum profundus; 5' = Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus; 6 = Musculus extensor carpi ulnaris; 7 = Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis; 8 = Sehne des Musculus flexor carpi radialis; 9 = mediales Seitenband; 10 = Haut; 11 = Sehne des Musculus extensor carpi radialis; 12 = Sehne des Musculus extensor digitorum communis.

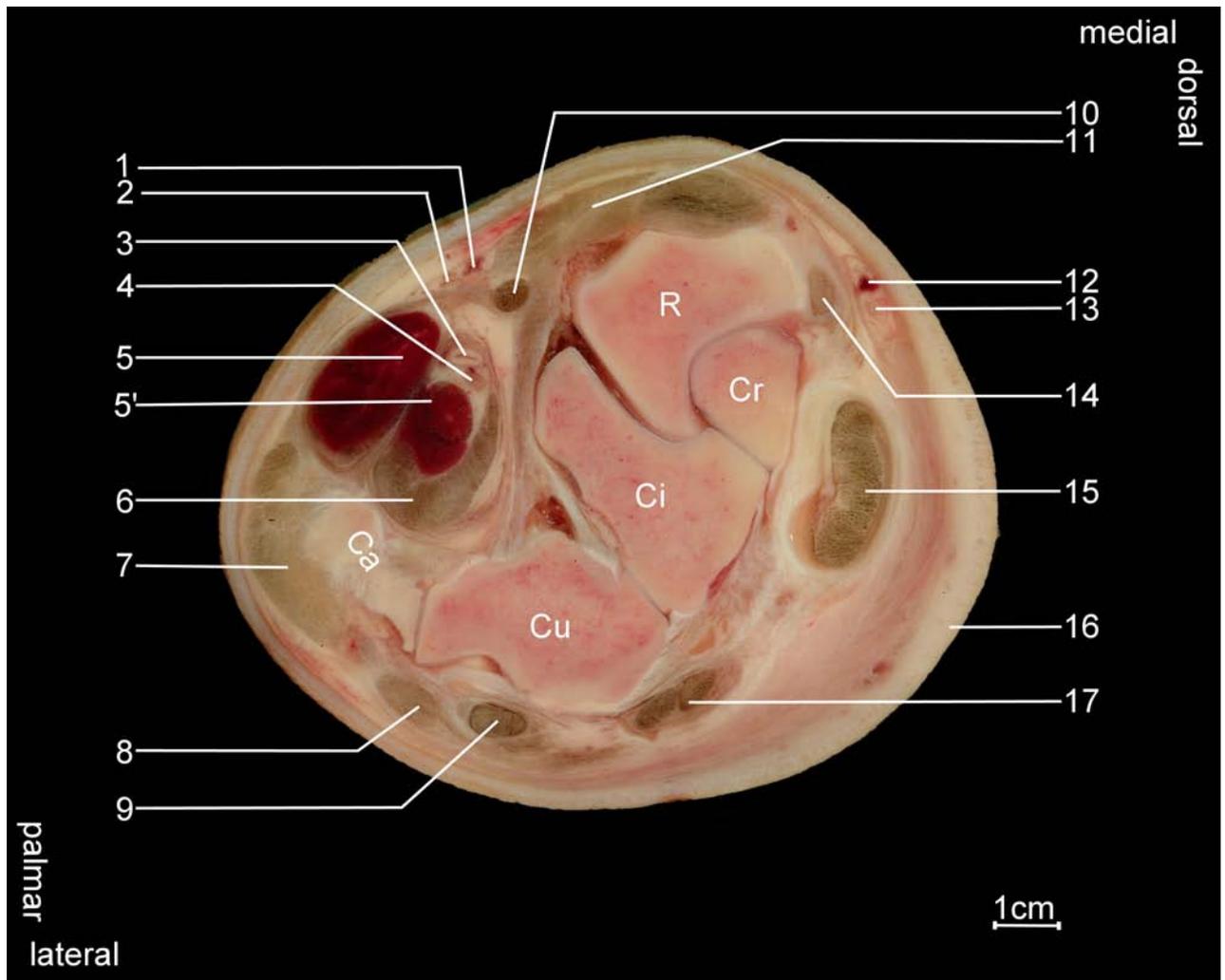


Abb. 3.6: Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E2. R = Radius; Cr = Os carpi radiale; Ci = Os carpi intermedium; Cu = Os carpi ulnare; Ca = Os carpi accessorium; 1 = Vena radialis; 2 = Arteria radialis; 3 = Arteria mediana; 4 = Nervus medianus; 5 = oberflächlicher Bauch, 5' = tiefer Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis; 6 = Musculus flexor digitorum profundus, 7 = Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris; 8 = laterales Seitenband; 9 = Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis; 10 = Sehne des Musculus flexor carpi radialis; 11 = mediales Seitenband inclusive palmarem Verstärkungsstrang; 12 = Arteria antebrachia superficialis cranialis; 13 = Nervus musculocutaneus; 14 = Musculus abductor pollicis longus; 15 = Sehne des Musculus extensor carpi radialis; 16 = Haut; 17 = Sehne des Musculus extensor digitorum communis.

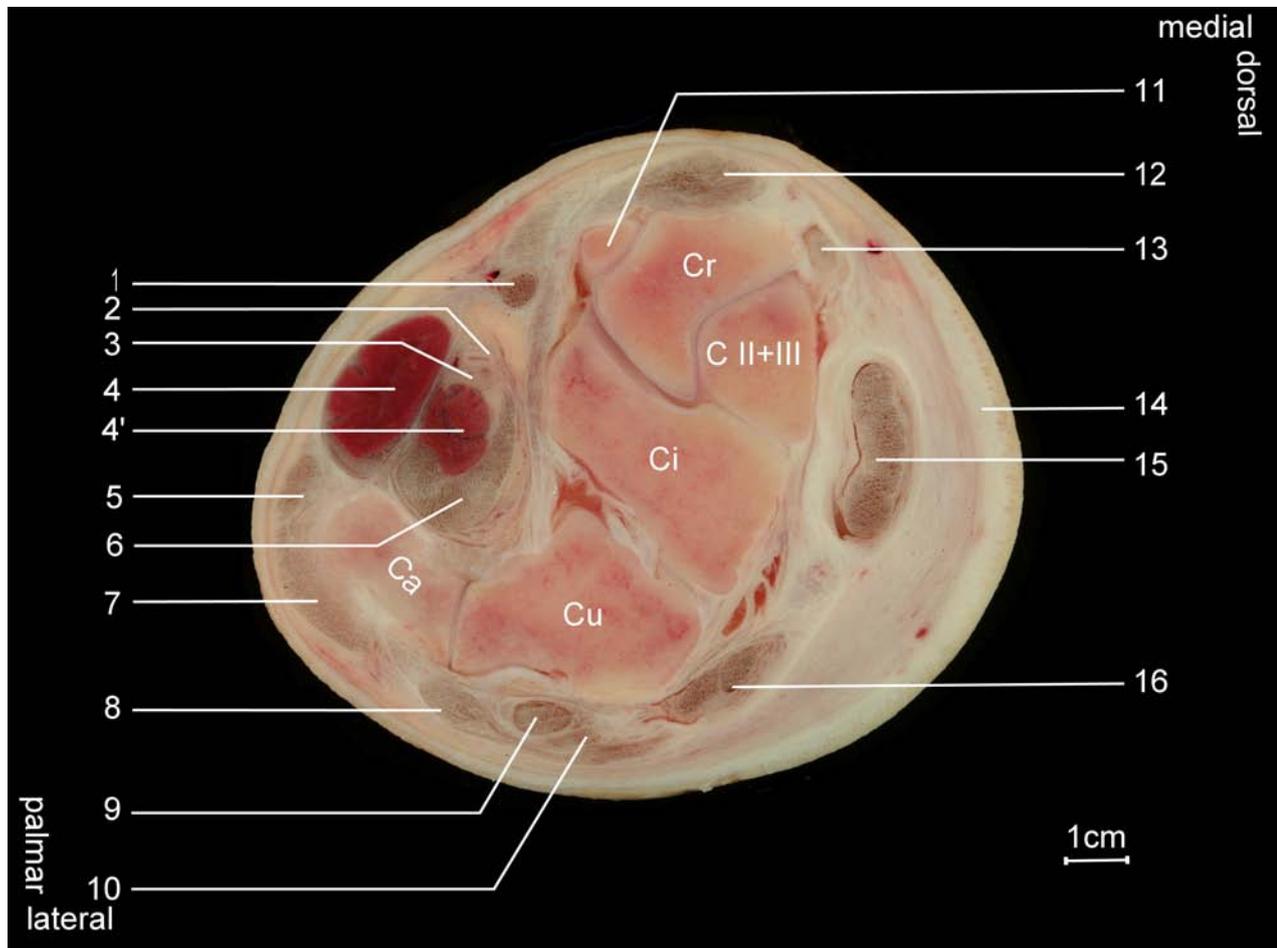


Abb. 3.7: Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E3. Cr = Os carpi radiale; Cu = Os carpi ulnare, Ca = Os carpi accessorium; Ci = Os carpi intermedium, CII III = Os carpale secundum et tertium; 1 = Musculus flexor carpi radialis, 2 = Arteria mediana; 3 = Nervus medianus; 4 = oberflächlicher Bauch, 4' = tiefer Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis; 5 = Musculus flexor digitorum profundus; 6 = Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris; 7 = Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris, 8 = laterales Seitenband - langer oberflächlicher Anteil; 9 = Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis; 10 = laterales Seitenband - mittlerer Schenkel; 11 = Os carpi secundum et tertium; 12 = mediales Seitenband - Verstärkungsstrang; 13 = Sehne des Musculus abductor pollicis longus; 14 = Haut; 15 = Sehne des Musculus extensor carpi radialis, 16 = Sehne des Musculus extensor digitorum communis.

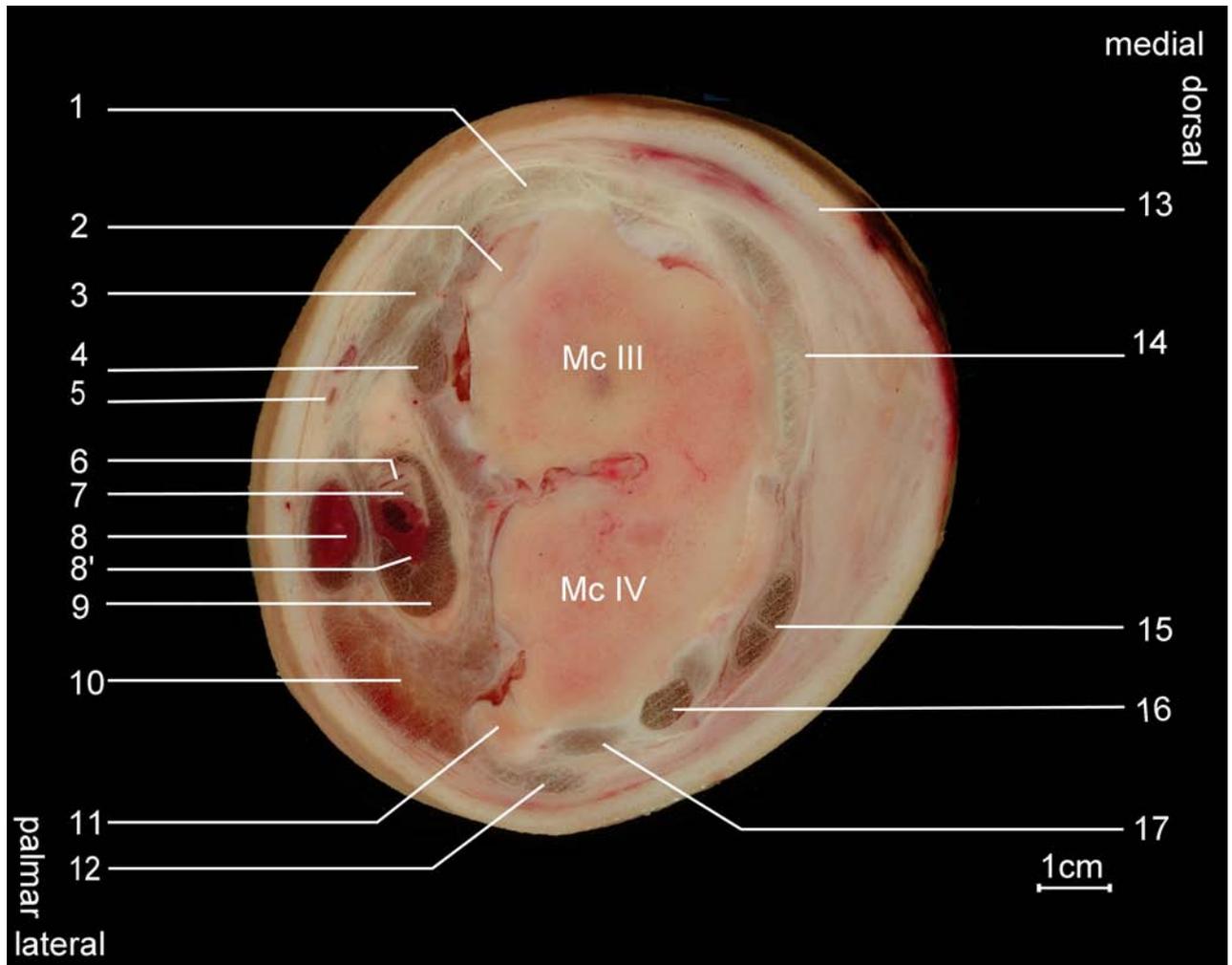


Abb. 3.8: Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E4. Mc III = Os metacarpale tertium; Mc IV = Os metacarpale quartum; 1 = mediales Seitenband; 2 = Os carpale secundum et tertium; 3 = Verstärkungsstrang des medialen Seitenbandes; 4 = Musculus flexor carpi radialis; 5 = Arteria radialis; 6 = Arteria mediana; 7 = Nervus medianus; 8 = oberflächlicher Bauch, 8' = tiefer Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis; 9 = Musculus flexor digitorum profundus; 10 = Ligamentum accessoriometacarpeum; 11 = Os metacarpale quintum; 12 = laterales Seitenband langer oberflächlicher Schenkel, 13 = Haut; 14 = Sehne des Musculus extensor carpi radialis Ansatzstelle; 15 = Sehne des Musculus extensor digitorum communis; 16 = Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis; 17 = laterales Seitenband distaler Schenkel

3.2.2 Untersuchungsgang und Gefrierschnitte der 8 vertikalen Untersuchungsebenen

3.2.2.1 Dorsale Schallkopfposition

Die Abbildung 3.9 auf nebenstehender Seite zeigt einen Sagittalschnitt durch ein rechtes Karpalgelenk im Gefrierschnitt. Die Beschriftung der dorsal gelegenen Strukturen soll die namentliche Zuordnung der im Ultraschallbild erkennbaren Strukturen erleichtern. Der *Musculus extensor carpi radialis*, auch äußerer Speichenmuskel genannt, ist dorsal die dominierende anatomische Struktur. Er wird im anschließenden Teil genauer beschrieben.

Ursprung: Er entspringt fleischig an der *Crista supracondylaris lateralis* des Humerus sowie in der *Fossa radialis* am *septum intermusculare* zusammen mit einem Anteil des gemeinsamen Zehenstreckers. Über die Aponeurose des *Musculus brachialis* entspringt er auch an der *Tuberositas deltoidea*.

Ansatz: Ansatz findet er an der *Tuberositas* des *Metacarpus*.

Verlauf: Zwischen dem *Musculus brachialis* und *Musculus extensor digitorum communis* gelangt er auf die Vorderfläche des *Radius*, geht in Höhe des mittleren bis distalen Drittels des *Radius* in seine Sehne über, wird gekreuzt von der Endsehne des *Musculus abductor pollicis longus* und zieht dann mit seiner Endsehne über die mittlere Gleitrinne des *Radius* an seine Ansatzstelle am *Metacarpus*.

Besonderheiten: Selten spaltet sich medial ein kleiner Muskelbauch ab, der möglicherweise dem *Musculus extensor pollicis longus* entspricht (Sisson und Grossman, 1938; Nickel et al., 1992); seine Sehne schließt sich der Hauptsehne an und inseriert medial von ihr am Mittelfußknochen.

Synoviale Einrichtungen: Es findet sich zum einen ein langgestreckter Schleimbeutel vom Typ einer scheidenartigen Bursa mit zweigekammertem Beutellinnenraum, beginnend am Muskelsehnenübergang an der Grenze des dritten und vierten *Radiusviertels*, über die dorsale Fläche des Karpus verlaufend und einen Finger breit über der *Tuberositas metacarpea* ansetzend. Zum anderen ist regelmäßig ein zweiter, ungefähr kirschkerngroßer Schleimbeutel unmittelbar oberhalb der Endinsertation angelegt.

Funktion: Er wirkt als Strecker und Feststeller des Karpalgelenks.

Innervation: Die motorische Versorgung erfolgt durch den *Ramus profundus* des *Nervus radialis*.

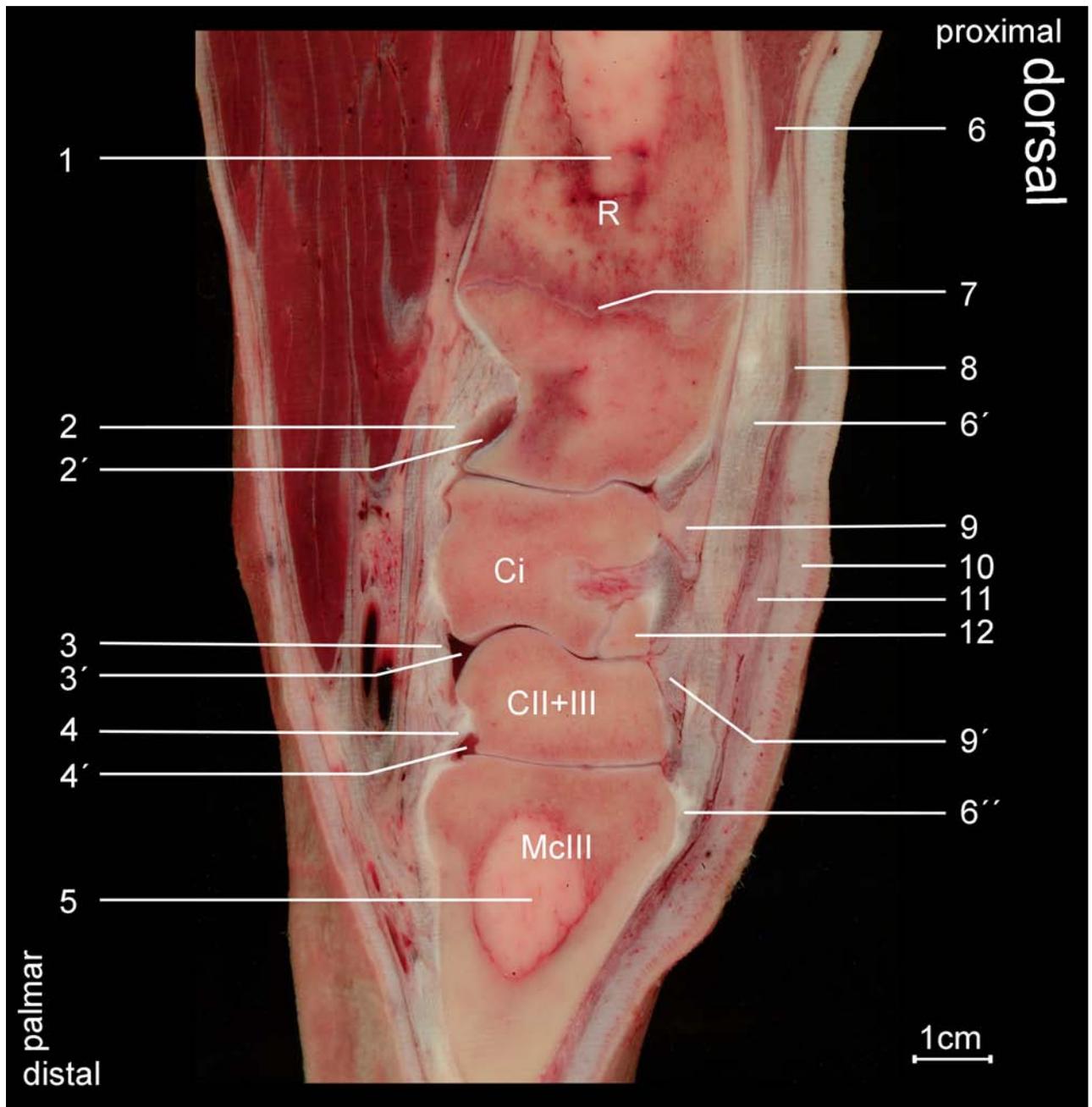


Abb. 3.9: Gefrierschnitt durch eine rechte Vordergliedmaße. R = Radius; Ci = Os carpi intermedium; CII+III = Os carpale secundum et tertium; McIII = Os metacarpale tertium; 1 = Markhöhle des Radius; 2 = palmarer Anteil der Gelenkkapsel der Articulatio anterbrachio-carpea(2'); 3 = palmarer Anteil der Gelenkkapsel der Articulatio medio-carpea (3'); 4 = palmarer Anteil der Gelenkkapsel der Articulationes carpometacarpeae (4'); 5 = Markhöhle des Os metacarpale III; 6 = Muskulöser Anteil, 6' = sehniger Anteil, 6'' = Ansatzstelle des Musculus extensor carpi radialis; 7 = Radiusfuge; 8 = Musculus abductor pollicis longus; 9,9' = Gelenkkapselverstärkungen; 10 = Haut; 11 = Unterhaut; 12 = Os carpi radiale

3.2.2.1.1 Untersuchungsebene 1

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.10 a-d) zeigt die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) als echogenes queroavales Gebilde unter der verhältnismäßig dicken Haut. Sie liegt der hyperechogenen Reflexlinie des Radius direkt auf und ist deutlich vom umgebenden Unterhautbindegewebe abzugrenzen. Teilweise läßt sich ihre Sehnenscheide (SS), auch bei physiologischer Füllung als echolose Struktur von halbmondförmiger Gestalt darstellen.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.10 e-h) überzieht die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) als echogenes Band mit deutlich paralleler Faserausrichtung den Radius. Dieser stellt sich als echoreiche Linie mit Schallschatten dar. Seine Wachstumsfuge ist bei Jungtieren, wie hier im Ultraschallbild, als anechoisch erscheinende Unterbrechung der Knochenoberfläche deutlich zu erkennen. In ihrem Verlauf nach distal überquert die Sehne die echoreiche Kapselverstärkung der Articulatio antebrachio-carpea. Zwischen Haut und Sehne etwas distal der Radiusfuge stellt sich die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) als echogene, sehr platte querovale Struktur dar. Ihre Differenzierung vom sie umgebenden Unterhautbindegewebe gelingt nicht immer leicht.

Horizontal

Abb. 3.10 a: Schallkopfposition
Abb. 3.10 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.10 b: Ultraschallbild
Abb. 3.10 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.10 e: Schallkopfposition
Abb. 3.10 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.9)

Abb. 3.10 f: Ultraschallbild
Abb. 3.10 h: Skizze des Ultraschallbildes

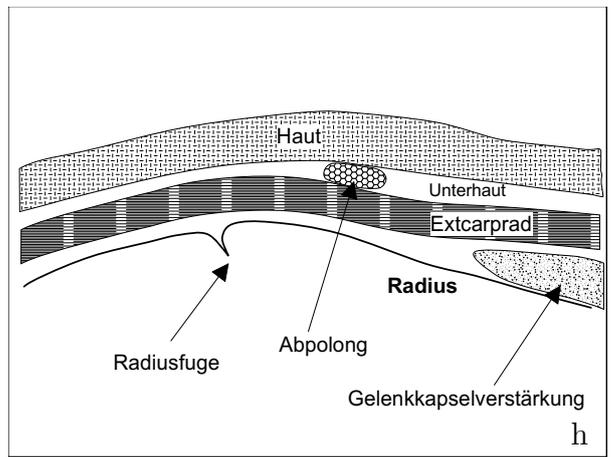
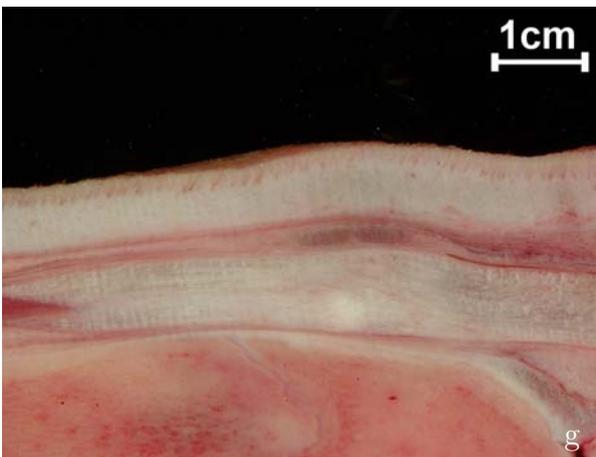
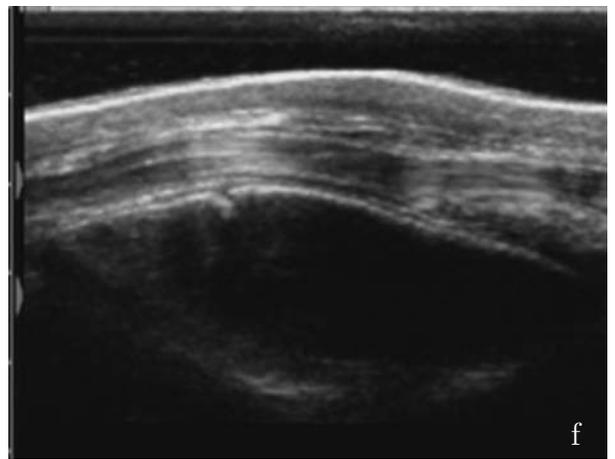
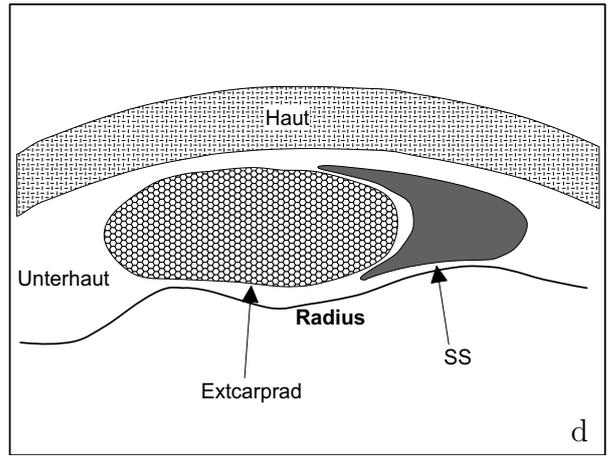
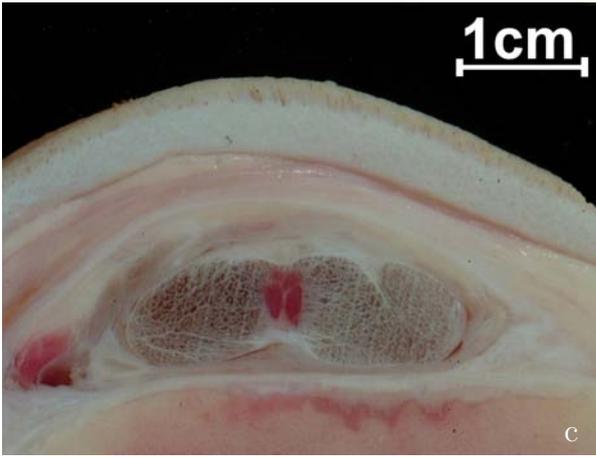
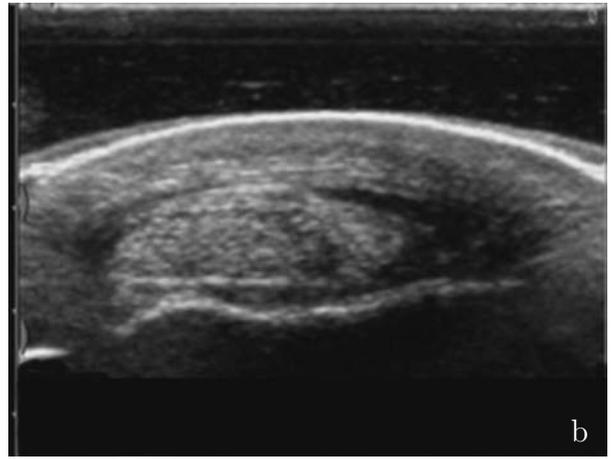


Abb. 3.10: Ebene 1 M. extensor carpi radialis

3.2.2.1.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.11 a-d) zeigt sich die querovale Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) als echogene Struktur. Die recht stark ausgeprägte Sehnenscheidewand ist häufig als eine die Sehne umspannende echogene Linie darstellbar. Die Sehne liegt direkt unter der Haut und dem Os carpi radiale (Cr) und dem Os carpi intermedium (Ci) auf, die sich im für Knochen typischen ultrasonographischen Sonogramm zeigen.

Als echogenes Band mit parallel angeordnetem Reflexmuster stellt sich die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) im *Vertikalbild* (Abb. 3.11 e-h) dar. Zwischen ihr und der echoärmeren Haut liegt die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) als sehr plattes echogenes Gebilde in Höhe des distalen Radius. Eine Abgrenzung von der Unterhaut gelingt meist recht gut. Auf Höhe der Articulatio antebrachio-carpea (ABC) erkennt man die Gelenkkapselverstärkung als abgerundet „dreieckige“ Struktur im Raum zwischen Radius und Os carpi intermedium (Ci). Beide knöchernen Strukturen zeigen sich als hyperechogene Reflexlinie mit dahinterliegender Schallauslöschung.

Horizontal

Abb. 3.11 a: Schallkopfposition
Abb. 3.11 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.11 b: Ultraschallbild
Abb. 3.11 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.11 e: Schallkopfposition
Abb. 3.11 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.9)

Abb. 3.11 f: Ultraschallbild
Abb. 3.11 h: Skizze des Ultraschallbildes

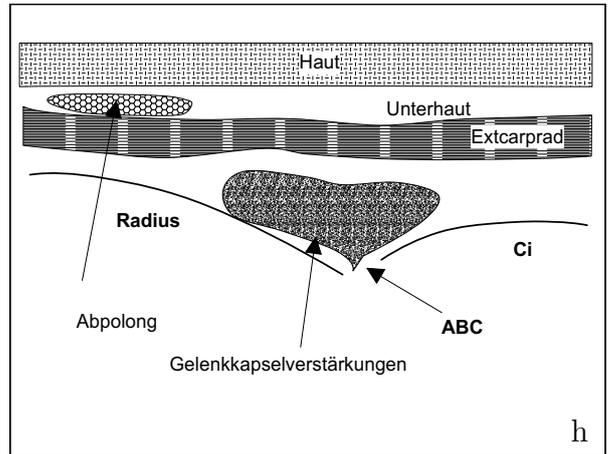
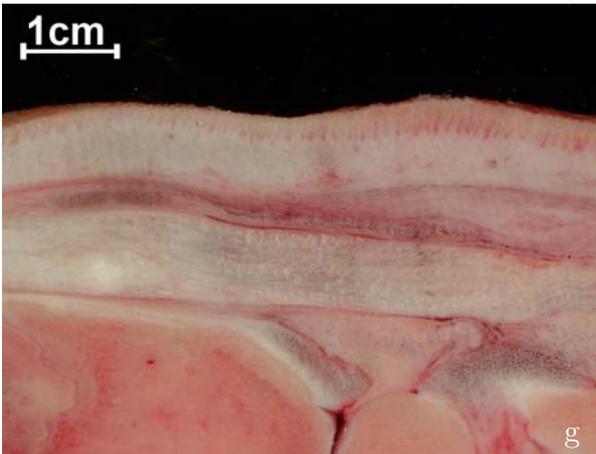
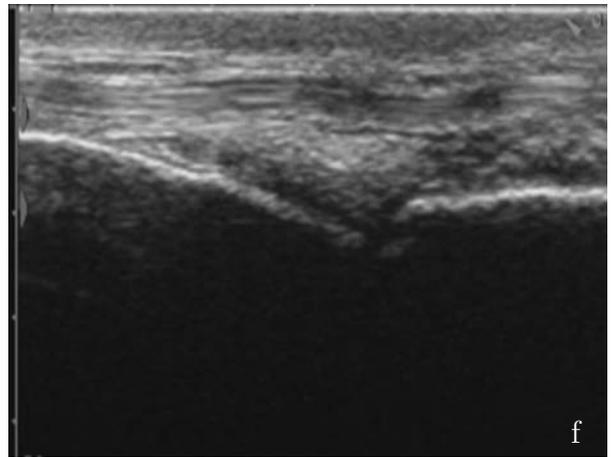
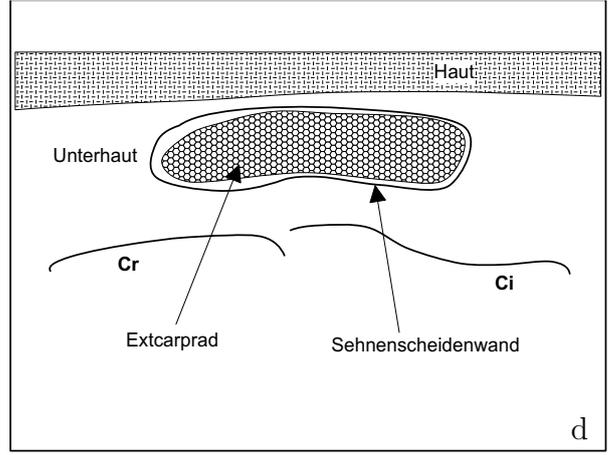
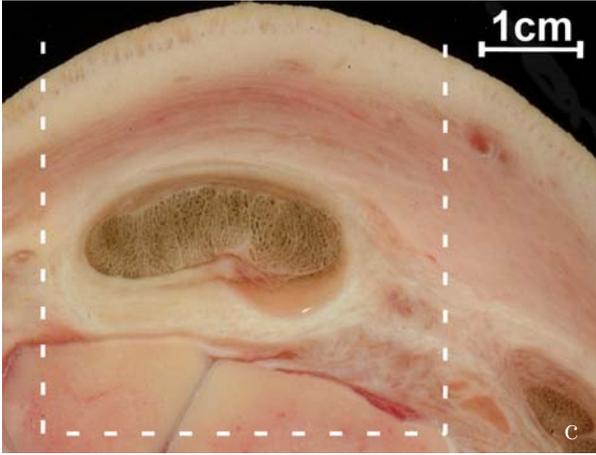
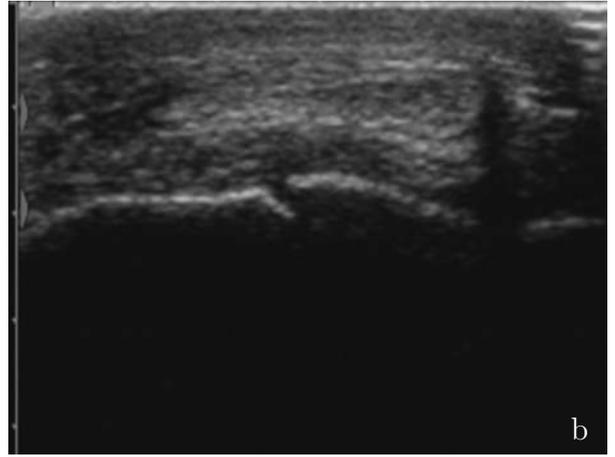


Abb. 3.11: Ebene 2 M. extensor carpi radialis

3.2.2.1.3 Untersuchungsebene 3

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.12 a-d) zeigt die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) als deutlich plattere, querovale echogene Struktur. Ihrem Verlauf eher nach medial folgend, liegt sie dem Os carpale secundum et tertium (CII+III) direkt auf. Dieses und das Os carpale quartum zeigen sich als echogene Reflexlinien mit Schallschatten. Die Differenzierung zwischen echoärmerer Unterhaut und echoreicher Sehne gelingt meist sehr gut.

Die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) überzieht als echoreiches Band *Vertikalbild* (Abb. 3.12 e-h) auf ihrem Weg nach distal auch die Gelenkkapselverstärkung der Articulatio mediocarpea (MC). Jene stellt sich ebenso wie die der Articulatio antebrachio-carpea (ABC) als abgerundet „dreieckige“ mittelgradig echoreiche Struktur dar. Sie liegen auf Höhe der Gelenkspalten, das heißt zwischen Radius (R) und Os carpi intermedium (Ci) sowie zwischen letzterem und Os carpale secundum et tertium (CII+III). Alle Knöchernen Strukturen weisen das für sie charakteristische Sonogramm auf. Die Trennung der Sehne von der Unterhaut sowie von der Haut bereitet keine Schwierigkeiten.

Horizontal

Abb. 3.12 a: Schallkopfposition

Abb. 3.12 c: Gefrierschnitt

Abb. 3.12 b: Ultraschallbild

Abb. 3.12 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.12 e: Schallkopfposition

Abb. 3.12 g: Gefrierschnitt

(Ausschnitt aus Abb. 3.9)

Abb. 3.12 f: Ultraschallbild

Abb. 3.12 h: Skizze des Ultraschallbildes

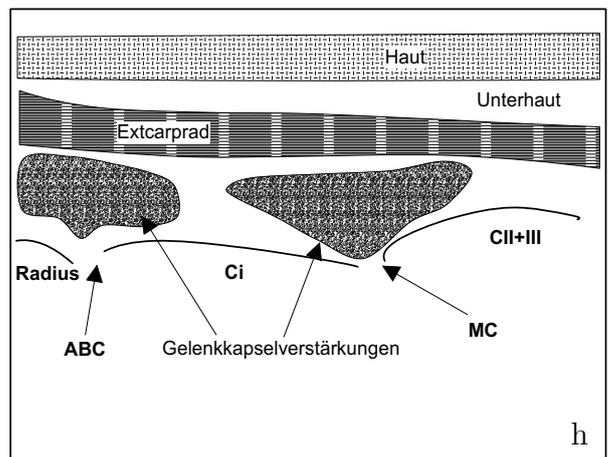
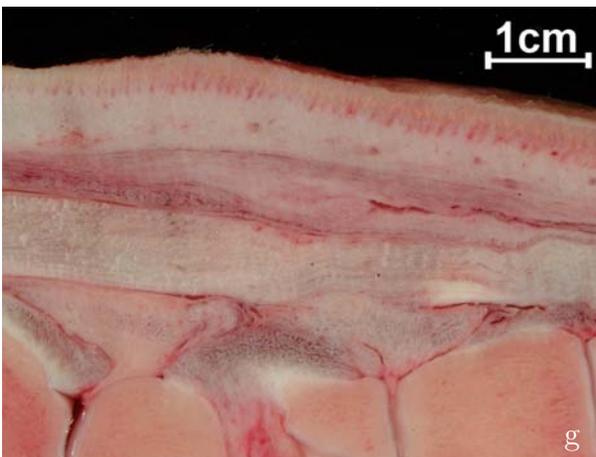
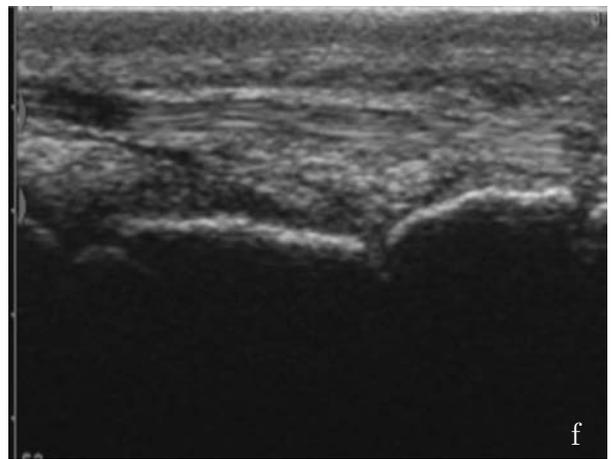
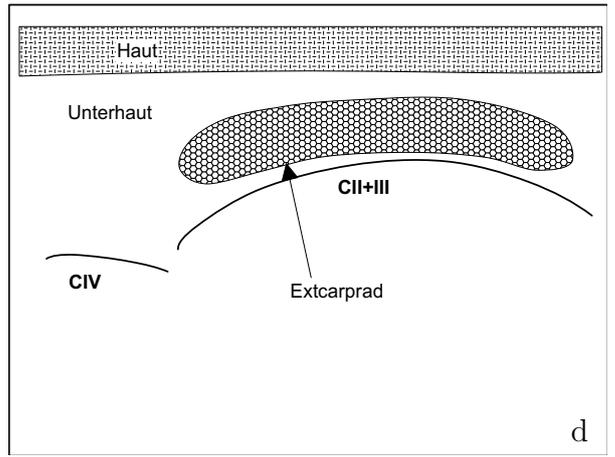
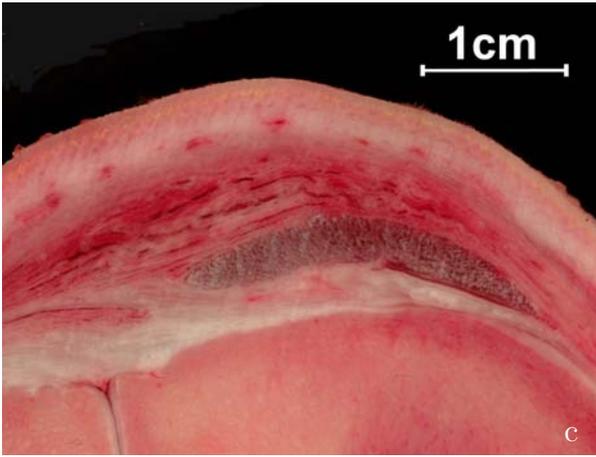
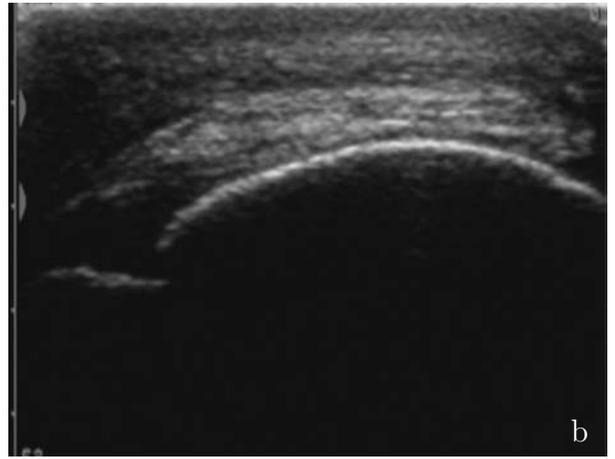


Abb. 3.12: Ebene 3 M. extensor carpi radialis

3.2.2.1.4 Untersuchungsebene 4

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.13 a-d) zeigt die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) an ihrer Ansatzstelle, dem Os metacarpale tertium (McIII). Sie ist von sehr abgeplatteter echogener Gestalt und liegt der echoreichen Reflexlinie des Knochens sehr dicht auf. Einige Fasern erreichen auch das Os metacarpale quartum (McIV). Die Differenzierung der Sehne von der Unterhaut stellt keine Schwierigkeit dar.

Auch im *Vertikalbild* (Abb. 3.13 e-h) ist die Ansatzstelle des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) am Os metacarpale tertium (McIII) ultrasonographisch darzustellen. Die Sehne zeigt sich als echoreiches Band mit teilweise angedeutetem parallelem Faserverlauf. Es ist schwierig sie „durchgängig“ darzustellen, da sie nicht immer exakt orthograd angeschallt werden kann. Die Articulatio mediocarpea und die Articulatioes carpometacarpeae sind als Unterbrechung der hyperechogenen Reflexlinie des Os carpale intermedium (Ci), des Os carpale secundum et tertium (CII+III) und des Os metacarpale tertium (McIII) zu erkennen. Die Gelenkkapselverstärkung der Articulatio mediocarpea ist als mittelgradig echogenes, eher kugeliges Gebilde im linken Bildrand dargestellt. Die Trennung zwischen Sehne und Unterhaut bereitet keine Schwierigkeiten.

Horizontal

Abb. 3.13 a: Schallkopfposition
Abb. 3.13 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.13 b: Ultraschallbild
Abb. 3.13 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.13 e: Schallkopfposition
Abb. 3.13 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.9)

Abb. 3.13 f: Ultraschallbild
Abb. 3.13 h: Skizze des Ultraschallbildes

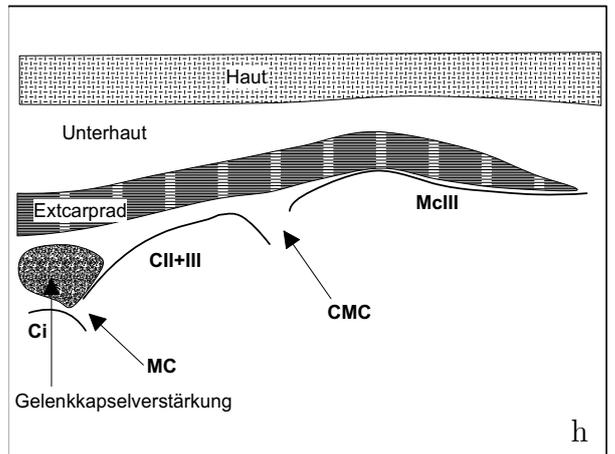
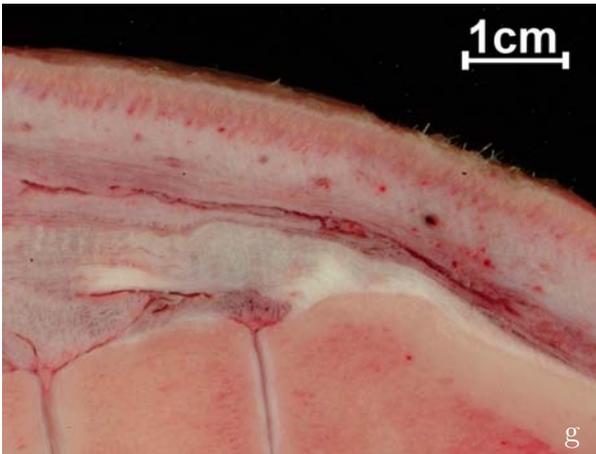
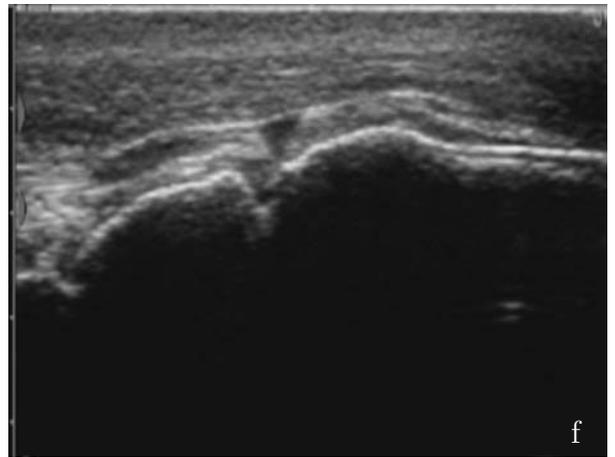
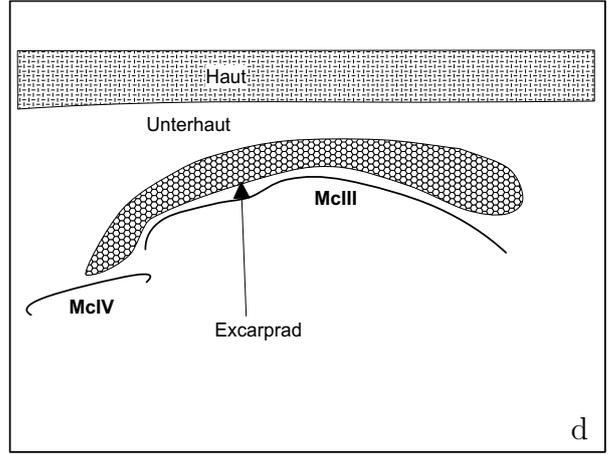
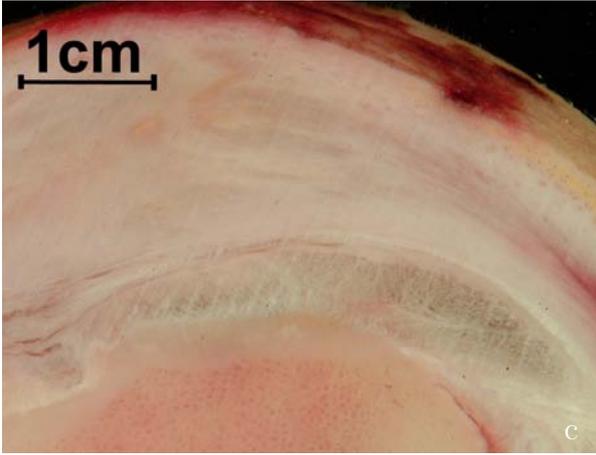
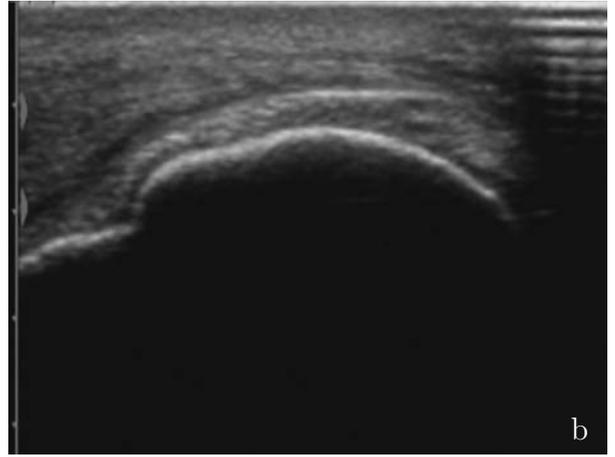


Abb. 3.13: Ebene 4 M. extensor carpi radialis

3.2.2.2 Dorsolaterale Schallkopfposition

Abbildung 3.14 auf der gegenüberliegenden Seite zeigt den von der dorsolateralen zur palmaromedialen Seite des Karpus verlaufenden Gefrierschnitt.

Der die dorsolaterale Seite dominierende Muskel ist der *Musculus extensor digitorum communis*, auch gemeinsamer Zehenstrecker genannt. Er ist im Folgenden näher beschrieben:

Ursprung: Man unterscheidet einen lateralen, schwächeren Bauch und einen medialen, stärker ausgeprägten Muskelbauch. Der laterale Bauch entspringt mit seinem oberflächlichen Kopf am *Epicondylus lateralis* des Humerus und mit dem tieferen Anteil, der dem *Musculus extensor indicis* entspricht, an der Ulna. Die Ursprungsstelle des medialen Bauches am Humerus ist der *Epicondylus lateralis*.

Ansatz: Der laterale Bauch findet seine Ansatzstelle am *Processus extensorius* des Klauenbeins der dritten und vierten Zehe, wohingegen die Sehne des medialen Bauches dorso-medial an der *Phalanx media* der dritten Zehe ansetzt.

Verlauf: Auf halber Höhe des Unterarmes vereinigen sich der oberflächliche und der tiefe Anteil des lateralen Bauches und gehen dann in eine gemeinsame Sehne über, die zusammen mit der flachen und kräftigen Sehne des medialen Bauches über das Karpalgelenk zieht. In diesem Bereich hält das *Retinaculum extensorum* beide Sehnen in Lage. In Fesselgelenkhöhe spaltet sich der laterale Bauch in seine beiden Sehnenschenkel.

Besonderheiten: Die Sehne des medialen Bauches erhält in der Fesselgend den abaxialen und axialen Unterstützungssast des *Musculus interosseus*.

Synoviale Einrichtungen: Die Sehnen beider Muskelbäuche besitzen eine gemeinsame Sehnenscheide. Sie beginnt über dem distalen Rand des *Musculus abductor pollicis longus*, begleitet die Sehnen durch die laterale Sehnenscheide auf die dorsolaterale Fläche des Karpus und endet in Höhe der distalen Karpalknochenreihe. Häufig verläßt die Sehne des medialen Bauches die Sehnenscheide als erstes. Die Wand der Sehnenscheide erfährt im Bereich der Sehnenscheide und am Karpus eine Verstärkung durch Faszien und Bänder. Durch diese Verbindung wird die Sehnenscheide auch zum Halteapparat.

Funktion: Er ist ein Strecker des Karpalgelenks und der Zehengelenke.

Innervation: Die motorische Versorgung erfolgt über den *Ramus profundus* des *Nervus radialis*.

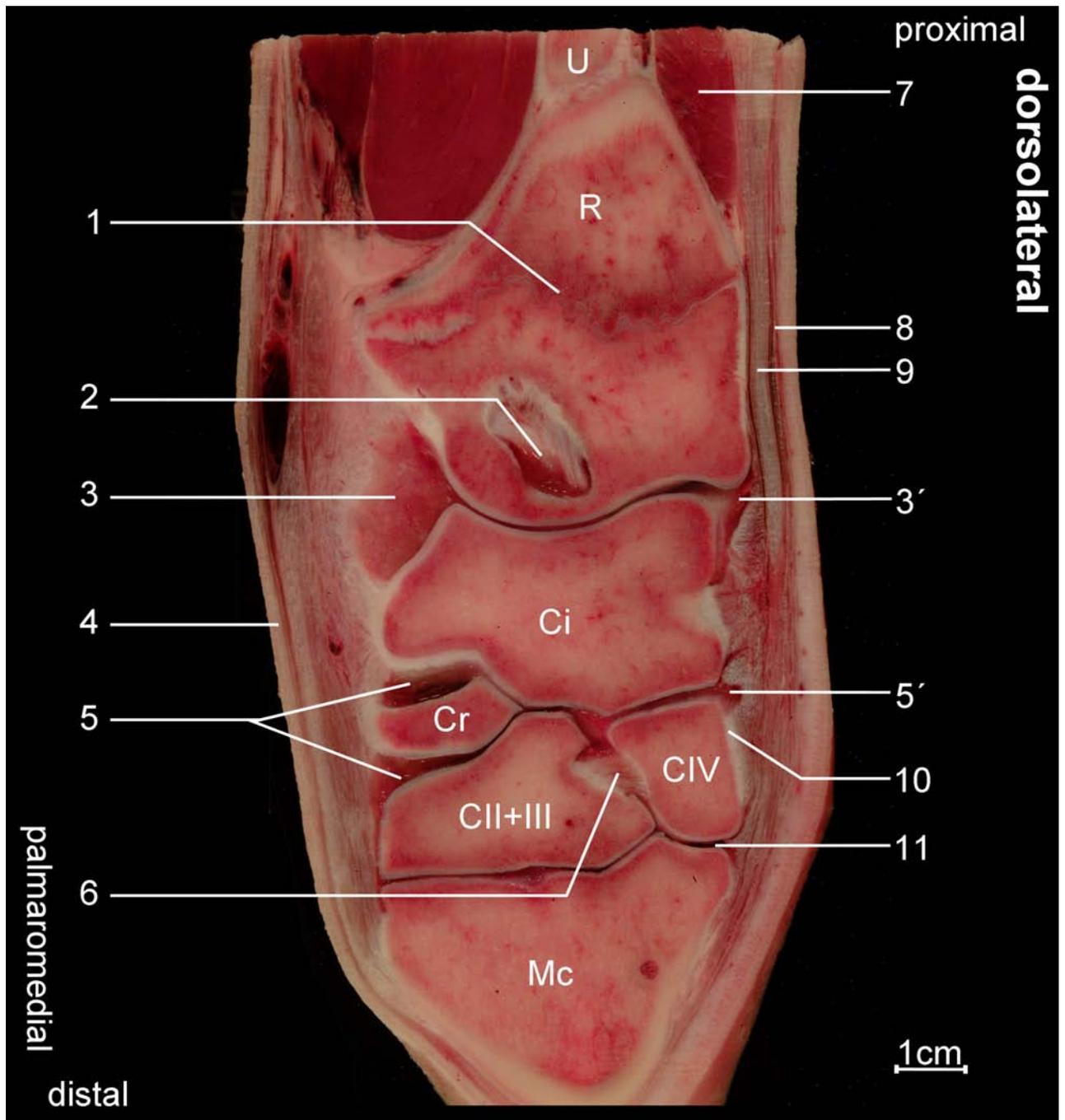


Abb. 3.14: Gefrierschnitt der dorsolateralen Seite eines linken Karpalgelenkes. R = Radius; U = Ulna; Ci = Os carpi intermedium; Cr = Os carpi radiale; CII+III = Os carpale secundum et tertium; CIV = Os carpale quartum; Mc = Metacarpus; 1 = Wachstumsfuge des Radius; 2 = Grube in der Trochlea radii; 3,3' = Gelenkaussackung der Articulatio antebrachii; 4 = Haut; 5,5' = Gelenkaussackung der Articulatio mediocarpea; 6 = Ligamentum intercarpeum; 7 = Musculus abductor pollicis longus; 8 = Sehnenscheide des Musculus extensor digitorum communis; 9 = Sehne des Musculus extensor digitorum communis; 10 = Gelenkkapselansatz von 5'; 11 = Gelenkaussackung der Articulationes carpometacarpeae;

3.2.2.2.1 Untersuchungsebene 1

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.15 a-d) erkennt man leicht die Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echoreiche querovale Struktur, die dem Radius fast direkt aufliegt. Ihre Teilung in zwei getrennte Bäuche ist meist gut darstellbar. Bei physiologischer Füllung ist die Sehnenscheide im Ultraschallbild nicht darzustellen. Das die Sehne überziehende Retinaculum extensorum ist nur sehr selten vom umgebenden Unterhautgewebe zu unterscheiden.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.15 e-h) stellt sich die Sehne des Musculus extensor digitorum communis als echogene Struktur dar, deren einzelne Fasern zum Teil als schmale echogene Linien zu erkennen sind. Bei physiologischen Gegebenheiten gelingt auch hier die Darstellung der Sehnenscheide nicht. Bei jungen Tieren stellt sich die Wachstumsfuge des Radius als Unterbrechung der hyperechogenen Linie des Radius dar. Später ist sie häufig als kleine „Erhabenheit“ der Knochenlinie zu erkennen. In proximaler Richtung stellt sich der Musculus abductor pollicis longus (Mabdpol) als echoarme Struktur mit deutlich echogenen Muskelsepten dar. Er liegt dem Radius direkt auf und wird von der Sehne des Musculus extensor digitorum communis überquert. Sie zieht über die Articulatio antebrachio-carpea und das Os carpi intermedium (Ci) nach distal (vergleiche Abbildung 3.16).

Horizontal

Abb. 3.15 a: Schallkopfposition
Abb. 3.15 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.15 b: Ultraschallbild
Abb. 3.15 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.15 e: Schallkopfposition
Abb. 3.15 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.14)

Abb. 3.15 f: Ultraschallbild
Abb. 3.15 h: Skizze des Ultraschallbildes

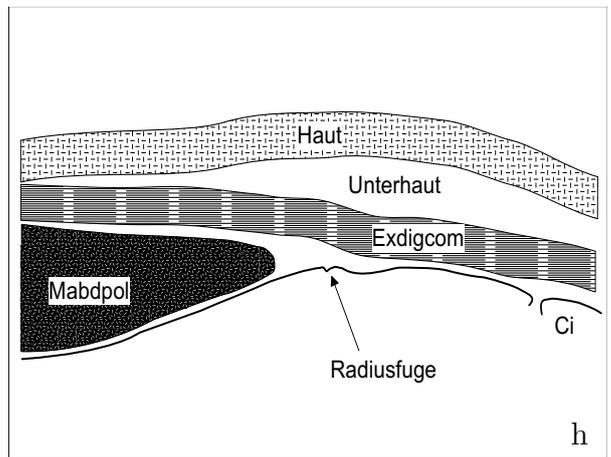
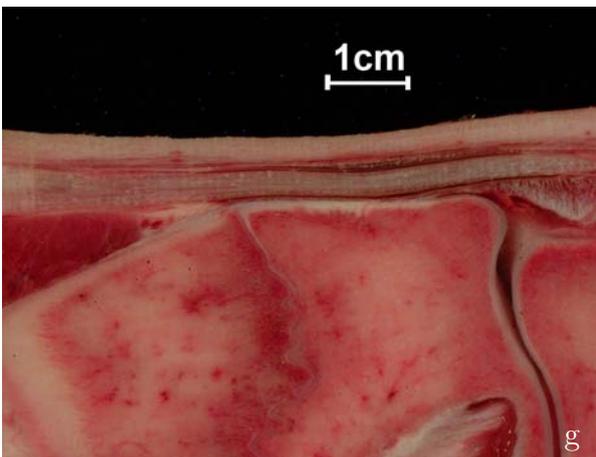
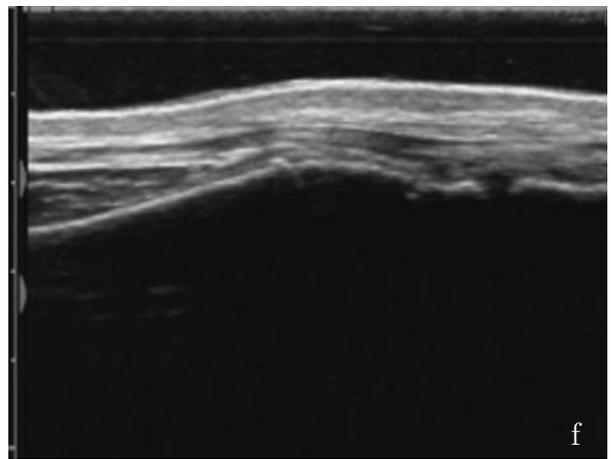
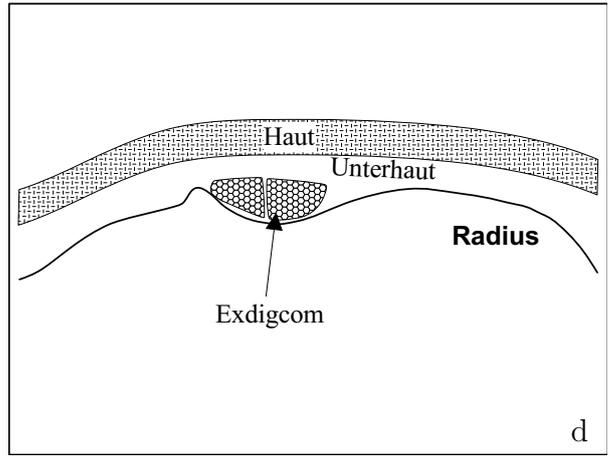
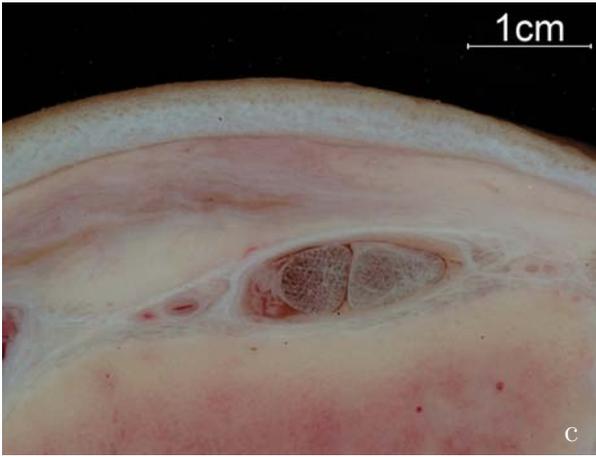
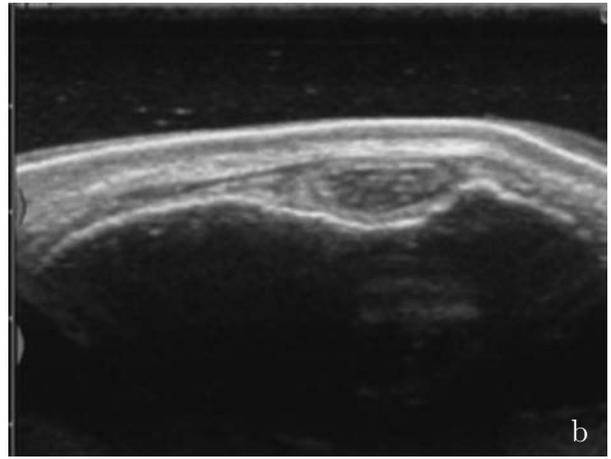


Abb. 3.15: Ebene 1 M. extensor digitorum communis

3.2.2.2.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.16 a-d) erkennt man die beiden Bäuche der Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echogene querovale Strukturen. Die Sehnenscheide (SS) legt sich als halbmondförmiges echoarmes Gebilde dem lateralen Bauch der Sehne an. Meistens ist sie jedoch bei physiologischer Füllung nicht darstellbar. Die unter der Sehne liegenden Os carpi ulnare (Cu) und Os carpi intermedium (Ci) zeigen sich als hyperechogene Reflexlinien. Eine Gelenkaussackung der Articulatio antebrachio-carpea ist im Horizontalbild nicht darstellbar. Die in der echoreichen Unterhaut liegenden Blutgefäße sind als runde echoarme Gebilde leicht zu erkennen.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.16 e-h) ist die Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echogenes Band zu erkennen, deren einzelne Fasern gut als echoreiche Linien zu identifizieren sind. Zwischen der Sehne und der sich als relativ schmaler echoreicher Reflexstreifen darstellenden Haut liegt nur eine dünne echoreiche Unterhaut. Die Sehne liegt dem Radius und dem Os carpi intermedium (Ci) fast direkt auf. Der Gelenkspalt der Articulatio antebrachio-carpea (ABC) ist als Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinien zu erkennen. Die unveränderte Gelenkkapsel ist ultrasonographisch nicht vom umgebenden Gewebe zu unterscheiden; ebenso ist der Gelenkrezessus bei physiologischer Füllung meistens nicht darstellbar.

Horizontal

Abb. 3.16 a: Schallkopfposition
Abb. 3.16 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.16 b: Ultraschallbild
Abb. 3.16 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.16 e: Schallkopfposition
Abb. 3.16 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.14)

Abb. 3.16 f: Ultraschallbild
Abb. 3.16 h: Skizze des Ultraschallbildes

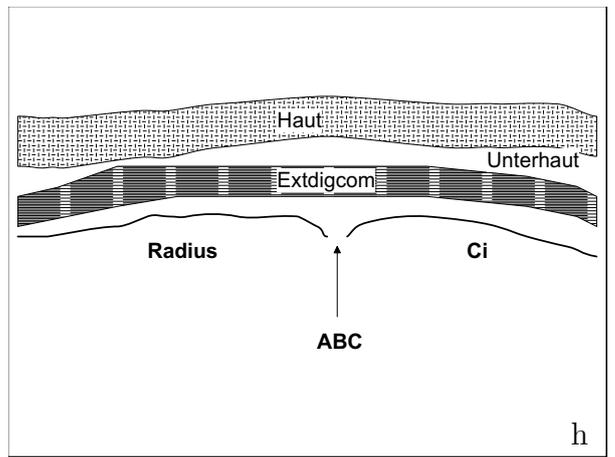
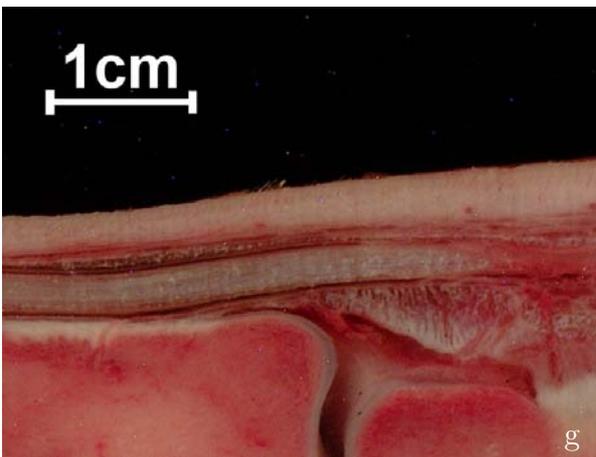
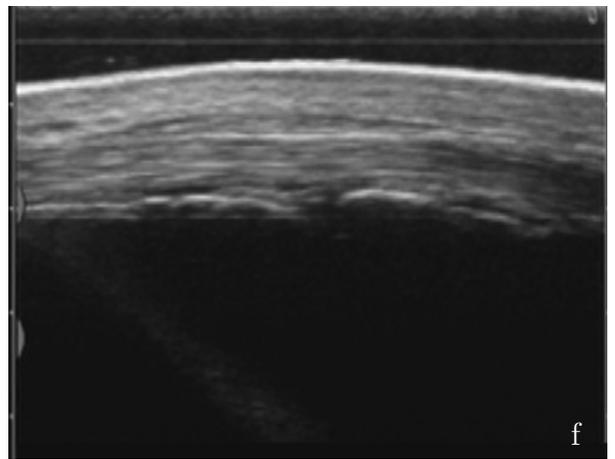
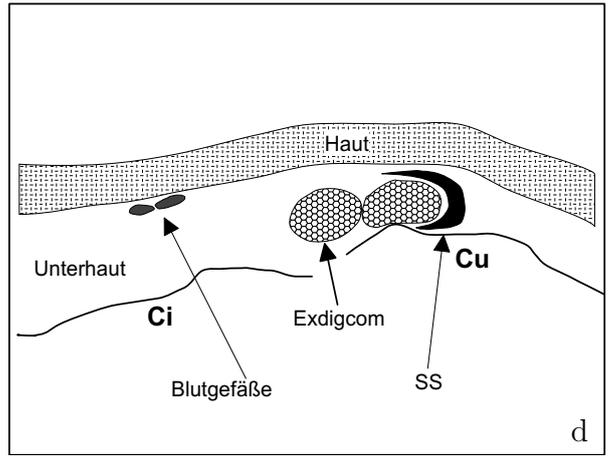
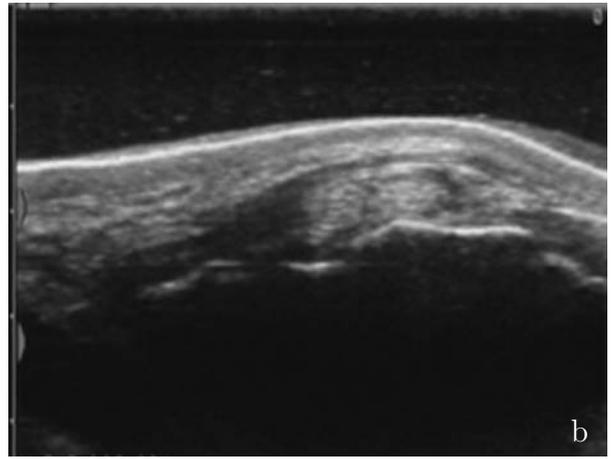


Abb. 3.16: Ebene 2 M. extensor digitorum communis

3.2.2.2.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.17 a-d) ist die ovale Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echoreiche Struktur gut zu identifizieren. Ihre Zweiteilung in einen medialen und einen lateralen Bauch ist stets gut darstellbar. Bei physiologischer Füllung gelingt die Darstellung der Sehnenscheide in den allermeisten Fällen nicht. Die Knochenkonturen des Os carpi intermedium (Ci) und des Os carpi ulnare (Cu) sind als stark echogene Linien mit Schallschatten zu erkennen. Eine Unterscheidung des Retinaculum extensorum vom umgebenden Unterhautgewebe ist nur selten möglich. Im rechten Bildrand erkennt man Anteile des lateralen Seitenbandes (LSB), die sich der Sehne des Musculus extensor digitorum communis palmar anschließen. Diese Anteile sind meist schwer vom der Haut und dem umgebenden Weichteilgewebe zu trennen; stellen sich jedoch meist etwas echoreicher dar.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.17 e-h) zieht die Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echoreiches Band über das Os carpi intermedium (Ci), das Os carpale quartum (CIV) und das Os metacarpale quartum (McIV) distalwärts. Die einzelnen Sehnenfasern sind gut als echoreiche Linien zu erkennen; die Darstellung der Sehnenscheide gelingt in den meisten Fällen nicht. Die Articulatio mediocarpea (MC) ist als Unterbrechung der echoreichen Knochenlinie zwischen Os carpi intermedium und Os carpale quartum zu erkennen. Der Rezessus ist andeutungsweise als „pilzförmiges“ echoarmes Gebildes über der unterbrochenen Knochenkontur zu erkennen. Eine Unterscheidung der Gelenkkapsel vom umgebenden Gewebe gelingt in physiologischen Fällen zum Großteil nicht. Die Articulationes carpometacarpeae (CMC) sind im rechten Bildrand als sehr dezente Unterbrechung der echoreichen Knochenlinie zwischen dem Os carpale quartum und dem Os metacarpale quartum aufzufinden.

Horizontal

Abb. 3.17 a: Schallkopfposition
Abb. 3.17 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.7)

Abb. 3.17 b: Ultraschallbild
Abb. 3.17 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.17 e: Schallkopfposition
Abb. 3.17 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.14)

Abb. 3.17 f: Ultraschallbild
Abb. 3.17 h: Skizze des Ultraschallbildes

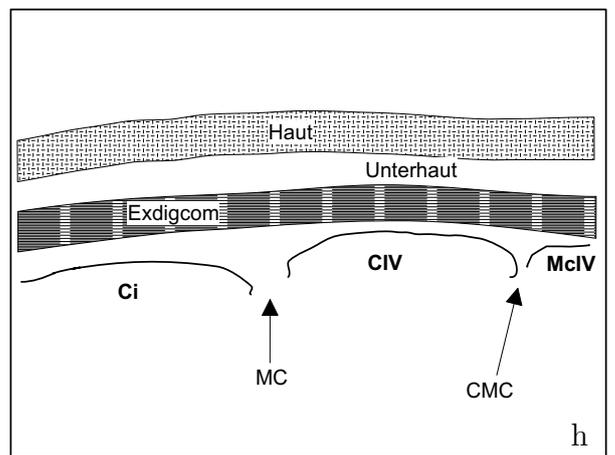
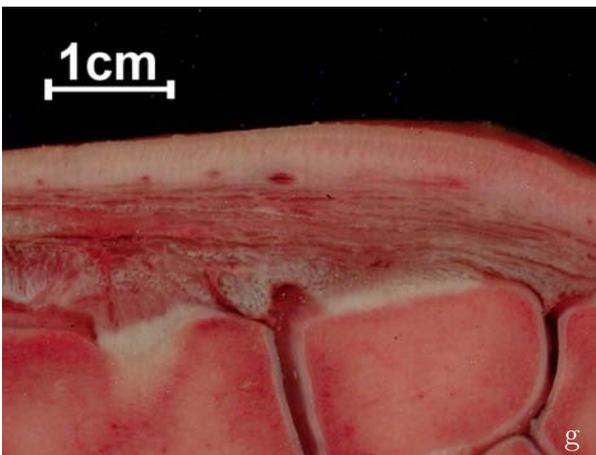
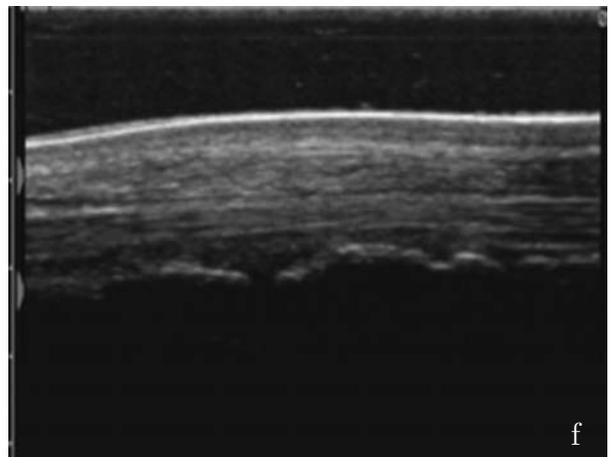
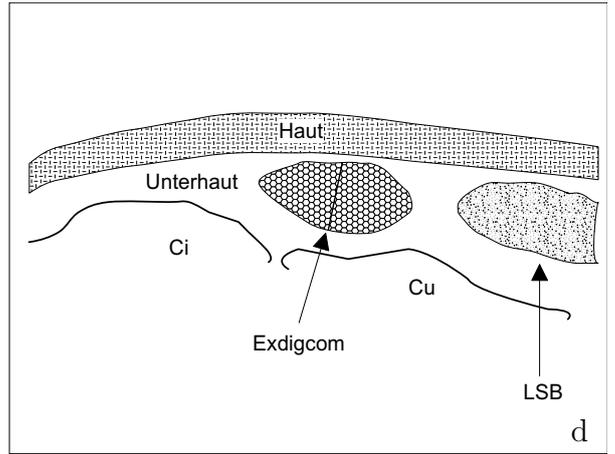
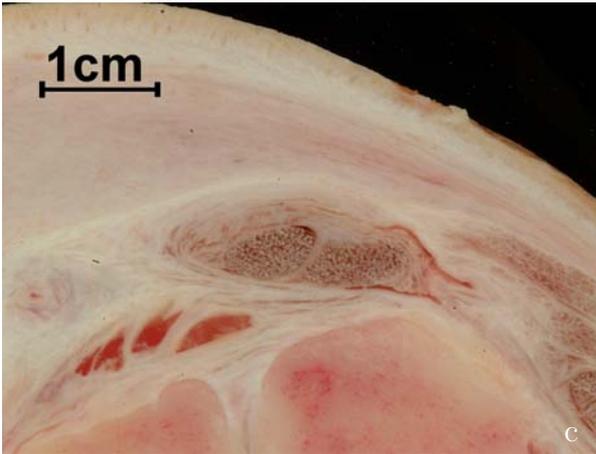
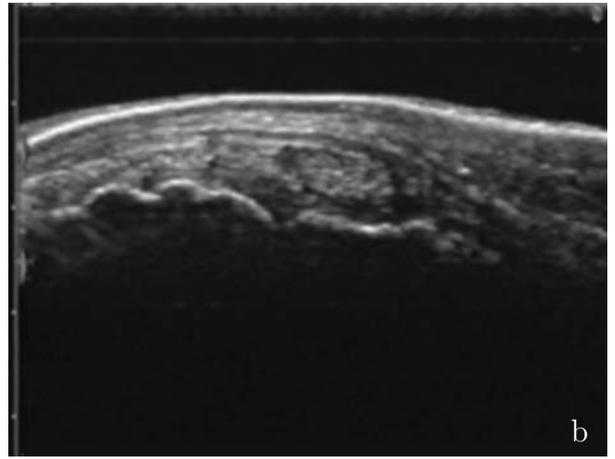


Abb. 3.17: Ebene 3 M. extensor digitorum communis

3.2.2.2.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.18 a-d) ist die Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als querovale, von der Umgebung recht gut abgrenzbare echogene Struktur erkennbar. Ihre Teilung in einen lateralen und einen medialen Bauch ist meist deutlich auszumachen. Dem medialen Sehnenbauch schmiegt sich die Sehnenscheide (SS) als echoloses undeutlich halbmondförmiges Gebilde an. Sie ist jedoch nur in sehr seltenen Fällen unter physiologischen Bedingungen als solche darzustellen. Die Sehne liegt den stark reflexgebenden Knochenoberflächen des Os metacarpale tertium (McIII) und des Os metacarpale quartum (McIV) direkt auf. Die Sehne ist von echoärmerer Unterhaut umgeben. Palmarolateral der Sehne geben sich undeutlich von der Unterhaut abzugrenzende Anteile des lateralen Seitenbandes (LSB) als etwas echogenere Strukturen zu erkennen.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.18 e-h) zeigt sich die Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) in ihrem Verlauf über die Articulationes carpometacarpeae (CMC) als bandartige Struktur mit längsgerichteten gleichmäßig echogenen Fasern. Sie ist meist recht deutlich vom umgebenden, etwas echoärmeren Unterhautgewebe sowie der reflexreicheren Haut abzugrenzen. Die Articulationes carpometacarpeae stellen sich als deutliche Unterbrechung der hyperechogenen Reflexlinien des Os carpale quartum (CIV) und des Os metacarpale quartum (McIV) dar. Die Gelenkkapsel ist nicht als isolierte Struktur vom angrenzenden Weichteilgewebe zu unterscheiden. Als kleines echofreies Areal ist der Gelenkrezessus auf Höhe des Gelenkspalts zu erkennen.

Horizontal

Abb. 3.18 a: Schallkopfposition
Abb. 3.18 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.18 b: Ultraschallbild
Abb. 3.18 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.18 e: Schallkopfposition
Abb. 3.18 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.14)

Abb. 3.18 f: Ultraschallbild
Abb. 3.18 h: Skizze des Ultraschallbildes

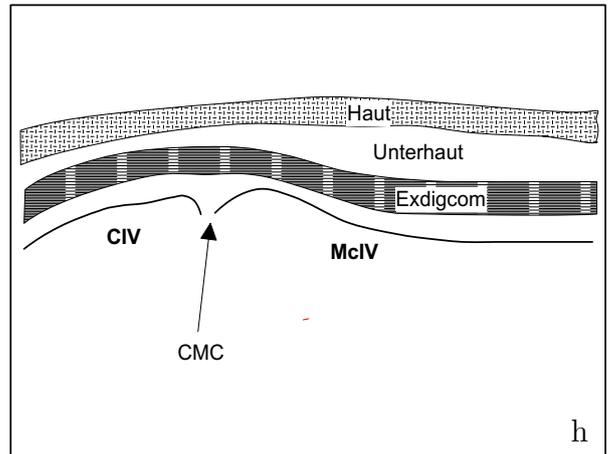
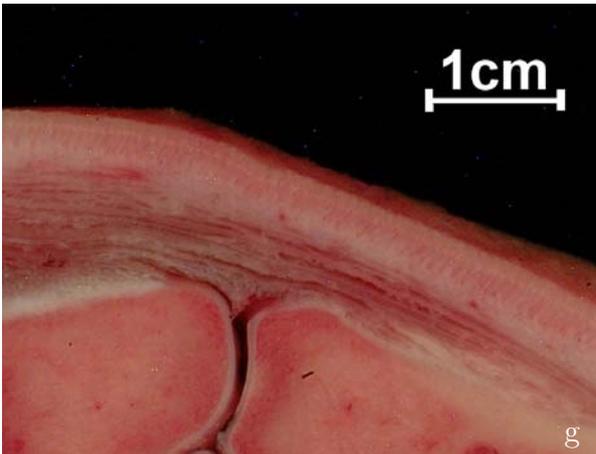
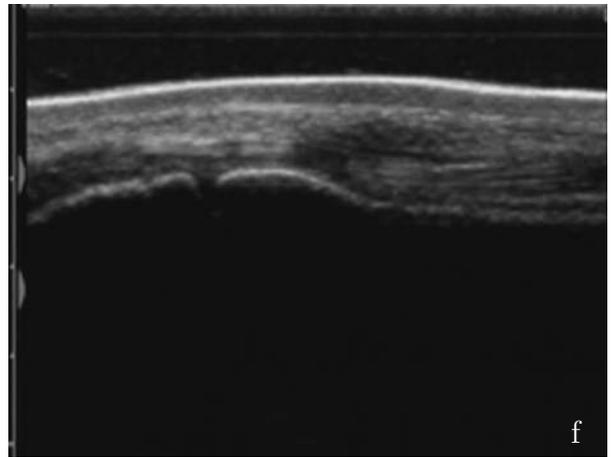
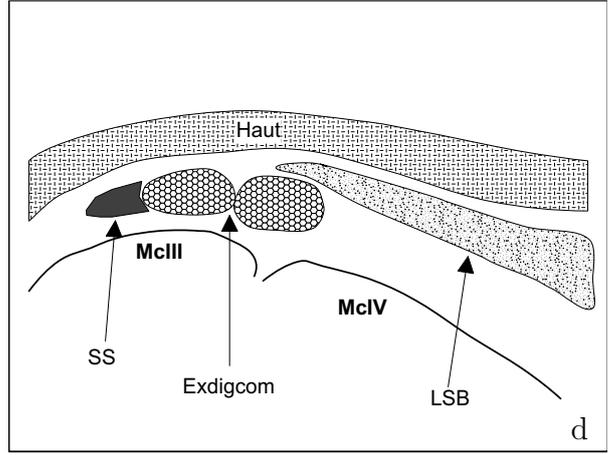
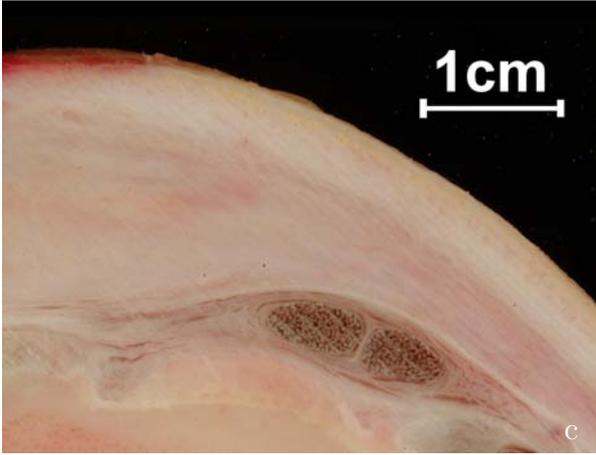
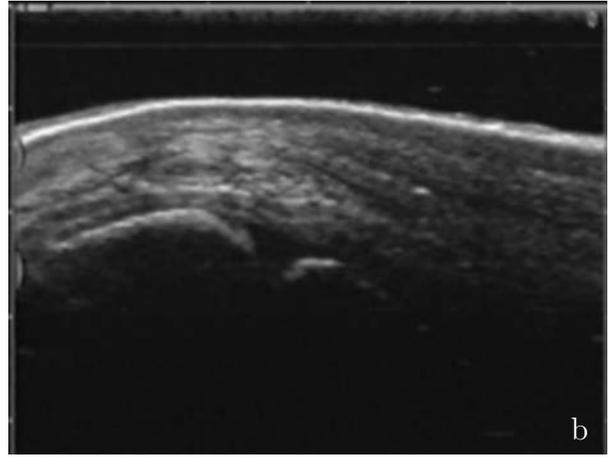


Abb. 3.18: Ebene 4 M. extensor digitorum communis

3.2.2.3 Laterale Schallkopfposition

Abbildung 3.19 zeigt den Verlauf des Musculus extensor digitorum lateralis an Hand eines Gefrierschnitts durch eine linken Vordergliedmaße. Dieser Muskel, seitlicher Zehenstrecker genannt, überquert die laterale Seite des Karpus.

Ursprung: Er entspringt an drei Stellen, am lateralen Seitenband des Ellenbogengelenks, am lateralen Bandhöcker des Radius sowie am äußeren Rand der Ulna.

Ansatz: Er steht dorsolateral an der Phalanx media der vierten Zehe an.

Verlauf: Der Übergang in die Sehne liegt proximal des Karpus; fixiert durch das Retinaculum extensorum überquert sie diesen lateral.

Besonderheiten: Auf Höhe des Fesselgelenks erhält die Sehne einen axialen und abaxialen Unterstützungsast des Musculus interosseus. Des weiteren gibt sie ein dünnes Sehnenblatt an die Phalanx distalis der vierten Zehe ab.

Synoviale Einrichtungen: Der Musculus extensor digitorum lateralis besitzt eine echte eigene Sehnenscheide, deren proximale Grenze am distalen Viertel des Radius angesiedelt ist. Sie verläuft über die laterale Karpusfläche und findet ihr Ende dorsal im proximalen Viertel des Metakarpus. In ihrem mittleren Abschnitt wird die Sehnenscheide auf der lateralen Seite durch die Unterarmfaszie und das Retinaculum extensorum verstärkt. Knochenseitig geht sie enge Verbindungen mit der Karpalgelenkkapsel, den Interkarpalbändern und dem Periost des Metakarpus ein.

Funktion: Seine Funktion besteht in einer Streckung der Zehengelenke.

Innervation: Der Nervus radialis sichert die motorische Versorgung.

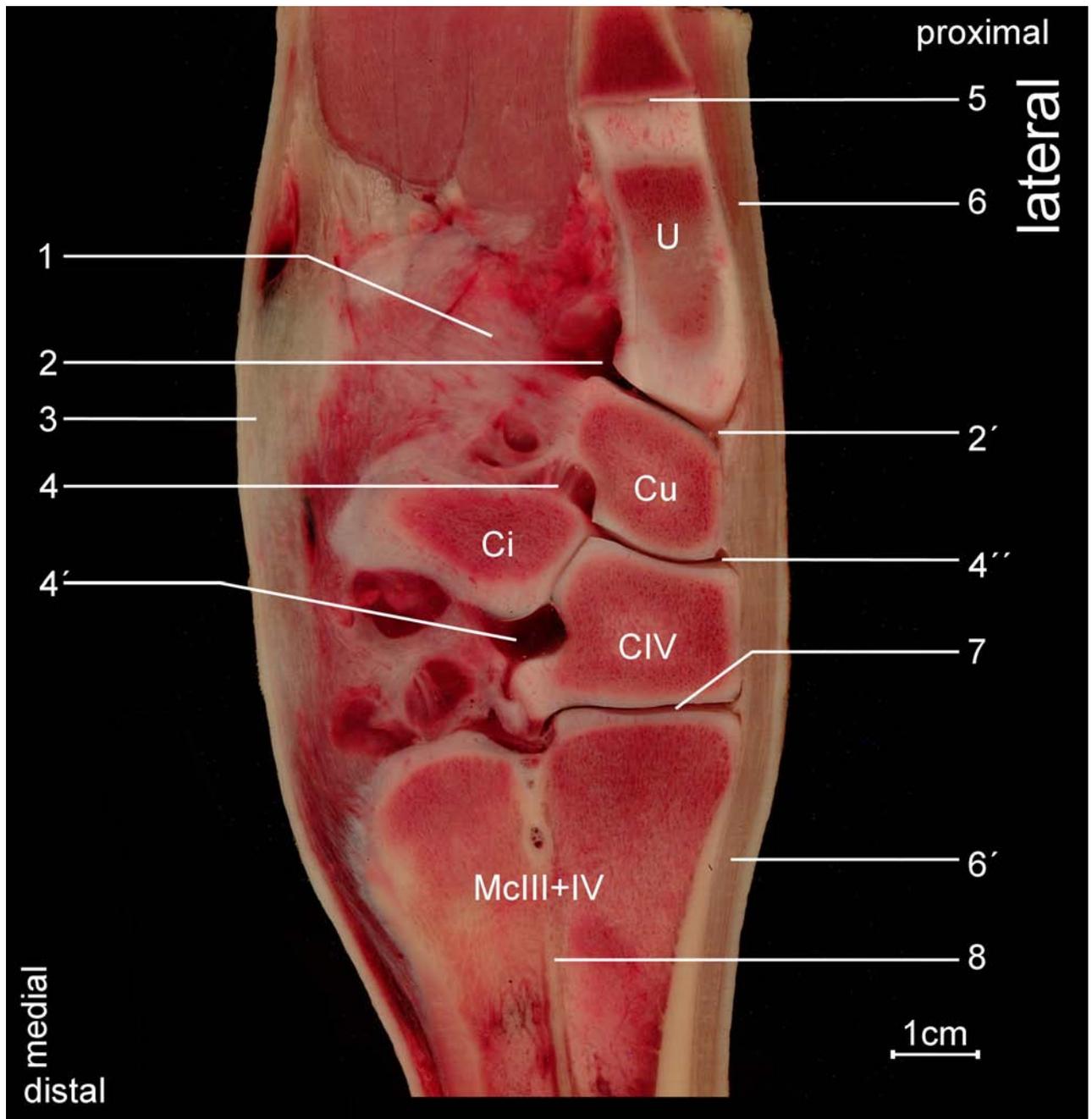


Abb. 3.19: Transversaler Gefrierschnitt durch die laterale Seite einer linken Vordergliedmaße; U = Ulna; Cu = Os carpi ulnare; Ci = Os carpi intermedium; CIV = Os carpalum quartum; McIII+IV = Os metacarpale tertium et quartum; 1 = Fasern des Ligamentum radiocarpeum dorsale zwischen Cu und Radius (nicht im Bild); 2 = palmare, 2' = dorsale Gelenkaussackung der Articulatio antebrachio-carpea; 3 = Anteile des medialen Seitenbandes; 4, 4' = palmare, 4'' = dorsale Gelenkaussackung der Articulatio mediocarpea; 5 = Ulnafuge; 6 = muskulöser Anteil, 6' = Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis; 7 = Articulationes carpometacarpeae; 8 = Scheidewand der Markhöhle zwischen Os metacarpale III und IV;

3.2.2.3.1 Untersuchungsebene 1

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.20 a-d) kann man die sich als längsovale echoreiche Struktur darstellende Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat) leicht auffinden und sicher vom umgebenden Unterhautgewebe abgrenzen. Sie liegt der Ulna, die sich ebenso wie der Radius als hyperechogene, schallschattengebende Linie zeigt, direkt auf. Lateropalmar der Sehne anschmiegend stellt sich die Sehnenscheide (SS) als echoloser Halbmond dar. Die Darstellung einer physiologisch gefüllten Sehnenscheide als echoloser Ring oder Halbmond gelingt nur in sehr seltenen Fällen. Im linken Bildrand und somit auf der lateralen Seite des Karpus dem Radius aufliegend findet sich ein Teil der Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echoreiches ovales Gebilde. Die sich in der echoreichen Unterhaut befindlichen Blutgefäße sind leicht als echoarme Strukturen von runder Gestalt unter der echoreichen Haut zu identifizieren.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.20 e-h) der Ebene 1 findet sich der Muskel-Sehnenübergang des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat). Der muskulöse Anteil stellt sich echoarm mit punktförmigen echoreicheren Reflexen dar, die den Muskelsepten zuzuordnen sind. Dem muskulösen Anteil aufliegend findet sich der sehnige Teil, dessen Fasern als echogene, parallel ausgerichtete Linien deutlich erkennbar sind. Der Muskelanteil verjüngt sich nach distal und geht vollständig in die Endsehne über. Der Musculus extensor digitorum lateralis liegt dem Processus (Proc.) styloideus der Ulna direkt auf. Diese stellt sich als hyperechogene Reflexlinie mit völliger Schallauslöschung dar. Die Wachstumsfuge der Ulna stellt sich bei jungen Tieren als anechoisch erscheinende Unterbrechung der hyperechogenen Knochenoberfläche dar. Bei Individuen, deren Wachstum der langen Röhrenknochen abgeschlossen ist, erkennt man die Ulnafuge als kleine knöcherne Erhabenheit oder Einziehung, wie in diesem Fall.

Horizontal

Abb. 3.20 a: Schallkopfposition
Abb. 3.20 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.20 b: Ultraschallbild
Abb. 3.20 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.20 e: Schallkopfposition
Abb. 3.20 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.19)

Abb. 3.20 f: Ultraschallbild
Abb. 3.20 h: Skizze des Ultraschallbildes

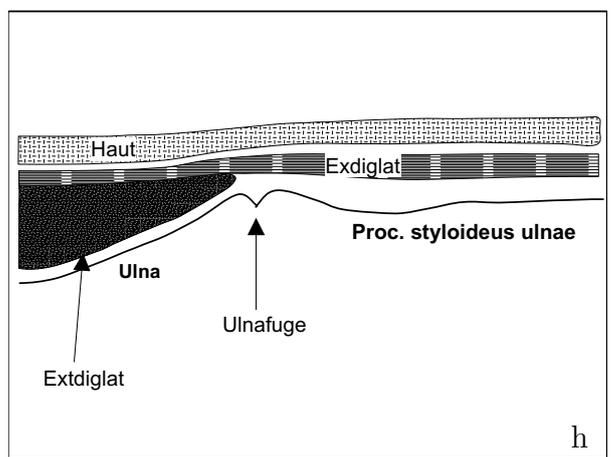
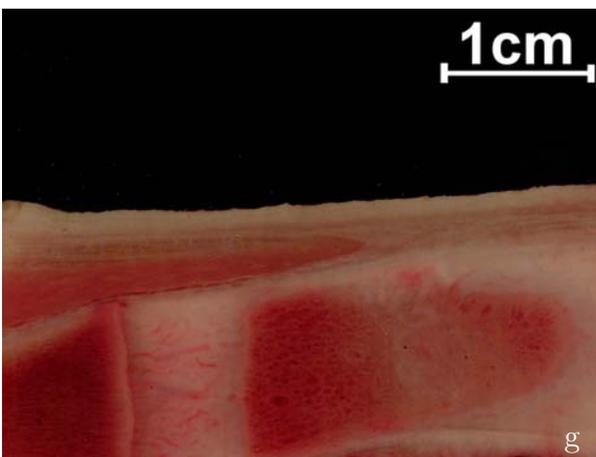
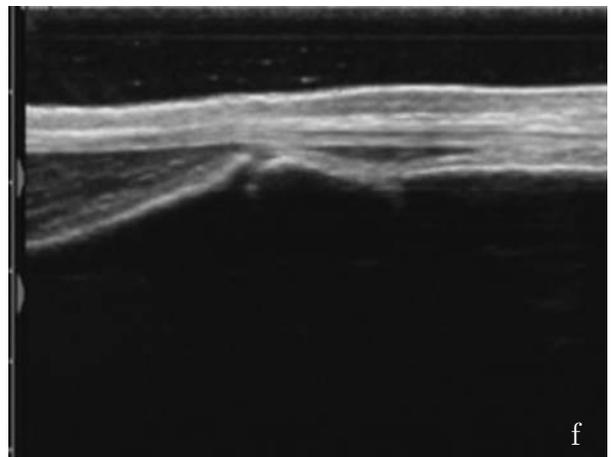
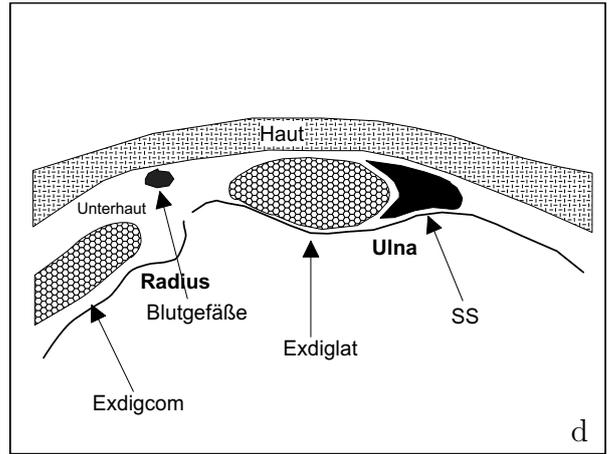
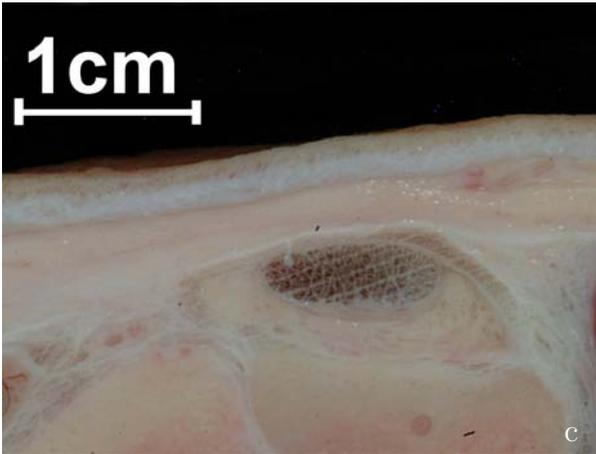
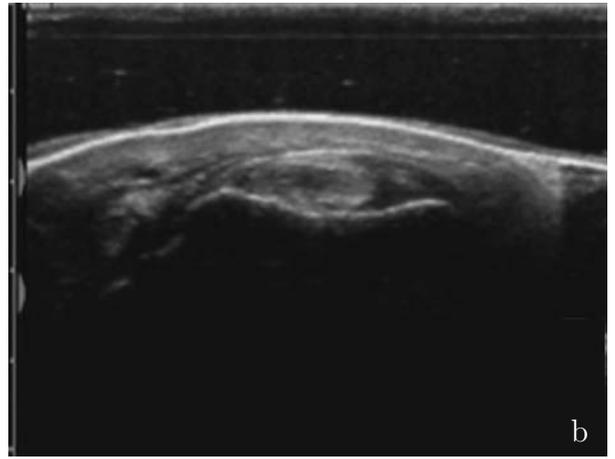


Abb. 3.20: Ebene 1 M. extensor digitorum lateralis

3.2.2.3.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.21 a-d) erkennt man die querovale Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat) als echoreiches Gebilde, das sich gut von umgebenden Gewebe abhebt. Selten ist auch die Sehnenscheide (SS) als echolose, halbmondförmige, sich der Sehne seitlich anschmiegende Struktur ultrasonographisch darzustellen. Das laterale Seitenband (LSB) ist nicht immer exakt von der Umgebung zu differenzieren. Als „tropfenähnlich“ mittelgradig echoreiches Gebilde ist es lateral der Sehne zu erkennen. Keine Schwierigkeiten ergeben sich bei der Darstellung der hyperechogenen Knochenlinien von Os carpi accessorium (Ca) und Os carpi ulnare (Cu).

Die Faserbündel der Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat) stellen sich im *Vertikalbild* (Abb. 3.21 e-h) als parallel ausgerichtete echogene Linien dar. Sie sind recht deutlich vom umgebenden, geringgradig echoärmeren Unterhautgewebe abzugrenzen. Auf ihrem Weg nach distal überzieht die Sehne, die fast unmittelbar unter der Haut liegt, die Articulatio antebrachio-carpea (ABC) und die Articulatio mediocarpea (MC). Die Gelenkspalten sind deutlich als Unterbrechung der hyperechogenen Linie der Knochenkontur der Ulna, des Os carpi ulnare (Cu) und des Os carpale quartum (CIV) auszumachen. Eine Differenzierung der Gelenkkapseln vom umgebenden Gewebe gelingt aufgrund derselben Echogenität nicht. Auch bei physiologischen Füllungszuständen lassen sich des öfteren die Gelenkaussackungen (GA) als pilzähnliche echolose Areale auf Höhe der Gelenkspalten ultrasonographisch darstellen.

Horizontal

Abb. 3.21 a: Schallkopfposition
Abb. 3.21 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.21 b: Ultraschallbild
Abb. 3.21 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.21 e: Schallkopfposition
Abb. 3.21 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.19)

Abb. 3.21 f: Ultraschallbild
Abb. 3.21 h: Skizze des Ultraschallbildes

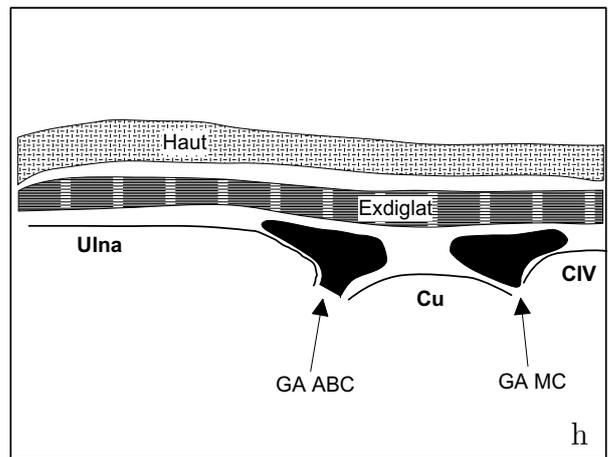
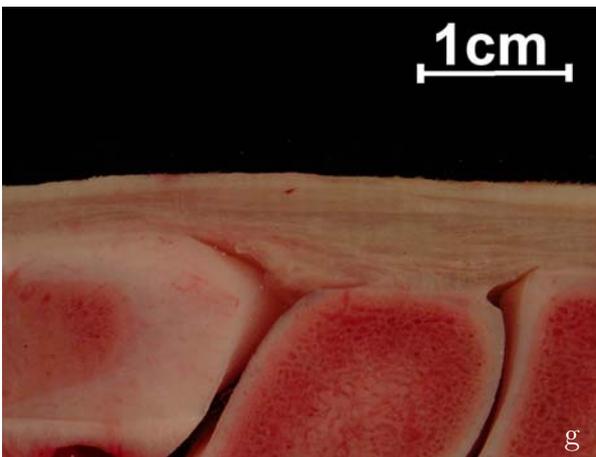
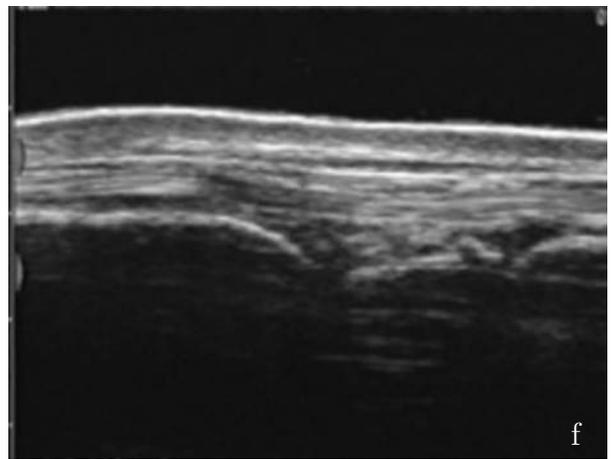
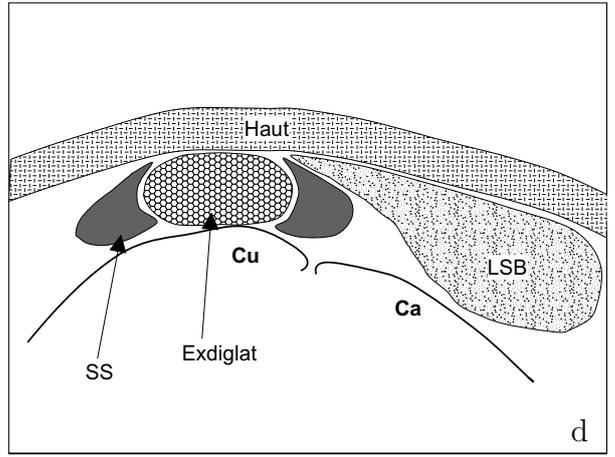
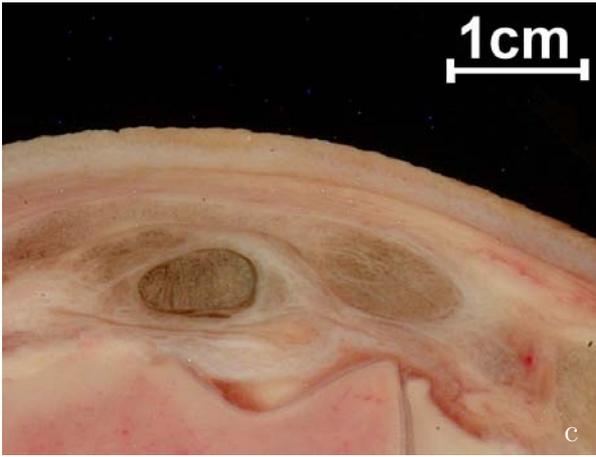
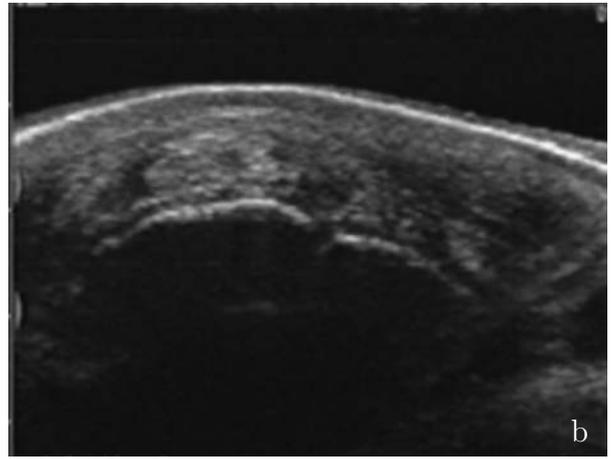


Abb. 3.21: Ebene 2 M. extensor digitorum lateralis

3.2.2.3.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.22 a-d) der Ebene 3 stellt sich die Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat) als echogene querovale Struktur dar. Sie setzt sich teilweise nur undeutlich von den sie umgebenden Anteilen des lateralen Seitenbandes (LSB) ab, da sie dieselbe Echogenität aufweisen. Ihre physiologisch gefüllte Sehnenscheide (SS) erscheint nur in den wenigsten Fällen als echolose, eng mit der Sehne in Verbindung stehende Sichel oder ringförmige Struktur. Lateropalmar der Sehne liegt der oberflächliche Anteil des lateralen Seitenbandes (LSB) als echoreiche länglich querovale Struktur. Der mittlere Schenkel schiebt sich abgeplattetes „keulenartiges“ echoreiches Gebilde zwischen Haut und Sehne. Das Os carpi ulnare (Cu) weist die für die Darstellung von Knochen typische reflexreiche Linie mit dahinterliegender Schallauslöschung auf.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.22 e-h) erkennt man die parallel angeordneten echogenen Sehnenfasern des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat). Sie heben sich recht gut von der Haut und Unterhaut ab. Die Articulatio antebrachioarpea (ABC), die Articulatio mediocarpea (MC) und die Articulationes carpometacarpeae (CMC) zeigen sich in der Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinie der Ulna, des Os carpi ulnare (Cu), des Os carpale quartum (CIV) und des Metacarpus (Mc). Die Gelenkkapsel ist nicht vom umgebenden Gewebe zu differenzieren. Die Gelenkaussackungen (GA) der Articulatio antebrachioarpea und der Articulatio mediocarpea stellen sich auch in physiologischem Füllungszustand teilweise als sehr kleine echolose Höhlen in Pilzform dar.

Horizontal

Abb. 3.22 a: Schallkopfposition
Abb. 3.22 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.7)

Abb. 3.22 b: Ultraschallbild
Abb. 3.22 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.22 e: Schallkopfposition
Abb. 3.22 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.19)

Abb. 3.22 f: Ultraschallbild
Abb. 3.22 h: Skizze des Ultraschallbildes

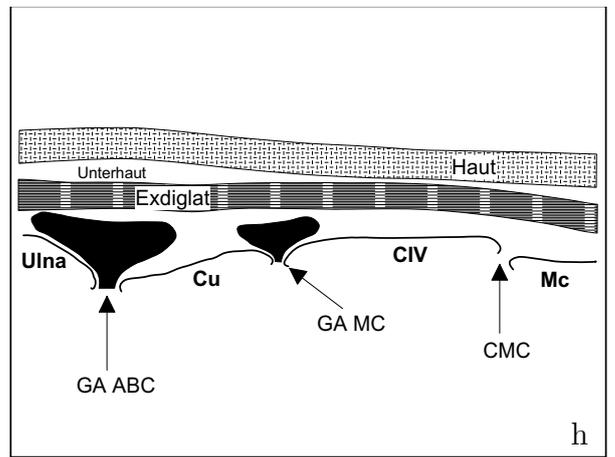
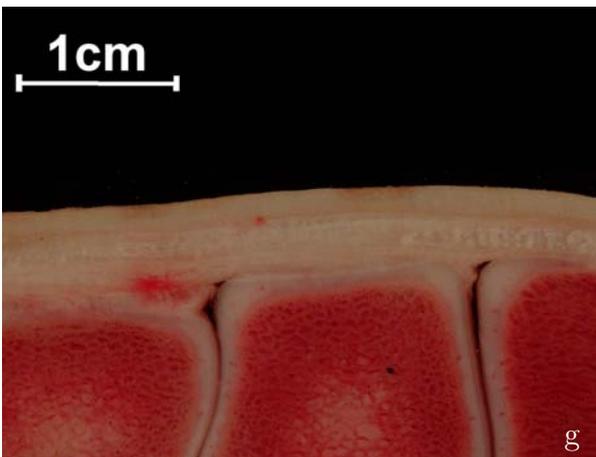
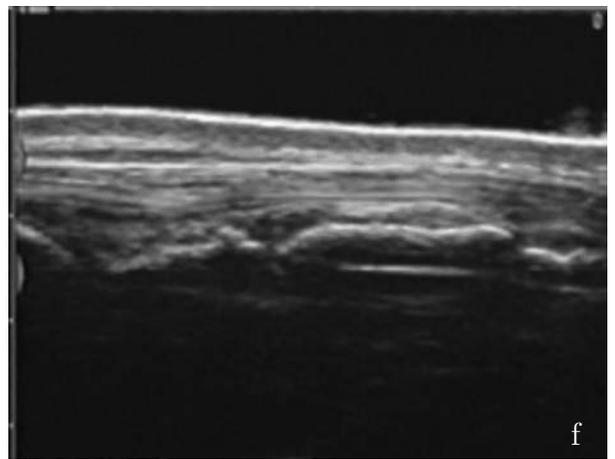
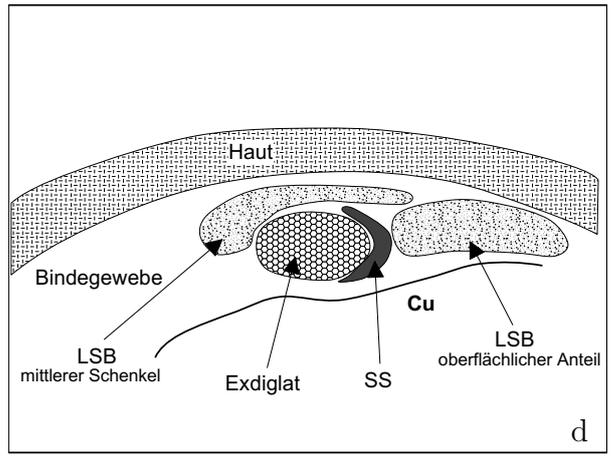
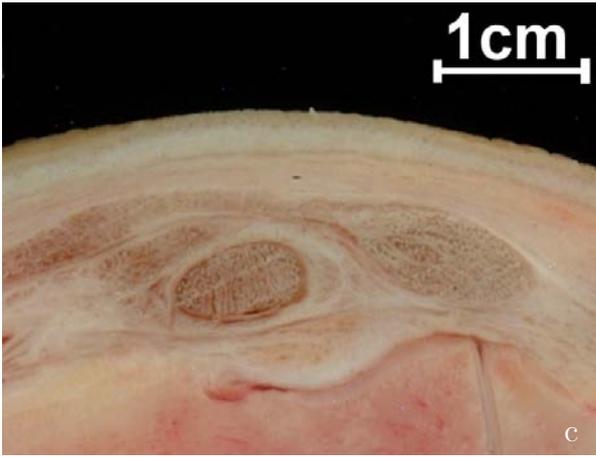
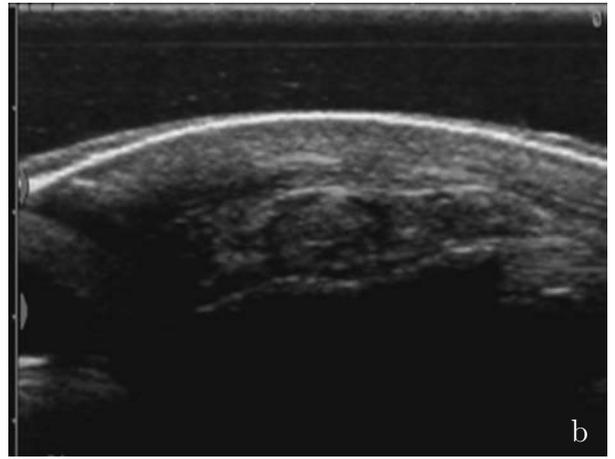


Abb. 3.22: Ebene 3 M. extensor digitorum lateralis

3.2.2.3.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.23 a-d) ist die Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat) als querovale homogen echogene Struktur nicht immer sehr einfach von den sie umgebenden Anteilen des lateralen Seitenbandes (LSB) zu unterscheiden. Der oberflächliche und der distale Schenkel des Kollateralbandes sind von echogener, abgeplattet querovaler Struktur und schließen sich der Sehne palmar an. Sie stehen in enger Verbindung mit dem hyperechogenen, Schallschatten gebenden Os metacarpale quartum (McIV), an dem sie weiter distal inserieren. Die Darstellung der Sehnenscheide (SS) in Form eines echofreien Halbmondes oder Ringes ist bei physiologischer Füllung derselben eher selten möglich.

Die Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis weist im *Vertikalbild* (Abb. 3.23 e-h) das für eine Sehne im Vertikalschnitt charakteristische, streng parallel angeordnete echogene Reflexmuster auf. Die Sehne liegt fast unmittelbar unter der Haut und zugleich dem Os carpale quartum (CIV) sowie dem Os metacarpale tertium et quartum (McIII+IV) direkt auf. Die Articulationes carpometacarpeae (CMC) sind zwischen beiden Knochen deutlich zu erkennen. Es läßt sich weder die Gelenkkapsel noch eine Gelenkhöhle unter physiologischen Gegebenheiten ultrasonographisch darstellen.

Horizontal

Abb. 3.23 a: Schallkopfposition
Abb. 3.23 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.23 b: Ultraschallbild
Abb. 3.23 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.23 e: Schallkopfposition
Abb. 3.23 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.19)

Abb. 3.23 f: Ultraschallbild
Abb. 3.23 h: Skizze des Ultraschallbildes

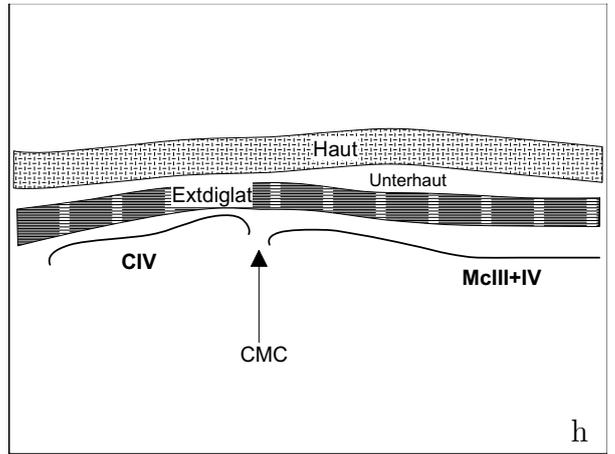
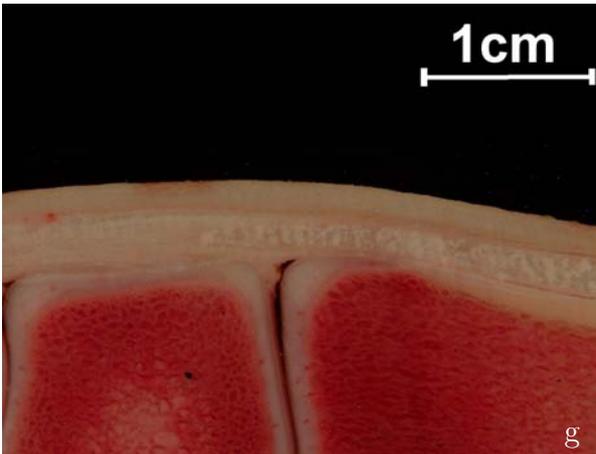
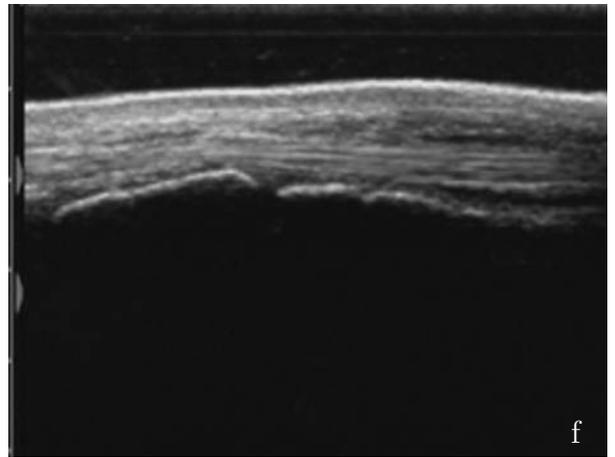
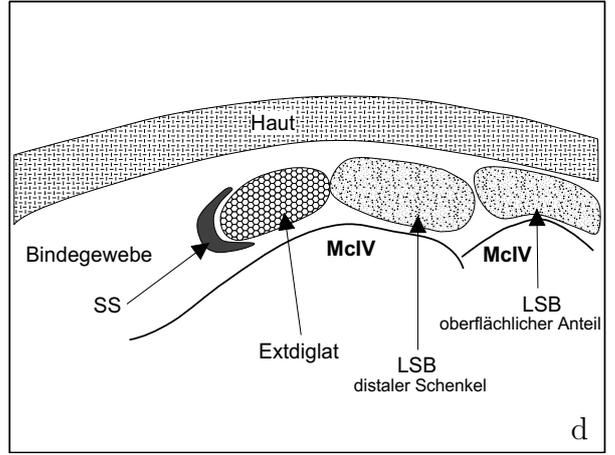
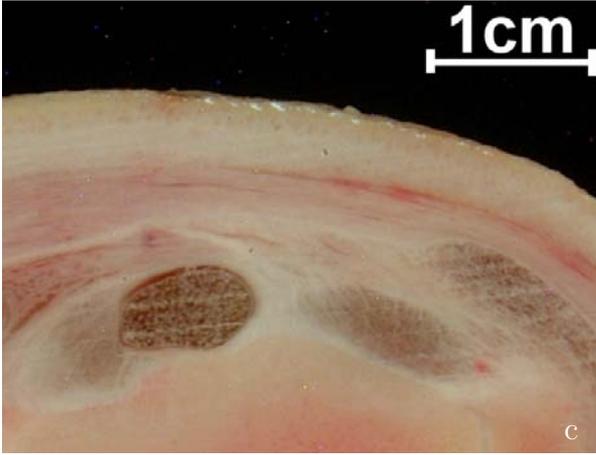
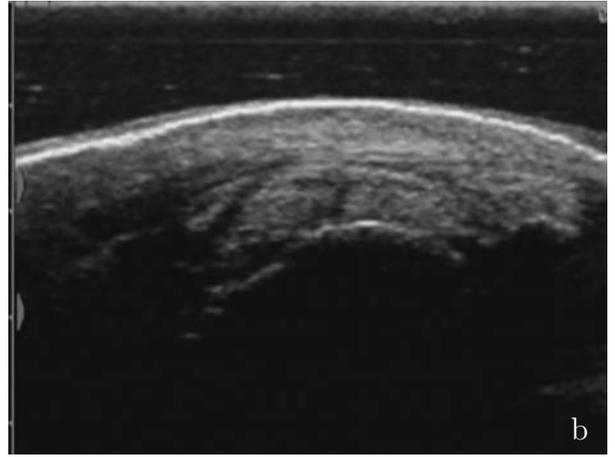


Abb. 3.23: Ebene 4 M. extensor digitorum lateralis

3.2.2.4 Lateropalmare Schallkopfposition

Die lateropalmare Seite des Karpalgelenkes wird überzogen vom Musculus extensor carpi ulnaris. Die Abbildung 3.24 auf nebenstehender Seite zeigt seinen Verlauf anhand des dazugehörigen Gefrierschnitts durch eine rechte Vordergliedmaße.

Ursprung: Seinen Ursprung findet er am Epicondylus lateralis des Humerus und hinter dem lateralen Seitenband des Ellenbogengelenks.

Ansatz: Die Insertionsstelle des Hauptastes der Endsehne ist das Os carpi accessorium. Ein Nebenast, auch als laterale Endsehne bezeichnet, setzt am Os metacarpale quintum an.

Verlauf: Der äußere Ellenbogenmuskel liegt am Übergang von der lateralen auf die kaudale Seite des Radius.

Synoviale Einrichtungen: Neben einem Kapselschleimbeutel am Muskelursprung, der mit der Gelenkkapsel des Ellenbogengelenkes in Verbindung steht, findet sich bei älteren Individuen ein stets ausgeprägter Schleimbeutel unter dem Nebenast. Er ist von länglich-ovaler Gestalt und beginnt kurz nach der Abzweigung des Sehnenzuges vom Hauptast und endet in Höhe der Articulatio mediocarpea. Er ragt deutlich über die Ränder des Sehnenschenkels vor.

Funktion: Obwohl als Strecker bezeichnet, fungiert er als Beuger des Karpalgelenks.

Innervation: Der Ramus profundus des Nervus radialis sichert die motorische Versorgung des äußeren Ellenbogenmuskels.

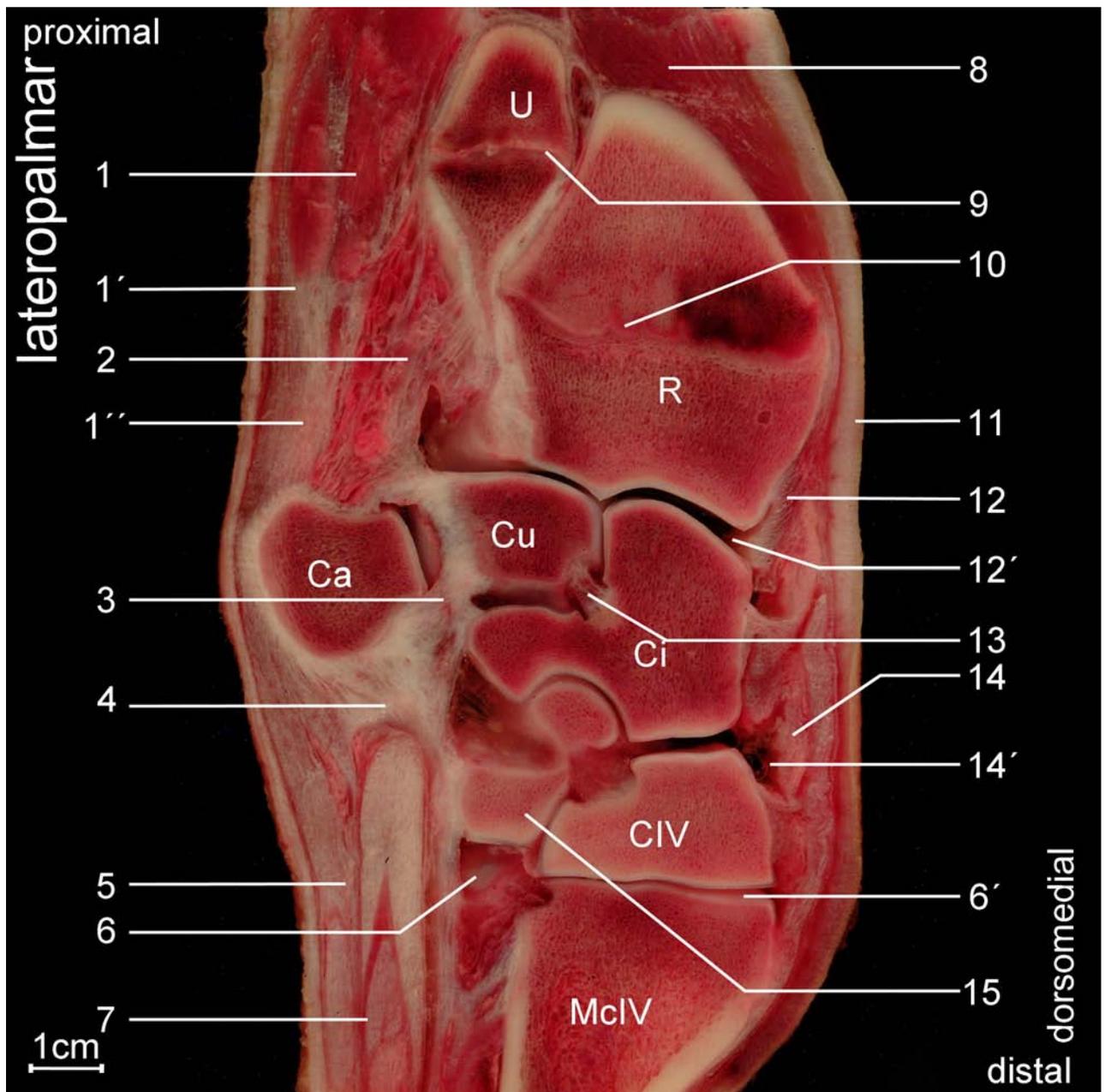


Abb. 3.24: Transversaler Gefrierschnitt von lateropalmar nach dorsomedial an einer rechten Vordergliedmaße; U = Ulna; R = Radius; Ca = Os carpi accessorium; Cu = Os carpi ulnare; Ci = Os carpi intermedium; CIV = Os carpale quartum; McIV = Os metacarpale quartum; 1 = Musculus extensor carpi ulnaris - muskulöser Anteil; 1' = Muskel-Sehnenübergang, 1'' = Ansatz des Hauptastes; 2 = Ligamentum accessorioulnare, 3 = Anteile des Ligamentum accessoriocarpoulnare, 4 = Anteile des Ligamentum accessoriometacarpeum, 5 = Anteile der Sehne des Musculus flexor digitorum superficialis; 6 = palmare, 6' = dorsale Gelenkaussackung der Articulationes carpometacarpeae, 7 = sehnige Anteile des Musculus flexor digitorum profundus; 8 = muskulöser Anteil des Musculus extensor carpi radialis; 9 = Ulnafuge; 10 = Radiusfuge; 11 = Haut; 12 = Gelenkkapsel, 12' = Gelenkaussackung der Articulatio antebrachioarpea; 13 = Ligamentum carpeum interosseum zwischen Ci und Cu; 14 = Gelenkkapsel, 14' = Gelenkaussackung der Articulatio mediocarpea; 15 = Os carpale secundum et tertium;

3.2.2.4.1 Untersuchungsebene 1

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.25 a-d) zeigt die zweigeteilte Struktur des Musculus extensor carpi ulnaris (Extcarpuls). Man erkennt deutlich den oberflächlich gelegenen echogenen sehnigen Anteil, der zackenartig in den tiefer gelegenen muskulösen Anteil greift. Der muskulöse Part stellt sich deutlich echoärmer dar, wobei man die Muskelsepten als echoreichere Binnenreflexe deutlich darstellen kann. Der rundliche Muskel ist gut von der Umgebung abzugrenzen. Im linken Bildrand, lateral des Musculus extensor carpi ulnaris gelegen, findet sich der reflexreichen, Schallschatten gebenden Ulna aufliegend die echogene ovale Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat).

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.25 e-h) liegt der Musculus extensor carpi ulnaris (Extcarpuls) der stark echogenen Knochenoberfläche der Ulna auf. Die Darstellung der Wachstumsfuge als kurze anechoisch erscheinende Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinie, oder bei älteren Individuen als Erhabenheit oder kleine Vertiefung, gelingt nicht immer. Die Zweiteilung des Muskels ist auch im Vertikalbild deutlich zu erkennen. Der echoarme muskulöse Teil liegt der Ulna direkt auf. Teilweise lassen sich die dort verlaufenden Muskelsepten als feine echoreichere längsverlaufende Reflexe erkennen. Der aufliegende Sehnenanteil zeigt die charakteristischen echoreichen parallel angeordneten Faserbündel. Das im Gefrierschnitt zu erkennende Ligamentum accessorioulnare sowie die von ihm schwer zu trennenden Anteile der Gelenkkapsel lassen sich ultrasonographisch meist nicht darstellen.

Horizontal

Abb. 3.25 a: Schallkopfposition
Abb. 3.25 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.25 b: Ultraschallbild
Abb. 3.25 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.25 e: Schallkopfposition
Abb. 3.25 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.24)

Abb. 3.25 f: Ultraschallbild
Abb. 3.25 h: Skizze des Ultraschallbildes

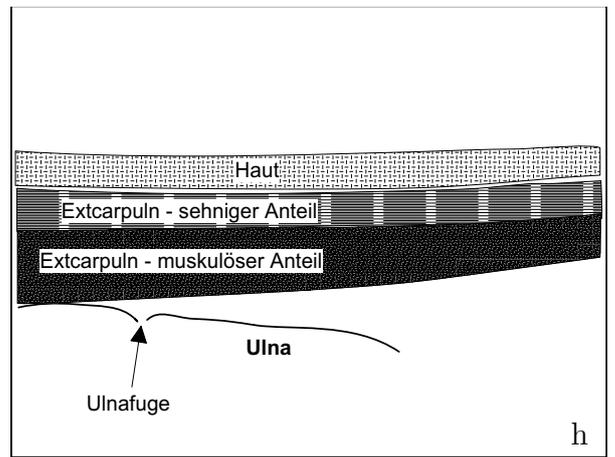
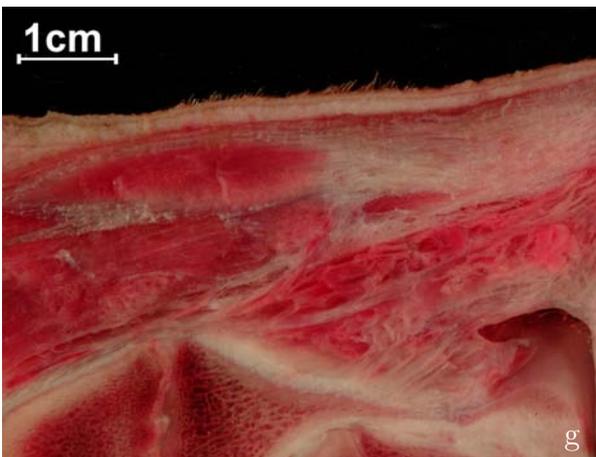
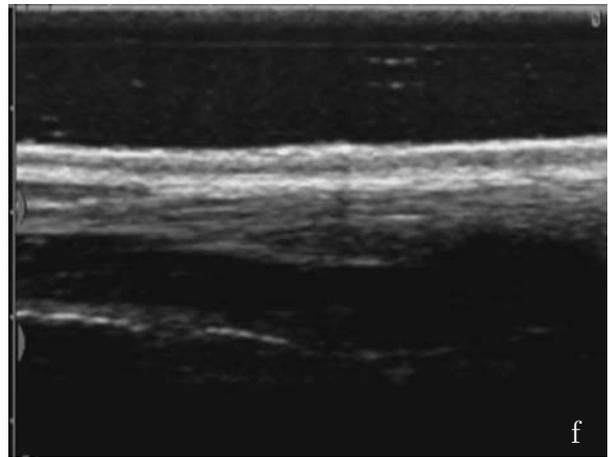
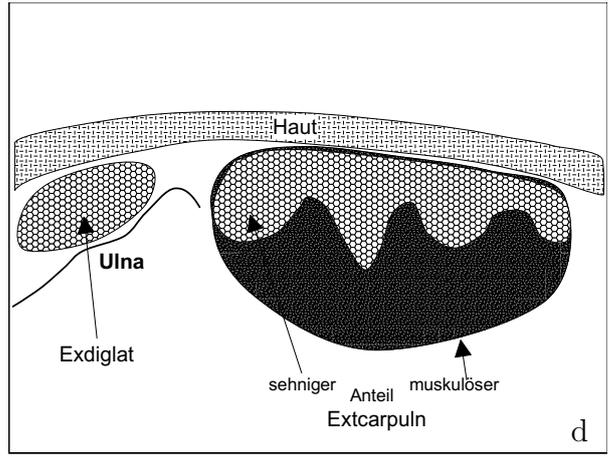
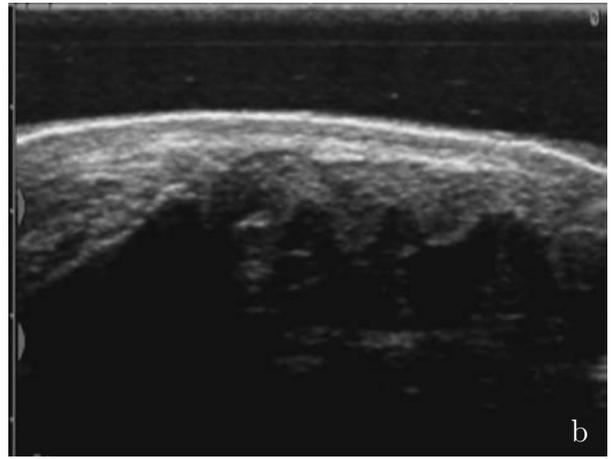


Abb. 3.25: Ebene 1 M. extensor carpi ulnaris

3.2.2.4.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.26 a-d) ist die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris (Extcarpula) als „nierenförmige“ echogene Struktur direkt unter der Haut zu finden. Dem echoreichen gebogenen Os carpi accessorium (Ca) liegt sie unmittelbar auf. Links im Bildrand, also lateral des Musculus extensor carpi ulnaris, findet sich dem Os carpi ulnare (Cu) aufliegend der oberflächliche Anteil des lateralen Seitenbandes (LSB) als ovale echogene Struktur. Das Kollateralband hebt sich etwas deutlicher als die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris vom umgebenden Unterhautgewebe ab.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.26 e-h) ist die Darstellung des Ansatzes der Hauptsehne des Musculus extensor carpi ulnaris (Extcarpula) am Os carpi accessorium (Ca) gut durchzuführen. Die längsgerichteten Sehnenfasern des Musculus extensor carpi ulnaris verlaufen als echogene parallele Linien und strahlen in das Os carpi accessorium ein. Dieses liegt direkt unter der Haut und ist dort auch gut zu palpieren. Ultrasonographisch stellt es sich als gebogene echoreiche Linie mit Schallschatten dar. Unter der Hauptsehne des Musculus extensor carpi ulnaris findet das Ligamentum (Lig.) accessorioulnare als mittelgradig echoreiche Struktur seinen Ansatz. Das Ligamentum (Lig.) accessoriometacarpeum nimmt als echoreiche Struktur vom distalen Rand des Os carpi accessorium seinen Ursprung.

Horizontal

Abb. 3.26 a: Schallkopfposition
Abb. 3.26 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.26 b: Ultraschallbild
Abb. 3.26 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.26 e: Schallkopfposition
Abb. 3.26 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.24)

Abb. 3.26 f: Ultraschallbild
Abb. 3.26 h: Skizze des Ultraschallbildes

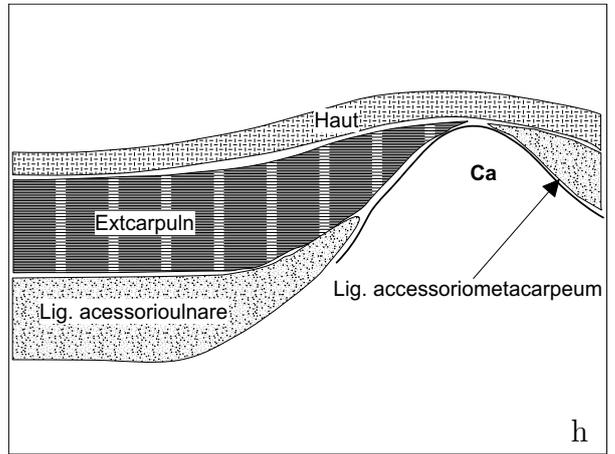
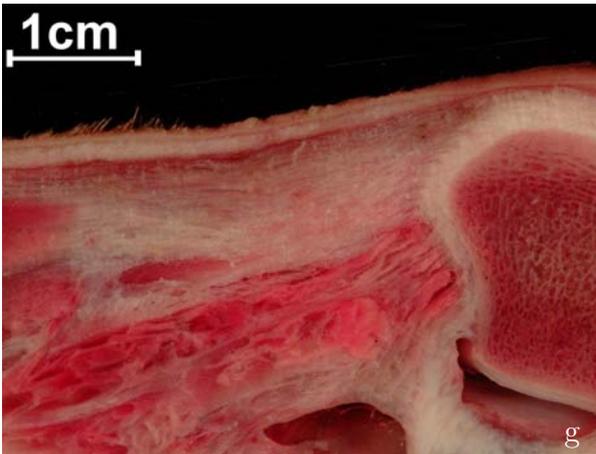
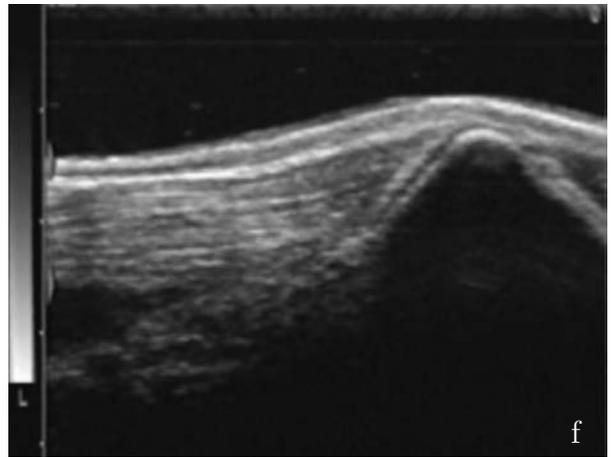
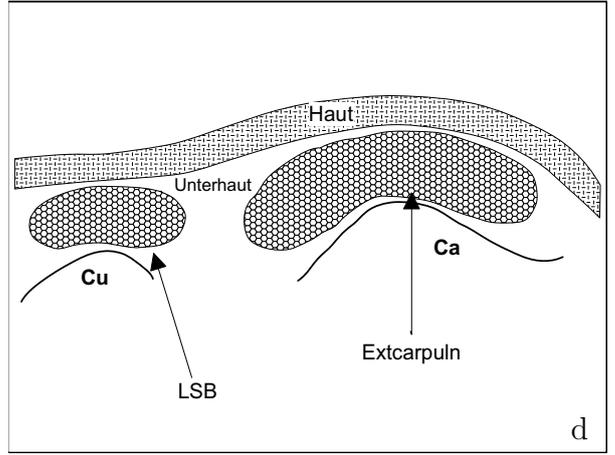
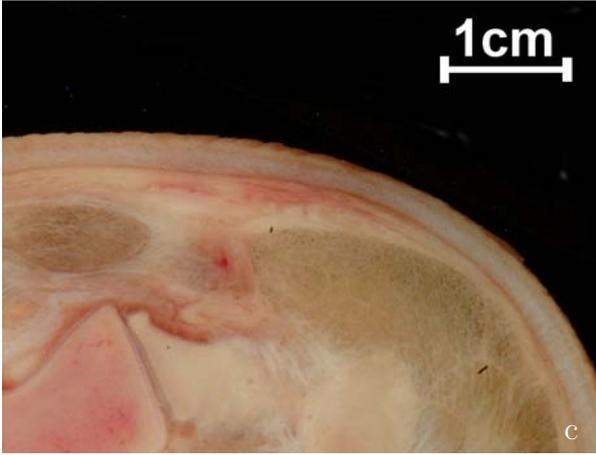
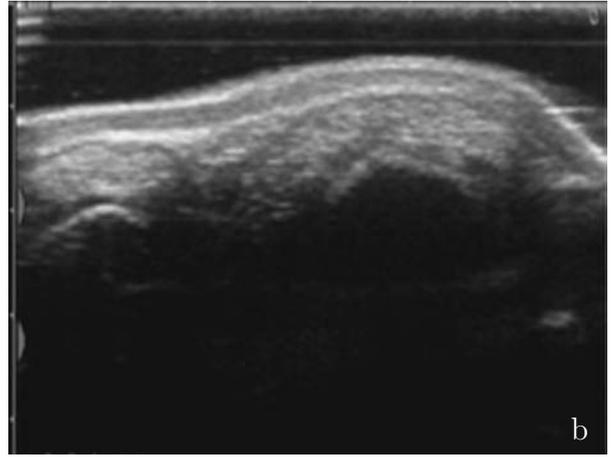


Abb. 3.26: Ebene 2 M. extensor carpi ulnaris

3.2.2.4.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.27 a-d) erkennt man deutlich das Os carpi ulnare (Cu) im linken Bildrand und das stark bogenförmige Os carpi accessorium (Ca); beide als echoreiche Linien mit deutlicher Schallauslöschung. Während die echogene Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat) und das sie teilweise überziehende ebenfalls echogen erscheinende laterale Seitenband (LSB) gut von der Umgebung abzugrenzen sind, ist die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris nur schwer vom umgebenden Gewebe zu differenzieren. Sie liegt als unregelmäßig ovale zur Haut hin verjüngende echogene Struktur dem Os carpi accessorium lateral an, an welchem sie auch Ansatz findet.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.27 e-h) zeichnet sich das Os carpi accessorium (Ca) als echogene schallschattengebende Linie von bogenförmiger Gestalt ab. Es liegt fast unmittelbar unter der Haut. An seinem proximalen Rand setzen die Sehnenfasern des Musculus extensor carpi ulnaris (Ext-carpuln) an, die sich als echogene parallel verlaufende Linien darstellen. Vom distalen Rand des Os carpi accessorium nehmen die Kollagenfaserbündel des Ligamentum (Lig.) accessorio-metacarpeum ihren Ursprung in Richtung auf das Os metacarpale quartum. Es weist das für Bandstrukturen charakteristische echogene fibrilläre Bild auf.

Horizontal

Abb. 3.27 a: Schallkopfposition
Abb. 3.27 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.7)

Abb. 3.27 b: Ultraschallbild
Abb. 3.27 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.27 e: Schallkopfposition
Abb. 3.27 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.24)

Abb. 3.27 f: Ultraschallbild
Abb. 3.27 h: Skizze des Ultraschallbildes

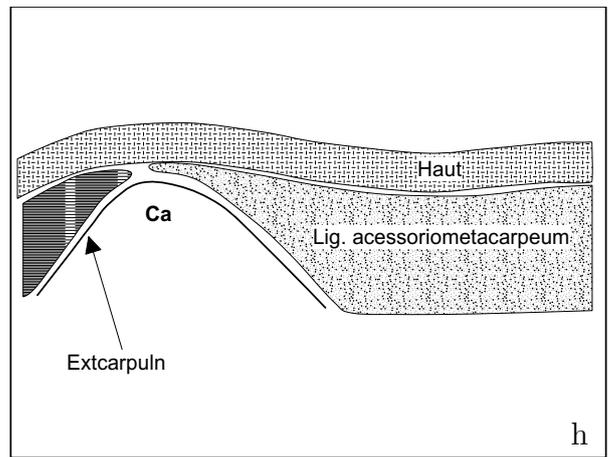
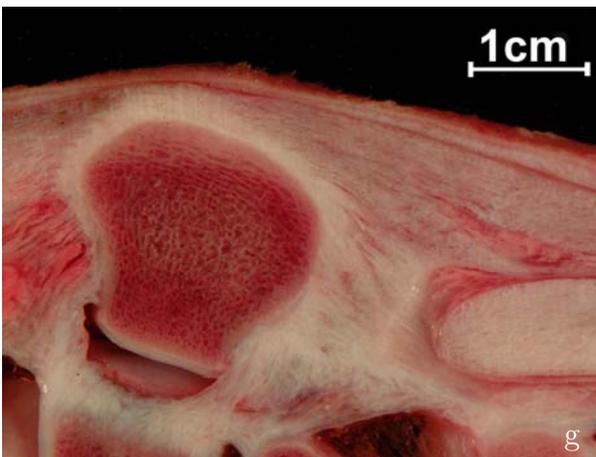
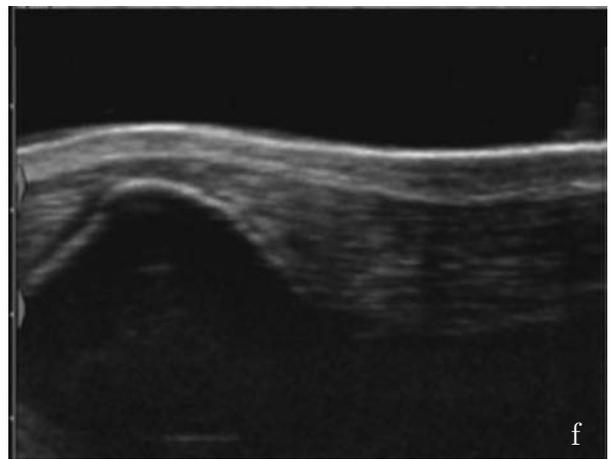
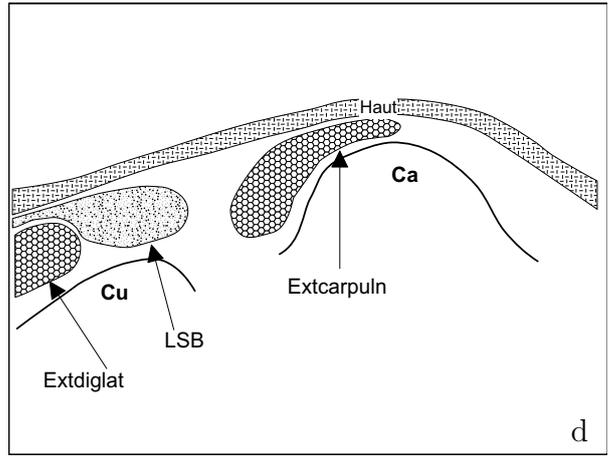
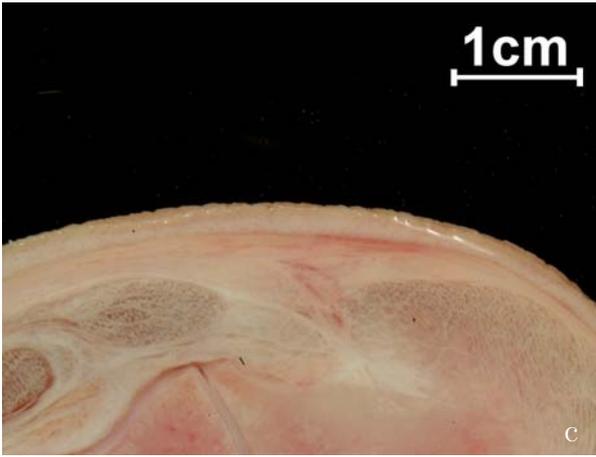
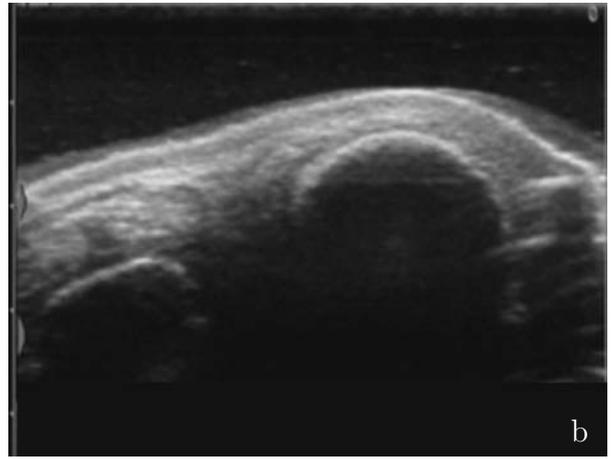


Abb. 3.27: Ebene 3 M. extensor carpi ulnaris

3.2.2.4.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.28 a-d) findet sich als zentrale, runde, homogen echogene Struktur das Ligamentum (Lig.) accessoriometacarpeum. Es liegt direkt unter der Haut und ist vom umgebenden Gewebe recht gut abzugrenzen. Der Knochen des Os metacarpale quartum (McIV) stellt sich als leicht gebogene echogene Linie mit Schallschatten dar. Als mäßig echogene, von der Umgebung nur schlecht zu unterscheidende flachovale Struktur liegt der oberflächliche Anteil des lateralen Seitenbandes (LSB) der echogenen Knochenlinie des Os metacarpale quartum auf.

Das *Vertikalbild* (Abb. 3.28 e-h) zeigt das direkt unter der Haut liegende Ligamentum (Lig.) accessoriometacarpeum zwischen seinem Ursprung, dem Os carpi accessorium (Ca) und seiner Ansatzstelle, dem Os metacarpale quartum (McIV). Es ist von mittelgradig echogener Gestalt, seine parallel verlaufenden Faserzüge sind gut zu erkennen. Die beiden Knochen sind von ultrasonographisch charakteristischer Gestalt als hyperechogene Reflexlinie mit Schallschattenauslöschung zu erkennen.

Der Gefrierschnittausschnitt gibt leider nicht exakt die im Ultraschallbild dargestellte Ebene wieder. Allein in seinem Ursprungsbereich, am Os carpi accessorium ist das Ligamentum accessoriometacarpeum zu erkennen.

Horizontal

Abb. 3.28 a: Schallkopfposition
Abb. 3.28 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.28 b: Ultraschallbild
Abb. 3.28 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.28 e: Schallkopfposition
Abb. 3.28 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.24)

Abb. 3.28 f: Ultraschallbild
Abb. 3.28 h: Skizze des Ultraschallbildes

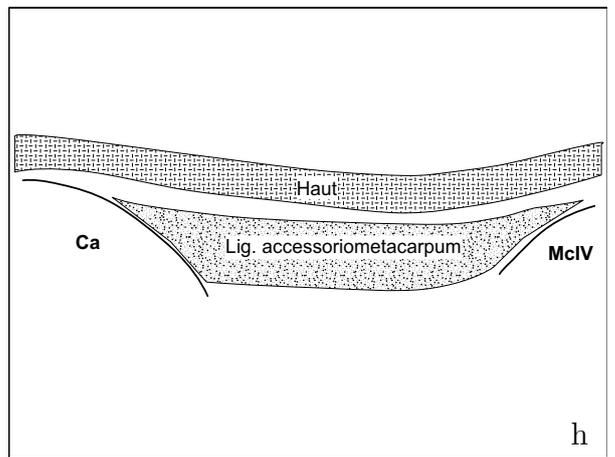
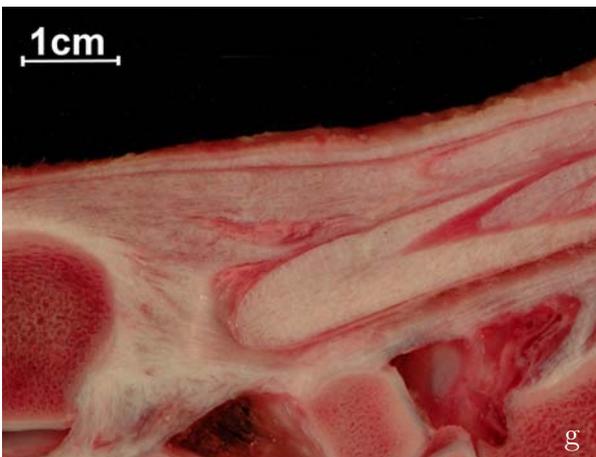
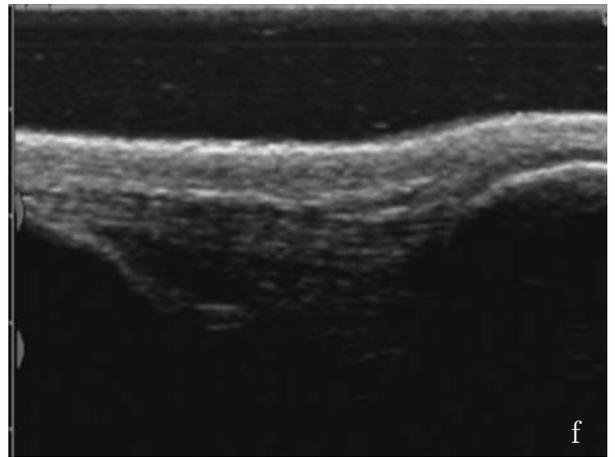
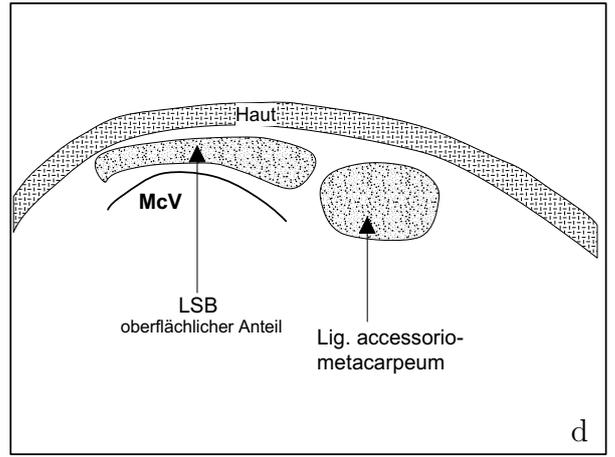
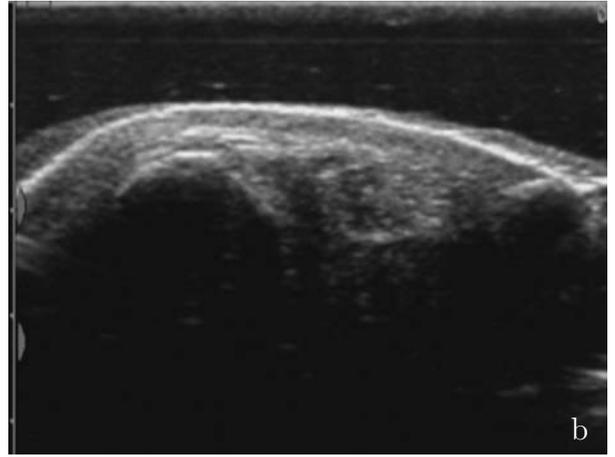


Abb. 3.28: Ebene 4 M. extensor carpi ulnaris

3.2.2.5 Palmare Schallkopfposition

Die sich um den palmaren, mediopalmaren und medialen Bereich des Karpus gruppierenden muskulösen und sehnigen Strukturen werden im Folgenden zum Teil gemeinsam beschrieben. Sie verlaufen im Wesentlichen als ein das „Muskelpaket“ und können nur als isolierte Strukturen angesprochen werden. Die in 3.3 auf Seite 55 festgelegte Einteilung in eine palmare, palmaromediale und mediale Schallkopfposition wurde beibehalten. Die Gefrierschnittausschnitte sind zum Teil aus unterschiedlichen, die Detailstruktur besser wiedergebenden Gesamtgefrierschnitten entnommen.

Ein in diesem Bereich verlaufender Muskel ist der *Musculus flexor digitorum superficialis* (oberflächlicher Zehenbeuger)

Ursprung: Beide Bäuche, der oberflächliche und der tiefe entspringen gemeinsam am Epicondylus medialis des Humerus

Verlauf: Im proximalen Drittel des Unterarmes trennen sich die beiden Bäuche und gehen am distalen Ende des Antebrachiums in je eine Sehne über. Die Sehne des tiefen Bauches zieht unter dem Retinaculum flexorum hindurch, wohin gegen die Sehne des oberflächlichen Bauches darüber hinweg zieht. In der Mitte des Metakarpus vereinigen sie sich wieder zur gemeinsamen oberflächlichen Beugesehne, die sich dann in einen medialen und lateralen Ast gabelt und mit der Verbindungsplatte des *Musculus interosseus* in der Fesselgelenkgegend die röhrenförmige Manschette um die Schenkel der tiefen Beugesehne bildet.

Ansatz: Jeder Schenkel endet mit drei kurzen Ästen palmar an der Phalanx media, wobei zwei schwächere Äste seitlich an den Bandhöckern des proximalen Gelenkrandes ansetzen, während ein stärkerer mittlerer Ast an die Palmarfläche des Kronbeines zieht.

Besonderheiten: Zwischen dem tiefen Muskelbauch bzw. seiner Sehne und dem Caput humerale des *Musculus flexor digitorum profundus* trifft man die kurzen Zwischenbeugemuskeln, den *Musculus interflexorius proximalis* und den *Musculus interflexorius distalis*, an.

Synoviale Einrichtungen: Über die synovialen Einrichtungen im Bereich des *Musculus flexor digitorum superficialis* finden sich widersprüchliche Literaturangaben. Während Schmidtchen (1906) nur eine vor allem bei älteren Individuen deutlich ausgeprägt Bursa vaginalis im Bereich des oberflächlichen Bauches erwähnt, die 2-4 cm proximal des Radiusendes beginnt und einen Finger breit distal des Os carpi accessorium endet, nennen andere Autoren, wie Nickel et al. (1992), sowie Ellenberger und Baum (1974), auch einen langen umfassenden Schleimbeutel im Bereich des tiefen Bauches.

Funktion: Die Wirkung findet sich in einer Beugung der Zehen, des Vorderfußes und in einer Stabilisierung des Fesselgelenks.

Innervation: Die Innervation erfolgt durch die Rami musculares des Nervus ulnaris.

Im Karpaltunnelbereich verläuft des weiteren der Musculus flexor digitorum profundus (tiefer Zehenbeuger).

Ursprung: Er entspringt mit drei sehnig durchsetzten Köpfen. Das Caput humerale, das nach König und Liebich (1999) nicht einheitlich gestaltet ist, sondern nochmals in drei kleinere Bäuche unterteilt werden kann, nimmt seinen Ursprung am Epicondylus medialis des Humerus. Das abgeplattete Caput radiale entspringt an der kaudalen Fläche des proximalen Radiusdrittels, wohingegen das schwach ausgebildete Caput ulnare von der kaudomedialen Seite des Olecranon ausgeht.

Verlauf: Während das Caput humerale erst unmittelbar über dem Karpus in seine Sehne übergeht, wird das Caput ulnare schon in Höhe des Ellenbogengelenks sehnig, schmiegt sich dann der kaudalen Kante des Caput humerale an und verschmilzt mit dieser proximal des Karpus. Die proximal des Karpus in Erscheinung tretende Sehne des Caput radiale ist ebenso an der Bildung der gemeinsamen tiefen Beugesehne beteiligt. Medial des Os carpi accessorium verläuft sie auf der Gleitfläche des Ligamentum carpi radiatum über die Karpalbeuge distalwärts und spaltet sich am distalen Ende des Mittelfußes in je einen Ast für die vierte und dritte Zehe.

Ansatz: Die Insertionsstelle findet sich am Tuberculum flexorium der Phalanx distalis der dritten und vierten Zehe.

Synoviale Einrichtungen: Schmidtchen (1906) erwähnt nur eine Bursa vaginalis des Musculus flexor digitorum profundus, die besonders bei älteren Individuen in Erscheinung tritt und innerhalb des Retinaculum flexorum zu finden ist. Sie unterlagert die Sehne und reicht von distalen Ende des Unterarmes über die Palmarfläche des Karpus bis an das proximale Ende des Metakarpus. Anfangs findet sich die Bursa nur lateral der Sehne, später umfasst sie aber auch die dorsale und palmare Sehnenoberfläche. Sie ist meist mehrfächrig und geht an den Enden teilweise in weitmaschiges Bindegewebe über. Im Gegensatz dazu erwähnen sowohl Nickel et al. (1992) als auch Ellenberger und Baum (1974) eine zusätzliche scheidenartige Bursa zwischen dem Musculus flexor digitorum profundus und dem tiefen Schenkel des Musculus flexor digitorum superficialis.

Funktion: Die Funktion besteht in der Beugung des Vorderfußes, insbesondere der Klauengelenke.

Innervation: Die Innervation erfolgt durch die Rami musculares des Nervus medianus und des Nervus ulnaris.

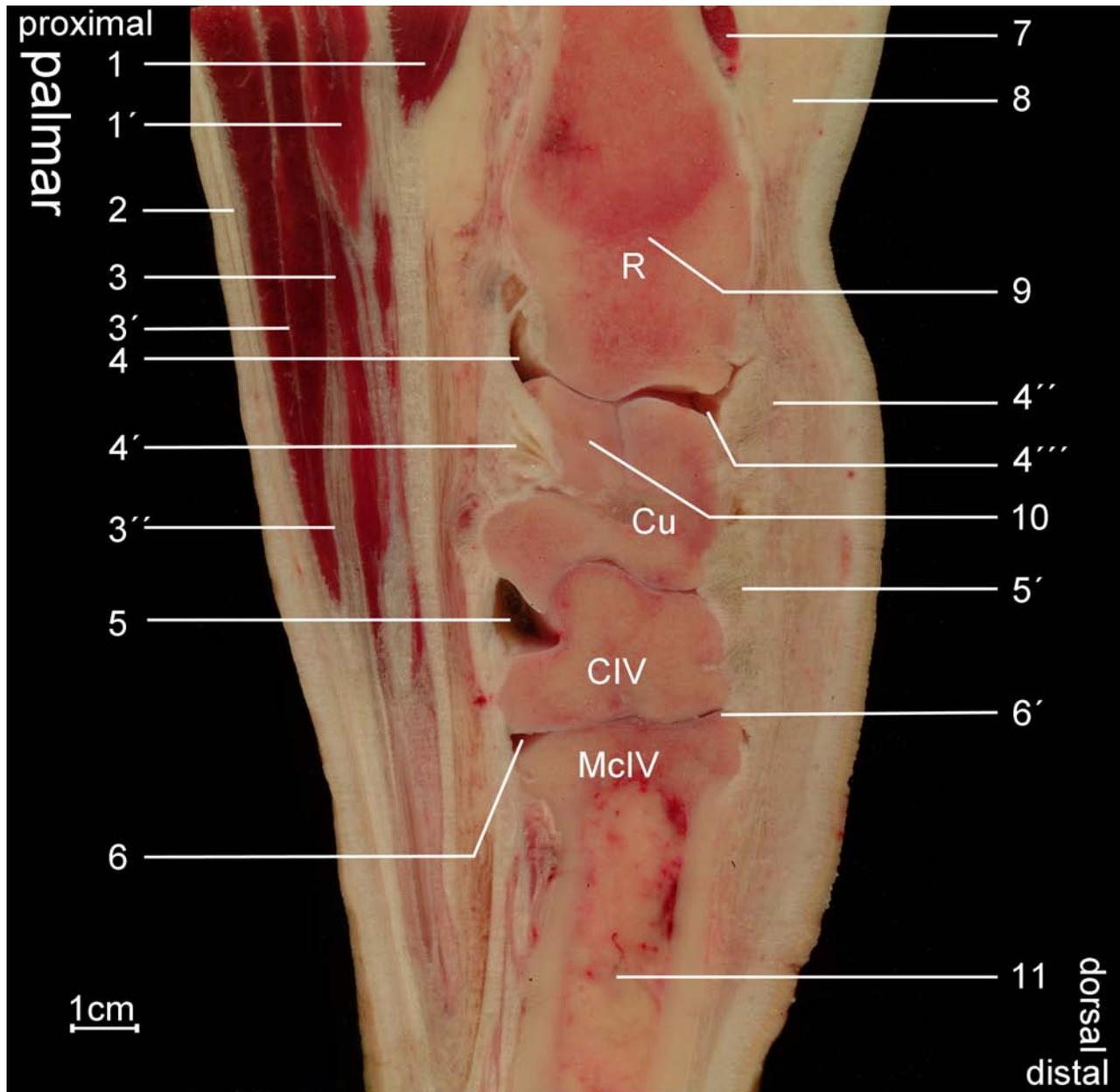


Abb. 3.29: Gefrierschnitt des palmaren Aspektes des Karpus mit dem Karpaltunnel einer linken Vordergliedmaße; R = Radius; Cu = Os carpi ulnare; CIV = Os carpale quartum; McIV = Os metacarpale quartum; 1 = Caput ulnare und Caput humerale des Musculus flexor digitorum profundus; 1' = Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus; 2 = Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris; 3 = oberflächlicher Bauch, 3' = tiefer Bauch, 3'' = Sehnenbeginn des Musculus flexor digitorum superficialis; 4 = palmarer Rezessus, 4' = palmarer Gelenkkapselansatz, 4'' = dorsale Kapselverstärkung, 4''' = dorsaler Rezessus der Articulatio antebrachio-carpea, 5 = palmarer Rezessus, 5' = dorsale Gelenkkapselverstärkung der Articulatio mediocarpea; 6 = palmarer, 6' = dorsaler Rezessus der Articulationes carpometacarpeae; 7 = muskulöser Anteil des Musculus extensor carpi radialis; 8 = Unterhautfettgewebe; 9 = Radiusfuge; 10 = Os carpi intermedium, 11 = Markhöhle des Os metacarpale quartum.

3.2.2.5.1 Untersuchungsebene 1

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.30 a-d) ist geprägt von den Muskelbäuchen der Zehenbeuger als echoarme, mehr oder weniger ovale Strukturen. Unmittelbar unter der Haut, dem oberflächlichen Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) aufliegend, stellt sich die Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris (Flexcarpuln) als abgeplattet ovale echoreiche Struktur dar. Meist setzt sie sich nur undeutlich von der Haut ab. Im echoarmen Muskelgewebe finden sich unregelmäßige echoreichere Strukturen. Hierbei handelt es sich zum Großteil um Anteile des Perimysiums. Das Epimysium, welches die einzelnen Muskelbäuche von benachbarten Muskeln trennt, stellt sich deutlich als eine die einzelnen Bäuche umgebende echoreichere Schicht dar. Es erlaubt eine gute Trennung zwischen dem oberflächlichen Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) und seinem tiefen Anteil (Flexdigsup(t)). Auch das Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro(r)) läßt sich in der Tiefe gut isolieren, wohingegen die miteinander verschmolzenen Caput ulnare und Caput humerale (Flexdigpro) weniger deutlich von den sie umgebenden Muskelgruppen zu unterscheiden sind. Der sich palmar anschießende Muskelbauch des Musculus extensor carpi ulnaris (Extcarpuln) ist als echoarme Struktur mit echoreicheren Anteilen im Bereich des Muskel-Sehnenübergangs nicht immer leicht von den Flexoren zu trennen. Eine Darstellung des Radius gelingt bei erwachsenen Tieren auch mit einem 5 MHz-Schallkopf nicht.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.30 e-h) ist eine Darstellung aller Muskelbäuche der Flexoren in einer Bildebene nicht möglich. Palmar finden sich dem echoreichen Schallschatten auslösenden Radius aufliegend der tiefe(t) und oberflächliche(o) Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup) sowie die verschmolzenen Anteile des Caput ulnare und humerale als Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro). Die Muskeln stellen sich als echoarme Strukturen mit echoreicher, nach distal deutlich zunehmender Binnenstruktur dar. Bei dieser handelt es sich neben Anteilen des Perimysiums auch um zunehmend sehnige Anteile. Der oberflächliche Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis ist meist an seiner charakteristischen Struktur zu erkennen und von den anderen Muskelbäuchen zu unterscheiden. Er stellt sich stets als echoarmes längliches Gebilde mit zentralem echoreichem Band und beidseits deutlich echoreichem Epimysium dar. Die Trennung der beiden anderen Muskelbäuche gelingt hingegen nicht immer leicht. Ebenso ist eine Darstellung des Musculus flexor carpi ulnaris, der als schmales echoreiches Band direkt unter der Haut liegt, meist schwierig. Ebenso schwer gestaltet sich die Darstellung der Radiusfuge als echoarme Unterbrechung, Erhabenheit oder Einsenkung der hyperechogenen Knochenlinie.

Horizontal

Abb. 3.30 a: Schallkopfposition
 Abb. 3.30 c: Gefrierschnitt
 (Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.30 b: Ultraschallbild
 Abb. 3.30 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.30 e: Schallkopfposition
 Abb. 3.30 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.30 f: Ultraschallbild
 Abb. 3.30 h: Skizze des Ultraschallbildes

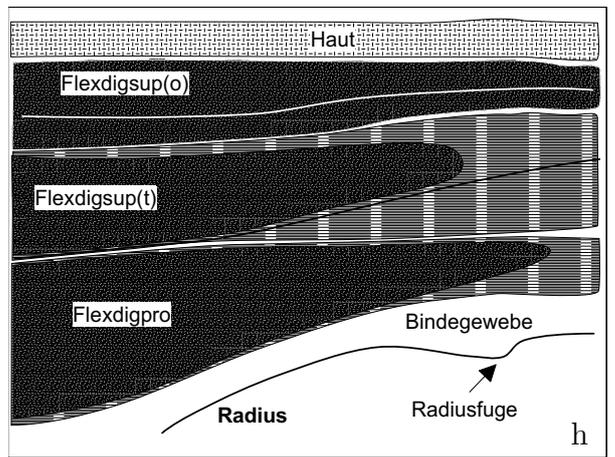
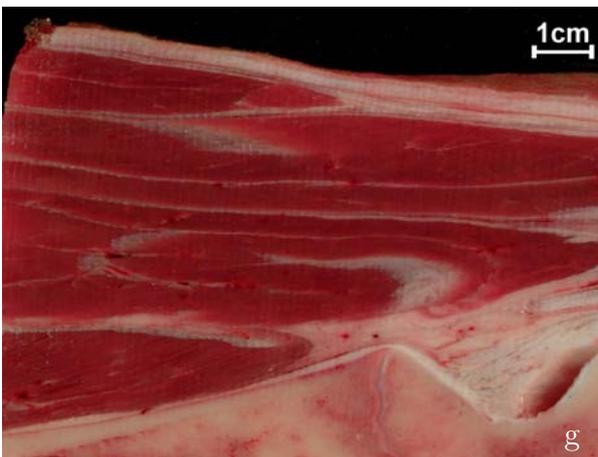
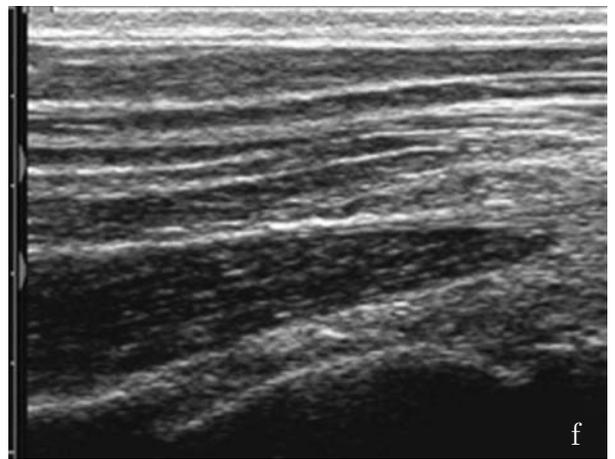
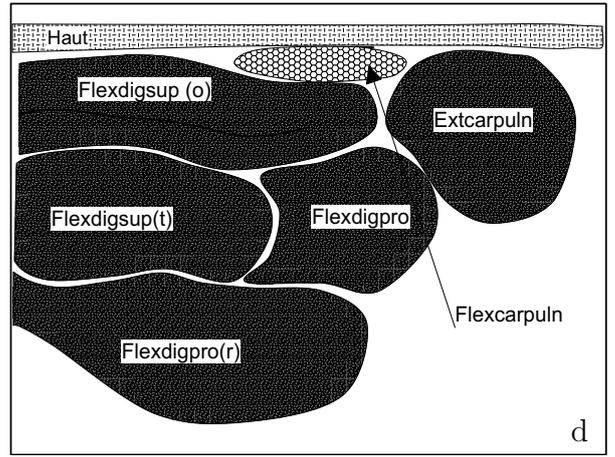
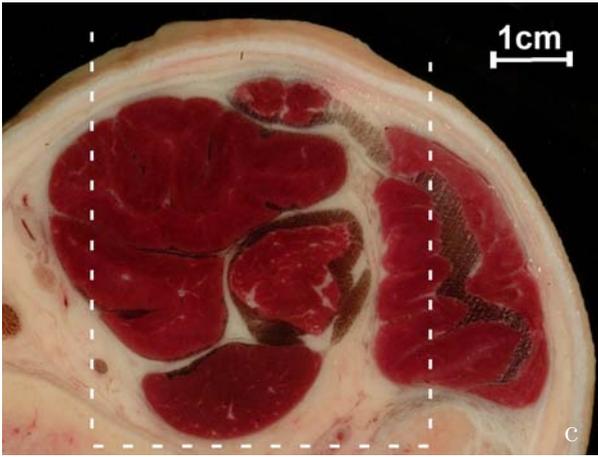
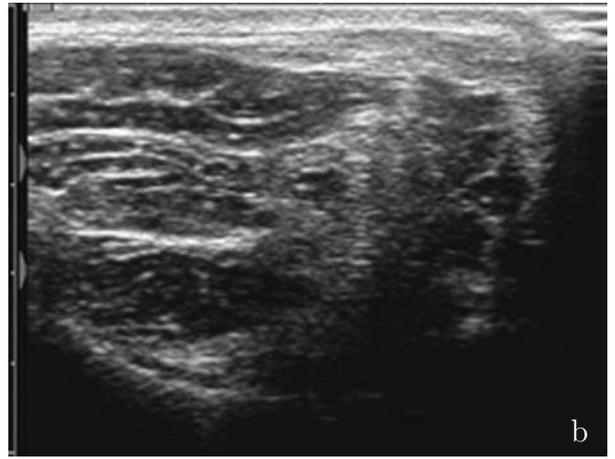


Abb. 3.30: Ebene 1 palmarer Aspekt

3.2.2.5.2 Untersuchungsebene 2

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.31 a-d) der Ebene 2 gestaltet sich übersichtlicher als das der Ebene 1. Direkt unter der Haut befindet sich die sehr flachovale Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris (Flexcarpuln) als schwer von der Haut abzugrenzende echoreiche Struktur. Sie liegt dem oberflächlichen Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) auf. Dieser stellt sich echoarm mit zentralem reflexreichen Band und umgebenden reflexreichen Epimysium dar. Nach Verschmelzung des Caput radiale mit dem Caput ulnare und humerale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro) ist die tiefe Beugesehne als echoreiche halbmondförmige Struktur zu erkennen, in dessen „Zentrum“ der tiefe Anteil der oberflächlichen Beugesehne als echoarme runde Struktur distalwärts zieht. Das den oberflächlichen vom tiefen Bauch der oberflächlichen Beugesehne trennende Retinaculum flexorum ist als echoreiche bandartige Struktur nur in sehr seltenen Fällen von der Umgebung zu isolieren. Am rechten Bildrand findet man die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris (Extcarpuln) als nierenförmige echoreiche Struktur. Sie ist stets gut von der Umgebung zu differenzieren. Medial des tiefen Anteils der oberflächlichen Beugesehne läßt sich die Arteria (A.) mediana als unregelmäßig rundes echoarmes Gebilde mit etwas stärker echogebender Membran darstellen. Teilweise kann man die Pulsation erkennen. Im Gegensatz zur Arterie ist sowohl die Darstellung der Vena mediana als auch des Nervus medianus im palmaren Karpalgelenkbereich selten möglich.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.31 e-h) ist die Verjüngung des echoarmen, muskulösen Anteil der Flexoren in distaler Richtung zu erkennen. Mit Ausnahme des oberflächlichen Anteils des Flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)), der sein charakteristisches Aussehen (vgl. 3.2.2.5.1) zunächst noch beibehält, gehen die Muskeln immer mehr in ihre Endsehnen über. Dies äußert sich in einer zunehmenden Echogenität. Ebenso kommen die für die Sehnenstruktur typischen parallel angeordneten Reflexlinien vermehrt ins Bild. Dieses Phänomen trifft vor allem auf den Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro) sowie den tiefen Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(t)) zu. Mit einem 5-MHz-Schallkopf ist es bei nicht zu stark bemuskelten Tieren möglich die Articulatio antebrachio-carpea (ABC) als deutliche Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinie zwischen Radius und Os carpi intermedium (Ci) darzustellen. In seltenen Fällen gelingt eine Darstellung der anechoischen Gelenkaussackung (GA) in Pilzgestalt. Die Gelenkkapsel ist nicht vom umgebenden Weichteilgewebe zu isolieren. Zur Radiusfuge vgl. Abschnitt 3.2.2.5.1

Horizontal

Abb. 3.31 a: Schallkopfposition
Abb. 3.31 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.31 b: Ultraschallbild
Abb. 3.31 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.31 e: Schallkopfposition
Abb. 3.31 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.31 f: Ultraschallbild
Abb. 3.31 h: Skizze des Ultraschallbildes

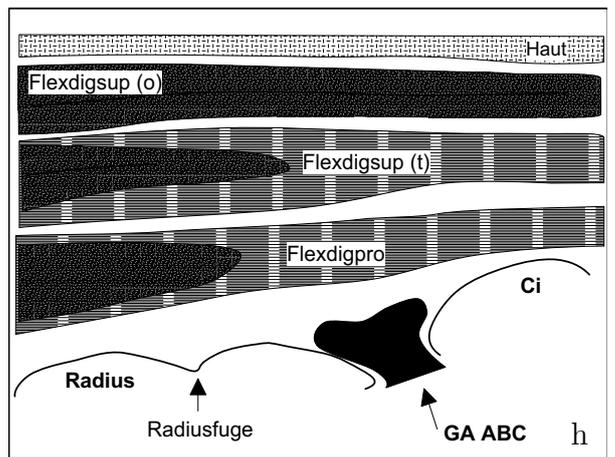
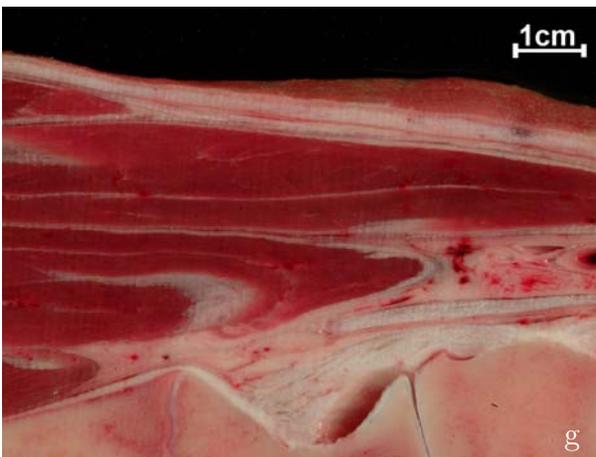
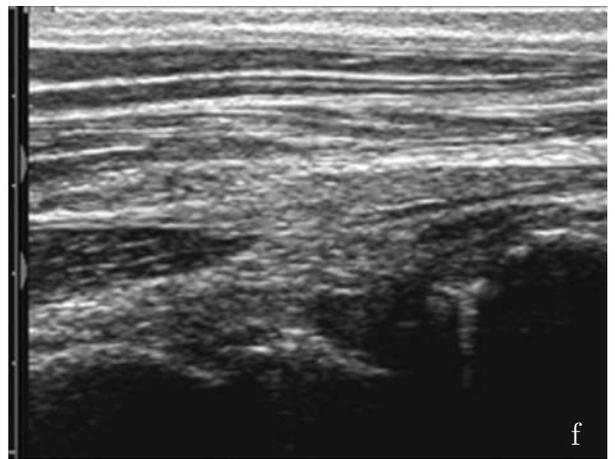
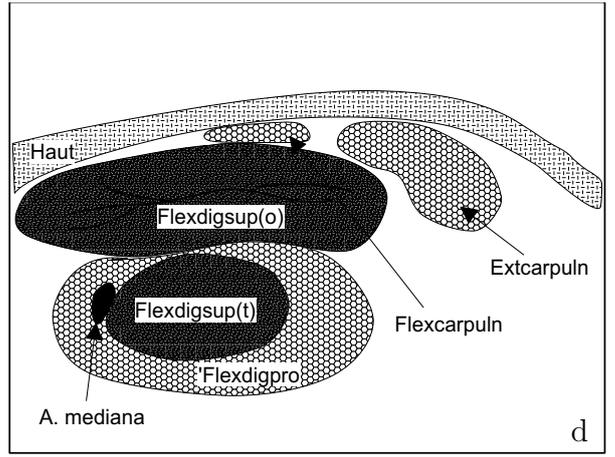
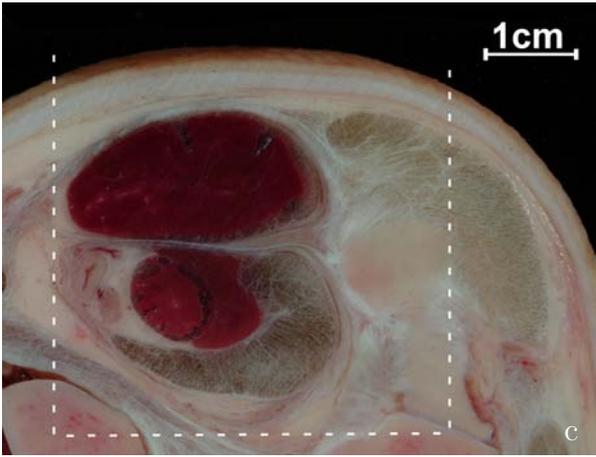
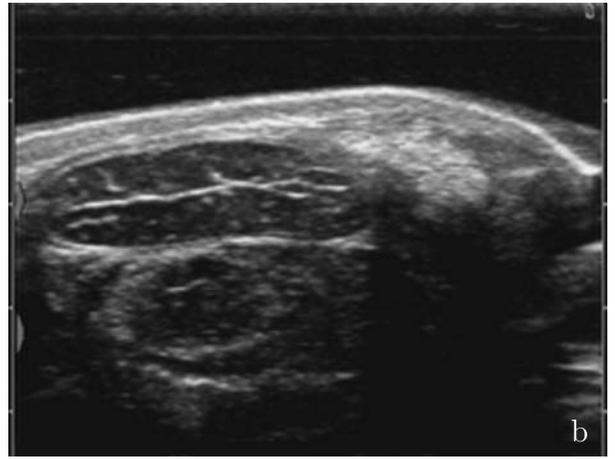


Abb. 3.31: Ebene 2 palmarer Aspekt

3.2.2.5.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.32 a-d) zeigen sich im Gegensatz zu den Ebenen 1 und 2 die in der Tiefe liegenden, Schallschatten auslösenden Knochen als hyperechogene Reflexlinien. Diese sind das Os carpi intermedium (Ci), das Os carpi ulnare (Cu) und das Os carpi accessorium (Ca). Über letzterem findet man in Form einer Niere die echoreiche Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris (Flexcarpuln); sie findet dort ihren Ansatz. Direkt unter Haut erkennt man den oberflächlichen Teil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)). Er ist von flach querovaler Gestalt, läßt sich gut von der Umgebung abgrenzen und enthält im Gegensatz zum tiefen Anteil (Flexdigsup(t)) noch deutlich mehr echoarme muskulöse Anteile. Sein tiefer Anteil liegt eingebettet in die echogene Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro), die nicht immer leicht von der Umgebung abzugrenzen ist. Medial des tiefen Anteils der oberflächlichen Beugesehne (Flexdigsup(t)) verläuft die Arteria (A.) mediana als echoarme runde Struktur mit echoreicherer Membran. Ihr benachbart erkennt man manchmal den Nervus (N.) medianus als kleine runde, echogene Struktur. Die Vena mediana läßt sich palmar meist nicht darstellen. Des öfteren entdeckt man medial in der Unterhaut die Arteria (A.) radialis, in der für Blutgefäße typischen Struktur. Häufig läßt sie sich aber nur im medialen Aspekt des Karpaltunnels deutlich darstellen.

Das *Vertikalbild* (Abb. 3.32 e-h) ist gekennzeichnet durch die zunehmende Echogenität der Zehenbeuger. Der oberflächliche Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) enthält noch am meisten echoarme muskulöse Anteile. Er liegt direkt unter der Haut und zeichnet sich als isolierter Muskelbauch deutlich ab. Der unter ihm liegende tiefe Anteil (Flexdigsup(t)) weist in wesentlich größerem Umfang Sehnenfasern auf, die sich als echoreiche parallel verlaufende Linien abzeichnen. Dasselbe gilt für den, den knöchernen Strukturen aufliegenden Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro). In der Tiefe findet man als echoreiche Linien mit Schallauslöschung den Radius, das Os carpi ulnare (Cu) und das Os carpale quartum (CIV). Die Articulatio antebrachio-carpea (ABC) und die Articulatio medio-carpea (MC) sind häufig nur undeutlich als Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinien zu erkennen. Eine Darstellung der Gelenkkapsel ist nicht möglich. In seltenen Fällen sieht man Gelenkaussackungen als anechogene Höhlen zwischen den Knochenlinien.

Horizontal

Abb. 3.32 a: Schallkopfposition
 Abb. 3.32 c: Gefrierschnitt
 (Ausschnitt aus Abb. 3.7)

Abb. 3.32 b: Ultraschallbild
 Abb. 3.32 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.32 e: Schallkopfposition
 Abb. 3.32 g: Gefrierschnitt
 (Ausschnitt aus Abb. 3.29)

Abb. 3.32 f: Ultraschallbild
 Abb. 3.32 h: Skizze des Ultraschallbildes

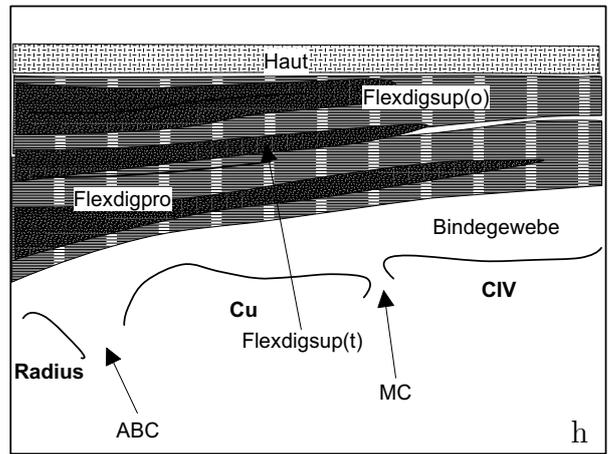
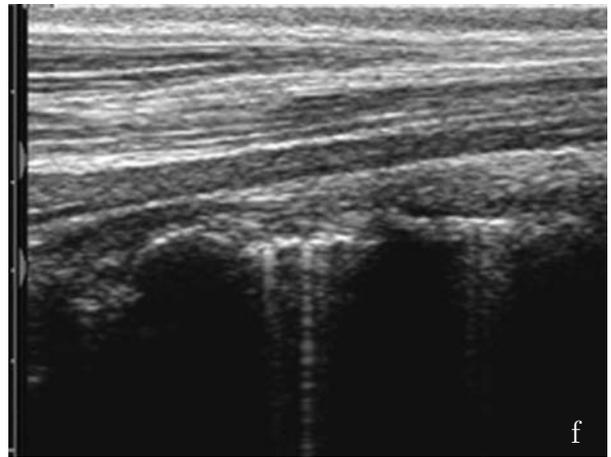
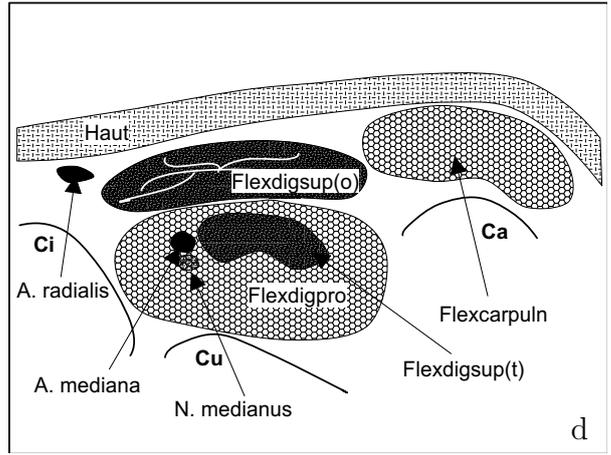
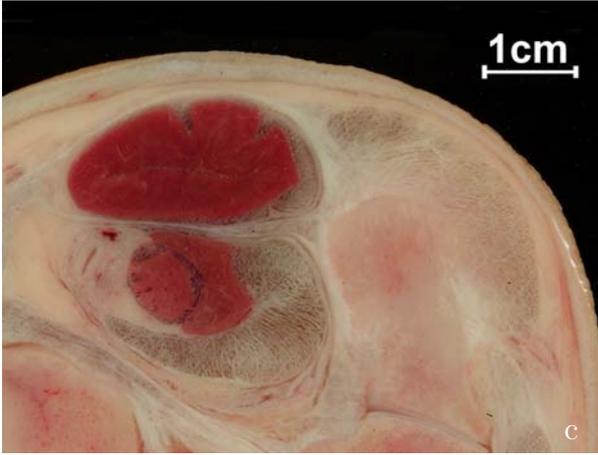
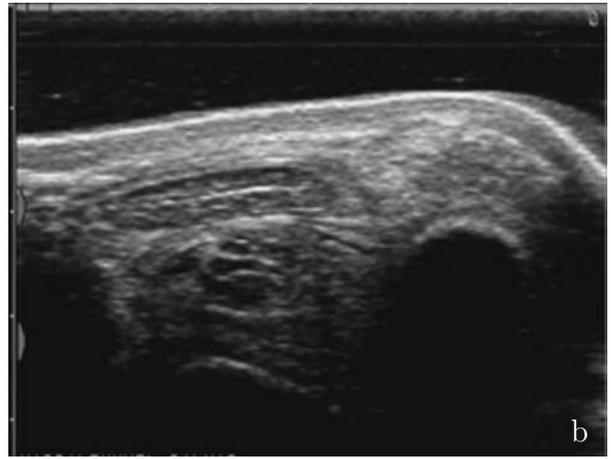


Abb. 3.32: Ebene 3 palmarer Aspekt

3.2.2.5.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.33 a-d) liegt die nun sehr schmale längsovale Sehne des oberflächlichen Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) als gut abzugrenzende echogene Struktur direkt unter der Haut. Zwischen ihr und dem Musculus interosseus medius (Intosmed) erkennt man die echoreiche Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro). In sie eingebettet verläuft der tiefe Anteil der oberflächlichen Beugesehne (Flexdigsup(t)) als runde echoarme Struktur. Ihr medial benachbart zieht die Arteria (A.) mediana als echoloses rundes Gebilde mit deutlich echoreicherem Saum nach distal. Sowohl die Vena mediana als auch der Nervus medianus sind von ihrer Umgebung zu unterscheiden. Als hyperechogene Reflexlinien mit Schallauslöschung stellen sich in der Ebene 4 das Os metacarpale tertium (McIII), das Os metacarpale quartum (McIV) sowie das Os metacarpale quintum (McV) dar. An der palmaren Seite des Os metacarpale quartum und tertium entspringt der Musculus interosseus (Intosmed) medius. Die Sehnenfasern seines Ursprungs stellen sich als echogene, den Knochen aufliegende platte Struktur dar. Sie sind meistens nicht eindeutig vom umgebenden Bindegewebe zu isolieren. Gut von der Umgebung abgegrenzt stellt sich hingegen das Ligamentum (Lig.) accessoriometacarpeum dar, das als unregelmäßig runde Struktur dem Os metacarpale quartum aufliegt und an diesem ansetzt.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.33 e-h) stellen sich die Sehne des oberflächlichen Anteils des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) sowie die tiefe Beugesehne (Flexdigpro) mit gleichmäßig parallel ausgerichteten echoreichen Längsfasern dar. Der tiefe Anteil der oberflächlichen Beugesehne (Flexdigsup(t)) läßt sich nur teilweise als echoärmere, der tiefen Beugesehne aufliegende bandartige Struktur erkennen. Aus dem, dem Knochen aufliegenden, Bindegewebe lassen sich teilweise echoreiche Fasern des Musculus interosseus medius (Intosmed) isolieren, der an im proximalen Bereich des Metakarpus seinen Ursprung hat. Eine Unterscheidung der Anteile der Beugesehnen ist meist ohne größere Probleme möglich. Das Beugesehnenpaket liegt den Schallschatten auslösenden reflexreichen Linien des Os carpi ulnare (Cu), des Os carpale quartum (CIV) und des Os metacarpale quartum auf (McIV). Die Articulationes carpometacarpeae (CMC) sind deutlich als Unterbrechung der Reflexlinie zwischen dem Os carpale quartum und dem Os metacarpale quartum zu erkennen. Die darüber liegende Gelenkaussackung (GA) stellt sich gut als echoarmer „Pilz“ dar. Dies ist bei gesunden Gelenken nicht immer der Fall.

Horizontal

Abb. 3.33 a: Schallkopfposition
Abb. 3.33 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.33 b: Ultraschallbild
Abb. 3.33 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.33 e: Schallkopfposition
Abb. 3.33 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.29)

Abb. 3.33 f: Ultraschallbild
Abb. 3.33 h: Skizze des Ultraschallbildes

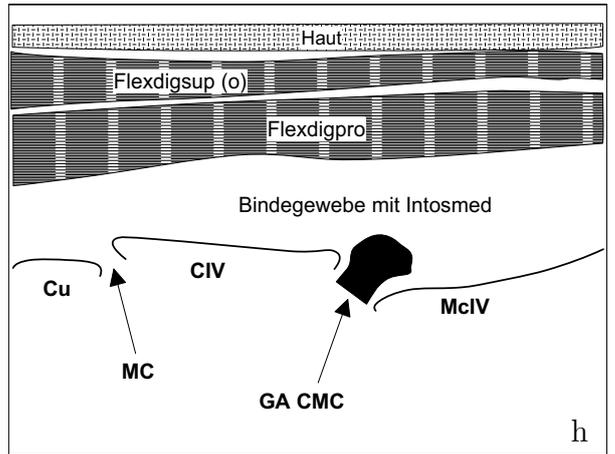
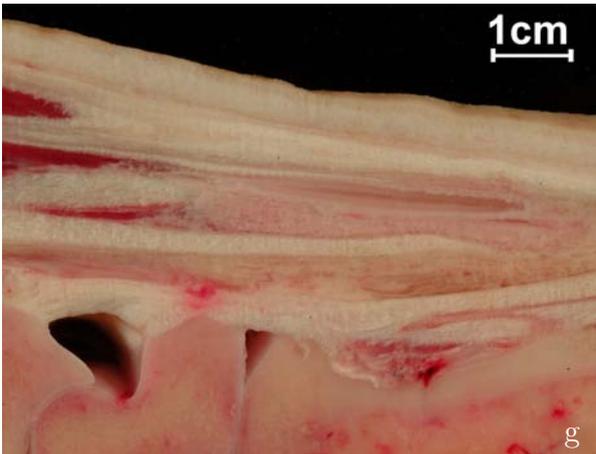
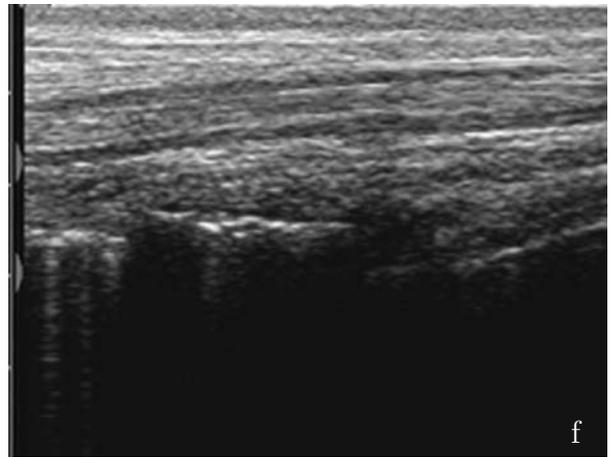
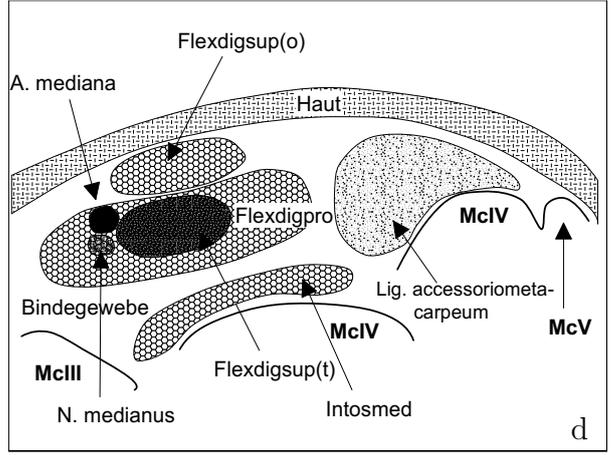
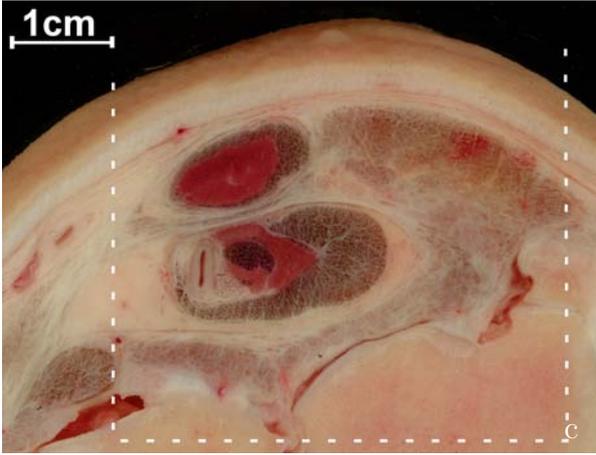
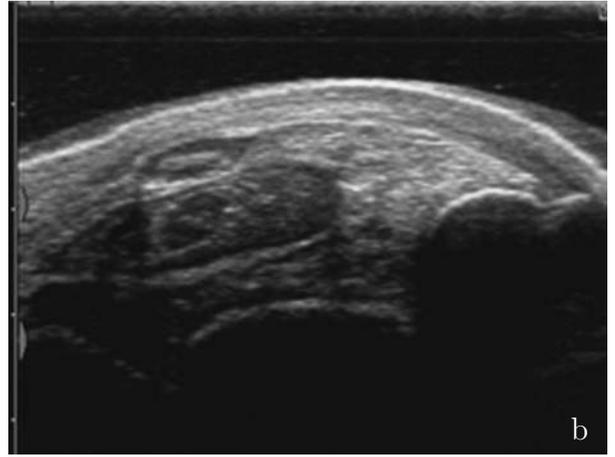


Abb. 3.33: Ebene 4 palmarer Aspekt

3.2.2.6 Mediopalmare Schallkopfposition

Der Musculus flexor carpi ulnaris (innerer Ellenbogenmuskel) liegt den Zehenbeugern an der palmaren und mediopalmaren Seite auf.

Ursprung: Mit einem Caput humerale entspringt er am Epicondylus medialis hinter dem Musculus flexor carpi radialis. Das schwächer ausgeprägte Caput ulnare hat seinen Ursprung am Olecranon.

Ansatz: Er setzt mit einer kurzen Endsehne am Os carpi accessorium an.

Verlauf: Das Caput humerale und das Caput ulnare verschmelzen unmittelbar distal des Ellenbogengelenks. Der dann einheitliche, oberflächlich gelegene Muskel überdeckt die Zehenbeuger größtenteils.

Synoviale Einrichtungen: Er besitzt weder eine Sehnenscheide noch einen Schleimbeutel.

Funktion: Er fungiert als ein Beuger des Karpalgelenks.

Innervation: Die motorische Versorgung erfolgt durch die Rami musculares des Nervus ulnaris.



Abb. 3.34: Gefrierschnitt durch den mediopalmaren Aspekt einer rechten Vordergliedmaße. U = Ulna; Cu = Os carpi ulnare; 1 = Caput humerale, 1' = Caput ulnare des Musculus flexor digitorum profundus; 2 = Caput radiale, 2' = Sehne des Musculus flexor digitorum profundus; 3 = Musculus flexor digitorum superficialis (oberflächlicher Bauch); 4 = tiefe Beugesehne (Sehne des Musculus flexor digitorum profundus); 5 = oberflächliche Beugesehne (Sehne des Musculus flexor digitorum superficialis); 6 = Articulatio mediocarpea; 7 = Anteile des Ligamentum palmare profundus; 8 = Ulnafuge; 9 = palmarer, 9' = lateraler Rezessus der Articulatio antebrachioarpea; 10 = Os carpi accessorium; 11 = laterales Seitenband; 12 = laterales Seitenband – langer oberflächlicher Anteil; 13 = Ligamentum intercarpeum; 14 = Os metacarpale quintum

3.2.2.6.1 Untersuchungsebene 1

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.35 a-d) weist große Ähnlichkeit zu jenem der Ebene 1 des palmaren Aspekts auf. Die einzelnen Muskelbäuche sind als echoarme, unterschiedlich querovale Gebilde zu erkennen. Ihre Muskelsepten stellen sich als echoreichere Binnenstrukturen dar. Das echoreicher erscheinende Epimysium gewährt eine gute Abgrenzung des oberflächlichen Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) von seinem tiefen Anteil (Flexdigsup(t)). Das in der Tiefe liegende Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro (r)) stellt sich verglichen mit den anderen Muskelbäuchen wesentlich echoärmer dar. Es ist als Einzelstruktur deutlich zu identifizieren. Allein die Abgrenzung des schon miteinander verschmolzenen Caput ulnare und humerale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro) von den umgebenden Muskelbäuchen gestaltet sich etwas schwieriger. Dem Paket der Beugesehnen aufliegend findet sich die echoarme, sehr schmale, deutlich zu isolierende Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris (Flexcarpuln) unmittelbar unter der Haut. Eine Darstellung des in der Tiefe liegenden Knochens ist bei starker Bemuskelung auch mit einem 5 MHz Schallkopf nur in seltenen Fällen möglich.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.35 e-h) stellen sich die der echoreichen schallschattengebenden Ulna aufliegenden längsverlaufenden Muskelbäuche mittelgradig echoreich dar. Man erkennt den oberflächlichen Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) an seinem charakteristischen Bild (vgl. 3.2.2.5.1). Vom der Umgebung gut abzugrenzen, liegt er unmittelbar unter der Haut. Sein tiefer Anteil ist in der palmaromedialen Schallkopfposition nur selten in seiner Gesamtheit darstellbar. Der Ulna unmittelbar aufliegend, findet sich das Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro(r)) als echoarme, sich nach distal verjüngende und an Echogenität zunehmende Struktur. Zwischen ihr und der oberflächlichen Beugesehne liegen die miteinander verbundenen Caput ulnare und Caput humerale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro). Sie weisen insgesamt eine echoarme Struktur, jedoch ausgeprägte echoreiche Bereiche im Sinne einer Zunahme der sehnigen Elemente auf. Die Darstellung der Wachstumsfuge der Ulna gestaltet sich zumeist sehr schwierig.

Horizontal

Abb. 3.35 a: Schallkopfposition
Abb. 3.35 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.35 b: Ultraschallbild
Abb. 3.35 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.35 e: Schallkopfposition
Abb. 3.35 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.34)

Abb. 3.35 f: Ultraschallbild
Abb. 3.35 h: Skizze des Ultraschallbildes

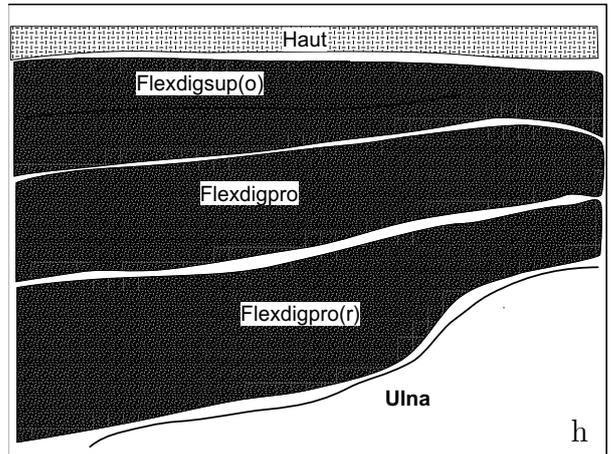
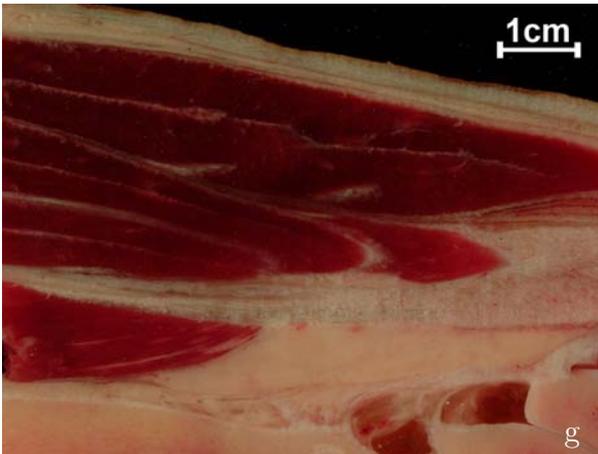
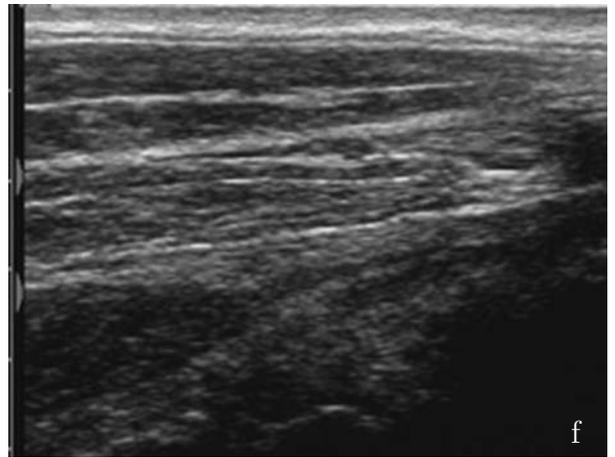
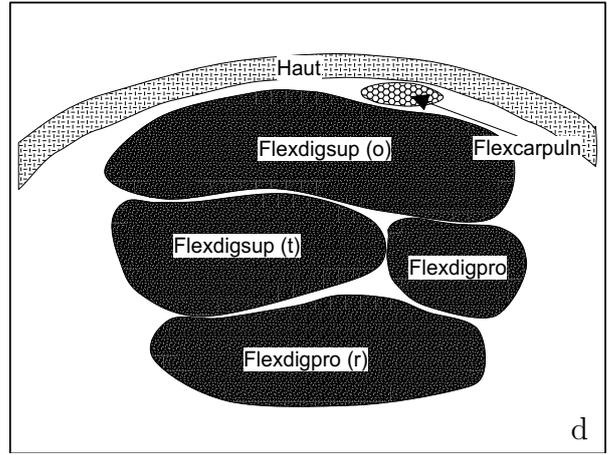
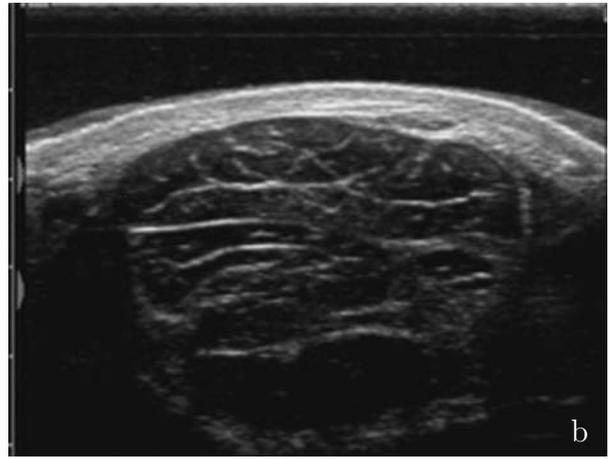


Abb. 3.35: Ebene 1 mediopalmarer Aspekt

3.2.2.6.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.36 a-d) stellt sich unmittelbar unter der Haut der oberflächliche Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) als gut von der Umgebung abgegrenzte, querovale, echoarme Struktur mit echoreichem Epimysium und Binnenstruktur dar. Ihm benachbart findet sich über der Grenzlinie des Os carpi accessorium (Ca) die echoreiche Endsehne des Musculus flexor carpi ulnaris (Flexcarpuln), von annähernd nierenförmiger Gestalt. Medial des oberflächlichen Bauches findet man als echoreiche Struktur, sich deutlich von der Umgebung abhebend, die Sehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad). Der tiefe Anteil der oberflächlichen Beugesehne (Flexdigsup(t)) verläuft als runde echoarme Struktur eingebettet in die Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro). Diese stellt sich in annähernd halbmondförmiger Gestalt deutlich echoreich dar. Dicht medial des tiefen Bauches der oberflächlichen Beugesehne zieht der Nervus (N.) medianus zusammen mit der Arteria (A.) mediana distalwärts. Während die Arterie als echoarmes rundes Gebilde mit einer dünnen echoreicheren Membran stets gut von der Umgebung zu differenzieren ist, fällt dies bei dem sich rund und echoreich abzeichnenden Nerven nicht immer leicht. Die Vena mediana ist meist nicht darstellbar.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.36 e-h) stellt sich die Articulatio antebrachioarpea (ABC) als Unterbrechung der echoreichen Schallschatten werfenden Knochenlinie zwischen Ulna und dem Os carpi ulnare (Cu) dar. Die Synovialmembran ist nicht vom umgebenden Gewebe differenzierbar. Auf Gelenkspaltenniveau erkennt man zum Teil, wie auch diesem Fall, die Gelenkaussackung (GA) als anechoisches pilzförmiges Areal. Die Articulatio antebrachioarpea wird vom Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro(r)) überzogen, dessen muskulöser echoarmer Anteil sich zugunsten des echoreichen, längsgefaserten sehnigen Anteils in seinem Verlauf nach distal beständig verschmälert. Dies gilt ebenso für den sich darüber befindlichen aus Caput ulnare und humerale bestehenden Anteil der tiefen Beugesehne (Flexdigpro). Allein der oberflächliche Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) enthält noch einen höheren Anteil der echoarmen Muskelfasern. Er liegt direkt unter der Haut und grenzt sich gut gegen die Umgebung ab. Die Trennung der in diesem Bereich noch getrennten Anteil der tiefen Beugesehne ist meist nicht so deutlich.

Horizontal

Abb. 3.36 a: Schallkopfposition
Abb. 3.36 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.36 b: Ultraschallbild
Abb. 3.36 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.36 e: Schallkopfposition
Abb. 3.36 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.34)

Abb. 3.36 f: Ultraschallbild
Abb. 3.36 h: Skizze des Ultraschallbildes

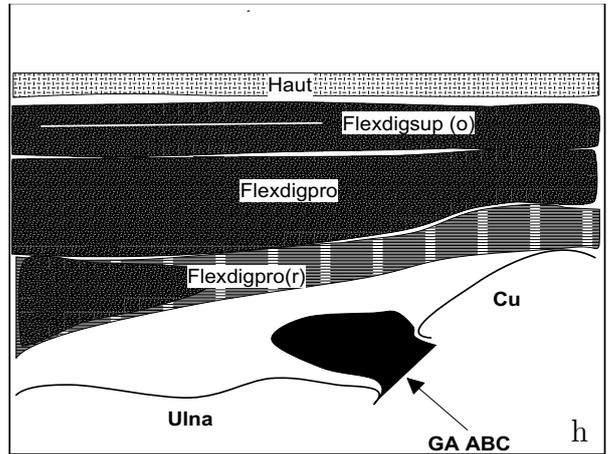
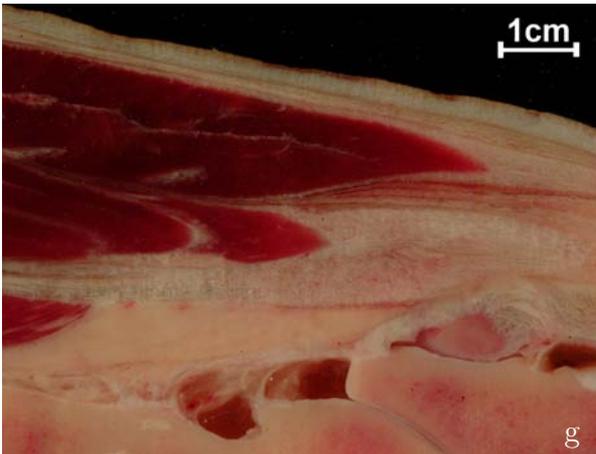
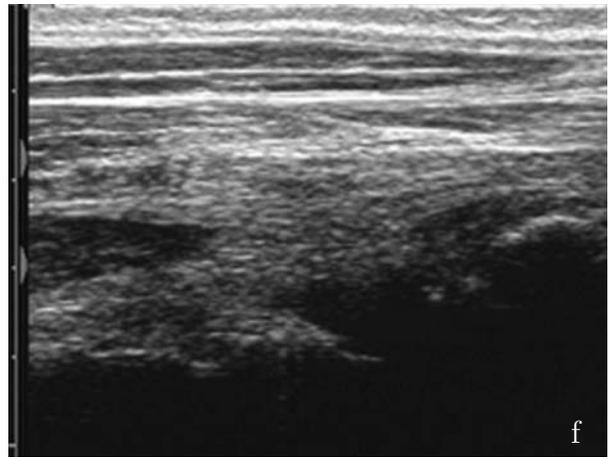
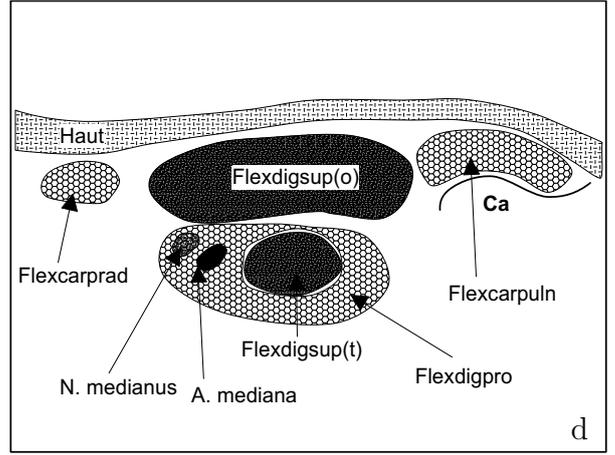
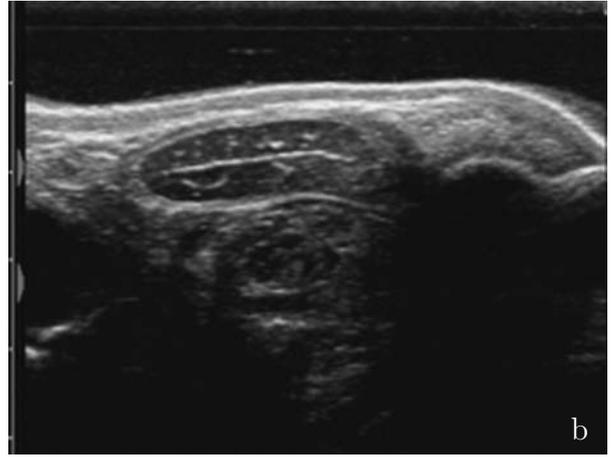


Abb. 3.36: Ebene 2 mediopalmarer Aspekt

3.2.2.6.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.37 a-d) findet sich als die das Bild dominierende Struktur der oberflächliche Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)). Er ist von querechoreicherer Gestalt, weist zentrale echoreichere Binnenechos auf und ist durch sein echoreiches Epimysium gut von der Umgebung zu differenzieren. Er liegt direkt unter der Haut. In seiner unmittelbaren Nachbarschaft liegt palmar die echogene, am Os carpi accessorium (Ca) ansetzende, nahezu runde Endsehne des Musculus flexor carpi ulnaris (Flexcarpulu). Im linken Bildrand erkennt man echoreiche, mäßig von der Umgebung abgesetzte Anteile des medialen Seitenbandes (MSB). Sie liegen dem Radius (R) direkt auf. Zwischen dem medialen Seitenband, dem oberflächlichen Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis und dem Os carpi intermedium (Ci) zieht die Sehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) distalwärts. Sie zeichnet sich als runde echoreiche Struktur gut von der Umgebung ab. In der Tiefe findet sich der tiefe Bauch des oberflächlichen Zehenbeugers (Flexdigsup(t)). Er läuft in einer Rinne, umgeben von der echoreichen Struktur der Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro), als echoarme kreisrunde Struktur in Richtung Metakarpus. Ihm benachbart verläuft die stets gut darstellbare Arteria (A.) mediana. Eine Differenzierung des Nervus (N.) medianus vom umgebenden Gewebe gestaltet sich oft schwierig. Die Arteria (A.) radialis lässt sich als echoloses nahezu rundes Gebilde mit echoreicherer Wand in dem den Musculus flexor carpi radialis umgebenden Unterhautgewebe darstellen. Sie liegt der Haut stets dicht an.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.37 e-h) sind die Articulatio mediocarpea (MC) und die Articulationes carpometacarpeae (CMC) als Unterbrechung der hyperechogenen Reflexlinien des Os carpi ulnare (Cu), des Os carpale quartum (CIV) sowie des Os metacarpale quartum (McIV) zu sehen. Sowohl die Gelenkrezessus als auch die Gelenkkapseln sind sonographisch meistens nicht darzustellen. Die Fasern der Sehne des tiefen Zehenbeugers (Flexdigpro) zeigen sich als parallel ausgerichtete, längsverlaufende echogene Linien. Proximal sind noch einige echoarme Muskelfasern erkennbar. Die Abgrenzung zur Umgebung ist nicht immer sehr deutlich. Unter der Haut liegt der oberflächliche Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)). Er verliert nach und nach sein charakteristisches Muster (vgl.3.2.2.5.1) und gewinnt distalwärts zunehmend an Echogenität.

Horizontal

Abb. 3.37 a: Schallkopfposition
Abb. 3.37 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.7)

Abb. 3.37 b: Ultraschallbild
Abb. 3.37 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.37 e: Schallkopfposition
Abb. 3.37 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.37 f: Ultraschallbild
Abb. 3.37 h: Skizze des Ultraschallbildes

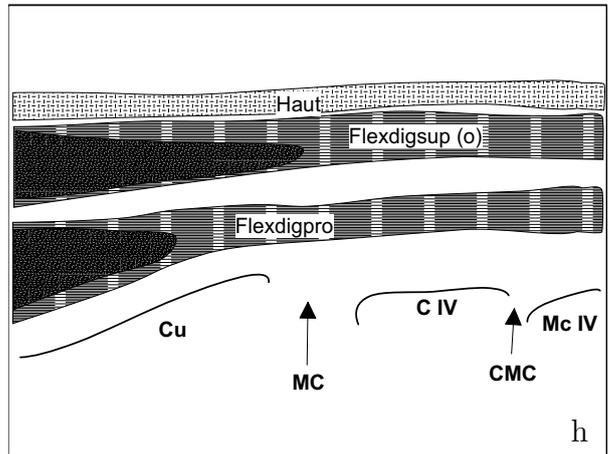
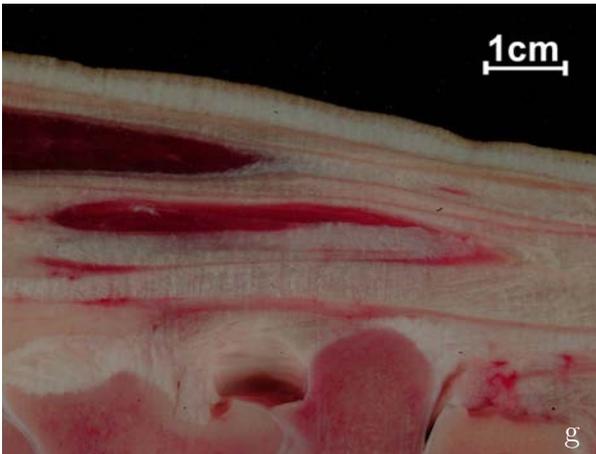
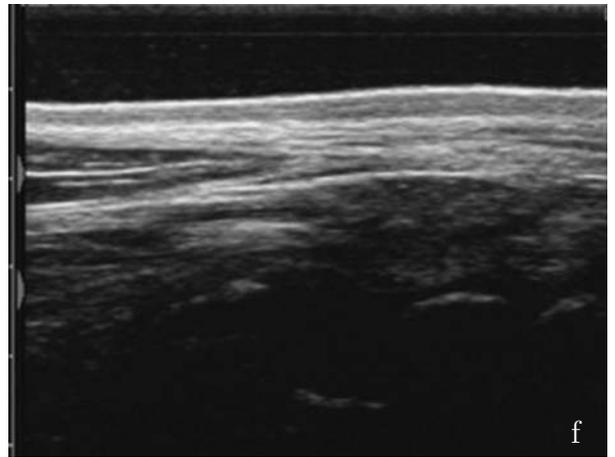
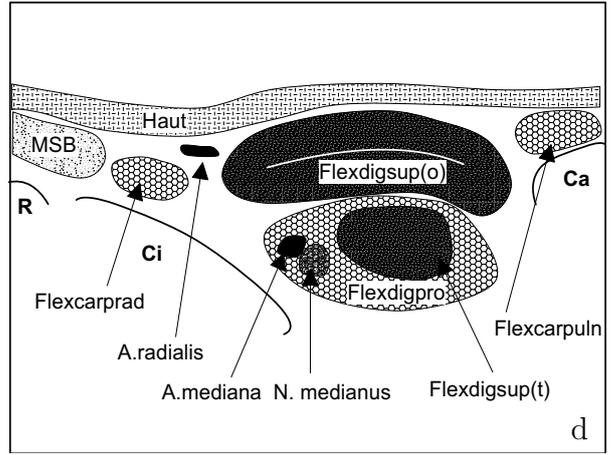
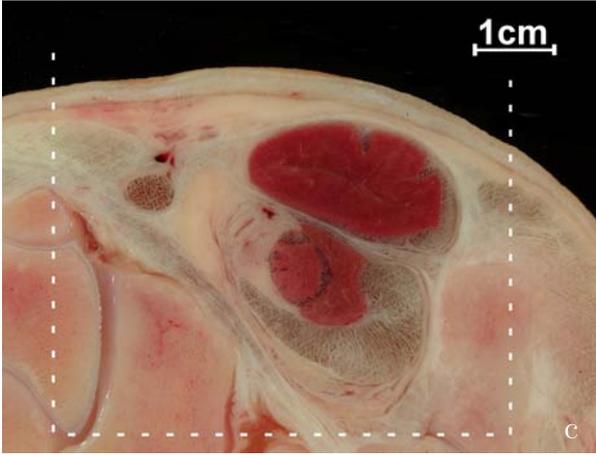
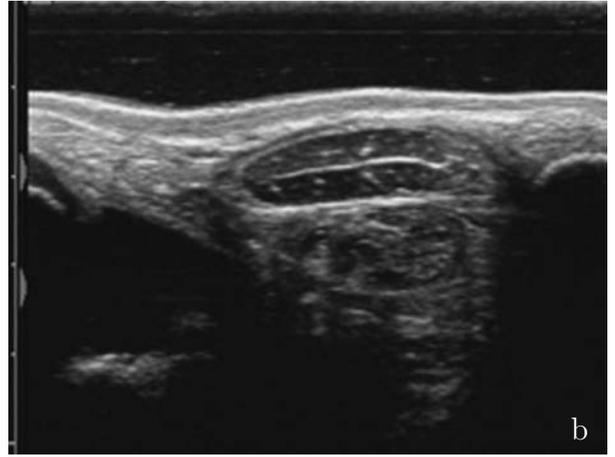


Abb. 3.37: Ebene 3 mediopalmarer Aspekt

3.2.2.6.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.38 a-d) erkennt man die Knochenoberflächen des Os metacarpale tertium (McIII) sowie des Os metacarpale quartum (McIV) als stark echogene, schattenwerfende leicht gebogene Linien. Das mediale Seitenband (MSB) stellt sich als echogene, nicht immer leicht von der Umgebung abzugrenzende, flache Struktur dar. Sie liegt dem Os metacarpale tertium zum Teil medial auf und überspannt die Sehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad). Im Bereich ihres Ansatzes ist die Sehne nicht mehr so deutlich als querovale echogene Struktur abzugrenzen, vielmehr ist eine Abplattung zu erkennen. Auch die Sehne des oberflächlichen Bauches des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) stellt sich wesentlich platter und echogen dar. Sie liegt der echogenen Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro) mit der „eingebetteten“ rundlichen geringgradig echoärmeren Sehne des tiefen Bauches der oberflächlichen Beugesehne (Flexdigsup(t)) auf. Dem Os metacarpale quartum direkt aufliegend erkennt man als sehr abgeplattet querovalen Gebilde den Ursprung des Musculus interosseus medius (Intosmed). Auch in der Ebene 4 erkennt man die Arteria (A.) mediana und den Nervus (N.) medianus. Die Darstellung des Nervus medianus gelingt nicht immer. Beide ziehen benachbart zum tiefen Bauch der oberflächlichen Beugesehne distalwärts.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.38 e-h) zeigt sich die Sehne des oberflächlichen Bauches des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) sowie die des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro) in der für Sehnengewebe charakteristischen Struktur - echogene parallel ausgerichtete Linien. Während der oberflächliche Bauch sich sowohl von der Haut als auch von der tiefen Beugesehne (Flexdigpro) gut absetzt, ist die Abgrenzung letzterer vom umgebenden Bindegewebe nicht immer vollständig möglich. Das Bindegewebe enthält auch echoreiche längsverlaufende Fasern des Musculus interosseus medius (Intosmed). Die Articulationes carpometacarpeae (CMC) sind an der Unterbrechung der echogenen Knochenlinie zwischen dem Os carpale quartum (CIV) und dem Os metacarpale quartum zu erkennen. Eine Differenzierung der Gelenkkapsel vom umgebenden Bindegewebe gelingt nicht. Nur in einigen Fällen ist eine Aussackung des Gelenkes darzustellen.

Horizontal

Abb. 3.38 a: Schallkopfposition
Abb. 3.38 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.38 b: Ultraschallbild
Abb. 3.38 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.38 e: Schallkopfposition
Abb. 3.38 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.38 f: Ultraschallbild
Abb. 3.38 h: Skizze des Ultraschallbildes

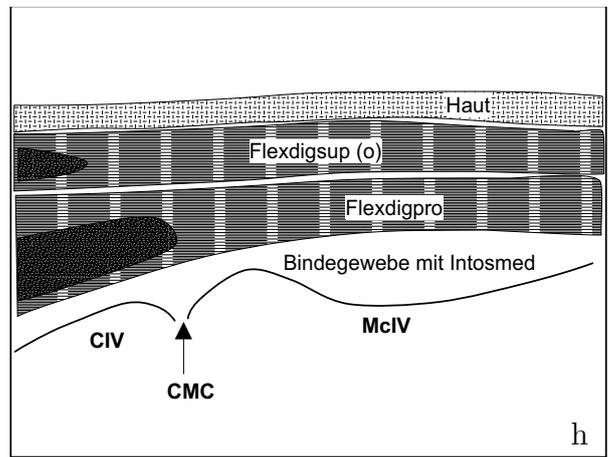
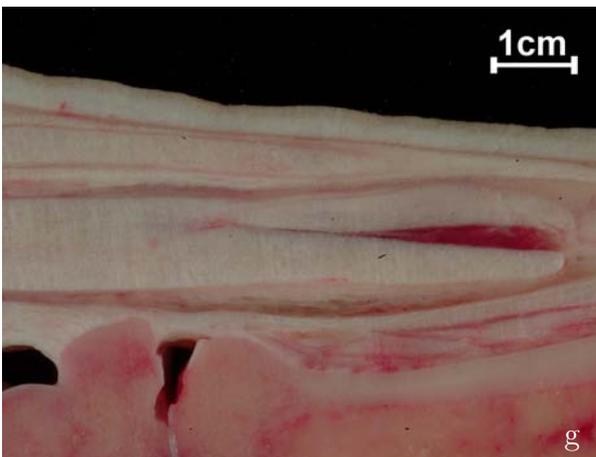
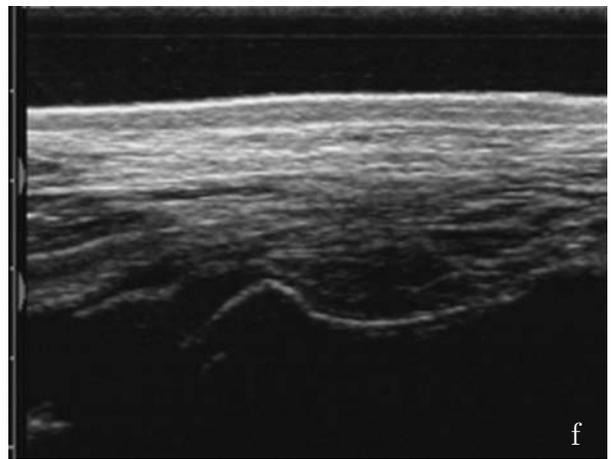
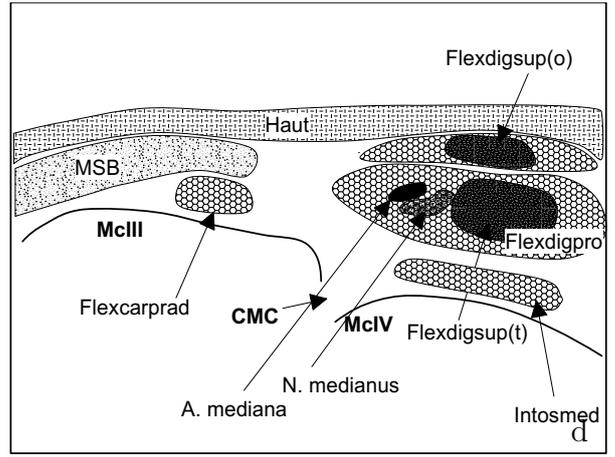
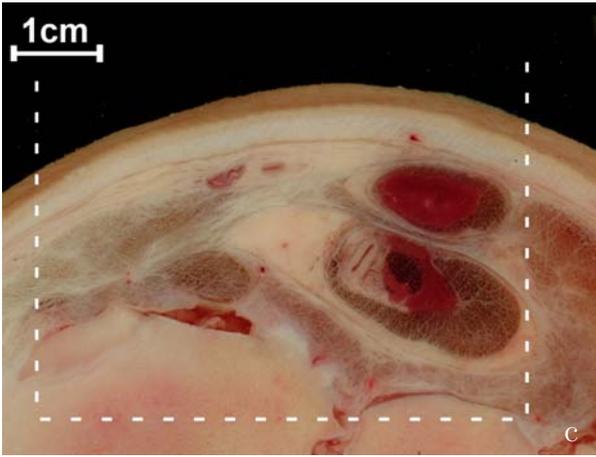
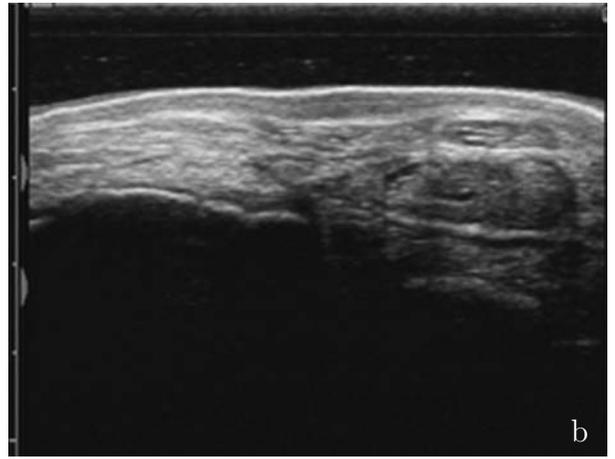


Abb. 3.38: Ebene 4 mediopalmarer Aspekt

3.2.2.7 Mediale Schallkopfposition

Im Bereich des medialen Karpalgelenkes findet man den Musculus flexor carpi radialis, der auch als innerer Speichenmuskel bezeichnet wird.

Ursprung: Der Ursprung befindet sich am Epicondylus medialis des Radius hinter dem Seitenband des Ellenbogengelenkes.

Ansatz: Proximal am Os metacarpale tertium findet der Muskel seinen Ansatz.

Verlauf: Er liegt oberflächlich kaudal des medialen Randes des Radius und kranial des Musculus flexor carpi ulnaris. Sein Übergang in eine rundliche Sehne liegt zwischen dem dritten und letzten Viertel des Unterarmes.

Synoviale Einrichtungen: Unter dem Ursprung des Muskels befindet sich ein walnußgroßer Schleimbeutel, der sowohl mit der Kapsel des Ellenbogengelenks als auch über eine Öffnung mit dem Schleimbeutel unter der Ursprungssehne des Musculus flexor digitorum profundus kommuniziert. Im Bereich des Karpus findet sich regelmäßig eine kurze Sehenscheide, deren Beginn am Übertritt der Sehne auf die Palmarfläche des Karpus liegt und deren Ende kurz vor der Insertionsstelle lokalisiert ist. Sie liegt tief eingebettet in die Karpalfaszie, mit der sie medial, lateral und palmar verschmolzen ist, wohingegen sie dorsal untrennbar mit der Gelenkkapsel verbunden ist.

Besonderheiten: Proximal des Karpus besitzt die Sehne eine sogenannte zellige Scheide. Die Unterarmfaszie umschließt die Sehne hier „scheidenartig“ durch zahlreiche membranöse Verbindungen zwischen der Sehne und der Unterarmfaszie.

Funktion: Seine Funktion besteht in einer Beugung des Karpalgelenks.

Innervation: Die motorische Versorgung wird vom Nervus medianus übernommen.

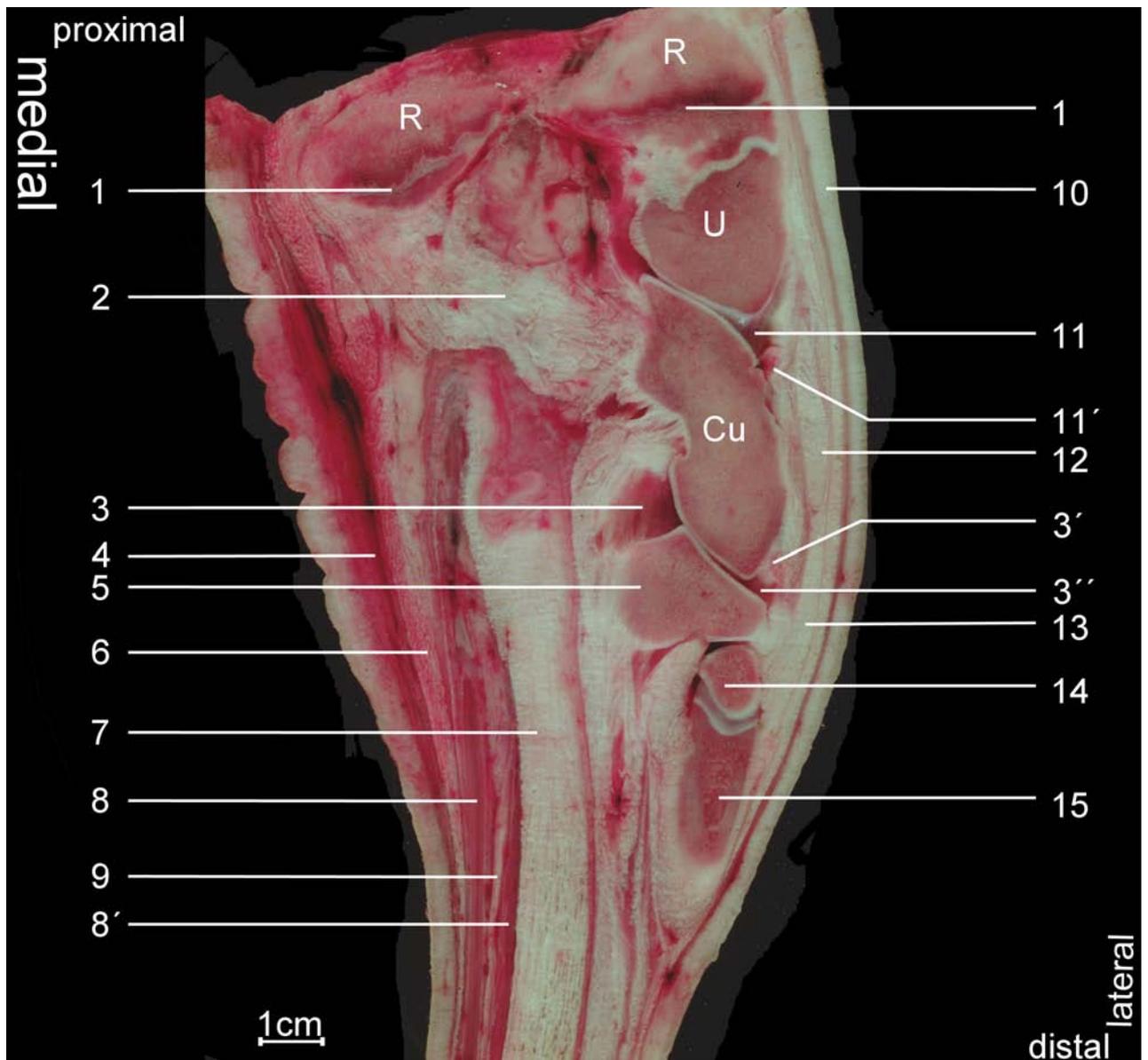


Abb. 3.39: Gefrierschnitt durch den medialen Aspekts des Karpaltunnels einer linken Vordergliedmaße. R = Radius; U = Ulna; Cu = Os carpi ulnare; 1 = Radiusfuge; 2 = Anteile des Ligamentum radiocarpeum palmare zwischen Radius und Os carpi ulnare; 3 = palmarer Rezessus, 3' = laterale Gelenkkapselanteile, 3'' = lateraler Rezessus der Articulatio mediocarpea; 4 = Arteria radialis; 5 = Os carpale quartum; 6 = Anteile der Sehne des Musculus flexor digitorum superficialis; 7 = Sehne des Musculus flexor digitorum profundus; 8 = Arteria mediana; 8' = Vena mediana; 9 = Nervus medianus; 10 = Haut; 11 = lateraler Rezessus, 11' = Gelenkkapsel der Articulatio antebrachio-carpea; 12 = Abschnitt des Musculus extensor digitorum lateralis; 13 = laterales Seitenband – langer oberflächlicher Anteil; 14 = Os metacarpale quartum; 15 = Os metacarpale quintum

3.2.2.7.1 Untersuchungsebene 1

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.40 a-d) stellt sich als zentrale Struktur des medialen Aspektes des Karpaltunnels die Sehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) als rundes, echogenes, von der Umgebung gut abzugrenzendes Gebilde dar. Ihr medial benachbart finden sich Anteile des medialen Seitenbandes (MSB). Als echoreiche rundlich bis querovale Strukturen sind sie sowohl voneinander als auch von der Umgebung deutlich zu differenzieren. Die Anteile des medialen Seitenbandes liegen der echoreichen Grenzlinie des Radius direkt auf. Dem Musculus flexor carpi radialis schließt sich palmar das Muskelpaket der Flexoren an. Während man den oberflächlichen Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) als querovale echoarme Struktur mit reflexreicherem „Innenleben“ gut abgrenzen kann, gestaltet sich die Trennung der anderen echoreicheren Muskelbäuche oft schwierig (tiefer Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(t)), Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro(r)) und Caput ulnare und Caput humerale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro)). Im Dreieck zwischen den Flexoren und der Sehne des Musculus flexor carpi radialis stellt sich in der Regel der Nervus (N.) medianus als echoreiche runde Struktur dar. In seiner Nachbarschaft läßt sich auch die Arteria mediana als echoloses rundes Gebilde erkennen. Eine Darstellung der Arteria radialis sowie des Nervus radialis gelingt in der horizontalen Schnittebene meistens nicht.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.40 e-h) finden sich direkt unter der Haut Anschnitte der Arteria (A.) radialis und des medialen Seitenbandes (MSB). Die Arteria radialis ist je nach Anschnitt und Füllungszustand von unterschiedlich großer, echoarmer, schlauchförmiger Gestalt. Als querovale echoreiche Struktur ist das mediale Seitenband zu erkennen. Beide Strukturen sind meist deutlich von der Umgebung zu differenzieren. Im proximalen Bereich erkennt man als echoarme Strukturen Anteile der Muskelbäuche des tiefen Anteils des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(t)) sowie des Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro). Ihnen aufliegend kann man die Sehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) ausmachen. Sie zieht als echoreiche bandartige Struktur nach distal, wobei ihre längsgerichteten Fasern gut zu erkennen sind. Sie überquert den Radius, dessen Knochenkontur sich als echoreiche Linie mit Schallschatten zu erkennen gibt. Eine exakte Darstellung der Wachstumsfuge des Radius, bei Jungtieren als Unterbrechung der hyperechogenen Knochenoberfläche oder bei erwachsenen Tieren als kleine Erhebung oder Einsenkung, gestaltet sich des öfteren schwierig.

Horizontal

Abb. 3.40 a: Schallkopfposition
Abb. 3.40 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.40 b: Ultraschallbild
Abb. 3.40 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.40 e: Schallkopfposition
Abb. 3.40 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.40 f: Ultraschallbild
Abb. 3.40 h: Skizze des Ultraschallbildes

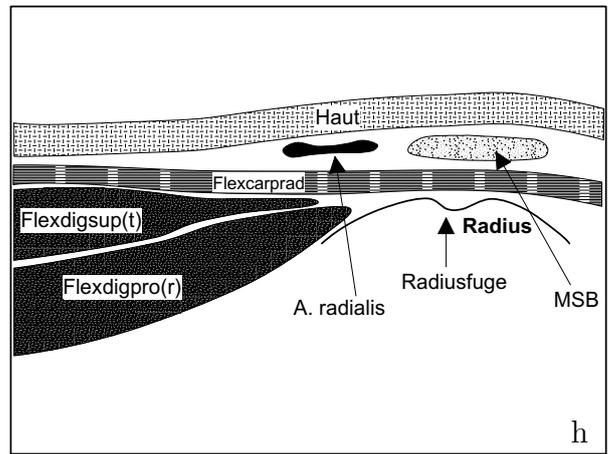
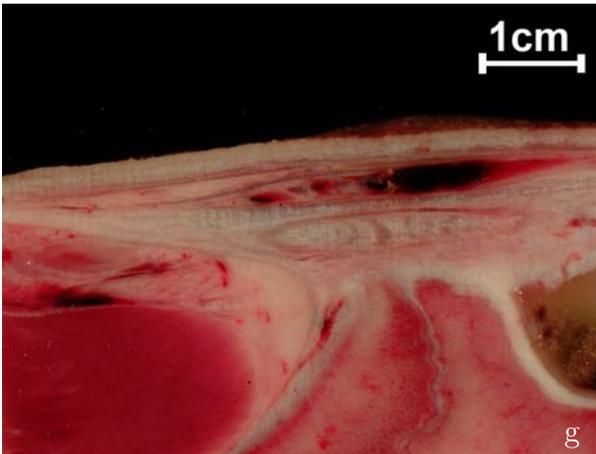
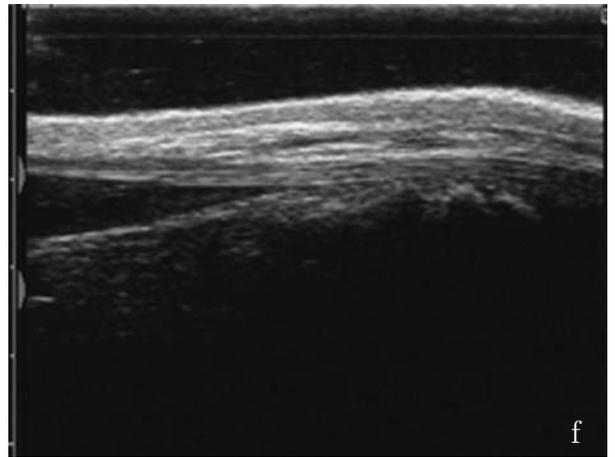
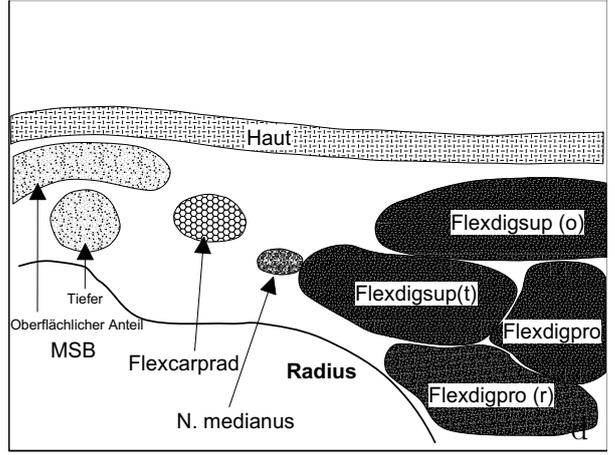
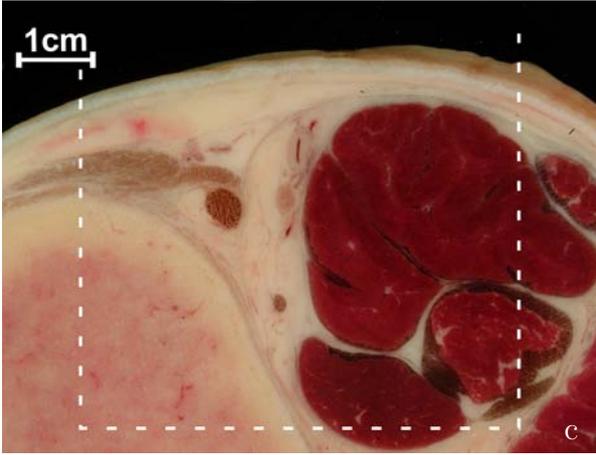
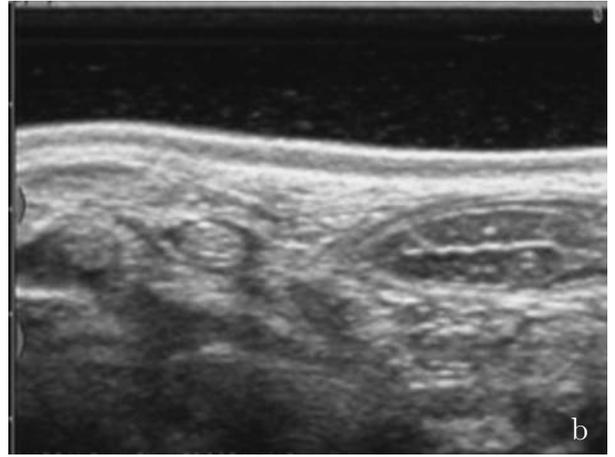


Abb. 3.40: Ebene 1 medialer Aspekt

3.2.2.7.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.41 a-d) stellt sich die Endsehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) als echoreiche ovale Struktur dar. Sie liegt zwischen dem medialen Seitenband (MSB) und den Flexoren, von denen sie sich gut abgrenzt. Medial liegt der echoreichen Knochenoberfläche des Radius das mediale Seitenband als schmale längsovale Struktur direkt auf. Im Bereich der Flexoren kann man direkt unter der Haut den oberflächlichen Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) als echoarme, da muskelfaserreiche, längsovale Struktur darstellen. Ihr tiefer Anteil (Flexdigsup(t)) verläuft als echoreiche runde Struktur in einer „Rinne“ der Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro), welche sich als halbmondförmiges Gebilde dem tiefen Teil anschmiegt. In der Tiefe läßt sich die Knochenkontur des Os carpi ulnare (Cu) als echoreiche schallschattenwerfende Struktur darstellen. Das den tiefen vom oberflächlichen Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis trennende Retinaculum flexorum kann sonographisch nicht dargestellt werden. Medial des tiefen Bauches des Musculus flexor digitorum superficialis stellt sich der Nervus (N.) medianus als kleine echoreiche Struktur in der Nachbarschaft der als echoloses rundes Gebilde zu erkennenden Arteria (A.) mediana dar. Die Differenzierung dieser beiden Strukturen von der Umgebung gestaltet sich oftmals schwierig. Eine Darstellung der Arteria radialis sowie des Nervus radialis ist nur in seltenen Fällen möglich.

Das *Vertikalbild* (Abb. 3.41 e-h) ist weniger komplex als der horizontale Querschnitt. Die Endsehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) stellt sich auf ihrem Weg nach distal als echoreiches Band mit streng parallel ausgerichtetem Faserverlauf dar. Ihre Unterscheidung vom umgebenden Gewebe gelingt meist leicht. Sie liegt den knöchernen Strukturen fast direkt auf. Als echogene Linien mit völliger Schallauslöschung sind der Radius, das Os carpi intermedium (Ci), eine inkonstant erscheinende Kante des Os carpi radiale (Cr) sowie das Os carpale secundum et tertium (CII+III) zu erkennen. Zum Teil ist es schwierig, sie als kontinuierliche Knochenlinien darzustellen. Als deutliche Unterbrechung der Reflexlinien der knöchernen Strukturen lassen sich die Articulatio antebrachio-carpea (ABC) und die Articulatio medio-carpea ausfindig machen. Die Gelenkaussackung (GA) der Articulatio antebrachio-carpea ist häufig als echoarmes pilzähnliches Gebilde auf Höhe des Gelenkspalts zu identifizieren. Unregelmäßig kann man die Vena radialis darstellen. Dies ist zum einen abhängig von der Schallkopfpositionierung, vom ausgeübten Druck mit dem Schallkopf auf das Gewebe, zum anderen vom Füllungszustand des Gefäßes.

Horizontal

Abb. 3.41 a: Schallkopfposition
Abb. 3.41 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.41 b: Ultraschallbild
Abb. 3.41 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.41 e: Schallkopfposition
Abb. 3.41 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.41 f: Ultraschallbild
Abb. 3.41 h: Skizze des Ultraschallbildes

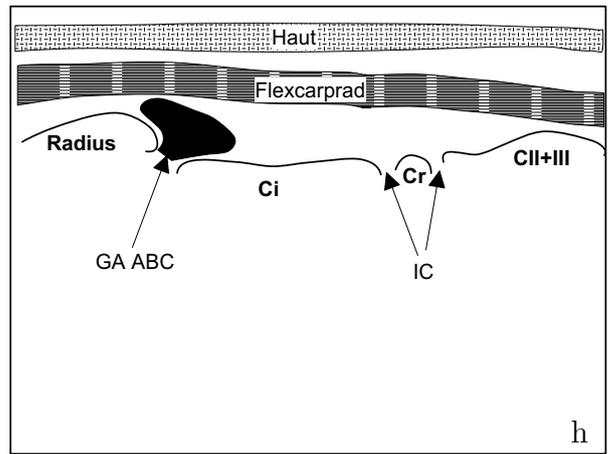
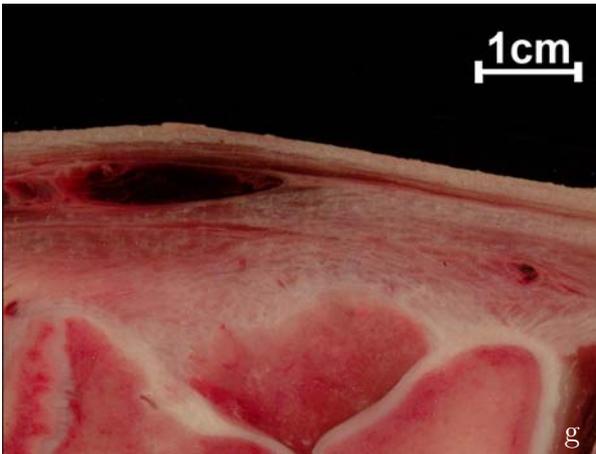
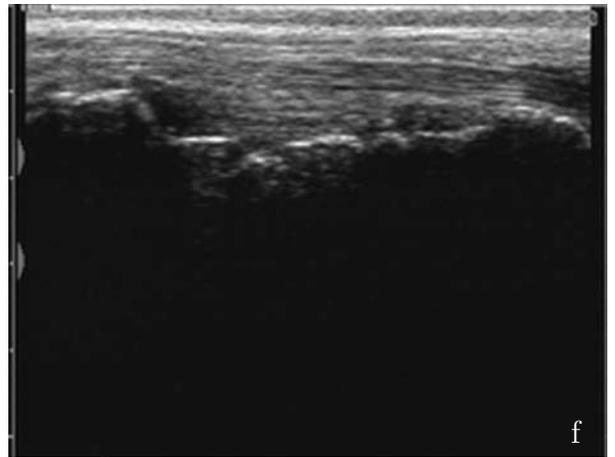
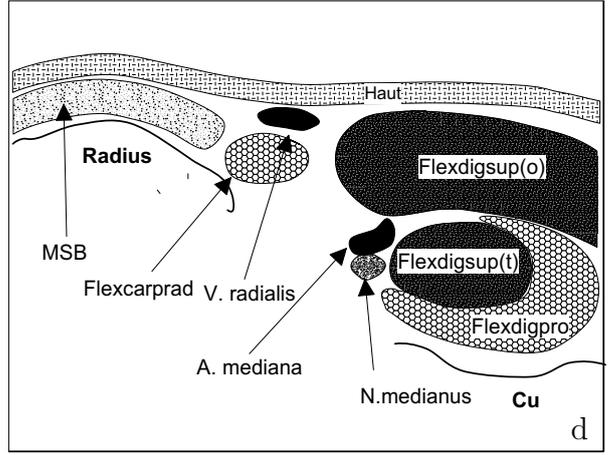
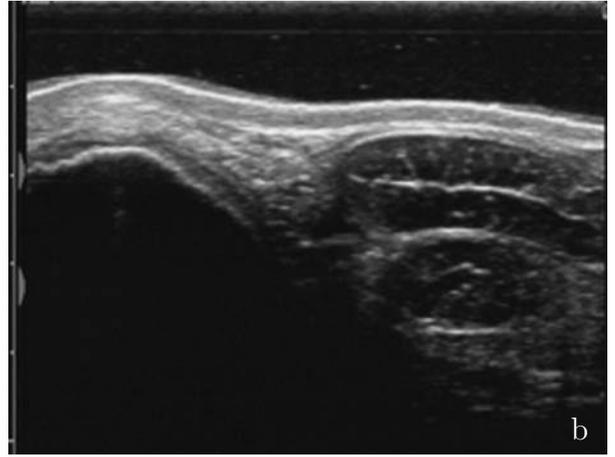


Abb. 3.41: Ebene 2 medialer Aspekt

3.2.2.7.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.42 a-d) der Ebene 3 erkennt man die Endsehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) als echoreiche querovale Struktur. Im Gegensatz zu den vorherigen Ebenen ist ihre Abgrenzung von der Umgebung weniger deutlich. Sie wird teilweise vom medialen Seitenband(MSB) mit seinem ausgeprägten Verstärkungsstrang verdeckt. Diese Strukturen sind von flachovaler Gestalt sowie von annähernd gleicher Echogenität. Der Bereich der Flexoren ist von zunehmender Echogenität geprägt. Der oberflächliche Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) weist nur noch in seinem Zentrum eine echoarme Zone auf. Ansonsten ist er von flachovaler echoreicher Gestalt. Sein tiefer Anteil (Flexdigsup(t)) wird als echoärmere runde Struktur von der hufeisenförmigen echoreichen Sehne des Musculus flexor digitorum profundus (Flexdigpro) umgeben. In unmittelbarer medialer Nachbarschaft zum tiefen Teil des oberflächlichen Zehenbeugers findet man die Arteria (A.) mediana und den Nervus (N.) medianus in ihrer ultrasonographisch typischen Darstellungsweise. In den meisten Fällen gelingt ihre Darstellung recht gut; bisweilen läßt sich auch die Vena mediana darstellen. Schwieriger und inkonstanter gestaltet sich die Darstellung der unmittelbar unter der Haut und oberhalb der Endsehne des Musculus flexor carpi radialis gelegenen Vena (V.) radialis als echoloses rundes Gebilde.

Das *Vertikalbild* (Abb. 3.42 e-h) zeigt die Endsehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) als echoreiche Struktur mit deutlich zu erkennenden parallel angeordneten Fasern. Sie liegt, nur durch eine schmale Unterhautgewebeschicht getrennt, den Knochen fast direkt auf. Die Knochen zeigen sich als hyperechogene Linien mit Schallschatten. In diesem Bereich gestaltet es sich häufig etwas schwierig, die Knochenkonturen als exakte Linien darzustellen (vgl. Ultraschallbild). Somit ist die Unterscheidung zwischen Radius, Os carpi intermedium (Ci), Os carpi radiale (Cr) und Os carpale secundum et tertium (CII+III) nicht immer ganz einfach. Die Articulatio mediocarpea zwischen Os carpi intermedium und Os carpale secundum et tertium wird durch das Os carpi radiale „zweigeteilt“. Eine Darstellung des Gelenkrezessus als echoloses Areal über dem Gelenkspalt gelingt nur in sehr wenigen Fällen.

Horizontal

Abb. 3.42 a: Schallkopfposition
Abb. 3.42 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.7)

Abb. 3.42 b: Ultraschallbild
Abb. 3.42 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.42 e: Schallkopfposition
Abb. 3.42 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.42 f: Ultraschallbild
Abb. 3.42 h: Skizze des Ultraschallbildes

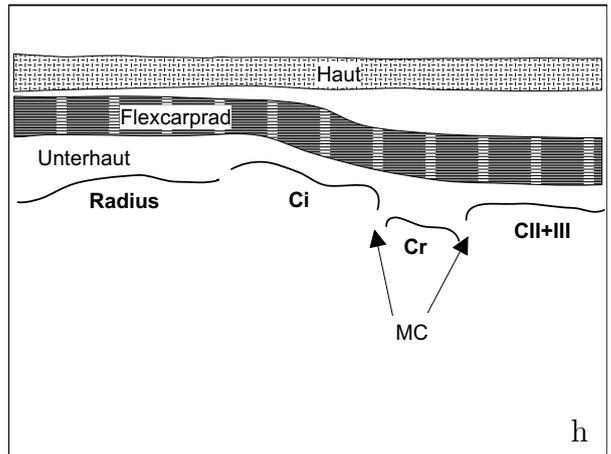
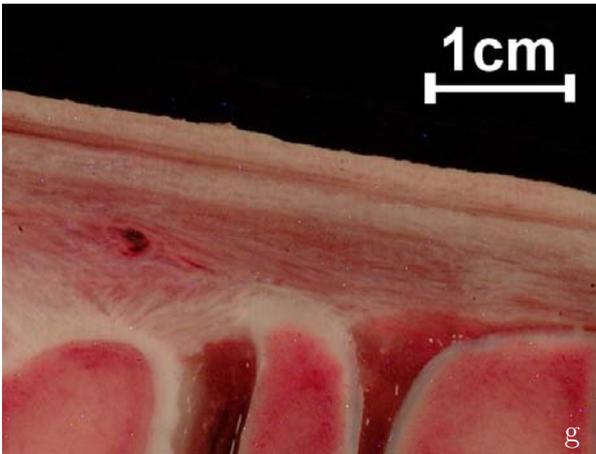
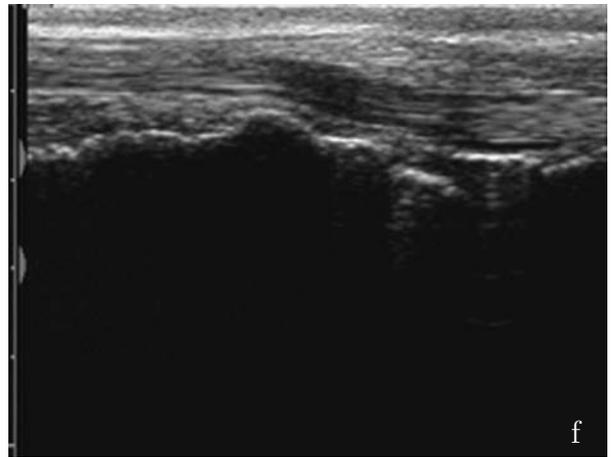
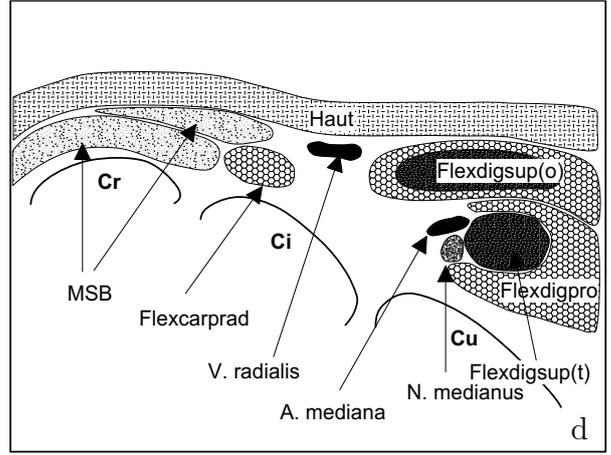
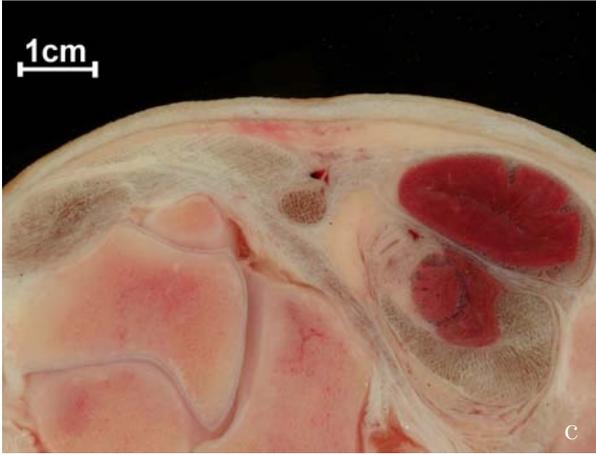
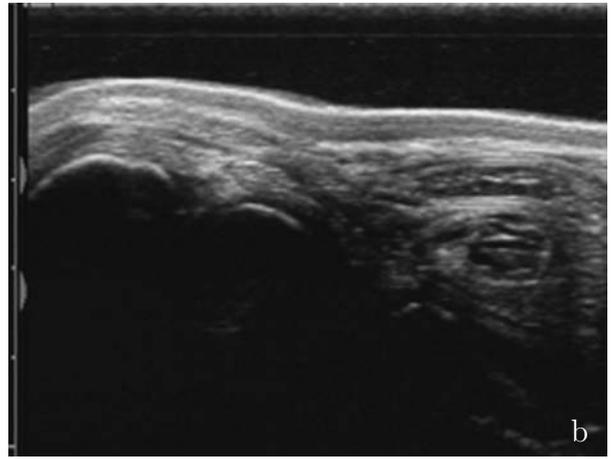


Abb. 3.42: Ebene 3 medialer Aspekt

3.2.2.7.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.43 a-d) ist die Endsehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) als echoreiche rundliche Struktur an ihrer Ansatzstelle, dem Os metacarpale tertium (McIII) nur undeutlich von der Umgebung abzugrenzen. Medial der Sehne dem Os metacarpale tertium aufliegend stellt sich das mediale Seitenband (MSB) als echoreiche flachquerovale Struktur dar. Eine exakte Differenzierung vom umgebenden Gewebe ist meist nicht möglich. Im Bereich des Beugesehnenpakets ist der oberflächliche Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(o)) als nahezu echoreiche ovale Struktur mit echoärmeren Zentrum unter der Haut zu erkennen. Die tiefe Beugesehne (TBS) umgibt als echoreiche Struktur den echoarmen rundlichen tiefen Anteil des Musculus flexor digitorum superficialis (Flexdigsup(t)) halbmondförmig. Die Flexoren liegen dem Os metacarpale quartum (McIV), das sich als echoreiche Linie mit Schallschatten zu erkennen gibt, auf. In einigen Fällen lassen sich die Articulationes carpometacarpeae (CMC) als Unterbrechung der Knochenlinie zwischen Os metacarpale tertium und quartum darstellen, manchmal ist auch der Rezessus als echoarmes Areal über dem Gelenkspalt zu erkennen.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.43 e-h) ist der Ansatz der Sehne des Musculus flexor carpi radialis (Flexcarprad) am Os metacarpale tertium (Mc) deutlich zu erkennen. Die Sehne stellt sich als echoreiches Band mit parallel ausgerichteten Sehnenfasern dar. Die verminderte Echogenität in ihrem Ansatzbereich rührt neben dem nicht optimalen senkrechten Anschallwinkel auch von der knorpeligen Durchsetzung der Sehne in diesem Bereich. Sie liegt den echoreichen Knochenkonturen des Os carpi intermedium (Ci), des Os carpi radiale (Cr), des Os carpalae secundum et tertium (CII+III) sowie des Os metacarpale tertium auf. Sowohl die durch das Os carpi radiale zweigeteilte Articulatio mediocarpea (MC) als auch die Articulationes carpometacarpeae (CMC) sind als Unterbrechung der echoreichen Reflexlinien der Knochen deutlich zu erkennen. Eine Darstellung der Gelenkrezessus als echofreie Areale gelingt bei physiologischen Füllungszuständen meist nicht. Hingegen ist die Abgrenzung der Endsehne vom Unterhautgewebe leicht zu bewerkstelligen.

Horizontal

Abb. 3.43 a: Schallkopfposition
Abb. 3.43 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.43 b: Ultraschallbild
Abb. 3.43 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.43 e: Schallkopfposition
Abb. 3.43 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.43 f: Ultraschallbild
Abb. 3.43 h: Skizze des Ultraschallbildes

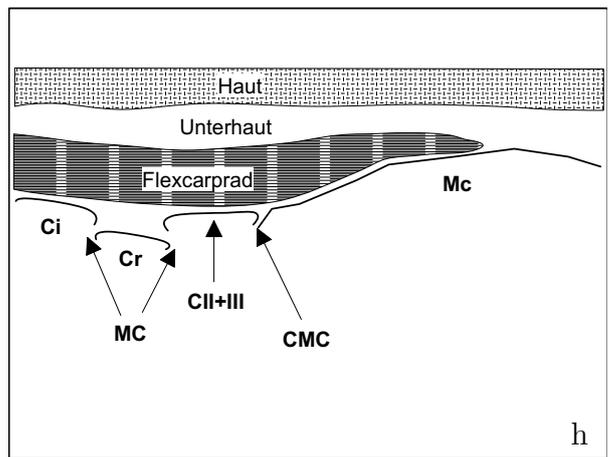
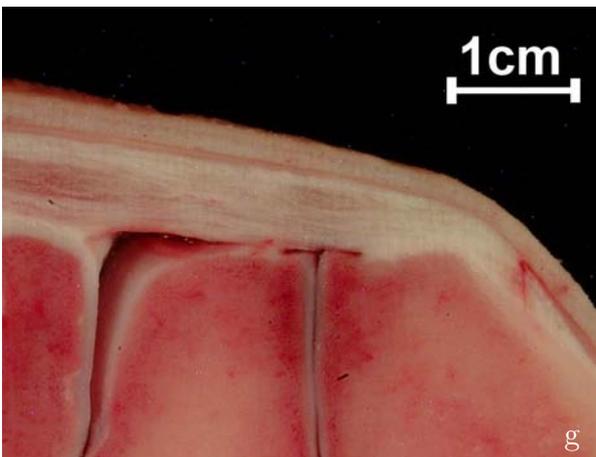
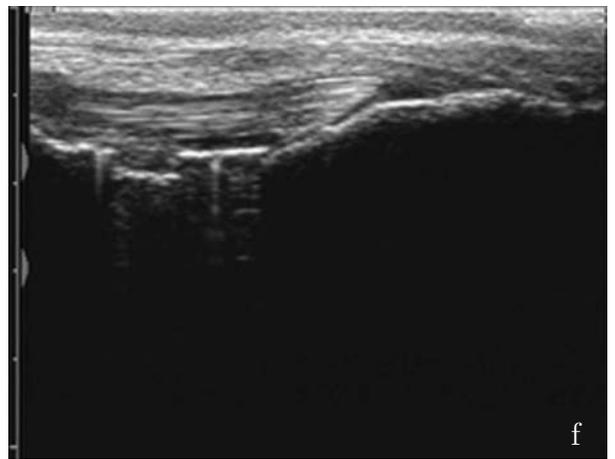
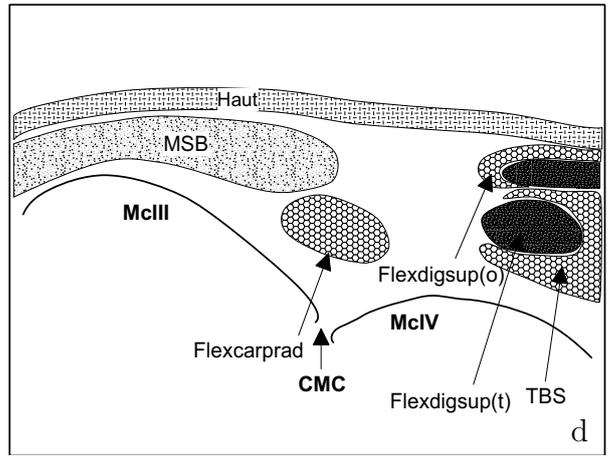
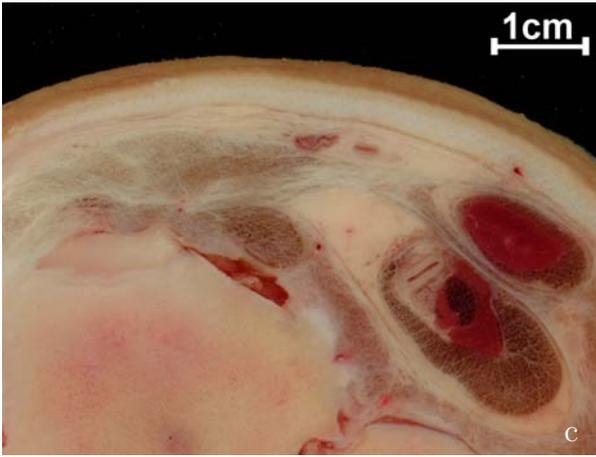
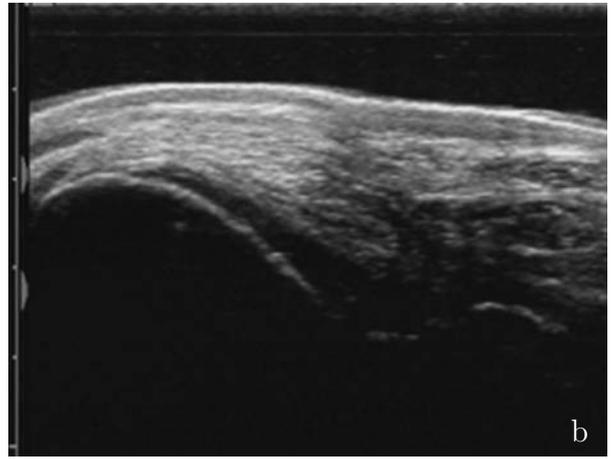


Abb. 3.43: Ebene 4 medialer Aspekt

3.2.2.8 Dorsomediale Seite

Die dorsomediale Seite des Karpalgelenks wird von keiner dominierenden Muskelgruppe überzogen. In diesem Bereich finden sich Anteile des medialen Seitenbandes mit seinem Verstärkungsstrang sowie die Endsehne des Musculus abductor pollicis longus, ansonsten kommen die knöchernen Strukturen direkt unter der Haut und Unterhaut zu liegen (planum cutaneum).

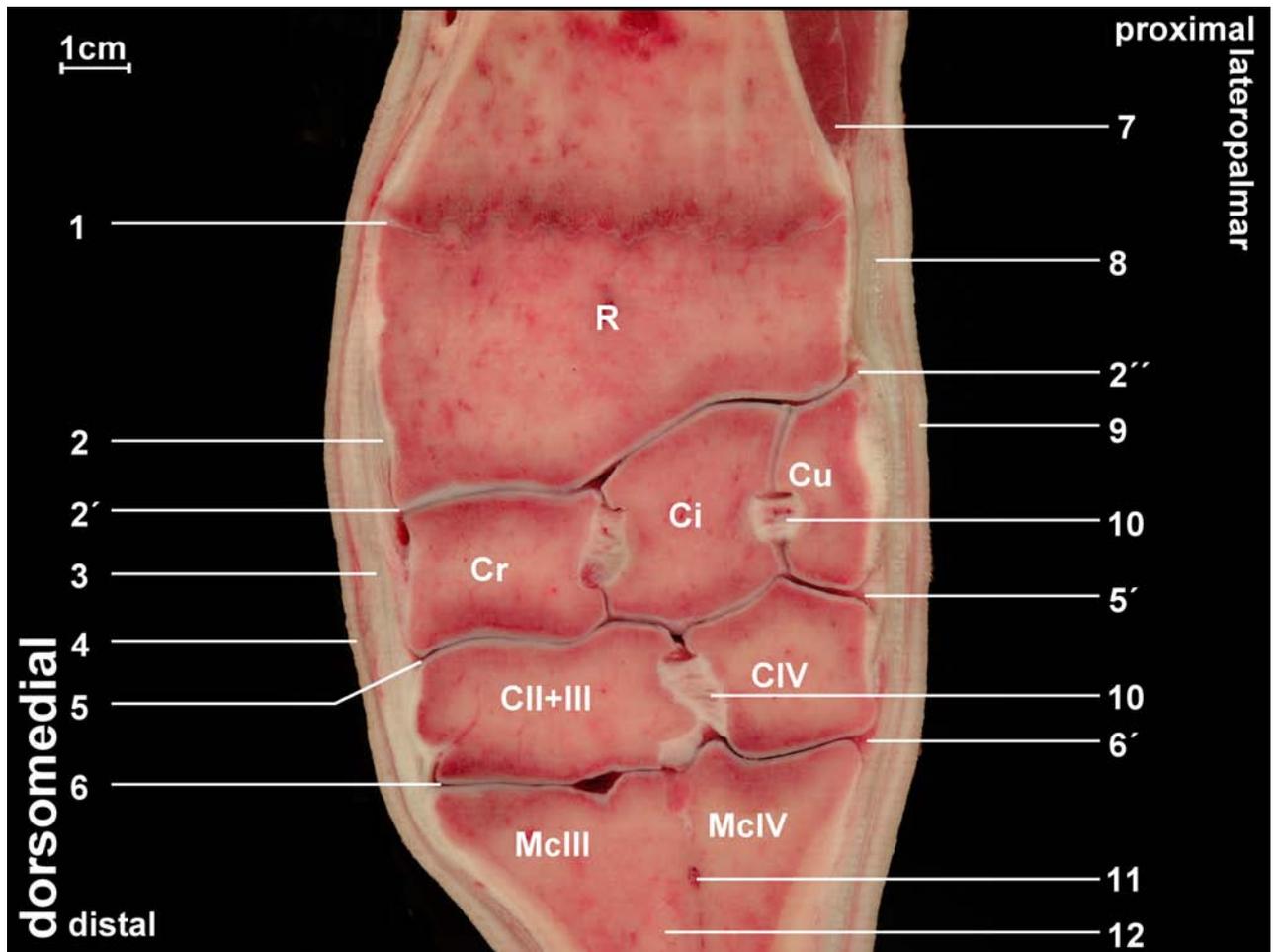


Abb. 3.44: Gefrierschnitt von der dorsomedialen zur lateropalmaren Seite einer rechten Vordergliedmaße. R = Radius; Cr = Os carpi radiale; Cu = Os carpi ulnare; Ci = Os carpi intermedium; CII+III = Os carpale secundum et tertium; CIV = Os carpale quartum; McIII = Os metacarpale tertium; McIV = Os metacarpale quartum; 1 = Radiusfuge; 2 = Gelenkkapsel; 2', 2'' = Rezessus der Articulatio antebrachio-carpea; 3 = mediales Seitenband; 4 = Sehne des Musculus abductor pollicis longus; 5, 5' = Rezessus der Articulatio mediocarpea; 6, 6' = Articulationes carpometacarpeae; 7 = muskulöser Anteil des Musculus abductor pollicis longus; 8 = Sehne des Musculus extensor digitorum communis; 9 = Haut; 10 = Ligamentum intercarpeum; 11 = proximaler Canalis metacarpi; 12 = Markhöhle Mc III

3.2.2.8.1 Untersuchungsebene 1

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.45 a-d) stellt sich das distale Radiusende als leicht gebogene, stark echogene Linie mit deutlichem Schallschatten dar. Unter der sich als echoreiche Linie darstellenden Haut liegt als schmaler echoärmerer Saum die Unterhaut dem Knochen direkt auf.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.45 e-h) erkennt man den Radius als reflexreiche Linie mit deutlicher Schallauslöschung. Die Radiusfuge stellt sich in diesem Fall, dem Präparat eines älteren Rindes, als Erhabenheit dar. Bei Jungtieren ist sie in ihrer charakteristischen Form als anechoisch erscheinende Unterbrechung der hyperechogenen Knochenlinie zu erkennen. Distal der Radiusfuge nehmen Anteile des medialen Seitenbandes (MSB) ihren Ursprung am Radius. Die Fasern des Bandes stellen sich als echoreiche, parallel verlaufende Linien dar.

Horizontal

Abb. 3.45 a: Schallkopfposition
Abb. 3.45 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.5)

Abb. 3.45 b: Ultraschallbild
Abb. 3.45 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.45 e: Schallkopfposition
Abb. 3.45 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.44)

Abb. 3.45 f: Ultraschallbild
Abb. 3.45 h: Skizze des Ultraschallbildes

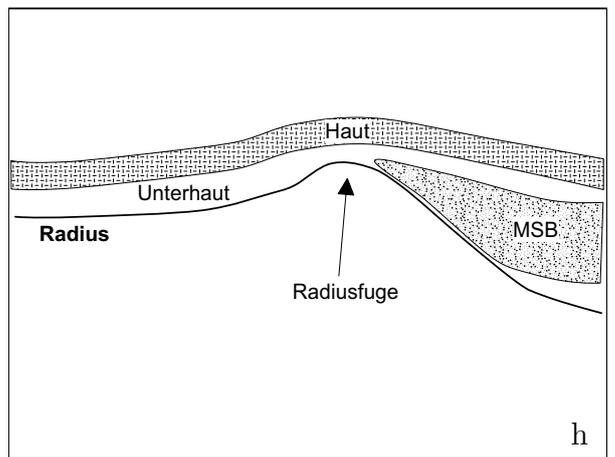
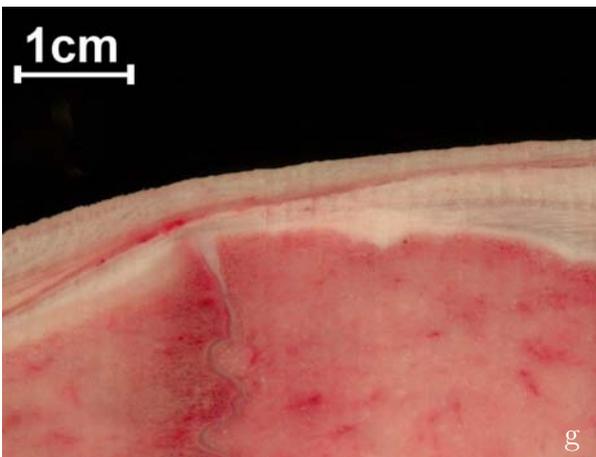
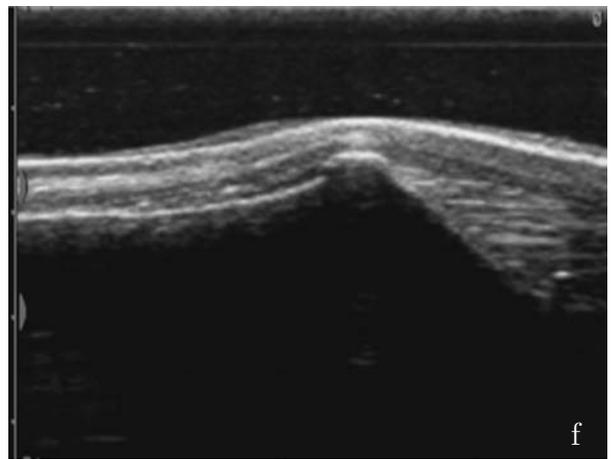
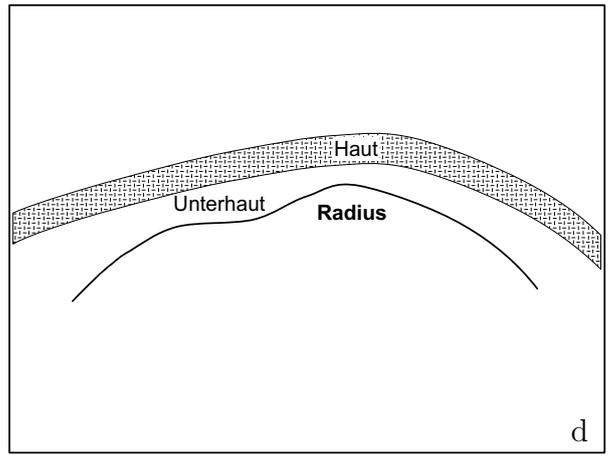
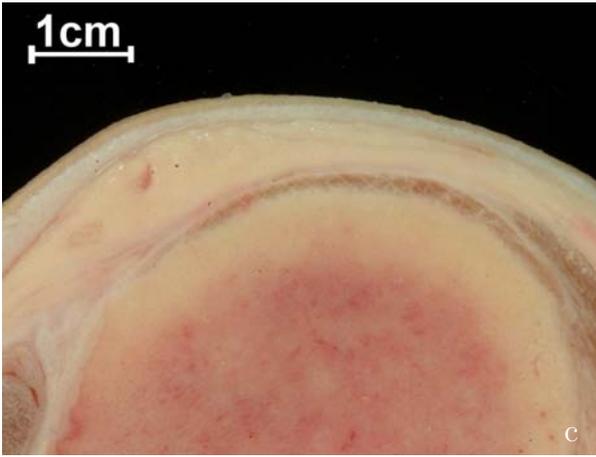
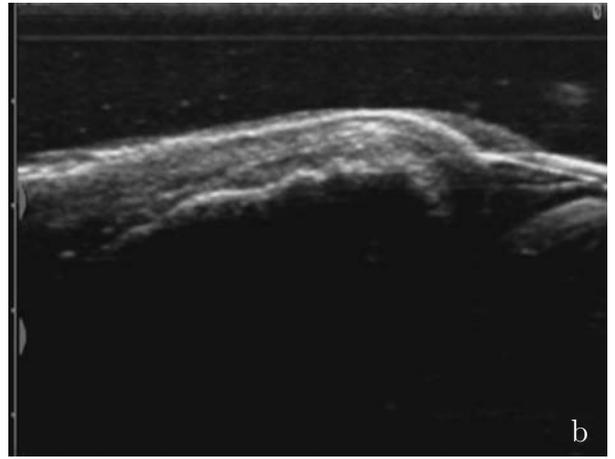


Abb. 3.45: Ebene 1 dorsomedialer Aspekt

3.2.2.8.2 Untersuchungsebene 2

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.46 a-d) ist die querovale, echoreiche Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) als zentrale Struktur zu erkennen. Sie liegt dem Schallschatten werfenden Radius direkt auf. Dem Radius dorsolateral benachbart findet sich das Os carpi radiale, das allerdings im vorliegenden Ausschnitt nicht zu erkennen ist. Eine exakte Differenzierung der Sehne vom umgebenden, geringgradig echoärmeren Unterhautgewebe ist nicht einfach. Auch die Darstellung des Nervus (N.) musculocutaneus als kleine runde echoreiche Struktur und der Arteria (A.) antebrachia superficialis cranialis als querovales echoloses Gebilde in der Unterhaut über der Sehne des Musculus abductor pollicis longus gelingt nicht immer leicht.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.46 e-h) kann man das mediale Seitenband (MSB) als echoreiches Band mit deutlich parallel angeordneten Fasern recht gut vom umgebenden echoärmeren Unterhautgewebe unterscheiden. Auf seinem Weg nach distal überzieht es den Radius, das Os carpi radiale (Cr) sowie das Os carpale secundum et tertium (CII+III). Diese stellen sich, in der für knöcherne Strukturen charakteristischen echogenen Linie mit Schallauslöschung dar. In der Unterbrechung der echoreichen Reflexlinien erkennt man die Articulatio antebrachio-carpea (ABC) und die Articulatio mediocarpea (MC). Im Bereich der Articulatio antebrachio-carpea zeigt sich die Gelenkaussackung (GA) auch bei physiologischer Füllung als schmales, pilzförmig echoloses Gebilde.

Horizontal

Abb. 3.46 a: Schallkopfposition
Abb. 3.46 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.6)

Abb. 3.46 b: Ultraschallbild
Abb. 3.46 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.46 e: Schallkopfposition
Abb. 3.46 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.44)

Abb. 3.46 f: Ultraschallbild
Abb. 3.46 h: Skizze des Ultraschallbildes

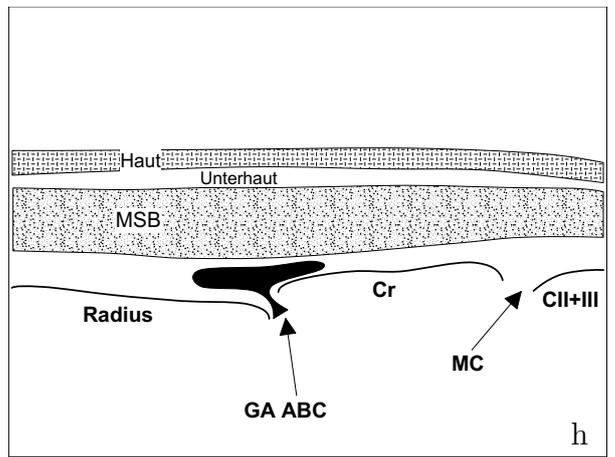
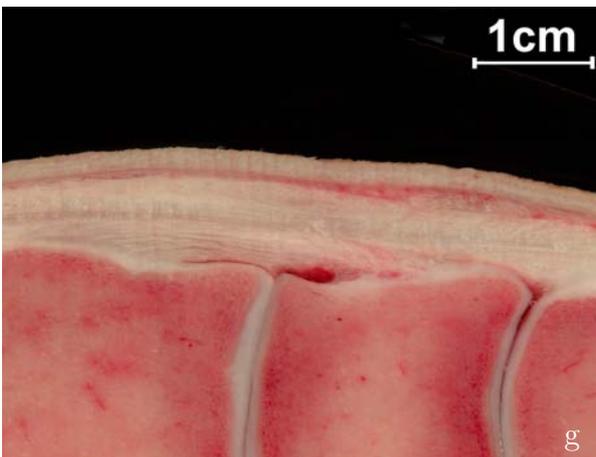
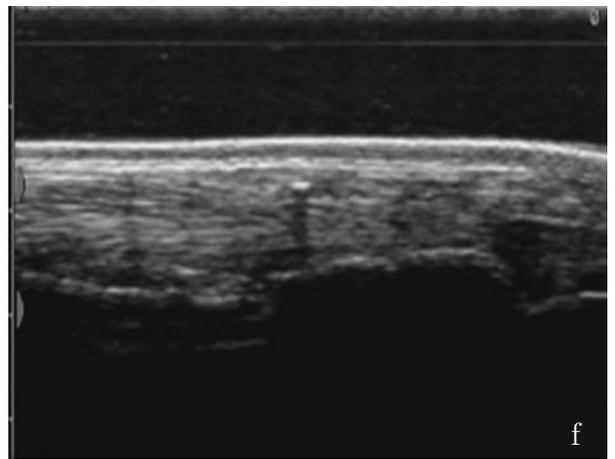
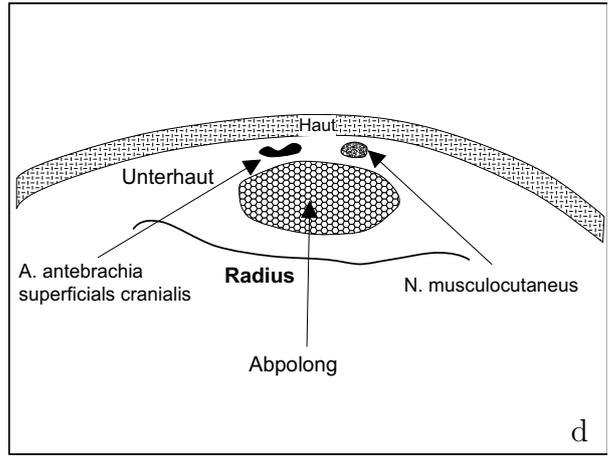
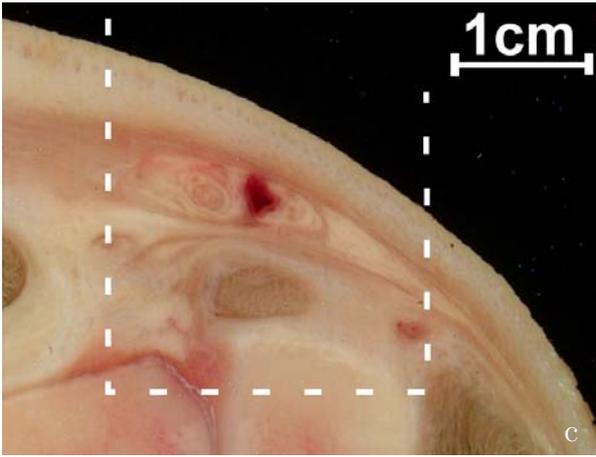
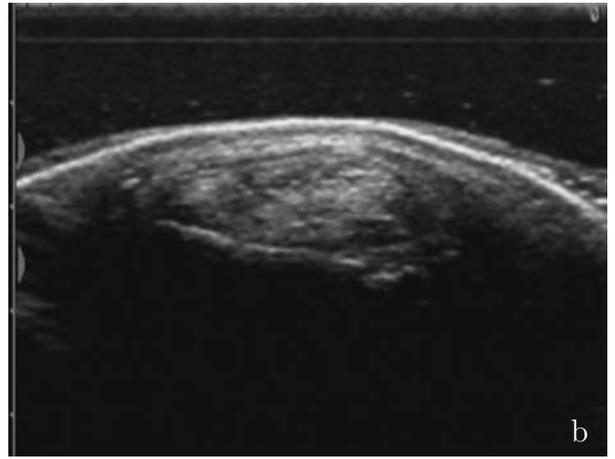


Abb. 3.46: Ebene 2 dorsomedialer Aspekt

3.2.2.8.3 Untersuchungsebene 3

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.47 a-d) lassen sich die dem echoreichen Os carpale secundum et tertium aufliegenden einzelnen Strukturen nicht immer voneinander und vom umgebenden Gewebe unterscheiden. Im linken Bildrand und somit eher dorsal findet sich in unterschiedlich großem Anschnitt die Endsehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad). Sie stellt sich als plattes längsovales, echoreiches, dem Knochen aufliegendes Gebilde dar. Weiterhin erkennt man im rechten Bildrand, somit dorsomedial, die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) im Queranschnitt. Sie liegt als echogene rundliche Struktur in unmittelbarer Nachbarschaft zum medialen Seitenband (MSB), welches von beinahe gleicher Echogenität und Form ist.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.47 e-h) zieht die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) direkt unter der Haut als recht gut abgrenzbare echogene, unregelmäßig querovale Struktur über das mediale Seitenband (MSB). Jenes läuft als echogenes Band mit zum Teil deutlich erkennbarer paralleler Faserausrichtung über den Radius, das Os carpi radiale (Cr) und das Os carpale secundum et tertium (CII+III) distalwärts. Die Knochen stellen sich typischerweise als echogene Linien mit Schallschatten dar. Als Unterbrechung dieser Reflexlinien sind die Articulatio antebrachio-carpea (ABC) sowie die Articulatio mediocarpea (MC) auszumachen.

Horizontal

Abb. 3.47 a: Schallkopfposition

Abb. 3.47 c: Gefrierschnitt

Abb. 3.47 b: Ultraschallbild

Abb. 3.47 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.47 e: Schallkopfposition

Abb. 3.47 g: Gefrierschnitt

(Ausschnitt aus Abb. 3.44)

Abb. 3.47 f: Ultraschallbild

Abb. 3.47 h: Skizze des Ultraschallbildes

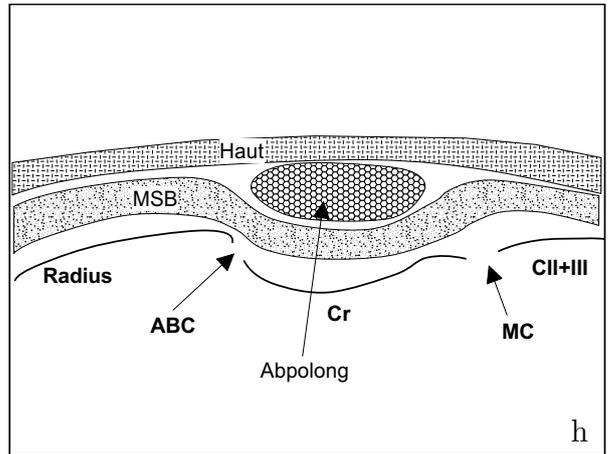
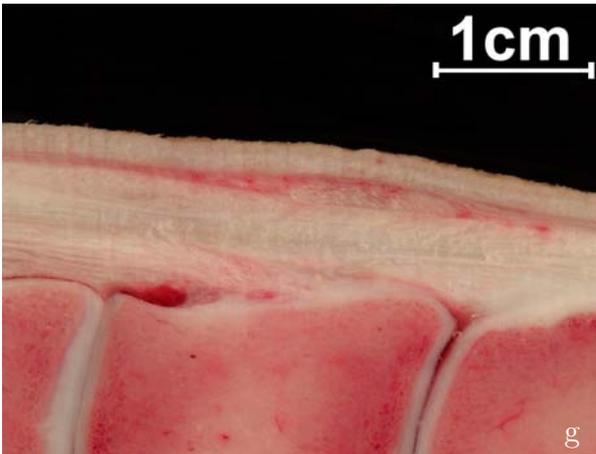
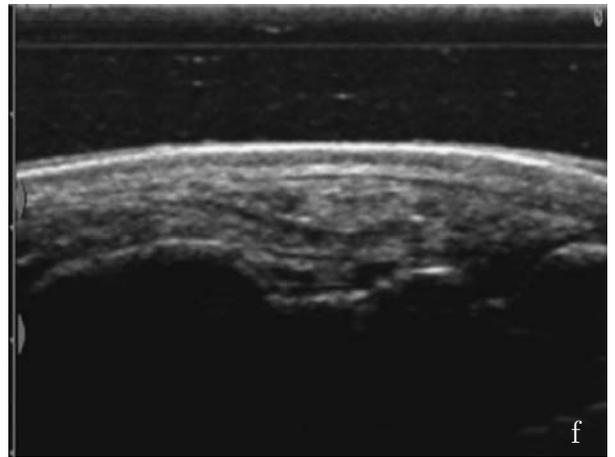
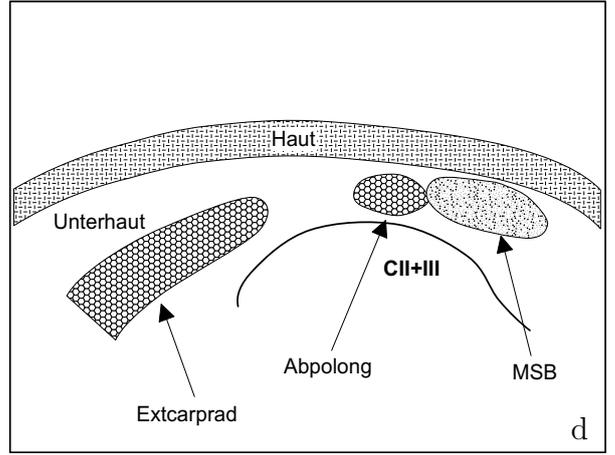
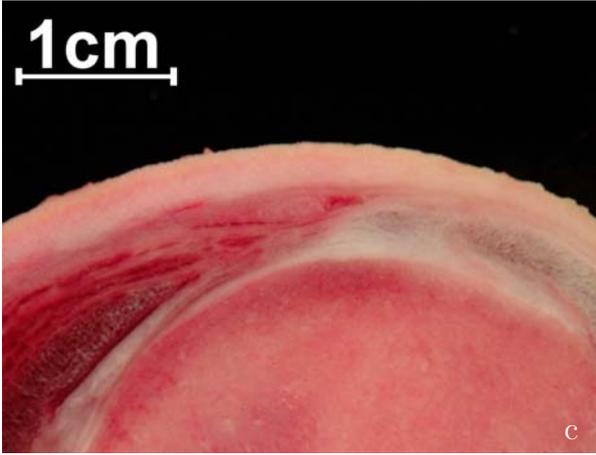
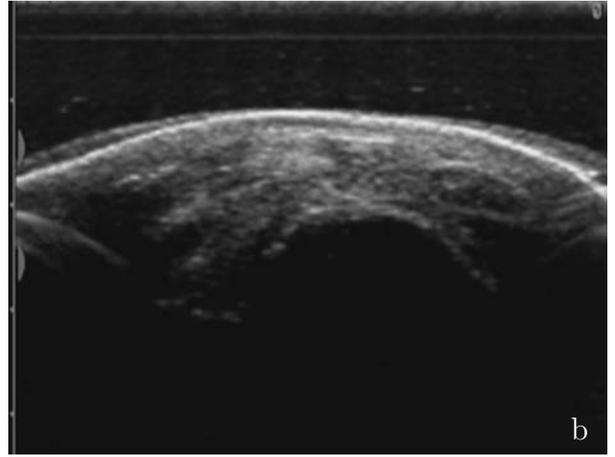


Abb. 3.47: Ebene 3 dorsomedialer Aspekt

3.2.2.8.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.48 a-d) sieht man die Endsehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) an ihrer Insertionsstelle am Os metacarpale tertium (McIII). Die Sehne zieht als echogene abgeplattete, mäßig vom umgebenden Gewebe abzugrenzende Struktur an das als echogene Linie mit Schallauslöschung zu identifizierende Os metacarpale tertium. Dort findet auch in dorsomedialer Nachbarschaft das mediale Seitenband (MSB) seinen Ansatz. Es ist nur ausschnittsweise als echoreiches ovales, undeutlich von der Unterhaut zu unterscheidendes Gebilde darzustellen.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.48 e-h) inserieren die Fasern des medialen Seitenbandes (MSB) am Os metacarpale tertium (McIII). Sie sind als echogene, bandartige Strukturen zum Teil nur undeutlich vom umgebenden Gewebe abzugrenzen. Auf ihren Weg distalwärts überziehen sie die Articulationes carpometacarpeae (CMC), die sich in der Unterbrechung der echogenen Knochenlinien des Os carpale secundum et tertium (CII+III) und des Os metacarpale tertium (McIII) widerspiegeln.

Horizontal

Abb. 3.48 a: Schallkopfposition
Abb. 3.48 c: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.8)

Abb. 3.48 b: Ultraschallbild
Abb. 3.48 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.48 e: Schallkopfposition
Abb. 3.48 g: Gefrierschnitt
(Ausschnitt aus Abb. 3.44)

Abb. 3.48 f: Ultraschallbild
Abb. 3.48 h: Skizze des Ultraschallbildes

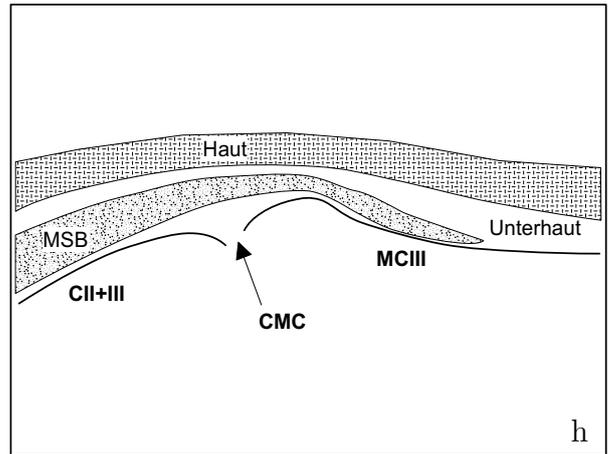
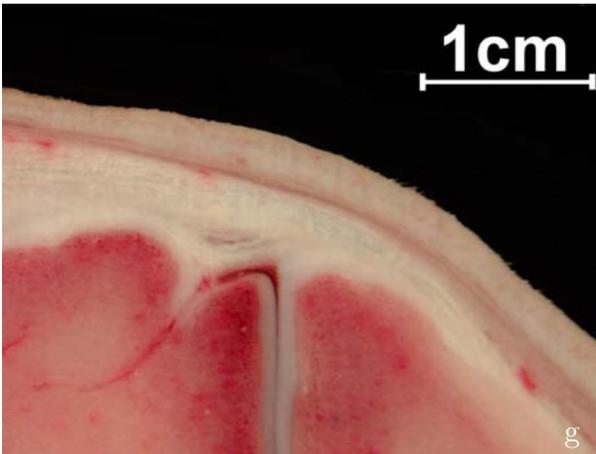
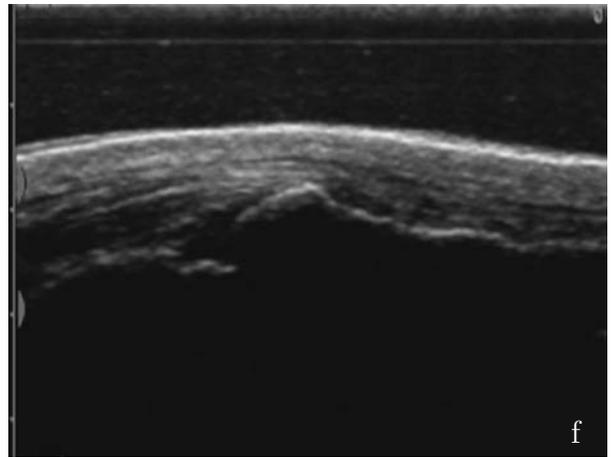
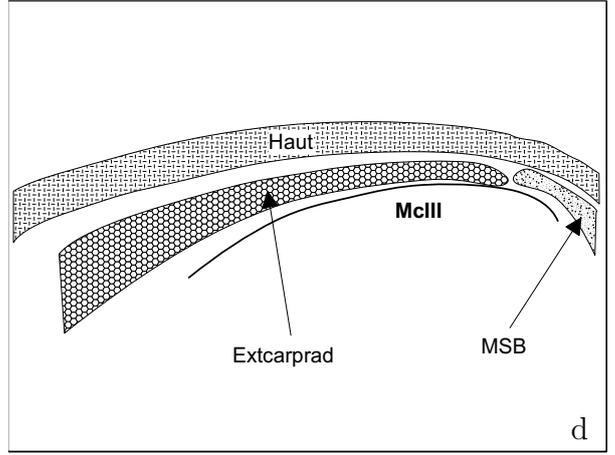
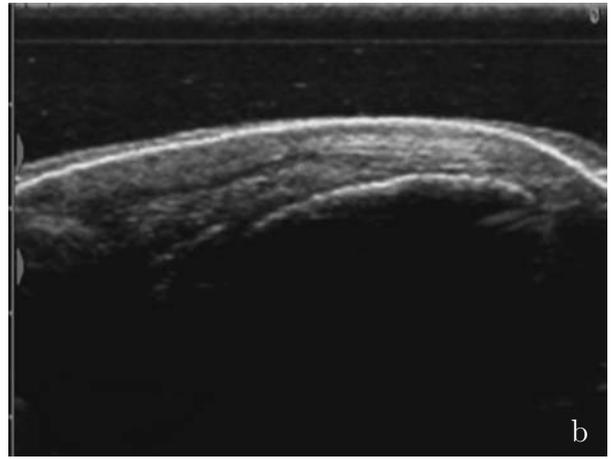


Abb. 3.48: Ebene 4 dorsomedialer Aspekt

3.2.2.9 Musculus abductor pollicis longus

Der Musculus abductor pollicis longus, auch als langer Auswärtszieher des Daumens bezeichnet, nimmt im Untersuchungsgang des Karpalgelenks eine Sonderrolle ein, da er schräg von proximal nach distal verläuft. Somit ist es auch nicht möglich, einen umfassenden Übersichtsfrierschnitt anzufertigen. Im „Atlasteil“ finden sich jedoch für die jeweiligen Ebenen Ausschnittsfrierschnitte, wobei es auch hier häufig schwierig war, den Muskel aufgrund seiner sehr geringen Größe genau zu treffen. Zur besseren Orientierung der Schallkopfpositionierung sei erwähnt, dass die Photos an einer linken Schultergliedmaße angefertigt wurden. Auch die ins Bild eingefügten Lagebezeichnungen dienen der leichteren Orientierung. Allgemein ist anzumerken, dass die ultrasonographische Darstellung des Musculus abductor pollicis longus nicht immer in allen Ebenen zufriedenstellend gelingt.

Ursprung: Sein Ursprung findet sich am lateralen Rand und an der Vorderseite des mittleren Drittels des Radius sowie am lateralen Rand der Ulna.

Ansatz: Er inseriert proximal am Os metacarpale tertium.

Verlauf: Er liegt, bedeckt von den Zehenstreckern, als fächerförmige Muskelplatte der kranio-lateralen Fläche der distalen zwei Drittel des Radius auf. Schräg über die Sehne des Musculus extensor carpi radialis verlaufend, zieht er zur medialen Seite des Karpus.

Synoviale Einrichtungen: Er besitzt im Bereich des Karpus sowohl eine Sehnenscheide als auch einen Schleimbeutel. Die sehr enge Sehnenscheide befindet sich auf der Dorsalfläche des Karpus. Beginnend am Muskel-Sehnenübergang reicht sie bis zum Übergang der Sehne auf die mediale Fläche des Karpus. Die dorsale Wand der Sehnenscheide verbindet sich vor allem im Mittel- und Endabschnitt mit dem Retinaculum extensorum, wohingegen die palmare Wand zu Anfang mit der Unterfläche der Sehne verschmilzt und erst ab dem medialen Rand der Sehne des Musculus extensor carpi radialis als selbständige Sehnenscheidewand auftritt. Von Gestalt eines langgezogenen Ovals mit breiten proximalen und schmalem distalen Ende, liegt der Schleimbeutel auf der medialen Seite des Karpus und reicht vom Ende der Sehnenscheide bis kurz vor die Anheftung der Sehne an den Metakarpus. Die knochenseitige Bursawand ist mit den Bandmassen medial am Karpus, die sehnenseitige Wand untrennbar mit der Sehne verbunden.

Funktion: Seiner Funktion nach ist er ein Strecker des Karpalgelenks.

Innervation: Der Ramus profundus der Rami musculares des Nervus radialis sorgt für die motorische Versorgung.

3.2.2.9.1 Untersuchungsebene 1

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.49 a-d) enthält der Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) noch einen großen Anteil an muskulösen Fasern, was ihm ein echoärmeres Aussehen mit echo-generen Binnenreflexen verleiht. Er liegt dem hyperechogenen Radius direkt auf und ist von unterschiedlich großer längsovaler Gestalt. Der in diesem Teil schon sehnige Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) liegt ihm als echoreichere ovale Struktur mehr oder weniger dicht an. Bei geringgradig veränderter Schallkopfneigung oder „Höhe“ kommt er auch zwischen Musculus abductor pollicis longus und Haut zu liegen. Die Abgrenzung von der Haut sowie vom Unterhautbindegewebe gelingt meist zufriedenstellend.

Die Darstellung des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) im *Vertikalbild* (Abb. 3.49 e-h) ist deutlich schwieriger und nicht immer zu bewerkstelligen. Als sehr schmales, nicht durchgehend echogenes Band ist die Sehne nur schwer vom umgebenden Gewebe abzugrenzen. Zunächst dem Radius aufliegend überzieht sie dann bogenförmig die echoreiche Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad).

Horizontal

Abb. 3.49 a: Schallkopfposition

Abb. 3.49 c: Gefrierschnitt

Abb. 3.49 b: Ultraschallbild

Abb. 3.49 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.49 e: Schallkopfposition

Abb. 3.49 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.49 f: Ultraschallbild

Abb. 3.49 h: Skizze des Ultraschallbildes

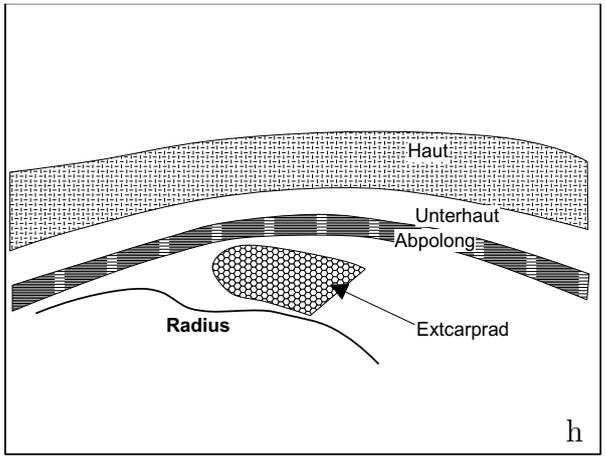
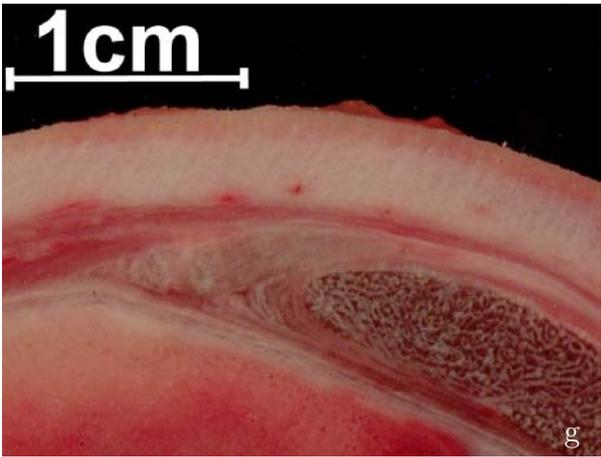
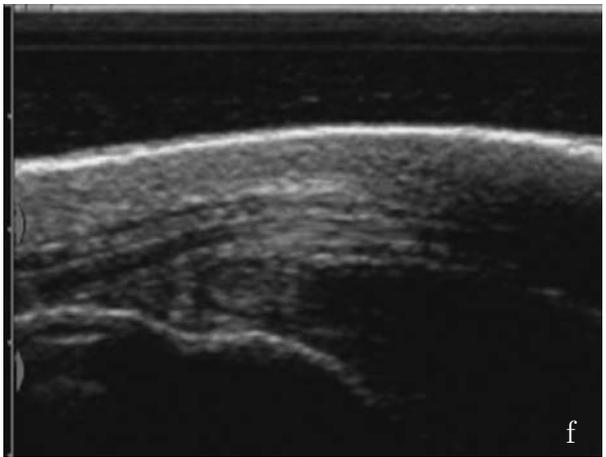
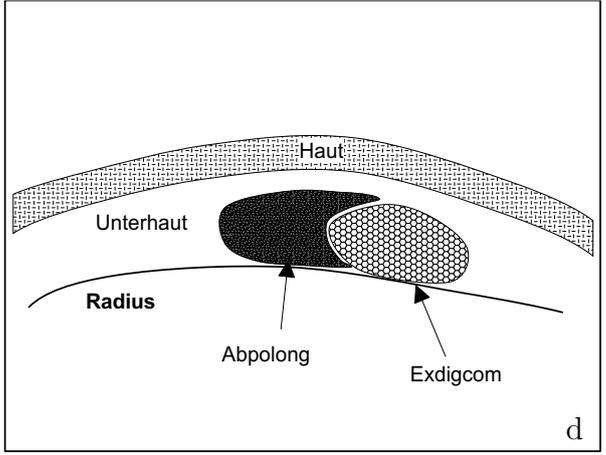
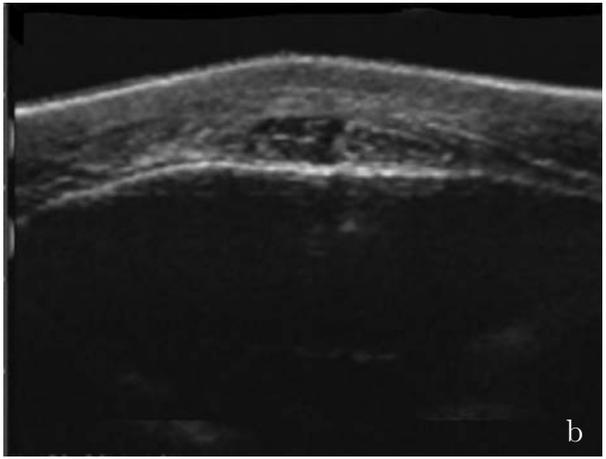


Abb. 3.49: Ebene 1 M. abductor pollicis longus

3.2.2.9.2 Untersuchungsebene 2

Das *Horizontalbild* (Abb. 3.50 a-d) zeigt recht klare Strukturen. Die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) ist als schmale echoreiche querovale Struktur distal der Radiusfuge zu erkennen. Sie liegt der bandartigen, echoreichen Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Excarprad) auf, die meist nur anschnittsweise getroffen wird. Die mittelgradig echoreiche Gelenkkapselverstärkung der Articulatio antebrachio-carpea (ABC) ist im rechten Bildrand hier nur zu erahnen. Gut darstellbar ist die sich als Unterbrechung der hyperechogenen Linie des Radius darstellende Wachstumsfuge.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.50 e-h) überzieht die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abplong) als sehr schmales echoreiches Band in Form eines Bogens die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Excarprad). Jene liegt als eher plattovale, echoreiche Struktur dem hyperechogenen Radius direkt auf. Die Trennung zwischen den beiden Sehnen sowie die Abgrenzung des Musculus abductor pollicis longus vom Unterhautbindegewebe gelingt nicht immer.

Horizontal

Abb. 3.50 a: Schallkopfposition

Abb. 3.50 c: Gefrierschnitt

Abb. 3.50 b: Ultraschallbild

Abb. 3.50 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.50 e: Schallkopfposition

Abb. 3.50 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.50 f: Ultraschallbild

Abb. 3.50 h: Skizze des Ultraschallbildes

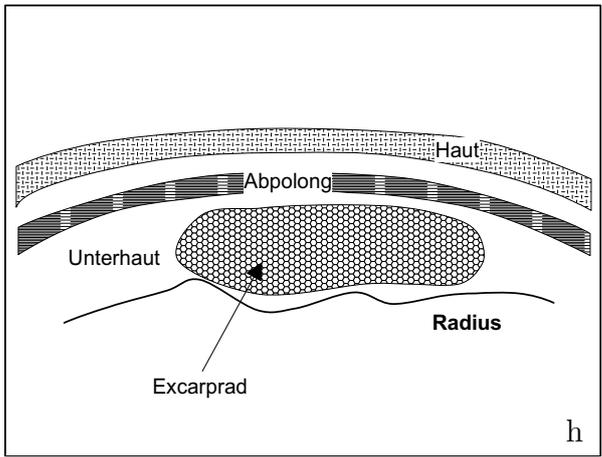
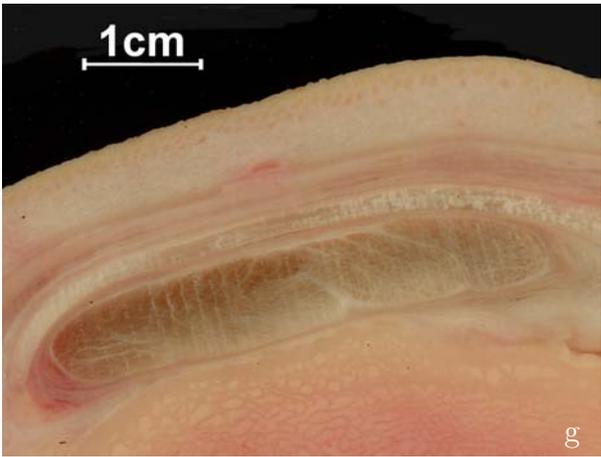
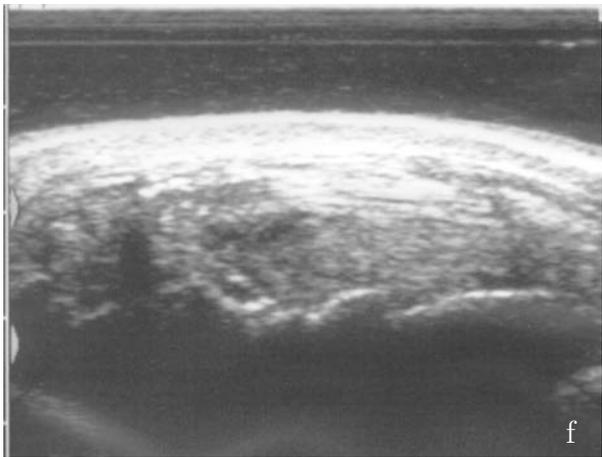
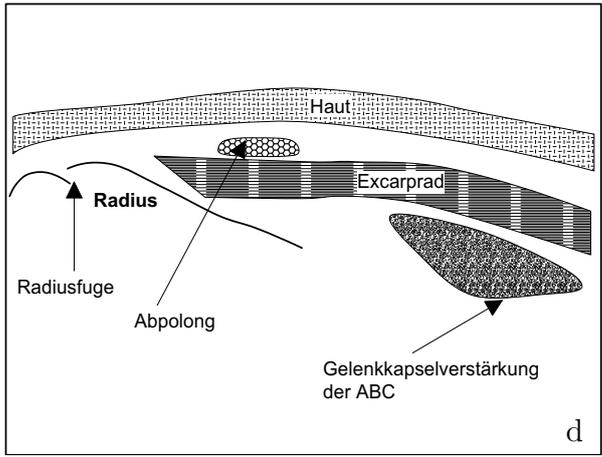
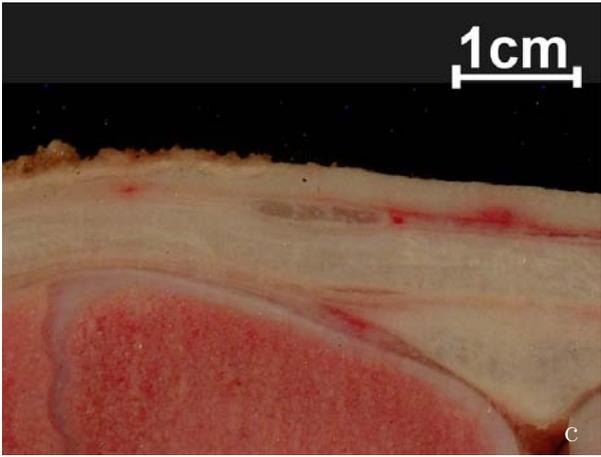
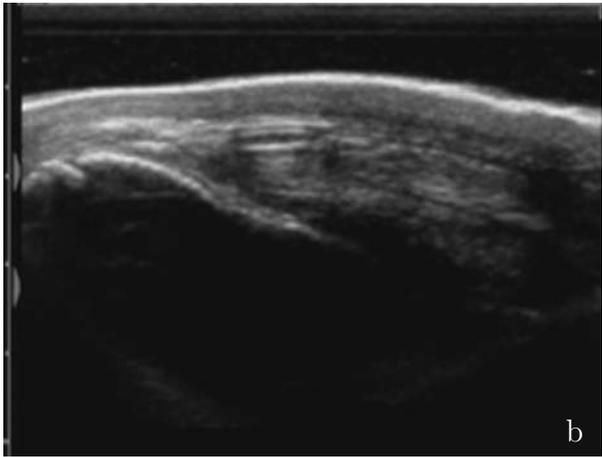


Abb. 3.50: Ebene 2 M. abductor pollicis longus

3.2.2.9.3 Untersuchungsebene 3

Die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) liegt im *Horizontalbild* (Abb. 3.51 a-d) als kleine, querovale, echogene Struktur direkt unter der Haut, wo sie auch palpirt werden kann. Eine deutliche Abgrenzung von den echoreichen Anteilen des medialen Seitenbandes (MSB) sowie der echoreichen Haut ist nicht immer gut möglich. Die Darstellung des Os carpi radiale (Cr) sowie des Os carpale secundum et tertium (CII+III) als hyperechogene Reflexlinien mit Schallauslöschung gelingt in der Vielzahl der Fälle gut.

Im *Vertikalbild* (Abb. 3.51 e-h) erkennt man die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) als sehr schmales echoreiches Band. Die Darstellung der Sehne ohne Unterbrechung der sonographischen Struktur gestaltet sich schwer, wobei die Ursache dafür in der starken Krümmung zu sehen ist. Weiterhin ist ihre eindeutige Trennung vom umgebenden Gewebe nicht immer einfach zu bewerkstelligen. Im linken Bildrand findet sich häufig noch ein mehr oder weniger großer ovaler, echoreicher Anschnitt der Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad).

Horizontal

Abb. 3.51 a: Schallkopfposition

Abb. 3.51 c: Gefrierschnitt

Abb. 3.51 b: Ultraschallbild

Abb. 3.51 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.51 e: Schallkopfposition

Abb. 3.51 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.51 f: Ultraschallbild

Abb. 3.51 h: Skizze des Ultraschallbildes

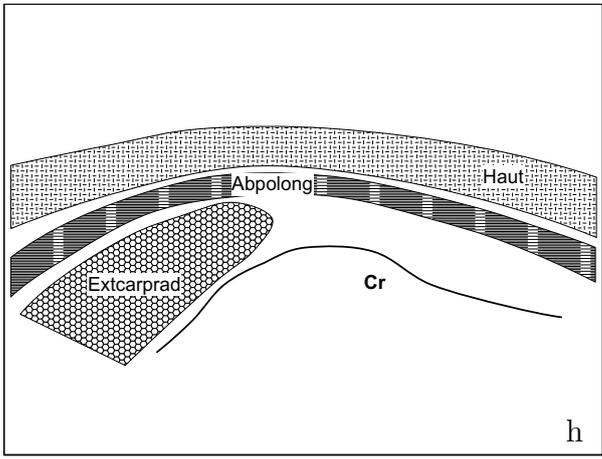
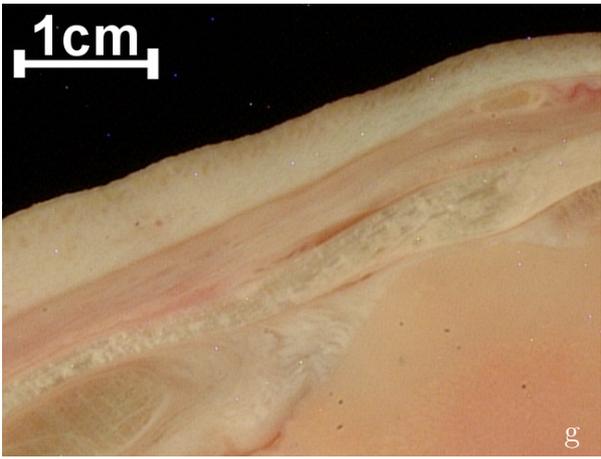
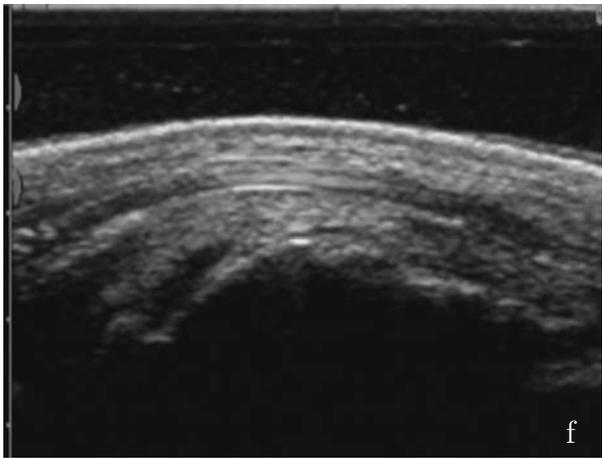
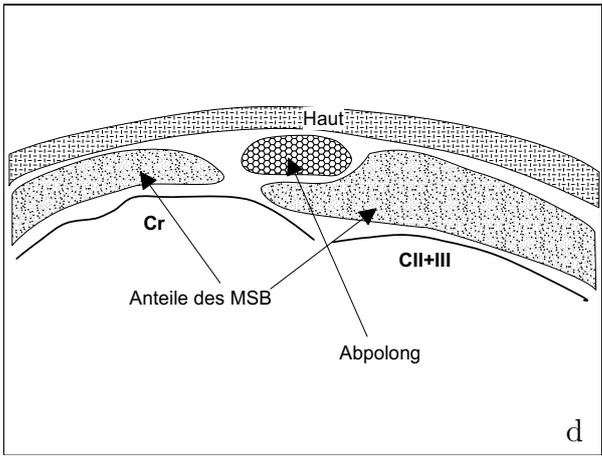
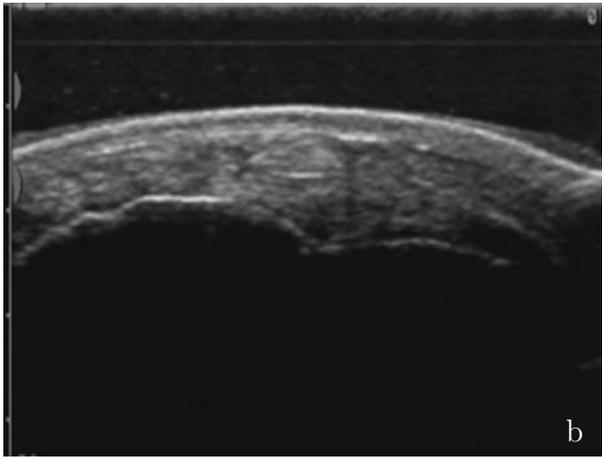


Abb. 3.51: Ebene 3 M. abductor pollicis longus

3.2.2.9.4 Untersuchungsebene 4

Im *Horizontalbild* (Abb. 3.52 a-d) ist die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) als schmale, echoreiche, querovale Struktur zu erkennen. Nicht immer fällt es leicht, sie von den Anteilen des medialen Seitenbandes (MSB) zu unterscheiden, da sie dieselbe Echogenität aufweisen. In diesen Fällen erleichtert manchmal die Palpation das Auffinden der Sehne. Die Abgrenzung von der Haut gelingt meistens einfacher. Das Os metacarpale tertium (McIII) ist meist als hyperechogene Reflexlinie mit distaler Schallauslöschung zu erkennen.

Der Ansatz des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong) am Os metacarpale tertium (McIII) ist in sehr seltenen Fällen im *Vertikalbild* (Abb. 3.52 e-h) darzustellen. Meist ziehen einige echoreiche Fasern, undeutlich von der Umgebung zu unterscheiden, an das Os metacarpale tertium (McIII). Im Gegensatz zur Sehne lassen sich die Articulationes carpometacarpeae (CMC) meist gut zwischen der hyperreflektorischen Linie des Os carpale secundum et tertium (CII+III) und des Os metacarpale tertium ultrasonographisch darstellen. Teilweise läßt sich sogar die Gelenkkapsel als echoreiche, die Knochen verbindende Linie erkennen.

Horizontal

Abb. 3.52 a: Schallkopfposition

Abb. 3.52 c: Gefrierschnitt

Abb. 3.52 b: Ultraschallbild

Abb. 3.52 d: Skizze des Ultraschallbildes

Vertikal

Abb. 3.52 e: Schallkopfposition

Abb. 3.52 g: Gefrierschnitt

Abb. 3.52 f: Ultraschallbild

Abb. 3.52 h: Skizze des Ultraschallbildes

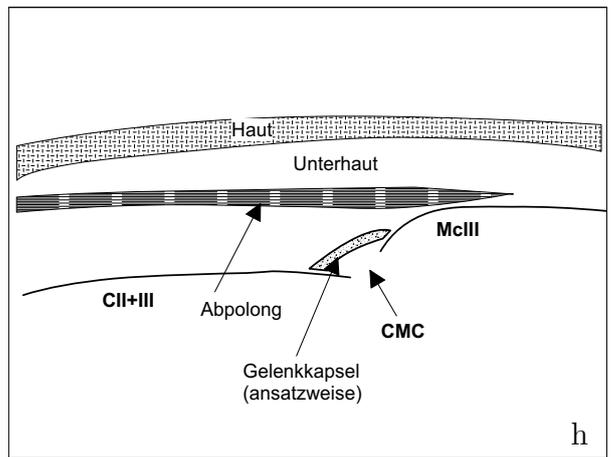
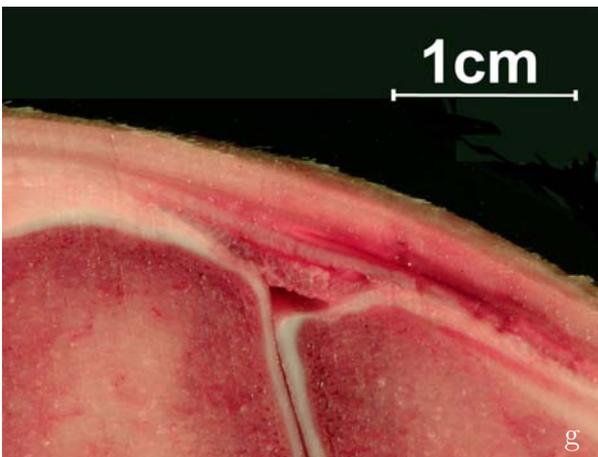
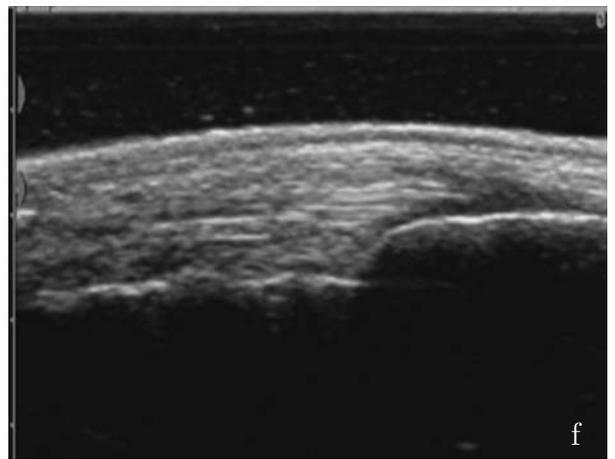
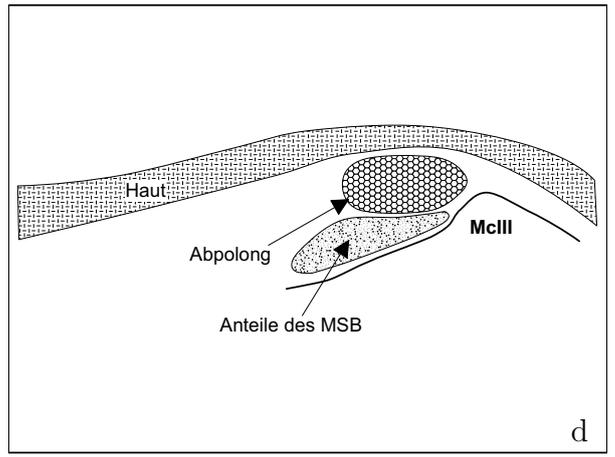
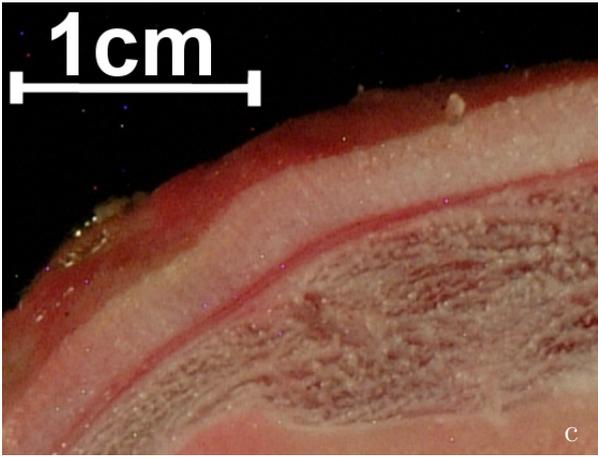
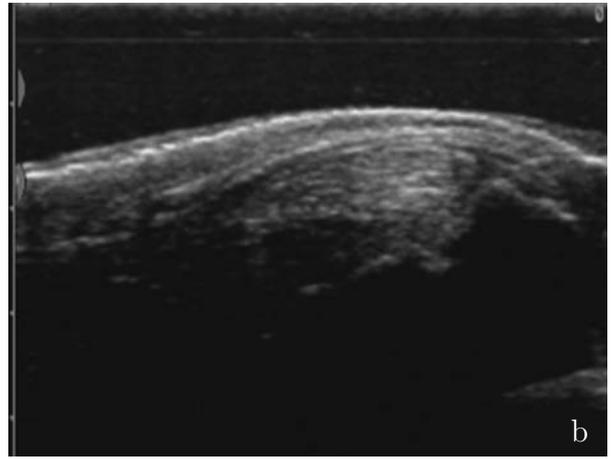
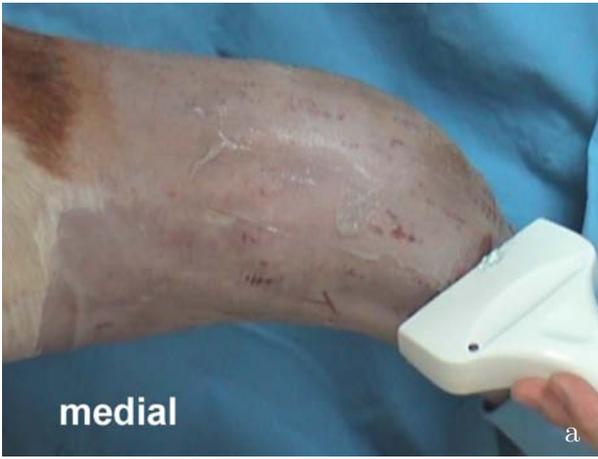


Abb. 3.52: Ebene 4 M. abductor pollicis longus

3.3 Experimentelle Füllung von Gelenken

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der mit 0,9% iger Natriumchloridlösung gefüllten Gelenkaussackungen dargestellt (Gruppe 3). Schallkopfpositionen, bei denen schon eine geringgradige Füllung des Gelenkes ultrasonographisch nachgewiesen werden konnte, werden anhand ausgewählter Ultraschallbilder mit erläuternder Skizze präsentiert.

Allgemein ist festzustellen, dass ein vermehrter Füllungszustand des Gelenkes am sichersten im Bereich um die in der Literatur beschriebenen Punktionsstellen ausfindig gemacht werden konnte. Eine Aussage in Hinblick auf eine unphysiologische Gelenkfüllung konnte anhand eines Vertikalbildes am besten getroffen werden. Da das vorhandene Gerät nur mit einem 5/7,5-MHz Multifrequenz-Linearschallkopf ausgestattet war, konnten vor allem bei adulten und stark bemuskelten Tieren die vermehrt gefüllten palmaren Aussackungen nicht zufriedenstellend dargestellt werden.

Die hier verwendete 0,9 % iger Natriumchloridlösung lieferte stets einen echolosen Gelenkeruß. Da es bei der Injektion meist zu einem geringgradigen Eindringen von Luftbläschen kam, konnten teilweise Strömungsphänomene ausgelöst werden. Im Gegensatz zu gesunden Gelenken läßt sich die Gelenkkapsel meist gut als echoreiche, die Gelenkaussackung umgebende Struktur darstellen.

3.3.1 Dorsale Schallkopfposition

Gut gelingt eine Darstellung der vermehrt gefüllten Gelenkaussackungen auf Höhe des Musculus extensor carpi radialis. Die vermehrt gefüllten Gelenkaussackungen der Articulatio antebrachioarpea (ABC), der Articulatio mediocarpea (MC) sowie der Articulationes carpometacarpeae (CMC) weisen mehr oder weniger pilz- bis hantelförmige Gestalt auf. Bei einer unphysiologischen Füllung der Articulatio antebrachioarpea (Abb. 3.53) reicht ihr dorsaler Rezessus bis weit nach proximal. Bei Jungtieren wurde die Wachstumsfuge jedoch nicht erreicht. Die in den Gelenkspalten liegenden abgerundeten „dreieckigen“ Gelenkkapselverstärkungen sind bei vermehrten Füllungszuständen vom Knochen „abgehoben“. In Abb. 3.53 ist die Articulatio antebrachioarpea (ABC) gefüllt, wohingegen die Articulatio mediocarpea (MC) nicht gefüllt ist, und somit deren Gelenkkapselverstärkung an ihrem physiologischen Platz ruht. Bei einer vermehrten Füllung der Rezessus rücken diese zum Teil so nahe zusammen, dass sich ihre Gelenkkapseln (GK) berühren. Auch der Abstand zur Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Extcarprad) wird immer geringer. Der Gelenkknorpel stellt sich als anechogener dem Radius aufliegender Saum dar, dessen Oberfläche als echogene Linie zu erkennen ist.

3.3.2 Zwischen dorsaler und dorsomedialer Schallkopfposition

Eine gute Schallkopfposition, um auch bei einem geringgradig gefüllten Gelenk eine Aussage bezüglich des Füllungszustands zu treffen, liegt zwischen dem medialen Seitenband und dem Musculus extensor carpi radialis, etwas näher zur dorsalen Seite hin gewandt. Die Gelenkaussackungen (GA) sind von pilzförmiger bis zu kugeligter Gestalt und kommen direkt unter der Unterhaut zu liegen. Die sich echoreich darstellenden Gelenkkapseln (GK) berühren sich bei starker Gelenkfüllung. Auch in dieser Position erkennt man Anschnitte der Gelenkkapselverstärkungen der dorsalen Seite, die abgehoben von ihrer normalen Position über den Gelenkrezessus „schweben“. Das Ultraschallbild in Abb. 3.55 zeigt eine stark vermehrt gefüllte Articulatio antebrachioarpea (ABC) und mediocarpea (MC). Wie auch schon in Abb. 3.53

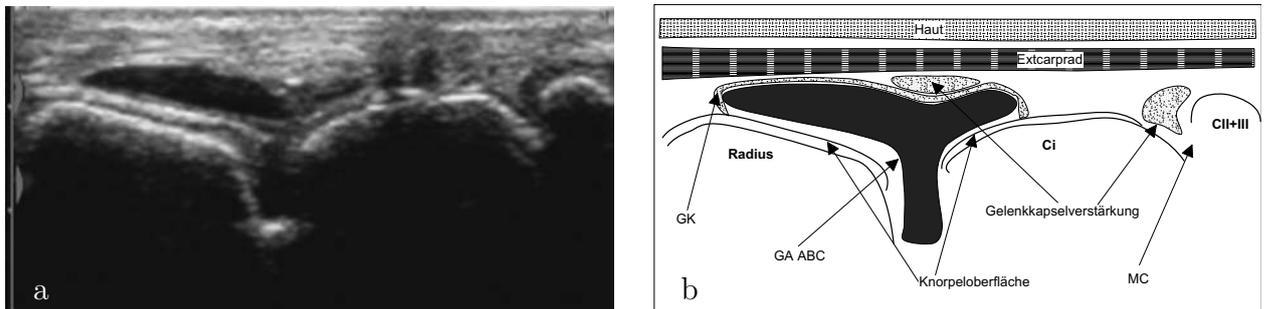


Abb. 3.53: Vermehrte Füllung der Articulatio antebrachio-carpea in Höhe des Musculus extensor carpi radialis bei einem zwei Wochen alten Kalb der Rasse Deutsches Fleckvieh.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E2 und E3 - vertikal.

b) Skizze: Extcarprad = Musculus extensor carpi radialis; GK = Gelenkkapsel; Ci= Os carpi intermedium; CII+III= Os carpalae secundum et tertium; MC = Articulatio mediocarpea; ABC = Articulatio antebrachio-carpea; GA = Gelenkaussackung.

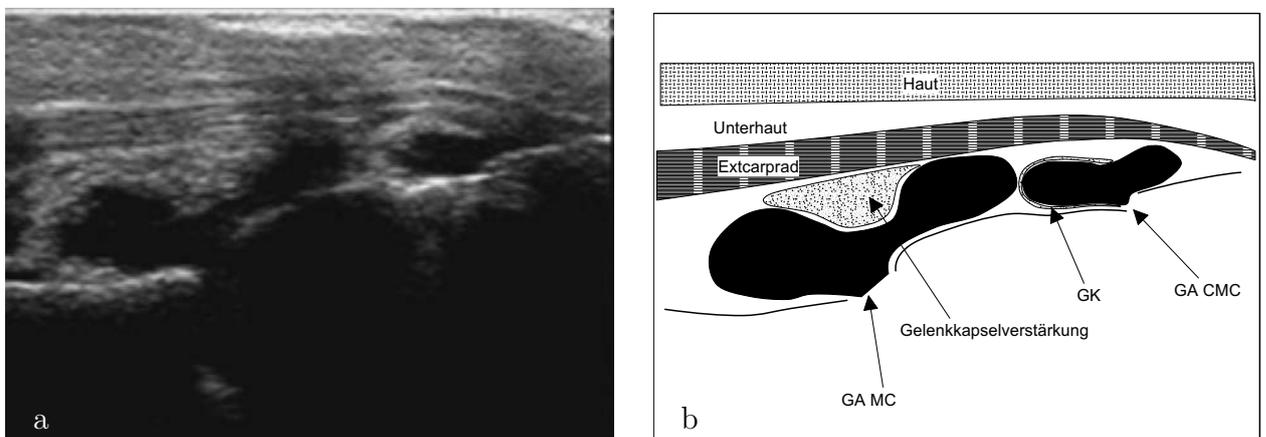


Abb. 3.54: Vermehrte Füllung der Articulatio mediocarpea und der Articulationes carpometacarpeae in Höhe des Musculus extensor carpi radialis bei einem zwei Wochen alten Kalb der Rasse Deutsches Fleckvieh.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E3 und E4 - vertikal.

b) Skizze: GA = Gelenkaussackung; MC = Articulatio mediocarpea; CMC = Articulationes carpometacarpeae; GK = Gelenkkapsel; Extcarprad = Musculus extensor carpi radialis.

stellt sich der, den Radius und das Os carpi radiale überziehende Gelenkknorpel als anechogener bogenförmig Saum dar, dessen Oberfläche von echogener Gestalt ist.

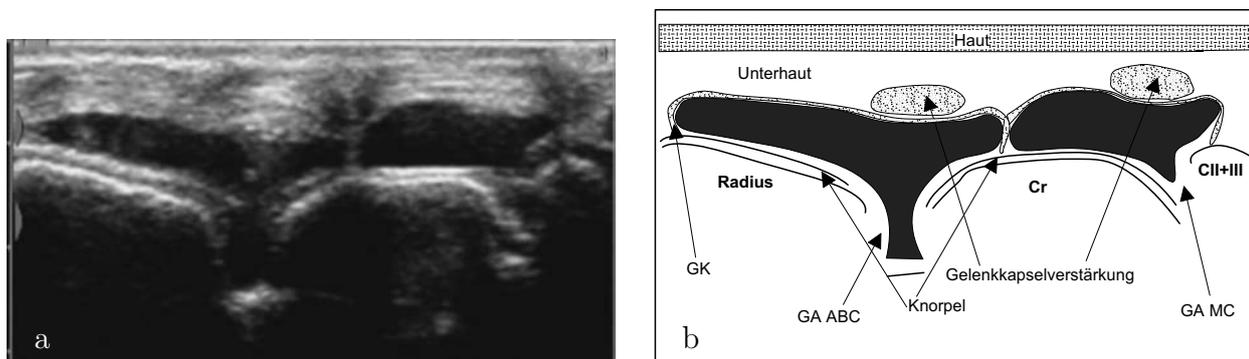


Abb. 3.55: Vermehrte Füllung der Articulatio antebrachioarpea und der Articulatio mediocarpea zwischen Musculus extensor carpi radialis und medialem Seitenband bei einem 2 Wochen alten Kalb der Rasse Deutsches Fleckvieh.

a) Ultraschallbild: Zwischen dorsomedialer und dorsaler Seite - E2 und E3 - vertikal.

b) Skizze: GK = Gelenkkapsel; GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea; MC = Articulatio mediocarpea; Cr = Os carpi radiale; CII+III= Os carpale secundum et tertium.

3.3.3 Zwischen dorsaler und dorsolateraler Schallkopfposition

Auch in die andere Richtung, sprich zwischen dorsaler und dorsolateraler Schallkopfposition, etwas näher zum Musculus extensor carpi radialis reichend, gelingt es meist problemlos pathologische Gelenkfüllungen nachzuweisen. Die Gelenkaussackungen (GA) liegen auch hier direkt unter der Unterhaut. Sie sind von eher pilzförmiger Gestalt. Die größte Ausdehnung weist stets die Articulatio antebrachioarpea (ABC) auf (Abb. 3.56). Bei starken Füllungszuständen berühren die sich echogen darstellenden Gelenkkapseln. In Anschnitten erkennt man die Gelenkkapselverstärkungen der dorsalen Seite. In Abb. 3.56 liegen sie den unphysiologisch gefüllten Gelenkaussackungen der Articulatio antebrachioarpea (ABC) sowie mediocarpea dorsal auf.

3.3.4 Laterale Schallkopfposition

Eine recht zufriedenstellende Darstellung von unphysiologisch gefüllten Gelenkaussackungen ist auch über dem Musculus extensor digitorum communis, zwischen diesen und dem Musculus extensor digitorum lateralis, sowie über letzterem möglich. Je weiter man nach lateral gelangt, desto geringer ist jedoch der Füllungszustand. Stellvertretend für diese Schallkopfpositionen findet sich hier das Sonogramm einer vermehrt gefüllten Articulatio antebrachioarpea (ABC) über dem Musculus extensor digitorum lateralis (Exdiglat)(Abb. 3.57). Von eher langgezogener Gestalt waren die pathologisch veränderten Gelenkaussackungen (GA). Sie liegen dicht unter der Sehne des Musculus extensor digitorum lateralis und berühren diese bei sehr starker Füllung der Gelenkrezessus. Auch zwischen den Gelenkkapsel der einzelnen Gelenkteilungen finden sich dann Berührungspunkte.

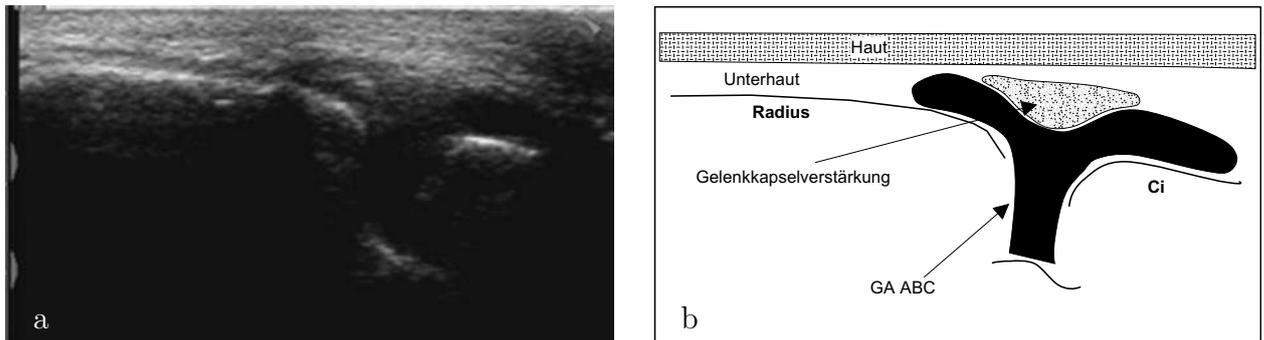


Abb. 3.56: Vermehrte Füllung der Articulatio antebrachio-carpea zwischen dem Musculus extensor carpi radialis und dem Musculus extensor digitorum communis bei einer 7-jährigen Kuh der Rasse Deutsches Fleckvieh.

a) Ultraschallbild: Zwischen dorsaler und dorsolateraler Seite - E2 - vertikal.

b) Skizze: GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachio-carpea; Ci = Os carpi intermedium.

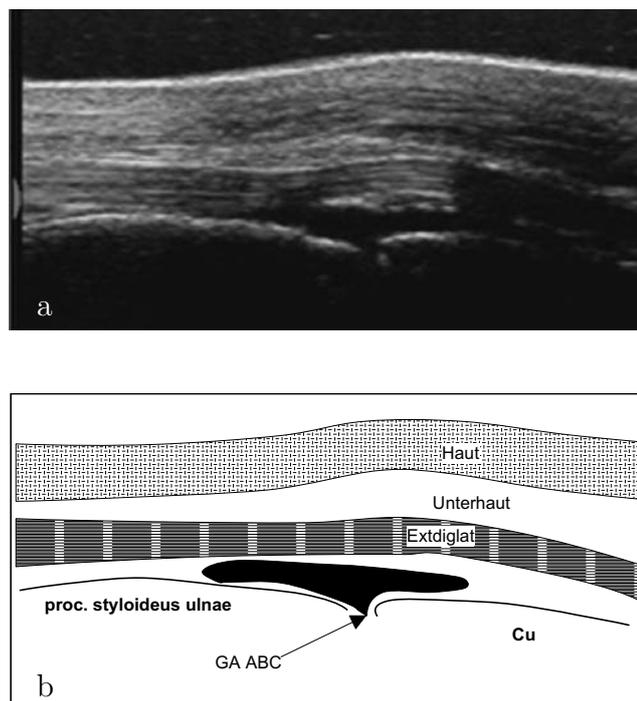


Abb. 3.57: Vermehrte Füllung der Articulatio antebrachio-carpea in Höhe des Musculus extensor digitorum lateralis bei einer 2-jährigen Kuh der Rasse Braunvieh.

a) Ultraschallbild: Laterale Seite - E2 - vertikal.

b) Skizze: GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachio-carpea; Extdiglat = Musculus extensor digitorum lateralis; Cu = Os carpi ulnare; proc. = Processus.

3.4 Klinische Fälle

Während der Anfertigung dieser Arbeit wurden 24 Patienten der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik mit Erkrankungen im Bereich des Karpus ultrasonographisch untersucht. In diesem Kapitel sollen beispielhafte Fälle näher besprochen werden. Die Numerierung der Fälle bezieht sich auf Tabelle 3.4 auf Seite 49.

3.4.1 Fallbeispiel 4

Das 2 Wochen alte weibliche Kalb der Rasse Deutsches Fleckvieh wurde wegen des Verdachtes auf eine Karpalgelenkentzündung in die Klinik eingeliefert. Dem Besitzer fiel eine zunehmende Verschlechterung der Belastung der rechten Vordergliedmaße auf. Das Kalb war zum Zeitpunkt der Einlieferung nicht vorbehandelt.

Das Kalb zeigte bei der Erstuntersuchung ein mittel- bis hochgradig gestörtes Allgemeinbefinden bei schlechtem Ernährungs- und Pflegezustand. Die Atemfrequenz war deutlich erhöht und die Atmung abdominal betont. Auskultatorisch zeigte sich die Lunge mittelgradig verschärft mit leichtem Giemen in den ventralen Abschnitten. Eine Körpertemperatur von 40,6°C wurde ermittelt. Der Kot war mittelbreiig, ockergelb und ohne Beimengungen. Die Nabelschnur war 10 cm lang und eingetrocknet. Weder extra- noch intraabdominal konnten Auffälligkeiten im Nabelbereich palpirt werden.

Nach dem Aufhebeversuch stand das Kalb auf drei Beinen. Die rechte Vordergliedmaße, die eine sehr ausgeprägte Muskelatrophie aufwies, wurde nicht belastet, sie „hing“ in gebeugter Haltung in der Luft und konnte auch passiv nicht vollständig gestreckt werden. Beim vorsichtigen Vorwärtsführen zeigte das Kalb eine hochgradige Stützbeinlahmheit (5/5). Der gesamte Karpalgelenkbereich war hochgradig umfangsvermehrt. Bei der Palpation konnte leichtes Schneeballknirschen ausgelöst werden. Dorsal im Bereich der Bursa praecarpalis fand sich eine im Durchmesser gut 1 cm große Aufbruchsstelle, aus der sich rahmig-zäher, gelbgrünlicher Eiter entleerte. Über diese Öffnung konnte auch auf knöcherne Strukturen sondiert werden. Im Bereich des Os carpi accessorium befand sich eine haselnußgroße, fluktuierende, nur noch von dünner Haut abgedeckte Umfangsvermehrung (Abb. 3.58)

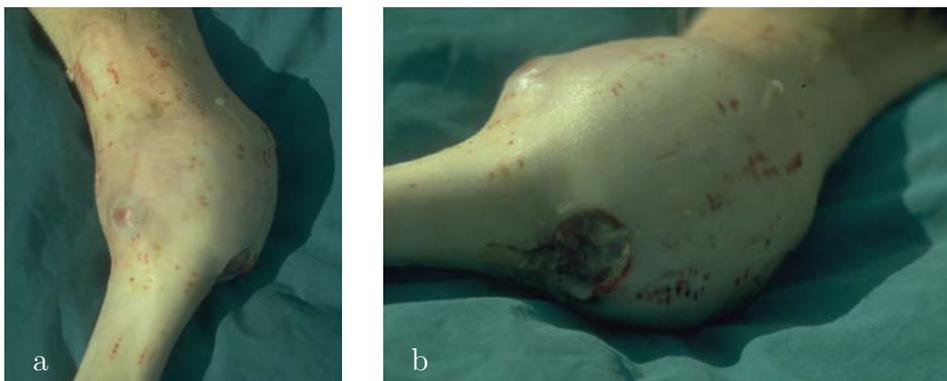


Abb. 3.58: Kalb der Rasse deutsches Fleckvieh, weiblich, 2 Wochen alt. Hochgradige Umfangsvermehrung des rechten Karpus mit dorsaler Aufbruchsstelle und Abszeßbildung im Bereich des Os carpi accessorium.

a) Ansicht von lateral.

b) Ansicht von mediodorsal

Daraufhin wurden die Gelenkbereiche durch eine Ultraschalluntersuchung dokumentiert. Einzelne Bilder sollen im Folgenden beschreiben werden:

Im vertikalen Sonogramm der Ebene E2 der dorsalen Seite (Abb. 3.59) ist ein hochgradig gefülltes Antebrachiokarpalgelenk (GA ABC) zu erkennen. Sein Inhalt ist inhomogen gestaltet und enthält neben anechogenen Arealen stark echogene Massen. Strömungsphänomene konnten nicht ausgelöst werden. Die Articulatio antebrachioarpea überziehend findet sich der Musculus extensor carpi radialis (Excarprad) als echogenes Band mit deutlich parallelen Faserverlauf. Seine Sehnenscheide (SS) ist geringgradig mit homogen echogenem Inhalt angefüllt und nur undeutlich von der Unterhaut zu unterscheiden. Ihr aufliegend findet sich die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abplong), dessen Sehnenscheide ultrasonographisch nicht vermehrt gefüllt erscheint. Der Radius (R) stellt sich als hyperechogene Reflexlinie mit Schallschatten dar. Seine Wachstumsfuge ist als Unterbrechung zu erkennen. Der dem Radius anliegende Gelenkknorpel stellt sich als geringgradig echoreiche Linie dar.

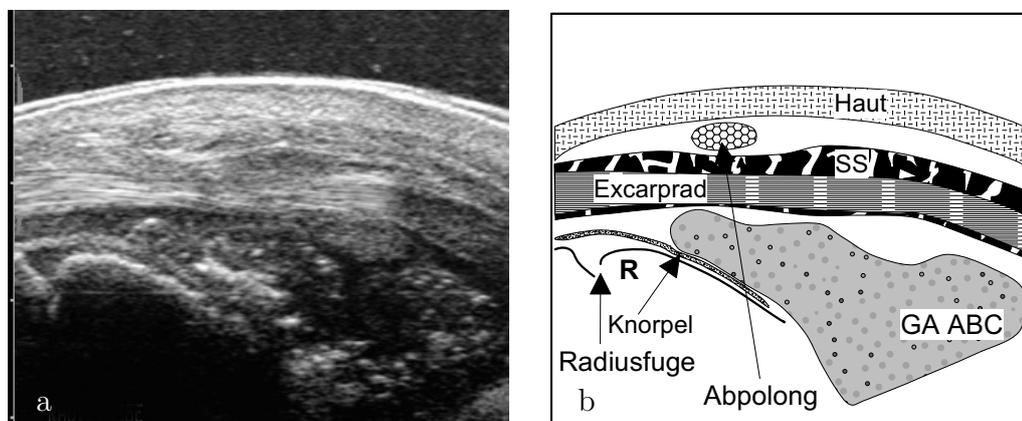


Abb. 3.59: Patient von Abb. 3.58; Fibrinös-purulente Arthritis der Articulatio antebrachioarpea mit geringgradig fibrinöser Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis im ultrasonographischen Bild.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E2 - vertikal

b) Skizze: Excarprad = Musculus extensor carpi radialis; SS = Sehnenscheide; Abplong = Musculus abductor pollicis longus; R = Radius; GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea.

Die Füllung der Articulatio antebrachioarpea (ABC) war auch im den Ebenen E2 und E3/vertikal zwischen der dorsalen und dorsolateralen Seite darzustellen (Abb. 3.60). Im Bild erkennt man zudem die sich deutlich vorwölbende Gelenkaussackung (GA) der Articulatio mediocarpea (MC). Beide Rezessus sind hochgradig mit körnig-inhomogen, echogenem Inhalt angefüllt. Letzterer läßt keine Strömungsphänomene zu. Die verdickte Gelenkkapsel ist als echoreiche, die Gelenkaussackungen umgebende Linie gut zu erkennen. Dies ermöglicht eine gute Abgrenzbarkeit vom Unterhautgewebe. Der Radius (R), das Os carpalum intermedium (Ci) sowie das Os carpalum secundum et tertium (CII+III) sind als hyperechogene Linie gut zu erkennen.

Im vertikalen Sonogramm der dorsolateralen Seite der Ebenen E3 und E4 (Abb. 3.61) zieht der Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als unterbrochenes, reflexreiches Band mit längsgerichtetem Faserverlauf nach distal. Seine Sehnenscheide (SS) ist geringgradig mit

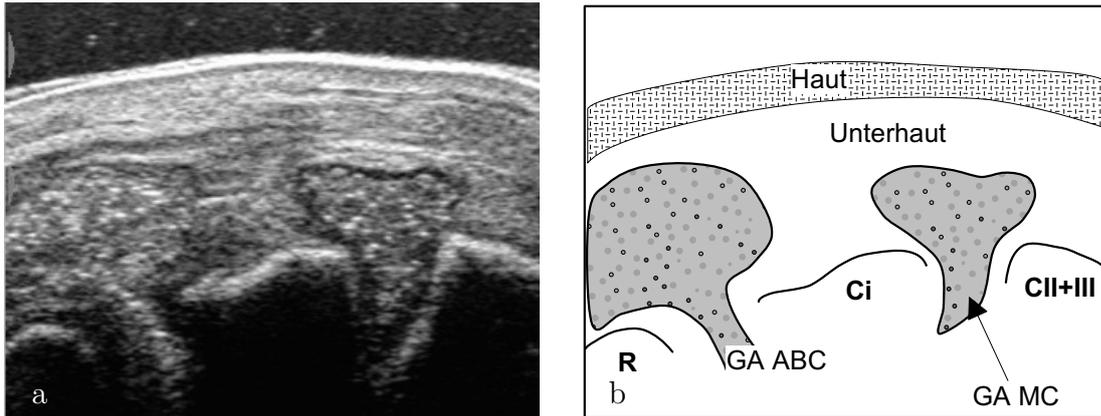


Abb. 3.60: Patient von Abb. 3.58; Fibrinös-purulente Arthritis der Articulatio antebrachioarpea und der Articulatio mediocarpea.

a) Ultraschallbild: Zwischen dorsaler und dorsolateraler Seite - E2 und E3 - vertikal.

b) Skizze: GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea; MC = Articulatio mediocarpea; R = Radius; Ci= Os carpi intermedium; CII+III= Os carpal secundum et tertium.

homogen echoreichem Inhalt gefüllt und nur mäßig vom umgebenden Gewebe zu unterscheiden. Sehr deutlich zu erkennen sind jedoch die stark gefüllten Gelenkaussackungen (GA) der Articulatio mediocarpea (MC) und der Articulationes carpometacarpeae (CMC). Ihr Inhalt ist von inhomogen echogener körniger Gestalt ohne auslösbare Strömungsphänomene. Das Os carpi intermedium (Ci), das Os carpal quartum (CIV) sowie das Os metacarpale IV (Mc) sind als echogene Linien mit dahinterliegender Schallauslöschung gut zu erkennen. Strukturdefekte der knöchernen Strukturen konnten nicht dargestellt werden.

Bei der Gelenkspunktion konnte keine Synovia gewonnen werden. Man hatte jedoch bei der Punktion das Gefühl, als ob man durch „Gummi“ stechen würde.

Die radiologische Untersuchung in lateromedialen und dorsopalmaren Strahlengang (Abb. 3.62) zeigt einen hochgradigen Weichteilschatten mit multiplen Gaseinschlüssen, der sich auch auf den palmaren Karpalgelenkbereich ausdehnt. Die Gelenkspalten aller drei Etagen sind deutlich verbreitert. Die distale Reihe der Karpalgelenkknochen wirkt nach dorsal luxiert. Alle am Gelenk beteiligten Knochen weisen unscharfe Knochenkonturen im Sinne einer beginnenden Osteolyse auf.

Aufgrund der erhobenen Befunde konnte folgende Diagnose gestellt werden: Hochgradig fibrinös-purulente Arthritis des Karpalgelenkes mit beginnender Osteolyse aller beteiligter Knochen und unter Einbeziehung der Sehnscheide des Musculus extensor carpi radialis und des Musculus extensor digitorum communis.

Aufgrund der sehr ungünstigen Heilungsaussichten wurde dem Besitzer zur Einschläferung des Tieres geraten.

Die pathologisch-anatomische Untersuchung bestätigte die erhobenen Befunde (Abb. 3.63). Alle drei Gelenketagen, vor allem auch die kaudalen Gelenkaussackungen waren hochgradig mit gelblich-grünen, fibrinösen, übel riechenden Massen ausgefüllt. Die Sehnscheide sowohl des Musculus extensor digitorum communis als auch des Musculus extensor carpi radialis wiesen ebenfalls fibrinösen Inhalt auf. An vielen Stellen war der Knorpel von den darunterliegenden brüchig veränderten Knochen abgelöst.

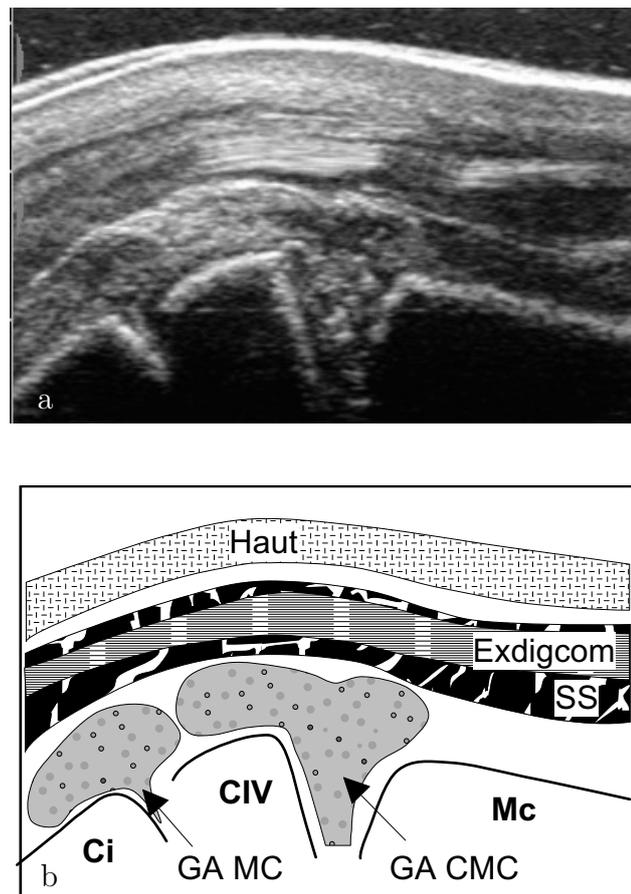


Abb. 3.61: Patient von Abb. 3.58; Fibrinös-purulente Arthritis der Articulatio mediocarpea und der Articulationes carpometacarpeae sowie fibrinöse Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus extensor digitorum communis.

a) Ultraschallbild: Dorsolaterale Seite - E3 und E4 - vertikal.

b) Skizze: Exdigcom = Musculus extensor digitorum communis; SS = Sehnenscheide; GA = Gelenkaussackung; MC = Articulatio mediocarpea; CMC = Articulationes carpometacarpeae; Ci = Os carpi intermedium; CIV = Os carpale quartum; Mc = Os metacarpale IV.



Abb. 3.62: Patient von Abb. 3.58; Rechter Karpus in lateromedialem (a) und dorsopalmarem (b) Strahlengang: hochgradige Weichteilschwellung mit Gasein-schluß; Verbreiterung aller Gelenkspalten; unscharfe Ränder aller am Gelenk beteiligter Knochen.

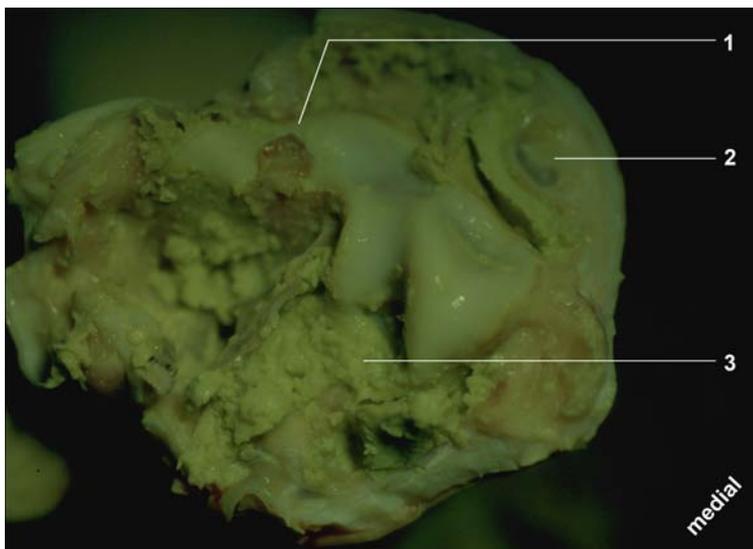


Abb. 3.63: Schnitt durch die Ebene E2: Hochgradig fibrinös purulente Arthritis; 1 = Knorpeldefekt am Radius; 2 = Musculus extensor carpi radialis mit fibringefüllter Sehnenscheide 3 = fibrinös käsige Massen in der palmaren Gelenkaussackung der Articulatio antebrachioarpea

3.4.2 Fallbeispiel 6

Das 1,5-jährige Jungrind der Rasse Deutsches Fleckvieh wurde aufgrund einer seit 3 Tagen bestehenden starken Schwellung des „linken vorderen Knies“, verbunden mit einer hochgradigen Lahmheit, vorgestellt. Es war vom Haustierarzt nicht vorbehandelt worden.

Bei Einlieferung zeigte das Tier ein deutlich reduziertes Allgemeinbefinden. Es lag vermehrt, zum Teil in Seitenlage, spielte mit Wasser aus dem Tränkebecken und knirschte mit den Zähnen. Die Atemfrequenz war erhöht und die Atemtätigkeit deutlich abdominal betont. Eine Erhöhung der Körpertemperatur (38.9°C) lag nicht vor. Der linke Buglymphknoten war geringgradig vergrößert, jedoch verschieblich. Im Stand hielt das Tier die Gliedmaße leicht angewinkelt ohne zu belasten. Beim Vorführen zeigte sich eine hochgradige Stützbeinlahmheit (4,5/5). Nur sehr selten tippte das Jungrind mit der Klauenspitze auf den Boden auf. Die Hinterbeine wurden deutlich unter den Körper gezogen, die Vorwärtsbewegungen waren eher „hüpfender“ Art.



Abb. 3.64: Fleckvieh-Rind, weiblich, 1,5 Jahre;
a) hochgradige Stützbeinlahmheit.
b) Karpalbeugehaltung im Stand.

Der Karpalgelenkbereich war stark umfangsvermehrt, derb und vermehrt warm. Im dorsalen Bereich war die Haut oberflächlich abgeschürft. Palpatorisch waren alle drei Gelenketagen vermehrt gefüllt. Im Bereich des Musculus extensor digitorum communis konnte auf Höhe der Articulatio antebrachio-carpea eine gut walnußgroße fluktuierende Umfangsvermehrung ertastet werden. Eine vollständige Streckung des Karpus war nicht möglich. Bei Beugung der Gelenke konnte eine dezente Krepitation ausgelöst werden.

In der sich anschließenden Ultraschalluntersuchung konnten folgende Befunde erhoben werden:

Die Abb. 3.65 auf der folgenden Seite zeigt ein horizontales Sonogramm der dorsolateralen Seite der Ebene E1. Man erkennt den medialen und lateralen Bauch des Musculus extensor digitorum communis als echoreiche runde, sehr eng beieinander liegende Strukturen. Die sie umgebende Sehnenscheide ist stark mit mittelgradig echogen inhomogen Inhalt angefüllt. Strömungsphänomene waren nur bedingt auslösbar. Das Retinaculum extensorum hebt sich

als echoreiches, die Sehne überziehendes Band gut vom echoreichen Unterhautgewebe ab. Eine exakte Trennung zwischen Haut und Unterhaut gelingt nur bedingt. Gut zu erkennen ist der Radius als hyperechogene Reflexlinie mit Schallschatten.

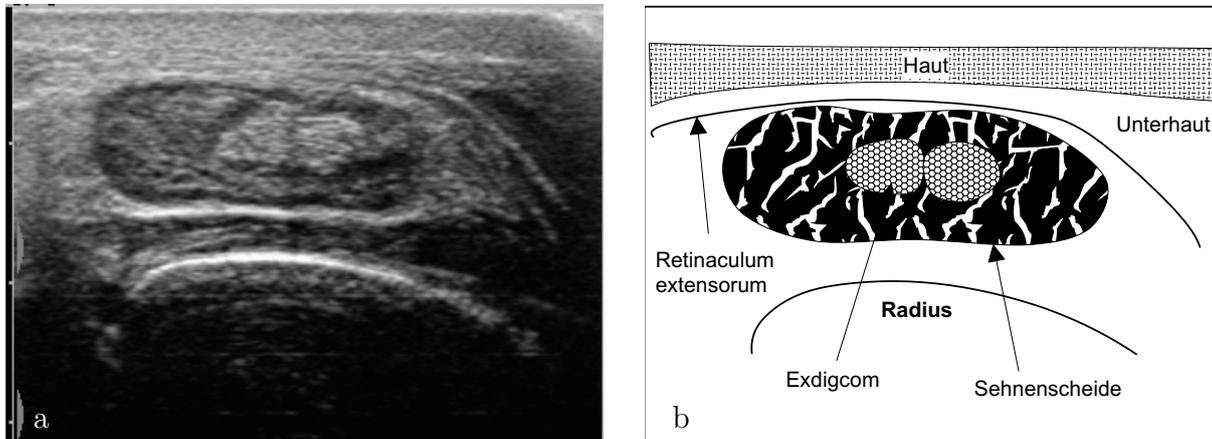


Abb. 3.65: Patient von Abb. 3.64; Fibrinöse Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus extensor digitorum communis:

- a) Ultraschallbild: Dorsolaterale Seite - Untersuchungsebene E1 - horizontal.
- b) Skizze: Exdigcom = Musculus extensor digitorum communis.

Die Abb. 3.66 auf nebenstehender Seite zeigt eine vertikale Ultraschallaufnahme des Übergangs zwischen Ebene E1 und E2, ebenso auf der dorsolateralen Seite. Die Sehne des Musculus extensor digitorum communis zieht als bandartige, echoreiche Struktur mit deutlich sichtbarem parallelem Faserverlauf nach distal. Strukturdefekte im Bereich der Sehne sind nicht zu erkennen. Auch im vertikalen Bild läßt sich das stark gefüllte Lumen der Sehnenscheide darstellen. Ihr Inhalt ist echolos mit einzelnen echogeneren Elementen. Ihre Wand stellt sich als echoreiche Linie dar. Auf ihrem Weg nach distal erfährt die Sehnenscheide auf Höhe der Articulatio antebrachio-carpea eine Kompression. Ihr aufliegend stellt sich ein ovales, echoreiches, recht gut abgegrenztes, in der Unterhaut liegendes Gebilde dar, welches mit der zu palpierenden walnußgroßen Umfangsvermehrung übereinstimmt. Die Gelenkaussackung der Articulatio antebrachio-carpea ist stark gefüllt. Der Erguß stellt sich vorwiegend echolos dar, enthält aber auch echogenere Massen. Die Trennung zwischen Gelenkkapsel und Sehnenscheidewand ist nicht eindeutig.

Auch die Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis wies pathologische Veränderungen auf. (Abb.3.67) Die Sehne des Musculus extensor carpi radialis ist hier als bandartige, echoreiche Struktur mit parallel ausgerichtetem Faserverlauf erkennbar. Die sie umgebende Sehnenscheide ist stark erweitert. Ihr Inhalt ist anechoisch mit einigen echogeneren Bereichen. Die dorsale Gelenkaussackung (GA) der Articulatio antebrachio-carpea ist hochgradig mit überwiegend anechoischem, zum Teil hypoechoischem Inhalt erweitert. Eine Trennung zwischen der Wand der Sehnenscheide und der Gelenkkapsel gelang nicht.

Auch dorsomedial war die Füllung der Gelenkaussackung (GA) der Articulatio mediocarpea (MC) darzustellen. (Abb. 3.68 auf Seite 166) Zwischen dem Os carpi radiale (Cr) und dem Os metacarpale secundum et tertium (CII+III) sieht man die echoreiche Gelenkkapsel (GK)

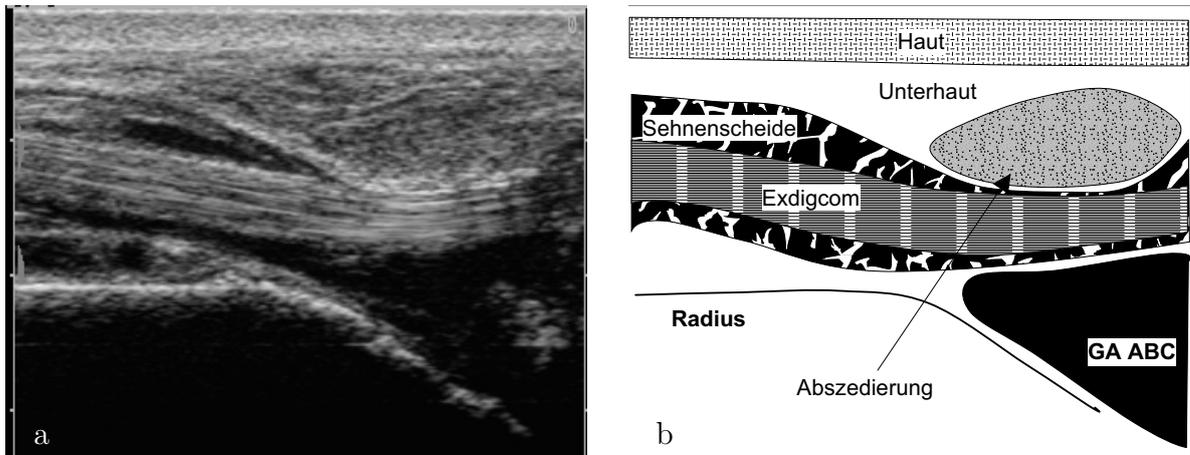


Abb. 3.66: Patient von Abb. 3.64; Fibrinöse Tendovaginitis der Sehnscheide des Musculus digitorum communis; serofibrinöse Arthritis der Articulatio antebrachioarpea; Unterhautabszedierung.
 a) Ultraschallbild: Dorsolaterale Seite - zwischen Untersuchungsebene E1 und E2 - vertikal.
 b) Skizze: Exdigcom = Musculus extensor digitorum communis; GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea.

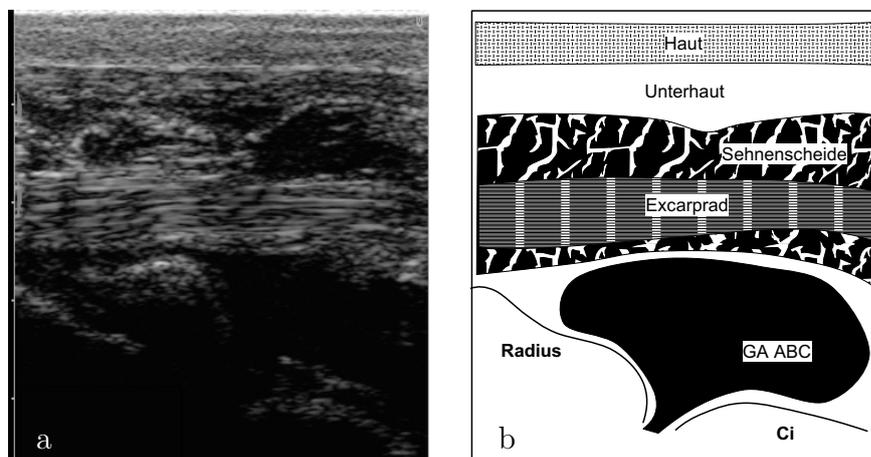


Abb. 3.67: Patient von Abb. 3.64; Fibrinöse Tendovaginitis der Sehnscheide des Musculus extensor carpi radialis; serofibrinöse Arthritis der Articulatio antebrachioarpea.
 a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Untersuchungsebene E2 - vertikal.
 b) Skizze: Excarprad = Musculus extensor carpi radialis; GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea.

mit viel inhomogen echogenem Inhalt angefüllt, pilzförmig bis an das mediale Seitenband hervorragen. Dem medialen Seitenband aufliegend findet sich die Sehne des Musculus abductor pollicis longus (Abpolong). Ihre Sehnenscheide (SS) zeigt sich als ausgeprägter echoloser Ring. Am Os carpi radiale sowie am Os carpale secundum et tertium zeigen sich Knochenläsionen, in Form einer unruhigen, teilweise unterbrochenen Knochenlinie.

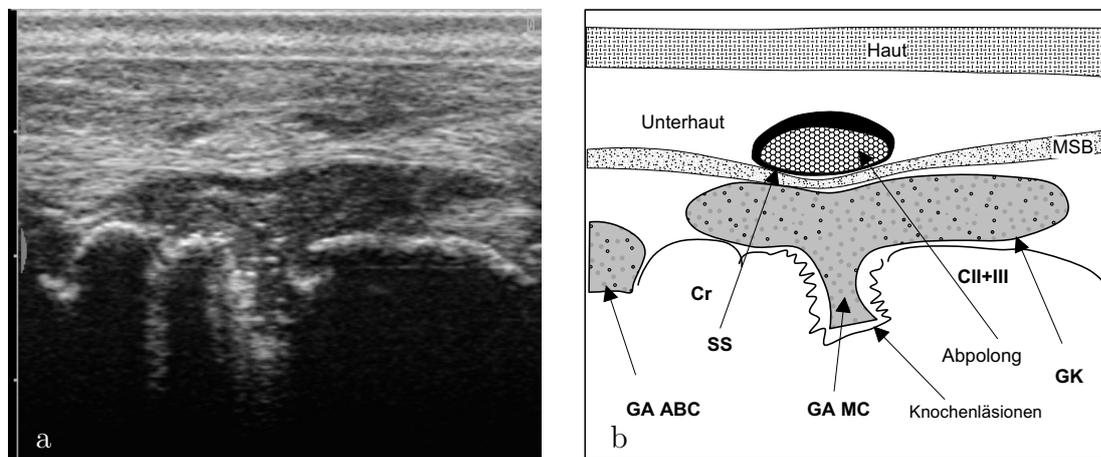


Abb. 3.68: Patient von Abb. 3.64; Fibrinöse Arthritis der Articulatio mediocarpea, seröse Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus abductor pollicis longus.

a) Ultraschallbild: dorsomedialer Aspekt: E3 - vertikal.

b) Skizze: Cr = Os carpi radiale; CII+III = Os carpale secundum et tertium; GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea; MC = Articulatio mediocarpea; GK = Gelenkkapsel; MSB = mediales Seitenband; SS = Sehnenscheide; Abpolong = Musculus abductor pollicis longus.

Im Anschluß an die Ultraschalluntersuchung wurden Röntgenaufnahmen (Abb. 3.69) angefertigt. Die lateromediale Aufnahme zeigt einen vor allem dorsal vergrößerten Weichteilschatten. Die Gelenkspalten der Articulatio mediocarpea und der Articulationes carpometacarpeae sind sehr deutlich verbreitert; jene der Articulatio antebrachioarpea nur geringgradig. Die Knochenränder des Os carpale secundum et tertium und des mediodorsalen Anteils des Os metacarpale tertium sind in der lateromedialen Projektion unscharf und rauh. Das Röntgenbild der dorsopalmaren Projektion zeigt einen osteomyelitischen Herd (siehe Pfeil) medial am Os carpale secundum et tertium sowie beginnende Osteolyseanzeichen am Os metacarpale tertium.

Die bei der Punktion gewonnene Gelenksynovia der Articulatio antebrachioarpea war deutlich vermehrt, von hellgelber Farbe, hochgradig getrübt, zäh und nicht fadenziehend. Ihr Geruch war unauffällig. Die labormedizinische Untersuchung ergab ein spezifisches Gewicht von 1,040, einen Eiweißgehalt von 74,8 g/l, einen Gehalt an Glucose von 0,06 mmol/l sowie einen Laktatgehalt von 9,99 mmol/l. Die Gesamtzahl der Leukozyten betrug 435.200 / μ ; darunter waren 6% Makrophagen und Synovialzellen sowie 94% segmentkernige Neutrophile. Bei der zytologischen Untersuchung der Gelenkflüssigkeit konnten in degenerierten Neutrophilen schmale, stäbchenförmige Bakterien nachgewiesen werden.

Zusammenfassend konnte aus den erhobenen Befunden folgende Diagnose gestellt werden: Hochgradig fibrinöse Karpitis mit Osteomyelitis im Bereich des Os carpale secundum et tertium; Tendovaginitis des Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis, des Musculus



Abb. 3.69: Röntgenaufnahmen zu Fall 6;

a) lateromedialer Strahlengang: ausgeprägter Weichteilschatten bei Weitstellung aller drei Gelenketagen.

b) dorsopalmarer Strahlengang: Weichteilschatten bei Weitstellung aller drei Gelenketagen; osteomyelitische Herd am Os carpale secundum et tertium (Pfeil); beginnende Osteolyse am Os metacarpale tertium

extensor digitorum communis sowie des Musculus abductor pollicis longus.

Aufgrund der ungünstigen Heilungsaussichten wurde dem Besitzer zur Einschläferung des Tieres geraten. Die pathologisch-anatomische Untersuchung bestätigte die erhobenen Befunde.

3.4.3 Fallbeispiel 12

Die 2 Jahre alte Kalbin der Rasse Deutsches Fleckvieh wurde aufgrund einer seit einer Woche bestehenden Lahmheit der linken Vordergliedmaße in die Rinderabteilung eingeliefert. Der Besitzer äußerte den Verdacht, das Tier könnte sich einen Zahn in die Klaue eingetreten haben.

Bei Einlieferung war das Allgemeinbefinden des Tieres fast ungestört. Die Kalbin war ruhig und aufmerksam und zeigte keine erhöhte Körpertemperatur (38,4°C). Die linke Vordergliedmaße wurde zur Entlastung leicht nach vorne gestellt. Beim Vorführen zeigte sich eine geringgradige Stützbeinlahmheit (2/5) vorne links.

Bei der Untersuchung der Klauen konnte an der medialen Klaue der linken Vordergliedmaße eine unkomplizierte Pododermatitis septica circumscripta axialis diagnostiziert werden. Der Verdacht eines Fremdkörperintritts lag nahe, ein solcher konnte jedoch nicht gefunden werden. Die laterale Klaue war unempfindlich.

Des weiteren zeigte sich an der linken Vordergliedmaße eine diffuse, gut zwei Handteller große, warme und bei Palpation deutlich schmerzhaft, teigige Umfangsvermehrung im Bereich des Musculus extensor carpi radialis proximal des Karpalgelenkes. Die Sehne des Musculus extensor carpi radialis war leicht gespannt und vermehrt warm, jedoch verschieblich gegenüber Haut und Knochen. Das Karpalgelenk war klinisch nicht vermehrt gefüllt.

Die sich anschließende ultrasonographische Untersuchung der Umfangsvermehrung lieferte folgende Bilder:

Das Sonogramm der dorsalen Seite der Ebene 1 (Abb. 3.70) zeigt die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Excarprad). Sie ist als bandartige, echogene Struktur mit ihren parallel angeordneten Faserbündeln zu erkennen. Zusammenhangstrennungen im Bereich der Sehne sind nicht sichtbar. Deutlich zeichnet sich die Wand der Sehnenscheide als echoreiche Linie ab. Ihr Lumen ist geringgradig mit einem inhomogen echogenen Erguß angefüllt. Der Radius ist als stark echogene Linie recht gut zu erkennen. Weiterhin auffällig ist die wabige Struktur des angeschwollenen, subkutanen Bindegewebes. Es besteht aus einer diffusen Verteilung von anechogenen Arealen unterschiedlicher Größe im echogenen Unterhautgewebe.

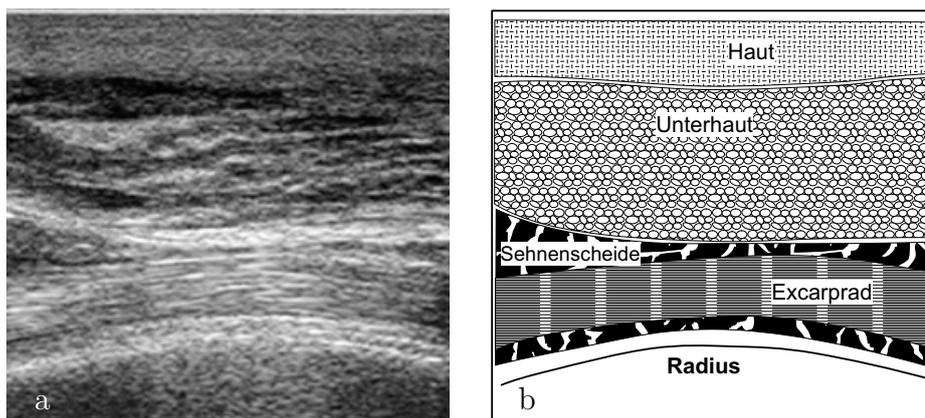


Abb. 3.70: Geringgradig serofibrinöse Tendovaginitis des Musculus extensor carpi radialis; subkutanes entzündliches Ödem.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - E1 - vertikal.

b) Skizze: Excarprad = Musculus extensor carpi radialis.

Auch im Horizontalbild der Ebene 1 der dorsalen Karpuskontur (Abb. 3.71) ist die waben-

artige Struktur der Subkutis gut zu erkennen. Der Musculus extensor carpi radialis (Excarprad) ist zum Großteil von echoarmen muskeltypischen Aussehen, zentral sind jedoch schon echogener sehnige Anteile darzustellen. Ihn umgebend erkennt man die Wand seiner Sehnenscheide gut als echoreiche Linie. Ein vermehrter Inhalt der Sehnenscheide (SS) ist jedoch nicht darstellbar.

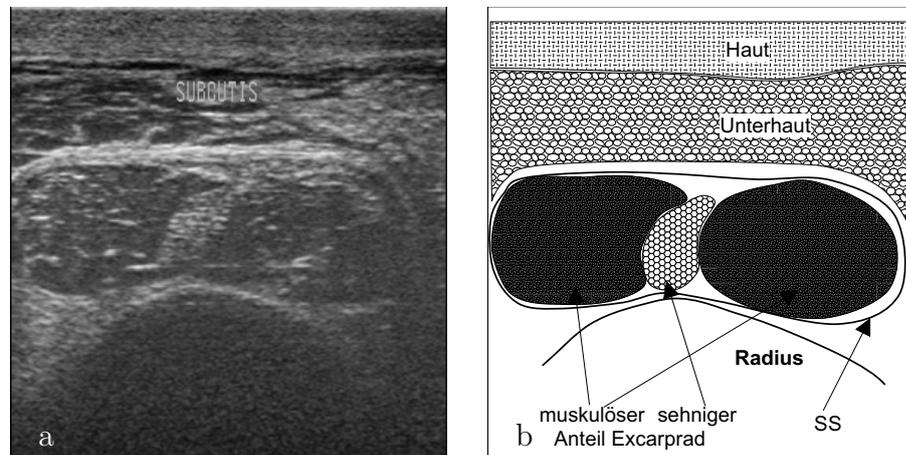


Abb. 3.71: Subkutanes entzündliches Ödem an der dorsalen Seite des Karpus.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - E1 - horizontal.

b) Skizze: Excarprad = Musculus extensor carpi radialis; SS = Sehnenscheide.

Auch dorsolateral sind die Veränderungen der Unterhaut noch darstellbar (Abb. 3.72). Der mediale und laterale Bauch der Sehne des Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) sind als sehr eng aneinanderliegende, rundliche, echoreiche Gebilde nicht sehr einfach vom umgebenden Gewebe zu differenzieren. Auch der Radius als reflexreiche Linie ist nur mäßig zu erkennen. Die Unterhaut stellt sich vor allem dorsal (linker Bildrand) diffus ausgeweitet dar. Zwischen echoreichen Strängen befinden sich unterschiedlich große anechogene Areale, die dem Ganzen ein wabiges Bild geben. Der Anteil und die Größe der anechogenen Räume in der Unterhaut nimmt nach lateral deutlich ab.

Unter Berücksichtigung aller erhobenen Befunde konnten folgende Diagnosen gestellt werden: Pododermatitis septica circumscripta axialis vorne links medial; geringgradige serofibrinöse Tendovaginitis des Musculus extensor carpi radialis; subkutanes entzündliches Ödem im dorsalen Bereich des distalen Radiusanteils.

Die Pododermatitis wurde unter Lokalanästhesie ausgeschnitten und bis zur vollständigen Verhornung ein Klauenverband angelegt. Zur Entlastung der erkrankten Klaue wurde auf der lateralen Klaue ein Kothurn angebracht. Die Behandlung des Ödems erfolgte mit einem bis zum Ellenbogengelenk reichenden, straffen hyperämiesierenden Salbenverband. Nach 12 tägigem Klinikaufenthalt mit mehrmaligem Verbandswechsel konnte die Kalbin zur vollständigen Heilung nach Hause entlassen werden. Das Ödem war deutlich zurückgegangen, das Geschwür an der Klaue zeigte gute Granulation.

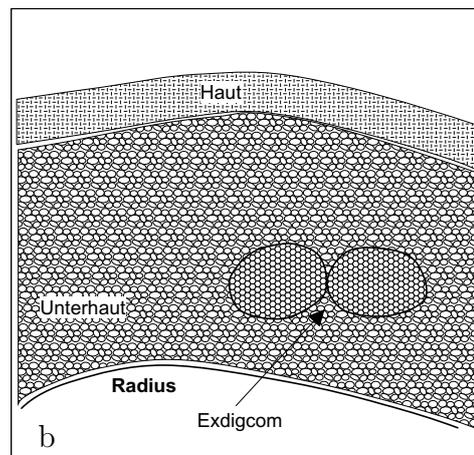
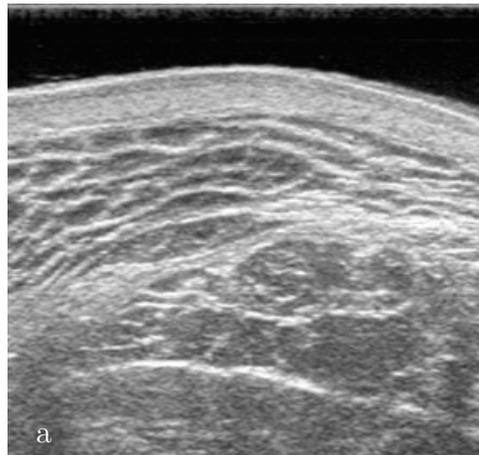


Abb. 3.72: Subkutanes entzündliches Ödem der dorsalen Karpusregion.

a) Ultraschallbild: Dorsolaterale Seite - E1 - horizontal.

b) Skizze: Exdigcom = Musculus extensor digitorum communis

3.4.4 Fallbeispiel 14

Das 1,5 Jahre alte Jungrind der Rasse Braunvieh wurde mit einer vor eineinhalb Wochen „durch Aufliegen“ entstandenen Verletzung des linken Vorderfußes vorgestellt. Eine Behandlung mit systemischer Gabe von Antibiotika war bereits erfolgt. Lokal war vom Besitzer homöopathische Salbe aufgetragen worden.

Das Allgemeinbefinden des Tieres war mittelgradig gestört. Es lag viel und erhob sich nur ungern. Im Stand versuchte es, die linke Vordergliedmaße zu schonen. Beim Vorführen zeigte es eine geringgradige Stützbeinlahmheit (2/5). Der Pansen war wenig gefüllt und kaum aktiv. Eine Erhöhung der Körpertemperatur lag nicht vor (38,3°C). Der Pflegezustand des Tieres war als schlecht anzusprechen. Es wies auf der linken Körperseite im Bereich des Oberschenkels, des Knies und des Tarsus Dekubitalstellen II. bis III. Grades auf. Ebenso wies der Brustbeinbereich einen großflächigen Dekubitus auf.

An der linken Vordergliedmaße fanden sich im palmaren Karpalgelenkbereich zwei nahezu kreisrunde Läsionen (Abb. 3.73). Die proximale Veränderung befand sich auf Höhe des Os carpi accessorium. Auf einem Durchmesser von ungefähr 10 cm fehlte die Haut und infiziertes, überschießendes Granulationsgewebe füllte den Wundbereich aus. Durch einen Fistelkanal konnte bis kurz vor das Os carpi accessorium sondiert werden. Eine knorpelige Struktur war zu ertasten, der Knochen erschien nur noch sehr dünn abgedeckt. Auch die distale Wunde, welche sich auf Höhe des proximalen Metakarpusanteils befand, war von kreisförmiger Gestalt (Durchmesser 5 cm) und mit infiziertem Caro luxurians angefüllt. Der oberflächliche Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis lag frei. Die Gelenktagen des Karpalgelenks waren nicht vermehrt gefüllt. Der Entzündungsprozeß schien noch nicht in das Gelenk eingebrochen zu sein.



Abb. 3.73: palmare Ansicht der Wunden des klinischen Falls Nummer 14

Bei der sich anschließenden Ultraschalluntersuchung konnte im vertikalen Sonogramm der Ebenen E2, E3 und E4 der dorsolateralen Seite (Abb.3.74) der Musculus extensor digitorum communis (Exdigcom) als echoreiches Band mit längsgerichteten Faserverlauf dargestellt werden. Zwischen dem Radius (R), dem Os carpi intermedium (Ci), dem Os carpale quartum (CIV) sowie dem Os metacarpale quartum (Mc) stellen sich die Gelenkaussackungen (GA) der Articulatio antebrachioarpea (ABC), der Articulatio mediocarpea (MC) sowie der Articulationes carpometacarpeae (CMC) als sehr kleine pilzförmige Areale mit echolosem Inhalt dar. Ihr Füllungszustand ist als physiologisch anzusehen.

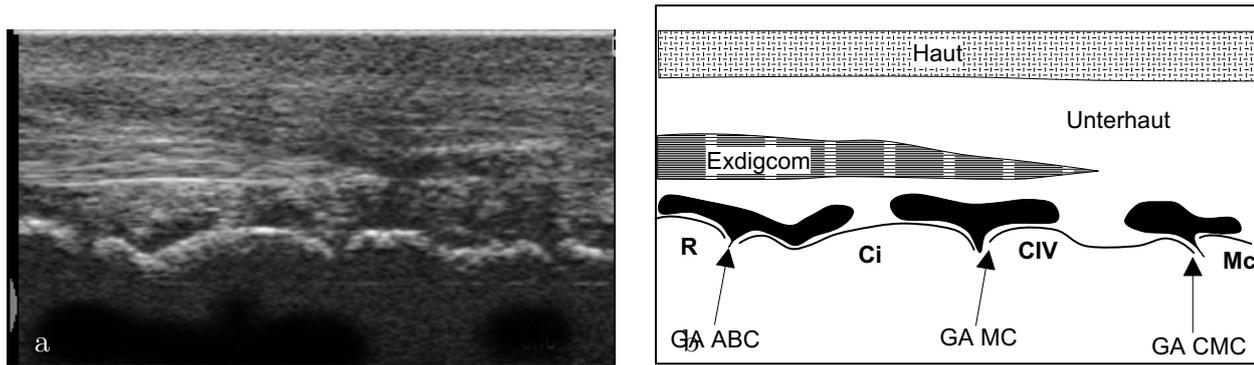


Abb. 3.74: Karpalgelenk von Abb.3.73: Physiologisch gefüllte Gelenkaussackungen auf Höhe der dorsolateralen Seite.

a) Ultraschallbild: Dorsolaterale Seite - E2, E3 und E4 - vertikal.

b) Skizze: GA = Gelenkaussackung; ABC = Articulatio antebrachioarpea; MC = Articulatio mediocarpea; CMC = Articulationes carpometacarpeae; R = Radius; Ci = Os carpi intermedium; CIV = Os carpal quartum; Mc = Os carpal quartum; Exdigcom = Musculus extensor digitorum communis.

Zum Ausschluß knöcherner Veränderungen wurden Röntgenaufnahmen (Abb. 3.75) in dorsopalmarer, lateromedialer sowie in dorsolateraler schräg nach palmaromedial gerichteter Strahlenrichtung angefertigt. Der Weichteilschatten konzentriert sich auf den palmaren Bereich des Karpus. Eine Verbreiterung der Gelenkspalten kann in keiner der Aufnahmen festgestellt werden. Die in den Fistelkanal eingeführte Sonde kam knapp vor dem Os carpi accessorium zu liegen. Im Bereich der Sondenspitze weist es eine kleine Rauigkeit auf. Osteolytische Veränderungen sind jedoch nicht auszumachen.

Die Befunde zusammenfassend konnte folgende Diagnose gestellt werden: tiefreichende Verletzungen im palmaren Bereich des Karpalgelenkes ohne Gelenkbeteiligung, multiple Dekubitalstellen.

Trotz vorsichtiger Heilungsaussichten - Gefahr des Einbruchs des Entzündungsprozesses in das Gelenk sowie Übergreifen auf das Os carpi accessorium und dem Risiko der weiteren Ausdehnung der Dekubitalstellen - wünschte der Besitzer einen Behandlungsversuch. In Sedation mit Xylazin und unter lokaler Stauungsanästhesie wurde eine Wundrevision durchgeführt. Ein Teilstück des oberflächlichen Bauches des Musculus flexor digitorum superficialis musste entfernt werden. Die Oberfläche des Os carpi accessoriums wies eine leichte schwärzliche Verfärbung auf und wurde kurrettiert. Nach ausgiebiger Spülung des aufgefrischten Wundgebiets einschließlich der freiliegenden Sehnenscheide mit steriler Natriumchloridlösung sowie eines antibiotikahaltigen Zusatzes wurde die Wunde teilweise primär verschlossen und eine Penrose-Drainage eingelegt. Nach Auflegen einer beschichteten Gaze wurde ein Scotchcastverband bis zum Ellenbogengelenk angelegt. Die übrigen Dekubitalstellen wurden gesäubert, nekrotisches Gewebe abgetragen, mit Salben versorgt und wo möglich Verbände angelegt. Des weiteren erhielt das Jungrind Antibiotika systemisch. Nach dreiwöchigem Klinikaufenthalt mit mehrmaligen Verbandswechseln und Wundtoiletten der Dekubitalstellen konnte das Tier die Klinik mit einem als Schale angelegten Scotchcastverband verlassen. Das Os carpi accessorium war abgedeckt, die Wunde zeigte sehr gute Granulationstendenz und die Dekubitalstellen befanden sich in Abheilung.

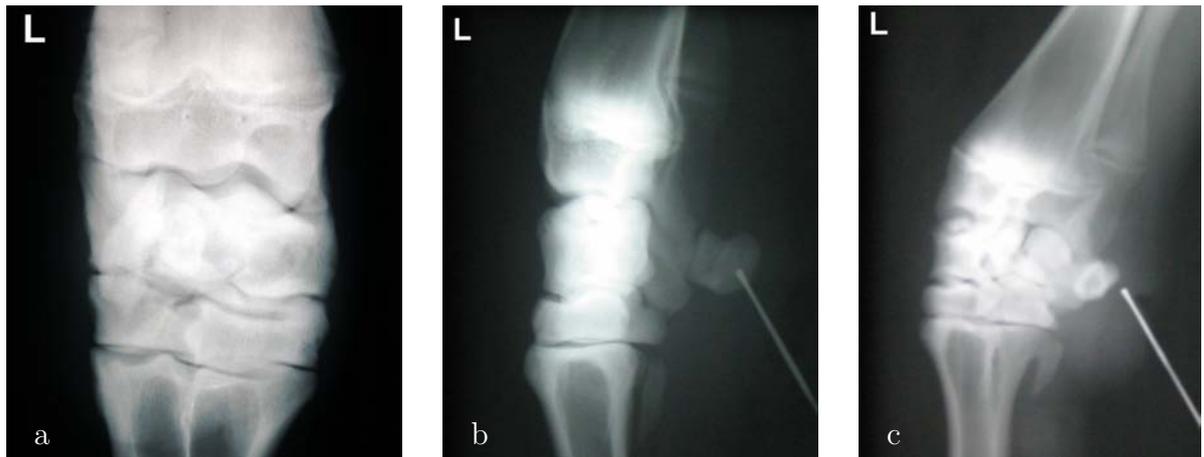


Abb. 3.75: Röntgenbilder zu Fall 14.

- a) dorsopalmarer Strahlengang: Gelenkspalten aller drei Etagen eng.
- b) lateromedialer Strahlengang: deutliche Weichteilschwellung im palmaren Karpusbereich.
- c) dorsolateral-palmaromedialer Strahlengang: Sonde erreicht Os carpi accessorium nicht; Os carpi accessorium geringgradig rauh.

Nach insgesamt zweieinhalb Monaten wurde uns das Tier nochmals ambulant vorgestellt. Es ging lahmheitsfrei und die Dekubitalstellen befanden sich in guter Heilung. Die Wunden im palmaren Karpalgelenkbereich befanden sich in guter Granulation. Die Größe der proximalen Wunde war auf 3x4 cm zurückgegangen, die distale wies einen Durchmesser von 2 cm auf. Ein Fistelkanal konnte nicht mehr gefunden werden. Das Karpalgelenk war nicht vermehrt gefüllt.

3.4.5 Fallbeispiel 20

Ein 6 Monate alter männlicher Fresser der Rasse Deutsches Fleckvieh wurde vom Haustierarzt mit der Verdachtsdiagnose einer offenen Klauenbeinfraktur in die Klinik überwiesen. Zusätzlich war dem Besitzer eine Umfangsvermehrung im Bereich des „linken vorderen Knies“ aufgefallen.

Aufgrund einer offenen infizierten Klauenbeinfraktur hinten rechts lateral mit Beteiligung des Beugesehenapparates zeigte das Tier bei der Einstellungsuntersuchung ein mittelgradig gestörtes Allgemeinbefinden sowie eine hochgradige Stützbeinlahmheit. Die Körpertemperatur betrug 39,0°C. Der Ernährungszustand des Tieres war als schlecht anzusprechen.

Der Veränderung der Karpalgelenkregion wurde als Nebenbefund angesehen. Die linke Vordergliedmaße wurde voll belastet, auch beim Führen war keine Lahmheit zu beobachten. Im dorsalen Bereich des Karpus war eine Kleinkinderfaust-große (5x5 cm) Umfangsvermehrung zu erkennen. Sie war gut von der Umgebung abzugrenzen, nicht vermehrt warm und bei Palpation nicht schmerzhaft. Die sie überziehende Haut war intakt, jedoch etwas verdickt und von derber Beschaffenheit. Der Inhalt der Umfangsvermehrung war fluktuierend. Das Karpalgelenk sowie die Karpalgelenkstrecker waren palpatorisch unauffällig.

Die Ultraschalluntersuchung zeigte im vertikalen Sonogramm der dorsalen Seite der Ebene E1 und E2 (Abb. 3.76) den proximalen Rand der Bursa präcarpalis. Sie reicht mit ihrer Spitze bis in die Höhe des Radius. Ihre Wand ist verdickt und als echoreiche Linie gut von der Umgebung zu differenzieren. Ihr Inhalt ist echoarmer Natur mit einigen echoreichen Schwebeteilchen. Strömungsphänomene waren durch Kompression sehr deutlich auszulösen. Die Bursa liegt dem Musculus extensor carpi radialis (Excarpad) auf. Dieser ist nicht durchgehend dargestellt, da nicht an allen Stellen eine senkrechte Positionierung des Schallkopfes zum Faserverlauf möglich war. Er zeigt sich von echoreicher bandartiger Gestalt. Seine Sehnenscheide ist ebenso wie die Gelenkaussackungen der *Articulatio antebrachio-carpea* (ABC) und der *Articulatio mediocarpea* (MC) nicht darstellbar. Gut zu erkennen sind die echoreichen, Schallschatten auslösenden Linien des Radius, des *Os carpi intermedium* (Ci) und des *Os carpale secundum et tertium* (CII+III).

Die distale Begrenzung der Bursa liegt auf Höhe des proximalen Endes des *Os metacarpale tertium* (McIII)(Abb. 3.77). Aufgrund einer stärkeren Kompression durch den Schallkopf dominieren die echoreichen Schwebeteilchen bei geringerem echolosem Inhalt. Die Bursa ist von eher länglicher Gestalt. Die Abgrenzung vom umgebenden Gewebe gelingt dank der dicken echoreich dargestellten Kapsel leicht. Der Musculus extensor carpi radialis (Excarpad) zieht als echoreiches Band mit deutlich erkennbarer Faserstruktur an seine Ansatzstelle am *Os metacarpale tertium*. Bindegewebe verbindet die Wand des Schleimbeutels mit der Sehne. Weder die Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis noch die *Articulatio mediocarpea* (MC) oder die *Articulationes carpometacarpeae* (CMC) weisen einen vermehrten Füllungsstatus auf.

Unter Zusammenfassung der klinischen, sonographisch und palpatorisch erhobenen Befunde konnte folgenden Diagnose gestellt werden: chronisch-aseptische serofibrinöse Bursitis präcarpalis.

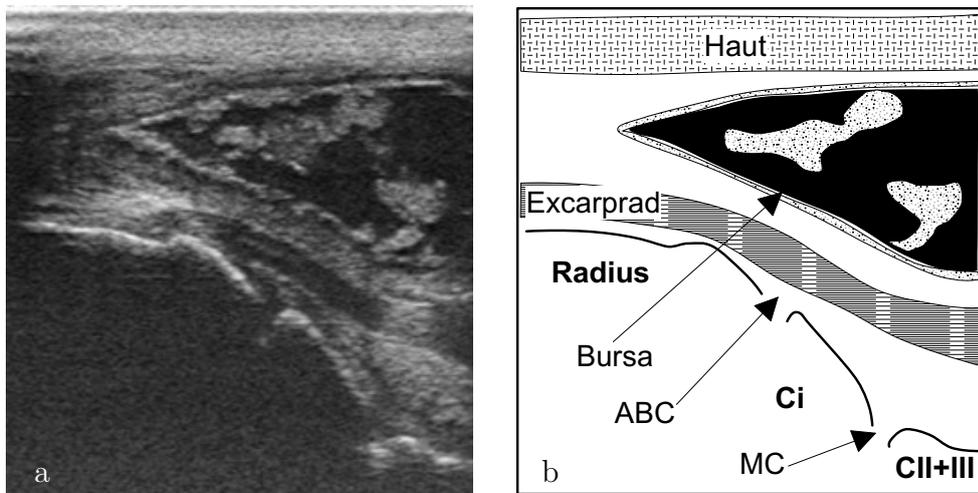


Abb. 3.76: Serofibrinöse Bursitis präcarpalis.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E1 und E2 - vertikal.

b) Skizze: Excarrad = Musculus extensor carpi radialis; ABC = Articulatio antebrachioarpea; MC = Articulatio mediocarpea; Ci = Os carpi intermedium; CII+III = Os carpale secundum et tertium.

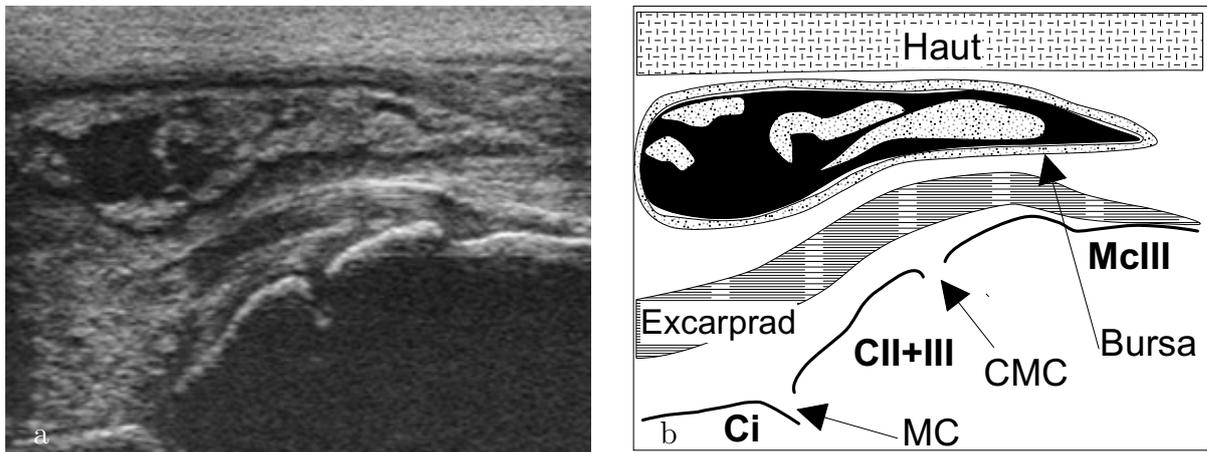


Abb. 3.77: Serofibrinöse Bursitis präcarpalis.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E3 und E4 - vertikal.

b) Skizze: Extcarprad = Musculus extensor carpi radialis; Ci = Os carpi intermedium; CII+III = Os carpale secundum et tertium; McIII = Os metacarpale tertium; MC = Articulatio mediocarpea; CMC = Articulationes carpometacarpeae.

3.4.6 Fallbeispiel 24

Die 8-jährige Kuh der Rasse Deutsches Fleckvieh wurde aufgrund einer seit 3 Wochen bestehenden Lahmheit, die sich auch durch systemische Antibiotikagabe seitens des Haustierarztes nicht besserte, in die Klinik überwiesen. Die letzte Kalbung lag 5 Monate zurück.

Das Tier zeigte ein hochgradig gestörtes Allgemeinbefinden und knirschte deutlich mit den Zähnen. Die Körpertemperatur war mit 39,5°C erhöht. Die Episkleralgefäße waren injiziert, die Schleimhäute blaß. Das Herz war bei physiologischer Frequenz recht kräftig, atemsynchron unregelmäßig und durch „Ausschleifen“ des ersten Herztones schlecht abgesetzt. Die Atemfrequenz war erhöht und die Atmung abdominal betont.

Die Kuh lag oft mit beidseits nach vorne gestreckten Vordergliedmaßen und zeigte Probleme sowohl beim Aufstehen als auch beim Niederlegen. Im Stand zeigte sie eine wechselseitige Entlastung sowohl der Hinter- als auch der Vorderbeine. Sie ging nur widerwillig vorwärts und zeigte einen hochgradig klammen Gang bei gemischter Lahmheit (4.5/5). Beide Vordergliedmaßen waren angelaufen und der kraniale Unterarmbereich bis hin zum Karpus mittelgradig umfangsvermehrt (Abb. 3.78) Die Palpation war deutlich schmerzhaft, das untersuchte Gebiet vermehrt warm und von derber Konsistenz. Eine genaue Differenzierung der einzelnen Strukturen gelang nicht. Das rechte Karpalgelenk wies palpatorisch eine deutliche Füllung auf. Bei der Untersuchung der Klauen mit Hilfe der Zange waren alle extrem druckempfindlich; beide lateralen Vorderklauen wiesen blutunterlaufenes Horn im Sohlenspitzenbereich auf.



Abb. 3.78: Fleckvieh-Kuh, 8 Jahre. Entzündung der Karpalgelenkstrecker. Deutliche dorsale Umfangsvermehrung des distalen Unterarmbereichs und der Karpalgelenkregion

Im Rahmen der weiterführenden Diagnostik wurde die linke Vordergliedmaße ultrasonographisch untersucht.

Das horizontale Sonogramm der dorsalen Seite der Ebene E4 (Abb.3.79) zeigt eine gefüllte Bursa präcarpalis. Ihre stark verdickte Kapsel ist als echogene Linie gut vom umgebenden Gewebe zu differenzieren. Ihr Inhalt ist von inhomogen echogener Gestalt; nur die Randbezirke zeigen sich deutlich echoärmer bis anechoisch. Strömungsphänomene waren nicht auslösbar. Das Os metacarpale tertium (Mc) kann man als mittelgradig echoreiche Linie mit jedoch undeutlicher Schallauslöschung erkennen. Weiterhin auffällig ist die doch recht echoreiche Unterhaut, die sich eher undeutlich von der Haut absetzt.

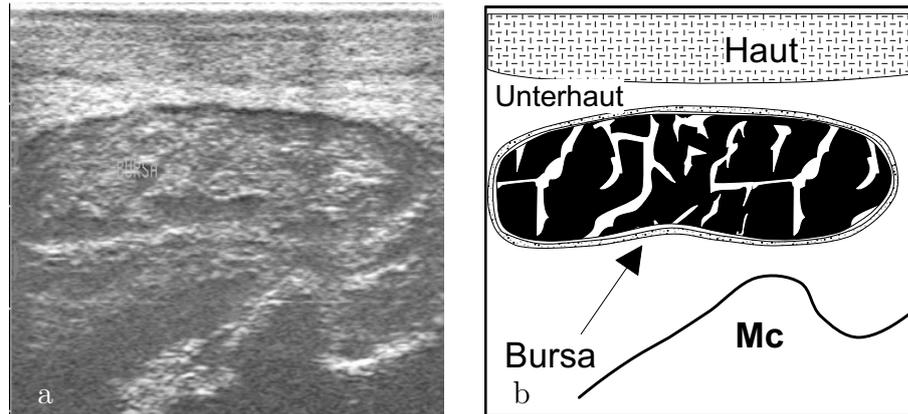


Abb. 3.79: Patient von Abb. 3.78; Fibrinöse Bursitis präcarpalis.
 a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E4 - horizontal.
 b) Skizze: Mc = Os metacarpale tertium.

Auf Höhe der Ebene E1 der dorsalen Seite erkennt man im horizontalen Sonogramm die Sehne des Musculus extensor carpi radialis (Excarprad) (Abb. 3.80). Sie ist von leicht inhomogener echogener Gestalt, wirkt unregelmäßig begrenzt und am Rand geringgradig echoärmer. Sie wird ringförmig von ihrer vermehrt gefüllten Sehnenscheide (SS) umgeben. Das Exsudat gestaltet sich eher echoarm. Vereinzelt finden sich echoreichere adhäsive Strukturen zwischen Sehne und Sehnenscheidewand. Auch in diesem Bereich ist eine vermehrte Echogenität der Unterhaut zu erkennen, die nur eine undeutliche Trennung zwischen ihr und der Haut zulässt.

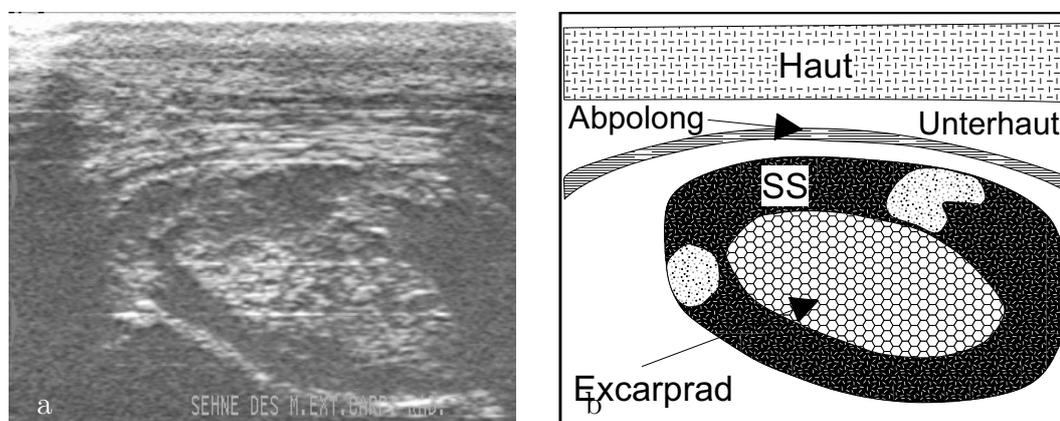


Abb. 3.80: Patient von Abb. 3.78; Tendinitis des Musculus extensor carpi radialis und serofibrinöse Tendovaginitis seiner Sehnenscheide.
 a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebene E1 - horizontal, Schallkopf geringgradig gekippt von lateral nach medial.
 b) Skizze: SS = Sehnenscheide; Excarprad = Musculus extensor carpi radialis; Abpolong = Musculus abductor pollicis longus.

Die starke Füllung der Sehnenscheide (SS) des Musculus extensor carpi radialis verdeutlicht auch die Ultraschallaufnahme der vertikalen Ebenen E3 und E4 der dorsalen Seite (Abb. 3.81).

Sie enthält inhomogen echoreiches Exsudat, ist jedoch gegenüber der Umgebung nur undeutlich abgegrenzt. In ihrem „Zentrum“ ziehen einzelne echoreiche Sehnenfasern des Musculus extensor carpi radialis in Richtung ihrer Ansatzstelle am Os metacarpale tertium (McIII). Im rechten Bildrand erkennt man den proximalen Rand der Bursa präcarpalis. Sowohl ihre echoreiche Kapsel als auch ihr inhomogen echogen gestalteter Inhalt sind gut zu erkennen. Eine Verbindung zwischen der Sehnen Scheide und der Bursa kann nicht dargestellt werden; ebenso wenig eine vermehrte Füllung der Articulatio mediocarpea zwischen dem Os carpi intermedium (Ci) und dem Os carpale secundum et tertium (CII+III).

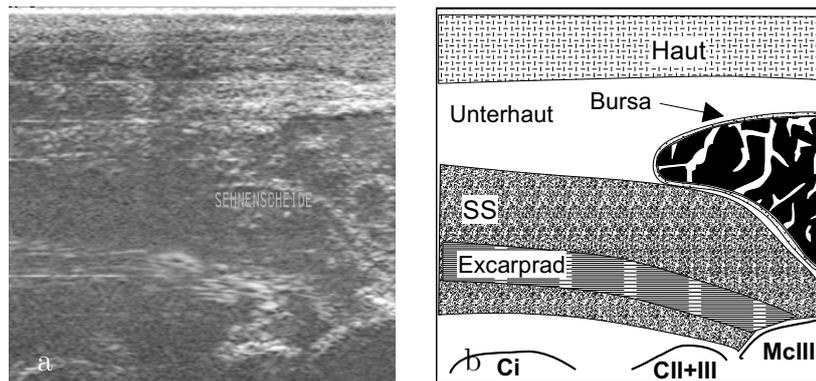


Abb. 3.81: Patient von Abb.3.78; Tendovaginitis der Sehnen Scheide des Musculus extensor carpi radialis und Bursitis präcarpalis; Verdacht auf Tendinitis.

a) Ultraschallbild: Dorsale Seite - Ebenen E3 und E4 - vertikal.

b) Skizze: SS = Sehnen Scheide; Excarprad = Musculus extensor carpi radialis; Ci = Os carpi intermedium; CII+III = Os carpale secundum et tertium; McIII = Os metacarpale tertium.

Als weiterführende Diagnostik wurde das bei der Palpation vermehrt gefüllt erscheinende rechte Karpalgelenk punktiert. Die Synovia war deutlich vermehrt, von honiggelber Farbe, hochgradig getrübt und nicht fadenziehend. Eine labordiagnostische Untersuchung wurde nicht durchgeführt. Eine eingeleitete hämatologische Untersuchung zeigte eine Erhöhung des Gesamteiweißgehaltes (96,4 g/l) bei einem Gehalt an γ -Globulinen von 44,5%.

Unter Berücksichtigung aller erhobener Befunde konnte folgende Diagnose formuliert werden: Entzündung der linken Karpalgelenkstrecker mit Bursitis präcarpalis, fibrinöse Karpitis rechts, akute Klauenrehe.

Aufgrund der sehr vorsichtigen Heilungsaussichten wurde dem Besitzer zur Einschläferung des Tieres geraten. Die sich anschließende pathologisch-anatomische Untersuchung der linken Vordergliedmaße (Abb. 3.82) bestätigte die erhobenen Befunde. Haut und Unterhaut waren massiv verdickt, sulzig, schwammig und schlecht von der Unterarmfaszie und den Muskeln zu lösen. Der Musculus extensor carpi radialis enthielt vermehrt helle Muskelfasern. Besonders im distalen Bereich wies seine Sehnen Scheide fibrinöse Massen und Blutkoagula auf. Die Bursa präcarpalis war angefüllt mit trüber Flüssigkeit, die sehr viele Fibrinflocken enthielt. Ihre Innenwand zeigte eine ausgeprägte Zottenbildung. Eine Verbindung zwischen Bursa und Sehnen Scheide konnte nicht gefunden werden. Als weiterer Befund wurde eine Endokarditis valvularis thromboticans der Mitralklappe diagnostiziert.

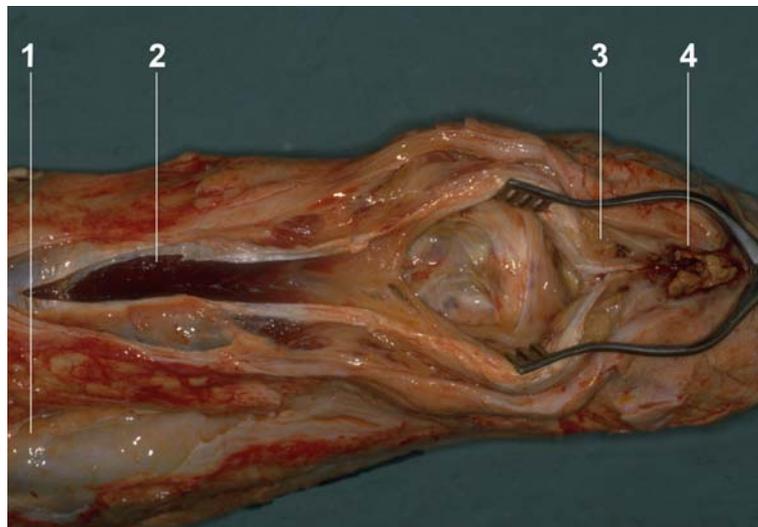


Abb. 3.82: Sektionsbild zu Fall 24: 1 = verdickte, sulzig, schwammige Unterhaut; 2 = Muskelfasern des Musculus extensor carpi radialis; 3 = Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis mit fibrinösem Massen angefüllt; 4 = Fibrinmassen in der Bursa præcarpalis, die ausgeprägte rote Zotten zeigt.

4 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit lag in der Erarbeitung eines standardisierten Untersuchungsgangs der Karpalregion des Rindes. Mit Hilfe der wassergefüllten Gelenkaussackungen sollten jene Ebenen und Lagebeziehungen herausgearbeitet werden, in denen unphysiologisch gefüllte Gelenkaussackungen am einfachsten und deutlichsten dargestellt werden können. Die so gewonnenen Ergebnisse sollten an Hand von klinischen Fallbeispielen angewandt werden.

4.1 Patientenvorbereitung, apparative Ausrüstung und Untersuchungsgang

Für eine zufriedenstellende und aussagekräftige Ultraschalluntersuchung war die Vorbereitung der Patienten von entscheidender Bedeutung (Rantanen, 1986). Im Gegensatz zu Flury (1996) und Schock (1997) wurden alle Karpalgelenke geschoren, rasiert und gründlich mit Wasser und Seife gereinigt (Cauvin et al., 1997; Tnibar et al., 1993; Budde, 1997; Kofler, 2000). Der zusätzliche Zeitaufwand einer Rasur muß meiner Meinung nach in Kauf genommen werden, da durch die Rasur vor allem bei adulten Rindern, und dort wiederum im dorsalen Karpalgelenkbereich, der sich häufig durch eine sehr dicke unebene und verschorfte Haut auszeichnet, eine optimalere, luftfreie Ankopplung des Schallkopfes erfolgen kann. Die Untersuchung erfolgte im Gegensatz zu Kofler (2000) am in Seitenlage am hydraulischen Kippwagen abgelegten Tier. Eine optimale ruhigstellende Fixierung des Tieres sowie des zu untersuchenden Beines konnte somit in allen Fällen, auch ohne Sedation oder andere Zwangsmaßnahmen gewährleistet werden.

Die Verwendung des aktiven Multifrequenz-Linearschallkopfes mit der Möglichkeit der Wahl zwischen 7,5 MHz und 5 MHz war von großem Nutzen. Der Vorteil eines Linearschallkopfes bei orthopädischen Untersuchungen liegt in seiner großen Auflagefläche, seiner hohen Auflösung im Nahbereich, seiner geometrietreuen Darstellung der Verhältnisse im Untersuchungsgebiet und der somit relativ einfachen Interpretation des entstandenen rechteckigen Ultraschallbildes (Poulsen Nautrup, 1998; Graf und Schuler, 1995; Kofler, 2002c; Mettenleiter und Frohnes, 2000). Die Möglichkeit der Erhöhung der Eindringtiefe durch Wahl der niedrigeren Frequenz war bei der Untersuchung des Karpaltunnelbereichs von adulten Tieren wichtig, da sonst tiefliegende Strukturen, wie der *Musculus flexor digitorum profundus*, nur unzureichend dargestellt werden konnten. Bei sehr stark bemuskelten Tieren war selbst eine Frequenz von 5 MHz nicht immer ausreichend, um in der Tiefe liegende Knochenstrukturen oder die palmaren Gelenkaussackungen exakt ultrasonographisch darzustellen. Ebenso erforderten bei adulten Tieren die Dicke der Haut im dorsalen Karpalgelenkbereich sowie starke Umfangsvermehrungen an erkrankten Karpalgelenken häufig eine Frequenz von 5 MHz,

um eine ausreichende Eindringtiefe ins Gewebe zu erreichen. Während Budde (1997) in ihrer Arbeit von verschiedenen Schallköpfen mit unterschiedlicher Frequenz Gebrauch machte, verwandten Kofler (2000), Tnibar et al. (1993) und Cauvin et al. (1997) bei ihren Untersuchungen der Karpalgelenkregion lediglich Linearschallköpfe mit einer Frequenz von 7,5 MHz.

Zur Vergrößerung des Abstandes zwischen Schallkopf und Haut und einer somit gewonnenen Verbesserung der Auflösung im Nahfeld durch Verlagerung schallkopfnaher Strukturen in den Fokusbereich sowie der Möglichkeit der Beurteilung der Haut empfahl sich die Verwendung einer Vorlaufstrecke (Biller und Myer, 1988; Poulsen Nautrup, 1998; Flückiger, 1997; Kofler, 1997b). Diesen Vorteil sowie den Ausgleich von Unebenheiten an der Oberfläche des Karpalgelenkes nutzten auch Mettenleiter und Frohnes (2000), Kofler (2000), Budde (1997), Tnibar et al. (1993), sowie Cauvin et al. (1997). Der Einsatz der Vorlaufstrecke im Rahmen dieser Arbeit erwies sich besonders bei der Untersuchung an Karpalgelenken von jungen Tieren als notwendig, da die knöchernen Unebenheiten doch recht eng zusammenliegen und eine verlustfreie Schallkopfkopplung sonst nicht hätte erfolgen können. Bei krankhaft umfangsvermehrten Gelenken kann in Übereinstimmung mit Kofler (1997b) häufig auf den Gebrauch einer Vorlaufstrecke verzichtet werden.

Der Nachteil der in dieser Arbeit verwendeten Aquaflex[®]- Gel Pads liegt im Umgang. Es ist nicht immer einfach dieses durch Kontaktgel oftmals etwas schlüpfrige Kissen mit der einen Hand und den Schallkopf mit der anderen Hand zu fixieren und zusätzlich über den Karpus zu führen. Für die Bedienung des Ultraschallgerätes ist zudem meist eine zweite fachkundige Person notwendig (Biller und Myer, 1988; Poulsen Nautrup, 1998). Eine handelsübliche, dem Schallkopf aufsetzbare Kunststoffvorlaufstrecke wäre hier von Vorteil gewesen.

Angelehnt an die Arbeiten von Budde (1997) und Mettenleiter (1995) wurde das Karpalgelenk in der vorliegenden Arbeit in 4 Ebenen unterteilt, die sich an tastbaren Punkten des knöchernen Karpus orientierten. Gegenüber dem auf metrischen Maßen beruhenden Zonensystem von Tnibar et al. (1993) liegt der Vorteil darin, dass der Untersuchungsgang unabhängig von der Größe und dem Alter des Tieres angewandt werden kann. Die Einteilung des Karpalgelenkes in die verschiedenen Untersuchungsebenen ermöglicht dem in der Karpalgelenksultrasonographie noch unerfahrenen Untersucher einen Vergleich der Befunde zu den im Ergebnisteil aufgezeigten Referenzbildern.

4.2 Muskeln, Sehnen, Sehnenscheiden und Bänder

Im Gegensatz zur Ultrasonographie im Bereich des Metakarpus und Metatarsus sowie in der Fesselgelenkgegend muß im Bereich des Karpus jede anatomische Struktur einzeln untersucht werden, wobei eine Palpation das Auffinden oft sehr erleichtert (Kofler, 2000; Tnibar et al., 1993). Eine Ausnahme von dieser Regel bildet der Karpaltunnelbereich.

Der *Musculus extensor carpi radialis* läßt sich bei allen Individuen vom Muskel-Sehnenübergang bis zu seiner Ansatzstelle an der Tuberositas des Os metacarpale tertium sowohl im Vertikal- als auch im Horizontalbild klar darstellen. Während Kofler (2000) in seinen Studien stets 7,5 MHz Linearsonden verwendet und mit diesen guten Bilder erzielt, war in der vorliegenden Untersuchung bei Rinder über 1,5 Jahren der *Musculus extensor carpi radialis* nur mit einer 5 MHz Sonde zufriedenstellend darzustellen. Die Ursache ist in der doch sehr dicken und rauhen adulten Rinderhaut im dorsalen Karpalgelenkbereich zu sehen. Beim Vorliegen einer ausgeprägten Bursa präcarpalis gestaltet sich eine klare sonographische

Darstellung der Sehne oft schwierig, teilweise ist sie unmöglich.

Seine Zweiteilung in einen medialen und einen lateralen Bauch ist bei der horizontalen Untersuchung des *Musculus extensor digitorum communis* in allen Ebenen erkennbar. Diese zwei parallel verlaufenden Sehnen konnte auch Kofler (2000) darstellen, wobei er keine detaillierten Angaben hinsichtlich ihrer vertikalen Darstellbarkeit machte. Wie schon Tnibar et al. (1993) und Budde (1997) bei ihren Untersuchungen an Pferden feststellten, bereitete auch beim Rind die vertikale Darstellung des *Musculus extensor digitorum communis* in seinem Verlauf über den Karpus keine großen Schwierigkeiten.

Im Gegensatz zu den beiden oben genannten Muskeln erfordert Darstellung des *Musculus extensor digitorum lateralis* ebenso wie beim Pferd in beiden Ebenen etwas Übung und Geduld (Budde, 1997; Tnibar et al., 1993). In Übereinstimmung mit Kofler (2000) gelingt die Darstellung am einfachsten, wenn man dem Muskel-Sehnenübergang nach distal folgt. Eine Unterscheidung von den kurzen und langen Anteilen des lateralen Seitenbandes gelingt trotz der nahezu gleichen Echogenität immer. Im distalen Karpalgelenkbereich in Höhe der Ebene E4 vereinfacht sich die Darstellung der Sehne dadurch, dass sich ihre Verlaufsrichtung stärker nach dorsal in Richtung des *Musculus extensor carpi radialis* orientiert und sie sich so etwas von lateralen Seitenband distanziert (Kofler, 2000).

Bei der Darstellung des *Musculus extensor carpi ulnaris* ergaben sich die am stärksten divergierenden Resultate zur bestehenden Literatur. Übereinstimmend konnte der Ansatz des Hauptastes der Endsehne am *Os carpi accessorium* im horizontalen Bild sowie die nach distal zunehmende Echogenität des Muskels im vertikalen Bild gut dargestellt werden. Während Kofler (2000) den palmar des *Musculus extensor digitorum lateralis* verlaufenden Nebenast zum *Os metacarpale quintum* nur schlecht vom umgebenden Gewebe abgrenzen kann, gelang in der eigenen Untersuchung eine Differenzierung von den umgebenden Anteilen des lateralen Seitenbandes nicht. Auch die von Tnibar et al. (1993) vorgeschlagene Untersuchung am abgebeugten Karpalgelenk bei gleichzeitiger Palpation brachte keine Verbesserung des Untersuchungsergebnisses.

Der ebenfalls am *Os carpi accessorium* ansetzende *Musculus flexor carpi ulnaris* läßt sich in horizontaler Schnittebene einfach als querovale, dem oberflächlichen Bauch des *Musculus flexor digitorum superficialis* aufliegende Struktur darstellen. Seine Darstellung im vertikalen Verlauf erfordert ein wenig Übung, ist jedoch relativ leicht zu bewerkstelligen. Bezüglich der Darstellbarkeit dieses Muskels finden sich bei Kofler (2000) keine genauen Angaben.

Für eine exakte Darstellung des oberflächlichen und tiefen Anteils des *Musculus flexor digitorum superficialis* wurde im Gegensatz zu Kofler (2001) wegen der höheren Eindringtiefe eine Schallfrequenz von 5 MHz gewählt. Sowohl der tiefe als auch der oberflächliche Bauch weisen bis in Höhe der *Articulationes carpometacarpeae* muskulöse Anteile auf, was auch Kofler (2000) in seiner Studie feststellen konnte. Diese Tatsache sollte man sich immer wieder vor Augen führen, um Fehldiagnosen im Sinne von Strukturdefekten an Sehnen zu vermeiden (Cauvin et al., 1997). Im horizontalen Schnittbild lassen sich die beiden Bäuche ab Ebene E2 klar voneinander unterscheiden. Vor allem der oberflächliche Anteil sticht durch sein charakteristisches Sonogramm heraus. Große Anteile muskulöser Fasern gruppieren sich als echoärmere Bezirke um zentrale streifenförmige echoreiche sehnige Anteile. „Speichenähnlich“ nennt Kofler (2000) dieses Muster. Der tiefe Bauch verläuft ab der Ebene E2 in der ihn nierenförmig umfassenden tiefen Beugesehne und ist leicht von dieser zu differenzieren. Für eine exakte Darstellung beider Bäuche in transversaler Schallrichtung muß man etwas Geduld und Erfahrung mitbringen, wie sich auch bei der Untersuchung von Pferden herausgestellt hat (Budde, 1997). Auch im sagittalen Sonogramm ist der oberflächliche Bauch anhand seines typischen

Aussehens, welches Kofler (2000) sehr treffend mit „federähnlich“ beschreibt, leicht zu identifizieren. Der tiefe Bauch ist häufig vom der Sehne des *Musculus flexor digitorum profundus* überlagert und nur schwer als isolierte Struktur darzustellen.

Im Gegensatz zum oberflächlichen Zehenbeuger enthält der *Musculus flexor digitorum profundus* nur bis in die Ebene E1 muskulöse Anteile. Im horizontalen Schnittbild der Ebene E1 sind die schon miteinander verschmolzenen, noch muskulösen Caput humerale und ulnare recht gut vom tiefer liegenden Caput radiale zu unterscheiden. Ab der Ebene E2 weist die tiefe Beugesehne Sehnencharakter auf und ist als echorreiche halbmondförmige Struktur gut zu identifizieren. Ihre Darstellung im vertikalen Sonogramm gelingt meist ohne größere Mühen und zeigt deutlich ihre nach distal zunehmende Echogenität. Die Angaben von Kofler (2000) bezüglich der Darstellbarkeit der tiefen Beugesehne sowie ihres Verlaufes über den bovinen Karpus sind sehr spärlich. Er erwähnt sie nur als eine innerhalb des Karpaltunnels verlaufende echogene Struktur, die er mit Hilfe eines 7,5-MHz-Linearschallkopfes ultrasonographisch untersucht hat. Im Gegensatz zu Kofler (2001) nutzten wir auch hier die höhere Eindringtiefe des 5-MHz-Schallkopfes.

Die Darstellung des *Musculus flexor carpi radialis* stellt in horizontaler Schnittebene kein größeres Problem dar. Entgegen der Angaben bei Kofler (2000) konnte er relativ leicht als echorreiche runde Struktur aus dem ihn umgebenden Bindegewebe isoliert werden. Geringgradige Probleme bereitete eher seine Unterscheidung vom medialen Seitenband. Die vertikale Darstellung benötigt etwas mehr Zeitaufwand, kann jedoch auch ohne dynamische Untersuchung (Budde, 1997) bis zu seiner Ansatzstelle zufriedenstellend erfolgen. Bezüglich der Darstellbarkeit in vertikaler Richtung äußert sich Kofler (2000) nicht.

In Anlehnung an die Arbeit von Tnibar et al. (1993) konnte der *Musculus abductor pollicis longus* nach einiger Einarbeitungszeit und mit viel Geduld dargestellt werden. Den Ausgangspunkt stellte die „Kreuzung“ des *Musculus abductor pollicis longus* mit dem *Musculus extensor carpi radialis* dar, der in Übereinstimmung mit Kofler (2000) proximal der *Articulatio antebrachio-carpea* zwischen der Ebene E1 und E2 liegt. Die Auffindung dieser Position bereitete keine Probleme. Ebenso gelang seine Darstellung sowohl im Horizontal- als auch im Vertikalbild in Richtung seines zwischen dem Radius und dem *Musculus extensor digitorum communis* liegenden Muskelbauches ohne besondere Schwierigkeiten. Die Verfolgung der Sehne in Richtung seiner Ansatzstelle am *Os metacarpale tertium* erfordert vor allem in der vertikalen Schnittebene einiges an Ausdauer und gelingt auch nicht immer. Im Gegensatz zu Budde (1997), die am equiden Karpus den *Musculus abductor pollicis longus* nicht als isolierte Struktur sonographisch darstellen konnte, kann Kofler (2000) zugestimmt werden, der diesen Muskel in beiden Ebenen als dünne und sanfte Struktur ausfindig machen konnte, wobei er sich nicht zu speziellen Techniken oder Zeitaufwand äußert.

Unter physiologischen Gegebenheiten konnte in Übereinstimmung mit Kofler (2001) weder das Lumen noch die Wand der Sehnenscheiden im Bereich des bovinen Karpus ultrasonographisch dargestellt werden. In einigen sehr seltenen, jedoch nicht pathologischen Fällen zeigten sich im Verlauf des *Musculus extensor carpi radialis*, des *Musculus extensor digitorum communis* sowie des *Musculus extensor digitorum lateralis* die Sehnenscheiden als unvollständige, sehr schmale halbmondförmige echolose Areale, deren Wandung jedoch nicht zu erkennen war. Auch Kofler (2000) konnte in seiner Studie im Bereich der oben genannten Muskeln sowie des *Musculus extensor carpi radialis* unter physiologischen Gegebenheiten unter einem Millimeter weite, jedoch eher rundliche anechogene Bezirke darstellen. Beim equinen Karpus fanden Tnibar et al. (1993), dass die Sehnenscheide der dorsal und lateral

gelegenen Muskeln einschließlich des *Musculus abductor pollicis longus* bei allen Pferden bei physiologischen Füllungszuständen zu identifizieren waren.

Bei der Darstellung des *Ligamentum collaterale laterale* konnten die bei Kofler (2000) und Tnibar et al. (1993) genannten Probleme der Unterscheidung des lateralen Seitenbandes vom *Musculus extensor digitorum lateralis* sowie vom umgebenden Gewebe nicht nachvollzogen werden. Vor allem im horizontalen Schnittbild sind neben dem langen oberflächlichen Schenkel teilweise auch die kurzen Anteile zu erkennen. Für eine exakte Darstellung des Seitenbandes in vertikaler Richtung muß die strikt proximodistale Schallkopfausrichtung verlassen werden und eine geringgradige Ausrichtung des Schallkopf nach palmar erfolgen.

Ebenso wie das laterale Seitenband birgt auch die Darstellung des *Ligamentum collaterale mediale* keine allzu großen Schwierigkeiten in sich. Übereinstimmend mit Kofler (2000) stellt es sich im Transversalschnitt als „halbmondförmige“ echoreiche Struktur dar. Eine Unterscheidung der oberflächlichen und tiefe Anteile sowie eine Isolierung des medialen Verstärkungsstrangs gestaltete sich nicht immer einfach und war teilweise nicht möglich. Eine Darstellung im vertikalen Sonogramm war meist zufriedenstellend zu bewältigen.

Von der Vielzahl der Bandstrukturen des Karpus des Rindes konnte nur noch das *Ligamentum accessoriometacarpeum* sonographisch dargestellt werden. Es zieht in Ebene E3 und E4 an der lateropalmaren Seite des Karpus vom *Os carpi accessorium* zu *Os metacarpale quintum* und ist im Horizontal- sowie im Vertikalbild deutlich vom umgebenden Gewebe zu differenzieren.

Während Kofler (2000) das *Retinaculum flexorum* als flaches echogenes, den oberflächlichen vom tiefen Bauch des *Musculus flexor digitorum profundus* trennendes Band darstellen konnte, gelang in der vorliegenden Studie weder die Darstellung des *Retinaculum flexorum* noch die des *Retinaculum extensorum*, welches auch Kofler (2000) nicht vom angrenzenden Gewebe isolieren konnte.

4.3 Nerven und Blutgefäße

Eine exakte Differenzierung des in unmittelbarer Nachbarschaft zur *Arteria* und *Vena mediana* verlaufenden *Nervus medianus* vom angrenzenden Gewebe gelang nicht immer. In Übereinstimmung mit Cauvin et al. (1997) konnte er in horizontaler Schallkopfrichtung besser als echogene Struktur dargestellt werden. Als ovales, zum Teil leicht abgeplattetes echogenes Gebilde war er meist nur sehr undeutlich von der Sehne des *Musculus flexor digitorum profundus* sowie des tiefen Bauches des *Musculus flexor digitorum superficialis* zu unterscheiden. In seiner Abhandlung über die Sonographie des bovinen Karpus macht Kofler (2000) keine Aussage bezüglich des *Nervus medianus*. Als Zufallsbefund konnte einmal in Ebene E2 des dorsomedialen Aspektes der *Nervus musculocutaneus* als subkutan gelegene, jedoch nur sehr spärlich von der Umgebung abzugrenzende echoreiche ovale Struktur dargestellt werden (siehe hierzu Abbildung 3.46 auf Seite 139).

Die Darstellung der mediopalmar verlaufenden Blutgefäße lieferte in der vorliegenden Studie sowohl im Horizontal- als auch im Vertikalbild ein deutlich weniger eindrucksvolles sonographisches Bildmaterial als bei Kofler (2000). Die Darstellung der *Arteria mediana* war horizontal stets als echoloses unregelmäßig ovales Gebilde in unmittelbarer Nachbarschaft zum tiefen Bauch des oberflächlichen Zehenbeugers möglich. Eine befriedigende Isolierung der *Vena mediana* von den angrenzenden Strukturen gelang jedoch im Einklang mit Kofler (2000)

nicht immer. Ebenso wenig konnte die von Kofler (2000) häufig gefundene doppelte Anlage der Vena mediana sonographisch bestätigt werden. Die *Vena radialis*, nach Kofler (2000) das größte Blutgefäß der palmaren Karpalgelenkregion, konnte in der horizontalen Schnittebene nicht immer zufriedenstellend aus dem subkutanen Bindegewebe isoliert werden. Die sie begleitende *Arteria radialis* war meist nur undeutlich als eigenständiges Blutgefäß zu erkennen. Bezüglich ihrer Darstellbarkeit im Längsschnitt fanden sich nahezu dieselben Verhältnisse wie im Horizontalbereich. Eine Darstellung von Venenklappen glückte im Gegensatz zu Kofler (2000) nicht. Als Ursache für die wesentlich schlechtere Darstellbarkeit der Blutgefäße in der vorliegenden Arbeit ist die Lagerung der Patienten in Seitenlage mit straff fixierten Gliedmaßen zu diskutieren. Die Fixation erfolgte zumeist proximal des Karpus, so dass der Blutfluß in die Karpalgelenkregion zum Teil behindert war, wodurch sich eventuell vor allem die Darstellung der arteriellen Blutgefäße verschlechterte. Für die unbefriedigende Darstellung der Vena radialis spielte sicherlich häufig ein, wegen der sonst unzulänglichen Darstellung tieferliegender Strukturen, zu stark angedrückter Schallkopf eine Rolle, so dass es zu einer Komprimierung dieser sehr subkutan gelegenen Vene kam (Kofler, 1995a, 2000; Mauer et al., 1998). Des Weiteren sind die Beinvenen beim stehenden Tieren aufgrund der Schwerkraft etwas stärker gefüllt als beim liegenden Tier. Ein eigentlich unbeabsichtigter Vorteil der mangelhaften Darstellung der Blutgefäße läßt sich in einer deutlicheren Zeichnung der umliegenden Strukturen wie Sehnen oder Gelenkaussackungen sehen. Diese Strukturen zeigen im Bereich des bovinen Karpus potentiell häufiger pathologische Veränderungen als die Blutgefäße (Kofler et al., 1996).

Um ein sehr exaktes Sonogramm der Blutgefäße für eine Vermessung oder bei Verdacht einer krankhaften Veränderung zum Beispiel im Sinne einer Thrombophlebitis oder Venenthrombose zu erstellen, sollte man die Untersuchung am stehenden, leicht sedierten Rind durchführen. Eine einfache Unterscheidung von Venen und Arterien ist durch die Pulsation der Arterie und die Komprimierbarkeit der Venenwand gegeben (Kofler, 2002c, 1995a). Beim Vorhandensein eines entsprechenden Gerätes sollten die Vorteile der farbkodierten Dopplerechographie genutzt werden. Hierbei handelt es sich um eine schnelle und einfache Methode, eine Aussage bezüglich der Hämodynamik zu stellen. Ein großer Vorteil dieser Methode liegt in der Differenzierung von Gefäßen, die im zweidimensionalen Bild nicht erkannt werden können (Poulsen Nautrup, 1998).

4.4 Gelenkbildende Anteile

In Übereinstimmung mit Kofler (2001) sind die *Knochenoberflächen* von Radius und Ulna, jene der Karpalgelenkknochen der distalen und proximalen Reihe sowie die des Metakarpus als schmale echogene Linien mit distaler Schallauslöschung zu erkennen. Im longitudinalen Schnittbild der Knochen des Antebrachiums konnten bei Kälbern und Jungrindern die *Wachstumszonen* als kurze Unterbrechung der hyperechogenen Linie dargestellt werden (Kofler, 1997b, 2000). Bei ausgewachsenen Tieren fanden sich in der vorliegenden Arbeit im Bereich dieser Zonen vereinzelt minimale knöcherne Erhabenheiten. Am maximal gebeugten Karpalgelenk konnten Tnibar et al. (1993) in ihrer Studie an Pferden den *Gelenkknorpel* des Radius in transversaler Schnittebene als eine schmale anechogene Zone darstellen. Auch Schock (1997) konnte bei ihren Untersuchungen zur Sonoanatomie des Kniegelenks von Kälbern in Teilbereichen des Femurs und der Tibia hyalinen Gelenkknorpel erkennen. Bei der Füllung der Gelenkaussackungen eines 2 Wochen alten Kalbes sowie bei einer fibrinös-purulenten Arthritis eines ebenso alten Tieres, konnte in der vorliegenden Arbeit, sowohl im Bereich des Radius als auch des Os carpi radiale, Gelenkknorpel dargestellt werden. Bis zu welchem Alter und

wo am bovinen Karpus die sonographische Darstellung von gesundem Gelenkknorpel gelingt, bleibt trotzdem in dieser Arbeit und auch bei Kofler (2000) offen. Vor allem in Anbetracht der Möglichkeit, Knorpelläsionen frühzeitig sonographisch zu diagnostizieren (Schock, 1997; Kofler, 1997a; Tnibar et al., 1993), sollte diese Wissenslücke noch geschlossen werden.

Trotz der recht einfachen Darstellung oberflächlicher, knöcherner Strukturen kann die Sonographie die Röntgenuntersuchung als Mittel der Wahl bei der frühzeitigen Identifizierung von knöchernen Läsionen nicht ersetzen. Neben einem wesentlich höheren Zeitaufwand - konträr zu den Angaben von Kofler (1997a), liegen die Grenzen der Ultraschalldiagnostik zum einen in der fehlenden Möglichkeit, tieferliegende knöcherner Strukturen zu untersuchen (Siebert et al., 1999), zum anderen im häufigen Auftreten von Artefakten, die zu Fehlinterpretationen führen können (Nuss, 2000).

In beiden Ebenen zeigten sich die *Gelenkspalten* als Unterbrechung der Knochenoberfläche, wobei der Longitudinalschnitt die bessere Übersicht lieferte (Kofler, 2000). In seinen Arbeiten über den gesunden bovinen Karpus konnte Kofler (2001) sowohl palmar als auch dorsal die *Gelenkaussackungen* als schmale echofreie Areale auf Höhe der Gelenkspalten ausfindig machen. Ihm gelang die Darstellung der palmaren Gelenkaussackung im Bereich der *Articulatio antebrachio-carpea* in Form eines „Trapezes“, wohingegen die Gelenkaussackungen der *Articulatio mediocarpea* sowie der *Articulationes carpometacarpeae* von „trichterförmiger“ Gestalt waren. Die eher dreieckig geformten dorsalen Aussackungen waren von deutlich geringerem Ausmaß. Gegensätzlich zu Kofler (2000) konnten in der vorliegenden Arbeit die physiologisch gefüllten Gelenkaussackungen deutlicher mediadorsal, dorsal und lateral dargestellt werden. Ihre unzufriedenstellende Identifikation im palmaren Bereich in der vorliegenden Arbeit kann eventuell auf die unzureichenden Eindringtiefe des vorhandenen Schallkopfes zurückzuführen sein.

Bezüglich der Darstellbarkeit der gesunden *Gelenkkapsel* finden sich in der Literatur durchaus unterschiedliche Aussagen. Von heterogen echogenen Aussehen beschreibt Kofler (2000) die Gelenkkapsel sowie das Kapselfett des dorsalen Karpalgelenkaspekts, wobei er ihm die Trennung zwischen Gelenkkapsel und umgebenden Bindegewebe nicht immer leicht gelang. Über die Möglichkeiten der Darstellung der Gelenkkapsel in anderen Bereichen des Karpus äußert er sich nicht. In der vorliegenden Arbeit konnten im Bereich der dorsalen Karpalgelenkseite nur die fetthaltigen Gelenkkapselverstärkungen vom umgebenden Gewebe isoliert werden, die Gelenkkapseln waren auch an anderer Stelle nicht als eigenständige Strukturen zu erkennen. Im Gegensatz zu den Gegebenheiten beim Rind konnten sowohl Budde (1997) als auch Tnibar et al. (1993) die Gelenkkapsel mit ihren zwei Fettpolstern (Dietze und Rendano, 1984) auf Höhe der *Articulatio antebrachio-carpea* und der *Articulatio mediocarpea* an der dorsalen und lateralen Karpalgelenkseite ultrasonographisch darstellen.

4.5 Experimentelle Füllung von Gelenken

Die experimentelle Füllung von Gelenken verfolgte das Ziel, pathologische Füllungszustände zu simulieren und jene Schallkopfpositionen herauszuarbeiten, an denen am leichtesten und sichersten eine vermehrte Gelenkfüllung sonographisch dargestellt werden kann. Die bis zu einer optimalen Darstellung der Gelenkaussackungen injizierte Menge an Flüssigkeit entspricht im wesentlichen den in der Literatur gefundenen Angaben (Nuss, 2000; Gigov, 1964; Schraml, 1931). Allein die *Articulatio antebrachio-carpea* hatte bei den beiden adulten Tieren mit 50 ml ein höheres Fassungsvermögen, als bei anderen Autoren angegeben.

Prinzipiell ließ eine vermehrte Gelenkfüllung am einfachsten im longitudinalen Sonogramm darstellen, wobei bei Kälbern häufig alle drei Gelenktagen simultan dargestellt werden konnten. Die besten Untersuchungsergebnisse erzielt man, wenn man sich im Bereich der gebräuchlichen Punktionsstellen orientiert (Nuss et al., 2002; Nickel et al., 1992; Dirksen, 2002; Gigov, 1964; Desrochers et al., 1997; König und Liebich, 1999; Kofler, 2002b). So sind pathologisch ausgeweitete Gelenkaussackungen in ihrer typischen „pilzförmigen Gestalt“ (Kofler, 2000) meiner Meinung nach am einfachsten zwischen dem medialen Seitenband und dem Musculus extensor carpi radialis, zwischen ihm und dem Musculus extensor digitorum communis, sowie zwischen selbigem und dem Musculus extensor digitorum lateralis zu erkennen. Sie liegen in diesem Bereich direkt unter der Haut, die Echogenität ihres Inhaltes ist gut zu erkennen und eventuell vorhandene Strömungsphänomene sind leicht auszulösen. Diese entscheidenden Vorteile sprechen gegen die palmaren Aussackungen als „Stellen der Wahl“. Bei der Füllung aller drei Gelenktagen, kam es zur Berührung der Gelenkaussackungen untereinander. Ein Umstand den auch Nuss (2000) in seinen Kontrastmittelstudien feststellte. Diese enge Nachbarschaft kann im Krankheitsfall sicherlich den Übertritt von Erregern erleichtern und eine gleichzeitige Erkrankungen aller drei Gelenktagen bedingen (Munroe und Cauvin, 1994). Die in den Kontrastmittelstudien von Nuss (2000) deutlich sichtbare dorsale Ausbuchtung des Antebrachiocarpalgelenkes unter dem Musculus extensor carpi radialis konnte gut sonographisch dargestellt werden. Sie erreichte die Wachstumsfuge des Radius nicht. Die Ausbuchtungen zum Os carpi accessorium sowie zum Os metacarpale quintum waren meist nur schwer zu diagnostizieren. Gegensätzlich zu physiologischen Füllungszuständen konnte die Gelenkkapsel meist gut dargestellt werden, in seltenen Fällen gelang sogar die Darstellung von Synovialzotten.

Bei Füllung der *Articulatio antebrachioarpea* eines Präparates einer 2-jährigen Kuh der Rasse Braunvieh kam es zur gleichzeitigen Ausweitung der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis. Bei der anschließenden Präparation konnte eine im Dreieck zwischen dem Os carpi radiale, dem Os carpi intermedium und dem Radius liegende, kreisrunde Verbindung ausfindig gemacht werden. Während Gigov (1964) bei 30 % der untersuchten Rinder der Sofioter Landrasse ebenfalls eine Kommunikation feststellen konnte, fand Nuss (2000) nur bei einem an Polyarthritiden erkrankten Gallowaykalb eine direkte Verbindung dieser anatomischen Strukturen. Ob eine Verbindung der *Articulatio antebrachioarpea* und der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis bei bestimmten Rassen gehäuft auftritt oder eine zufällige Verteilung in der Rinderpopulation vorhanden ist, müßte an einer größeren Probandenzahl untersucht werden.

4.6 Pathologische Zustände am Karpus

Gelenkentzündungen gehen immer mit einer Flüssigkeitsansammlung im Gelenkraum einher, häufig unter Einbeziehung von periartikulären Strukturen. Da bei einem gesunden bovinen Gelenk die Gelenkrezessus aufgrund ihrer geringen Synoviamenge meist nur undeutlich ultrasonographisch dargestellt werden können, kann bei einer vermehrten Füllung von einer Arthritis ausgegangen werden (Kofler, 1997a,b). Anhand des sonographischen Erscheinungsbildes kann der geübte Untersucher oftmals schon vor der Punktionszunahme eine Zuordnung zu einer bestimmten Form der exsudativen Arthritis vornehmen (Kofler, 1997a; Nuss, 2000). Vor allem beim Vorliegen einer fibrinösen Arthritis, bei der die Aspiration von Synovia nur selten gelingt, verdeutlicht die Sonographie oftmals das Ausmaß der im Gelenk vorhandenen Fibrinmassen (Kofler, 1995b). Bei palpatorisch unklaren Befunden kann die sonographische Untersuchung

als nicht invasives Verfahren Klarheit über den Füllungszustand des Gelenkes schaffen.

Im Bereich der periartikulären Umfangsvermehrungen erlaubt sie eine Differenzierung zwischen Tendovaginitiden, Ödemen, Abszessen sowie Hämatomen (Mettenleiter und Frohnes, 2000; Kofler, 1997a), und liefert Aussagen bezüglich der Lokalisation, Größe oder Ausdehnung. Sie läßt das Ausmaß und den Inhalt von Bursitiden der Bursa präcarpalis erkennen und ermöglicht eine genauere Diagnose der „Entzündung der Karpalgelenksstrecker“ (Klee und Hänichen, 1989), insbesondere was die Mitbeteiligung der Sehnenscheide anbelangt.

Unter Einbeziehung des ultrasonographischen Befundes kann die geeignete Therapiemethode ausgewählt werden, sei es die alleinige Spülung der Gelenkhöhle (Meier, 1997; Jackson et al., 1998), die partielle (Riley und Farrow, 1998) oder vollständige Arthrotomie (Van Huffel et al., 1989; Geishauser, 1996) oder die Arthroskopie (Munroe und Cauvin, 1994; Hirsbrunner und Steiner, 1998).

Zusammenfassend läßt sich sagen, dass die Ultrasonographie eine wertvolle, ergänzende, diagnostische Möglichkeit liefert, die aber stets im Zusammenhang mit einer exakten Anamneseerhebung, einer allgemeinen sowie speziellen orthopädischen Untersuchung, einer Punktion sowie einer Röntgenuntersuchung stehen sollte (Kofler (1997b, 1995b)). Ihre unbestrittene Domäne ist die Darstellbarkeit von Erkrankungen des Weichteilgewebes. Im Bereich des Karpalgelenkes liefert sie die wertvollsten Aussagen über Arthritiden und periartikulären Schwellungen. Aber auch die Thrombosierung von Gefäßen bei Phlegmonen sowie die Mitbeteiligung von wenig bekannten Sehnenscheiden oder Schleimbeuteln können auf der Grundlage eines exakten Untersuchungsganges besser erkannt werden. Nicht zu unterschätzen ist auch die Möglichkeit bei einer „Karpitis“ zu unterscheiden, ob eine, zwei oder alle Gelenkabteilungen infiziert sind.

Auch wenn eine fundierte Ultraschalluntersuchung vor allem im Bereich des komplexen Karpaltunnelbereiches eine lange Einarbeitungszeit sowie eine gute Kenntnis der anatomischen Gegebenheiten voraussetzt, gestalten sich die Verhältnisse im dorsalen und lateralen Karpalgelenkbereich wesentlich übersichtlicher. Dies und die Tatsache, dass viele Erkrankungen des Karpalgelenkes in diesem Bereich zu diagnostizieren sind, sollte den weniger versierten Untersucher nicht von diesem Terrain abschrecken.

5 Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit lag in der Erarbeitung eines standardisierten, sonographischen Untersuchungsgangs der Karpalregion des Rindes. Mit Hilfe von experimentell gefüllten Gelenkaussackungen sollten jene Schallkopfpositionen aufgezeigt werden, an denen eine vermehrte Gelenkfüllung am leichtesten ausfindig gemacht werden kann. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden auf klinische Fälle angewandt.

Die Untersuchungen wurden mit dem Real-Time-Ultraschallgerät Sonoline Prima der Firma Siemens durchgeführt, das mit einem aktiven 5/7,5-MHz Multifrequenz-Linearschallkopf ausgestattet war. In Vorversuchen dienten 8 isolierte Karpalgelenke der Auffrischung und Vertiefung der topographischen Anatomie sowie dem Kennenlernen der charakteristischen Sonogramme. Für den standardisierten Untersuchungsgang wurde der Karpus in 4 horizontale und 8 vertikale Ebenen unterteilt, die anhand von markanten Knochenpunkten sowohl bei jungen als auch bei adulten Rindern aufgefunden werden können. Die so entstandenen 32 Positionen wurden in horizontaler und vertikaler Richtung von proximal nach distal untersucht. Nur bei der Darstellung des Musculus abductor pollicis longus war eine schräge Schallkopfführung notwendig. Anwendung fand der Untersuchungsgang an 11 Karpalgelenken von Rindern unterschiedlichen Alters und beiderlei Geschlechts. Die den Karpus überziehenden Muskeln und ihre Endsehnen, teilweise auch ihre Sehnenscheiden, das mediale und laterale Seitenband, sowie das Ligamentum accessorium metacarpeum konnten neben der Oberfläche der knöchernen Anteile des Karpus mit Ausnahme des Musculus abductor pollicis longus ohne größere Probleme dargestellt werden. Etwas Übung erforderte die Darstellung der im palmaren und medialen Bereich verlaufenden Blutgefäße und des Nervus medianus, wobei sie nicht in jedem Fall gelang. Während die Gelenkspalten der *Articulatio antebrachio-carpea*, der *Articulatio mediocarpea* sowie der *Articulationes carpometacarpeae* als Unterbrechung der echoreichen Reflexlinie der Knochen dargestellt werden konnten, waren die Gelenkaussackungen nur im dorsalen und lateralen Bereich zu erkennen, ihre Gelenkkapseln waren nicht zu identifizieren. Die Topographie jedes Sonogramms wurde anhand von Skizzen genau erläutert sowie einem anatomischen Gefrierschnitt gegenüber gestellt. Dabei zeigte sich eine gute Übereinstimmung des Ultraschallbildes mit den anatomischen Gegebenheiten.

Die experimentelle Füllung der Gelenke zeigte, dass pathologisch gefüllte Gelenkaussackungen des Karpus am einfachsten um den Bereich der in der Literatur beschriebenen Punktionsstellen dargestellt werden können. Die Darstellung gelingt am besten in vertikaler Schallkopfposition. Des Weiteren bestand die Möglichkeit, 24 Rinder mit einer Erkrankung der Karpalgelenkregion zu dokumentieren, unter anderem Arthritiden, Bursitiden sowie Tendinitiden und Tendovaginitiden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die im Rahmen dieser Dissertation in den verschiedenen Ebenen erstellten Ultraschallbilder, Skizzen und Gefrierschnitte nahezu alle Strukturen am Karpus darstellen. Auf der Grundlage dieser Referenz-Bilder sind sowohl gesunde als auch erkrankte Karpalgelenke einfacher sonographisch zu untersuchen.

6 Summary

Ultrasonographic Diagnostics of the carpal Region of Cattle—a standardised examination Procedure

The aim of the present study was to formulate a standardised ultrasonographic examination procedure of the carpal region in cattle. Aided by an experimental filling of the joint pouches, those transducer positions were identified, at which the presence of an added filling can be detected best. The gained insights were then applied to clinical cases.

Examinations were made with the real-time ultrasound unit Sonoline Prima (Fa. Siemens), equipped with a 5/7,5-MHz multi-frequency linear transducer.

Initially, 8 isolated cadaver specimens were used to update and enlarge the topographic anatomical knowledge, and to recognize the typical ultrasonographic appearance. For the standardised examination procedure, the carpus was divided in 4 horizontal and in 8 vertical planes, which can be discovered by means of prominent bone structures on both young and adult cattle. The resulting 32 planes were scanned horizontally and vertically each, beginning proximally and moving the transducer distally one step at a time. Only the musculus abductor pollicis longus had to be examined in an oblique direction. The examination procedure was applied to 11 carpal joints of healthy cattle of all ages and sexes. The carpal flexor and extensor tendons, partially their tendon sheaths, the medial and lateral collateral ligament, the ligamentum accessorium metacarpeum and the bone surfaces of the carpus could be imaged without greater problems with the exception of the musculus abductor pollicis longus. The ultrasonographic imaging of the larger vessels and the median nerve, running over the palmar and medial aspects of the carpus, required some practice and did not succeed in every case. The antebrachio-carpal joint space, the intercarpal and carpometacarpal joint spaces could be clearly defined as interruptions of the echogenic bone surfaces, whereas the joint pouches could only be detected around the dorsal and the lateral aspects; Their joint capsules could not be identified. The topography of each ultrasonographic picture was explained in detail by means of drawn illustrations and it was compared to frozen anatomical sections. By doing so, a good correlation of structures in ultrasonographic pictures and anatomic parts could be performed.

The experimental filling of the joints showed that the filled joint pouches of the carpus could be illustrated most easily close to the puncture sites of joints described in the literature. This worked out best when holding the transducer in a vertical position.

Furthermore, 24 cattle with diseases of the carpal region, i.e. arthritis, bursitis, tendinitis, and tendovaginitis, could be examined.

In conclusion, the following can be stated. The ultrasonographic pictures, illustrations, and frozen anatomical sections that were produced in this work for the different planes, describe nearly all structures of the carpus. On the grounds of these reference images an ultrasonographic examination of both healthy and diseased carpal joints can be performed a lot easier.

Tabellenverzeichnis

2.1	Synonyma für Echogenitäten	37
3.1	Tiere der Gruppe 2	47
3.2	Tiere der Gruppe 3	48
3.3	Tiere der Gruppe 4	48
3.4	Tiere der Gruppe 5	49

Abbildungsverzeichnis

2.1	Knöcherne Grundlage des Karpalgelenkes nach Seiferle und Frewein (1992) . . .	9
2.2	Punktionsstellen der Articulatio antebrachio-carpea aus Dirksen (2002) und Vollmerhaus (1987)	13
2.3	Bänder im Bereich eines linken Karpalgelenkes aus Seiferle und Frewein (1992)	15
2.4	Kraniolaterale Darstellung der Muskeln des Vorderfußes aus Nickel et al. (1992)	18
2.5	Medialansicht der Muskeln der Karpal-und Zehengelenke aus Nickel et al. (1992)	19
2.6	Synoviale Einrichtungen der Muskulatur im Karpalgelenkbereich aus Ellenberger und Baum (1974)	21
2.7	Arterielle Blutgefäßversorgung der Karpalgelenkregion aus Wilkens (1984) . .	24
2.8	Venöse Blutgefäßversorgung der Karpalgelenkregion aus Wilkens (1984)	26
2.9	Lymphgefäße aus Vollmerhaus (1984)	27
2.10	Hautinnervation. Geändert nach Greenough et al. (1981) bzw. Westhues und Fritsch (1960)	28
2.11	Motorische Versorgung der Karpalgelenkregion aus Seiferle (1992)	30
2.12	Darstellung der Schalleffekte Reflexion, Brechung und Transmission aus Poulsen Nautrup (1998)	33
2.13	Parameter eines Echomusters: Stärke,Größe und Dichte aus Bönhof (1987) . .	35
2.14	Darstellung der verschiedenen Echodichten	36
2.15	Wiederholungsechos	41
2.16	Schallschattenartefakt	42
2.17	Bogenartefakte	42
3.1	Untersuchungsebenen nach Sisson und Grossman (1938)	53
3.2	Schallkopfpositionierung in Bezug auf die Lagebezeichnungen, dargestellt am Karpus einer rechten Schultergliedmaße.	54
3.4	Schallkopfpositionierung für den Musculus abductor pollicis longus an einer rechten Schultergliedmaße.	54
3.3	Schematische Darstellung der Schallkopfposition und -orientierung anhand eines horizontalen Gefrierschnitts einer rechten Schultergliedmaße durch die Ebene E1 in proximaler Ansicht. Der Punkt neben dem Pfeil steht stellvertretend für den Punkt am Schallkopf.	55
3.5	Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E1	58
3.6	Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E2	59
3.7	Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E3	60
3.8	Horizontaler Gefrierschnitt durch die Ebene E4	61
3.9	Gefrierschnitt durch eine rechte Vordergliedmaße	63
3.10	Ebene 1 M. extensor carpi radialis	65
3.11	Ebene 2 M. extensor carpi radialis	67

3.12 Ebene 3 M. extensor carpi radialis	69
3.13 Ebene 4 M. extensor carpi radialis	71
3.14 Gefrierschnitt der dorsolateralen Seite	73
3.15 Ebene 1 M. extensor digitorum communis	75
3.16 Ebene 2 M. extensor digitorum communis	77
3.17 Ebene 3 M. extensor digitorum communis	79
3.18 Ebene 4 M. extensor digitorum communis	81
3.19 Gefrierschnitt der lateralen Seite	83
3.20 Ebene 1 M. extensor digitorum lateralis	85
3.21 Ebene 2 M. extensor digitorum lateralis	87
3.22 Ebene 3 M. extensor digitorum lateralis	89
3.23 Ebene 4 M. extensor digitorum lateralis	91
3.24 Gefrierschnitt der lateropalmaren Seite	93
3.25 Ebene 1 M. extensor carpi ulnaris	95
3.26 Ebene 2 M. extensor carpi ulnaris	97
3.27 Ebene 3 M. extensor carpi ulnaris	99
3.28 Ebene 4 M. extensor carpi ulnaris	101
3.29 Gefrierschnitt des palmaren Aspekts des Karpus	104
3.30 Ebene 1 palmarer Aspekt	107
3.31 Ebene 2 palmarer Aspekt	109
3.32 Ebene 3 palmarer Aspekt	111
3.33 Ebene 4 palmarer Aspekt	113
3.34 Gefrierschnitt des mediopalmaren Aspekts des Karpaltunnels	115
3.35 Ebene 1 mediopalmarer Aspekt	117
3.36 Ebene 2 mediopalmarer Aspekt	119
3.37 Ebene 3 mediopalmarer Aspekt	121
3.38 Ebene 4 mediopalmarer Aspekt	123
3.39 Gefrierschnitt des medialen Aspekts des Karpaltunnels	125
3.40 Ebene 1 medialer Aspekt	127
3.41 Ebene 2 medialer Aspekt	129
3.42 Ebene 3 medialer Aspekt	131
3.43 Ebene 4 medialer Aspekt	133
3.44 Gefrierschnitt von der dorsomedialen Seite zur lateropalmaren Seite	135
3.45 Ebene 1 dorsomedialer Aspekt	137
3.46 Ebene 2 dorsomedialer Aspekt	139
3.47 Ebene 3 dorsomedialer Aspekt	141
3.48 Ebene 4 dorsomedialer Aspekt	143
3.49 Ebene 1 M. abductor pollicis longus	147
3.50 Ebene 2 M. abductor pollicis longus	149
3.51 Ebene 3 M. abductor pollicis longus	151
3.52 Ebene 4 M. abductor pollicis longus	153
3.53 Vermehrte Füllung ABC über Musculus extensor carpi radialis	155
3.54 Vermehrte Füllung der MC und CMC in Höhe des Musculus extensor carpi radialis	155
3.55 Vermehrte Füllung der ABC und MC der zwischen Musculus extensor carpi radialis und medialem Seitenband	156

3.56	Vermehrte Füllung der ABC zwischen Musculus extensor carpi radialis und Musculus extensor digitorum communis	157
3.57	Vermehrte Füllung der ABC in Höhe des Musculus extensor digitorum lateralis	157
3.58	Hochgradige Umfangsvermehrung des rechten Karpus mit dorsaler Aufbruchstelle und Abszeßbildung im Bereich des Os carpi accessorium	158
3.59	Fibrinös-purulente Arthritis der Articulatio antebrachioarpea	159
3.60	Fibrinös-purulente Arthritis der Articulatio antebrachioarpea und der Articulatio mediocarpea	160
3.61	Fibrinös-purulente Arthritis und der Articulationes carpometacarpeae.	161
3.62	Röntgenbilder zu Fall 14	162
3.63	Schnitt durch die Ebene E2	162
3.64	Hochgradige Stützbeinlahmheit Fall 6	163
3.65	Fibrinöse Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus extensor digitorum communis	164
3.66	Serofibrinöse Arthritis der Articulatio antebrachioarpea.	165
3.67	Fibrinöse Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis	165
3.68	Fibrinöse Arthritis der Articulatio mediocarpea.	166
3.69	Röntgenaufnahmen Fall 6	167
3.70	serofibrinöse Tendovaginitis des Musculus extensor carpi radialis	168
3.71	Subkutanes entzündliches Ödem an der dorsalen Seite	169
3.72	Subkutanes entzündliches Ödem	170
3.73	Wunden des klinischen Falls Nummer 14	171
3.74	Physiologisch gefüllte Gelenkaussackungen	172
3.75	Röntgenbilder zu Fall 14	173
3.76	Serofibrinöse Bursitis präcarpalis	175
3.77	Serofibrinöse Bursitis präcarpalis	175
3.78	Fleckvieh-Kuh, Entzündung der Karpalgelenkstrecker	176
3.79	Fibrinöse Bursitis präcarpalis	177
3.80	Tendinitis des Musculus extensor carpi radialis	177
3.81	Tendovaginitis der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis und Bursitis präcarpalis	178
3.82	Sektionsbild zu Fall 24	179

7 Literaturverzeichnis

- Ashdown RR, Stanley D. Topographische Anatomie der Wiederkäuer. Stuttgart: Enke 1984.
- Biller DS, Myer W. Ultrasound scanning of superficial structures using an ultrasound standoff pad. *Vet Radiol* 1988; 29(3):138–142.
- Bönhof J. Richtig benennen - besser erkennen Ein Beitrag zur Terminologie der Sonogrammbestimmung. *Ultraschall Klin Prax* 1987; 2:178–184.
- Budde K. Sonographische Diagnostik im Bereich des Karpalgelenkes beim Pferd. Inauguraldissertation, Pferdeklinik der Klinik für Nutztiere und Pferde und dem Institut für Tieranatomie, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Bern, 1997.
- Budras KD, Wünsche A. Atlas der Anatomie des Rindes: Lehrbuch für Tierärzte und Studierende. Hannover: Schlütersche 2002.
- Burt JK, Myers VS, Hillmann DJ, Getty R. The Radiographic Locations of Epiphyseal Lines in Bovine Limbs. *J Am Vet Med Assoc* 1968; 152(2):168–174.
- Cauvin ERJ, Munroe GA, Boswell J, Boyd JS. Gross and ultrasonographic anatomy of the carpal flexor tendon sheath in horses. *Vet Rec* 1997; 141:489–495.
- Chhem RK, Kaplan PA, Dussault RG. Ultrasonography of the musculoskeletal system. *Radiol Clin N A* 1994; 32(2):275–289.
- Desrochers A, St-Jean G, Cash WC, Hoskinson JJ, DeBowes RM. Characterization of anatomic communications among the antebrachiocondylar, middle carpal, and carpometacarpal joints in cattle, using intra-articular latex, positive-contrast arthrography, and fluoroscopy. *Am J Vet Res* 1997; 58(1):7–10.
- Diesem CD, Hockman M, Burt KK. Age Determination and Structural Changes in Calves. *J Am Vet Med Assoc* 1971; 158(8):1542–1547.
- Dietze AE, Rendano VT. Fat opacities dorsal to the equine antebrachiocondylar joint. *Vet Radiol* 1984; 25(5):205–209.
- Dirksen G. Krankheiten der Bewegungsorgane. In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, Dirksen G, Gründer HD, Stöber M, Hrsg. Berlin, Wien: Blackwell 2002, 4. Aufl. 753–1031.
- Doll K. Untersuchung zur diagnostischen Bedeutung des Lactatgehaltes in der Synovialflüssigkeit beim Rind. *Wien Tierärztl Mschr* 1987; 74(1):9–13.
- Dubs-Kunz B. Sonographie des Bewegungsapparates - Untersuchungstechnik, Befundung, Interpretation. 1. Aufl. Bern, Stuttgart, Toronto: Huber 1990.

- Dudwiesus H. Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik. In: Die Ultraschalluntersuchung des Kindes, Peters H, Deeg KH, Weitzel D, Hrsg. Springer 1987 1–29.
- Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. Anatomie der Haustiere. Stuttgart: Enke 1991.
- Ellenberger W, Baum H. Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, Bd. 18. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1974.
- Emara M. Some observations on Epiphyseal Union of Long Bones in Young Egyptian Cattle and its Importance as an Aid in the Estimation of Age. The Vet Rec 1937; 49(49):1534–1537.
- Flückiger M. Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. 1. Funktionsweise, Geräte, Biologische Wirkung. Schweiz Arch Tierheilk 1990; 132:275–282.
- Flückiger M. Grundlagen der Ultraschalldiagnostik. In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschall-diagnostik beim Rind, Braun U, Hrsg. Berlin: Parey 1997 1–8.
- Flury S. Ultrasonographische Darstellung des Tarsus des Rindes. Inauguraldissertation, Klinik für Nutztiere und Pferde, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Bern, 1996.
- Fritsch R. Indikationen zur Sonographie in der Diagnostik chirurgischer Erkrankungen. Tierärztl Prax 1993; (Sonderheft):34–39.
- Fritsch R, Gerwing M. Sonographie bei Hund und Katze. Stuttgart: Enke 1993.
- Geishauser T. Eitrige Karpalgelenkentzündung beim Kalb - Behandlung durch Gelenkresektion. Tierärztl Prax 1996; 24:233–242.
- Gerlach K, Mauer L, Scharner D, Siebert J. Ultraschalldiagnostik beim Pferd: I. Technische Grundlagen und Vorbereitung. Prakt Tierarzt 1998; 79(11):1037–1043.
- Gigov Z. Über den Bau, die Blutversorgung und die Innervation der Gelenkkapseln der Extremitäten beim Rind. Anat Anz 1964; 114:435–482.
- Gladisch R. Einführung in die sonographische Diagnostik. Tierärztl Prax 1993; (Sonderheft):3–19.
- Graf R, Schuler P. Sonographie am Stütz- und Bewegungsapparat bei Erwachsenen und Kindern. 2. Aufl. Chapman 1995.
- Greenough PR, MacCallum FJ, Weaver DA. Lameness in cattle. 2. Aufl. Bristol: John Wright and Sons 1981.
- Greenough PR, Weaver DA. Lameness in cattle. 3. Aufl. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo: W.B. Saunders Company 1997.
- Heimberg P. Ungewöhnliche Bursitis praecarpalis purulenta bei einer Kuh. Tierärztl Prax 1999; 27 (G)(316):348–350.
- Hirsbrunner G, Steiner A. Treatment of infectious arthritis of the radiocarpal joint of cattle with gentamicin-impregnated collagen sponges. Vet Rec 1998; 142:399–402.

- Jackson PGG, Strachan W, Tucker AW, Martin-Smith N, Knudsen SB, Jones PMD. Treatment of septic arthritis in calves by joint lavage - A study of 20 cases. *Cattle Pract* 1998; 6(4):335–339.
- Klee W, Hänichen T. Epidemiologische, klinische und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Entzündung der Karpalgelenksstrecker beim Rind. *Schweiz Arch Tierheilk* 1989; 131:151–157.
- Kofler J. Neue Möglichkeiten zur Diagnostik der septischen Tendovaginitis der Fesselbeuge-sehnscheide des Rindes mittels Sonographie - Therapie und Langzeitergebnisse. *Dtsch Tierärztl Wschr* 1994; 101(6):215–222.
- Kofler J. Darstellung und Durchmesserbestimmung der Arterien und Venen am Hinterfuß des Rindes mittels B-Mode-Sonographie. *J Vet Med A* 1995a; 42:253–266.
- Kofler J. Die Anwendung der Ultraschalluntersuchung zur Diagnostik von Erkrankungen des Bewegungsapparates beim Rind. *Schweiz Arch Tierheilk* 1995b; 137(8):369–380.
- Kofler J. Sonographische Diagnostik bei Kälbern mit septischer Arthritis, Polyarthritis und Osteomyelitis hämatogenen Ursprungs. *Wien Tierärztl Mschr* 1997a; 84:129–139.
- Kofler J. Ultraschalluntersuchung am Bewegungsapparat. In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind, Braun U, Hrsg. Berlin: Parey 1997b 253–267.
- Kofler J. Ultrasonographic examination of the carpal region in cattle - normal appearance. *Vet J* 2000; 159:85–96.
- Kofler J. Ultrasonographic examination of the bovine carpus - normal findings. In: 11. International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and 3. International Conference on Bovine Lameness. Parma 2001 242–245.
- Kofler J. Erkrankungen des Fesselgelenkes und der Karpalregion - Diagnostik und Therapie. Persönliche Mitteilung, 2002a.
- Kofler J. Punktion von Synovialräumen und die Synovialdiagnostik beim Rind. Persönliche Mitteilung, 2002b.
- Kofler J. Sonographische Diagnostik am Bewegungsapparat des Rindes. Persönliche Mitteilung, 2002c.
- Kofler J, Bucher A, Sendlhofer A. Application of real-time ultrasonography for the detection of tarsal vein thrombosis in cattle. *Vet Rec* 1996; 138:34–38.
- Kofler J, Buchner A. Sonographische Differentialdiagnostik von Abszessen, Hämatomen und Seromen beim Rind. *Wien Tierärztl Mschr* 1995; 82:159–168.
- Kofler J, Grubelnik M, Martinek B, Stanek C. Transcutaneous and transrectal ultrasonographic examination of the pelvic region in cattle. In: 12. International Symposium on diseases of the bovine digit - Bovine Lameness. Orlando 2002 176–179.
- König HE, Liebich HG. Anatomie der Haussäugetiere Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis, Bd. 1: Bewegungsapparat. 1. Aufl. Stuttgart, New York: Schattauer 1999.

- Koy T. Untersuchungen zur Anatomie der Synovialmembran des Karpalgelenkes beim Kalb. Inauguraldissertation, Lehrstuhl für Tieranatomie, insbesondere Systematische und Topographisch-klinische Anatomie, 1999.
- Lindsay FEF. Observations on the loci of ossification in the prenatal and neonatal bovine skeleton. *Vet J* 1969; 125(3):101–111.
- Martinek B, Kofler J, Grubelnik M, Stanek C. Ultrasonographic morphology of the bovine shoulder - normal findings. In: 12. International Symposium on diseases of the bovine digit - Bovine Lameness. Orlando 2002 185–188.
- Mauer L, Scharner D, Siebert J, Gerlach K. Ultraschall Diagnostik beim Pferd: II. Weichteiluntersuchungen. *Prakt Tierarzt* 1998; 79(12):1146–1152.
- Meier C. Vorgehensweise bei eitriger Gelenksentzündung des erwachsenen Rindes und klinische Erfahrungen mit der Spülbehandlung. *Prakt Tierarzt* 1997; 78(10):893–906.
- Meier H. Artefakte in der Ultraschall Diagnostik. *Tierärztl Prax* 1989; Supplement 4:36–46.
- Mettenleiter E. Das Tarsalgelenk des Pferdes Sonographischer Atlas. Stuttgart; New York: Schattauer 1995.
- Mettenleiter E, Frohnes AK. Differenzierung der Verdachtsdiagnose Gelenkdistorsion beim lahmen Pferd mittels der Ultraschalltechnik. In: DVG 16. Arbeitstagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten. Wiesbaden 2000 156–162.
- Möckeberg AW. Entzündung im subkutanen Schleimbeutel an der Vorderfläche des Vorderknie (Bursitis praecarpea, Knieschwamm). *Münch Tierärztl Wschr* 1934; 85:429–432, 441–445, 451–454.
- Munroe GA, Cauvin ER. The use of arthroscopy in the treatment of septic arthritis in two highland calves. *Vet J* 1994; 150:439–449.
- Neuberth M, Stefansson P, Hertsch B. Die sonographische Untersuchung als Methode zur Diagnosestellung von Hämatomen und Abszessen in proximalen Abschnitten des Bewegungsapparates des Pferdes. *Pferdeheilk* 1990; 6(5):237–244.
- Nickel R, Schummer A, Wille KH, Wilkens H. Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Bd. 1, Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Hrsg. Berlin und Hamburg: Parey 1992, 6. Aufl. 86–91; 234–239.
- Nuss K. Stadienorientierte Sequenztherapie der septischen und paraseptischen Monarthritiden beim Rind. Habilitationsschrift, Chirurgische Tierklinik Lehrstuhl für Allgemeine und Spezielle Chirurgie einschließlich Augenkrankheiten, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2000.
- Nuss K, Hecht S, Maierl J, Weller R, Matis U. Zur Punktion der Gliedmaßen Gelenke beim Rind, Teil 1: Schultergliedmaße. *Tierärztl Prax* 2002; 30:226–232.
- Piguet M, Steiner A, Eicher R, Martig J. Traitement chirurgical de l'hygroma du carpe chez les bovins: 17 cas (1990-1994). *Schweiz Arch Tierheilk* 1997; 139:210–216.

- Popesko P. Atlas der topographischen Anatomie der Haustiere, Bd. 3 Becken und Gliedmaßen. 4. Aufl. Stuttgart: Enke 1993.
- Poulsen Nautrup C. Physikalische Grundlagen, Technische Grundlagen, Sonographische Phänomene und Artefakte. In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze, Poulsen Nautrup C, Tobias R, Hrsg. Hannover: Schlütersche 1998 21–73.
- Rantanen NW. General Considerations for Ultrasound Examinations. *Vet Clin North Am* 1986; 2(1):29–32.
- Rantanen NW, Ewing RL. Principles of ultrasound application in animals. *Vet Radiol* 1981; 22(5):196–203.
- Riley CB, Farrow CS. Partial carpal arthrodesis in a calf with chronic infectious arthritis of the carpus and osteomyelitis of the carpal and metacarpal bones. *Can Vet J* 1998; 39:438–441.
- Rohde C, Anderson DE, Dersrochers A, ST-Jean G, Hull BL, Rings MD. Synovial fluid analysis in cattle: A review of 130 cases. *Vet Surg* 2000; 29:341–346.
- Saika B, Sarma KK. Incidence of carpal hygroma in cross-bred cattle of assam. *Ind Vet J* 1999; 76:527–529.
- Salvisberg A. Die operative Behandlung der Kniebeule des Rindes. *Schweiz Arch Tierheilk* 1913; 55:15–21.
- Schmidtchen P. Die Sehnenscheiden und Schleimbeutel der Gliedmassen des Rindes. Inauguraldissertation, Anatomisches Institut Dresden, Hohe Medizinische Fakultät der Grossherzoglichen Hessischen Ludwigs-Universität Giessen, 1906.
- Schock BB. Ultraschalldiagnostik am Kniegelenk des Kalbes. Inauguraldissertation, Chirurgische Tierklinik Lehrstuhl für Allgemeine und Spezielle Chirurgie einschließlich Augenkrankheiten, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 1997.
- Schraml O. Untersuchung am Carpalgelenk des Rindes. Inauguraldissertation, Anatomisches Institut, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 1931.
- Seiferle E. Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen. In: Lehrbuch der Anatomie der Haussäugetiere, Bd. 4, Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Hrsg. Berlin und Hamburg: Parey 1992, 3. Aufl. 241–266.
- Seiferle E, Frewein J. Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologie. In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 1, Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Hrsg. Berlin und Hamburg: Parey 1992, 6. Aufl. 407–415; 473–479.
- Shively MJ, Smallwood JE. Normal Radiographic and Xeroradiographic Anatomy of the Bovine Manus. *Southw Vet* 1978; 31(3).
- Siebert J, Gerlach K, Mauer L, Scharner D. Ultraschalldiagnostik beim Pferd: IV. Gelenke. *Prakt Tierarzt* 1999; 80(3):196–204.
- Sisson S, Grossman JD. The Anatomy of the Domestic Animals. 3. Aufl. Philadelphia and London: W. B. Saunders Company 1938.

- Stadelhofer K. Ein Beitrag zur Aetiologie und Therapie der Bursitis praecarpalis des Rindes. Inauguraldissertation, Veterinär-Ambulatorische Klinik, Universität Zürich, 1959.
- Tnibar M, Kaser-Hotz B, Auer JA. Ultrasonography of the dorsal and lateral aspects of the equine carpus: technique and normal appearance. *Vet Radiol & Ultrasound* 1993; 34(6):413–425.
- Van Huffel X, Steenhaut M, Imschoot J, Verschooten F, Gasthuys F, Desmet P, De Moor A. Carpal Joint Arthrodesis as a Treatment for Chronic Septic Carpititis in Calves and Cattle. *Vet Surg* 1989; 18(4):304–311.
- Verschooten F, Vermeiren D, Devriese L. Bone infection in the bovine appendicular skeleton: A clinical, radiographic and experimental study. *Vet Radiol & Ultrasound* 2000; 41(2):250–260.
- Vollmerhaus B. Lymphatisches System. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Bd. 3, Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Hrsg. Berlin, Hamburg: Parey 1984, 2. Aufl. 326–330.
- Vollmerhaus B. Topographisch-anatomische Darstellungen zur mit Hinweisen zur Injektionstechnik an Gelenken, Sehnenscheiden und Schleimbeuteln bei Pferd, Rind und Hund sowie für intrapulmonale und intrakardiale Injektionen bei Hund und Katze. Hoechst Veterinär GmbH, Unterschleißheim, 1987.
- Westhues M, Fritsch R. *Die Narkose der Tiere*, Bd. 1- Lokalanästhesie. Berlin und Hamburg: Parey 1960.
- Wilkins H. Arterien, Arteriae. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Bd. 3, Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Hrsg. Berlin und Hamburg: Parey 1984, 2. Aufl. 83–105; 204–222.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein Dank geht an Herrn Prof. Dr. Dr. habil. R. Köstlin für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit.

Frau Prof. Dr. Dr. habil. U. Matis danke ich für die Benutzung der Einrichtungen der Chirurgischen Tierklinik.

Ebenso herzlich bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. med. vet. Karl Nuss für seine wertvollen Ratschläge, die mehrmalige Durchsicht des Manuskripts sowie seine stets konstruktive Kritik, die sehr zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Außerdem geht mein Dank an Herrn Dr. med. vet. Johann Maierl, vom Lehrstuhl für Tieranatomie I für seine unkomplizierte Unterstützung bei der Anfertigung der Gefrierschnitte und für seinen „Crashkurs“ in digitaler Photographie.

Besonderer Dank gilt meinen beiden Kolleginnen Melanie Feist und Birgit Schwarzmann, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen. Die gute Atmosphäre am Oberwiesenfeld hat mich stets mit Freude in die Arbeit gehen lassen. Danke.

Außerdem möchte ich all jenen danken, die bei der Anfertigung der Arbeit Hand angelegt haben. Bei unseren Pflegern für die Versorgung der Tiere oder den Transport von „toten“ Beinen. Bei Gisela und Marcella, sowie allen unseren Praktikanten für ihre immer hilfreichen Hände.

Mein herzlichster Dank geht an meine Mutter, die mir mein Studium ermöglicht hat und mir während der Anfertigung der Arbeit nicht nur seelischen Beistand geleistet hat. Meinen beiden Schwestern Ulrike und Monika danke ich für ihren aufmunternden Zuspruch. Danke sage ich all meinen Freunden für ihre motivierenden Worte in den letzten Jahren.

Last but not least geht ein besonderer Dank an meinen Freund Christopher, der mich in die Geheimnisse diverser Computerprogramme eingeweiht hat und mir nicht nur bei Computerproblemen immer mit Geduld zur Seite stand.

Lebenslauf

Name: Christine Nikola Saule

Geburtsdatum: 13.09.1973

Geburtsort: Augsburg

Eltern: PD Dr. med. Helmut Saule, Kinderarzt, verstorben 07.10.1994
Dr. med. Monika Saule, Kinderärztin, verstorben 04.12.2003

1980 – 1984: Grundschule in Täferlingen

1984 – 1993: Maria-Ward-Gymnasium in Augsburg

07/1993: Allgemeine Hochschulreife

WS 1993 – SS 1999: Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München

08/1999: III. Staatsexamen

10/2000: Approbation als Tierarzt

07/1998 – 08/2001: wissenschaftliche Hilfskraft an der II. Medizinischen Tierklinik der Universität München, Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer

seit 12/1999: Anfertigung der Doktorarbeit in der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Universität München und tageweise freiwillige Mitarbeit im Klinikbetrieb

seit 01/2001: wissenschaftliche Mitarbeiterin der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Universität München (halbtags)