

Aus der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie des Pferdes
sowie Gerichtliche Tiermedizin
Vorstand: Prof. Dr. H. Gerhards

Das Iliosakralgelenk des Pferdes: Morphologische und klinische Studie

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

Von
Lidia Kowalczyk
aus Kutno, Polen

München 2008

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

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. J. Braun
Berichterstatter:	Univ.-Prof. Dr. H. Gerhards
Korreferent:	Prof. Dr. C. Knospe

Tag der Promotion: 18.Juli 2008

Die Anfertigung dieser Arbeit war dank eines Stipendiums des Bayerischen
Staatsministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst im Rahmen
des Stipendienprogramms für Hochschulabsolventen und Doktoranden
aus Süd-, Mittel- und Osteuropa (BAYHOST) möglich

Meiner Familie und meinen Freunden

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	2
2.1	ANATOMIE DES ILIOSAKRALGELENKS	2
2.1.1	Allgemeiner Aufbau	2
2.1.1	Die Iliosakralbänder	6
2.1.2	Die Muskulatur	9
2.1.3	Neurovaskuläre Anatomie	9
2.2	BIOMECHANIK DES ILIOSAKRALGELENKS	12
2.2.1	Einleitung	12
2.2.2	Statische Betrachtung der Biomechanik des Iliosakralgelenks	13
2.2.3	Dynamische Beurteilung der Biomechanik des Iliosakralgelenks	15
2.2.3.1	<i>Theoretische Überlegungen</i>	15
2.2.3.2	<i>Untersuchungen der Biomechanik des Iliosakralgelenks in vitro</i>	17
2.2.3.3	<i>Untersuchungen der Biomechanik des Iliosakralgelenks in vivo</i>	19
2.3	PATHOLOGIE UND KLINISCHES BILD	20
2.3.1	Einleitung	20
2.3.2	Akute (Sub-)Luxation des Iliosakralgelenks	20
2.3.2.1	<i>Ätiologie und Pathologie der akuten (Sub-)Luxation des Iliosakralgelenks</i>	21
2.3.2.2	<i>Klinisches Bild</i>	23
2.3.3	Chronische Luxation/Subluxation des Iliosakralgelenks	23
2.3.3.1	<i>Ätiologie und Pathologie der chronischen (Sub-)Luxation des Iliosakralgelenks</i>	24
2.3.3.2	<i>Klinisches Bild</i>	24
2.3.4	Zerrung des Iliosakralgelenks	28
2.3.4.1	<i>Ätiologie und Pathologie der Zerrung des Iliosakralgelenks</i>	28
2.3.4.2	<i>Klinisches Bild</i>	29
2.3.5	Arthrose des Iliosakralgelenks	32
2.3.5.1	<i>Ätiologie und Pathologie der Arthrose des Iliosakralgelenks</i>	32
2.3.5.2	<i>Klinisches Bild</i>	37
2.3.6	Entzündung des dorsalen Iliosakralbandes	38
2.3.6.1	<i>Ätiologie und Pathologie der Zerrung des Iliosakralgelenks</i>	38
2.3.6.2	<i>Klinisches Bild und Diagnostik</i>	39

2.4	DIAGNOSTIK DER ILIOSAKRALGELENK-LÄSIONEN	41
2.4.1	Klinische Untersuchung	41
2.4.1.1	<i>Anamnese</i>	42
2.4.1.2	<i>Adspektion</i>	43
2.4.1.3	<i>Palpation und Provokationstests</i>	45
2.4.1.4	<i>Untersuchung unter Belastung</i>	51
2.4.2	Weitergehende Untersuchungen	54
2.4.2.1	<i>Diagnostische Lokalanästhesie</i>	54
2.4.2.1.1	<i>Lokale Anästhesie des dorsalen Teil des dorsalen ISG-Bandes</i>	54
2.4.2.1.2	<i>Lokale Anästhesie des gesamten ISG-Bereiches</i>	55
2.4.2.1.3	<i>Intraartikuläre oder periartikuläre Anästhesie des ISG</i>	55
2.4.2.2	<i>Bildgebende Verfahren</i>	58
2.4.2.2.1	<i>Röntgenologische Untersuchung der Iliosakralgelenke</i>	58
2.4.2.2.2	<i>Sonographie der Iliosakralgelenke</i>	60
2.4.2.2.3	<i>Szintigraphie der Iliosakralgelenke</i>	63
2.5	THERAPIE DER ISG-ERKRANKUNGEN	67
2.6	PROGNOSE BEI ISG-ERKRANKUNGEN	74
2.7	DIFFERENTIALDIAGNOSEN DER ISG-ERKRANKUNGEN	74
3	MATERIAL UND METHODE	77
<hr/>		
3.1	MATERIAL UND METHODE DER MORPHOLOGISCHEN STUDIE	77
3.1.1	Patientengut	77
3.1.2	Präparationsmethode	80
3.1.3	Makroskopische Beurteilung	80
3.1.4	Fotographische Dokumentation und Bearbeitung der Bilder	82
3.1.5	Statistische Auswertung der Flächenberechnung	83
3.2	MATERIAL UND METHODE DER KLINISCHEN STUDIE	83
3.2.1	Patientengut	83
3.2.2	Anamnese	85
3.2.3	Allgemeine Untersuchung	85
3.2.4	Spezielle Untersuchung	86
3.2.5	Sonographie der Iliosakralgelenke	90

3.2.6	Szintigraphie der Iliosakralgelenke	91
4	ERGEBNISSE	93
4.1	ERGEBNISSE DER MORPHOLOGISCHEN STUDIE	93
4.1.1	Ergebnisse der Analyse der morphologischen Merkmale	93
4.1.2	Ergebnisse der Flächenberechnung	109
4.2	ERGEBNISSE DER KLINISCHEN STUDIE	112
4.2.1	Anamnese	112
4.2.2	Allgemeine Untersuchung	114
4.2.3	Spezielle Untersuchung	114
4.2.4	Sonographie der Iliosakralgelenke	120
4.2.5	Szintigraphie der Iliosakralgelenke	121
5	DISKUSSION	125
5.1	DISKUSSION DES MATERIALS UND DER METHODE	125
5.1.1	Morphologische Studie	125
5.1.2	Klinische Studie	126
5.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	129
5.2.1	Morphologische Studie	129
5.2.2	Klinische Studie	130
5.3	SCHLUSSFOLGERUNG	136
6	ZUSAMMENFASSUNG	138
7	SUMMARY	140
8	LITERATURVERZEICHNIS	142
9	ANHANG	155
Tab. I	Ergebnisse der morphologischen Untersuchung	155
Tab. II	Ergebnisse der Flächenberechnung	156
	Befundbogen der Befunde der morphologischen Untersuchung	157
	Untersuchungsprotokoll eines Pferdes mit Verdacht auf ISG-Problem	158
	Danksagung	163

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Kraniale Ansicht von Kreuzbein und Becken	3
Abb. 2:	Parasagittaler Schnitt des Iliosakral- und Lumbosakralgelenks	5
Abb. 3:	Iliosakralgelenk, ventrale Ansicht	6
Abb. 4:	Iliosakralgelenk, kraniale Ansicht	7
Abb. 5:	Sektionspräparat der lumbosakralen Verbindung	8
Abb. 6:	Darstellung der arteriellen Verhältnisse auf der ventralen Seite des Iliosakralgelenks	11
Abb. 7:	Schema der Kraftübertragung von den Hinterextremitäten auf die Wirbelsäule	16
Abb. 8:	Iliosakralgelenk mit dem abgerissenen <i>Lig. sacroiliacum ventrale</i>	22
Abb. 9:	Iliosakralgelenk, kraniale Ansicht mit Ruptur des <i>Lig. sacroiliacum interosseum</i> auf der linken Seite und den dadurch bedingten Beckenschiefstand	22
Abb. 10:	„Hunter’s bump“ bei einem 5-jährigen Pferd	25
Abb. 11:	Asymmetrie der Kreuzhöcker	27
Abb. 12:	Schematische Darstellung des normalen Beckens und der für Iliosakralgelenk-Zerrung typischen Konformation	30
Abb. 13:	Schematische Darstellung des linken ISG mit den unterschiedlichen Formen der Gelenkflächenerweiterung bei Pferden, die die chronische Symptomatik einer Iliosakralgelenk-Läsion aufweisen	35
Abb. 14:	Kreuzbein mit asymmetrischen Iliosakralgelenkflächen	37
Abb. 15:	Ultrasonographische Darstellung des <i>Lig. sacroiliacum dorsale</i> eines Pferdes mit einer Desmitis des dorsalen ISG-Bandes	41
Abb. 16:	Beurteilung von lateral eines Pferdes mit Schmerzen im Iliosakralgelenk-Bereich	43
Abb. 17:	Beurteilung der Position des Beckens durch Platzierung der Fingerkuppen auf die Hüfthöcker	44
Abb. 18:	Schematische Darstellung der Durchführung des ISG-Kompressionstests, dorsale Ansicht	48

Abb. 19:	Schematische Darstellung der Durchführung des lateralen ISG- Provokationstests, dorsale Ansicht	50
Abb. 20:	Die Zugänge zum ISG, dorsale Ansicht	56
Abb. 21:	Verlaufsrichtung der periartikulären Injektion des Iliosakralgelenks mittels Tuohy-Kanüle mit Stilet, kraniale Ansicht	57
Abb. 22:	Transrektales sonographisches Referenzbild der ventralen Seite des Iliosakralgelenks mit einer 7.5 MHz linear Sonde	61
Abb. 23:	Transrektales sonographisches Bild der Ventralansicht des Iliosakralgelenks mit Befunden	63
Abb. 24:	Szintigraphie des Iliosakralgelenks im Stehen	65
Abb. 25:	Dorsaler szintigraphischer Ansicht des Beckens mit physiologischer Anreicherung des Radiopharmakons in den Iliosakralgelenken	66
Abb. 26:	Prozent der Patienten im Bezug auf den Pferdetypen	78
Abb. 27:	Vermessung der sakralen Gelenkfläche	82
Abb. 28:	Beurteilung der Position der <i>Tubera sacralia</i> durch Platzierung der Fingerkuppen auf die Kreuzhöcker	86
Abb. 29:	Druck auf dem rechten Kreuzhöcker mit beiden Händen	88
Abb. 30:	Durchführung eines ISG-Kompressionstests	88
Abb. 31:	Durchführung eines lateralen ISG-Provokationstests, Phase A	89
Abb. 32:	Durchführung eines lateralen ISG-Provokationstests, Phase B	89
Abb. 33:	Lagerung des Pferdes und Positionierung der Gamma-Kamera bei szintigraphischer Untersuchung der LSG/ISG-Region in Narkose	92
Abb. 34:	Sektionspräparat der Subluxation des linken ISG mit deutlich sichtbarem organisiertem Hämatom	93
Abb. 35:	Sakrale Gelenkfläche des rechten ISG nach der Luxation	94
Abb. 36:	Hochgradige knöcherne Zubildung auf dem sakralen Gelenkrand	100
Abb. 37:	Hochgradige knöcherne Zubildung auf dem iliakalen Gelenkrand	101
Abb. 38:	Sakrale Gelenkfläche mit Einfaltung des Knorpels	103
Abb. 39:	Iliakale Gelenkfläche mit Knorpelerosion	103
Abb. 40:	Fibröse Fasern auf der iliakalen Gelenkfläche	106
Abb. 41:	Sakrale Gelenkfläche mit Abschürfungslinien	106

Abb. 42: Auftreten von den morphologischen Merkmalen auf sakralen Gelenkflächen des ISG in den jeweiligen Altersgruppen von Pferden (n = 25)	107
Abb. 43: Auftreten von den morphologischen Merkmalen auf iliakalen Gelenkflächen des ISG in den jeweiligen Altersgruppen von Pferden (n = 25)	109
Abb. 44: Streudiagramm von den Stockmaßen und Flächeninhalten der sakralen Gelenkflächen des ISG von Pferden (n = 25)	110
Abb. 45: Streudiagramm von den Stockmaßen und Flächeninhalten der iliakalen Gelenkflächen des ISG von Pferden (n = 25)	110
Abb. 46: Streudiagramm mit Regressionsgerade für Flächeninhalte aller iliakalen und sakralen Gelenkflächen des ISG von Pferden (n = 25)	111
Abb. 47: Umfangsvermehrung im Bereich des Iliosakralgelenks	114
Abb. 48: Beckenschiefstand, abgesunkener rechter Kreuzhöcker und Hüfthöcker	117
Abb. 49: Beckenschiefstand, abgesunkener linker Kreuzhöcker und Hüfthöcker, Hervorstehen des rechten Kreuzhöckers	116
Abb. 50: Dorsale szintigraphische Ansicht der Wirbelsäule und des Beckens mit unphysiologischer Anreicherung des Radiopharmakons im linken Iliosakralgelenk	122
Abb. 51: Dorsale szintigraphische Ansicht der Wirbelsäule und des Beckens mit unphysiologischer Anreicherung des Radiopharmakons im linken Iliosakralgelenk	122

Tabellenverzeichnis

Tab.1:	Muskulatur in der Umgebung des Kreuzdarmbeingelenks	10
Tab.2:	Klinische Symptome der chronischen Iliosakralgelenk-Zerrung	31
Tab.3:	Beurteilung der makroskopischen Befunde an den Iliosakralgelenken	34
Tab.4:	Anzahl der Pferde in jeweiliger Altersgruppe	78
Tab. 5:	Alter, Geschlecht, Rasse, Todesursache, Größe und Gruppenzuteilung der untersuchten Pferden	79
Tab. 6:	Alter, Geschlecht, Rasse, Verwendungszweck der untersuchten Patienten mit klinisch feststellbaren Iliosakralgelenk-Erkrankung	84
Tab. 7:	Beispiele für Gelenkflächen der Pferde nach Altersgruppen	95
Tab. 8:	Einteilung der morphologischen Merkmale im Bereich der ISG-Gelenkflächen	98
Tab. 9:	Mittelwerte und Standardabweichungen des Stockmaßes und der Flächenberechnung aufgeteilt nach Altersgruppen	109
Tab. 10:	Hauptprobleme und Dauer der Probleme der untersuchten Pferde	113
Tab. 11:	Ergebnisse der Durchführung der Provokationstests des Rückens und des Iliosakralgelenks	118
Tab. 12:	Ergebnisse der Sonographie und der Szintigraphie der Iliosakralgelenke	123
Tab. 13:	Vergleich der Übereinstimmung des schmerzhaften Iliosakralgelenks nach ISG-Provokationstest mit sonographischen/szintigraphischen Befunden von Pferden mit positiven Ergebnissen	124
Tab. 14:	Korrelation zwischen Schmerz (Grad/Lokalisation), Läsion (Lokalisation/Art) und den Methoden der Rückenuntersuchung des Pferdes	135

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arterie	o.b.B.	ohne besonderen Befund
Aa.	Arterien	p.o.	per os
Abb.	Abbildung	s.	siehe
ca.	circa	SIJD	Sacroiliac Joint Disease
cm	Centimeter	sog.	sogennant
d.h.	das heißt	Tab.	Tabelle
EMND	Equine Motor Neuron Disease	^{99m} Tc	^{99m} Technetium
For.	Foramen	TC	Tuber coxae
ISG	Iliosakralgelenk	tgl.	täglich
kg	Kilogramm	TS	Tuber sacrale
i.v.	intravenös	V.	Vene
KGW	Körpergewicht	Vv.	Venen
kV	Kilovolt	v.a.	vor allem
Lig.	Ligamentum	z.B.	zum Beispiel
Ligg.	Ligamenta		
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität		
LSG	Lumbosakralgelenk		
Min.	Minute		
mAs	Miliampersekunde		
MRT	Magnetresonanztomographie		
MHz	Megahertz		
MDP	Methyldiphosphonat		
M.	Musculus		
Mm.	Musculi		
N	Newton		
N	Nervus		
n.d.	nicht durchgeführt		
NSAID	Nicht-steroidale Antiphlogistika		

1 EINLEITUNG

In der veterinärmedizinischen Literatur wurde dem Iliosakralgelenk (ISG) des Pferdes bisher wenig Beachtung geschenkt. Für viele Tierärzte und Reiter bleibt das ISG schwer zu erfassen und wird hinsichtlich der dort vermuteten Krankheiten sehr kontrovers diskutiert. Sowohl aus anatomischer als auch aus klinischer Betrachtung stellt sich das ISG als eine sehr komplexe Struktur dar. Die Komplexität des ISG und dessen pathologische Veränderungen machen es verständlich, dass es bislang nur wenig veröffentlichte Studien über standardisierte Untersuchungsmethoden gibt. Die Diagnose einer Läsion im Iliosakralbereich kann eine echte Herausforderung für den Pferdeterarzt sein (Dyson 2004). Es existiert deshalb ein großes Bedürfnis nach einem standardisierten klinischen Untersuchungsprotokoll, welches den praktizierenden Tierärzten bei der Diagnostik der ISG-Erkrankungen helfen würde.

Die unterschiedlichen Ansichten in Bezug auf das ISG haben mehrere Gründe. Das ISG ist charakterisiert durch besondere anatomische Gegebenheiten und wenig erforschte normale und pathologische Abweichungen, sowie deren klinischen Relevanz. Die vorliegende Arbeit stellt eine Kombination aus einer morphologischen und einer klinischen Studie über das ISG dar. Die postmortalen Untersuchungen der Kreuzdarmbeingelenke ermöglichen ein besseres Verständnis der Struktur und der Veränderungen des ISG. Dadurch kann eine Beurteilung der klinischen Fälle eine bedeutsame Hilfe darstellen.

Ziele der vorliegenden Arbeit waren:

- Die Beschreibung der morphologischen Merkmale der Iliosakralgelenke in der postmortalen Untersuchung von Pferden, die vorberichtlich keine Symptome einer ISG-Läsion zeigten.
- Die Erarbeitung eines klinischen Untersuchungsprotokolls zur Abklärung eines Verdachts auf ISG-Erkrankung anhand untersuchter Fälle.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1. ANATOMIE DES ILIOSAKRALGELENKS

2.1.1 Allgemeiner Aufbau

Das Iliosakralgelenk (ISG), *Articulatio sacroiliaca*, verbindet die Knochen des Beckengürtels mit dem Rumpf. Es liegt bilateral und besteht aus einem synovialen Gelenk, in dem die überknorpelte *Facies auricularis* der Darmbeinflügel (*Ala ossis ilii*) mit der knorpeligen *Facies auricularis* der Kreuzbeinflügel (*Ala ossis sacri*) artikuliert (König u. Liebich 2001; Wissdorf et al. 2002; Nickel et al. 2004; Salomon et al. 2005). Des Weiteren besteht eine fibrocartilaginöse Verbindung (Salomon et al. 2005).

Gelenke, deren Beweglichkeit durch die Form ihrer Gelenkflächen und durch straffe Bänder stark eingeschränkt ist, werden als straffe Gelenke oder Amphiarthrosen bezeichnet. Diesem besonderen Gelenktyp sind das Kreuzdarmbeingelenk, die distalen Gelenketagen des Karpal- und des Tarsalgelenks, sowie das proximale und das distale Tibiofibulargelenk zuzurechnen (Salomon et al. 2005).

Das Kreuzbein schiebt sich dorsal zwischen die beiden Hüftknochen und stellt damit die Verbindung zwischen Wirbelsäule und Beckengliedmaßen dar. Die Hüftbeine, das Kreuzbein und die ersten Schwanzwirbel formen einen Ring, der als knöchernes Becken, *Pelvis*, bezeichnet wird (Salomon et al. 2005). Durch diese Art der Verbindung der Knochen (straffe Kreuzdarmbeingelenke und Beckensymphyse) besteht eine gewisse Nachgiebigkeit, ohne dass der Ring an Festigkeit verliert. Dies ist insbesondere bei der Bewegung des Tieres nötig. Die Übertragung des Bewegungsimpulses von den Beckengliedmaßen auf den Rumpf erfolgt dadurch mit einer gewissen Federung (Nickel et al. 2004).

Die Ventralfläche des Darmbeinflügels, *Facies sacropelvina*, trägt zur Verbindung mit dem Kreuzbein ventromedial die raue, dreiseitige *Tuberositas iliaca* mit der wenig profilierten länglichen *Facies auricularis*. Das Kreuzbein besitzt jederseits den weit lateral ausladenden Kreuzbeinflügel (*Ala sacralis*), der jeweils dorsolateral eine

Facies auricularis zur Verbindung mit dem Darmbeinflügel trägt. Die einander gegenüberliegenden, von Knorpel überzogenen Gelenkflächen, *Facies auriculares*, sind nicht glatt, sondern haben zueinander passende Vorsprünge und Vertiefungen ausgebildet. Dadurch wird die Gelenkhöhle zu einem unregelmäßigen Spalt reduziert (Wissdorf et al. 2002).

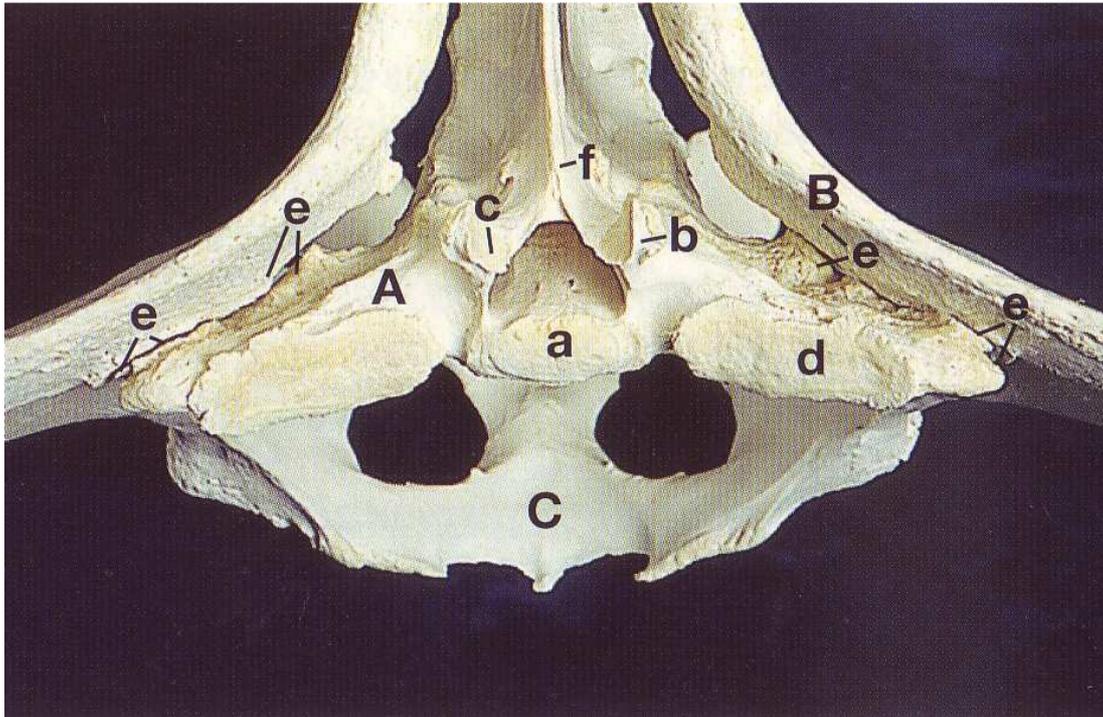


Abb. 1: Kreuzbein und Becken, kraniale Ansicht (nach Wissdorf et al. 2002)

A Kreuzbein, B Darmbeinflügel, C Beckenboden, a *Basis Osis sacri*, b *Proc. articularis cranialis*, c *Facies articularis cranialis*, d Gelenkfläche des Kreuzbeins zur Verbindung mit dem Querfortsatz des 6. Lendenwirbels, e *Facies auricularis* von Darmbein bzw. Kreuzbein, f *Proc. spinosus*

Dorsal der Gelenkflächen von Kreuz- und Darmbein liegt je eine raue Region, *Tuberositas sacralis* und *Tuberositas iliaca*, deren Vorsprünge und Vertiefungen einander ungefähr entsprechen. Die verbleibenden Inkongruenzen werden durch Faserknorpel ausgefüllt, der zur festen Verbindung zwischen den Kreuz- und Darmbeinflügeln beiträgt. In einer anderen Interpretation wird der Faserknorpel als *Ligg.*

sacroiliaca interossea angesprochen (König u. Liebich 2001; Wissdorf et al. 2002; Haussler 2004a). Gemäß der Nomina Anatomica Veterinaria (2005) wird dieses fibro-kartilaginöse Gewebe als *Ligg. sacroiliaca interossea* bezeichnet. Die *Art. sacroiliaca* stellt damit eine Kombination aus einem synovialen Gelenk mit einer *Art. cartilaginea* dar (Salomon et al. 2005).

Typischerweise ist der Umriss des ISG L-förmig, wobei die konvexe Linie in kaudo-ventrale Richtung zeigt (Haussler 2004a). Oft weist das Gelenk auch eine C-Form auf oder besitzt fast gar keine Krümmung (Dalin u. Jeffcott 1986a; Jeffcott u. Dalin 1986). Nach Salomon et al. (2005) besitzt das Gelenk halbmondförmige Gelenkflächen. In einer morphometrischen Studie wurden die Gelenkfläche der Iliosakralgelenke von 41 Pferden zwischen spätem Fetalleben bis zum 14. Lebensjahr analysiert. Die Tiere wiesen ein Körpergewicht zwischen 10 und 550 kg KGW auf. Es stellte sich dabei heraus, dass die Flächeninhalte hierbei zwischen 1,0 und 17,8 cm² schwankten. Die Länge variierte zwischen 1,8 und 9,0 cm und die Breite zwischen 0,9 und 4,6 cm. Dem zufolge nimmt die relative Größe des Gelenks mit zunehmendem Körpergewicht ab (Dalin u. Jeffcott 1986b). Die Gelenkfläche am Kreuzbein ist jederseits etwas länger als die des Darmbeins und die altersbedingten Variationen der Gelenkmaße sind hauptsächlich auf Unterschiede im Körpergewicht zurückzuführen (Dalin u. Jeffcott 1986b; Wissdorf et al. 2002). Die altersbedingten Veränderungen in Form und Größe der Gelenkflächen des ISG sind auch beim Menschen (Weisl 1954; Bowen u. Cassidy 1981) und beim Hund (Breit u. Künzel 2001) beschrieben worden.

Die Gelenkflächen des ISG divergieren kranial um ca. 40° von einer transversalen Ebene und sind kraniodorsal nach kaudoventral um ca. 60° von einer horizontalen Ebene abgewinkelt (Getty 1975). Außerdem wird berichtet, dass die Gelenkflächen abgeflacht sind und ca. 30° von der Dorsalebene abweichen (Dalin u. Jeffcott 1986a; Erichsen et al. 2002). Breit u. Künzel (2001) weisen darauf hin, dass das Pferd als schwergewichtiger Pflanzenfresser ein fast horizontal gestelltes ISG hat, während beim Hund das Kreuzdarmbeingelenk steiler steht, bei großen Rassen wie dem Deutschen Schäferhund sogar fast sagittal.

Die *Facies auricularis* des Kreuzbeins ist von **hyalinem Gelenkknorpel** und die *Facies auricularis* des Darmbeins von **Faserknorpel** überzogen (Dalin u. Jeffcott

(1986a; Ekman et al. 1986; Wissdorf et al. 2002; Haussler 2004a). Die gleiche Situation liegt auch beim Menschen vor (Cassidy u. Townsend 1985; Kissling u. Michael 1997), während beim Hund beide Gelenkflächen von hyalinem Gelenkknorpel überzogen sind (Gregory et al. 1986). Durch diese besondere Konstruktion bezeichnen manche Autoren das ISG als ein „nicht typisches synoviales Gelenk“ (Dalin u. Jeffcott 1986a; Haussler 2004a).



Abb. 2: Parasagittaler Schnitt des Iliosakral- und Lumbosakralgelenks

1 Kreuzbein; 2 Darmbein; 3 *Lig. sacroiliacum ventrale*; 4 kraniale Glutealgefäße
(nach Denoix et al. 2005a, b)

Die Gelenkkapsel ist eng (Dalin u. Jeffcott 1986a; König u. Liebich 2001; Erichsen et al. 2002; Nickel et al. 2004; Salomon et al. 2005) und inseriert an den Rändern der Gelenkflächen (Wissdorf et al. 2002; Haussler 2004a). Haussler (2004a) gibt an, dass sich normalerweise lediglich eine kleine Menge Synovia (< 0,5 ml) im Gelenk befindet, wobei Rümens et al. (2007) von annähernd 1,5 ml ausgehen. Der größte

Teil der Synovia füllt die Peripherie der Gelenkhöhle, in unmittelbarer Nähe der randständigen Gelenkkapsel (Rümens et al. 2007).

2.1.2 Die Iliosakralbänder

Als Bandapparat des ISG sind beim Pferd nach Denoix (1996), König u. Liebich (2001) und Wissdorf et al. (2002) drei Gruppen von Gelenkbändern, *Ligg. sacroiliaca*, ausgebildet:

a) Die ventralen Kreuzdarmbeinbänder, *Ligg. sacroiliaca ventralia*, stellen die einzige ventrale Verstärkung der Kapsel dar und verlaufen vom Rand des Kreuzbeinflügels zum Darmbeinflügel. Ein großer Teil der Fasern ist nahezu vertikal gerichtet.

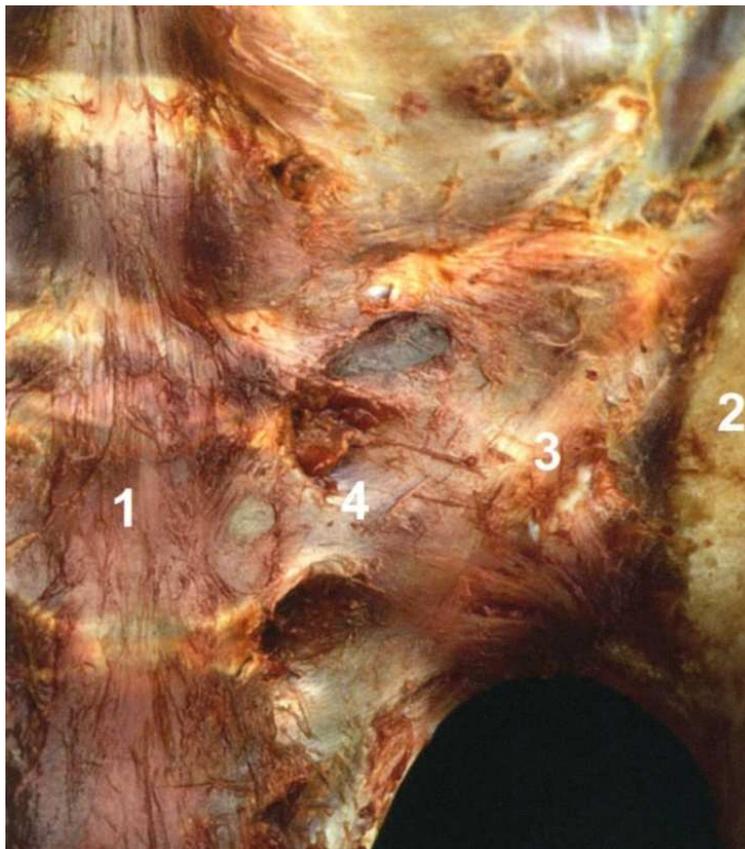


Abb. 3: Iliosakralgelenk, ventrale Ansicht

1 Kreuzbein; 2 Darmbein 3 *Lig. sacroiliacum ventrale*; 4 kraniale Glutealgefäße
(nach Denoix et al. 2005a, b)

b) Die inneren Kreuzdarmbeinbänder, *Ligg. sacroiliaca interossea*, die zwischen der *Tuberositas iliaca* des Darmbeinflügels und der *Tuberositas sacralis* des Kreuzbeinflügels verlaufen. Nickel et al. (2004) beschreiben diese als ventrale Kreuzdarmbeinbänder, während Salomon et al. (2005) sie nicht im engeren Sinne für Bänder, sondern für Faserknorpel halten. Sie bestehen hauptsächlich aus vertikal verlaufenden Faserbündeln. Rümens et al. (2007) schlagen in ihrer Arbeit vor, den Begriff *Ligg. sacroiliaca interossea* nicht mehr zu verwenden, da sie peripher zum Gelenk liegen. Ihrer Meinung nach sollte man diese einer starken Gelenkkapsel zuordnen.

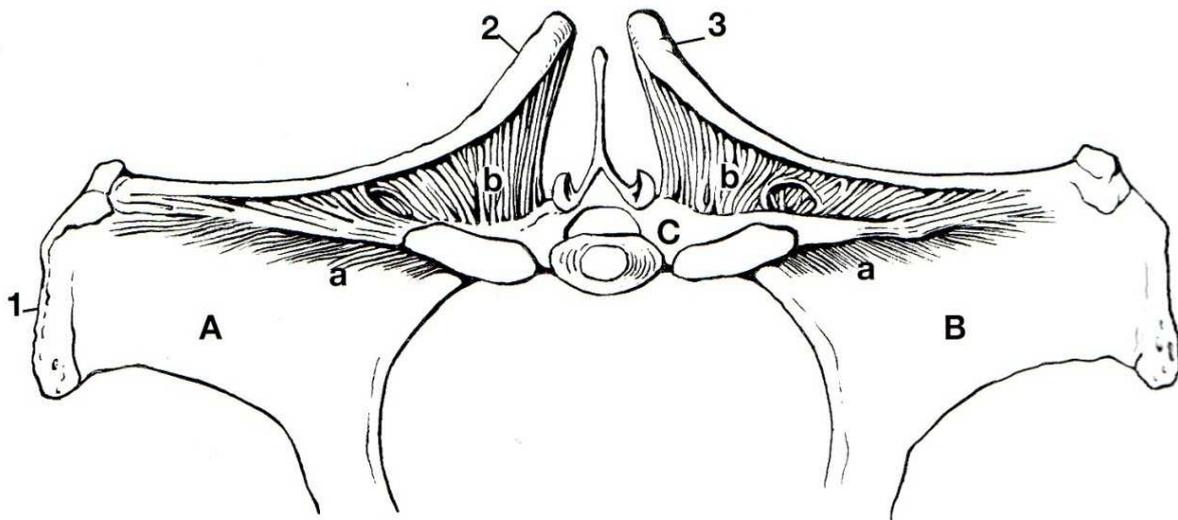


Abb. 4: Iliosakralgelenk, kraniale Ansicht.

A rechter Darmbeinflügel; B linker Darmbeinflügel; C Kreuzbein; 1 *Tuber coxae*; 2, 3 *Tubera sacralia*; a *Ligg. sacroiliaca ventralia*; b *Ligg. sacroiliaca interossea*
(nach Wissdorf et al. 2002)

c) Dorsale Kreuzdarmbeinbänder, *Ligg. sacroiliaca dorsalia*, bestehen aus zwei Teilen, der *Pars brevis* (kurzer Teil) und der *Pars longa* (langer Teil). Die *Pars brevis* ist zwischen dem *Tuber sacrale* des Darmbeinflügels und den freien Enden der Dornfortsätze des Kreuzbeins ausgespannt. Die *Pars longa* entspringt kaudomedial

am *Tuber sacrale* und endet an der *Pars lateralis* des Kreuzbeins (Wissdorf et al. 2002; Salomon et al. 2005). Haussler (2004a) und Engeli et al. (2004a, b; 2006) bezeichnen die *Pars brevis* als dorsale Portion und die *Pars longa* als laterale Portion. Engeli et al. (2004a, b) teilten den kurzen Teil der dorsalen Kreuzdarmbeinbänder weiter in den „broad part“ (breiter Teil), der eine Fortsetzung der *Fascia thoracolumbaris* ist, und den „thin part“ (dünner Teil) ein. Der dünne Teil der dorsalen Portion des dorsalen Iliosakralbandes entspringt am *Tuber sacrale* und vereinigt sich kaudal mit dem breiten Teil. Denoix et al. (2001), Dyson et al. (2001) und Degueurce et al. (2004) fanden heraus, dass das dorsale Iliosakralband aus zwei Teilen besteht, einem oberflächlichen, kräftigen funikulären und einem tiefen, breiten, membranösen Abschnitt.

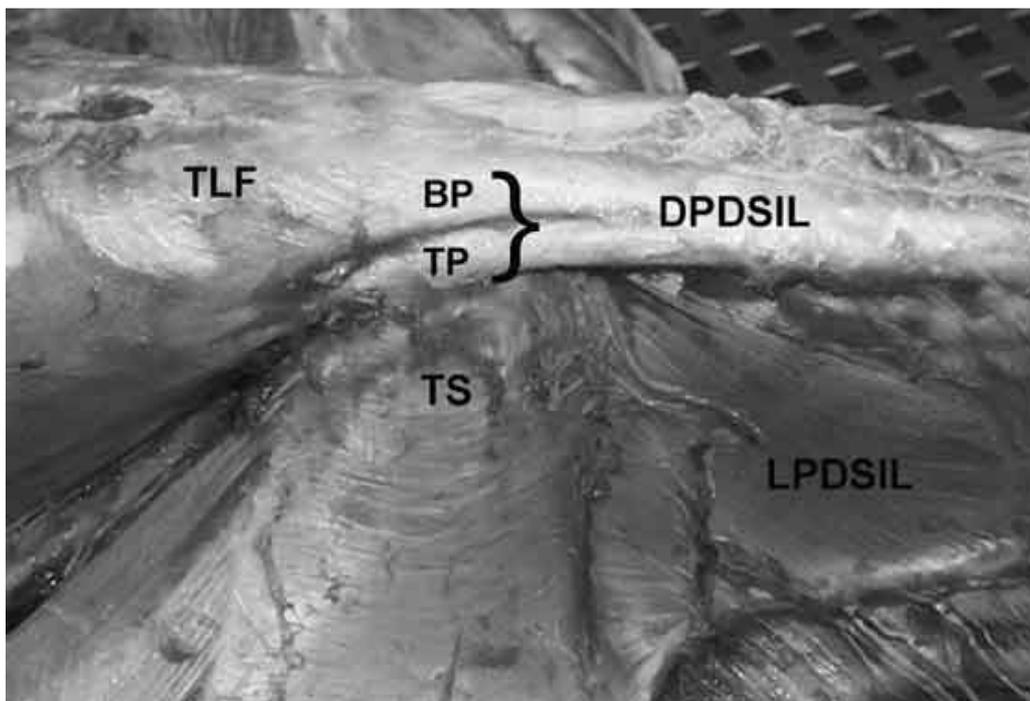


Abb. 5: Sektionspräparat der lumbosakralen Verbindung, linke schräge Ansicht

TLF thorakolumbale Faszie; TS Tuber sacrale; BP breiter Teil der dorsalen Portion des *Lig. sacroiliacum dorsale*; DPDSIL dorsale Portion des *Lig. sacroiliacum dorsale*; TP dünner Teil des *Lig. sacroiliacum dorsale*; LPDSIL laterale Portion des *Lig. sacroiliacum dorsale* (nach Engeli et al. 2004b)

Eine wichtige Rolle für die Stabilität und die Einschränkung der Bewegungen im ISG spielt **das breite Beckenband**, *Lig. sacrotuberale latum* (Jeffcott et al. 1985; Goff et al. 2006; Rümens et al. 2007). Dieses Band verbindet das Kreuzbein breitflächig mit dem Becken, vom *Tuber sacrale*, über die *Incisura ischiadica major*, die *Spina ischiadica*, bis hin zum *Tuber ischiadicum*. Außerdem tritt das Band an den ersten Schwanzwirbel (Wissdorf et al. 2002).

2.1.3 Die Muskulatur

Die Muskeln, die in der unmittelbaren Umgebung des Kreuzdarmbeingelenks liegen und auch mit der Biomechanik des Gelenks verbunden sind (s. Kapitel 3), werden in Tab. 1 aufgelistet (nach Jeffcott u. Dalin 1980; Fürst 2001; Wissdorf et al. 2002; Haussler 2004a).

Die Fixation des ISG muss überwiegend durch Bänder erfolgen, da es keine Muskulatur gibt, deren Faserverlauf im rechten Winkel zu den Gelenkflächen liegt. Der *M. longissimus*, der *M. gluteus medius* und die Iliopsoasmuskulatur überbrücken das Gelenk, weisen aber einen kraniokaudalen Faserverlauf auf und können nur wenig zur Stabilisierung des ISG beitragen (Rümens et al. 2007).

2.1.4 Neurovaskuläre Anatomie

Im Bereich des Kreuzdarmbeingelenks verlaufen wichtige nervale und vaskuläre Strukturen, wie *N. ischiadicus*, der *N. gluteus cranialis*, die *A. glutea cranialis* und die *V. glutea cranialis*. Diese Strukturen treten gemeinsam ventromedial durch das *Foramen ischiadicum majus* in Richtung auf das Iliosakralgelenk aus. Die *A. glutea cranialis* geht aus der *A. glutea caudalis* hervor, welche der *A. iliaca interna* entstammt. Die *V. glutea cranialis* mündet in die *V. iliaca interna*. Die kranialen Glutealgefäße verlaufen über das *Lig. sacroiliacum ventrale* und über den kaudalen Rand des Kreuzdarmbeingelenks hinweg, bevor sie durch das *For. ischiadicum majus* treten. Die *A.* und *V. glutea cranialis* verlaufen weiter dorsal und versorgen die Glutealmuskulatur (Wissdorf et al. 2002; Haussler 2004a).

Tab. 1: Muskulatur in der Umgebung des Kreuzdarmbeingelenks

Muskel	Ursprung	Ansatz
M. longissimus lumborum et thoracis	Dornfortsätze des Kreuzbeins, der Lenden- und Brustwirbel, Darmbeinflügel, Querfortsätze der Brust- u. Halswirbel	Querfortsätze der Wirbel, Rippenhöcker
M. rectus abdominis	4.-9. Rippenknorpel	Tendo prepubicus
M. iliopsoas	Letzte zwei bis drei Brust- und erste Lendenwirbelkörper	Trochanter minor ossis femoris
M. gluteus medius	M. longissimus lumborum, Facies glutea, Kreuzbein, Ligg. sacroiliacum dorsale und sacrotuberale latum	Pars caudalis des Trochanter major ossis femoris
M. gluteus accessorius	Lateral am Darmbeinflügel	Unterhalb des Trochanter major ossis femoris
M. obturator internus	Innenfläche des Os ischii und Os pubis vom Rand des For. obturatorium bis zur Symphysis pelvina	Fossa trochanterica ossis femoris
M. psoas major	An der Ventralseite des wirbelnahen Endes des letzten Rippenpaares sowie ventral an den Körpern und Querfortsätzen aller Lendenwirbel	Trochanter minor ossis femoris
M. psoas minor	Ventral an den letzten drei Brustwirbeln und den folgenden Lendenwirbeln sowie an den Zwerchfellpfeilern	Tuberculum M. psoas minoris des Darmbeins
M. obliquus internus	Hüfthöcker und Leistenband	Letzte Rippe und die Knorpel der 18.-14. Rippe
M. obliquus externus	4.-18. Rippe, Fascia thoracolumbalis, Hüfthöcker	Linea alba, Tendo prepubicus, Arcus inguinalis

Über die Innervation des Iliosakralgelenks beim Pferd gibt es in der Literatur bisher keine wesentlichen Arbeiten. Das Kreuzdarmbeingelenk des Menschen scheint laut Solonen (1957) reich innerviert zu sein, obwohl es Unklarheiten in Bezug auf die genaue Beschreibung der Innervation gibt (Slipman et al. 2000).

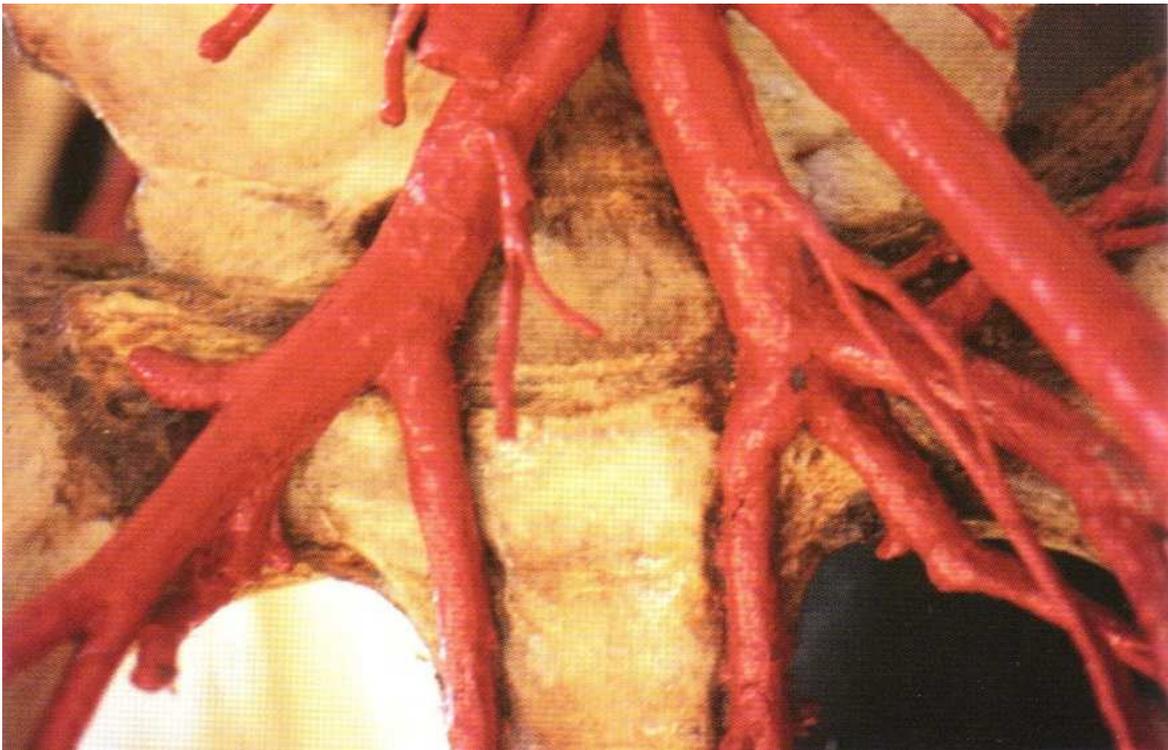


Abb. 6: Darstellung der arteriellen Verhältnisse auf der ventralen Seite des Iliosakralgelenks (nach Denoix 1996)

2.2 BIOMECHANIK DES ILIOSAKRALGELENKS

Zum besseren Verständnis der ISG-Problematik des Pferdes benötigt man genaue Kenntnisse über den funktionell-anatomischen Aufbau und die Mechanik der kaudalen Wirbelsäulenanteile und des Beckens. In diesem Kapitel werden die Biomechanik und die Bewegungsmöglichkeiten des Kreuzdarmbeingelenks dargestellt.

2.2.1 Einleitung

Obwohl laut Kissling u. Michel (1997) schon Hippokrates eine Beweglichkeit des ISG beim Menschen vermutet hat, sind viele Pferdespezialisten unterschiedlicher Meinung. Getty (1975), Jeffcott et al. (1985), Dalin u. Jeffcott (1986a) und Hendrickson (2002) berichten über das nahezu unbewegliche ISG beim ausgewachsenem Pferd. Jeffcott u. Dalin (1980), Bromiley (1993) und Wissdorf et al. (2002) stellen fest, dass eine Bewegung im Kreuzdarmbeingelenk nicht nachweisbar ist und Stadbäumer u. Nowak (1995) schreiben, dass eine Bewegung des ISG beim ausgewachsenem Pferd nicht wahrgenommen werden kann. Da das Kreuzdarmbeingelenk nicht beweglich ist, kann es durch übermäßige Bewegung zu einer Subluxation des Gelenks kommen (Adams 1969). Anderer Meinung ist van Weeren (2004), der behauptet, dass im ISG lediglich geringe Bewegungsmöglichkeiten vorhanden sind. Erste Untersuchungen *in vitro* von Denoix (1992), Kersten (2003), Deguerce et al. (2004), Goff et al. (2006) und *in vivo* Experimente von Faber-Meinders (2001) und Goff et al. (2006) zeigen, dass Bewegungen im ISG nachweisbar sind. Der Rand des ISG ist von der Gelenkkapsel eng umschlossen. Dies ist ein charakteristisches Merkmal für ein Gelenk mit einer geringgradigen Beweglichkeit (Hausler 2004a).

2.2.2 Statische Betrachtung der Biomechanik des Iliosakralgelenks

Das Becken steht in fester Verbindung mit den Wirbelknochen und in gelenkiger Verbindung mit den Oberschenkelknochen. An der dorsalen horizontalen Hälfte der *Facies auricularis* des Darmbeins ist ein solides Aufhängeband befestigt, das der Zugbeanspruchung gerecht wird. An der unteren vertikalen Hälfte der *Facies auricularis* befindet sich ein Knorpelüberzug. Diese Verbindung des Beckens mit der Wirbelsäule ergibt eine Spitzbogenkonstruktion, in der die Schenkel aus den *Acetabuli* entspringen und der Scheitel im Bereich des dritten Lendenwirbels zu liegen kommt. Schambein, Sitzbein und äußere Darmbeinwinkel sind als Muskelhöcker aufzufassen und haben ihre Stellung und Mächtigkeit der Notwendigkeit großer Muskelinsertionsflächen und der jeweiligen Muskelzugrichtung zu verdanken. Die mechanische Konstruktion des Beckens ist darauf ausgerichtet, den Zug- und Druckbeanspruchungen standzuhalten, wobei die Zugkräfte dabei eindeutig überwiegen. Das spongiöse Gewebe des Knochens ist vorwiegend auf Druckbeanspruchung ausgerichtet, die Knochenkompakta hingegen widersteht den Zugbeanspruchungen (Hantak u. Horvath 1982).

Die funktionellen Kräfte, die auf das Kreuzdarmbeingelenk wirken, lassen sich nach Denoix (1992) in drei Ebenen einteilen: 1. Transversal, 2. Frontal und 3. Sagittal.

Die Transversalebene

Wenn ein Pferd beide Hintergliedmaßen belastet, wirkt auf die Iliosakralgelenke eine Kraft, welche die Gelenkfläche auseinander zieht. Die starken Iliosakralbänder wirken der Streckung entgegen und werden durch die Muskulatur der kaudalen Wirbelsäule (*Mm. glutei*, *M. errector spinae* und *M. psoas*) unterstützt (Denoix 1992). Eine wesentliche Stabilisierung des ISG erfolgt in kraniokaudaler Richtung durch die *Ligg. sacroiliaca dorsalia*, welche die Darmbeine und das Kreuzbein synchronisieren (Rümens et al. 2007). Die auf das ISG einwirkenden Kräfte wirken vor allem auf die dorsalen Gelenkflächen ein. An den ventralen Gelenkflächen tritt vermehrt Druckkraft auf. Die Amplitude der Bewegung und die Scherkräfte werden durch den *M. obliquus internus* und die oben genannte Beckenmuskulatur begrenzt (Denoix 1992). Das ISG des Pferdes ist auf Grund seiner anatomischen Lage, der Anordnung der sub-

chondralen Knochenbälkchen, sowie der oberflächlichen Verschorfungen und der tangentialen Spaltung der Gelenkknorpel, mehr den Scher- als den Kompressionskräften ausgesetzt (Dalin 1984). Haussler (2004a) betrachtet das Kreuzbein als Stützpunkt, auf dem die Flügel der Darmbeine liegen. Seiner Meinung nach stellen die *Ligg. sacroiliaca* eine Stabilisation des ISG dar und widersetzen sich den Dehnungskräften, die durch den Zug des *M. longissimus dorsi* in dorsokraniale und den starken Zug des *M. rectus abdominis* in ventrokraniale Richtung verursacht werden. In der Bewegung des Pferdes treten zusätzliche Belastungen in ventrokraniale Richtung auf, die vor allem durch die Ansätze der hinteren Oberschenkelmuskulatur auf den Sitzbeinhöcker ausgeübt werden.

Die Frontalebene

Rooney (1977) beurteilte die Unterschiede zwischen den auf das ISG einwirkenden Kräften im Trab und Galopp. Im Trab bewegen sich die Darmbeinflügel im Kreuzdarmbeingelenk in Bewegungsrichtung des gleichseitigen Hinterbeins, was die seitliche Rotation des Beckens verursacht. Im Gegensatz dazu entsteht im Galopp eine Bewegung des Beckens in der Frontalebene. Demzufolge postulierten Rooney (1977) und Denoix et al. (2001), dass die Belastungen, welche das ISG betreffen, wahrscheinlich in den Trab größer sind als im Galopp.

Die Sagittalebene

Im Kreuzdarmbeingelenk treten zwei Bewegungsmöglichkeiten in der Sagittalebene auf. Meist handelt es sich um gleitende Bewegungen, welche aber auch in Kombination mit eingeschränkten, aufklappenden Bewegungen auftreten können. Dadurch ist auch bis zu einem gewissen Grad eine horizontale Mobilität der *Ossa coxae* möglich. Die minimalen Kippbewegungen, die in der mittleren Ebene des Beckens auftreten und bei der sich die Sitzbeine nach ventral verschieben, wurden als **Nutation** bezeichnet. Eine Bewegung der Sitzbeine in kaudaler Richtung mit Annäherung an das Kreuzbein wurde als **Kontranutation** definiert. Kontranutation entsteht durch das eigene Körpergewicht und kann durch die Muskeln (*M. rectus abdominis*, *M. obliquus externus*, *M. obliquus internus*, *M. psoas major* und *M. psoas minor*) limitiert sein (Denoix 1992; Denoix et al. 2001). Degueurce et al. (2004) vergleichen die Nutation mit einer Flexion und die Kontranutation mit einer Extension.

Eine von Denoix (1996) durchgeführte funktionelle Analyse des Beckens zeigte, dass sich die dorsalen und ventralen Kreuzdarmbeinbänder während der Nutation entspannen. Zu einer Streckung der Bänder kommt es dagegen bei der Kontraktion. Die tiefen Anteile der dorsalen ISG-Bänder und die ventralen ISG-Bänder verhindern Gleitbewegungen des Darmbeins nach medial. Eine dorsale Verschiebung des Darmbeins wird durch die inneren ventralen und die tiefen Abschnitte der dorsalen Kreuzdarmbeinbänder begrenzt. Die Übertragung des Bewegungsimpulses von den Beckengliedmaßen auf den Rumpf erfolgt hauptsächlich durch die dorsalen ISG-Bänder.

2.2.3 Dynamische Betrachtung der Biomechanik des Iliosakralgelenks

2.2.3.1 Theoretische Überlegungen

In der Bewegung, beginnend mit dem Schritt bis hin zu Sprüngen, ist eine rationelle Kraftübertragung von der Hinterextremität auf den Rumpf unerlässlich. Diese Druckkräfte werden über Knochen und deren Verbindungen übertragen. Die Iliosakralgelenke sowie der Übergang vom Kreuzbein auf die Lendenwirbelsäule spielen eine besondere Rolle bei der Übertragung exzentrisch, an den Hintergliedmaßen generierten Kräfte, auf das median gelegene Achsenskelett (Hantak u. Horvath 1982; Rümens et al. 2007). Eine effektive Kraftübertragung erfordert ein hohes Maß an Stabilität bei sehr geringer, aber vorhandener Bewegung im ISG. Das Kreuzdarmbein-gelenk muss deshalb zwei Funktionen erfüllen, einerseits die Fixierung des Kreuzbeins zwischen den Darmbeinflügeln, andererseits die Kraftübertragung von den Hinterextremitäten auf die Wirbelsäule (Rümens et al. 2007).

Das ISG hat durch seinen gut ausgebildeten Bandapparat und seine Oberflächenstruktur eine sehr gute Stabilität und ist damit in der Lage, die in der Hinterhand entwickelte Schubkraft nahezu verlustfrei auf die Wirbelsäule zu übertragen. Eine minimale Beweglichkeit in diesem Gelenk, im Sinne einer Federung, ist wichtig für die Übertragung des ebenfalls in den Hintergliedmaßen entwickelten Schwungs und sichert so die Elastizität der Bewegung (Rümens et al. 2007).

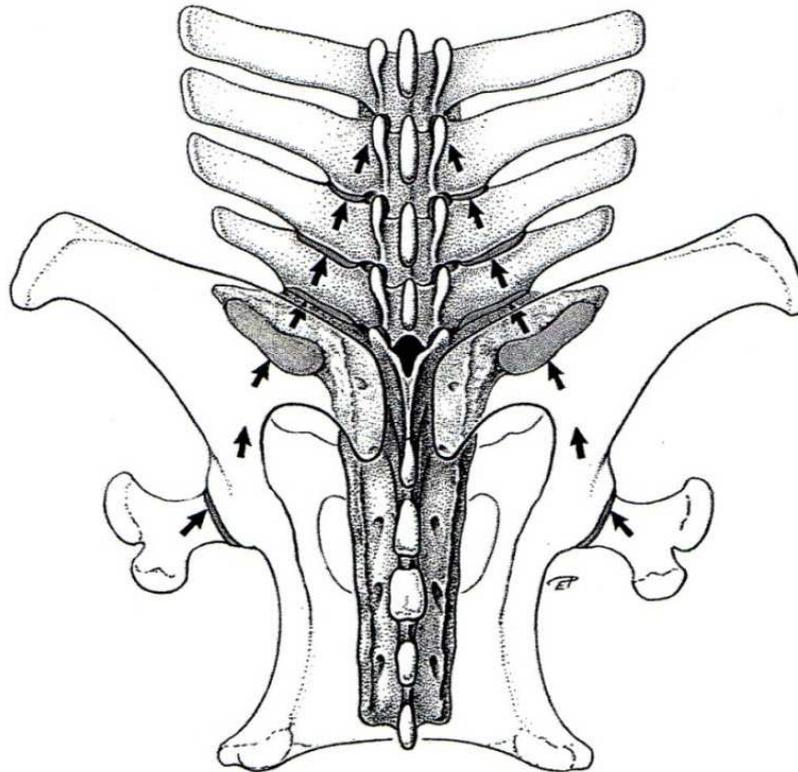


Abb. 7: Schema der Kraftübertragung von den Hinterextremitäten auf die Wirbelsäule, dorsale Ansicht (Rümens et al. 2007)

Theoretische Überlegungen über die Biomechanik des ISG und Ursachen von Luxation in diesem Gelenk wurden in zwei Veröffentlichungen von Rooney et al. (1969a, b) vorgestellt. Ihrer Meinung nach zentriert sich die Hauptspannung in der Umgebung des ISG, wenn das führende Hinterbein den Boden berührt. Über dem Körperschwerpunkt wirkt die Wirbelsäule als Hebelarm und führt zu einer Rotationsbewegung der *Facies auriculares* des *Os sacrum*. Diese Kraft wirkt sowohl durch den *M. longissimus dorsi* als Streckkraft auf das Lumbosakralgelenk (LSG), als auch durch den *M. gluteus medius* ziehend auf das Becken (kaudodorsale Richtung). Der Bewegungsimpuls wird zum einem durch die Aufwärts- und Rückwärtsbewegung des Beckens und zum anderen durch die Streckung und Rückwärtsbewegung des Hinterbeins unterstützt. Folglich rotieren die beiden *Facies auriculares* des Kreuz- und Darmbeins in ihrer physiologischen Bewegung auch nach kaudodorsal. Die

pathologischen Kräfte, die zur Luxation des ISG führen können, werden im Kapitel 4.2 vorgestellt.

Rooney (1981) schlug eine Erklärung über die Zusammenhänge zwischen Biomechanik und Arthrosen im Kreuzdarmbeingelenk vor. Eine theoretische Kraftanalyse wurde nur in einer Sagittalebene durchgeführt. In Kurven werden die Bänder des ISG verstärkt gedehnt und es kann dadurch eine vermehrte Bewegung im Gelenk auftreten. Die pathologischen Kräfte können dabei so groß sein, dass es bereits nach einer einzigen Bewegung zu einem Knorpelschaden kommen könnte. Es wurden Traber beurteilt, die gegen den Uhrzeigersinn laufen. Bei diesen Pferden traten deutlichere Schmerzen im linken Hinterbein auf, da im linken ISG eine verstärkte horizontale Kraft auftrat. Diese Kraft wurde als Zentripetalkraft bezeichnet und als wahrscheinlichste Hauptursache für die Ätiologie der ISG-Arthrose betrachtet. Andere theoretische Analyse der Biomechanik der ISG wurde in drei Ebenen von Crawford (1982) durchgeführt. Es wurde vermutet, dass die auf das Kreuzdarmbeingelenk wirkenden Kräfte quer über die Fläche des Gelenks sich verteilen. Die im ISG auftretenden Kraftmomente werden dabei durch die Anspannung der Iliosakralbänder kompensiert.

2.2.3.2 Untersuchungen der Biomechanik des Iliosakralgelenks in vitro

Denoix (1992) untersuchte an drei vollständigen Beckenpräparaten mit intaktem Beckenring die Bewegung des ISG. Die Muskulatur wurde abpräpariert und das Kreuzbein auf Höhe des L6-S1/L5-L6 und S5-Co1 von der Wirbelsäule abgetrennt. Das Präparat wurde in eine Materialprüfmaschine eingespannt. Es wurden funktionelle Untersuchungen in drei Ebenen (dorsoventrale, transversale, sagittale) unter Krafteinwirkung von 32 N bis 120 N durchgeführt. Er kam zu dem Ergebnis, dass die Längsachse die stärkere Achse des Beckens und die vertikale die schwächere Achse ist. Des Weiteren stellte er fest, dass sich das Kreuzbein gegen die Darmbeinflügel um ca. 2 mm verschieben kann. Im ISG lässt sich eine Nutation beobachten. Die Stabilisation des Kreuzdarmbeingelenks ist größer, wenn es zu einer Sakralisation des letzten Lendenwirbels kommt.

Mittels Sonographie maß Kersten (2003) die Winkelung und die Spaltenbreite des ISG unter Belastung bei 0 N, 500 N und 750 N vor und nach der Durchtrennung der Iliosakralbänder. Sie stellte einen Zusammenhang zwischen steigender Belastung und Winkeländerung fest. Der Gelenkspalt verbreitete sich ohne Kerbung der Bänder bei einer Zugbelastung von 750 N um 0,3 mm. Nach einer Einkerbung der Bänder kam es schon bei einer Belastung von 500 N zu einer Erweiterung des Gelenkspalts um 1,1 mm.

Degueurce et al. (2004) untersuchten experimentell *in vitro* die Bewegungen des Kreuzdarmbeingelenks mittels eines handelsüblichen Bewegungsanalyse-Systems. Sie stellten v.a. fest, dass die Nutation im ISG mit der Flexion des LSG verbunden ist. Befand sich das LSG in Extensionstellung, konnte man keine deutliche Bewegung im ISG feststellen. Die Amplitude der Nutation betrug weniger als 1°, was die Theorie bestätigte, dass das Kreuzdarmbeingelenk nur eine geringe Mobilität besitzt. Die Ergebnisse entsprechen auch der theoretischen Überlegung, dass im Gelenk entstandene Bewegungen zu einer Subluxation führen und Schmerzen auslösen können. Das ISG dehnt sich *in vivo*, wenn sich das LSG in einer starken Flexion befindet. Dieser Fall liegt vor, wenn die Hinterbeine gleichzeitig angezogen werden, wie es beim Abstoßen der Hinterbeine im Galopp oder beim Absprung bzw. beim Ausstrecken der hinteren Wirbelsäulenanteile über den Höhepunkt des Hindernisses stattfindet.

In der Studie von Goff et al. (2006) wurde die relative Bewegung des ISG *in vitro* getestet. Dabei wurden manuelle Kräfte aus vier verschiedenen Richtungen (kraniale, kaudale, laterale und schräge Rotation) ausgeübt. Diese wurden in drei Ebenen mit einem 3-dimensionalen Orientierungs-Sensor gemessen. Die größte Amplitude der Bewegung wurde für die laterale ($2,56 \pm 0,29^\circ$) und die schräge ($2,25 \pm 0,29^\circ$) Rotation in der Frontalebene gemessen. Die Ergebnisse der kranialen ($1,57 \pm 0,13^\circ$) und kaudalen ($1,45 \pm 0,13^\circ$) Rotation in der Sagittalebene unterscheiden sich von den Resultaten der Arbeit von Degueurce et al. (2004), die bei Bewegungen in der Sagittalebene eine Amplitude der Nutation in Höhe von $0,8 \pm 0,5^\circ$ messen konnten.

Kersten (2003) erwähnt, dass es sich um experimentelle Versuchsordnungen handelt und Rückschlüsse auf *in vivo* Bedingungen nur bedingt möglich sind. Bei den

durchgeführten Versuchen wurden isolierte Becken untersucht. Für die Stabilität des ISG sind jedoch nicht nur die beschriebenen Bänder wichtig, sondern auch die Verbindung mit der Wirbelsäule sowie die umgebende dicke Muskelschicht, die die Schutz- und Stützfunktion übernimmt.

2.2.3.3 Untersuchungen der Biomechanik des Iliosakralgelenks *in vivo*

Der spezielle anatomische Aufbau des ISG schränkt die Bewegungsmöglichkeit in diesem Gelenk ein. Theoretische Überlegungen ergaben, dass im Schritt und Trab nahezu keine Bewegung stattfinden kann. Faber-Meinders (2001) konnte dies mit ihren Untersuchungen *in vivo* für die beiden Gangarten Schritt und Trab, jedoch nicht für Galopp bestätigen. Dabei setzte Faber-Meinders (2001) ein handelsübliches Bewegungsanalyse-System mit sieben Kameras ein, um die relative Bewegung im dreidimensionalen Raum zwischen markierten Knochenpunkten zu messen. Dazu brachte sie Markierungspunkte mittels Steinmannnägeln am dritten Sakralwirbel und am linken und rechten *Tuber coxae* an. Vor allem im Galopp konnte eine erhebliche Achsendrehung (um bis zu 4°) zwischen dem dritten Wirbel des Kreuzbeins und dem Hüfthöcker nachgewiesen werden. Sie folgerte daraus, dass beim Abfußen der Hinterhand, die Kräfte, die auf die Kreuzdarmbeinbänder wirken, groß genug sind, um eine Dehnung der Bänder und eine anschließende Rotation im ISG zu ermöglichen. Im Vergleich zum Schritt und Trab sind die Scherkräfte im Galopp deutlich stärker.

Goff et al. (2006) führten Untersuchungen durch, um nachzuweisen ob durch Anwendung manueller Kräfte auf das *Tuber sacrale* und das *Tuber coxae* eine Veränderung des Spaltes zwischen dem *Os ilium* und dem *Os sacrum* erzeugt werden kann. Dazu wurde mittels Sonographie die Querschnittsfläche der dorsalen Kreuzdarmbeinbänder vor und während manueller Krafteinwirkung dargestellt und anschließend ausgemessen. Es konnte eine Flächenreduktion des *Lig. sacroiliacum dorsale* durch Einwirkung manueller Kräfte auf Kreuz- und Hüfthöcker nachgewiesen werden. Die Vergrößerung des Abstandes zwischen Kreuzbein und Darmbein führt somit zur Verlängerung und damit zur Querschnittsverkleinerung der Bänder. Schon im Jahr 1996 zeigte Denoix, dass geringe Bewegungen im ISG eine Verlängerung

des dorsalen Kreuzdarmbeinbandes bewirken können. Goff et al. (2006) postulierten, dass durch Manipulation eine Bewegung im Kreuzdarmbeingelenk erzeugt werden kann, jedoch konnte trotz ultrasonographischer Untersuchung weder die Richtung noch die Amplitude der Bewegung dargestellt werden.

2.3 PATHOLOGIE UND KLINISCHES BILD

2.3.1 Einleitung

Die in der Literatur vorhandene Beschreibung der ISG-Läsionen ist kontrovers, da es zu diesem Thema wenig pathologische Studien gibt. Gleiche klinische Symptome wurden von Adams (1969) als ISG-Subluxation oder Dislokation, von Jeffcott (1980, 1982) als ISG-Zerrung oder Instabilität, von Rooney (1977) und Jeffcott (1983) als ISG-Arthrose.

Haussler (2004a) stufte die mit dem ISG-Bereich verbundene Pathologie in zwei Gruppen ein, Gelenk-Läsionen (z.B. Arthrose oder Stressfraktur des Iliumflügels) und Weichteil-Läsionen (Desmitis oder Muskelzerrung). ISG-Veränderungen wurden generell von Dyson (2004), Dyson u. Murray (2003, 2004) und Dyson et al. (2001; 2003a, b; 2004) als „Sacroiliac Joint Disease (SIJD)“ ohne weitere Unterteilung beschrieben.

In weiteren Kapiteln wurden klinische und pathologische Symptome der unterschiedlichen ISG-Läsionen in fünf Gruppen kategorisiert und charakterisiert.

2.3.2 Akute (Sub-)Luxation des Iliosakralgelenks

Die akute Luxation des ISG kommt sehr selten vor und sie wird als Separation der Gelenkflächen des Kreuz- und Darmbeins charakterisiert (Haussler 1999a; Dyson 2004). Es wurden in der Literatur nur wenige Fälle der akuten (Sub-)Luxation des

Kreuzdarmbeingelenks beschrieben (Rooney et al. 1969a, b; Rooney 1979; Denoix 1996; Haussler et al. 1999).

2.3.2.1 Ätiologie und Pathologie der akuten (Sub-)Luxation des ISG

Als Auslöser für eine komplette Zerreißung der Kreuzdarmbeinbänder ist ein erhebliches Trauma erforderlich (Haussler et al. 1999; Haussler 2004a). Akute ISG-Zerrungen oder Subluxationen treten meist bei jenen Pferden auf, welche mit hoher Geschwindigkeit springen müssen. Großrahmige Tiere mit vergleichsweise schwach bemuskelten Kruppen scheinen eindeutig empfindlicher für Kreuzdarmbeinprobleme zu sein (Jeffcott 1993). Die Zerreißung der Iliosakralbänder kann als Komplikation einer inneren Darmbeinwinkelfraktur auftreten (Hantak u. Horvath 1982).

Die postmortale Untersuchung von Patienten mit Verdacht auf eine Luxation des ISG ergab folgende Befunde: unilaterale oder bilaterale Zerreißung der Gelenkkapsel, Ausrissfrakturen der Ansätze der ISG-Bänder oder Instabilität der Kreuzdarmbeingelenke (Haussler et al. 1999; Haussler 2004a). Bei zwei Pferden mit einseitiger akuter Verletzung des ISG wurde eine Zerreißung der kranialen Portion des ventralen Iliosakralbandes gefunden, welche mit einer massiven Blutung verbunden war (Rooney et al. 1969a, b). Denoix (1996) stellte bei der Sektion eines Pferdes mit einer Fraktur des Sakralflügels einen Abriss des ventralen Iliosakralbandes fest (Abb.8).

Haussler et al. (1999) behaupten, dass die Instabilität des Kreuzdarmbeingelenks durch die isolierte Zerreißung des dorsalen Iliosakralbandes in der Nähe des Bandansatzes auf der medialen Portion des Gelenks, verursacht wurde. Ihrer Meinung nach können unterschiedliche Mechanismen zu unterschiedlichen Verletzungen führen und deshalb können entweder die dorsalen oder die ventralen ISG-Bänder geschädigt werden. Die komplette Zerreißung des ventralen Kreuzdarmbeinbandes löst eine mediolaterale Instabilität des Gelenks aus (Haussler 2004a). Die inneren Kreuzdarmbeinbänder widersetzen sich der Schwerkraft und hängen das Gewicht des kaudalen Abdomens und der thorakolumbalen Wirbelsäule an den Darmbeinflügeln auf, weshalb die komplette Zerreißung der inneren ISG-Bänder zu einer Verschiebung der Darmbeinflügel nach dorsal sowie einer Kreuzhöcker-Asymmetrie

führen kann (Rooney 1979; Haussler 2004a), was nach Wissdorf et al. (2002) in Abb. 9 schematisch dargestellt ist.



Abb. 8: Iliosakralgelenk mit dem abgerissenen *Lig. sacroiliacum ventrale*, kaudoventrale Ansicht (nach Denoix 1996)

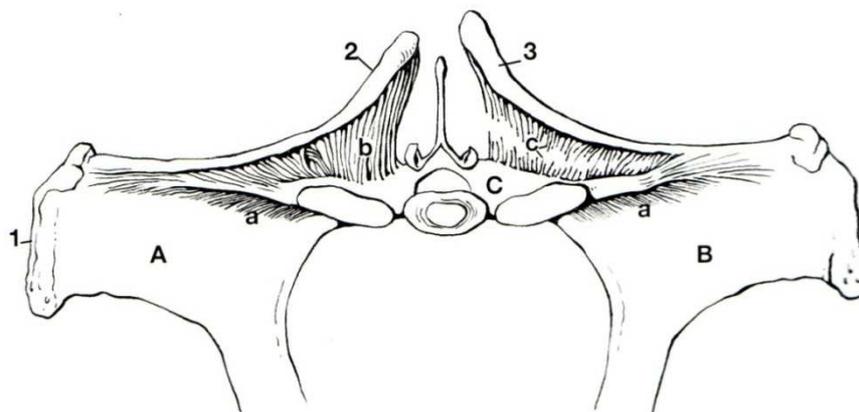


Abb.9: Iliosakralgelenk mit Ruptur des *Lig. sacroiliacum interosseum* auf der linken Seite und den dadurch bedingten Beckenschiefstand, kraniale Ansicht

A rechter Darmbeinflügel; B linker Darmbeinflügel; C Kreuzbein; 1 rechtes *Tuber coxae*; 2 rechtes *Tuber sacrale*; 3 disloziertes linkes *Tuber sacrale*; a *Ligg. sacroiliaca ventralia*; b *Ligg. sacroiliaca interossea* der rechten Seite; c rupturierte Anteile der *Ligg. sacroilaca interossea* der linken Seite (nach Wissdorf et al. 2002)

2.3.2.2 Klinisches Bild

Eine *intra vitam* Diagnose der ISG-Luxation kann man nur in solchen Fällen stellen, bei denen es auf Grund einer Verletzung zu einer **akuten** Asymmetrie der Kreuzbeinhöcker kam, oder, wenn während der klinischen Untersuchung Krepitation, vermehrte Beweglichkeit des Gelenkes, unabhängige Bewegung der *Tubera sacralia* sowie Druckschmerz im Bereich der Muskulatur festgestellt wurde (Stadbäumer u. Nowak 1995; Haussler 2004a). Es wurde sowohl hochgradige Lahmheit, teilweise ohne Belastung der Hinterbeine, als auch dorsale Dislokation der Kreuzhöcker und unabhängige Bewegung der *Tubera sacralia* festgestellt. Die betroffenen Pferde können auch Schmerzen beim Hinlegen und Aufstehen aufweisen (Rooney 1979).

Falls das Tier laut Vorbericht einen schweren Sturz erlitt und der Verdacht auf eine mögliche ISG-Zerrung besteht, sollte immer eine Untersuchung auf eine evtl. vorhandene Asymmetrie des Beckens oder auf Muskelatrophie im Bereich der Kruppe durchgeführt werden (Jeffcott 1993). Die Diagnose einer Luxation des ISG sollte nicht nur anhand vorhandener Asymmetrie der *Tubera sacralia* gestellt werden (Cassidy u. Townsend 1985). Es kommt bei Pferden häufig in einem gewissen Grad, zu Asymmetrien der Kreuzhöcker, welche nicht durch eine Verletzung der ISG-Bänder verursacht wurde (Haussler 1999).

Als Differentialdiagnose ist bei einem akuten Fall der Kreuzhöcker-Asymmetrie die komplette Fraktur des Darmbeinflügels zu berücksichtigen. Diese am meisten vorkommende Beckenfraktur beim Pferd ist laut Pilsworth et al. (1994) und Haussler (2004a) typischerweise mit dem Absinken des Kreuzhöckers auf der betroffenen Seite verbunden. Das Problem der Kreuzhöcker-Asymmetrie und des Vorhandenseins eines sogenannten „hunter's bump“ wird weiter im Kap. 2.3.3 vorgestellt.

2.3.3 Chronische (Sub-)Luxation des Iliosakralgelenks

Jeffcott (1993) unterscheidet im Gegensatz zu Hendrickson (2002) die akute von der chronischen Kreuzdarmbeinverletzung. Die zweifelsfreie Ursache der akuten ISG-Verletzung ist ein Trauma (Rooney et al. 1969a, b). Manche Fälle können vom akuten in den chronischen Zustand fortschreiten (Jeffcott 1993).

2.3.3.1 Ätiologie und Pathologie der chronischen (Sub-)Luxation des ISG

Bei vier chronischen Fällen der ISG-Luxation wurde eine kraniodorsale Luxation festgestellt. Die ISG-Bänder wurden gedehnt und/oder gerissen. Es konnten sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch keine Anzeichen einer Entzündung, einer neuen Knochen-Formation oder eines Knorpelschadens gefunden werden (Rooney et al. 1969a, b).

2.3.3.2 Klinisches Bild

Die klinischen Symptome einer degenerativen Veränderung im ISG muss von den Anzeichen einer chronischen Subluxation unterschieden werden, welche wahrscheinlich weniger oft vorkommt, als früher angenommen wurde (Townsend et al. 1986). Da bei einer Subluxation des ISG der das Gelenk stabilisierende Bandapparat geschädigt wird, muss eine ausreichend lange Rekonvaleszenz für die Bänder gewährt werden (Riegel u. Hakola 1999). Das Pferd spürt den Schmerz, bis das Narbengewebe das Gelenk wieder stabilisiert. Auf Grund der Heilung der ligamentären Verletzung durch Narbengewebe, neigt die chronische Luxation oder Subluxation des ISG zum Rezidiv (Adams 1969).

Bei der chronischen ISG-Verletzungen stehen verminderte Leistungsfähigkeit, die vorberichtlich schon seit längerem besteht (durchschnittlich 14 Monate), Hinterhandlahmheit, die intermittierend und wechselnd sein kann und meist nur im Trab wahrnehmbar ist, sowie Rückenschmerzen im Vordergrund der Symptomatik (Jeffcott 1985b). Krepitation und Schmerz sind durch Druck auf die *Tubera coxae* oder die Rückenmittellinie unmittelbar vor dem Kreuzbein im Anfangsstadium auslösbar. Später ist dies nicht mehr möglich (Jeffcott 1982, 1993; Stadbäumer und Nowak 1995; Hendrickson 2002). Im Becken- oder Kreuzdarmbeinbereich können auch kurze Perioden mit Muskelspasmen auftreten (Riegel u. Hakola 1999).

Das Auftreten eines sogenannten „**hunter's bump**“, manchmal auch als „**jumper's bump**“ bezeichnet, zeigt sich bei einigen Pferden. Dieses Merkmal steht mit einem Hervorstehen der Dornfortsätze der Lenden- und Kreuzwirbel und der dorsalen Spitzen des Kreuzhöckers im Zusammenhang und ist seit Jahren in der Literatur

diskutiert worden. Das Hervorstehen der *Tubera sacralia* wurde mit pathologischen Veränderungen in Zusammenhang gebracht und konnte den gedehnten Iliosakralbändern zugeordnet werden (Hendrickson 2002; van Weeren 2004). Es wurden jedoch mehrfach Sektionen mit der besonderen Betrachtung des ISG durchgeführt und es konnte keine Dehnung der Iliosakralbänder ohne erhebliche Zerreißung gefunden werden (Rooney et al. 1969a, b; Jeffcott et al. 1985; Haussler 1996). In Abb.10 ist ein „hunter’s bump“ bei einem Warmblutpferd dargestellt.



Abb. 10: „Hunter’s bump“ bei einem 5-jährigen Pferd (mit freundlichen Genehmigung von Dr. Semih Ersoy, unpubliziert)

Manche Blutlinien sind prädisponiert für diese Konformation, weil sie lange Darmbeine haben, was sich durch hervorstehende *Tubera sacralia* manifestiert. Es kommt oft bei Springpferden höherer Klassen vor und sollte als Schönheitsmerkmal

und nicht als Defekt beurteilt werden (Marks 2000). Theoretisch soll ein „hunter's bump“ eine bessere Hebelwirkung des *M. longissimus dorsi* und der *Fascia thoracolumbalis* ermöglichen, um somit zu einer Extension des LSG zu führen, was sich in einem steigenden Vorwärtsimpuls der Hinterhand und verbesserten Leistungsfähigkeit des Pferdes zeigt (Jeffcott u. Haussler 2004). Die Dicke des subkutanen Fettes und der Muskelschicht in diesem Bereich modifizieren das äußere Erscheinungsbild (Marks 1999). Laut Jeffcott (1993) tritt „hunter's bump“ als Folge einer Muskelatrophie des *M. longissimus dorsi* und des mittleren Glutealmuskels auf. Es gibt möglicherweise eine pathologische Ursache für den Muskelrückgang wie z.B. eine Zerrung der supraspinalen, oder der ventralen Kreuzdarmbeinbänder. Ein „hunter's bump“ entsteht jedoch bei vielen großrahmigen Pferden mit einer Muskelatrophie, im Alter oder nach Ruheperioden und Untätigkeit. Jeffcott (1993) und Marks (2000) waren sich einig, dass diese Konformation üblich ist und nicht notwendigerweise mit offensichtlichen Anzeichen eines Rückenproblems verbunden sein muss. Es sollte dem „hunter's bump“ keine pathologische Signifikanz zugeschrieben werden, wenn das Pferd keine Lahmheit, verminderte Leistungsfähigkeit oder Schmerzhaftigkeit während Palpation des *Spatium lumbosacrale* und der Umgebung der Kreuzhöcker zeigt (Marks 2000).

Die Asymmetrie der Kreuzhöcker (s. Abb. 11) wird durch chronisch einwirkende, asymmetrische, muskuläre oder ligamentäre Kräfte verursacht und muss nicht zwingend mit einer ISG-Verletzung in Verbindung gebracht werden. (Haussler 1999a). Geringgradige Asymmetrien wurden häufig bei klinisch unauffälligen Pferden festgestellt. Hingegen rührt eine deutliche Ungleichmäßigkeit der *Tubera sacralia* aus einer unterschiedlichen Dicke der darüber liegenden Weichteilgewebe her (dorsale Portion des *Lig. sacroiliacum dorsale*, der sehnige Ansatz des *M. longissimus dorsi* und *M. gluteus medius*) (Dyson 2004). Die Seitenabweichung konnte bei wenigen Pferden mit chronischer Verletzung der Iliosakralbänder oder herabgesetzter Stabilität des ISG festgestellt werden (Rooney 1979).



Abb. 11: Asymmetrie der Kreuzhöcker (nach Dyson 2004)

Adams (1969), Rooney et al. (1969a, b), Jeffcott (1983, 1993), Jeffcott und Dalin (1985), Stadbauer und Nowak (1995) und Hendrickson (2002) geben weitere generelle Symptome der chronischen Luxation des ISG an, welche laut Ranner (1997) meistens als Zeichen einer Rückenerkrankung auffallen. Die klinischen Symptome wie z.B. eine Verkürzung der Schrittlänge, unilaterale oder bilaterale Lahmheit, Adduktion des Beines während seiner Protraktion zusammen mit einer übermäßigen, schwankenden Bewegung der Kruppe oder einem deutlichen Schleifen der Hintergliedmaßen können wahrgenommen werden, sind allerdings nicht pathognomonisch. Die Sprunggelenk-Beugeprobe fällt meistens negativ aus. Die Glutealmuskulatur atrophiert und wird asymmetrisch und es existiert bei der Arbeit oft Steifheit, während im Stand Unmut oder Abneigung den Rücken zu strecken, dominieren.

2.3.4 Zerrung des Iliosakralgelenks

In der Literatur sind verschiedene Definitionen für eine ISG-Zerrung angegeben. Cassidy u. Townsend (1985) definieren eine Kreuzdarmbeingelenk-Zerrung als eine chronische Dysfunktion des Gelenks, andere Autoren (Jeffcott 1980, 1982; Haussler 2004a) beschreiben die Zerrung als eine Instabilität des ISG und Jeffcott u. Dalin (1986) sehen in der ISG-Zerrung eine chronische ISG-Läsion. Die von Dyson (2004), Dyson u. Murray (2003, 2004) und Dyson et al. (2001; 2003a, b; 2004) beschriebenen Symptome, die bei Pferden mit einer „Sacroiliac Joint Disease (SIJD)“ auftreten, entsprechen der klinischen Symptomatik, die bei einer ISG-Zerrung auftritt, weshalb im folgenden Kapitel näher darauf eingegangen wird.

2.3.4.1 Ätiologie und Pathologie der Iliosakralgelenk-Zerrung

Wie bei der (Sub-)Luxation des ISG, wurde nach Jeffcott (1980) oft von einem Sturz oder einem ähnlichen Vorfall als Ursache der Kreuzdarmbeingelenk-Zerrung berichtet, auch wenn die klinischen Zeichen dafür manchmal erst zu einem späteren Zeitpunkt auftraten. Eine ISG-Zerrung muss jedoch nicht aus einem akuten Unfall resultieren (Cassidy u. Townsend 1985). Leichte bis moderate Verletzungen des *Lig. sacroiliacum interosseum* können zur primären Instabilität und sekundären Arthrose des ISG führen (Haussler 2004a).

ISG-Zerrungen kommen vorwiegend bei mit Hochgeschwindigkeit springenden Pferden vor (Jeffcott 1979). Laut Jeffcott (1985a) leiden Vielseitigkeitspferde am häufigsten unter chronischen Kreuzdarmbeinschmerzen. Auch viele Distanzpferde haben lumbosakrale und sakroiliakale Schmerzen auf Grund der Dauerbelastung. Dazu tragen Erschöpfung und verminderte körperliche Fähigkeit der Reiter zu der Entstehung der Schmerzen in der umliegenden Muskulatur bei. Dabei verschlimmert der Muskelspasmus wahrscheinlich, die schon existierende Instabilität im ISG (Misheff 2003).

Die subakuten oder chronischen Zerrungen treten vorwiegend bei großen Tieren (Stockmaß 1,62-1,72 m) mit langem Rücken, langen Hintergliedmaßen und einer

verhältnismäßig schwach ausgebildeten Kruppe auf, da diese Tiere eine größere Beweglichkeit der Wirbelsäule aufweisen, die zu Problemen mit Muskel- oder Bänderschmerzen führen kann (Jeffcott 1979, 1980, 1993).

Jeffcott (1980) untersuchte *post mortem* zwei Pferde mit ISG-Zerrung, wobei in keinem der beiden Fälle eine übermäßige Dehnung der Iliosakralbänder, jedoch deutliche Knochenzubildungen an der kaudalen Seite des Kreuzbeinflügels nachgewiesen wurden. Diese von Knorpelgewebe umgebenen Zubildungen artikulierten mit ähnlichen, aber kleineren Veränderungen auf der gegenüberliegenden Oberfläche des Darmbeins. Der Rest der kaudalen Wirbelsäule zeigte keine wesentlichen pathologischen Abweichungen. In einer weiteren Studie von Jeffcott et al. (1985) konnten nur bei zwei von elf *post mortem* untersuchten Pferden mit dem Vorbericht einer länger andauernden verminderten Leistungsfähigkeit und dem Verdacht auf eine ISG-Läsion, pathologische Veränderungen der Kreuzdarmbeingelenke gefunden werden. Histologisch handelte es sich bei diesen Veränderungen der Gelenkfläche um Abweichungen, wie sie auch bei gesunden Pferden auftreten. Makroskopisch fiel jedoch bei elf Pferden, im Vergleich zu gesunden Pferden, eine Vergrößerung der Gelenkfläche auf. Jeffcott et al. (1985) vermuten als Ursache eine länger vorhandene Instabilität des ISG, aus der die Vergrößerung der Gelenkflächen resultiert.

2.3.4.2 Klinisches Bild

Eine Kreuzdarmbeingelenk-Zerrung wird mit einem komplexen klinischen Bild assoziiert. Eine verminderte Leistungsfähigkeit ist das häufigste Symptom einer ISG-Zerrung (Jeffcott et al. 1985; Jeffcott u. Dalin 1986; Tucker et al. 1998; Haussler et al. 1999; Knight u. Evans 2000; Denoix 2003; Dyson u. Murray 2003, 2004; Haussler 2003; Dyson 2004; Denoix u. Coudry 2005). Dabei wurde in der Literatur auch über chronische Hinterhandlahmheiten berichtet, deren Ursache während der Lahmheitsuntersuchung nicht festgestellt werden konnte (Jeffcott 1982; Tucker et al. 1998).

Klinische und radiologische Anzeichen einer ISG-Zerrung wurden bei 14 % von 443 Pferden mit Schmerzen aus dem thorakolumbalen Bereich und bei 41 % von 110 Tieren mit einer chronischen Lahmheit infolge einer Beckenverletzung festgestellt (Jeffcott 1980, 1982). Bei 10,6 % Trabrennpferde mit einer verminderten Leistung

konnten ISG-assoziierte Schmerzen nachgewiesen werden (Knight u. Evans 2000). Es wurde von Jeffcott u. Dalin (1986) eine Liste der klinischen Symptomen einer chronischen ISG-Zerrung anhand 125 von ihnen untersuchten Pferden bearbeitet (s. Tab. 2) und von Jeffcott (1980) und Jeffcott u. Dalin (1986) eine typische Konformation der ISG-Zerrung mit Atrophie der Glutealmuskulatur und Absenken des betroffenen Bereichs dargestellt (Abb. 12).

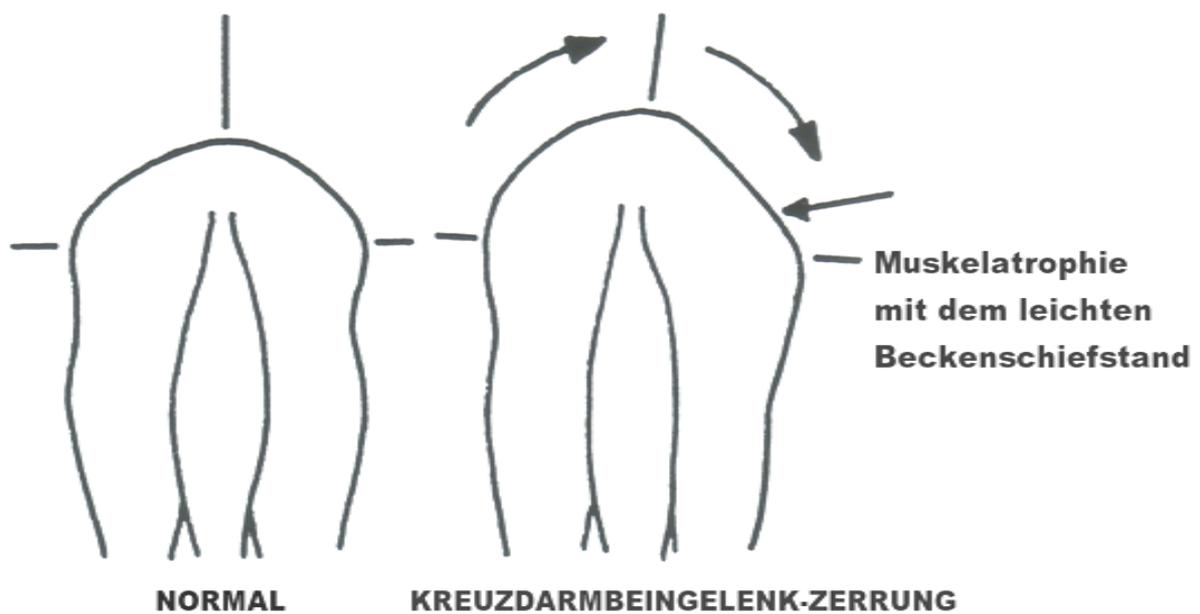


Abb. 12: Schematische Darstellung des normalen Beckens und der für Iliosakralgelenk-Zerrung typischen Konformation (modifiziert nach Jeffcott 1980)

Tab. 2. Klinische Symptome der chronischen Iliosakralgelenk-Zerrung (nach Jeffcott u. Dalin 1986)

± normalerweise nicht vorhanden + nur selten vorhanden ++ in den meisten Fällen vorhanden +++ immer vorhanden

Klinische Symptome	Intensität
Dauer der Symptome	> 6 Monate
Asymmetrie der Kruppe	+++
Atrophie der Glutealmuskulatur	++
Unwohlsein in der lumbalen und/oder sakralen Wirbelsäule	+
Verminderte Leistungsfähigkeit	+++
Gleich bleibende Symptome ohne Verschlechterung	+++
Hinterhandlahmheit	+
Mangelnder Antrieb der Hintergliedmaße oder Steifheit	+++
Steifer Rücken während der Arbeit	+
Zopfförmige Bewegung der Hinterhand	++
Zehenschleifen	++
Positive Reaktion auf Spat-Beugeprobe	±
Vorübergehende Verbesserung nach der Gabe von NSAID	+

Die Leistung des Tieres wurde vor allem in den langsamen Gangarten und während der Dressurarbeit beeinträchtigt. Jedoch verbesserte sich deren Leistungsfähigkeit, bedingt durch einen gesteigerten Muskeltonus im Glutealbereich, sobald die Pferde in einer höheren Geschwindigkeit gearbeitet oder gar gesprungen wurden. Es wird angenommen, dass es in den langsamen Gangarten auf Grund einer geringeren Muskelkontraktion zu einer nachlassenden Festigkeit des Gelenks und somit zu einer größeren Beweglichkeit der artikulierenden Gelenkflächen kommt, was die milde Instabilität des ISG begünstigt (Jeffcott 1980). Meist konnten die Symptome des SIJD bei Pferden beobachtet werden, die eine nur mäßig ausgebildete Rückenmuskulatur auf Grund mangelnden Trainings besaßen. Allerdings kann dieser Befund auch als Folgeerscheinung einer milden Instabilität des ISG auftreten (Dyson et al. 2001). Demzufolge werden durch gleichzeitig auftretende Veränderungen an der Wirbelsäule (z.B. „Kissing-Spine“-Syndrom) im mittleren und kaudalen Rückenbereich

Schmerzen hervorgerufen, die mit Schmerzen aus dem ISG-Bereich assoziiert werden können. ISG-Erkrankungen stehen gelegentlich in Zusammenhang mit arthrotischen Veränderungen im Bereich des Hüftgelenks, wobei bei derlei Befundung eine äußerst vorsichtige Prognose gestellt werden sollte. Die Wahrscheinlichkeit auf vollständige Heilung bei Pferden mit Zerrungen im Bereich des ISG ist deutlich geringer, als es für Verletzungen in anderen Weichteilgeweben beschrieben wurde (Jeffcott 1979). Da ISG-Erkrankungen in vielen Fällen mit anderen Krankheiten vergesellschaftet sind, sollte deshalb, um eine erfolgreiche Therapie durchführen zu können, eine ausführliche Untersuchung des Patienten notwendigerweise vorausgehen (Dyson et al. 2001).

2.3.4 Arthrose des Iliosakralgelenks

Arthrose des ISG ist der häufigste krankhafte Prozess bei Pferden, die Schmerzen oder Dysfunktion im Bereich des Kreuzdarmbeingelenks aufweisen. Die klinische Bedeutung der degenerativen Veränderungen im ISG bleibt jedoch unsicher, da bei vielen klinisch unauffälligen Pferden ähnliche pathologische Veränderungen auftreten, wie bei den Tieren, die im Bereich der Wirbelsäule oder des ISG Probleme aufzeigen (Jeffcott 1980; Jeffcott et al. 1985; Dalin u. Jeffcott 1986a; Haussler et al. 1999b; Haussler 2004a).

2.3.4.1 Ätiologie und Pathologie der Arthrose des ISG

Es wurde postuliert, dass Gallopper häufiger Arthrosen im LSG aufweisen, bei Trabern jedoch vermehrt das ISG betroffen ist. Die Ursache dafür liegt in der unterschiedlichen Biomechanik der Wirbelsäule in der jeweiligen Gangart (Rooney 1982). Dabei ist die Pathogenese der proliferativen Veränderungen im ISG noch nicht vollständig geklärt. Ein Zusammenhang mit einer chronischen Instabilität des Gelenks, welche zur Umformung und zur Vergrößerung der Gelenkfläche führen kann, wurde vermutet (Jeffcott et al. 1985). Pferde mit hochgradigem „Kissing Spine“-Syndrom oder mit degenerativen Veränderungen an artikulären Prozessen der

Wirbelsäule weisen eine Prädisposition für arthritische Veränderungen des ISG auf (Haussler et al. 1999b). Leichte bis moderate Verletzungen des *Lig. sacroiliacum interosseum* können zu einer primären Instabilität und einer sekundären Arthrose des ISG führen (Haussler 2004a).

Knöcherne Veränderungen wurden vor allem bei Pferden, bei denen der Verdacht auf Verletzungen im Kreuzdarmbeingelenk vorlag, am ventromedialen Rand des ISG gefunden. Jedoch konnten bei keinem der Pferde eine Instabilität der Iliosakralbänder festgestellt werden (Jeffcott 1980, 1982; Jeffcott et al. 1985). Dalin u. Jeffcott (1986a) führten eine Studie durch, in der sie Befunde an den Kreuzdarmbeingelenken makroskopisch untersuchten. Die von ihnen beurteilten Merkmale sind in Tab. 3 aufgelistet. Obwohl keines der Pferde aus ihrer Studie laut Vorbericht klinische Merkmale einer Rückenschwäche aufwies, deuteten offensichtliche makroskopische Veränderungen auf eine Degeneration des Gelenkknorpels hin. Diese Beobachtung konnte schon bei sehr jungen Tieren und mit zunehmender Häufigkeit auch bei älteren Pferden gemacht werden. Ankylosen der Gelenke wurden in keinem der Fälle beobachtet.

Bei Pferden mit chronischer Symptomatik einer Kreuzdarmbeingelenk-Läsion konnten Jeffcott u. Dalin (1986a) während der postmortalen Untersuchung Veränderungen im ISG finden. Selten wurden für eine Arthrose typische makroskopische Anzeichen, wie z.B. hochgradige Erosionen der Gelenkfläche gefunden. Die Mehrzahl der Fälle zeigte eine Vergrößerung der Gelenkfläche mit unregelmäßigem Gelenkrand. Die Gelenkfläche war entweder nach kaudal oder nach medial verbreitet. Die größten Zubildungen wurden an dem kaudalen Rand der Kreuzbeinflügel beobachtet und hatten entweder die Form eines Dreiecks (Typ 1) oder zeigten sich als Verbreiterung des ganzen Gelenkrandes (Typ 2) (s. Abb. 13). Diese Zubildungen bestehen aus Knochengewebe, das von Knorpel überzogen und von Gelenkkapsel umschlossen ist. Sie entsprechen den knorpeligen Vertiefungen der gegenüberliegenden Darmbeinfläche. In manchen Gelenken kann man große Erhebungen auf dem medialen Teil der sakralen Gelenkfläche erkennen (Typ 3), welche eine ungewöhnliche Konkavität der Gelenkfläche verursachen. Bei manchen Pferden konnte man an den Gelenkflächen kleine periartikuläre Osteophyten finden (Typ 4).

Tab. 3. Beurteilung der makroskopischen Befunde an den Iliosakralgelenken
(nach Dalin u. Jeffcott 1986a)

GELENKFORM	atypische Form des Gelenkrandes
	unregelmäßiger und zerklüfteter Gelenkrand
	keine klare Abgrenzung des Gelenkrandes
	flache Klüfte um den Gelenkrand
	unvollständige Trennung der Gelenkfläche
	vollständige Trennung der Gelenkfläche
	Verlagerung des Ansatzes des ventralen Iliosakralbandes in Richtung der Gelenkfläche
BESCHAFFENHEIT DER GELENKOBERFLÄCHE	glatter und glänzender Gelenkknorpel
	unebener Gelenkknorpel
	Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels
	Vertiefungen am Knorpel
	Fokale Einkerbungen am Knorpel
	Einfaltung des Knorpels
	Bereiche mit deutlichen Knorpelerosionen
	fibröse Ablagerungen auf der Gelenkoberfläche
kleine amorphe Ablagerungen auf der Gelenkoberfläche	
ZUBILDUNGEN	nicht vorhanden
	geringgradige Zubildungen am kaudalen Gelenkrand
	mittelgradige Zubildungen am kaudalen Gelenkrand
	hochgradige Zubildungen am kaudalen Gelenkrand
	Zubildungen an den anderen Seiten des Gelenkrandes
	partielle Ankylose

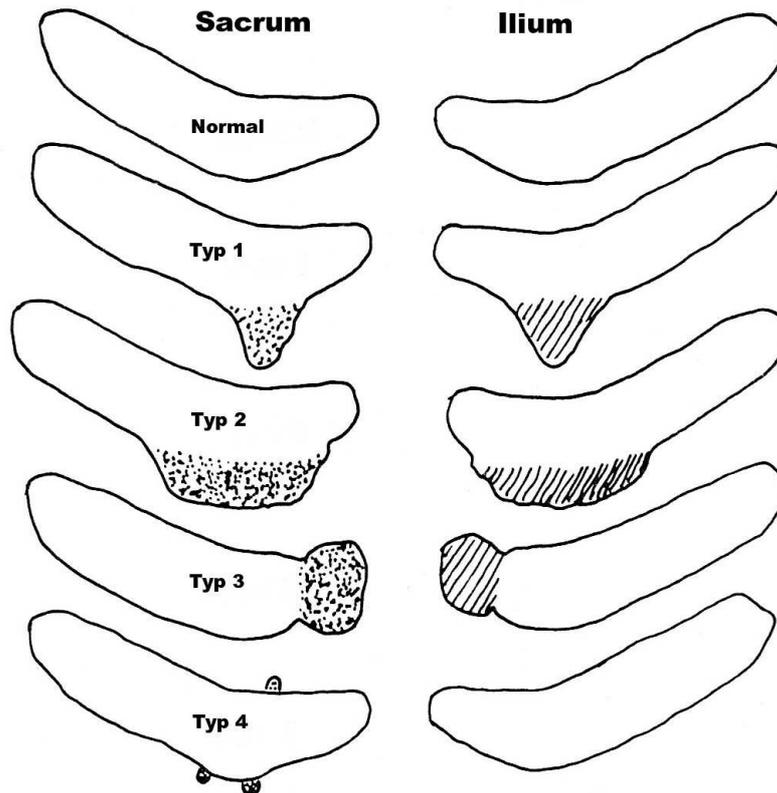


Abb. 13: Schematische Darstellung des linken ISG mit den unterschiedlichen Formen der Gelenkflächenenerweiterung bei Pferden, die die chronische Symptomatik einer Iliosakralgelenk-Läsion aufweisen
(modifiziert nach Jeffcott et al. 1985; Jeffcott u. Dalin 1986a)

Laut Haussler et al. (1999) sind Randwülste, kortikale Expansion, Einkerbungen an der Gelenkfläche, Osteophyten, periartikuläre und intraartikuläre Erosionen, Ankylose, veränderte Gelenkform, Vertiefungen und fokale Einkerbungen an der Gelenkfläche die charakteristischen Merkmalen einer degenerativen Erkrankung des ISG. Er definiert die Begriffe wie folgt:

- Ein Randwulst ist eine dünne Ausbreitung der Gelenkfläche und ist von normalem artikulärem Knorpel bedeckt. Randwülste entstehen als Folge von Proliferation der Chondroblasten mit enchondraler Ossifikation
- Eine kortikale Expansion ist oft mit einer Vergrößerung der Gelenkfläche verbunden

- Eine Einkerbung ist ein Bereich an der Gelenkfläche, der tiefer als die umgebenden Strukturen liegt
- Osteophyten sind irreguläre, knöcherne Proliferationen innerhalb des Gelenkran-des
- Intraartikuläre Erosionen sind degenerative Veränderungen am Gelenkknorpel
- Eine Ankylose ist eine Fusion von zwei Gelenkflächen mit einem knöchernen Ersatz

Haussler et al. (1999) untersuchten *post mortem* 32 Vollblut-Pferde. Degenerative Veränderungen konnten sie bei allen 32 Pferden (100 %) auf der sakralen Seite des ISG, bei 72 % der Pferde auch an der *Facies auricularis* des Darmbeinflügels erkennen. Dalin u. Jeffcott (1986) fanden heraus, dass der Flügel des Darmbeins stärker betroffen war. Bei 20 Pferden (56 %) stellten sie Randwülste, bei 23 Pferden (64 %) kortikale Expansion, bei 9 Pferden (25 %) Einkerbungen, bei 12 Pferden (33 %) Osteophyten und bei 3 Pferden (8 %) intraartikuläre Erosionen fest. Erosionen führen vermutlich zu einer Ankylose, jedoch konnten weder Dalin u. Jeffcott (1986) noch Haussler et al. (1999b) Ankylosen des ISG feststellen. Degenerative Veränderungen waren in 8 % der Fälle geringgradig, bei 22 Pferden (61 %) mittelgradig und bei 11 Pferden (31 %) hochgradig ausgeprägt. Läsionen an der *Facies auricularis* des Kreuzbeins kamen öfter vor und waren stärker ausgeprägt als die Veränderungen an den Darmbeinflügeln. Osteophyten wurden hingegen häufiger an den Darmbeinflügeln beobachtet. Degenerative Veränderungen kann man im ISG vor allem an dem kaudomedialen Rand finden. Sie werden durch die atypische Konfiguration der Gelenkflächen, die biomechanischen Kräfte und die Bandansätze verursacht (Jeffcott et al. 1985; Dalin u. Jeffcott 1986a; Haussler et al. 1999). Als Folge von einer Gelenkknorpel-Lysis bilden sich Erosionen des Knorpels, welche mit zunehmendem Alter gehäuft auftreten (Dalin u. Jeffcott 1986a; Ekman et al. 1986).

Haussler et al. (1999) konnten das Auftreten von Osteophyten nur mit dem Alter in Zusammenhang bringen. Des Weiteren konnten sie Klüfte und fokale Einkerbungen nur im Bereich der sakralen *Facies auricularis* des ISG beobachten, während Dalin u. Jeffcott (1986a) diese auch an den beiden Gelenkflächen vorfanden. Mit zunehmendem Alter nimmt auch die Häufigkeit der Einkerbungen zu. Fokale Einkerbungen kommen vor allem bei jungen Tieren vor und stehen im Zusammenhang mit dem

Vorhandensein oberflächlicher vaskulärer Kanäle innerhalb des Gelenkknorpels (Dalin u. Jeffcott 1986a; Ekman et al. 1986; Haussler et al. 1999b).

In der Studie von Dyson (2004) wurde ein Dressurpferd mit klinischen Anzeichen einer ISG-Problematik *post mortem* untersucht. Es wurde eine deutliche Asymmetrie der Kreuzdarmbeingelenke festgestellt (s. Abb. 14).

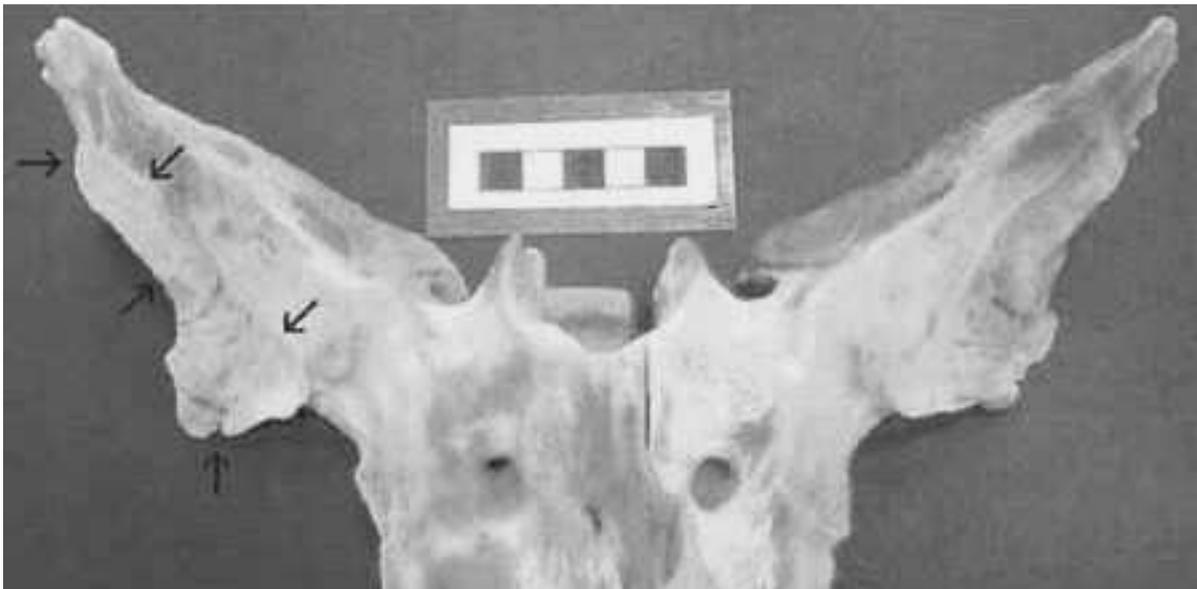


Abb. 14: Kreuzbein mit asymmetrischen Gelenkflächen, dorsale Ansicht
(modifiziert nach Dyson 2004)

2.3.4.2 Klinisches Bild

Die eindeutige Diagnose einer Arthrose des ISG ist schwierig *intra vitam* zu stellen. Radiologisch oder sonographisch lassen sich zwar periartikuläre Zubildungen erkennen, die Diagnosestellung anhand dieser Zubildungen ist jedoch relativ spekulativ. Die schmerzhaft entwickelte und progressiv verlaufende Arthrose kann zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit des Pferdes führen (Dyson 2004). Der tief im sklerotisch veränderten Gewebe entstehende Schmerz (z.B. bei Arthrose des ISG) kann häufig nur schwer genau lokalisiert werden. Dies führt zu einer deutlichen Beeinträchtigung der korrekten Diagnosestellung (Haussler 2004a).

Jeffcott et al. (1985), Tucker et al. (1998) und Dyson et al. (2001) beschrieben die Symptome der ISG-Arthrose. Neben einer verminderten Leistungsfähigkeit wurde mangelnder Antrieb und eine milde, chronische, oft undeutliche Lahmheit festgestellt. Dabei verstärkten sich die Symptome unter dem Reiter. Bei Pferden mit geringer Symptomatik wurde die Unwilligkeit und die Steifheit des Pferdes meist mehr vom Reiter gefühlt als vom Zuschauer beobachtet. Beim Handwechsel in engen Biegungen wurden Unregelmäßigkeiten in der Bewegung deutlicher sichtbar. Spezielle Lektionen, wie Traversale oder fliegenden Wechsel konnten von Pferden mit Arthrose des ISG nicht korrekt gezeigt werden (Dyson et al. 2001).

2.3.6 Entzündung des dorsalen Iliosakralbandes

Eine Entzündung (Desmitis) des *Lig. sacroiliacum dorsale* wurde als die häufigste Weichteilgewebe-Läsion der Wirbelsäule beim Pferd genannt (Gillis 1999). Die Entzündung des Bandes kann zur Entstehung einer chronischen ISG-Instabilität beitragen. Jedoch werden Vorkommen und Bedeutung der chronischen ISG-Bänderverletzung und der Instabilität des Gelenks kontrovers diskutiert (Haussler 2004a). In der Literatur wird dem klinischen Bild dieser Veränderung nur wenig Beachtung geschenkt.

2.3.6.1 Ätiologie und Pathologie der Entzündung des dorsalen Iliosakralbandes

Akute Überlastungen oder chronische wiederkehrende milde Zugspannungen, welche zur Zerreißung der Ligamentfasern führen, sind für die Entstehung der Entzündung der Bänder verantwortlich. Es ist möglich, dass entweder milde und mittel-mäßige oder komplette Zerreißung der Fasern verursacht werden. Normalerweise widersetzt sich das *Lig. sacroiliacum dorsale* der Distraction des Kreuzhöckers und der sakralen Dornfortsätze, jedoch wird das Band beim Absprung oder während eines Druckes aufs Kreuzbein (z.B. infolge eines Sturzes) erheblichen Belastungen unterworfen, die zur Desmitis des dorsalen Iliosakralbandes führen können. Die akute Entzündungen des *Lig. sacroiliacum dorsale* treten häufiger bei Pferden auf,

die bei einer höheren Geschwindigkeit springen (Denoix 1992, 1996; Haussler 2004a).

2.3.6.2 Klinisches Bild und Diagnostik

Dadurch, dass der Körper der Instabilität des traumatisierten ISG mit einem reaktiven Spasmus der epaxialen Muskulatur entgegenwirkt, gleichen die Symptome einer Entzündung des dorsalen ISG-Bandes denen der thorakolumbalen Myositis. Unilaterale oder bilaterale Lahmheiten mit Steifheit und Veränderung des Gangbildes stellen die typische Symptomatik einer Desmitis des *Lig. sacroiliacum dorsale* dar. Durch Palpation der, das *Tuber sacrale* umliegenden Strukturen und der Glutealmuskulatur können häufig Schmerzreaktionen ausgelöst werden (Haussler 2003). Die Ursachen für die Hinterhandlahmheiten sind in den Schmerzen aus dem ISG-Bereich und/oder den Funktionsstörung des Kreuzdarmbeinbendes zu suchen (Denoix 1996).

Henklewski et al. (2005) untersuchten vier Rennpferde mit Verdacht auf Entzündung des dorsalen Iliosakralbendes. Es wurden akute, hochgradige, unilaterale Lahmheiten der Hintergliedmaße mit Schwellung im Bereich des ISG auf der Seite der lahmen Extremität festgestellt. Ultrasonographisch kann man Entzündung der dorsalen Portion des dorsalen Kreuzdarmbeinbendes feststellen (Denoix 1996; Gillis 1999; Tomlinson et al. 2003; Haussler 2004a; Henklewski et al. 2005). Haussler (2004a) bemerkt, dass sonographisch ein Verlust der Echogenität in der Kurzachse und Störung der parallelen Ausrichtung der Fasern in der Längsachse bei einer Entzündung des dorsalen ISG-Bandes zu sehen sind.

Henklewski et al. (2005) fanden mittels transkutaner Sonographie eine deutliche Vergrößerung des Banddurchschnitts (um 50-70 %) mit echoreichen Arealen. Als Referenzwerte benutzten die Autoren die Ergebnisse der Studie von Tomlinson et al. (2001). Da die beiden Pferde aus der Studie von Henklewski et al. (2005) aus demselben Stall stammten und die gleichen Symptome (Lahmheit der linken Hintergliedmaße und Schwellung im Bereich des linken *Lig. sacroiliacum dorsale*) zeigten, wurde von den Autoren als mögliche Ursache der akuten Desmitis des dorsalen ISG-Bandes ein ungeeigneter Trainingsplan und/oder die Benutzung der Führmaschine in Betracht gezogen.

Tomlinson et al. (2003) untersuchten 20 Pferden mit Hinterbeinlahmheit und Verdacht auf ISG-Problematik. Sieben dieser Tiere hatten asymmetrische Kreuzhöcker. Bei 15 chronisch lahmen Pferden konnte eine Verkleinerung des Durchschnitts des *Lig. sacroiliacum dorsale* auf der lahmen Seite festgestellt werden. Zwei Pferde mit einer akuten Lahmheit zeigten eine Vergrößerung des Durchschnitts des dorsalen ISG-Bandes mit echoarmen Arealen. Eine Vergrößerung des Durchschnitts des ISG-Bandes mit verminderter Echogenität lässt auf eine akute Zerreißen der Ligamentfasern schließen und die Diagnose einer akuten Desmitis des ISG-Bandes.

Denoix (1996) fand die Desmitis des Ansatzes der dorsalen Portion des dorsalen ISG-Bandes am *Tuber sacrale*. Es wurden Ultraschallbilder des dorsalen ISG-Bandes mit pathologischen Befunden von klinischen Fällen gemacht. Die Pferde zeigten schmerzhaft Reaktionen auf Palpation und Druck im ISG-Bereich und/oder pathologische thermographische Veränderungen. Sonographisch konnte man Abweichungen häufiger am Ansatz des Bandes am Kreuzhöcker als im Band selber feststellen. Es wurden Veränderungen im Sinne einer Enthesopathie (unregelmäßige Knochenoberfläche, echoarme Darstellung der Ansatzstelle und Veränderungen in der Ausrichtung der Fasern) beobachtet.

Sonographisch lassen sich am Ansatz des dorsalen ISG-Bandes verschiedene pathologische Veränderungen, wie Unregelmäßigkeit der Knochenoberfläche, echoarme Areale an der Ansatzstelle, abnormale Orientierung der Fasern und Abriss- oder Chip-Frakturen des Kreuzhöckers (Denoix 1996; Reef 1998; Gillis 1999; Tomlinson et al. 2003) entdecken. Unregelmäßigkeiten der dorsalen Fläche des Kreuzhöcker sind jedoch auch bei gesunden Pferden zu finden (Engeli et al. 2006).

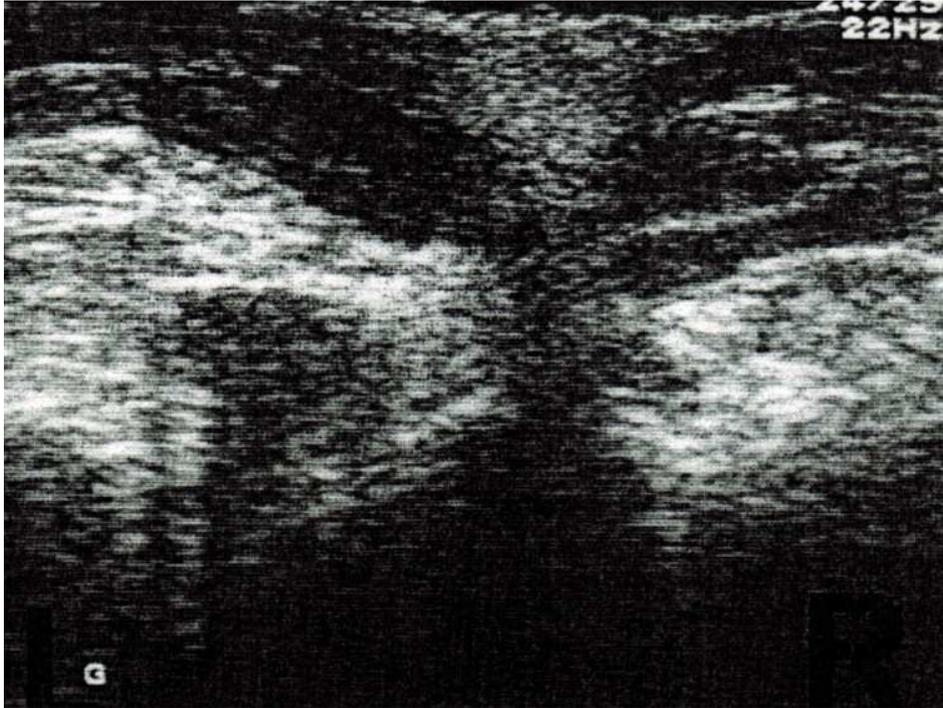


Abb. 15: Ultraschographische Darstellung des *Lig. sacroiliacum dorsale* eines Pferdes mit einer Desmitis des dorsalen ISG-Bandes (nach Denoix 1996)

G – echoarmer Bereich im linken *Lig. sacroiliacum dorsale*

2.4 DIAGNOSTIK DER ILIOSAKRALGELENK-LÄSIONEN

2.4.1 Klinische Untersuchung

Eine definitive Diagnose einer Iliosakralgelenk-Läsion zu stellen, ist oft mit Schwierigkeiten verbunden. Die klinische Symptomatik einer Erkrankung des ISG kann sehr variabel sein (Stadtbäumer u. Nowak 1995). Früher wurde die Diagnose oft nur durch Elimination aller anderen Krankheitszustände gestellt (Haussler 2003), was allerdings oft zu Fehlinterpretationen führte und echte Fälle einer Kreuzdarmbeingelenk-Erkrankung undiagnostiziert blieben (Dyson u. Murray 2003). In diesem Kapitel wird jeder einzelne Schritt der klinischen Untersuchung vorgestellt, um so die richtige Diagnose einer ISG-Läsion zu ermöglichen.

2.4.1.1 Anamnese

Auf Grund der unterschiedlichen und wechselnden Symptomatik einer ISG-Läsion ist die genaue Erhebung des Vorberichtes besonders wichtig. Schmerzen mit Ursprung im Kreuzdarmbeingelenk äußern sich klinisch relativ unspezifisch und können nicht klar von Schmerzen aus der Lumbosakralregion unterschieden werden (Denoix et. al 2005b). Das am häufigsten auftretende Symptom ist **der Verlust der Leistungsfähigkeit** (Jeffcott et al. 1985; Jeffcott u. Dalin 1986; Haussler et al. 1999; Knight u. Evans 2000; Denoix 2003; Dyson u. Murray 2003, 2004; Dyson 2004; Engeli 2004; Denoix u. Coudry 2005). Typische Vorberichte von Besitzern lauten, dass das Pferd sich unwillig bewegt (Dyson u. Murray 2004; Denoix et al. 2005), steif ist (Stadtbäumer u. Nowak 1995) und mangelnden Einsatz und Antrieb zeigt (Denoix et al. 2005). Häufig beschriebene Symptome, wie z.B. Verlust des Raumgriffs der Hinterhand, Probleme beim Versammeln und Schwierigkeiten bei den Seitengängen (Dyson u. Murray 2004), asymmetrische und verringerte seitliche Biegung, v.a. in Volten (Denoix et. al 2005b), kommen vor allem im langsamen Trab. Dyson u. Murray (2004) listeten weitere Symptome auf, wie Abneigung vor dem Springen, Verhaltensänderungen wie plötzliches Buckeln beim Reiten, gleichzeitiges Buckeln und Ausschlagen, manchmal auch wiederholt zu einer Seite hin, Schwierigkeiten bei fliegendem Galoppwechsel und Umspringen von Rechts- bzw. Linksgalopp in Kreuzgalopp. Einige Pferde sind auch widerwillig beim Beschlagen der Hinterhand. Die betroffenen Traber zeigen in hohem Tempo einen asymmetrischen Gang (Denoix et al. 2005b). Während Jeffcott et. al (1985), Jeffcott u. Dalin (1986) und Stadtbäumer u. Nowak (1995) über eine begleitende, intermittierende, geringgradige Hinterhandlahmheit berichten, weisen Denoix u. Coudry (2005) und Denoix et al. (2005b) darauf hin, dass bei Pferden mit ISG-Läsionen keine Lahmheit festzustellen ist.

Das Gangbild der betroffenen Tiere kann über einen Zeitraum von einem Monat bis hin zu einem Jahr verändert sein. Es werden auch Zeiträume von ca. zwei Jahren genannt, in denen Reiter bemerkten, dass sich ihre Pferde beim Reiten anders als gewohnt verhalten (Dyson u. Murray 2004). Laut Jeffcott et al. (1985) dauern die klinischen Symptome im Durchschnitt 14 Monate an.

2.4.1.2 Adspektion

Der Untersuchungsgang eines Pferdes mit Verdacht auf eine ISG-Läsion beginnt mit der Beurteilung des auf dem ebenen Boden stehenden Pferdes. Das Pferd sollte dabei alle Gliedmaßen gleichmäßig belasten. Besonders großrahmige Tiere mit vergleichsweise schwach aussehenden Kruppen scheinen empfindlicher in der Kreuzdarmbeinregion zu sein. Des Weiteren scheint zwischen der Art der Verletzung und dem Verwendungszweck des Pferdes eine Verbindung zu bestehen. Akute ISG-Zerrungen oder Subluxationen sind bei Pferden vorherrschend, die mit hoher Geschwindigkeit über Hindernisse springen (Jeffcott 1993).

Die Untersuchung der Beckensymmetrie erfolgt von oben, von hinten und von der Seite. Dabei wird auf Muskelschwund im Bereich der Kruppe und auf das Hervorstehen der Dornfortsätze im Bereich der *Tubera sacralia* („hunter's bump“) geachtet (Ranner 1997).

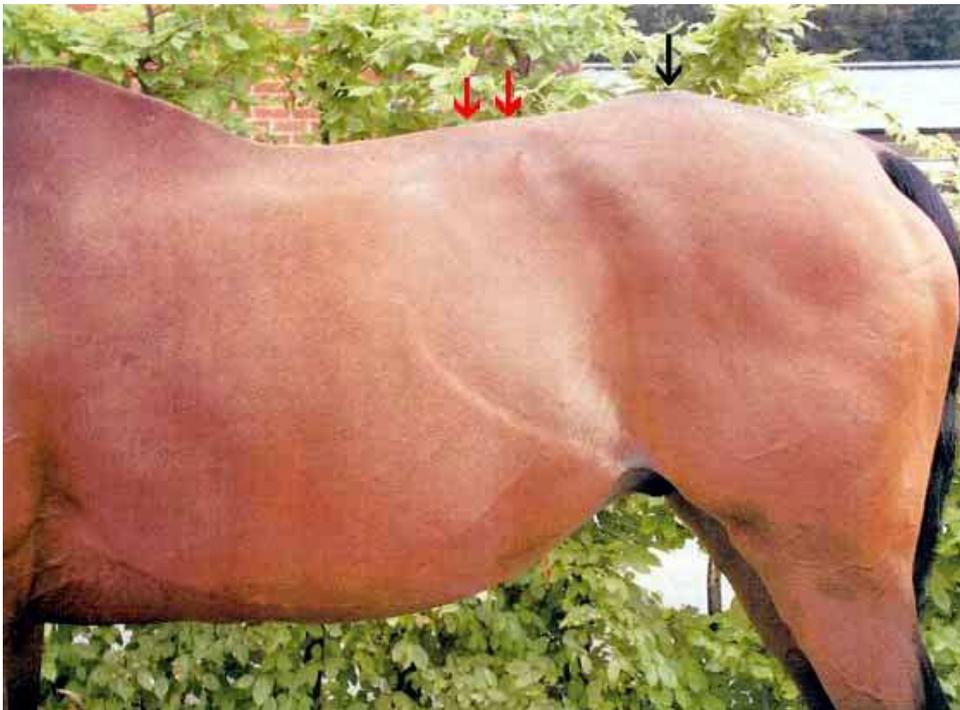


Abb. 16: Beurteilung von lateral eines Pferdes mit Schmerzen im Iliosakralgelenk-Bereich; der schwarze Pfeil deutet auf den prominenten Kreuzhöcker, die roten Pfeile auf die schwach entwickelte Muskulatur im Bereich der Lendenwirbelsäule hin (modifiziert nach Dyson 2004)

Dyson u. Murray (2004) konnten bei Pferden mit SIJD oft gering ausgebildete epaxiale Muskulatur in der thorakolumbalen Region und Asymmetrien in der Kruppenmuskulatur feststellen. Die Atrophie der Kruppenmuskulatur weist zwar mehr auf eine iliosakrale Verletzung hin, ist aber nicht spezifisch (Denoix et al. 2005b). Sie wird aber in Beziehung zu einer geringeren Leistungsfähigkeit bei Standardbred-Trabern in Schweden gebracht (Dalin et al. 1985).

Bei der Beurteilung der Beckensymmetrie von hinten kann dem Untersucher Hilfe gestellt werden, indem zwei Helfer ihre Finger auf die Hüfthöcker platzieren. Dabei muss unbedingt beachtet werden, dass das Pferd die Hintergliedmaßen gleichmäßig belastet (Pilsworth 2003).



Abb. 17: Beurteilung der Position des Beckens durch Platzierung der Fingerkuppen auf die Hüfthöcker (nach Pilsworth 2003)

Auf die Thematik des „hunter's bump“ und der Asymmetrie der Kreuzhöcker wurde im Kapitel 2.3.3 eingegangen. Man sollte Veränderungen der Position der Kreuzhöcker mit der Position des Apex des Dornfortsatzes des zweiten sakralen Wirbels

vergleichen. Bereits geringgradige Abweichungen (< 5 mm) lassen sich visuell beurteilen (Jeffcott u. Haussler 2004). Jeffcott u. Haussler (2004) stellten eine praktische Zusammenfassung verschiedener Veränderungen der Konformation des Beckens und ihrer möglichen Ursachen dar:

- Einseitige Muskelatrophie der Kruppenmuskulatur ohne Veränderungen im knöchernen Becken – Verdacht auf Hinterbeinlahmheit (Problem im Knie/Sprunggelenk) oder Veränderungen im Hüftgelenk
- Elevation des Kreuzhöckers mit oder ohne Atrophie der Kruppenmuskulatur – Verdacht auf Verdickung und Veränderungen im dorsalen Kreuzdarmbeinband oder Stress-Fraktur des Iliumflügels auf der niedrigeren Seite
- Unilaterale Absenkung des Kreuzhöckers mit Muskelatrophie und Absenkung des Hüftbeinhöckers – Verdacht auf einseitige, chronische ISG-Zerrung oder komplette Fraktur des Iliumflügels auf der niedrigeren Seite
- Absenkung des Hüfthöckers ohne Absenkung des Kreuzhöckers oder Sitzbeinhöckers – Verdacht auf Fraktur des Hüfthöckers
- Absenkung des Sitzbeinhöckers ohne Veränderung der Position des Kreuz-/Hüfthöckers – Verdacht auf Fraktur des Sitzbeinhöckers

Bei der Untersuchung eines Pferdes mit Verdacht auf eine ISG-Läsion sollte auch die Position des Schweifes beurteilt werden. Pferde mit Verletzungen im Bereich des Beckens und/oder des ISG tragen ihren Schweif oft zu einer Seite hin, zeigen einen reduzierten Schweiftonus oder Bewegung und/oder tragen den Schweif in einer abnormalen Position (Jeffcott 1982; Jeffcott u. Haussler 2004)

2.4.1.3 Palpation und Provokationstests

Eine exakte Unterscheidung ob ein Pferd an einem Rücken- oder ISG-Problem leidet ist für den Tierarzt und sein weiteres Vorgehen entscheidend. Bevor man mit der genauen Untersuchung des Beckens beginnt, sollte man zunächst die Palpation des Rückens nach einem festen Schema durchführen (Ranner u. Gerhards 2001). Demnach fängt man mit den sog. Provokationsproben (Ventro-, Latero- und Dorsoflexion) an. Zur Ausführung der provozierten Dorsoflexion fährt man im Bereich der Sattellage mit Daumen und Mittelfinger parallel zur Wirbelsäule entlang der

beiden langen Rückenmuskeln nach kaudal, wobei ein nach ventral gerichteter Druck ausgeübt wird. Darauf sollte das Pferd mit einem reflexartigen Durchbiegen der thorakolumbalen Wirbelsäule reagieren. Zur Ausführung der provozierten Ventroflexion fährt man mit beiden Fingern weiter über die Kruppe des Pferdes, worauf dieses mit einem Aufwölben der thorakolumbalen Wirbelsäule reagieren sollte. Ein seitliches Entlangstreichen eines stumpfen Gegenstandes über den Thorax sollte dagegen eine provozierte Lateroflexion hervorrufen (Gundel u. Schatzmann 1997). Bei Pferden mit chronischem ISG-Schaden existiert oft eine reduzierte Bewegungsfähigkeit der Wirbelsäule in Verbindung mit Unmut oder einer Abneigung, den Rücken zu strecken (Jeffcott 1993). Während der Palpation sollte man das Augenmerk nicht nur auf die Bewegung des Rückens, sondern auch auf die Mimik des Pferdes richten (Ranner et al. 2002).

Im weiteren Verlauf der Untersuchung wird der gesamte Beckenbereich abgetastet, wobei es nach Jeffcott u. Haussler (2004) besonders wichtig ist, die prominenten knöchernen Punkte zu palpieren (*Tuber sacrale*, *T. coxae* und *T. ischii*). Auch eine Palpation der Spitzen der Dornfortsätze des Kreuzbeins sollte durchgeführt werden. Schmerz ist möglicherweise im Bereich des oberen ISG-Bandes oder über der sehnigen Ansatzstelle des *M. longissimus dorsi* an den Wirbeln von S2 und S3 auslösbar (Jeffcott 1993). Bei gut bemuskelten oder adipösen Pferden, ist die Lokalisation der Kreuzhöcker erschwert und als Folge dessen können subtile Abnormalitäten eventuell nicht erkannt werden (Cauvin 1997)

Pferde mit akuten Verletzungen des ISG zeigen Schmerzen während der Palpation der Kruppenmuskulatur und des umliegenden Weichteilgewebes. Muskelspasmus, der schützende Funktion hat, wurde oft im *M. gluteus medius*, *M. biceps femoris*, *M. semitendinosus* und *M. semimembranosus* festgestellt (Jeffcott et al. 1985). Die Untersuchungen von Knight u. Evans (2000) ergaben, dass viele Pferde, die während der Palpation der *Mm. glutei* Schmerz empfinden, auch Schmerzen im ISG-Bereich haben.

Das Kreuzdarmbeingelenk selbst lässt sich nicht von außen palpieren, man kann nur einen Teil des *Lig. sacroiliacum dorsale* abtasten, um eventuelle Schwellungen oder Schmerzhaftigkeit festzustellen. Auch der kaudale Ansatz des breiten Beckenbandes wird abgetastet und sein Tonus kontrolliert. Pferde mit einseitiger Schweifhaltung

oder mit vorberichtlich frakturiertem Kreuzbein, weisen palpatorische Abweichungen des Tonus des *Lig. sacrotuberale latum* auf. Wird eine spezifische Kraft auf prominente Knochenpunkte des Beckens (*T. sacrale*, *T. coxae*, *T. ischii*) oder auf den *Apex ossis sacri* Kraft ausgeübt, kann indirekt der strukturelle und funktionelle Status der Bänder untersucht werden (Jeffcott u. Haussler 2004).

Der Untersucher sollte sich auf einer Seite des Pferdes platzieren und Druck auf den gegenüberliegenden Kreuzhöcker ausüben (Martin u. Kleid 1999). Dabei wird das Fehlen jeglicher Reaktion, von einer normalen Ausweichreaktion und von einem deutlich ventralem Ausweichen, welches sich vom Einknicken/Einsinken in der Hinterhand bis hin zum Absitzen steigern kann, unterschieden (Gundel u. Schatzmann 1997). Physiologisch reagieren Tiere minimal auf diese Probe. Heftige Reaktionen deuten auf bestehende Becken-/ISG-Schmerzen hin. Traber reagieren häufiger mit dem Einknicken der Hintergliedmaßen auf diesen Test als andere Sportpferde (Denoix u. Coudry 2005). Deutliche Befunde bei dieser Probe sind jedoch kein sicherer Hinweis auf Veränderungen im Bereich des ISG, da diese ebenso bei knöchernen Veränderungen der thorakolumbalen Wirbelsäule sowie bei Veränderungen außerhalb von ihr auftreten können (Gundel u. Schatzmann 1997).

Schmerz kann auch durch intermittierenden Druck beider Hände auf den Hüfthöcker ausgelöst werden. Die Kraft sollte in Richtung der ipsilateralen Gliedmaße wirken. Dieser Belastungstest führt zur Rotation des Beckens und ermöglicht die Überprüfung der Mobilität des ISG (Adams 1969; Cauvin 1997; Landmann et al. 2004). Falls akute Schäden in den Muskeln oder Bändern der Kreuzdarmbeinregion vorhanden sind, löst besonders Druck, der über beiden Hüfthöckern und in der Mittellinie auf Höhe des L4-L5 ausgeübt wird, Schmerz und Unbehagen aus (Jeffcott 1993).

Druck, der auf die dorsalen Anteile der Kreuzhöcker ausgeübt wird, kann unterschiedliche und nicht übereinstimmende Reaktionen hervorrufen (Tucker et al. 1998). Deshalb sollte man spezifische Provokationstests benutzen, welche bei der Diagnostik einer ISG-Läsion oder einer Becken-Stressfraktur helfen können (Haussler 2003; Jeffcott u. Haussler 2004). Folgende Provokationstests sind möglich:

a) ISG-Kompressionstest

Dieser Test umfasst eine simultane, manuelle Kompression der dorsalen Abschnitte der beiden Kreuzhöcker. Dies induziert eine Biegebewegung des Iliumflügels und führt vermutlich zur Kompression der Iliosakralgelenke. Normalerweise zeigen Pferde keine oder nur eine geringe Reaktion auf den ausgeübten Druck. Eine leichte Kontraktion des *M. longissimus dorsi* im lumbalen Bereich und eine leichte Streckung des LSG sind für die meisten Pferde normal. Akut erkrankte Pferde zeigen oft dramatische Reaktionen auf diese Manipulation und reagieren mit starker Kontraktion des *M. longissimus dorsi* und plötzlichem Einbruch in den Hinterbeinen, ein Indikator für Beckenverletzung oder ISG-Probleme (Martin u. Klode 1999). Der Test ist demzufolge nicht spezifisch für ISG-Läsionen, da Pferde mit inkompletten oder kompletten Stress-Frakturen des Iliumflügels oft sogar noch dramatischer auf den ausgeübten Druck reagieren (Haussler 2003; Jeffcott u. Haussler 2004).

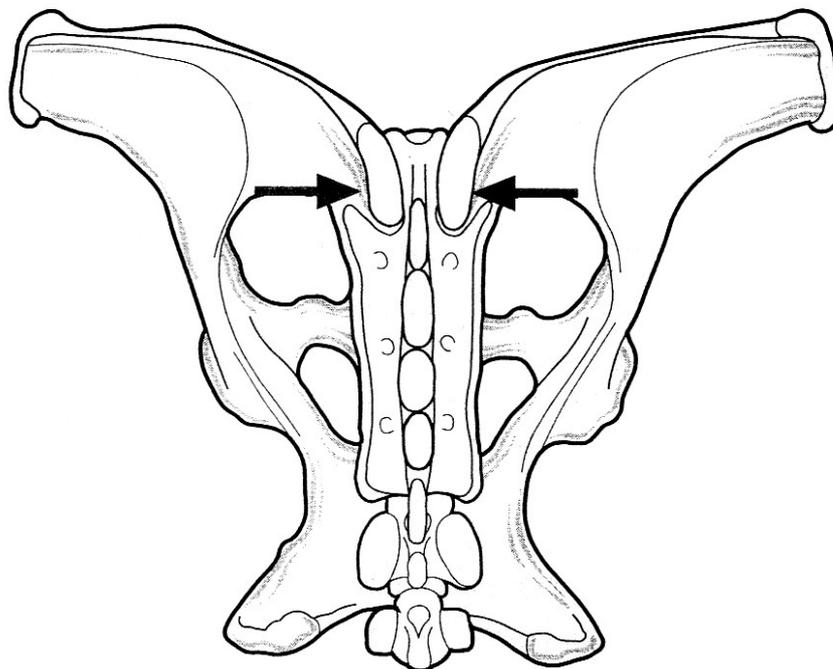


Abb. 18: Schematische Darstellung der Durchführung des ISG-Kompressionstests, dorsale Ansicht (nach Jeffcott u. Haussler 2004)

b) Dorsoventraler ISG-Provokationstest

Eine Verletzung der ISG-Bänder kann man durch rhythmisch ausgeübte, ventral gerichtete Kräfte über den lumbalen Dornfortsätzen feststellen. Dieser Test ermöglicht eine Provokation der *Ligg. sacroiliaca*. Der Untersucher sollte auf einem Tritt stehen, so dass er erst die Kraft über dem Dornfortsatz des L6 und danach über dem Dornfortsatz des S2 ausüben kann. Es ist zu erwarten, dass Pferde mit Verletzungen der ISG-Bänder die induzierte Bewegung über dem Dornfortsatz des L6 verweigern, da sie spezifisch Belastung auf das *Lig. sacroiliacum interosseum* ausübt. Tiere mit Dysfunktion des LSG können auch auf diesen Test reagieren. Rhythmisch ausgeübte, ventral gerichtete Kräfte über den Dornfortsätzen im Bereich der Verbindung zwischen dem Kreuzbein und den ersten Schwanzwirbeln belasten spezifisch die dorsalen Portionen des *Lig. sacroiliacum dorsale*. Eine positive Antwort auf diesen Test, kombiniert mit positiven Ultraschallbefunden einer Desmitis des dorsalen Iliosakralbandes sprechen für eine klinisch relevante Verletzung des ISG-Bandes (Hausler 2003; Jeffcott u. Hausler 2004).

c) Lateraler ISG-Provokationstest

In diesem Test benutzt man die Schwanzbasis und das Kreuzbein als Handgriffe, um laterale Kräfte (in der horizontalen Ebene) auf das ISG auszuüben. Man sollte nicht zu viel Kraft benutzen, um die instabilen oder schon partiell zerrissenen Bänder übermäßig zu belasten. Der laterale ISG-Belastungstest ist in zwei Phasen (A und B, siehe Abb. 19) unterteilt. In der ersten Phase (A) soll der Untersucher die eine Hand, welche sich näher am Pferdekopf befindet, auf der lateralen Seite des Kreuzhöckers platzieren, während die andere Hand die Schweifbasis (Cd2-3) ergreift. Nun drückt die eine Hand den Kreuzhöcker weg vom Untersucher und die andere zieht den Schweif in Richtung des Untersuchers. Diese Manipulation sollte die Kompression des ipsilateralen und eine Dehnung des kontralateralen ISG verursachen. In der zweiten Phase (B) wechselt der Untersucher die Richtung der ausgeübten Kräfte – eine Hand zieht das *Tuber sacrale* in seine Richtung, die andere drückt den Schweif weg von ihm. Diese Manipulation sollte die Dehnung des ipsilateralen und eine Kompression des kontralateralen Gelenks bewirken (Hausler 2003; Jeffcott u. Hausler 2004).

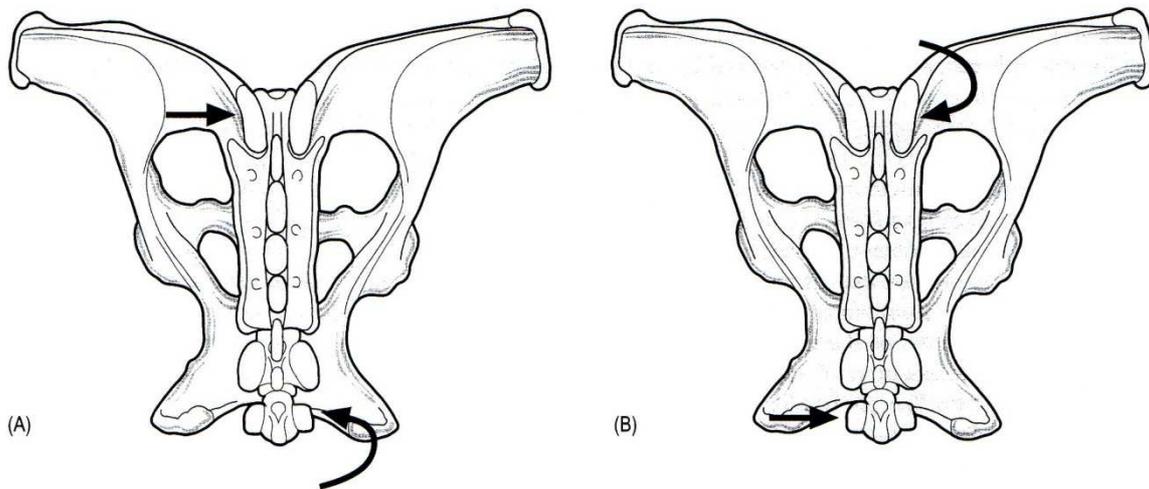


Abb. 19: Schematische Darstellung der Durchführung des lateralen ISG-
Provokationstests, dorsale Ansicht (nach Jeffcott u. Haussler 2004)

Generell geht man davon aus, dass eine Kompression des Kreuzdarmbeingelenks arthrotische Symptome verstärkt, während bei einer Dehnung des Gelenks entzündete oder verletzte Iliosakralbänder reagieren (Jeffcott u. Haussler 2004).

Außer den oben beschriebenen Tests sollte man auch eine Sprunggelenksbeugeprobe durchführen, welche nicht nur für das Sprunggelenk spezifisch ist, sondern auch durch die Flexion der Fessel, des Knies und der Hüfte, zur Rotation des Kreuzbeins und des Beckens und zur vermehrten Belastung der gegenüber liegenden Gliedmaße führt und deshalb auch vermehrte Schmerzreaktionen aus dem ISG-Bereich provozieren kann (Cauvin 1997). Martin u. Kleid (1999) berichten, dass Pferde mit Schmerzen aus dem ISG-Bereich, oft auf der gebeugten Gliedmaße gegenüberliegenden Seite lahmen. Jeffcott et al. (1985) und Jeffcott (1993) sind aber der Meinung, dass Sprunggelenksbeugeproben bei einem Pferd mit Kreuzdarmbeingelenk-Schaden selten eine konsequente Beeinflussung der Hinterhandaktion hervorruft.

Erst in der Arbeit von Rooney (1982b) wurde die Durchführung des „Gaenslen’s Tests“ beim Pferd vorgeschlagen. Dieser Test wurde von der Humanorthopädie übernommen und entspricht der Sprunggelenksbeugeprobe beim Pferd. Nach Beugen der Gliedmaße und anschließendem Traben, konzentriert sich jedoch der

Untersucher auf das nicht gebeugte Bein. Falls eine ISG-Läsion vorliegt, dann bewegt sich das Tier steif mit charakteristisch pendelnder Bewegung der Kruppe.

Das Aufheben des Hinterfußes mit einem gleichzeitigen hin und her schieben des Pferdes (sog. „Sway-Test“) wurde als weiterer Provokationstest, bei Tieren mit Verdacht auf SIJD vorgeschlagen. Pferde mit einer ISG-Läsion zeigen Unwohlsein während der Durchführung dieses Tests. Solche Reaktionen können infolge geringgradiger Instabilität im Gelenk entstehen. Es ist wichtig anzumerken, dass sich bei Tieren, die nicht in Bestform sind, häufiger Schmerzen provozieren lassen, wogegen sich die Testergebnisse mit dem Trainingszustand des Pferdes verbessern (Dyson et al. 2001).

Eine transrektale Untersuchung dient der Feststellung von Beckenasymmetrien und Schmerzen der Beckengürtelmuskulatur (*M. psoas minor*, *M. iliopsoas*, *M. quadratus lumborum*). Manche Pferde mit akuten ISG-Verletzungen widersetzen sich der transrektalen Palpation des Kreuzdarmbeingelenk-Bereichs. Eine transrektale Untersuchung während das Pferd im Schritt geführt wird, hilft bei der Feststellung von eventuell vorhandenen Schmerzen im LSG- oder ISG-Bereich. Man kann auch während der Untersuchung das gesamte Becken dorsoventral oder lateral bewegen (Jeffcott u. Haussler 2004). In Fällen einer chronischen Subluxation ist die transrektale Palpation keine Methode der Wahl, es sei denn, man stellt knöcherne Proliferationen, übermäßige Mobilität des Gelenks oder Krepitation im Gelenk fest (Hendrikson 2002). In der Studie von Jeffcott et al. (1985) wurde bei keinem Pferd mit ISG-Läsion Schmerz durch transrektale Palpation ausgelöst.

2.4.1.4 Untersuchung unter Belastung

An der Hand

Zuerst wird das Pferd im Schritt und dann im Trab auf gerader Linie vorgeführt, um eine eventuell bestehende Lahmheit zu ermitteln. Dyson u. Murray (2004) untersuchten 74 Pferde mit Verdacht auf eine ISG-Problematik und stellten folgende Symptome einer Kreuzdarmbeingelenk-Läsion fest:

- eingeschränkte Hinterhandaktion
- schwankende Bewegung der Kruppe

- breit- oder engbeiniger Gang der Hintergliedmaßen
- zopfförmige Führung der Hinterbeine

Bei vielen Pferden wurde mehr als eine Ganganomalie festgestellt.

Während Denoix u. Coudry (2005) und Denoix et al. (2005b) bei den Pferden mit ISG-Läsionen keine Lahmheiten feststellen konnten, fanden Jeffcott et. al (1985), Jeffcott u. Dalin (1986), Stadtbäumer u. Nowak (1995) und Cauvin (1997) bei solchen Patienten fast immer bilaterale oder unilaterale Lahmheiten. Pferde mit ISG-Arthrosen zeigen eine verzögerte Vorführphase der Hintergliedmaßen. In der Wendung ist das Becken erkrankter Tiere schief gestellt. Bei chronisch bestehenden Arthrosen des Kreuzdarmbeingelenks kann man diese Auffälligkeit auch schon auf gerader Linie beobachten (Rooney 1982b).

Im weiteren Untersuchungsverlauf wird das Pferd auf beiden Händen eng gewendet. In der Drehung um die eigene Achse wiesen die Pferde eine Steifheit auf, die sich darin zeigte, dass sie vermehrt über die Vorhand wendeten, allerdings die Überkreuzung der Hintergliedmaßen verweigerten (Dyson u. Murray 2004).

Beim anschließend durchgeführten Rückwärtsrichten zeigen Pferde mit chronischen ISG-Schäden oft Schwierigkeiten. Hierbei heben die Pferde den Kopf vermehrt an und wölben den Rücken mehr als gewöhnlich auf. Zudem sind diese Pferde auf einer Schräge bergauf und bergab äußerst schwierig rückwärtszurichten, da dabei die sub-lumbalen und glutealen Muskelgruppen mehr zum Einsatz gebracht werden müssen (Jeffcott 1993; Cauvin 1997).

An der Longe

An der Longe wird das Pferd unausgebunden in allen drei Gangarten beurteilt. Tiere mit einer ISG-Läsion zeigen eine generelle Steifheit in ihren Bewegungsabläufen und eine eingeschränkte Hinterhandaktion. Manche Pferde versuchen, anstatt die Trittlängen der Hintergliedmaße zu verlängern, der mangelnden Hinterhandaktivität durch Angaloppieren zu entgehen. Bei anderen Pferden ist der Galopp von schlechter Qualität. Dabei zeigen die Pferde entweder einen Viertakt, Kreuzgalopp oder einen Koordinationsverlust (Dyson u. Murray 2004). Bei Vielseitigkeitspferden, welche häufig milde Formen einer ISG Erkrankung erkennen lassen, konnten nach Gang-

analysen eine reduzierte Vorführphase der Hinterbeine festgestellt wurden (Hausler 2003).

Unter dem Reiter

Die klinischen Symptome verschlechtern sich bei Pferden mit ISG-Erkrankung unter dem Reiter, deshalb sollte vorberichtlich unbedingt geklärt werden, ob vom Reiter Taktunreinheiten unter dem Sattel bemerkt worden sind. Oft sind ISG-Probleme unter dem Sattel besser zu erkennen. Im Folgenden sind nach Dyson u. Murray (2004) häufig auftretende ISG-Probleme angeführt:

- Eingeschränkte Aktivität der Hinterhand
- Verminderter Vorwärtsdrang bzw. das Pferd kann nur schwer dazu gebracht werden, Vorwärts zu gehen
- Verspannung der Rückenmuskulatur
- Schwierigkeiten beim Durchführung mancher Dressurlektionen, z.B. Schulterrein oder Traversale
- Verkürzter Galopp, häufig Viertakt
- Umspringen vom Rechts- in den Linksgalopp und umgekehrt bzw. Kreuzgalopp
- Galoppieren mit den Vorderbeinen und traben mit den Hinterbeinen
- Galoppieren auf drei Hufschlägen
- Sich wehren gegen die Versammlung
- Buckeln und/oder ausschlagen

Bei manchen Pferden konnte im Vergleich zur Arbeit an der Longe eine deutliche Verschlechterung der Bewegung unter dem Reiter festgestellt werden. Die unter dem Sattel buckelnden Pferde zeigten sich an der Hand oder während des Longierens relativ normal und veränderten sich nur unter dem Reiter. In weniger ausgeprägten Fällen wurde Ausschlagen nur beim Versuch der Versammlung des Pferdes beobachtet. Unregelmäßigkeiten in der Gangart konnten besonders beim Richtungswechsel durch einen engen Zirkel provoziert werden (Dyson u. Murray 2004). In vielen Fällen, die schon längere Zeit bestehen, ist das Springvermögen nicht ernsthaft beeinträchtigt und eine fortgesetzte Belastung scheint die klinischen Symptome nicht zu verschlechtern (Jeffcott 1993).

2.4.2 Weitergehende Untersuchungen

Falls die klinischen Untersuchungen zu keinem eindeutigen Ergebnis führen, was bei ISG-Läsionen häufig der Fall ist, sind weitergehende Untersuchungen und diagnostische Hilfsmittel einzusetzen. In diesem Kapitel werden die diagnostische Lokalanästhesie und verschiedene Möglichkeiten der bildgebenden Verfahren dargestellt.

2.4.2.1 Diagnostische Lokalanästhesie

Bei Pferden mit ISG-Läsionen wird häufiger eine verminderte Leistungsfähigkeit als eine deutliche Lahmheit festgestellt. Nach Durchführung diagnostischer Lokalanästhesien wird daher die Interpretation des Befundes erschwert und kann somit zu einer subjektiven Befundung führen (Hausler 2003; Dyson u. Murray 2003; Engeli u. Hausler 2004). Es ist deshalb ratsam, eine ausführliche prä- und postanalgetische Lahmheitsuntersuchung nach dem im Kapitel 4.1 beschriebenen Untersuchungsgang durchzuführen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten die Region des Kreuzdarmbeingelenks zu anästhesieren. Für die Behandlung ist es entscheidend, ob die Ursache für den Schmerz direkt aus dem Gelenk oder aus dem dorsalen ISG-Band herrührt (Jeffcott et al. 1985; Hausler 2003). Deshalb unterscheidet man zwischen der lokalen Anästhesie des *Lig. sacroiliacum dorsale* und der Betäubung des Gelenks selbst. In beiden Fällen sollte die Anästhesie nach gründlicher chirurgischer Vorbereitung der Haut im Bereich der Injektionsstellen (Rasur, Reinigung, Desinfektion und Anästhesie der Haut) am stehenden und sedierten Pferd durchgeführt werden (Engeli u. Hausler 2004).

2.4.2.1.1 Lokale Anästhesie des dorsalen Teil des dorsalen ISG-Bandes

Die Indikation zur Betäubung des *Lig. sacroiliacum dorsale* ist dann gegeben, wenn eine Entzündung des dorsalen ISG-Bandes mittels transkutaner Sonographie nachgewiesen werden konnte. Dabei sollte bereits während der sonographischen Untersuchung die Injektionsstelle im Bereich der Läsion markiert werden. Das

Lokalanästhetikum wird sodann dorsal, abaxial und ventral im Bereich der pathologisch veränderten Stelle appliziert. Damit das Anästhetikum in die gesamte Umgebung des dorsalen ISG-Bandes diffundieren kann, wurde die Injektion von mindestens 5 ml Lokalanästhetikum mit einer 3,8 cm langen und 19-gauge dicken Nadel empfohlen (Engeli u. Haussler 2004).

2.4.2.1.2 Lokale Anästhesie des gesamten ISG-Bereiches

Die lokale Anästhesie der ISG-Region wurde erst von Hardy u. Marcoux (1985) vorgeschlagen. Um das linke ISG zu behandeln, wählten sie eine Injektionsstelle paramedian, kranial des linken *Tuber sacrale*. Die Nadel wurde in einem Einstichwinkel von 30° zur Vertikalebene ca. 10-12 cm in die Tiefe eingeführt.

Marks (1997), Dyson et al. (2001) und Dyson u. Murray (2003) beschreiben eine ähnliche Methode, wobei die Kanüle in der Medianen oder leicht paramedian zwischen den Dornfortsätzen des letzten Lendenwirbels und des ersten Sakralwirbels eingestochen wird. Dabei wird die 18-20-gauge dicke Kanüle mit einer Länge von 9-15 cm in einem Winkel von 20° zur vertikalen Ebene in ventrokaudolateraler Richtung zur krankhaften Seite geschoben. Es wird empfohlen 15-20 ml Lokalanästhetikum zu injizieren. Bei vielen Pferden mit Schmerz aus dem ISG-Bereich wurde eine deutliche Besserung der klinischen Symptome nach lokaler Anästhesie beobachtet (Marks 1997; Dyson u. Murray 2003). Je nach Länge der Nadel, wird mit oben beschriebener Methode sowohl der gesamte ISG-Bereich, Anteile des *M. longissimus dorsi*, als auch der *M. sacrocaudalis dorsalis* und dorsale Anteile des Kreuzbeins betäubt (Engeli u. Haussler 2004).

2.4.2.1.3 Intraartikuläre oder periartikuläre Anästhesie des ISG

In der Literatur werden vier mögliche Zugänge zum ISG beschrieben (Tucker et al. 1998; Haussler 2003; Engeli et al. 2004). Nur in dem von Tucker et al. (1998) beschriebenen Zugang ist eine direkte, intraartikuläre Anästhesie möglich. Allerdings ist diese Methode invasiv und wurde nur im Experiment durchgeführt. Der Zugang

zum Kreuzdarmbeingelenk wurde durch ein Loch erreicht, das direkt über dem ISG in den Iliumflügel gebohrt werden musste. In der zweiten Zugangsmöglichkeit erfolgt die Injektion durch die lange Rücken- und Kruppenmuskulatur im Bereich des kranialen Randes des Iliumflügels. Es ermöglicht die Infiltration des Lokalanästhetikums in die Nähe des kaudalen Randes des ISG, wo besonders häufig arthritische Veränderungen auftreten. Die dritte Möglichkeit besteht aus der Injektion durch die Kruppenmuskulatur im Bereich des kaudalen Randes des Iliumflügels. Dadurch kann das Anästhetikum vor allem die kollateralen Bereiche des kaudalen Anteils des Kreuzdarmbeingelenks infiltrieren. Allerdings birgt diese Technik ein erhebliches Verletzungsrisiko der arteriellen, venösen und nervalen Strukturen in der kranialen Glutealregion und des *N. ischiadicus* (Hausler 2003).

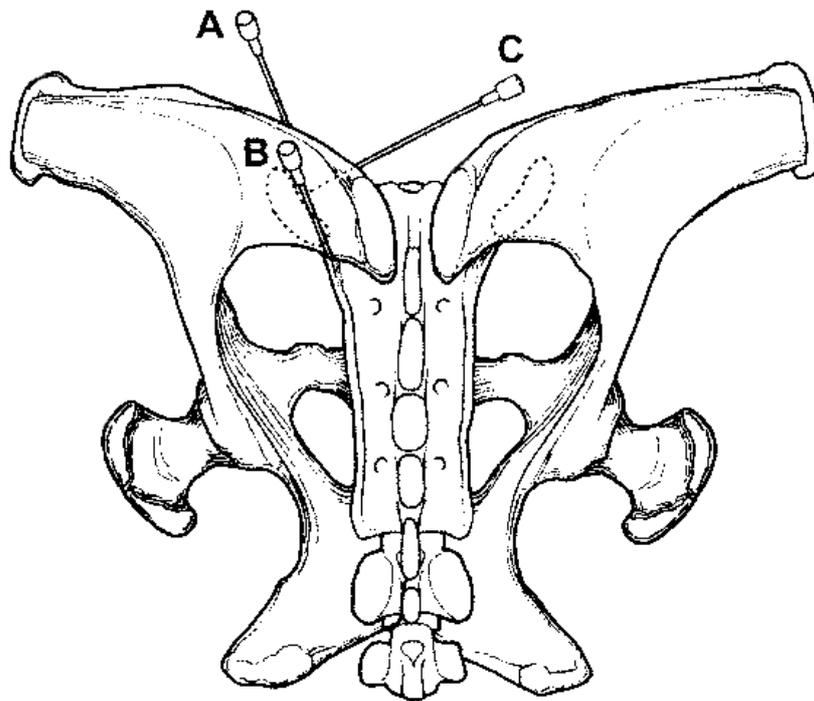


Abb. 20: Die Zugänge zum ISG (gestrichelte Linien), dorsale Ansicht.

A kranialer Zugang; B kaudaler Zugang; C medialer Zugang
(modifiziert nach Engeli u. Hausler 2004)

Der vierte Zugang wird am häufigsten angewendet. In diesem Verfahren wird die Injektionskanüle 2-3 cm kranial des *Tuber sacrale*, von der kontralateralen Seite, in Richtung der zu anästhesierenden Seite eingeführt. Dabei dient ein Klebeband als Orientierungshilfe beim Vorschieben der Nadel. Die Markierung wird zwischen der Injektionsstelle und dem Mittelpunkt der Strecke, zwischen kranialem Anteil des kontralateralen Hüfthöckers und des *Trochanter major*, auf dem Patienten angebracht. Nach einem Hautschnitt wird die 15-gauge, 25 cm lange, um 40° gebogene Tuohy-Nadel mit Stilet in einem Winkel von 60° eingeführt. Sodann erfolgt ein Richtungswechsel in Bezug auf die Einstichstelle und die Nadel wird entlang der Ventralfläche des Darmbeinflügels (*Facies sacropelvina*) des ipsilateralen Kreuzbeinhöckers bis zur *Facies auricularis* in einem Winkel von 50° vorgeschoben (Abb. 21).



Abb. 21: Verlaufsrichtung der periartikulären Injektion des Iliosakralgelenks mittels Tuohy-Kanüle mit Stilet, kraniale Ansicht (Engeli u. Haussler 2004)

Mit dieser Methode können Lokalanästhetika oder Medikamente sicher und zuverlässig gelenknah zum ISG appliziert werden. Die Präparate diffundieren sowohl zur Gelenkkapsel, zum *M. longissimus dorsi* als auch zu den inneren Kreuzdarmbeinbändern. Größere Volumina des Lokalanästhetikums sollten vermieden werden, da die Nähe zu den kranial gelegenen nervalen Strukturen (*N. obturatorius*, dorsale Wurzeln der Lumbalnerven und *N. femoralis*) und den kaudal gelegenen nervalen Strukturen (*N. gluteus cranialis*, *N. ischiadicus* und Dorsalwurzeln des S1) erhebliche Risiken in sich birgt (Engeli et al. 2002, 2004a, b; Engeli u. Hausler 2004). Alle periartikulären Injektionstechniken können unter Ultraschallkontrolle durchgeführt werden (Denoix u. Coudry 2005; David et al. 2007).

2.4.2.2 Bildgebende Verfahren

Die beträchtliche Verbesserung der bildgebenden Verfahren führte in den vergangenen Jahren dazu, dass Läsionen des Kreuzdarmbeingelenks identifiziert werden konnten, die vorher nicht zugänglich oder vorstellbar waren. In dem folgenden Kapitel werden Möglichkeiten der bildgebenden Darstellung des ISG präsentiert.

2.4.2.2.1 Röntgenologische Untersuchung der Iliosakralgelenke

Die wichtigsten Indikationen für die röntgenologische Untersuchung des Beckens sind Asymmetrie des Beckens, insbesondere im Bereich der Hüft- und der Kreuzhöcker, eine Hinterhandlahmheit ohne klinische und röntgenologische Veränderungen im Bereich der distalen Gliedmaße, Krepitation in der Beckenregion in Vergesellschaftung mit einer Hinterhandlahmheit, sowie radiologisch abzuklärende szintigraphische Befunde. Die Röntgendarstellung des Beckenbereiches bei Pferden ist besonders problematisch auf Grund der großen Schichtdicke der Muskelmasse, der Knochendicke und den sich überlagernden Knochenstrukturen (Stadler 2007). Ventrodorsale Röntgenaufnahmen der Iliosakralgelenke können in Rückenlage unter Allgemeinanästhesie angefertigt werden. Qualitativ gute Aufnahmen lassen sich nur

mit Hochleistungsröntgengeräten (die Belichtungswerte bewegen sich im Bereich von 96-150 kV und 250-500 mAs) und unter Verwendung hochverstärkender Folien (SE 8-12) und eines Rasters erzielen (Jeffcott 1978, 1982; Jeffcott u. Dalin 1986; Weaver et al. 1999; Nowak 2006; Gorgas et al. 2006, 2007).

Die Abwinkelung der Kreuzdarmbeingelenke in der transversalen Ebene und Überlagerung von Darmabschnitten erschweren deutlich die Darstellung der Gelenke. Nur selten sind Anzeichen chronischer ISG-Läsionen zu erkennen. Gelegentlich wurde die Erweiterung des Gelenkspaltes oder eine Asymmetrie der beiden Gelenke festgestellt (Buttler et al. 2000). Die Erweiterung des Gelenkspaltes wurde als Anzeichen einer chronischen ISG-Zerrung interpretiert (Jeffcott 1983). In wenigen chronischen Fällen konnten knöcherne Zubildungen im kaudalen Randbereich des ISG im Sinne einer Arthrose sichtbar gemacht werden, was aber durch überlagernde Darmabschnitte zur falschen Diagnosen führen kann (Dyson et al. 2004). In der Studie von Gorgas et al. (2006, 2007) wurden bei 79 Pferde, mit unspezifischen Lahmheiten oder Rückenschmerzen, die Kreuzdarmbeingelenke röntgenologisch untersucht. Sie benutzten Belichtungswerte von 96 kV/500 mAs und Belichtungszeiten von 5 Sekunden. Der Röntgenstrahl wurde auf der Mittellinie in der Höhe der *Tubera sacralia* orientiert. Die Pferde wurden innerhalb der 5 Sekunden mehrmals beatmet um die inneren Organe in Bewegung zu bringen. Dadurch wurden (störende) Linien, die von den inneren Organen auf dem Röntgenbild abgebildet wurden, unscharf. Diese Methode ermöglichte eine bessere Darstellung des ISG, da nur die Knochenlinien scharf abgebildet wurden. Bei 56 Pferden konnten Osteophyten im Bereich des kaudalen Randes der Kreuzbeine nachgewiesen werden, wobei die knöchernen Zubildungen bei männlichen Tieren deutlich größer waren und bis max. 3,4 cm reichten. Die klinische Relevanz dieser Studie blieb jedoch aus.

Bei vielen Pferden mit klinischen Anzeichen einer ISG-Läsion kann man keine radiologischen Veränderungen nachweisen (Weaver et al. 1999; Butler et al. 2000) Auch Dyson et al. (2003a) meinten, dass bei der bildgebenden Diagnostik der ISG-Läsionen die röntgenologische Untersuchung nicht die Methode der Wahl sein sollte.

Durch die lineare Röntgentomographie lassen sich die einzelnen Abschnitte des Beckens noch klarer darstellen. Jeffcott (1983) konnte anhand dieser Methode eine geringgradige Rotation des Beckens bzw. des Kreuzbeins nachweisen. Auch andere

Veränderungen wie die Erweiterung des Gelenkspaltes und degenerative Gelenkveränderungen (Randexostosen), welche im Zusammenhang mit den ISG-Erkrankungen stehen, konnte er anhand linearer Röntgentomographie darstellen. Ebenso wenig setzte sich, auf Grund zu hoher Kosten, die linear tomographische Untersuchung der Beckenregion durch (Ranner 1997).

2.4.2.2.2 Sonographie der Iliosakralgelenke

Die sonographische Untersuchung zur Diagnostik von Kreuzdarmbeingelenk-Problemen wird erst seit kurzem eingesetzt (Denoix 1996; Tomlinson et al. 2001) und stellt nach Ranner (1997) einen erheblichen Vorteil gegenüber der röntgenologischen Darstellung dar, zu der Pferde in Vollnarkose abgelegt werden müssen. Die Untersuchung des schwer zugänglichen ISG ist durch eine transkutane (dorsale) und eine transrektale Sonographie möglich (Tomlinson et al. 2003; Denoix et al. 2005a, b). Der dorsale (externe) Zugang ermöglicht die Untersuchung der dorsalen Kreuzdarmbeinbänder, was schon im Kap. 2.3.6 beschrieben wurde. Der ventrale (transrektale) Zugang wird genutzt, um den ventralen, kaudomedialen Anteil des ISG beurteilen zu können (Denoix 1996, 1999; Tomlinson et al. 2001; Kersten u. Edinger 2004; Denoix et al. 2005b). Die sonographische Untersuchung der inneren ISG-Bänder ist wegen ihrer Lokalisation und Orientierung unmöglich (Denoix 1996; Engeli et al. 2004c; Denoix et al. 2005b).

Bei der transrektalen Untersuchung werden zunächst in longitudinaler Richtung median die lumbosakralen Zwischenwirbelscheiben, sowie die Bandscheiben zwischen den drei kaudalen Lumbalwirbeln untersucht. Anschließend erfolgt die Untersuchung der lumbosakralen Intertransversalgelenke, der ventralen *Foramina intervertebralia* (L6, S1), der in diesem Bereich verlaufenden Stränge des *N. ischiadicus* und schließlich des Kreuzdarmbeingelenks (Denoix 1996; Denoix et al. 2005b; Geburek 2007).

Um das ISG darzustellen, muss man vom *Promontorium sacri* ausgehend den Rektalschallkopf lateral um 30° bis 45° drehen (Kersten u. Edinger 2004). In der ventralen Ansicht werden die Kreuzbeinflügel und Darmbeinflügel mit dünnen hyperechogenen Linien dargestellt. Die Gelenkränder der aurikulären Oberflächen

sind glatt und das *Lig. sacroiliacum ventrale* wird als echogene dreieckige Struktur dargestellt, die den Raum zwischen den Gelenkrändern ausfüllt (Grubelnik 2001; Kersten 2003; Kersten u. Edinger 2004; Denoix et al. 2005b). Die ventrale Ansicht des Gelenks wird laut Denoix et al. (2005b) von der kranialen Glutealarterie und -vene und nach Kersten (2003) und Kersten u. Edinger (2004) von der *A. iliolumbalis* gekreuzt. In den beiden zuletzt genannten Studien wurde der Gelenkspalt vermessen und Werte zwischen 3,5 und 7,7 mm sind festgehalten worden. In anderen Studien wurde die Dicke des *Lig. sacroiliacum ventrale* bei gesunden Pferden sonographisch vermessen: Denoix (1996) maß 5 mm, Tomlinson et al. (2001) berichten hingegen von 2,2 bis 5,5 mm.

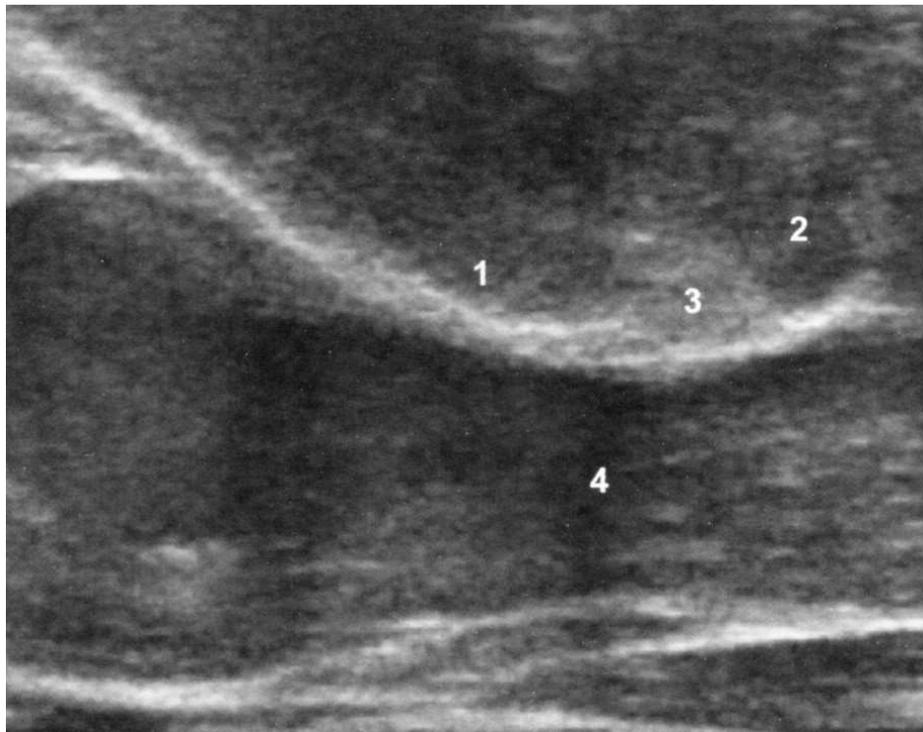


Abb. 22: Transrektales sonographisches Referenzbild der ventralen Seite des Iliosakralgelenks mit einer 7.5 MHz linear Sonde

1 Kreuzbein; 2 Darmbein; 3 *Lig. sacroiliacum ventrale*; 4 kraniale Glutealgefäße
(modifiziert nach Denoix et al. 2005b)

Die sonographische Untersuchung des ISG ist ein bildgebendes Diagnostikum, das sich als nützlich bei der Identifizierung von traumatischen und degenerativen Schäden erwies. Um Fehldiagnosen zu vermeiden, ist eine gute Kenntnis der physiologisch-anatomischen Verhältnisse erforderlich (Denoix et al. 2005b). Es ist oft schwierig das *Lig. sacroiliacum ventrale* von der Gelenkkapsel und von den umliegenden Faszien zu differenzieren, was auch die klinische Bedeutung der transrektalen Untersuchung des Weichteilgewebes im ISG einschränkt (Tomlinson et al. 2001, 2003). Eine andere anatomische Grenzstruktur stellt der *M. iliopsoas* dar, der den am weitesten lateral gelegenen Anteil des Kreuzdarmbeingelenks bedeckt und die sonographische Darstellung des kompletten Gelenks erschwert (Erichsen et al. 2003; Denoix et al. 2005b).

Bei klinischen Fällen wurden nach Denoix et al. (2005b) sonographisch folgende anormale Befunde an der Ventralseite des ISG gefunden:

- Knochenumbau am Kreuz- oder/und Darmbein
- Verengung des Gelenkraumes
- Umbau und periartikuläre Osteophyten am kaudalen Rand der aurikulären Oberfläche des Kreuzbeins
- Umbau und periartikuläre Osteophyten am kaudalen aurikulären Rand des Darmbeins
- Periartikuläre Knochenfragmentierung
- Desmopathie des *Lig. sacroiliacum ventrale*
- Enthesopathie des *Lig. sacroiliacum ventrale*

Durch Untersuchungen mittels transrektaler Sonographie wurde festgestellt, dass die Nähe des ISG zum *N. ischiadicus* klinische Bedeutung haben kann. Knöcherne Zubildungen können Irritationen des Nerven verursachen (Kersten u. Edinger (2004). Laut Denoix (1996) und Engeli et al. (2004) haben sonographisch darstellbare knöcherne Zubildungen an den ISG-Ränder ohne eine gleichzeitig feststellbare lokale Schmerzhaftigkeit eine geringe klinische Relevanz. Eine Verbesserung der Diagnose von Schmerzen und Läsionen im Kreuzdarmbeinbereich kann durch eine Kombination der klinischen Untersuchung und der Ultraschalluntersuchung erzielt werden (Denoix et al. 2005b). Die Interpretation der sonographischen Bilder des ISG ist sehr schwierig, da die Knochenoberfläche auch bei gesunden Pferden irregulär sein kann (Dyson et al. 2003a). Es ist möglich, mittel- bis hochgradige Schäden des

ventralen Kreuzdarmbeinbandes, Flüssigkeitsansammlungen, Ödeme und Gewebeschwellungen im Bereich der Gelenkkapsel mittels transrektaler Sonographie sichtbar zu machen (Engeli et al. 2004c). Allerdings konnten bei keinem von 20, mit transrektalem Ultraschall untersuchten Pferden mit Schmerzen aus dem ISG-Bereich, pathologische Veränderungen im Gelenk gefunden werden (Tomlinson et al. 2003).

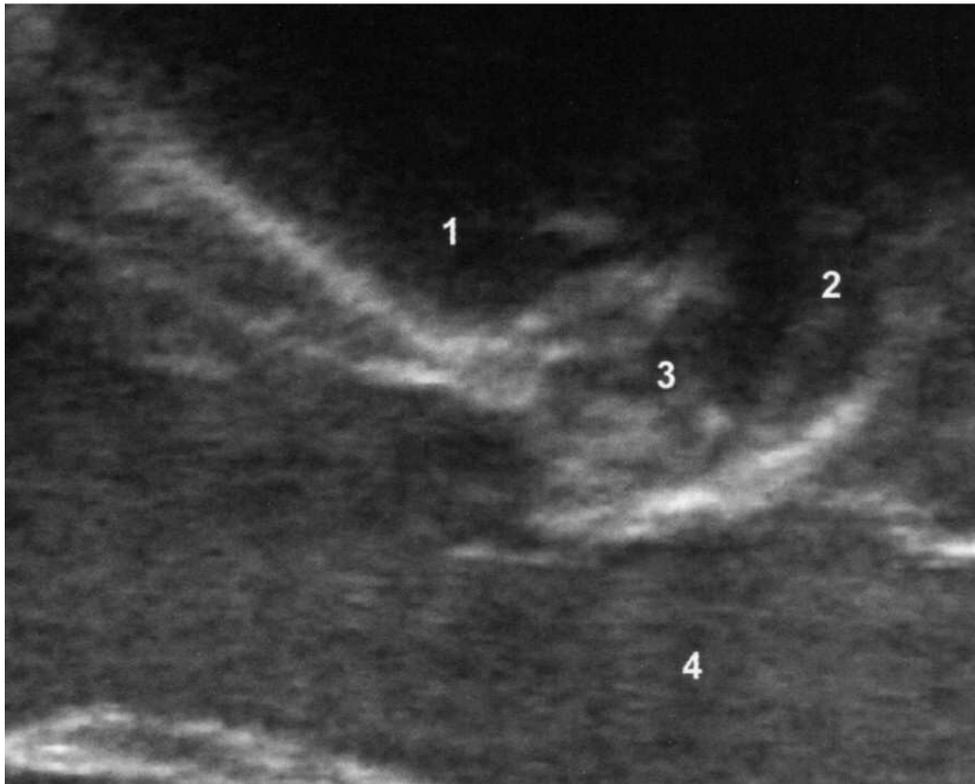


Abb. 23: Transrektales sonographisches Bild der Ventralansicht des Iliosakralgelenks mit Befunden (Veränderungen am kaudalen Rand der Iliumoberfläche und Knochenunregelmäßigkeiten im Bereich der Insertionsstelle des *Lig. sacroiliacum ventrale*)

1 Kreuzbein; 2 Darmbein; 3 *Lig. sacroiliacum ventrale*; 4 kraniale Glutealgefäße
(modifiziert nach Denoix et al. 2005b)

2.4.2.2.3 Szintigraphie der Iliosakralgelenke

Seit Ueltschi die Skelettszintigraphie im Jahre 1977 in die Pferdeorthopädie eingeführt hat, ist sie ein fester Bestandteil der Diagnostik von orthopädischen Erkrankungen (Ueltschi 1977). In der Studie von Erichsen et al. (2002) wurden szintigraphisch Becken-Präparate untersucht um genaue anatomische Grenzen des ISG darzustellen. Die Szintigraphie scheint ein nützliches Hilfsmittel zu sein, um Veränderungen im Knochenmetabolismus in der Kreuzdarmbeinregion festzustellen (Steckel 1991; Tucker et al. 1998; Dyson et al 2003a, b; 2004).

In einer Studie, die an 20 Pferden durchgeführt wurde, stimmte der sonographische und der szintigraphische Befund in 70 % der 40 untersuchten Kreuzdarmbeingelenke überein. Abnorme szintigraphische Befunde ohne einen abnormen Ultraschallbefund gab es bei 12 Gelenken (30 %); abnorme sonographische Befunde ohne einen abnormen szintigraphischen Befund gab es nur bei einem Gelenk (2,5 %) (Steckel et al. 1992). Die Szintigraphie dient zur Identifizierung der ISG-Arthrose, Frakturen des Kreuzbeins oder des Beckens und eventuellen Enthesiophyten von ISG-Bändern, allerdings können die Ergebnisse auch uneindeutig sein (Dyson u. Murray 2003; Dyson et al. 2003 a, b; Erichsen et al. 2003).

Der Kreuzdarmbeingelenk-Bereich kann szintigraphisch unter Narkose in Seitenlage (siehe Abb. 33) (Ueltschi 1980; Steckel et al. 1992; Phillipp u. Ueltschi 1998) oder im Stehen (Abb. 26) dargestellt werden (Tucker et al. 1998; Erichsen et al. 2002; Dyson et al. 2003a, b; 2004). Einem ausgewachsenen Pferd werden hierzu 3 bis 6 GBq ^{99m}Tc Technetium (^{99m}Tc), das mit einem Methylendiphosphonat (MDP) verbunden ist, intravenös appliziert und man erhält die Szintigramme der Knochenphase 2-3 Stunden später (Weaver et al. 1999; Elishar 2002; Jeffcott u. Haussler 2004). Bei der Untersuchung in Narkose sollte der Kamerakopf möglichst senkrecht und gleichweit entfernt auf das Zentrum der beiden *Tubera sacralia* gerichtet werden, da eine schiefe Lagerung zu unterschiedlichen Aktivitäten der Kreuzhöcker führt. Ebenso führt eine ausgeprägte unilaterale Muskelatrophie (pro 4 cm Muskeldicke halbieren sich die gemessenen Zählimpulse von ^{99m}Tc) zu unterschiedlichen Aktivitäten (Schramme u. Webbon 1994; Pilsworth 1992; Pilsworth et al. 1993; Erichsen u. Berger 2001; Erichsen et al. 2003).

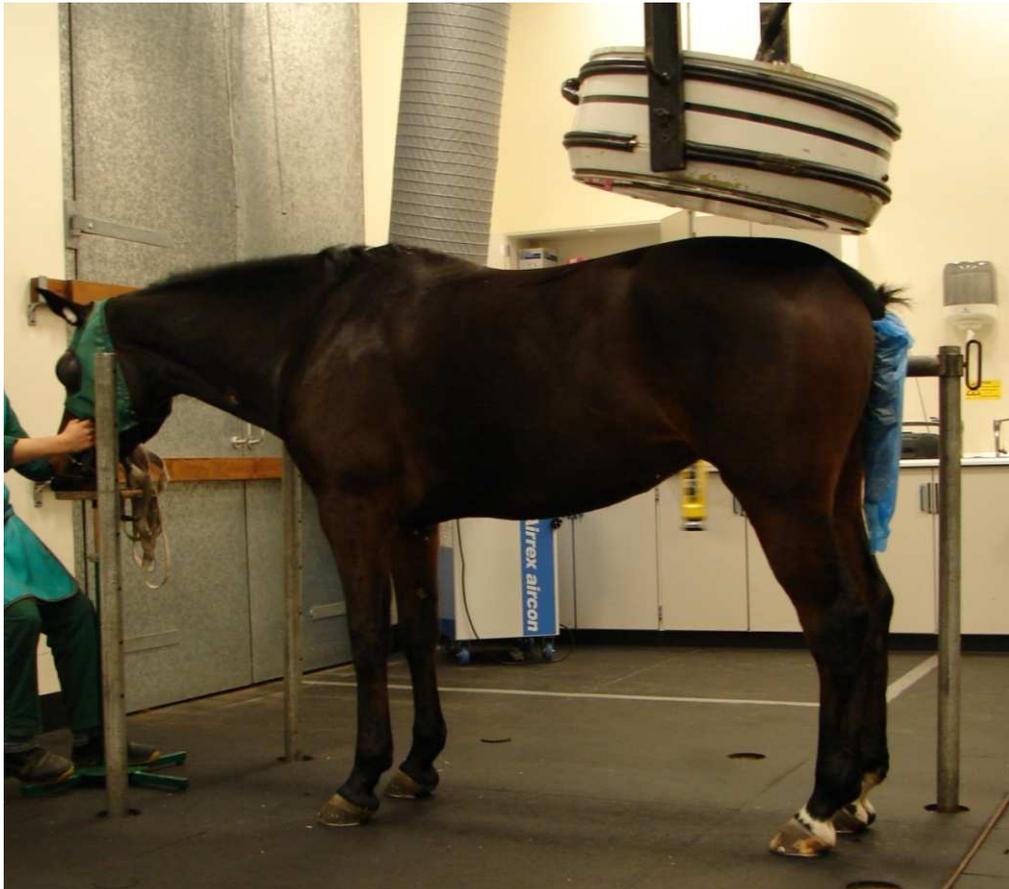


Abb. 24: Szintigraphie des Iliosakralgelenks im Stehen (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Sue Dyson, Centre for Equine Studies, Animal Health Trust, Newmarket, Großbritannien; unpubliziert)

In einer Studie wurden bei 79 Pferden mit Lahmheiten oder verminderten Leistungsfähigkeit die Kreuzdarmbeingelenke radiologisch und szintigraphisch untersucht. Es zeigte sich, dass die Form des Kreuzbeines im Bezug auf die Anreicherung des ^{99m}Tc eine wichtige Rolle spielt. In den untersuchten Fällen reicherte das Radiopharmakon bei einigen Patienten vermehrt im ISG-Bereich an, jedoch ohne dass radiologisch, pathologische Veränderungen festgestellt werden konnten (Luder, 2007).

Die Szintigramme lassen sich nach zwei Methoden beurteilen, entweder quantitativ (Beurteilung der Region of Interest, RIO) oder anhand einer Profilanalyse (Dyson et al. 2003b, 2004). Dyson et al. (2003a) untersuchten szintigraphisch gesunde Pferde im Stehen und stellten fest, dass Unterschiede zwischen dem ISG-Bereich und dem *Tuber sacrale* bei jüngeren Pferden deutlicher als bei älteren waren. Die

Szintigramme im Stehen ohne Bewegungs-Korrektur-Software haben oft keine diagnostische Bedeutung oder können falsch als krankhafte Befunde bewertet werden. Optimalerweise sollten die Aufnahmen von Pferden mit dem Verdacht auf Kreuzdarmbeingelenk-Erkrankung mit den Bildern von gesunden Pferden im gleichen Alter verglichen werden. Sie fanden Symmetrie zwischen linker und rechter Seite bei gesunden Pferden und suggerierten, dass jede Asymmetrie auf einen krankhaften Prozess deuten kann. Tucker et al. (1998) benutzte statistisch erworbene Bilder von Pferden mit Verdacht auf ISG-Problematik. Sie konnten bei 12 Pferden Asymmetrie der beiden Kreuzdarmbeingelenke feststellen. Vermehrte Anreicherungen des Radiopharmakons oberhalb der aurikulären Oberfläche des ISG stehen in Zusammenhang mit einer osteoartikulären Erkrankung des Gelenks. Anreicherungen, welche zwischen den Aurikularflächen und dem *Tuber sacrale* zu finden sind, korrelieren entweder mit der Ansatzstelle des *Lig. sacroiliacum interosseum* oder mit dem LSG. Anreicherungen, die man kranial der Aurikularflächen findet, entsprechen den *Procc. transversi* der letzten zwei Lendenwirbel und den dazugehörigen Gelenken (Denoix u. Coudry 2005; Denoix et al. 2005a, b).

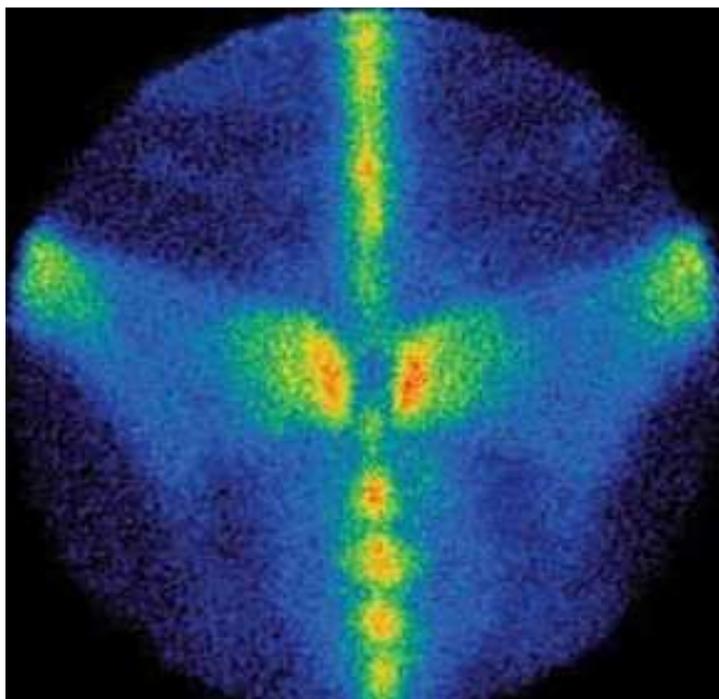


Abb. 25: Dorsaler szintigraphischer Ansicht des Beckens mit physiologischen Anreicherung des Radiopharmakons in den Iliosakralgelenken (modifiziert nach Dyson et al. 2004)

Dyson et al. (2003b, 2004) kommen zur Schlussfolgerung, dass die Szintigraphie ein hilfreiches bildgebendes Verfahren für die Diagnose bei Pferden mit klinischen Symptomen einer ISG-Erkrankung darstellt. Wegen gewisser Überschneidungen der Radiopharmakon-Anreicherungen zwischen Pferden mit Verdacht auf ISG-Erkrankung und gesunden Pferden mit anderen Lahmheits-Ursachen, soll die Diagnose nicht nur anhand szintigraphischer Untersuchungen festgestellt werden. Easton (2001) deutet darauf hin, wie wichtig die klinische Untersuchung bei der Diagnostik orthopädischer Fälle ist. Wenn die komplette klinische Untersuchung und anschließend die Szintigraphie durchgeführt wurde, konnte man die Diagnose „ISG-Erkrankung“ in 39 % der Fälle stellen. Dies sind deutlich mehr als die 15 %, bei denen nur anhand Szintigraphie, ohne klinische Untersuchung, diese Diagnose gestellt werden konnte. Klinische Symptome einer Schmerzhaftigkeit aus dem ISG, Ausschluss anderer möglicher Ursachen einer Hinterhandschwäche und szintigraphisch feststellbare Befunde deuten jedoch auch auf eine ISG-Erkrankung hin. Die Infiltration des Lokalanästhetikums in den ISG-Bereich kann zusätzlich die Diagnose eines ISG-Problems bestätigen (Dyson et al. 2004).

2.5 THERAPIE DER ISG-ERKRANKUNGEN

Die Liste der Therapiemethoden bei ISG-Problematik ist umfangreich. Die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten werden entweder allein oder in Kombination, abwechselnd oder gleichzeitig angewandt. So empfiehlt Nowak (2006) bei Kreuzdarmbeingelenk-Läsionen zunächst Boxenruhe, später dann Weidegang, kombiniert mit kontrolliertem aufbauendem Bewegungsprogramm und zusätzlicher Gabe systemisch wirksamer Entzündungshemmer und lokal kurz- oder langwirkender Glukokortikoide. Es liegen keine gesicherten Erkenntnisse über die meisten Therapiemethoden vor, da es keine kontrollierten Langzeitstudien gibt. Die Behandlung richtet sich laut Haussler (2004b) nach dem Vorhandensein einer artikulären Pathologie (Arthrose des ISG) oder einer Bänderläsion (Desmitis der ISG-Bänder). Cauvin (1997) weist darauf hin, dass Einschränkungen in der Diagnostik und fehlende Offenheit in Bezug auf ISG-Problematik seitens mancher Tierärzte, den Weg für zahlreiche nicht-tierärztliche diagnostische und therapeutische Maßnahmen ebnen.

Die Humanmediziner Kissling u. Michel (2001) listen folgende Behandlungsziele bei ISG-Verletzungen auf:

1. Ziel: Schmerzbehandlung
2. Ziel: Wiederherstellung der Gelenkmechanik
3. Ziel: Förderung von Kraftausdauer, Belastbarkeit, Stabilität
4. Ziel: Wiederaufnahme von Arbeit und Sport

Diese sollten auch in der Pferdemedizin durch verschiedene Methoden erreicht werden. Zu diesem Zweck dienen folgenden Maßnahmen, die weiterhin beschrieben werden:

- Boxenruhe
- Systemische Behandlung
- Lokale Injektionen
- Physikalische Maßnahmen
- Bewegungstherapie
- Manipulationstherapie (Chiropraktik, Osteopathie)
- Komplementäre Medizin (Mesotherapie, Akupunktur)

Boxenruhe

Bei der akuten Subluxation des ISG empfiehlt Hendrickson (2002) eine völlige Boxenruhe von 30-45 Tagen, damit der Bandapparat zur Ausheilung kommt. Speirs (1994) ist der Meinung, dass in „leichten“ Fällen von ISG-Läsionen mit Boxenruhe gute, in allen anderen Fällen schlechte Behandlungsergebnisse erzielt werden. Nach Nowak (2006) hat eine Ruhigstellung über mehrere Wochen zu erfolgen. Denoix u. Coudry (2005) sind gegen Boxenruhe, ausgenommen in unheilbaren Fällen, in denen der Zustand des Pferdes nach allen anderen Therapiemöglichkeiten nicht besser wurde.

Systematische Behandlung

Nach Hendrickson (2002) kann man systemisch NSAIDs für 14-21 Tage, abhängig vom Lahmheitsgrad und der Schmerzäußerung während der Manipulation, applizieren. Haussler (2004b) empfiehlt Phenylbutazon (4 mg/kg KGW p.o 2mal tgl. für 4-5 Tage), Ketoprofen (2,2 mg/kg KGW i.v. 1mal tgl. für 5 Tage) und Naprofen (5-10 mg/kg KGW p.o. 2mal tgl. für max. 14 Tage). Nach Marks (1999) kann eine

langzeitige Gabe von Phenylbutazon in niedriger Dosierung (1 g pro Pferd p.o. 1mal tgl.) bei milden Schmerzen und Steifheit zu einer Besserung führen, kann aber die klinischen Symptome anderer Läsionen auch verschleiern.

Bei der Arthrose des ISG empfiehlt Haussler (2004b) die zusätzliche Gabe von Glukosamin, Chondroitinsulfat oder Methylsulfonylmethan (MSM). Zusätzlich können eventuell Muskelrelaxantien (Methacarbamol, 15-44 mg/kg KGW p.o.; Dantrolen-Natrium, 2 mg/kg KGW p.o.) eingesetzt werden (Marks 1997; Haussler 2004b). Sie haben nicht immer übereinstimmenden Wirkung (Marks 1997), können aber bei manchen Pferden mit Schmerzen oder mit einem Hypertonus der Rücken-/ Kruppenmuskulatur durch Reduktion der Anspannung helfen (Haussler 2004b). Die intravenöse Applikation von Hyaluronsäure einmal pro Woche für 4 Wochen, gefolgt von monatlichen Injektionen wurde empfohlen (Hendrickson 2002). Die Ergebnisse der systemischen Behandlung bei Schmerzen aus dem LSG/ISG-Bereich sind häufig unbefriedigend. Bei Veränderungen der knöchernen Struktur des ISG wurde Tiludronate in einer Dosierung von 1 mg/kg KGW in einer langsamen, intravenösen Infusion empfohlen (Denoix u. Coudry 2005).

Lokale Injektionen

In Kap. 2.4.2.1 sind die Zugänge zum ISG beschrieben worden. Man kann laut Denoix u. Coudry (2005) verschiedene Präparate allein oder in Kombination applizieren: Kortikosteroide, Sarapin oder lokale Anästhetika (außer beim kaudalen Zugang).

Adams (1969) schlägt eine Verstärkung der Bänder bei Subluxation des ISG durch Bildung von Narbengewebe vor. Zu diesem Zweck injiziert er Irritantien lokal in den Kreuzdarmbeingelenk-Bereich. Hardy u. Marcoux (1985) injizierten lokal bei Trabern mit ISG-Arthrose und klinischen Symptomen, über einen Zeitraum von mehr als einem Monat, 5 ml 2 % Iod-Lösung und verordneten den Tieren danach einen Monat Boxenruhe. Sie konnten damit bessere Ergebnisse erzielen, als bei den Pferden, welche lokal Kortikosteroide und anschließend Training verordnet bekamen. Die Injektion von Irritantien sollte nur in diagnostizierten Fällen einer Instabilität des ISG vorgenommen werden. Allerdings kann eine solche Therapie potentiell schädlich sein und in der Zukunft zu Verletzungen des Kreuzdarmbeingelenks führen (Haussler 2004b).

Bei ISG-Verletzungen empfiehlt Turner (2003) die lokale Injektion von 160 mg Methylprednisolonacetat und 8 mg Triamcinolon in den ISG-Bereich und danach ein spezielles Training. Denoix u. Coudry (2005) wählen Flumethasone (4 mg pro Injektion), Dexamethason (10 mg pro Injektion) oder Methylprednisolonacetat (200 mg pro Injektion). Periartikuläre Applikationen sollten möglichst nah am kaudo-medialen Gelenkrand, wo sich im Großteil degenerative Veränderungen bilden, gesetzt werden (Hausler 2004b).

Physikalische Maßnahmen

Bei ISG-Läsionen lassen sich zahlreiche physikalische Behandlungsmethoden einsetzen: Thermotherapie mit Zufuhr (Wärme) oder Entzug (Kälte) von thermischer Energie für die Beeinflussung von Entzündungsmediatoren und der Kollagendehnbarekeit und um die Weiterleitung von Schmerzimpulsen zu modifizieren; Elektrophotherapie für die Schmerzkontrolle und die neuromuskuläre Rehabilitation; mechanische Reize (z.B. Massage, Vibration, Dehnungsübungen, Bewegungsprogramm, Hydrotherapie) für schnellere Rehabilitation. Welche der Therapiemöglichkeiten man einsetzen möchte, ist vom Krankheitsbild und dem Stadium der Erkrankung, sowie von der eigenen Erfahrung und den zur Verfügung stehenden Mitteln abhängig (Kissling u. Michel 2001; Hausler 2004b). Viele Formen der Physiotherapie ermöglichen vorübergehende Besserung, ein dauerhafter Erfolg ist ohne eine endgültige Diagnose des vorliegenden ISG-Problems allerdings unwahrscheinlich (Hausler 2004b).

Kryotherapie (z.B. Eisbeutel) ist innerhalb von 24-48 Stunden nach der Verletzung des Kreuzdarmbeingelenks angezeigt. Sie vermindert den Schmerz, führt zur Muskelrelaxation und mindert die Entzündung (Hausler 2004b).

Bei Subluxation des Kreuzdarmbeingelenks wurde eine elektrische Stimulierung der unterstützenden Muskelgruppen empfohlen. Die Elektrophotherapie sollte den Muskelaufbau fördern. Magnetfeldtherapie, therapeutischer Ultraschall und Massage wurden als unterstützende Maßnahmen bei einer ISG-Zerrung/Überstrapazierung vorgeschlagen (Bromiley 1995, Denoix u. Pailloux 2000).

Spezifische Dehnungsübungen können zur Relaxation des fibrotisch veränderten oder gekürzten periartikulären Gewebes führen. Den Besitzern sollte gezeigt werden, auf welche Art und Weise einfache, aber effektive passive Mobilisierung und aktive Dehnungsübungen durchzuführen sind. Durch diese Therapie wird der Besitzer angeregt und er nimmt aktiv am Heilungsprozess teil und kann so besser die Fortschritte der Behandlung beobachten und einschätzen (Haussler 2004b). Denoix u. Pailloux (2000) schlugen fünf oder sechs Beugungen nach ventral durch kutane Stimulierung der Muskeln und Drehungen des Pferdes um den Therapeuten in einer Volte von zwei bis drei Metern als Therapie vor.

Bewegungstherapie

Bei akuten ISG-Läsionen ist Galoppieren kontraindiziert, weil es das Kreuzdarmbeingelenk extrem belastet und den Zustand verschlimmern kann (Haussler 2004b). Bei chronischen ISG-Schäden erwies sich die Behandlung sehr schwierig (Jeffcott et al. 1985; Jeffcott 1993). Das Ziel der Therapie ist es, der ISG-Läsion durch zunehmenden Aufbau der Kruppen- und Rückenmuskulatur entgegen zu wirken. Eine Verbesserung des Muskeltonus und der Fitness tragen dazu bei, die klinischen Anzeichen des verminderten Schwungs aus der Hinterhand zu kompensieren. Jeffcott et al. (1985) und Jeffcott (1993) konnte in geringgradig betroffenen Fällen dank dieser Art von Management einen erfolgreichen Verlauf feststellen. Befindet sich das Pferd einmal in guter Form, muss diese laut den Autoren laufend aufrechterhalten werden und es darf keine Ruheperiode geben, da das Pferd sonst an Muskeltonus verliert und in den anfänglichen Zustand verfällt. Das Ziel der Bewegung ist das Verhindern von Muskelatrophien, die Entwicklung der propriozeptiven Kontrolle von Rücken und die Gelenkstabilisation (Denoix u. Coudry 2005).

Turner (2003) schlägt eine kontrollierte Bewegung erst nach der Injektion von Kortison-Präparaten vor. Das Pferd sollte vor dem Reiten gründlich mit Hilfe von Massage des ISG/LSG-Bereiches oder therapeutischem Ultraschall aufgewärmt werden und anschließend lang und tief im Schritt geritten werden. Der Reiter sollte auf ordentliches Untertreten und lange Schritte der Hintergliedmaße achten. Die Dehnung der Rückenmuskulatur und Biegsamkeit der Bauchmuskeln wird durch die Arbeit über Stangen/Cavallettis erreicht, welche zwischen 40 bis 50 m auseinander liegen sollten. Sobald das Pferd gut untretreten kann, kann die Intensität der

Übungen gesteigert werden, dass heißt im Trab zu reiten. Bei manchen Pferden verursacht jedoch der Trab Schmerzen, in solchen Fällen sollten die Pferde im Galopp geritten werden und erst nach Besserung sollte der Trab wieder versucht werden (Hendrickson 2002).

Bei der Behandlung der ISG-Luxation ist Geduld sehr wichtig. Nach mindestens 45 Tagen Boxenruhe wurde vorgeschlagen das Pferd fünf Minuten zweimal täglich mindestens fünfmal pro Woche an der Hand zu führen. Rückwärtsrichten des Pferdes bis zu 10 Schritten wurde als besonders geeignete Methode der Behandlung des ISG-Bereiches empfohlen. Die kontrollierte Bewegung über Stangen sollte langsam gesteigert werden, von 2,5 bis zu 20 Minuten zweimal täglich, fünfmal pro Woche. Nach 45 Tagen kann das Pferd einen Zugang zu einer kleinen Koppel erhalten. Die Entscheidung über die weiteren Behandlungen wird nach 90 Tagen getroffen. Die Pferde mit einer ISG-Luxation brauchen acht bis zehn Monate kontrollierte Bewegung, bevor man mit normalem Training anfangen sollte (Hendrickson 2002).

Es ist darauf zu achten, dass Pferde nicht springen, keine engen Wendungen, keine abrupten Übergänge und keine plötzlichen Richtungswechsel (wie beim „Barrel racing“ oder „Reining“) oder andere stoßwirkende Manöver durchführen. Der Tierarzt sollte sich nach der Größe der Boxen oder Koppeln erkundigen und auch wie lange die Tiere mit einer ISG-Problematik auf dem Paddock bleiben. Tiefer Matsch, große Steine oder steile Hügel können die Symptomatik einer ISG-Läsion verschlimmern (Haussler 2004b).

Manuelle Therapie

Das Kreuzdarmbeingelenk hat nicht zuletzt in der manuellen Medizin eine recht große Bedeutung erlangt. Das Phänomen der Blockade des ISG scheint derzeit gerne festgestellt zu werden. Was das morphologische Substrat dieser Veränderung darstellt, lässt sich nur schwer definieren (Fürst 2001). Laut Stodulka (2006) versteht man unter einer osteopathischen Läsion oder Blockade keine (Sub-)Luxation im klassischen Sinne, sondern die reversible funktionelle Bewegungseinschränkung eines funktionellen Bewegungselementes. In der Humanmedizin wurde die Ansicht geäußert, dass es unter besonderen Umständen bei Erhöhungen und Vertiefungen der Oberfläche des ISG zu pathologischen Einschränkungen kommen kann. Diese minimalen intraartikulären Veränderungen in diesem, an sich sehr straffen Gelenk,

können über neuronale Signale auf den mächtigen dorsalen Bandapparat und vor allem auf die Ursprünge der Muskeln einwirken. Besonders in diesem Bereich und im Bereich des dorsalen ISG-Bandapparates konnten eine Vielzahl markhaltiger Nervenfasern nachgewiesen werden, was wiederum auf eine erhöhte Rezeptorendichte schließen ließ (Kissling u. Michel 1997).

Chiropraktik ist in akuten Stadien einer Weichteilläsion kontraindiziert. Nach Abheilung kann diese Methode bei der Wiederherstellung der physiologischen Gelenkmechanik helfen und dadurch das Risiko einer zukünftigen Verletzung vermindern. Chiropraktik scheint in frühen klinischen Stadien der Erkrankung effektiver zu sein. Die kräftige manuelle Therapie ist bei akuten Entzündungen kontraindiziert, weil jede Bewegung die Entzündung verschlimmern kann (Hausler 2004b). Die Subluxation des ISG ist mit schweren Verletzungen des Gelenks und seinen Bändern verbunden, deshalb kann diese manuell nicht reponiert werden (Cauvin 1997). Laut Jeffcott (1979) und Jeffcott u. Dalin (1980) berichten Besitzer oft über deutliche, aber kurzfristige Verbesserung der klinischen Symptomatik nach der chiropraktischen Behandlung. Auch Dalin et al. (1985) erwähnen chiropraktische Behandlung bei sechs Pferden mit ISG-Läsionen. In keinem Fall konnten sie langzeitige Verbesserung feststellen.

Komplementäre Medizin

Denoix u. Coudry (2005) empfehlen bei Schmerzen aus dem ISG-Bereich Mesotherapie als eine Behandlungsmethode, bei welcher Injektionen mit dünnen und 5 mm langen Kanülen in die mittlere Hautschicht eingebracht werden. Die Injektionen erfolgen in die Dermatome, welche der Seite der Läsion entsprechen. Das Prinzip der Methode basiert auf der Theorie der Schmerzübertragung. Laut dieser Theorie haben aus der Haut führende Nerven Typ I und Typ II kollaterale Fasern, welche die Übertragung des Schmerzimpulses an den *Tractus spinothalamicus* verhindern können. Dank der Stimulation der Dermatome kann die Übertragung der Schmerzimpulse aus den tief liegenden Strukturen des gleichen spinalen Segments in den Thalamus und das Großhirn nicht stattfinden. Nach der aseptischen Vorbereitung der Haut werden die mesotherapeutischen Injektionen mit dem Anästhetikum (z.B. Lidocain 140 mg in 7 ml) sowie kurzwirkende Kortikosteroide (z.B. Dexamethason 15 mg in 7 ml) eingebracht. Denoix u. Coudry (2005) berichten, dass Injektionen mit

isotonischer Kochsalzlösung ebenfalls positive Wirkung haben können. Nach den Injektionen wird das Pferd leicht an der Longe bewegt. Man kann mit dem normalen Training schon nach 3-5 Tage anfangen, aber wesentliche Verbesserung der klinischen Symptome ist nach 7-14 Tage zu erwarten. Wenn keine Besserung erzielt wurde, kann die Mesotherapie 2-3 Wochen nach den ersten Injektionen wiederholt werden. Man erwartet eine Heilung innerhalb von 3 bis 12 Monaten. Bei chronischen Fällen einer Kreuzdarmbeingelenk-Läsion empfiehlt Marks (1999) eine Behandlung mittels Akupunktur.

2.6 PROGNOSE BEI ISG-ERKRANKUNGEN

Es wird in der Literatur wenig über die Prognose der ISG-Läsionen berichtet. In der Studie von Jeffcott (1982) wurde bei über 45 Pferden mit einer chronischen ISG-Zerrung, in 47 % der Fälle eine komplette Heilung erzielt. Bei 24 % der Pferde hat sich der Zustand jedoch nicht verbessert. Die Prognose für Wiederaufnahme der früheren Aktivitäten ist generell schlecht, hängt aber von dem Ausmaß der Verletzung ab (Tucker et al. 1998; Hendrickson 2002). Bei Pferden mit schweren Verletzungen des ISG oder mit verminderter Festigkeit der ISG-Bänder, kann eine Heilung meist nicht erreicht werden. Bei geheilten Pferden muss man immer im Kopf behalten, dass das Gelenk anfälliger für Wiederverletzungen ist. Die Mehrheit der Tiere muss auf die Koppel gestellt oder kann nur wenig belastet werden (Hausler 2004b).

2.7 DIFFERENTIALDIAGNOSEN DER ISG-ERKRANKUNGEN

Die Differentialdiagnosen der Pathologie des ISG sind äußerst vielfältig und umfassen zahlreiche Erkrankungen. Die Symptomatik der Hinterhandlahmheit kann das ISG-Problem überdecken und die Anzeichen einer Kreuzdarmbeingelenk-Pathologie vortäuschen. Deshalb ist es besonders wichtig eine genaue und komplette Untersuchung der distalen Gliedmaße durchzuführen bevor man sich mit dem ISG-Problem beschäftigt (Hausler (2004a).

Eine Beckenfraktur und die Luxation des ISG lassen sich sehr schwer klinisch unterscheiden (Jeffcott 1992; Steckel 1991; Pilsworth et al. 1993; Hendrickson 2002). Zu den Differentialdiagnosen der Subluxation des Kreuzdarmbeingelenkes gehören Myositis der Lendenmuskulatur, Entzündung des Schleimbeutels über dem *Trochanter major*, Thrombose/parasitäres Aneurysma der *A. abdominalis*, „Kissing Spine“-Syndrom im Bereich der Lendenwirbelsäule, Azoturie, hormonelle Dysregulationen oder Iliumfraktur (Adams 1969; Riegel u. Hakola 1999). Die in der Umgebung des ISG auftretenden Beckenstressfrakturen können eine Degeneration des Gelenks auslösen (Hausler u. Stover 1998; Sheperd et al. 1994; Hausler 1999). In einer Studie wurde pathologisch-anatomische Untersuchung bei 36 Vollblutpferde durchgeführt und bei 50 % der Tiere konnten Beckenstressfrakturen gefunden werden, in welchen das ISG mit einbezogen war (Hausler u. Stover 1998).

Auf Grund der vielfach unklaren Symptomatik bei einer chronischen Erkrankung der Kreuzdarmbeingelenke ist die Liste der Differentialdiagnosen entsprechend groß. Bei 15 % von 443 Pferden mit Rückenproblemen konnte chronische ISG-Erkrankung festgestellt werden. Die Tiere mit Veränderungen im thorakolumbalen Bereich können gleichzeitig auch unter chronischen Schmerzen aus dem ISG-Bereich leiden (Jeffcott 1980). In der anderen Studie wurden 110 Pferde mit Lahmheiten untersucht, bei denen die Ursache der Veränderungen des Gangbildes im Becken gefunden werden konnte. Bei 45 Tieren (40,9 %) wurde eine chronische ISG-Zerrung und bei 41 (37,3 %) Pferden eine Beckenfraktur festgestellt (Jeffcott 1982).

Jeffcott u. Dalin (1986) und Nowak (2006) schlagen eine Liste der wichtigsten Differentialdiagnosen einer chronischen ISG-Erkrankung vor, ohne genau die Art des pathologischen Prozesses zu definieren:

1. Pathologische Veränderungen im thorakolumbalen Bereich:
 - a) Syndrom sich berührender Dornfortsätze („Kissing Spine“-Syndrom)
 - b) chronische Muskelverletzung/Bänderzerrung
 - c) angeborene Formveränderungen
2. Belastungsmiopathien (Tying-up)
3. Lumbosakrale Anomalien (Sakralisation der lumbalen Wirbel)
4. Thrombose des Endabschnittes der Aortenaufzweigung
5. Neuritis der Cauda equina/Kreuzbeinfraktur

6. Geringgradige Hinterhandlahmheit:
 - a) chronische (abgeheilte) Beckenfraktur
 - b) Osteochondrosis dissecans (Knie oder Sprunggelenk)
 - c) partielle dorsale Kniescheibenverlagerung
 - d) Spat
7. Geringgradige Ataxie
8. Hormonelle Dysregulationen
9. Schlechtes Management und unzureichendes Training
10. Untrainiertes Pferd und/oder Reiter

Die klinische Symptomatik der iliosakralen Desmopathien lässt sich sehr schwer von anderen pathologischen Veränderungen im lumbosakralen Bereich oder von Erkrankungen der proximalen Hintergliedmaße unterscheiden. Um Differentialdiagnosen abzuklären, benötigt man genauere und vollständige klinische Untersuchungen (Denoix 1996). Auf Grund der anatomischen Nähe und der Rolle, welche der *M. longissimus dorsi* und das dorsale ISG-Band in der Biomechanik des Beckens spielen, sollten Läsionen der Ansatzstelle des *M. longissimus dorsi* bei den Differentialdiagnosen der Desmitits des dorsalen Kreuzdarmbeinbandes in Betracht gezogen werden (Kersten u. Edinger 2004). Es wurde von Denoix (1996) eine Liste der möglichen Differentialdiagnosen einer ISG-Desmopathie vorgeschlagen:

1. Erkrankungen im lumbosakralen Bereich:
 - a) Arthropathien der Lendenwirbelsäule
 - b) Verletzungen des lumbosakralen Übergangs
 - c) Radikulitis (L5-S2)
 - d) Schmerzen des *M. psoas*
2. Verletzungen der proximalen Hintergliedmaße:
 - e) Muskelzerrungen (*Mm. glutei* oder *M. femoris*)
 - f) Verletzungen des Hüftgelenks
 - g) Verletzungen des Knies

3 MATERIAL UND METHODE

Die vorliegende deskriptive Studie setzt sich aus einer morphologischen Analyse und einem klinischen Untersuchungsteil zusammen. Der erste Teil diente dazu, die morphologischen Gegebenheiten des Iliosakralgelenks gut nachvollziehbar aufzuschlüsseln und die eventuellen pathologischen Veränderungen zu beschreiben. In der zweiten Studie wurden die klinischen Patienten untersucht und anhand des Patientengutes wurde ein Untersuchungsprotokoll für Pferde mit einem möglichen ISG-Problem vorgeschlagen. Anhand von ausgesuchten Fällen sollten sowohl die Schwierigkeiten in der klinischen Diagnostik der ISG-Problematik als auch die voneinander abweichenden pathologisch-anatomischen Bilder verdeutlicht werden.

3.1 MATERIAL UND METHODE DER MORPHOLOGISCHEN STUDIE

3.1.1 Patientengut

Im Zuge dieser Studie wurden Iliosakralgelenke von insgesamt 25 Pferden, die zwischen September 2005 und Dezember 2006 aus unterschiedlichen Gründen in der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München euthanasiert wurden, untersucht. Bei nur einem Pferd war ein Problem im Beckenbereich bekannt. Das Alter der Pferde lag zwischen 1,5 Monaten und 25 Jahren. Von diesen Pferden waren 11 Stuten, 5 Hengste und 9 Wallache. Der größte Teil der Pferde waren Warmblüter aus deutschen Zuchtgebieten. Des Weiteren waren in die Untersuchung Arabische und Englische Vollblüter, ein Traber, ein Friese, zwei Kaltblüter, ein Isländer, ein Shetland Pony, ein Tinker und ein Norweger mit eingeschlossen. In den folgenden Tabellen wird das Patientengut vorgestellt. In Tab. 4 wurde eine erste Einteilung nach Altersgruppen durchgeführt und der Anzahl der Patienten in jeweiligen Gruppen dargestellt. In der darauf folgenden Tab. 5 handelt es sich um eine vollständige Auflistung aller Patienten. In Abb. 26 wird die Verteilung auf die jeweiligen Pferdetypen dargestellt.

Die Tiere wurden anhand des Alters in fünf Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: Pferde unter 4 Jahre
- Gruppe 2: Pferde zwischen 5 und 9 Jahre
- Gruppe 3: Pferde zwischen 10 und 14 Jahre
- Gruppe 4: Pferde zwischen 15 und 19 Jahre
- Gruppe 5: Pferde zwischen 20 und 25 Jahre

Tab. 4: Anzahl der Pferde in jeweiliger Altersgruppe

Gruppe	Alter (Jahre)	Mittelalter mit Standardabweichung	Anzahl der Pferde	Prozent
1	0-4	1,32 ± 1,17	5	20%
2	5-9	7,50 ± 2,12	2	8%
3	10-14	12,43 ± 0,98	7	28%
4	15-19	16,20 ± 1,10	5	20%
5	20-25	21,83 ± 1,83	6	24%
Gesamt			25	100%

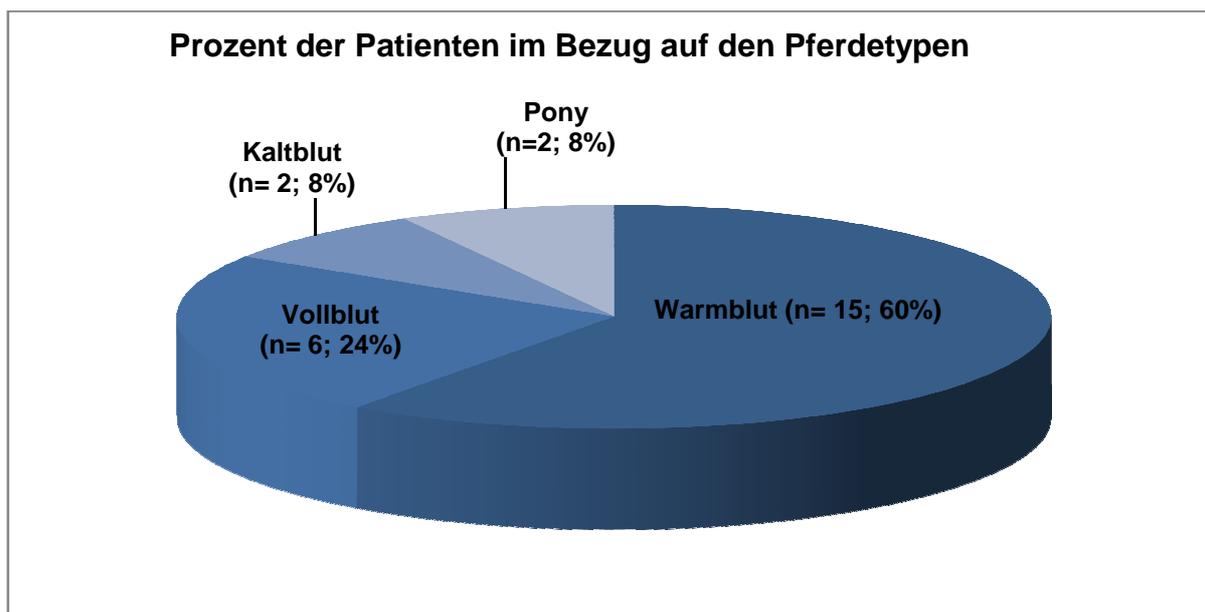


Abb. 26: Prozent der Patienten im Bezug auf den Pferdetypen

Tab. 5: Alter, Geschlecht, Rasse, Todesursache, Größe und Gruppenzuteilung der untersuchten Pferden

	Pferd Nr.	Geschl.	Alter	Rasse	Todesursache	Größe [cm]
Gruppe 1	1	H	1,5 Mo.	QH	Gaumenspalte	83
	2	H	0,5 J.	WB	Lungenentzündung	139
	3	H	1 J.	WB	Fraktur (Tuberculum supraglenoidale)	159
	4	H	2 J.	Traber	OCD	173
	5	W	3 J.	Shetlandpony	Tetanus	105
Gr. 2	6	W	6 J.	Araber	Lungenentzündung	145
	7	W	9 J.	Traber	Niereninsuffizienz	170
Gruppe 3	8	W	11 J.	WB	Niereninsuffizienz	162
	9	W	12 J.	WB	Zystoider Defekt (Tibia)	160
	10	S	12 J.	WB	Kolik	161
	11	S	12 J.	WB	Colitis X	165
	12	H	13 J.	Süddeutsche Kaltblut	Kolik	164
	13	W	13 J.	WB	Kolik	165
	14	W	14 J.	Tinker	Osteomyelitis (Hufbein)	159
Gruppe 4	15	S	15 J.	WB	Kolik	166
	16	S	16 J.	Araber	Beckenfraktur	151
	17	S	16 J.	Islandpferd	Fraktur (MIII)	140
	18	S	16 J.	Süddeutsche Kaltblut	Kolik	161
	19	S	18 J.	WB	Chronische Abmagerung	158
Gruppe 5	20	S	20 J.	WB	Glaukom	167
	21	S	20 J.	Norweger	Kolik	139
	22	S	22 J.	Vollblut	Mandibulafraktur	162
	23	W	22 J.	Friese	Chronische Abmagerung	161
	24	W	22 J.	WB	Kolik	162
	25	S	25 J.	WB	Kolik	167

3.1.2 Präparationsmethode

Die Präparation der Pferdekörper wurde im Institut für Tierpathologie der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt. Die Kreuzdarmbeingelenke wurden, um sowohl die Bandstrukturen als auch die Gelenkflächen des ISG darstellen zu können, beidseits freipräpariert. Zuerst wurden die Hintergliedmaßen in den Hüftgelenken und der Wirbelsäule, in Höhe von L4-L5 abgetrennt. Dabei wurde das Becken mit der angrenzenden Muskulatur aus dem Körper herausgelöst. Darauf folgte die Entfernung der Weichteile von den dorsalen und ventralen Flächen des Beckens. Die Darmbeinsäule wurde etwas kranial der Hüftgelenkspfanne mit der Säge durchtrennt. Anschließend folgte die Eröffnung der Kreuzdarmbeingelenke. Nach der makroskopischen Beurteilung und fotografischen Dokumentation wurden die Präparate zur besseren Beurteilung der Gelenkflächen ausgekocht.

3.1.3 Makroskopische Beurteilung

Nach Eröffnung der Gelenkkapsel wurden die makroskopischen Merkmale der Gelenkflächen erfasst. Zuerst folgte die Beurteilung der linken sakralen und iliakalen ISG-Flächen. Danach wurde die rechte Seite untersucht und beschrieben. Bei jeder Gelenkfläche wurden hinsichtlich des Gelenkrandes und der Gelenkoberfläche 12 Kriterien und deren Varianten makroskopisch beurteilt:

1. Gelenkrand: Die Regelmäßigkeit des Gelenkrandes wurde beurteilt und zwei Varianten „regelmäßig“ oder „unregelmäßig“ festgestellt.
2. Durchtrennung der Gelenkfläche: Es wurden zwei mögliche Varianten „vollständige“ oder „geteilte Gelenkfläche“ gefunden. Desweiteren wurden die Punkte „unvollständige“ oder „vollständige Durchtrennung der Gelenkfläche“ in Bezug auf die durch eine Einziehung durchtrennte Gelenkfläche angegeben. Auf eventuelles Vorhandensein einer unvollständig oder vollständig geteilten Gelenkfläche wurde extra hingewiesen.
3. Abgrenzung des Gelenkrandes: Es wurde dabei untersucht, ob die Demarkationslinie zwischen dem Gelenkknorpel und den umliegenden Strukturen deutlich

zu sehen ist. Man konnte entweder eine „klare“ oder „unklare Abgrenzung“ des Gelenkrandes feststellen.

4. Zeichen von knöchernen Zubildungen: Das Vorhandensein von knöchernen Zubildungen wurde überprüft. Sie wurden ihrer Größe nach in „mittelgradige“, „geringgradige“ und „hochgradige Zubildungen“ unterteilt.

5. Gelenkoberfläche: Die Gelenkoberfläche wurde auf Ebenheit untersucht und es wurde zwischen „ebene“ oder „unebene Gelenkfläche“ unterschieden.

6. Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels: Die Gelenkflächen wurden in Bezug auf das Vorhandensein von Bereichen mit Verdünnung des Gelenkknorpels beurteilt. Die Gelenkflächen wurden in die beiden Gruppen „mit“ oder „ohne Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels“ unterteilt.

7. Vertiefungen am Knorpel: Bei der Untersuchung der Gelenkflächen unter dem Gesichtspunkt des Vorhandenseins von Vertiefungen am Knorpel konnten die drei Möglichkeiten „keine Vertiefungen“, „Vorhandensein von Gefäßkanälen“ oder „Vorhandensein von kleinen Löchern im Knorpel“ unterschieden werden.

8. Einfaltung des Knorpels: Die Gelenkoberflächen wurden auf Vorhandensein von Einfaltung des Knorpels untersucht. Dieses Merkmal zeichnete sich als die quer durch die Gelenkfläche verlaufenden Linien, ohne Anzeichen von Knorpelschädigung, aus. Es wurden die beiden Gruppen „mit“ oder „ohne Einfaltung des Knorpels“ festgelegt.

9. Bereiche mit deutlichen Knorpelerosionen: Bei der Beurteilung der Gelenkflächen wurde desweiteren auf Vorhandensein von Bereichen mit Knorpelerosionen eingegangen. Dabei sind die zwei Varianten „mit“ oder „ohne Bereiche mit Knorpelerosionen“ festgehalten worden.

10. Fibröse Fasern auf der Gelenkoberfläche: Die Untersuchung der Gelenkoberfläche auf Vorhandensein von fibrösen Fasern führte zur Einteilung der Gelenkoberflächen in die zwei Gruppen „mit“ oder „ohne fibröse Fasern auf der Gelenkoberfläche“.

11. amorphe Ablagerungen auf der Gelenkoberfläche: Die Gelenkflächen wurden auf Vorhandensein von nicht fibrinösen, amorphen Ablagerungen untersucht. Die Unterteilung erfolgte in Gelenkflächen „mit“ oder „ohne amorphe Ablagerungen“.

12. Abschürfungslinien: Als Abschürfungslinien betrachtete man die quer durch die Gelenkfläche verlaufenden Linien mit Anzeichen von Knorpelschädigung. Die Ge-

lenkflächen wurden in die zwei Gruppen „mit“ oder „ohne Abschürfungslinien“ unterteilt.

Auf eventuelles Vorhandensein anderer charakteristischer Merkmale wurde extra hingewiesen. Für die Beurteilung der Gelenkflächen wurde ein Befundbogen vorbereitet (s. Anhang, Tab. I).

3.1.4 Fotografische Dokumentation und Bearbeitung der Bilder

Zur Dokumentation makroskopischer Befunde diente eine Digitalkamera der Firma Sony (Cybershot DSC-H1, Memory Stick Pro) mit maximale Auflösung von 5,1 Mega Pixeln. Alle Gelenkflächen wurden in dieser Weise fotografiert, dass die optische Achse der Kamera senkrecht zur Gelenkfläche verlief. Die maximale Auflösung wurde genutzt. Anhangsweise wurden alle Gelenkflächen mit einem Lineal fotografiert (Abb. 27).



Abb. 27: Vermessung der sakralen Gelenkfläche (linkes ISG, Pferd Nr. 19)

Die Daten wurden mittels USB-Kabel auf einen Windows[®] basierenden Personal Computer transferiert und konnten dann gegebenenfalls mit der Software Photostudio[®] (Version 5.5) nachbearbeitet werden um nur die Gelenkfläche im Zentrum des Bildes darzustellen. Mit einem für diesen Zweck selbst erstellten Computerprogramm „Flächenberechnung“ wurden die Gelenkflächen der jeweiligen Gelenke vermessen (Abb. 27). Der Umfang der Gelenkflächen wurde manuell ermittelt und daraus wurde die Fläche durch das Programm automatisch berechnet.

3.1.5 Statistische Auswertung der Flächenberechnung

Die Auswertung der Ergebnisse der Gelenkflächen-Vermessung erfolgte mit der freien Software „R“ (Version 2.6.1, Englisch). Zwischen den Flächeninhalten der sakralen und der iliakalen Gelenkflächen wurde eine lineare Regression durchgeführt. Darüber hinaus wurde der Korrelationskoeffizient zwischen beiden Variablen gemessen. Als Testverfahren für den Vergleich von Messdaten der beiden Seiten wurde der unverbundene t-Test eingesetzt. Die Ergebnisse galten als statistisch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$. Die Plots wurden mit dem Programm „R“ erstellt.

3.2 MATERIAL UND METHODE DER KLINISCHEN STUDIE

3.2.1 Patientengut

Im Zeitraum zwischen September 2005 und Dezember 2006 wurden 27 Pferde zur Untersuchung der Kreuzdarmbeingelenke in der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgestellt. Es wurden sieben Pferde mit schon bestehendem Verdacht auf ISG-Problematik untersucht. Zwanzig Pferde wurden zur weiteren Lahmheitsdiagnostik überwiesen. Bei allen 20 Tieren wurde eine szintigraphische Untersuchung vorgeschlagen. Die meisten Besitzer ließen aber ihre Pferde, wegen der Frage nach dem therapeutischen Nutzen, des Narkoserisikos und der

hohen Kosten nicht szintigraphisch untersuchen. Bei sechs von 20 Pferden wurde die Szintigraphie durchgeführt und bei allen diesen Fällen konnte anhand der Szintigraphie die klinische Diagnose bestätigt werden. In Tab. 6 werden die 20 Pferde mit klinisch feststellbarer ISG-Läsion aufgeführt. Bei den untersuchten Pferden handelte es sich um Pferde verschiedenen Alters, verschiedener Rassen und beiderlei Geschlechts. Die Pferde wurden im Springen, Vielseitigkeit, Dressur, Fahren, Western- oder Freizeitreiten eingesetzt. Zwei Pferde wurden als Zuchttiere genutzt.

Anhand Beobachtungen und Erfahrungen, welche während Untersuchung dieser Tiere gesammelt wurde, wird als Leitfaden für eine entsprechende klinische Untersuchung ein Untersuchungsprotokoll zur Abklärung einer ISG-Erkrankung beim Pferd vorgeschlagen.

Tab. 6: Alter, Rasse, Geschlecht, Verwendungszweck der Patienten mit klinisch feststellbarer Iliosakralgelenk-Erkrankung

Nr.	Alter	Rasse	Geschlecht	Verwendungszweck
1	5 J.	WB	Stute	Vielseitigkeit
2	9 J.	WB	Stute	Springen
3	4 J.	Haflinger	Hengst	Zucht
4	5 J.	WB	Wallach	Vielseitigkeit
5	5 J.	WB	Wallach	Freizeit
6	4 J.	WB	Stute	Vielseitigkeit
7	4 J.	WB	Stute	Dressur
8	7 J.	Anglo-Araber	Stute	Freizeit
9	12 J.	Kaltblut	Wallach	Fahren
10	5 J.	WB	Stute	Fahren
11	15 J.	Isländer	Wallach	Freizeit
12	5 J.	WB	Wallach	Dressur
13	10 J.	WB	Wallach	Freizeit
14	10 J.	WB	Stute	Freizeit
15	10 J.	Haflinger	Stute	Freizeit
16	7 J.	QH	Stute	Westernreiten
17	18 J.	Andalusier	Wallach	Freizeit
18	8 J.	WB	Wallach	Freizeit
19	11 J.	WB	Wallach	Freizeit
20	16 J.	Araber	Stute	Zucht

3.2.2 Anamnese

Nach Aufnahme des Signalements und des Verwendungszwecks des Pferdes, wurde der Besitzer gebeten das Hauptproblem des Pferdes zu schildern. Zudem wurde geklärt, ob der Besitzer der Erstbesitzer des Pferdes war bzw. seit wann der Besitzer das Pferd kennt. Anschließend wurde der Zeitpunkt des Auftretens der ersten Veränderungen als auch die Dauer der klinischen Symptome erfragt. Dabei wurde geklärt ob ein besonderer Vorfall Ursache für die Veränderungen sein könnte und ob das Pferd zum Zeitpunkt der Vorstellung eine Lahmheit zeigte. Im Rahmen der anamnestischen Befragung wurde besonderes Augenmerk auf eventuelle Schwierigkeiten beim Aufheben der Hinterhufe, Verhaltensveränderungen oder Widerstreben beim Hinlegen/Wälzen gerichtet. Danach wurde eine Reihe von Fragen in Bezug auf das Reiten gestellt, z.B. ob ein Verlust der Leistungsfähigkeit stattgefunden hat, ob das Tier eine Hinterhandschwäche oder Steifheit hat, ob es Arbeitsunlust oder Taktunregelmäßigkeiten zeigt und ob das Pferd das Gebiss annimmt. Es wurde um Beschreibung der versammelten Gänge, seitlichen Bewegungen, Rückwärtsrichten, Handwechsel im Galopp und Springen (besonders Kombinationen) gebeten. Der Besitzer wurde gefragt, ob das Pferd häufig in den Kreuzgalopp umspringt. Abschließend wurde nach bereits durchgeführten Behandlungen gefragt.

3.2.3 Allgemeine Untersuchung

Im Rahmen der Allgemeinuntersuchung wurden folgenden Parameter untersucht:

1. Haltung
2. Verhalten
3. Habitus
4. Ernährungszustand
5. Pflegezustand
6. Atemfrequenz/Atemtyp
7. Pulsfrequenz
8. Körpertemperatur
9. Schleimhautfarbe und Kapillarfüllungszeit

10. Nasenausfluss
11. Husten, spontan oder auslösbar
12. Größe und Konsistenz der Mandibularlymphknoten
13. Allgemeinbefinden

3.2.4 Spezielle Untersuchung

Adspektion

Die Untersuchung begann mit einer Adspektion des Rückens und Beckens von lateral (beidseits), kaudal und von oben. Das Pferd wurde auf ebenen Boden gestellt und es wurde darauf geachtet, ob das Tier alle Gliedmaßen gleichmäßig belastet. Zudem wurde auf eventuell vorliegende Atrophien, Asymmetrien, Druckstellen, Verletzungen oder Schwellungen der Rücken-, Oberschenkel- und Glutealmuskulatur untersucht. Bei der Adspektion von oben wurde der Verlauf der Mittellinie kontrolliert.



Abb. 28: Beurteilung der Position der *Tubera sacralia* durch Platzierung der Fingerkuppen auf die Kreuzhöcker

Danach erfolgte eine detaillierte Beurteilung des Beckens, wobei die Symmetrie der Kreuz- und Hüfthöcker beurteilt und auf das Vorhandensein eines „hunter's bump“ geachtet wurde. Die Symmetrie der knöchernen Punkte wurde mit Hilfe von zwei Personen, deren Fingerkuppen auf jeweils ein *Tuber sacrale* und danach *Tuber coxae* platziert wurden, beurteilt (s. Abb. 17 und Abb. 28). Anschließend wurde die Position des Schweifes beachtet.

Zur Dokumentation wurden die Pferde von hinten und von den Seiten mit einer Digitalkamera der Firma Sony (Cybershot DSC-H1, Memory Stick Pro) mit maximale Auflösung von 5,1 Mega Pixeln fotografiert.

Palpation

Zur Kontaktaufnahme wurde die Hand des Untersuchers vom Widerrist bis zum Schweif entlang des Rückens und der Gluteal- und Oberschenkelmuskulatur geführt. Nach zunächst leichtem, oberflächlichem Abtasten der Muskulatur, erfolgte eine schrittweise Steigerung bis zur kräftigen Tiefenpalpation. Der gesamte Beckenbereich wurde mit besonderer Berücksichtigung der knöchernen Punkte (*Tuber sacrale*, *T. coxae* und *T. ischii*) abgetastet. Schließlich erfolgte die Palpation der oberen Kreuzdarmbeinbänder und der Ansatzstelle des *M. longissimus dorsi* an den Wirbeln S2-S3. Daraufhin wurden Manipulationsproben zur Auslösung von Dorso-, Vento- und Lateroflexion des Rückens, wobei auf die Reaktion des Pferdes und die Beweglichkeit der Wirbelsäule geachtet wurde, durchgeführt. Danach erfolgte Druck mit beiden Händen auf den Kreuzhöcker links und rechts (Abb. 29). Bei größeren Pferden musste sich der Untersucher dabei auf eine Trittleiter stellen. Es wurde auch Druck in der Mittellinie auf Höhe des L4-L5 ausgeübt. Den Abschluss der Palpation bildete ein kräftiger, mit beiden Händen ausgeführter Druck auf das linke und rechte *Tuber coxae*. Anschließend wurden die drei ISG-Provokationstests durchgeführt: Der ISG-Kompressionstest (Abb. 30), sowie der dorsoventrale und laterale ISG-Provokationstest (Abb. 31 und Abb.32).

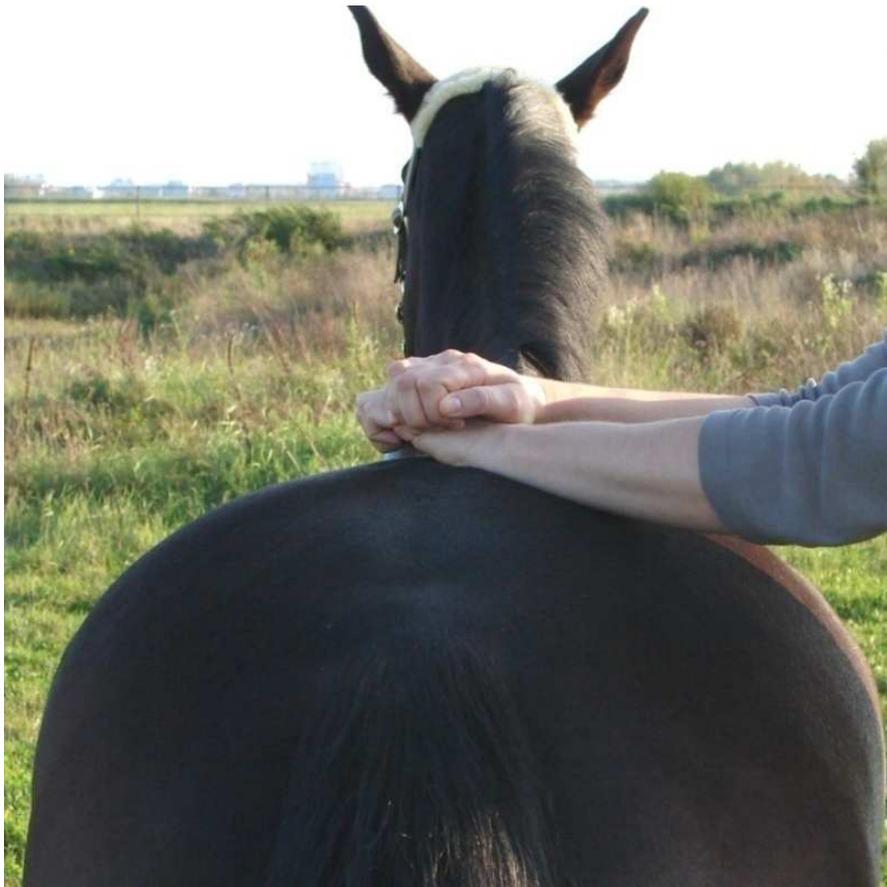


Abb. 29: Druck auf dem rechten Kreuzhöcker mit beiden Händen



Abb. 30: Durchführung eines ISG-Kompressionstests

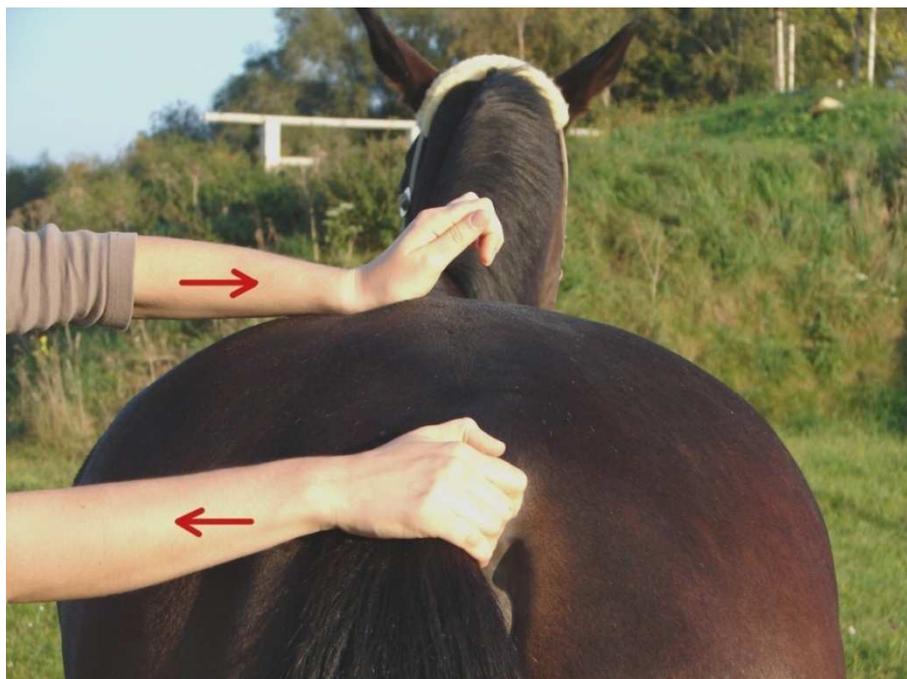


Abb. 31: Durchführung eines lateralen ISG-Provokationstests, Phase A

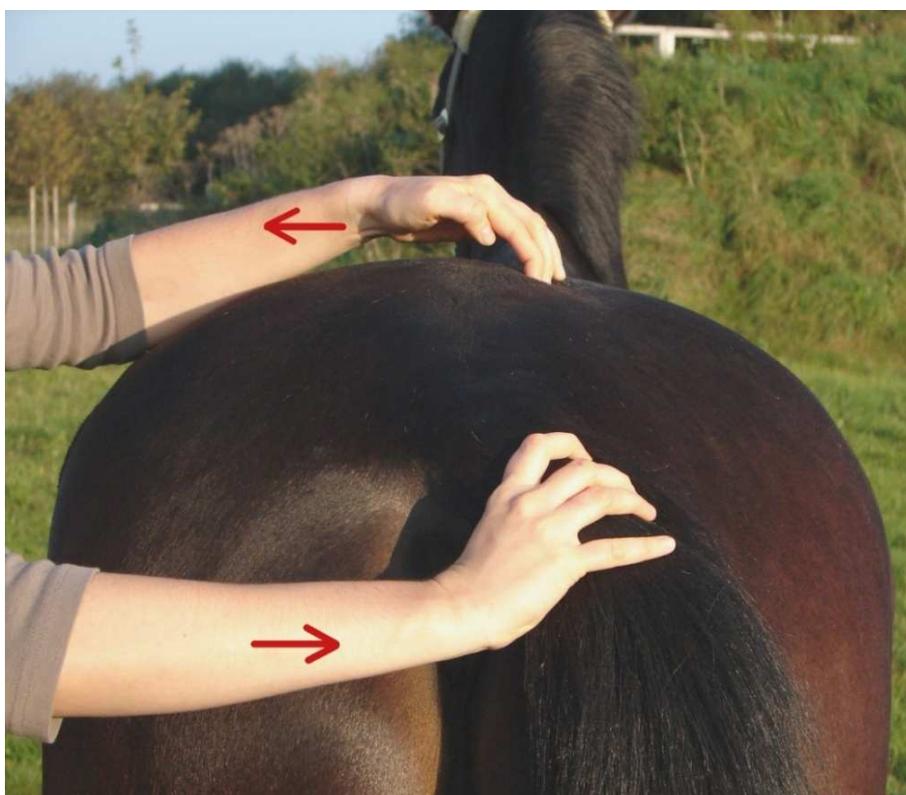


Abb. 32: Durchführung eines lateralen ISG-Provokationstests, Phase B

Bei der Durchführung des ISG-Kompressionstests, sowie des dorsoventralen ISG-Provokationstests bei größeren Pferden soll der Untersucher auf einem Tritt stehen. Die Reaktion des Tieres wurde beobachtet und Schmerz-, Ausweich- oder Abwehrreaktionen, im Sinne von Ausschlagen, Stöhnen, Ausweichen nach unten wurden notiert.

Bei 14 Pferden wurde eine transrektale Untersuchung durchgeführt. Dabei wurde auf Schmerzhaftigkeit, Asymmetrie des Beckengürtels, Vorhandensein von Hämatome oder Krepitation geachtet.

Untersuchung unter Belastung

Nach Adspektion und Palpation des Rückens und des Beckens folgte zum Ausschluss einer Lahmheit eine Untersuchung unter Belastung. Hierzu wurden die Pferde zuerst an der Hand im Schritt und Trab vorgeführt. War hierbei eine Lahmheit feststellbar, folgte eine weitere Eingrenzung mit Hilfe von Beugeproben der entsprechenden Gliedmaße. Anschließend wurden die Pferde sowohl auf der Geraden, als auch auf einer Schräge bergauf und bergab rückwärtsgerichtet. Während des anschließenden 30 minütigen Vorführens an der Longe wurde, sowohl auf der rechten als auch auf der linken Hand, in den drei Grundgangarten Schritt, Trab und Galopp, die Bewegung der Pferde mittels Videofilm aufgenommen, um pathologische Befunde zu dokumentieren.

3.2.5 Sonographie der Iliosakralgelenke

Die transrektale sonographische Untersuchung der Kreuzdarmbeingelenke wurde bei 14 Pferden mit dem Ultraschallgerät SONOLINE[®] Omnia (Fa. Siemens) mit einem 7,5 MHz Rektalschallkopf vorgenommen. Als Vorlaufstrecke wurde ein mit Ultraschallgel gefüllter Rektalhandschuh, der über den Linearschallkopf gestülpt wurde, verwendet. Für die Untersuchung wurden die Tiere in einen Zwangsstand gestellt, eine Sedation war nicht erforderlich. Den Tieren wurde Butylscopolamin (Buscopan[®], Fa. Boehringer Ingelheim, 0,2 mg/kg KGW) i.v. injiziert. Nach einer orientierenden rektalen Exploration wurde der Linearschallkopf in das Rektum eingeführt und folgendermaßen vorgegangen:

- Zur Darstellung der Ventralfläche der kaudalen Wirbelsäule wurde der Schallkopf nach dorsal gerichtet, der Übergang vom letzten Lendenwirbel zum *Os sacrum* aufgesucht und dargestellt. Der Schallkopf wurde anschließend in sagittaler Ebene an der Ventralfläche des *Os sacrum* entlang bis zum ersten Schwanzwirbel geführt.
- Zur Darstellung beider Iliosakralgelenke wurde der Schallkopf vom *Promontorium sacri* ausgehend ein Stück nach kaudal zurückgezogen und danach zur Darstellung des linken ISG nach links auf ca. 10 Uhr und zur Darstellung des rechten ISG nach rechts auf ca. 2 Uhr gedreht.

3.2.6 Szintigraphie der Iliosakralgelenke

Die weitere diagnostische Abklärung der ISG-Problematik erforderte bei 6 Pferden eine Szintigraphie. Zur Anfertigung eines Knochenszintigramms wurde den Pferden 1 GBq/100 kg KGW ^{99m}Technetium (UltratechneKow[®] FM-Generator, Fa. Mallinckrodt) gebunden an Natriumoxidronat (TechneScan[®] HDP, Fa. Mallinckrodt) i.v. appliziert. Zwei Stunden später wurden die Pferde mit Xylazin (Xylazin[®] 2%, Fa. Riemser, 0,5 mg/kg KGW) und Levomethadon (L-Polamivet[®], Fa. Intervet, 0,075 mg/kg KGW) sediert und die Narkose mit Diazepam (Diazepam-ratiopharm[®] 10, Fa. Ratiopharm, 0,02 mg/kg KGW) und Ketamin (Ursotamin[®], Fa. Serumwerk Bernburg, 2,2 mg/kg KGW) angeleitet. Die Narkose wurde mittels Inhalation eines Gemisches von Isofluran (Isofluran CP[®], Fa. Cp-pharma) und Sauerstoff aufrechterhalten. Zur besseren Darstellung der Kreuzdarmbeinregion wurde die Harnblase katheterisiert.

Zur vollständigen szintigraphischen Darstellung des ISG-Bereichs wurden mit einer DIACAM[®]-Gamma-Kamera (Fa. Siemens) Aufnahmen der ISG-Region von dorsal angefertigt. Das Pferd befand sich dabei in der Seitenlage auf einem beweglichen Wagen (Abb. 33).



Abb.33: Lagerung des Pferdes und Positionierung der Gamma-Kamera bei szintigraphischer Untersuchung der LSG/ISG-Region in Narkose (Pferd Nr. 8)

Als positiv wurden Bezirke bewertet, die sich von der Umgebung deutlich absetzten. Die Beurteilung erfolgte durch den subjektiven visuellen Eindruck des farbig ausgedruckten Szintigramms (Software: Icon[®], Version 6.0.3).

4 ERGEBNISSE

4.1 ERGEBNISSE DER MORPHOLOGISCHEN STUDIE

4.1.1 Ergebnisse der Analyse der morphologischen Merkmale

Von insgesamt 25 untersuchten Pferden wurden, ausgenommen eines Tieres (Nr. 16), vor der Euthanasie keine Probleme im Beckenbereich festgestellt. Lediglich bei Pferd Nr. 16 konnte *intra vitam* eine Fraktur der linken Darmbeinsäule mit Luxation des rechten ISG und Subluxation des linken ISG diagnostiziert werden. Die anatomisch-pathologische Untersuchung bestätigte die komplette Fraktur der linken Darmbeinsäule mit der Subluxation des linken ISG und Luxation des rechten ISG. Im Bereich des linken Iliosakralgelenks zeigte sich ein organisiertes Hämatom mit deutlicher fibrinöser Vernarbung der zerrissenen Bänder und der Gelenkkapsel (Abb. 34 und Abb. 35).



Abb.34: Sektionspräparat der Subluxation des linken ISG mit deutlich sichtbarem organisiertem Hämatom, ventrale Ansicht



Abb. 35: Sakrale Gelenkfläche des rechten ISG nach der Luxation; organisiertes Hämatom um die Gelenkfläche ist deutlich sichtbar

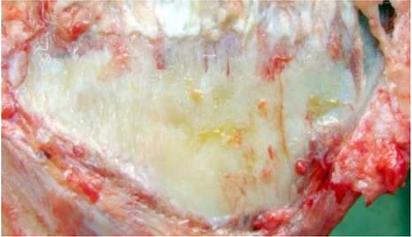
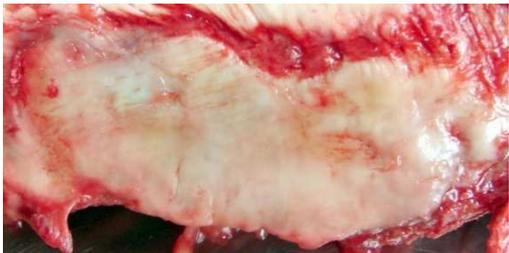
Bei zwei Pferden (Pferd Nr. 6 und Nr. 12) kam es im Rahmen der Sektion, nach Eröffnung der Bauchhöhle und der unphysiologisch wirkenden Scherkräfte zur Fraktur der Beckensymphyse und folglich zur Subluxation der Iliosakralgelenke. Bei allen anderen Präparaten waren die bilateralen Kreuzdarmbeingelenke intakt. Auch nach Entfernung aller Muskeln und nach Durchtrennung der dorsalen Kreuzdarmbeinbänder blieben die Gelenke unbeweglich.

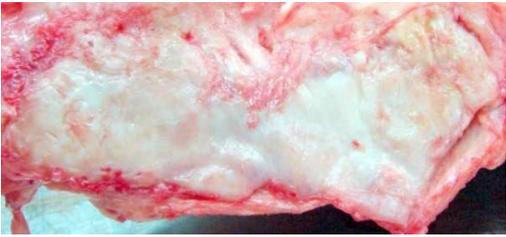
Kraniodorsal der Gelenkflächen befinden sich die *Ligg. sacroiliaca interossea*. Makroskopisch ähneln sie mehr dem fibrokartilaginösen als ligamentösen Gewebe. Das ventrale ISG-Band verläuft kraniodorsal vom Kreuzbein schräg nach kaudoventral zum Darmbein. Es enthält mehrere deutlich sichtbare und abgegrenzte Fasern.

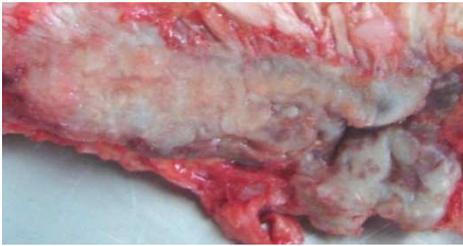
Nach Eröffnung der Gelenkkapsel beidseits wurden alle 50 Gelenke von 25 Pferden (insgesamt 100 Gelenkflächen) makroskopisch anhand eines Befundbogens (s. Anhang) untersucht. In Tab. 7 sind die linken Gelenkflächen der Iliosakralgelenke von zwei Pferden jeder Altersgruppe dargestellt. Die Gelenkflächen wiesen verschiedene Formen auf. Jedoch konnte in den meisten Fällen eine C-förmige Form mit nach ventral und kaudal gerichteten konvexen Rändern dargestellt werden. Allerdings variierten mit zunehmendem Alter der Pferde die Formen der Gelenkflächen und Regelmäßigkeiten konnten kaum festgestellt werden. Beim Pferd Nr. 14 (s. Tab. 7 und Abb. 40) wiesen die Gelenkflächen im Seitenvergleich vollkommen unterschiedliche Formen auf. So konnte die „schmetterlingsähnliche Gestalt“ der linken Seite auf der rechten Seite nicht nachvollzogen werden. Ankylosen konnten in

keinem der 25 untersuchten Iliosakralgelenke festgestellt werden. Die Gelenkflächen waren feucht, es konnte aber keine gelenkspezifische Synovia gefunden werden. Auf Grund morphologisch detaillierterer Klassifizierung konnten 12 Kriterien unterschieden werden. In Tab. 8 ist die Einteilung der morphologischen Merkmale auf den ISG-Gelenkflächen verdeutlicht.

Tab. 7: Beispiele für Gelenkflächen der Pferde nach Altersgruppen

		linke Seite	
Nr.		Os sacrum	Os ilium
Gruppe 1	1		
	5		
Gruppe 2	6		
	7		

Nr.	linke Seite		
	Os sacrum	Os ilium	
Gruppe 3	12		
	14		
Gruppe 4	16		
	18		

	Nr.	linke Seite	
		Os sacrum	Os ilium
Gruppe 5	22		
	23		

Die Ergebnisse der Analyse von morphologischen Merkmalen sind sowohl im folgenden Text, als auch in Tab. 8 und Tab. I (s. Anhang) zusammengefasst.

1. Gelenkrand

Im Bezug auf den Gelenkrand wurde zwischen regelmäßigem und unregelmäßigem Gelenkrand unterschieden. Im Rahmen der Untersuchungen konnte insgesamt bei 39 (39 %) der beurteilten Gelenkflächen ein regelmäßiger Gelenkrand festgestellt werden. 30 (60 %) sakrale und 31 (62 %) iliakale Gelenkflächen zeigten einen unregelmäßigen Gelenkrand.

Mit zunehmendem Alter nehmen die Unregelmäßigkeiten an den Gelenkrändern zu. So waren bereits bei einem Pferd (Nr. 4) der ersten Gruppe Unregelmäßigkeiten aufgefallen. Es handelte sich dabei um einen 2-jährigen Traber, der schon in sehr frühem Alter im Trabrenntraining eingesetzt wurde.

Bei älteren Pferden konnten auch tiefe Einkerbungen des GelenkranDES (z.B. Pferd Nr. 16, iliakale Gelenkfläche, siehe Tab. 7) nachgewiesen werden. Dabei entspricht der Gelenkrand der sakralen Artikulationsfläche typischerweise der iliakalen Gelenkfläche.

Tab. 8: Einteilung der morphologischen Merkmale im Bereich der ISG-Gelenkflächen

Nr.	Kriterium	Varianten	Gelenkfläche	
			<i>Os sacrum</i> (n = 50, 100 %)	<i>Os ilium</i> (n = 50, 100 %)
1	Gelenkrand	regelmäßig	20 (40 %)	19 (38 %)
		unregelmäßig	30 (60 %)	31 (62 %)
2	Durchtrennung der Gelenkfläche	nicht vorhanden	41 (82 %)	43 (86 %)
		vorhanden	9 (18 %)	7 (14 %)
3	Abgrenzung des Gelenkrandes	klar	45 (90 %)	38 (76 %)
		unklar	5 (10 %)	12 (24 %)
4	Zeichen von knöchernen Zubildungen	nicht vorhanden	47 (94 %)	46 (92 %)
		vorhanden	3 (6 %)	4 (8 %)
5	Gelenkoberfläche	glatt	31 (62 %)	37 (74 %)
		uneben	19 (38 %)	13 (26 %)
6	Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels	nicht vorhanden	24 (48 %)	22 (44 %)
		vorhanden	26 (52 %)	28 (56 %)
7	Vertiefungen am Knorpel	nicht vorhanden	17 (34 %)	19 (38 %)
		vorhanden	33 (66 %)	31 (62 %)
8	Einfaltung des Knorpels	nicht vorhanden	17 (34 %)	16 (32 %)
		vorhanden	33 (66 %)	34 (68 %)
9	Bereiche mit Knorpelerosion	nicht vorhanden	41 (82 %)	22 (44 %)
		vorhanden	9 (18 %)	28 (56 %)
10	Fibröse Fasern	nicht vorhanden	45 (90 %)	46 (92 %)
		vorhanden	5 (10 %)	4 (8 %)
11	Amorphe Ablagerungen	nicht vorhanden	33 (66 %)	28 (56 %)
		vorhanden	17 (34 %)	22 (44 %)
12	Abschürfungslinien	nicht vorhanden	41 (82 %)	27 (54 %)
		vorhanden	9 (18 %)	23 (46 %)

2. Durchtrennung der Gelenkfläche

Bei der Beurteilung der Gelenkflächen können drei verschiedene Formen unterschieden werden:

- a) Vollständige Gelenkfläche (z.B. Pferd Nr. 1, s. Tab. 7,)
- b) Durch eine Einziehung unvollständig geteilte Gelenkfläche (Pferd Nr. 14, s. Tab. 7)
- c) Durch eine Einziehung vollständig geteilte Gelenkfläche (Abb. 35)

Im Rahmen der Untersuchungen konnten bei 41 (82 %) untersuchten Gelenkflächen eine vollständige Gelenkfläche, bei 4 (8 %) Gelenkflächen eine unvollständig geteilte Gelenkfläche und bei 5 (10 %) Gelenkflächen eine vollständig geteilte Gelenkfläche im Bereich der sakralen Gelenkflächen dargestellt werden.

Im Bereich der iliakalen Gelenkflächen wiesen 43 (86 %) Gelenke eine vollständige Gelenkfläche, 3 (6 %) eine unvollständig geteilte Gelenkfläche und 4 (8 %) eine vollständig geteilte Gelenkfläche auf. Das Merkmal der Durchtrennung der Gelenkfläche wurde in allen Altersgruppen festgestellt. Bei zwei Pferden aus der ersten Gruppe (Pferd Nr. 1 und Nr. 4) konnten sowohl im Bereich der sakralen als auch der iliakalen Gelenkflächen unvollständig geteilte Gelenkflächen beobachtet werden.

3. Abgrenzung des Gelenkrandes

Bei den untersuchten Pferden konnte man entweder eine scharfe oder eine unscharfe Abgrenzung des Gelenkrandes feststellen. Es wurde dabei untersucht, ob die Demarkationslinie zwischen dem Gelenkknorpel und den umliegenden Strukturen zu erkennen ist. Bei 45 (90 %) sakralen Gelenkflächen und 38 (76 %) iliakalen Gelenkflächen konnten die Umrisse des Gelenkrandes klar abgegrenzt werden.

Lediglich bei 5 (10 %) sakralen Gelenkflächen und bei 12 (24 %) iliakalen Gelenkflächen waren die Abgrenzungen des Gelenkrandes unklar. In diesen Fällen war der Übergang zwischen dem Gelenkknorpel und dem Knochen makroskopisch nicht zu erkennen. Bei keinem Pferd aus der Altersgruppe 1 konnte man dieses Merkmal feststellen. Nur ein Pferd aus der Gruppe 2 zeigte unklare Abgrenzungen des Gelenkrandes an der linken Gelenkfläche, ansonsten wurde dieses Merkmal ausschließlich bei älteren Pferden gefunden.

4. Zeichen von knöchernen Zubildungen

Die Gelenkflächen wurden in Bezug auf das Vorhandensein von knöchernen Zubildungen untersucht. Im Rahmen der Beurteilung konnten bei 47 (94 %) der beurteilten sakralen und bei 46 (92 %) der iliakalen Gelenkflächen keine Anzeichen von knöchernen Zubildungen nachgewiesen werden.

Bei 3 (4 %) sakralen Gelenkflächen und bei 6 (8 %) iliakalen Gelenkflächen wurden knöchernen Zubildungen gefunden. Insgesamt wurden Exostosen bei 4 von 25 untersuchten Tieren nachgewiesen (Pferd Nr. 12, Nr. 20, Nr. 23 und Nr. 24). Auf die Größe der Exostosen wird im Folgenden eingegangen. Bei Pferd Nr. 12 aus der Gruppe 3 wurde eine geringgradige Zubildung auf dem kaudalen Rand der rechten sakralen sowie iliakalen Gelenkfläche festgestellt. Bei einem Pferd (Nr. 20) aus der Gruppe 5 wurde eine mittelgradige knöchernen Zubildung auf dem kaudalen Rand der linken iliakalen Gelenkfläche gefunden und bei zwei Pferden (Nr. 23 und Nr. 24) aus der gleichen Altersgruppe konnte man hochgradige knöchernen Zubildungen feststellen. Bei Pferd Nr. 23 handelte es sich dabei um Zubildungen sowohl auf den sakralen als auch auf den iliakalen Gelenkrändern des rechten ISG (Abb.36 und Abb. 37). Pferd Nr. 24 zeigte knöchernen Zubildungen auf den iliakalen Flächen der beiden Kreuzdarmbeingelenke.



Abb. 36: Hochgradige knöchernen Zubildung auf dem sakralen Gelenkrand (rechtes ISG, Pferd Nr. 23)



Abb.37: Hochgradige knöchernerne Zubildung auf dem iliakalen Gelenkrand (rechtes ISG, Pferd Nr. 23)

5. Gelenkoberfläche

Bei der Beurteilung der Gelenkoberfläche wurde zwischen ebenen und unebenen Gelenkflächen unterschieden. Die Unebenheit fand man öfter auf dem Kreuzbein (n = 19, 38 %) als auf dem Darmbein (n = 14, 28 %). 31 (62 %) der sakralen und 36 (72 %) der iliakalen Gelenkflächen zeigten eine ebene Gelenkfläche. Die unebene Gelenkfläche konnte man bei insgesamt 33 (33 %) der untersuchten Gelenkflächen von Pferden, welche ausschließlich zur Altersgruppe 3 und 5 gehörten, finden. Die unebene Gelenkfläche war beim Pferd Nr. 22 (s. Tab. 7) am deutlichsten zu sehen. Eine weit fortgeschrittene Unebenheit der Gelenkfläche wies auch das Pferd Nr. 14 (s. Tab. 7) auf.

6. Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels

Die Gelenkflächen wurden in Bezug auf das Vorhandensein von Bereichen mit Verdünnung des Gelenkknorpels beurteilt. Im Rahmen der Untersuchungen konnten bei 31 (62 %) der beurteilten sakralen und bei 24 (48 %) der iliakalen Gelenkflächen keine Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels nachgewiesen werden. Lediglich bei 26 (52 %) iliakalen und 19 (38 %) sakralen Gelenkflächen wurden Bereiche

mit einer Verdünnung des Gelenkknorpels gefunden. In diesen Fällen wurde der durchscheinenden subchondralen Knochen sichtbar (z.B. Pferd Nr. 15, s. Tab. 7). Es handelte sich dabei nur um die Tiere, die älter als 10 Jahre waren. Bei sieben von 25 untersuchten Pferden konnte man die Verdünnung des Knorpels in beiden Gelenken feststellen, wobei vier Pferde dieses Merkmal nur im linken Gelenk und ein Pferd (Nr. 15) nur im rechten ISG zeigten.

7. Vertiefungen am Knorpel

Bei der Beurteilung der Gelenkflächen unter dem Gesichtspunkt des Vorhandenseins von Vertiefungen am Knorpel konnten drei verschiedene Möglichkeiten unterschieden werden:

- a) Keine Vertiefungen (z. B. Pferd Nr. 5, s. Tab. 7)
- b) Gefäßkanäle (Pferd Nr. 1, s. Tab. 7)
- c) Kleine Löcher im Knorpel (z. B. Pferd Nr. 6, s. Tab. 7)

Im Rahmen der Beurteilung konnten bei 17 (34 %) der untersuchten sakralen Gelenkflächen und bei 19 (38 %) der untersuchten iliakalen Gelenkflächen keine Vertiefungen gefunden werden, wobei das Vorhandensein der Gefäßkanäle nicht zur prozentualen Zahl der Vertiefungen genommen wurde. Nur ein Tier (Pferd Nr. 1), ein 1,5 Monate altes Fohlen wies dieses Merkmal auf. Bei älteren Pferden sind die Gefäßkanäle nicht mehr feststellbar gewesen, es bildeten sich jedoch oft fokale Vertiefungen im Sinne kleiner Löcher am Knorpel, wie es z. B. das Pferd Nr. 6 (Tab. 7) zeigte. Die Vertiefungen am Knorpel wurden bei 33 (66 %) sakralen und bei 31 (62 %) iliakalen Gelenkflächen der Pferde aus Gruppe 3, 4 und 5 gefunden.

8. Einfaltung des Gelenkknorpels

Die Gelenkflächen wurden auf das Vorhandensein von Einfaltung des Gelenkknorpels überprüft. Von den untersuchten Gelenkflächen wiesen 17 (34 %) der sakralen und 16 (32 %) der iliakalen Gelenkflächen keine Einfaltung des Knorpels auf. Dieses Merkmal wurde bei 33 (66 %) sakralen und 34 (68 %) iliakalen Gelenkflächen gefunden. Bei keinem Pferd aus Gruppe 1 kam es zur Einfaltung des Knorpels. Dieses Merkmal zeigte sich bei Tieren, die älter als 4 Jahre waren. Das Beispiel einer Gelenkfläche mit Einfaltung des Knorpels wurde in Abb. 38 dargestellt. Es handelt sich dabei um eine 16-jährige Kaltblutstute, bei der dieses Kriterium besonders stark

ausgeprägt war. Die Einfaltung des Knorpels erscheint typischerweise stets an beiden Gelenkflächen beider Gelenke.

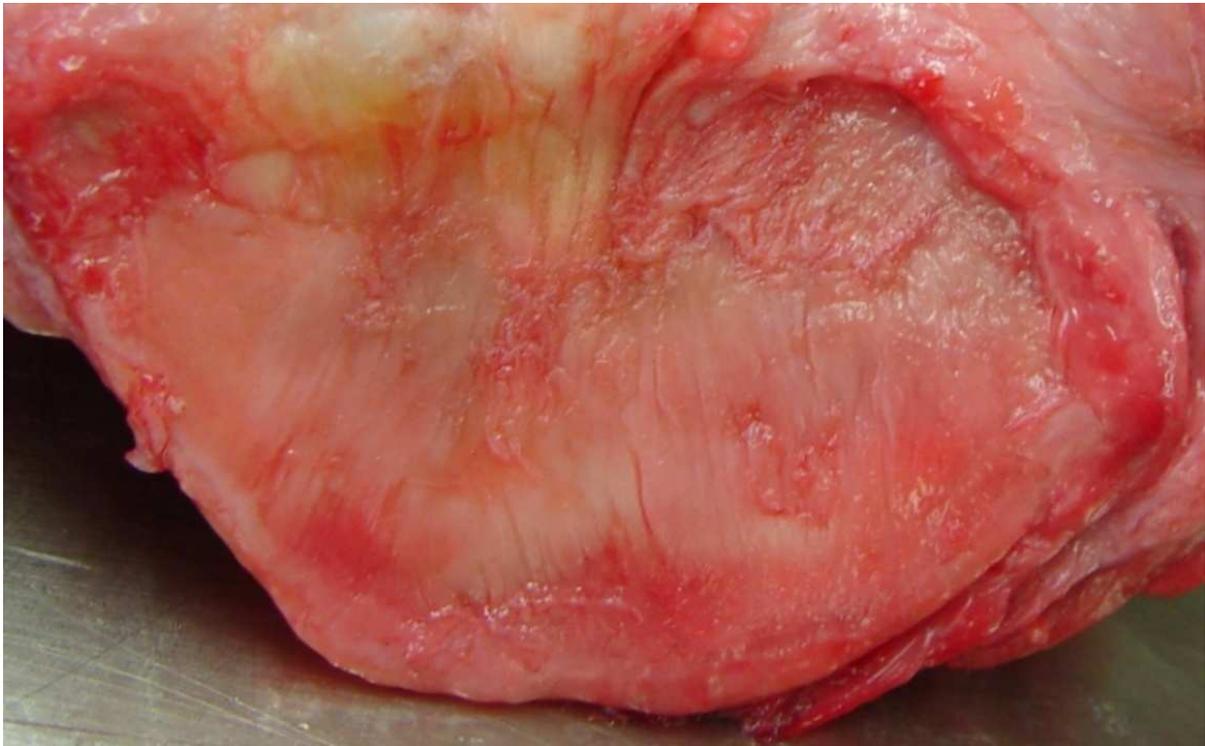


Abb. 38: Sakrale Gelenkfläche mit Einfaltung des Knorpels (rechtes ISG von Pferd Nr. 18)

9. Bereiche mit Knorpelerosionen

Bei der morphologischen Untersuchung wurden die Gelenkflächen auf das Vorhandensein von Bereichen mit Knorpelerosionen überprüft. Im Rahmen der Beurteilung konnten bei 41 (82 %) der untersuchten sakralen und 36 (72 %) der iliakalen Gelenkflächen keine Bereiche mit Knorpelerosionen gefunden werden. Zur Knorpelerosion kam es bei 9 (18 %) Gelenkflächen auf dem Kreuzbein und bei 14 (28 %) auf dem Darmbein. Die makroskopisch sichtbaren Defekte des Knorpels wurden nicht bei jüngeren Pferden, sondern nur bei Pferden aus der Gruppe 3, 4 und 5 festgestellt. Bei 92,9 % der iliakalen Gelenkflächen von Pferden aus der Gruppe 3 konnte man Erosionen finden. Sie hatten lokalen Charakter und befanden sich oft auf

den Gelenkrändern. Die Abb. 39 stellt eine iliakale Gelenkfläche von einer 20-jährigen Stute dar. Der Bereich mit der Knorpelerosion befindet sich am kaudoventralen Rand der Gelenkfläche.



Abb.39: Iliakale Gelenkfläche mit Knorpelerosion (rechtes ISG, Pferd Nr. 21)

10. Fibröse Fasern auf der Gelenkoberfläche

Die Gelenke wurden in Bezug auf das Vorhandensein von fibrösen Fasern auf den Gelenkoberflächen untersucht. Bei 91 (91 %) Gelenkflächen konnten keine fibrösen Fasern auf den Gelenkoberflächen gefunden werden. Sie befanden sich lediglich auf 5 (10 %) sakralen und 4 (8 %) iliakalen Gelenkflächen. Dieses Merkmal fand man nur bei älteren Pferden (über 10 Jahre), d.h. bei Tieren aus Gruppe 3, 4 und 5. Die Fasern auf der Gelenkoberfläche sahen makroskopisch wie verlagerte Fasern des inneren ISG-Bandes aus. Man konnte die Verbindung dieser Fasern mit dem *Lig. sacroiliacum interosseum* erkennen. In Abb. 40 ist eine iliakale Gelenkfläche von einem 14-jährigen Wallach dargestellt. Die fibrösen Fasern auf der Gelenkoberfläche sind deutlich zu erkennen.

11. Amorphe Ablagerungen auf der Gelenkoberfläche

Die Gelenkflächen wurden auf Vorhandensein von amorphen Ablagerungen hin untersucht. Bei der morphologischen Untersuchung konnten bei 33 (66%) sakralen und bei 28 (56 %) iliakalen Gelenkflächen keine Ablagerungen festgestellt werden. Nicht fibrinöse, amorphe Ablagerungen wurden lediglich entweder diffus oder fokal auf einer Stelle bei 17 (34 %) sakralen und bei 22 (44 %) iliakalen Gelenkflächen gefunden. Es handelte sich dabei nur um Pferde aus Gruppe 3, 4 und 5. Die größte Zahl der Gelenkflächen mit amorphen Ablagerungen wurde bei Pferden der Gruppe 4 gefunden. Bei diesen Tieren konnte man auf 40 (80 %) iliakalen Gelenkflächen und 20 (40 %) sakralen Gelenkflächen Ablagerungen feststellen, wie es z.B. bei Pferd Nr. 16 (s. Tab. 7) zu sehen ist.

12. Abschürfungslinien

Die quer durch die Gelenkfläche verlaufenden Linien wurden als Abschürfungslinien betrachtet. Bei 41 (82 %) sakralen und 27 (54 %) iliakalen Gelenkflächen konnten sie nicht gefunden werden. Man stellte lediglich bei 9 (18 %) sakralen Gelenkflächen und bei 23 (46 %) iliakalen Gelenkflächen das Vorhandensein der Abschürfungslinien fest. Nur bei einem Pferd aus Gruppe 2 (Nr. 7) konnte man die Linien auf der iliakalen Gelenkfläche des rechten Kreuzdarmbeingelenks erkennen. Es handelte sich dabei um einen 9-jährigen Traber, der im Trabrenntraining intensiv genutzt wurde. Ansonsten wurden diese Linien ausschließlich bei Pferden der älteren Gruppen gefunden. Nur bei einem Pferd (Nr. 25), eine 25-jährige Stute, bildeten sich Abschürfungslinien auf allen Gelenkflächen in beiden Kreuzdarmbeingelenken. In Abb. 41 ist eine sakrale Gelenkfläche mit Abschürfungslinien von einer 16-jährigen Stute dargestellt.



Abb. 40: Fibröse Fasern auf der iliakalen Gelenkfläche (rechtes ISG, Pferd Nr. 14)



Abb. 41: Sakrale Gelenkfläche mit Abschürfungslinien (rechtes ISG, Pferd Nr. 17)

Folgende zwei Diagramme zeigen das Auftreten der morphologischen Merkmale auf den sakralen und iliakalen Gelenkflächen in den jeweiligen Altersgruppen (Abb. 42 und Abb. 43). Die Ergebnisse wurden im vorangehenden Text dargestellt.

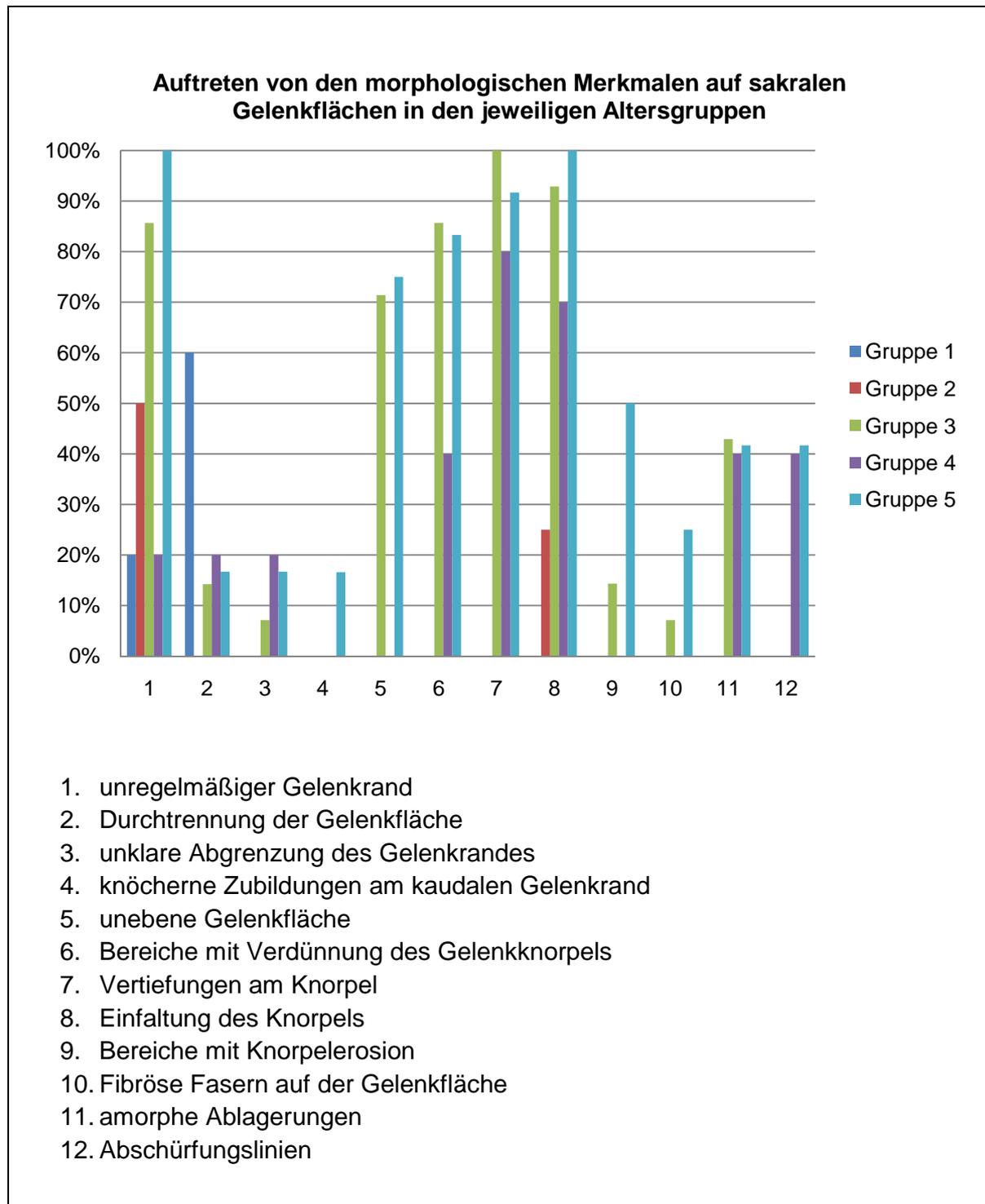


Abb.42: Auftreten von den morphologischen Merkmalen auf sakralen Gelenkflächen des ISG in den jeweiligen Altersgruppen von Pferden (n = 25)

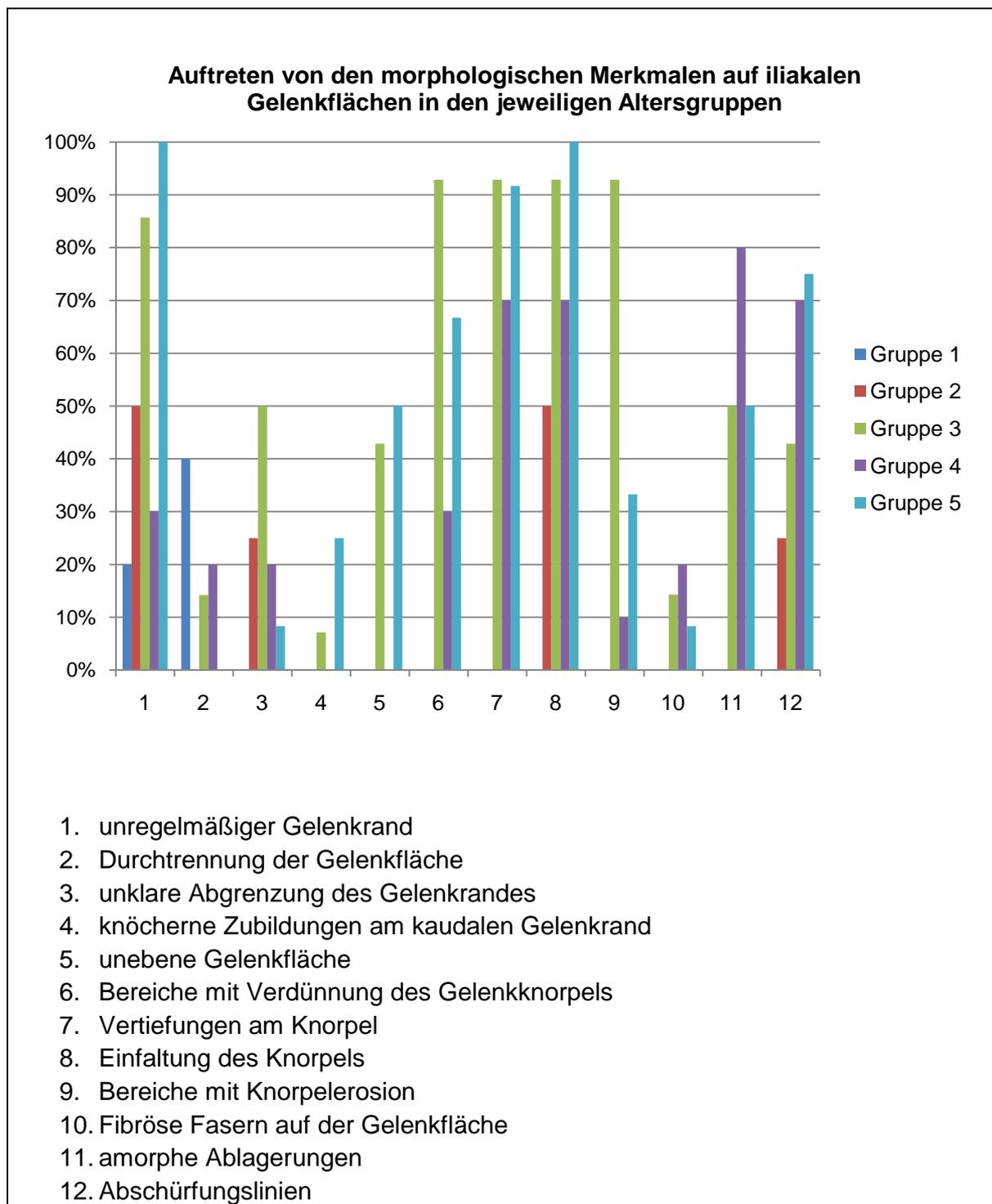


Abb. 43: Auftreten von den morphologischen Merkmalen auf iliakalen Gelenkflächen des ISG in den jeweiligen Altersgruppen von Pferden (n = 25)

4.1.2 Ergebnisse der Flächenberechnung

Die Ergebnisse der Vermessung der Gelenkflächen wurden in Tab. II (s. Anhang) dargestellt. Die Flächeninhalte der sakralen Gelenkflächen schwanken hierbei von 5,52 cm² bei Pferd Nr. 1 (Stockmaß 83 cm) bis 25,39 cm² bei Pferd Nr. 20 (Stockmaß 167 cm). Die iliakalen Gelenkflächen variierten zwischen 6,02 cm² bei Pferd Nr. 1 bis 28,34 cm² bei Pferd Nr. 12. (Stockmaß 164 cm). In Tab. 9 sind die Mittelwerte der Flächeninhalte mit der Standardabweichung für die jeweilige Gruppe angezeigt.

Tab. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen des Stockmaßes der Pferde (n = 25) und der Flächenberechnung des ISG aufgeteilt nach Altersgruppen

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Stockmaß [cm]	131,8 ± 37,38	157,50 ± 17,68	162,29 ± 2,43	155,20 ± 10,08	159,67 ± 10,46
Os sacrum [cm²]	9,35 ± 3,87	9,20 ± 3,01	15,01 ± 3,79	11,15 ± 3,52	16,08 ± 6,56
Os ilium [cm²]	10,53 ± 4,10	9,70 ± 2,67	17,22 ± 5,92	11,62 ± 4,06	15,80 ± 5,63

Die Auswertung der Ergebnisse der Flächenberechnung erfolgte mit der statistischen Software „R“. Zu Beginn wurden die Stockmaße gegen die Flächeninhalte geplottet und ein exponentieller Zusammenhang festgestellt (Abb. 44 und Abb. 45).

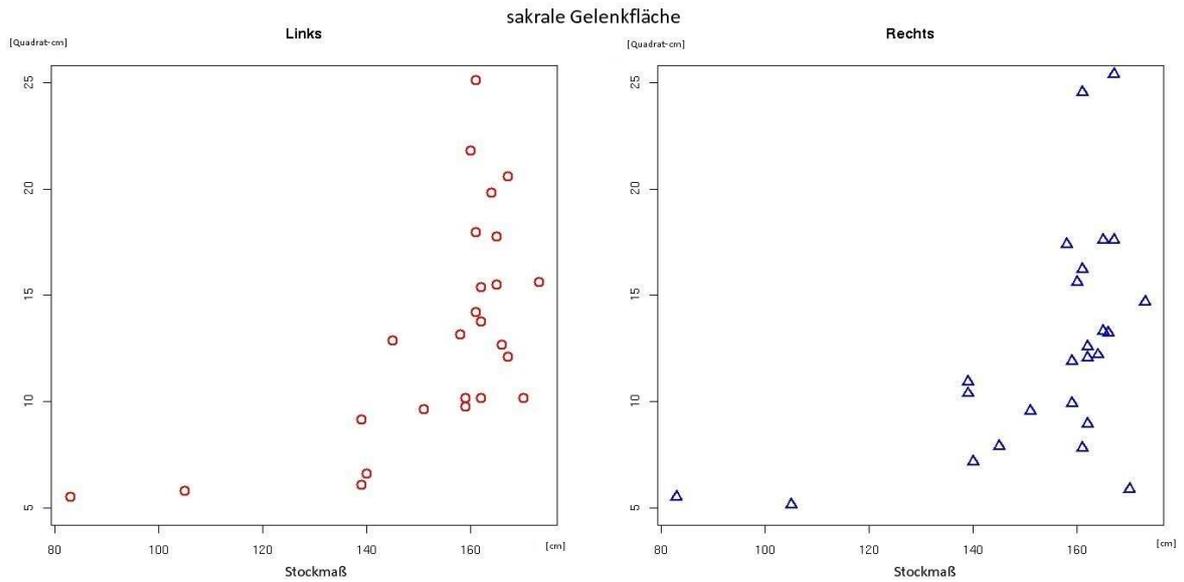


Abb. 44: Streudiagramm von den Stockmaßen und Flächeninhalten der sakralen Gelenkflächen des ISG von Pferden (n = 25)

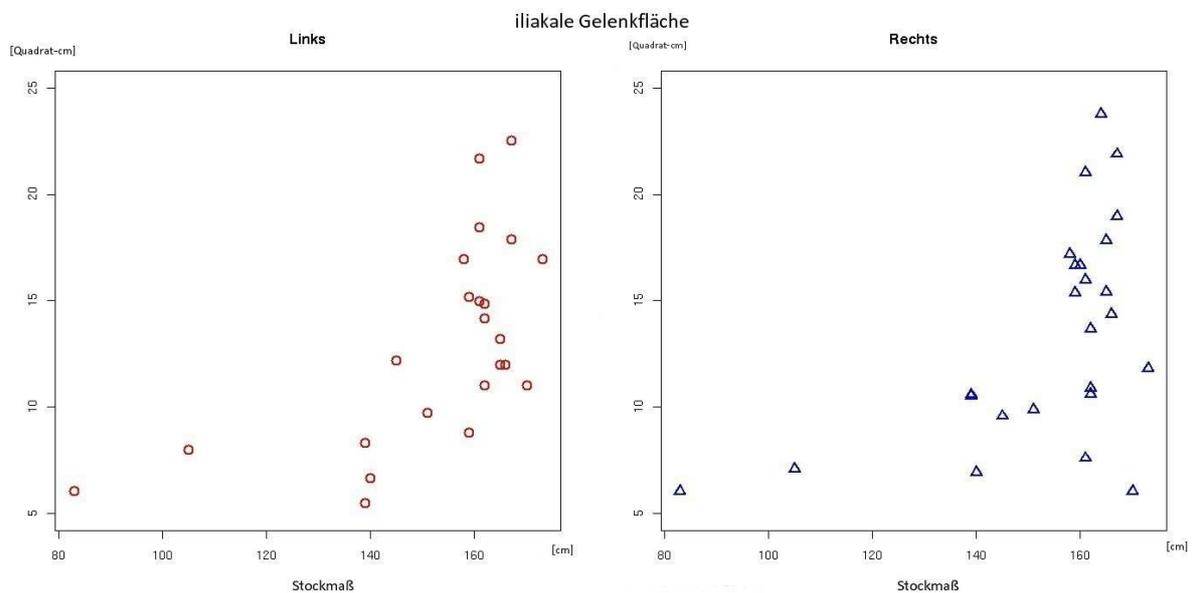


Abb. 45: Streudiagramm von den Stockmaßen und Flächeninhalten der iliakalen Gelenkflächen des ISG von Pferden (n = 25)

Es wurde eine lineare Regression zwischen den Flächeninhalten der sakralen und der iliakalen Gelenkflächen durchgeführt und das jeweilige Modell in Abb. 46. dargestellt. Der lineare Zusammenhang zwischen den beiden Variablen wurde durch den Korrelationskoeffizienten ($r = 0,83$) als sehr stark bestätigt.

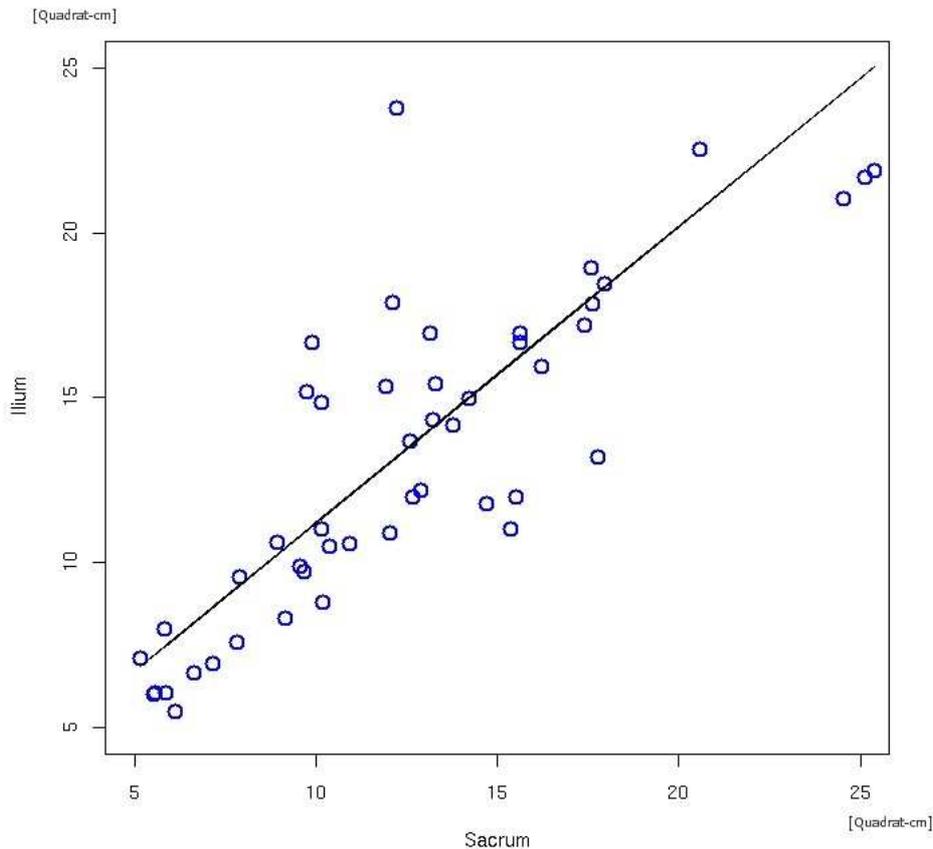


Abb. 46: Streudiagramm mit Regressionsgerade für Flächeninhalte aller iliakalen und sakralen Gelenkflächen des ISG von Pferden ($n = 25$)

Anhand des t-Tests für unverbundene Stichproben wurden alle vier Gelenkflächen (rechte/linke sakrale und rechte/linke iliakale) geprüft. Unter diesen vier Gruppen konnte man keinen signifikanten Unterschied feststellen ($p > 0,05$).

4.2 ERGEBNISSE DER KLINISCHEN STUDIE

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 27 Pferde untersucht. Bei sieben Pferden wurde schon vom überweisenden Tierarzt der Verdacht auf eine ISG-Erkrankung geäußert, wobei bei zwei Tieren andere Krankheiten diagnostiziert wurden. Der Rest der Tiere wurde wegen Veränderungen im Gangbild, Lahmheiten der Hintergliedmaßen oder Beckenschiefstand vorgestellt. Bei 20 Patienten konnte nach Ausschluss anderer Erkrankungen klinisch eine ISG-Läsion festgestellt werden und diese Tiere wurden in der Kasuistik berücksichtigt. Bei sechs von 20 Pferden mit klinisch feststellbarer Erkrankung des ISG wurde eine Szintigraphie durchgeführt und in allen Fällen konnte die klinische Diagnose bestätigt werden.

4.2.1 Anamnese

Die Pferde zeigten ein sehr unterschiedliches klinisches Bild. Am häufigsten wurden im Vorbericht von den Besitzern Sätze wie z.B. „mein Pferd verhält sich irgendwie komisch beim Reiten/Kutsche fahren“ geäußert. Viele berichteten über chronische Lahmheit, Taktfehler oder Steifheit. Bei zwei Pferden (Nr. 13 und Nr. 20) fielen den Besitzern deutliche Veränderungen im Allgemeinzustand auf. Bei Pferd Nr. 16 wurde von den Besitzern eine Verhaltensänderung im Sinne von Kopfschlagen unter dem Reiter und auch an der Longe genannt.

Über die Dauer der Probleme wurden unterschiedliche Angaben gemacht. In der Mehrheit der Fälle bestand die Erkrankungsdauer schon länger als 1,5 Monate, doch ist hier zu berücksichtigen, dass einige Pferde schon über einen längeren Zeitraum vorbehandelt waren, bis sie in der Klinik für Pferde der LMU München vorgestellt wurden. Bei manchen Pferden wurde schon vom Besitzer auf ein vorhandenes ISG-Problem hingedeutet. Ein besonderer Fall war Pferd Nr. 20; es handelte sich dabei um eine 16-jährige Arabische Vollblutzuchtstute, die in der Klinik wegen akuter höchstgradiger Lahmheit vorgestellt wurde. Zur Zeit der Vorstellung war die Stute im 10. Monat trächtig. Es war kein Überschlagen der Stute oder ein anderer Unfall bekannt und es wurde schon bei der Anlieferung der Verdacht einer Beckenfraktur

vom Besitzer geäußert. In Tabelle 10 wurden die Hauptprobleme und ihre jeweilige Dauer der untersuchten Pferde aufgelistet.

Tab. 10: Hauptprobleme und Dauer der Probleme der untersuchten Pferde

Pferd Nr.	Hauptproblem	Dauer
1	Taktunreinheit, Lahmheit hinten rechts	2 Wochen
2	Beckenschiefstand, schiefe Stellung des Schweifes	4 Monate
3	Lahmheit hinten links	1,5 Monate
4	Lahmheit hinten links	1,5 Jahre
5	Beckenschiefstand, klammer Gang hinten beidseits	2 Monate
6	Rittigkeitsprobleme	1,5 Monate
7	Wechselnde Lahmheit hinten, Steifheit	1 Monat
8	Lahmheit hinten rechts, Steifheit	1 Monat
9	Steifheit, Einknicken unter dem Reiter und vor der Kutsche	9 Monate
10	Probleme beim Reiten/Kutsche fahren	1 Jahr
11	Steifheit	2 Monate
12	Lahmheit hinten rechts	1 Jahr
13	Schwierigkeiten beim Aufstehen, Veränderungen im Allgemeinzustand	2 Monate
14	Rittigkeitsprobleme	1 Jahr
15	Taktunregelmäßigkeit	4 Monate
16	Rittigkeitsprobleme	10 Monate
17	Wechselnde Lahmheit hinten	2 Monate
18	Lahmheit hinten rechts	5 Wochen
19	Lahmheit hinten	3 Wochen
20	Lahmheit, Beckenschiefstand, Veränderungen im Allgemeinzustand	1 Tag

4.2.2 Allgemeine Untersuchung

Bei zwei untersuchten Pferden (Nr. 13 und Nr. 20) konnte ein gestörtes Allgemeinbefinden festgestellt werden. Bei den anderen Pferden war das Allgemeinbefinden ungestört.

3.1.3.3 Spezielle Untersuchung

Adspektion

Bei der Adspektion des Rückens und des Beckens von der Seite fiel bei Pferd Nr. 1 das Vorhandensein eines „hunter's bump“ auf. Bei Pferd Nr. 18 wurde eine Umfangsvermehrung im Bereich des ISG gefunden (Abb. 47).



Abb. 47: Umfangsvermehrung im Bereich des Iliosakralgelenks (Pferd Nr. 18)

Im Rahmen der Adspektion des Beckens von hinten wurde bei vier Pferden eine Atrophie der Kruppenmuskulatur festgestellt, wobei bei Pferd Nr. 11 beide Seiten betroffen waren und bei den Pferden Nr. 13, Nr. 14 und Nr. 16 eine Atrophie der Glutealmuskulatur lediglich auf der linken Seite zu sehen war. Bei der Adspektion der Oberschenkelmuskulatur fielen bei drei Pferden Atrophien auf. Bei Pferd Nr. 10 war die rechte Seite geringgradig betroffen, Pferd Nr. 11 wies beidseits geringgradige Atrophien der Oberschenkelmuskulatur auf und Pferd Nr. 13 zeigte eine mittelgradige Atrophie der rechten Oberschenkelmuskulatur.

Adspektorisch ließ sich bei zehn Pferden eine Asymmetrie der Kreuzhöcker feststellen. Nur bei einem Pferd (Nr. 5) lag das rechte *Tuber sacrale* tiefer als das linke, die anderen neun Pferde (Nr. 2, Nr. 4, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 12, Nr. 13, Nr. 14, Nr. 15 und Nr. 20) zeigten eine Absenkung des linken Kreuzhöckers. Die Untersuchung der Symmetrie der Hüfthöcker ergab, dass bei sieben Pferden ein *Tuber coxae* tiefer lag als das andere. Bei den Pferden Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 5 war die rechte Seite betroffen und bei den Pferden Nr. 4, Nr. 9, Nr. 13 und Nr. 20 wurde eine Absenkung des linken *Tuber coxae* festgestellt. Bei Pferd Nr. 5 bestand ein hochgradiger Beckenschiefstand mit Absenkung des rechten Kreuz- und Hüfthöckers (Abb. 48).

Bei Adspektion der Stute Nr. 20 fiel eine akut entstandene deutliche Asymmetrie der Kruppe, im Sinne einer Senkung der linken Beckenhälfte und deutlichem Hervorstehen des rechten Kreuzhöckers, auf (Abb. 49). Die Stute wurde euthanasiert und es wurde eine pathologisch-anatomische Untersuchung durchgeführt (siehe Kap. 3.1.2.1).

Bei der Überprüfung der Schweifhaltung zeigten drei Pferde (Nr. 2, Nr. 11 und Nr. 12) eine permanent einseitige Schweif-Schiefhaltung.

Die übrigen Pferde waren im Rücken und im Becken gut bis mäßig bemuskelt. Es bestanden weder Asymmetrien, Atrophien, Schwellungen, Verletzungen oder Druckstellen und die Rückenlinie verlief korrekt.



Abb. 48: Beckenschiefstand, abgesunkener rechter Kreuzhöcker und Hüfthöcker (Pferd Nr. 5)



Abb.49: Beckenschiefstand, abgesunkener linker Kreuzhöcker und Hüfthöcker, Hervorstehen des rechten Kreuzhöckers (Pferd Nr. 20)

Palpation

Eine Verspannung der Rückenmuskulatur wurde palpatorisch bei den Pferden Nr. 2, Nr. 6, Nr. 9, Nr. 11, Nr. 15 und Nr. 16 diagnostiziert. Pferd Nr. 2 zeigte auch einen Spasmus der Oberschenkelmuskulatur auf der linken Seite. Im ISG-Bereich des Pferdes Nr. 18 befand sich eine derbe, nicht schmerzhafte Umfangsvermehrung, die vermehrt warm erschien. Pferd Nr. 10 reagierte bei Druck auf die linke Kruppe wiederholt mit einem Einknicken der linken Hintergliedmaße. Eine Schmerzäußerung wurde während der Palpation des *M. longissimus dorsi* bei Pferd Nr. 15 ermittelt. Bei Pferd Nr. 20 waren der ganze hintere Rückenbereich sowie der Beckenbereich sehr schmerzhaft, deshalb wurde auf Provokationstests verzichtet. Bei den übrigen Pferden ergab die Palpation des Rückens und des Beckens keine krankhaften Befunde. Durch Druck auf die Hüfthöcker konnte bei keinem der Pferde eine Schmerzäußerung provoziert werden. Die Ergebnisse der Dorso-, Vento- und Lateroflexion (von beiden Seiten) des Rückens, sowie die Ergebnisse der Druck-Ausübung auf den *Tubera sacralia* und der drei ISG-Provokationstests (ISG-Kompressionstest, dorso-ventraler ISG-Provokationstest und lateraler ISG-Provokationstest Phase A und B von beiden Seiten) sind in Tab. 11 dargestellt.

Die transrektale Palpation wurde bei 15 Pferden durchgeführt. Bei Pferd Nr. 5 konnte eine deutliche Asymmetrie des Beckenrings und bei Pferd Nr. 11 eine fingergroße Zubildung am Kreuzbein festgestellt werden. Die transrektale Untersuchung der Stute Nr. 20, welche, bedingt durch Trächtigkeit und hochgradige Schmerzhaftigkeit, sehr vorsichtig durchgeführt werden musste, ergab eine geringgradige Stufenbildung am knöchernen Beckenring und eine Weichteilschwellung (Verdacht auf Hämatom) auf der linken Seite. Es wurde die Verdachtsdiagnose Fraktur der linken Darmbeinsäule mit Luxation des rechten ISG und Subluxation des linken ISG gestellt.

Bei den übrigen 12 Patienten konnte kein von der Norm abweichender Befund erhoben werden.

Tab. 11: Ergebnisse der Durchführung der Provokationstests des Rückens und des Iliosakralgelenks

+ positives Ergebnis; - negatives Ergebnis

Pferd Nr.	Dorsoflexion	Ventroflexion	Lateroflexion		Druck auf TS		ISG-Kompressionstest	Dorsoventraler ISG-Provokationstest	Lateraler ISG-Provokationstest			
			links	rechts	links	rechts			links		rechts	
									A	B	A	B
1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
11	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
13	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	nicht durchgeführt											

Untersuchung unter Belastung

Nur bei einem Pferd (Nr. 16) konnten keine Veränderungen im Gangbild festgestellt werden. Die Pferde Nr. 2 und Nr. 6 zeigten einen unsauberen Gang im Trab, eine deutliche Lahmheit bestand allerdings nicht.

Wegen des gestörten Allgemeinbefindens und des bestehenden Verdachts auf eine Beckenfraktur wurden die Pferde Nr. 13 und Nr. 20 nur im Schritt untersucht. Bei Pferd Nr. 13 wurden verkürzte Schritte der beiden Hintergliedmaßen festgestellt. Der Wallach legte sich gerne hin, hatte aber beim Aufstehen große Schwierigkeiten und zeigte dann für 5-10 Minuten Muskelzittern. Die Stute Nr. 20 wollte sich kaum bewegen und man konnte eine breitbeinige Haltung der Hintergliedmaßen erkennen.

- Pferd Nr. 1 zeigte übermäßige seitliche Bewegungen des Beckens („eiern“) und eine Stützbeinlahmheit der linken Vordergliedmaße. An der Longe wurde eine geringgradige Lahmheit der rechten Hintergliedmaße auf der linken Hand festgestellt.
- Bei Pferd Nr. 3 wurde auf der geraden Linie eine deutliche Lahmheit der rechten Hintergliedmaße beobachtet. An der Longe zeigte sich, dass der Hengst auf der linken Hand nicht angaloppieren wollte und jedes Mal sehr unwillig reagierte und buckelte. Nach wenigen Galoppsprüngen wechselte er die Gangart oder fiel in Kreuzgalopp. Auf der rechten Hand zeigte er dieses Verhalten nicht so deutlich.
- Pferd Nr. 4 zeigte eine geringgradige Lahmheit der linken Hintergliedmaße.
- Bei Pferd Nr. 5 wurde ein klammer und verkürzter Gang hinten beidseits und eine geringgradige Lahmheit der rechten Vordergliedmaße festgestellt.
- Pferd Nr. 6 fiel an der Longe in Kreuzgalopp.
- Bei Pferd Nr. 7 erschien der Schritt der linken Hintergliedmaße verkürzt und es wurde eine geringgradige Stützbeinlahmheit der linken Vordergliedmaße und bei der Untersuchung an der Longe ein deutliches Zehenschleifen der beiden Hintergliedmaßen beobachtet.
- Pferd Nr. 8 zeigte eine deutlich geringgradige Lahmheit der rechten Hinter- und der linken Vordergliedmaße.
- Bei Pferd Nr. 9 wurde eine mittelgradige Hangbeinlahmheit der linken Hintergliedmaße festgestellt. An der Longe zeigte der Wallach deutliches Zehenschleifen der beiden Hintergliedmaßen und häufiges Umspringen in Kreuzgalopp.
- Pferd Nr. 10 wies einen klammen Gang, eine geringgradige Lahmheit der rechten Hinterhand und Zehenschleifen der beiden Hintergliedmaßen auf.

- Bei Pferd Nr. 11 wurde eine geringgradige Hangbeinlahmheit der rechten Hintergliedmaße, an der Longe auch eine undeutlich geringgradige Lahmheit der linken Hintergliedmaße festgestellt. Der Wallach galoppierte oft mit den vorderen Gliedmaßen, trabte jedoch mit der Hinterhand.
- Es wurde beim Pferd Nr. 12 eine deutlich gering- bis mittelgradige Lahmheit der linken Hintergliedmaße, besonders an der Longe auf der rechten Hand festgestellt.
- Pferd Nr. 14 zeigte eine deutlich gering- bis mittelgradige Lahmheit hinten links auf hartem ebenem Boden. Eine deutlich geringgradige Lahmheit vorne links wurde nur an der Longe auf weichem Boden sichtbar. Auffällig war das Rückwärtsrichten bergab, wo deutlich verkürzte Schritte der linken Hintergliedmaße beobachtet werden konnten.
- Bei Pferd Nr. 15 bestand ein unsauberer Gang hinten beidseits und Steifheit der Hinterhandaktion. Beim Longieren auf weichem Boden lief die Stute sehr steif und wollte vor allem auf der linken Hand vom Trab in den Galopp wechseln. Im Trab bestand eine geringgradige Stützbeinlahmheit der rechten Vordergliedmaße. Das Pferd ließ Unwohlsein beim Rückwärtsrichten bergauf und bergab erkennen.
- Das Pferd Nr. 16 wies eine mittelgradige Lahmheit der linken Hintergliedmaße auf. Beim Longieren fiel das schon vom Besitzer beschriebene Kopfschlagen zur Seite hin auf. Die Stute hatte Schwierigkeiten beim Rückwärtsrichten bergab.
- Bei Pferd Nr. 17 wurde ein breitbeiniger Gang der Hintergliedmaßen festgestellt und eine Lahmheit der linken Vorder- und der rechten Hintergliedmaße.
- Das Pferd Nr. 19 zeigte auf gerader Bahn und hartem Boden hinten links eine deutlich geringgradige, gemischte Lahmheit. An der Longe steigerte sich diese jedoch auf der rechten Hand (linkes Bein außen) zu einer mittelgradigen Lahmheit.

4.2.4 SONOGRAPHIE DER ILIOSAKRALGELENKE

Die transrektale sonographische Untersuchung der Kreuzdarmbeingelenke wurde bei 14 Pferden durchgeführt. Zur Orientierung wurde zunächst der Übergang von Lendenwirbelsäule zum Kreuzbein aufgesucht. Die ventrale Knochenoberfläche des letzten Lendenwirbels stellte sich als gerade verlaufende, glatte, hyperechogene

Linie dar. Die Ventralfläche des Kreuzbeins ist als durchgehende, leicht wellig verlaufende hyperechogene Kontur erkennbar gewesen.

Die das ISG bildenden Anteile des *Os sacrum* und *Os ilium* stellten sich als zwei konkave, hyperechogene Linien dar. Der Gelenkspalt des ISG ist als kleine, trichterförmige, anechogene Unterbrechung zwischen den beiden Knochenlinien des Kreuzbein- und Darmbeinflügels links auf ca. 10 Uhr und rechts auf ca. 2 Uhr erkennbar gewesen. Bei neun von 14 untersuchten Pferden konnten pathologische Befunde erhoben werden. Die Ergebnisse der sonographischen Untersuchung der Iliosakralgelenke sind in Tab. 12 dargestellt.

4.2.5 SZINTIGRAPHIE DER ILIOSAKRALGELENKE

Eine szintigraphische Untersuchung der ISG konnte nur bei sechs Pferden vorgenommen werden (Pferde Nr. 3, Nr. 8, Nr. 9, Nr. 12, Nr. 16 und Nr. 17). Dies lag zum einem daran, dass viele Patientenbesitzer, auf Grund der bereits durch klinische Untersuchung gestellten Diagnose, nicht mehr an einer weiteren diagnostischen Abklärung interessiert waren, zum anderen daran, dass die Besitzer nach Aufklärung über Narkoserisiken von einer Narkose absahen.

Bei allen sechs Pferden mit der klinisch festgestellten Diagnose einer ISG-Läsion wurde dies mittels Szintigraphie bestätigt. Es zeigte sich bei den Pferden Nr. 3, Nr. 9, Nr. 12, Nr. 16 und Nr. 17 eine deutliche Anreicherung im linken ISG und bei Pferd Nr. 8 eine deutliche Anreicherung im rechten ISG. In Abb. 50 und Abb. 51 sind die Szintigramme von Pferd Nr. 12 und Nr. 16 dargestellt.

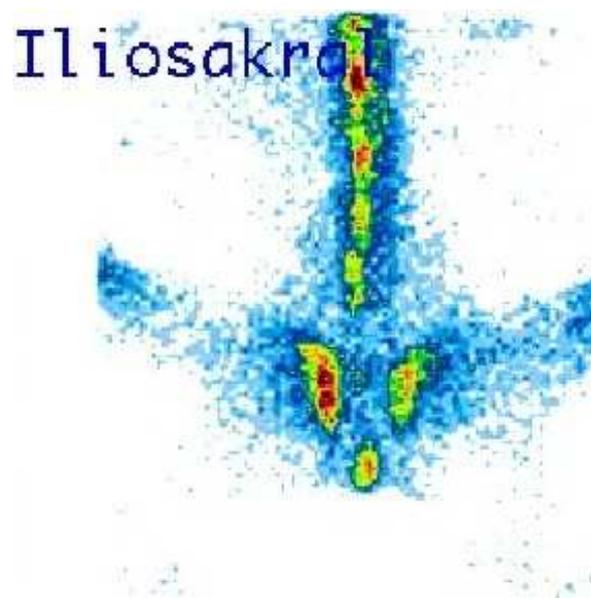


Abb. 50: Dorsale szintigraphische Ansicht der Wirbelsäule und des Beckens mit unphysiologischer Anreicherung des Radiopharmakons im linken Iliosakralgelenk (Pferd Nr. 12)

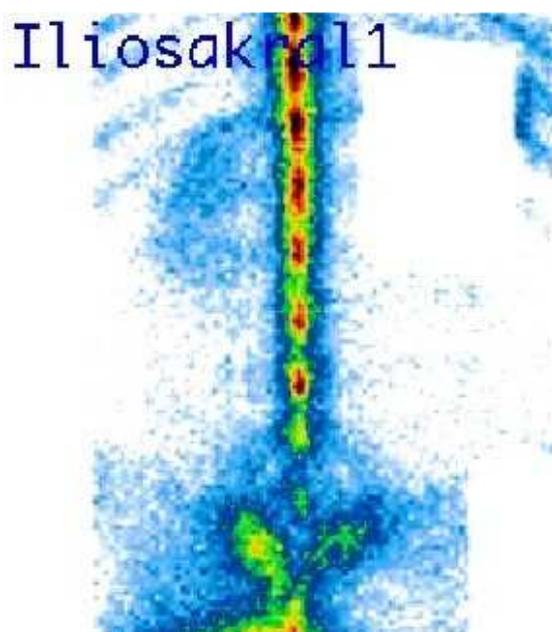


Abb. 51: Dorsale szintigraphische Ansicht der Wirbelsäule und des Beckens mit unphysiologischer Anreicherung des Radiopharmakons im linken Iliosakralgelenk (Pferd Nr. 16)

Tab. 12: Ergebnisse der Sonographie und der Szintigraphie der Iliosakralgelenke
n.d.. *nicht durchgeführt* o. b. B. *ohne besonderen Befund*

Pferd Nr.	Sonographie	Szintigraphie
1	unregelmäßige Kontur der Knochenoberflächen im rechten ISG	n.d.
2	ggr. verbreiteter Spalt des linken ISG im Vergleich zur rechten Seite	n.d.
3	n.d.	Anreicherung im linken ISG
4	ggr. verbreiteter Spalt des linken ISG im Vergleich zur rechten Seite	n.d.
5	ggr. verbreiteter Spalt des rechten ISG im Vergleich zur linken Seite	n.d.
6	o.b.B.	n.d.
7	o.b.B.	n.d.
8	o.b.B.	Anreicherung im rechten ISG
9	o.b.B.	Anreicherung im linken ISG
10	n.d.	n.d.
11	Fingergroße Zubildung am Kreuzbein	n.d.
12	n.d.	Anreicherung im linken ISG
13	Umfangvermehrung im linken ISG (Verdacht auf Hämatom)	n.d.
14	o.b.B.	n.d.
15	unregelmäßige Knochenoberfläche im linken ISG	n.d.
16	n.d.	Anreicherung im linken ISG
17	Ergebnis unklar	Anreicherung im linken ISG
18	n.d.	n.d.
19	unregelmäßige Knochenoberfläche im linken ISG	n.d.
20	Durchtrennung des Beckenrings, Hämatom	n.d.

In Tab. 13 ist die Übereinstimmung zwischen der anhand der ISG-Provokationstests feststellbaren Schmerzhaftigkeit des ISG und den sonographischen oder szintigraphischen Befunden dargestellt. In manchen Fällen war keine Aussage möglich, da die positive Reaktion des ISG-Kompressionstests nicht auf die schmerzhafteste Seite hindeutete oder es wurde bei manchen Pferden mit einer positiven Reaktion keine bildgebende Diagnostik durchgeführt.

Tab. 13: Vergleich der Übereinstimmung des schmerzhaften Iliosakralgelenks nach ISG-Provokationstest mit sonographischen/szintigraphischen Befunden von Pferden mit positiven Ergebnissen

n.d. nicht durchgeführt *o.b.B.* ohne besonderen Befund

ISG- Provokationstest	Pferd Nr.	Lokalisation	Ultraschall	Szinti- graphie	Übereinstimmung
Druck auf Tuber sacrale	1	links und rechts	rechts	n.d.	ja
	4	rechts	links	n.d.	nein
	9	links	n.d.	links	ja
ISG- Kompressionstest	1	X	rechts	n.d.	keine Aussage möglich
	13		links	n.d.	
Dorsoventraler Provokationstest	1	links und rechts	rechts	n.d.	ja
Lateraler ISG- Provokationstest	6	links und rechts	o.b.B.	n.d.	keine Aussage möglich
	7	rechts	o.b.B.	n.d.	keine Aussage möglich
	9	rechts	o.b.B.	links	ja
	10	links	n.d.	n.d.	keine Aussage möglich
	12	rechts	n.d.	links	ja
	13	links und rechts	links	n.d.	ja

5 DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit war es, das Iliosakralgelenk (ISG) des Pferdes sowohl morphologisch, als auch klinisch umfassend darzustellen und ein klinisches Untersuchungsprotokoll zur Abklärung eines Verdachts auf ISG-Erkrankung zu erarbeiten. Die im Untersuchungszeitraum gewonnenen Eindrücke, Erkenntnisse und Ergebnisse sollen in diesem Abschnitt, vor dem Hintergrund bisheriger Forschungsergebnisse, kritisch bewertet und diskutiert werden.

5.1 Diskussion des Materials und der Methode

5.1.1. *Morphologische Studie*

Patientengut

Diese Studie stellt eine Modifikation und Ergänzung der Arbeiten von Dalin u. Jeffcott (1986a, b) dar. Sie beschrieben und vermaßen Kreuzdarmbeingelenke von 41 Pferden unterschiedlichen Alters (spätes Fetalleben bis 14. Lebensjahr), Geschlechts und Rasse (vor allem Warmblüter) ohne Probleme im Becken-/Rückenbereich. In der vorliegenden Studie wurden makroskopische Befunde an den Iliosakralgelenken von 25 Pferden unterschiedlichen Alters (von 1,5 Monaten bis 25 Jahre), Geschlechts und Rasse beschrieben, wobei nur ein Pferd klinische Symptome einer ISG-Läsion zeigte. Da in dieser Studie 11 von 25 Pferden älter als 14 Jahre waren, lassen sich degenerative Veränderungen, die mit dem fortgeschrittenen Alter in Zusammenhang stehen, deutlicher erkennen, was in der Studie von Dalin u. Jeffcott (1986a) weniger möglich ist, da die Tiere alle jünger als 14 Jahre waren.

Auswahl der untersuchten Kriterien

Dalin u. Jeffcott (1986a) ermittelten insgesamt 23 unterschiedliche Merkmale in Bezug auf die Form des Gelenkrandes, die Eigenschaften der Gelenkoberfläche und das Vorhandensein knöcherner Zubildungen. In der vorliegenden Studie wurden 12 Hauptmerkmale und deren Varianten makroskopisch beurteilt. Die Auswahl der

Kriterien konzentrierte sich auf die Merkmale, welche auf eine degenerative Veränderung des ISG hinweisen könnten. Das sind laut Haussler et al. (1999) Randwülste, kortikale Expansionen, Einkerbungen an der Gelenkfläche, Osteophyten, periartikuläre und intraartikuläre Erosionen, Ankylosen, veränderte Gelenkform, Vertiefungen und fokale Einkerbungen an der Gelenkfläche.

Vermessung der Gelenkflächen

In der morphometrischen Studie von Dalin u. Jeffcott (1986b) wurden die Gelenkflächen der Iliosakralgelenke von 41 euthanasierten Pferden vermessen. Sie analysierten den Flächeninhalt, die Länge und die Breite der Gelenkflächen an Kreuz- und Darmbein. Die Flächeninhalte wurden mit dem Gewicht des jeweiligen Pferdes verglichen. In der vorliegenden Studie wurden die Flächeninhalte vermessen und mit dem Stockmaß des jeweiligen Pferdes verglichen. Es wurde nicht der Vergleich mit dem Gewicht des Tieres herangezogen, da manche Pferde unter chronischen Krankheiten (Niereninsuffizienz, chronische Abmagerung) litten und zum Zeitpunkt der Euthanasie deutliche Gewichtsabnahmen zeigten.

Die digitale Bearbeitung der Bilder und das Nutzen des selbst erstellten Computerprogramms ermöglichten eine einfachere Flächenberechnung als in der früheren Studie von Dalin u. Jeffcott (1986b).

5.1.2 Klinische Studie

Patientengut

In der vorliegenden klinischen Studie wurden bei 27 Pferden die Kreuzdarmbein-gelenke untersucht. Es wurden sowohl klinische Untersuchungen, als auch bildgebende Diagnostik (Sonographie und/oder Szintigraphie) durchgeführt. Lediglich bei 20 Tieren, die in der Kasuistik berücksichtigt werden, konnte eine ISG-Erkrankung festgestellt werden. Dabei zeigte sich, dass bei zwei Pferden, die vom Haustierarzt mit dem Verdacht auf eine ISG-Erkrankung überwiesen wurden, sich diese Diagnose nicht bestätigen ließ. Die Ursachen für die Problematik in der richtigen Diagnosestellung sind einerseits in der Schwierigkeit der korrekten Untersuchung des Beckens

und andererseits dem mangelnden Wissen der Tierärzte im Bereich der ISG-Läsionen, zu suchen. Das klinische Bild der Patienten gestaltete sich komplex und individuell sehr verschieden.

Anamnese

Wie bei jeder klinischen Untersuchung muss auch bei der Untersuchung des ISG eine gezielte Anamnese vorausgehen. Aufgrund der unterschiedlichen und wechselnden Symptomatik einer ISG-Läsion, ist die genaue Erhebung des Vorberichts besonders wichtig (Denoix et. al 2005b). Diese berücksichtigt insbesondere frühere Unfälle und Aktivitäten. Es wurden den Patientenbesitzern gezielte Fragen nach einem einheitlichen Schema gestellt. Allerdings waren die Antworten wegen der Inhomogenität des Patientenguts in Bezug auf die Rasse (Haflinger, Warmblüter, Isländer, Kaltblüter, Andalusier, Quarter Horse, Anglo-Araber, Arabisches Vollblut) und den Verwendungszweck (Springen, Dressur, Vielseitigkeit, Freizeitreiten, Westernreiten, Zucht, Fahren) nur schwer kategorisierbar.

Spezielle klinische Untersuchung

Für die genaue Untersuchung des Kreuzdarmbeingelenks benötigt man Zeit und Erfahrung sowie gute anatomische und funktionelle Kenntnisse. Es wurde in dieser Studie ein standardisiertes Vorgehen gewählt. Wie in der Studie von Ranner (1997) wurde das Pferd von hinten, von der Seite und von oben betrachtet. Das Pferd belastete dabei alle vier Gliedmaßen gleichmäßig. Dieses erwies sich im Rahmen der durchgeführten Studie als besonders schwierig, da die Pferde auf Grund der fremden Umgebung und dem damit verbundenen Stress nur mit sehr viel Geduld und erheblichem Zeitaufwand in die gewünschte Position gebracht werden konnten. Die genaue Betrachtung der Beckensymmetrie erfolgte nach Pilsworth (2003) mit Hilfe von zwei Personen. Zur verbesserten Darstellung der Seitenverhältnisse wurde im ersten Schritt jeweils ein Zeigefinger der Hilfsperson auf dem Kreuzhöcker platziert. Dasselbe wurde im zweiten Schritt im Bereich der Hüfthöcker durchgeführt. Um die Untersuchung der Beckensymmetrie zu optimieren, wurde in der vorliegenden Studie festgestellt, dass die Finger der Hilfspersonen im Bereich der Hüfthöcker boden-

parallel, dagegen im Bereich der Kreuzhöcker senkrecht zum Boden gehalten werden müssen. Somit kann die untersuchende Person eine korrekte Beurteilung der Symmetrie der knöchernen Punkte durchführen.

Transrektale Sonographie der Iliosakralgelenke

Die Sonographie des ISG bewährte sich als ein besonders geeignetes Diagnostikum zur Erkennung von ISG-Läsionen (Denoix 1996, 1999; Tomlinson et al. 2001; Kersten u. Edinger 2004; Denoix et al. 2005b). Dieses bildgebende Verfahren stellte sich im Vergleich zur Szintigraphie als eine kostengünstigere und in der Anwendung praktischere Möglichkeit der Diagnostik dar. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde erkannt, dass obwohl das ISG sonographisch gut dargestellt werden konnte, die korrekte Interpretation der erworbenen Bilder große Schwierigkeiten bereitete.

Szintigraphie

In der Klinik für Pferde der LMU wurde die Szintigraphie des ISG-Bereiches nur in Narkose durchgeführt. Auf Grund der bestehenden Narkoserisiken und der erhöhten Kosten verzichtete der Großteil der Besitzer auf eine weitere Abklärung der klinisch festgestellten Probleme mittels Szintigraphie. Dyson (2006) und Bathe (2006) führen die szintigraphische Untersuchung nur beim tief sedierten Pferd im Stehen durch. Diese Methode bewährte sich als Diagnostikum der Wahl und fand dort auch große Akzeptanz bei den Besitzern.

Vorschlag eines Untersuchungsprotokolls zur Abklärung einer ISG-Erkrankung

Anhand von Beobachtungen und Erfahrungen, die während der Untersuchung der Pferde mit klinischen Anzeichen einer ISG-Erkrankung gesammelt wurden, wurde ein klinisches Untersuchungsprotokoll zur Abklärung einer ISG-Läsion erarbeitet. Die bisherigen Angaben der Literatur beschränkten sich dabei lediglich nur auf die Untersuchungen des Rückens (Cauvin 1997; Gundel u. Schatzmann 1997; Jeffcott 1997; Ranner 1997). Zwar wurde von Gundel u. Schatzmann (1997) ein klinisches Untersuchungsprotokoll zur Abklärung einer Rückenproblematik beim Reitpferd vorgeschla-

gen, jedoch fehlte bislang ein systematischer und standardisierter Untersuchungsgang zur Abklärung einer ISG-Erkrankung des Pferdes.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Morphologische Studie

Anatomie

Der anatomische Aufbau des ISG ist in den Lehrbüchern der Anatomie beschrieben und von Haussler (2004a) nochmals präzise dargestellt worden. Sowohl Dalin u. Jeffcott (1986a), als auch Rümens et al. (2007) berichten über eine kleine Menge gelenkspezifischer Synovia in den untersuchten Kreuzdarmbeingelenken. Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Gelenke wiesen zwar feuchte und glänzende Gelenkoberflächen auf, es konnte aber keine Synovia gefunden werden.

Rümens et al. (2007) schlagen in ihrer Arbeit vor, den Begriff *Ligg. sacroiliaca interossea* nicht mehr zu verwenden, da die inneren ISG-Bänder eigentlich peripher zum Gelenk liegen. Ihrer Meinung nach sollte man diese einer starken Gelenkkapsel zuordnen. Im Rahmen dieser Studie wurden bei vielen Gelenken Bindegewebsstränge festgestellt, welche sich durch den Gelenkspalt zogen. Die Bänder lagen also nicht nur peripher, deshalb wurde in dieser Studie der Begriff *Ligg. sacroiliaca interossea* weiterhin benutzt.

Ergebnisse der morphologischen Untersuchung

Nur ein Pferd (Nr. 16) zeigte in der klinischen Vorgeschichte Anzeichen einer ISG-Läsion. Es konnte in der pathologisch-anatomischen Untersuchung eine Fraktur der linken Darmbeinsäule mit Luxation des rechten ISG und Subluxation des linken ISG gefunden werden. Die Bemerkung, dass die Zerreißung der Iliosakralbänder als Komplikation einer Fraktur der Darmbeinsäule entstehen kann, wurde schon bei Hantak u. Horvath (1982) geäußert, wobei Denoix (1996) einen Abriss des *Lig. sacroiliacum ventrale* bei der Sektion eines Pferdes mit einer Fraktur des Kreuzbein-

flügels feststellte. Im Rahmen dieser Studie kam es während der Präparation bei zwei Pferden zur Fraktur der Beckensymphyse und folglich zur Subluxation beider Kreuzdarmbeingelenke. Sowohl die eben zitierten Beispiele aus der Literatur, als auch eigene Untersuchungen lassen feststellen, dass höchstwahrscheinlich Beckenfrakturen zusammen mit Verletzungen des ISG auftreten. Die Hüftbeine, das Kreuzbein und die ersten Schwanzwirbel formen einen knöchernen Ring, der in den Kreuzdarmbeingelenken eine Verbindung mit der Wirbelsäule hat (Salomon et al. 2005). Das Becken stellt also einen festen Ring dar, der mit den *Ligg. sacroiliaca interossea* und *Ligg. sacroiliaca ventralia* an den ventralen Flächen der sakralen Flügel befestigt ist. Es ist leicht sich zu vergegenwärtigen, dass ein Durchbruch des Ringes einen Einfluss auf die Aufhängebänder haben muss. Es ist notwendig, weitere pathologisch-anatomische Untersuchungen der Pferde mit Beckenfrakturen durchzuführen, um die Hypothese, dass die Zerstörung der mechanischen Konstruktion des Beckens gleichzeitig Verletzungen des ISG nach sich zieht, zu verifizieren.

Die Untersuchung der morphologischen Merkmale von Gelenkflächen zeigte schon bei jungen Pferden deutliche Veränderungen des Gelenkknorpels und des Gelenkrandes. Die Veränderungen, welche auf eine Degeneration des Gelenkknorpels hindeuteten, wurden mit zunehmender Häufigkeit bei älteren Pferden gefunden.

In der Studie von Dyson (2004) wurde ein Dressurpferd mit klinischen Anzeichen einer ISG-Problematik *post mortem* untersucht. Es wurde eine deutliche Asymmetrie zwischen dem linken und dem rechten Kreuzdarmbeingelenk festgestellt. Bei der im Rahmen dieser Studie untersuchten Gelenke fand man oft deutliche Unterschiede zwischen der rechten und der linken Seite, obwohl kein Pferd vor der Euthanasie unter chronischen Schmerzen aus dem ISG-Bereich litt. Die Unterschiede zwischen beiden Seiten sollten deshalb nicht als pathologisch beurteilt werden, eher sollte man sie als einen physiologischen Prozess betrachten.

Jeffcott u. Dalin (1986) fanden knöcherne Zubildungen bei der postmortalen Untersuchung bei Pferden mit chronischer Symptomatik einer Kreuzdarmbeingelenk-Läsion und betrachten sie als deutliche Anzeichen einer Arthrose. Auch Dyson et al. (2004) und Gorgas et al. (2006, 2007) fanden radiologisch bei lebenden Pferden knöcherne Zubildungen am kaudalen Rand des ISG, wobei Dyson et al. (2004) Pferde mit deutlichen klinischen Anzeichen einer ISG-Erkrankung und Gorgas et al. (2006, 2007)

Tiere mit unspezifischer Lahmheit oder Rückenschmerzen untersuchten. Die Überlegung, ob Anzeichen von Exostosen am kaudalen Rand des Kreuzdarmbeingelenks klinische Bedeutung haben, ist spekulativ. Manche Autoren halten die Zubildungen als deutliche Anzeichen einer Arthrose. In der vorliegenden Studie wurden bei vier Pferden Zubildungen gefunden, allerdings zeigte keines der Tiere anamnestisch eine Lahmheit oder Schmerzen aus dem ISG-Bereich. Die Zubildungen wurden bei einem 13-jährigen Süddeutschen Kaltbluthengst und bei drei älteren Pferden aus der Altersgruppe 5 (Tiere älter als 19 Jahre) entdeckt. Keines dieser Pferde wurde im Sport genutzt. Man kann deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit sagen, dass es sich bei diesen Pferden um physiologisch bedingte Zubildungen handelte, welche auf das fortgeschrittene Alter der Tiere zurückzuführen sind. Diese Aussage stimmt mit der Meinung von Dyson (2004) überein, die feststellte, dass die *intra vitam* Diagnose einer Arthrose anhand radiologisch oder sonographisch sichtbarer Zubildungen als spekulativ anzusehen sei.

Ergebnisse der Flächenberechnung

Die Berechnung der Flächeninhalte zeigte große Übereinstimmung zwischen den sakralen und den iliakalen Gelenkflächen (Korrelationskoeffizient $r = 0,83$), wobei Dalin u. Jeffcott (1986b) eine größere Korrelation feststellen konnten ($r = 0,978$). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass alle sakralen Flächeninhalte geringgradig kleiner sind als die iliakalen. Diese Beobachtung stimmt mit den Ergebnissen der Studie von Dalin u. Jeffcott (1986b) überein. Anders als in der eben erwähnten Studie wurden im Rahmen dieser Arbeit die Flächeninhalte nicht mit dem Gewicht des Pferdes, sondern mit dem Stockmaß verglichen. Die Ergebnisse beider Studien lassen sehr enge Zusammenhänge zwischen den Flächeninhalten und dem Körpergewicht bzw. dem Stockmaß der Pferde feststellen. Die von Jeffcott u. Dalin (1986) beobachtete Vergrößerung der Gelenkflächen bei Pferden mit chronischen ISG-Läsionen konnte in dieser Studie nicht nachvollzogen werden.

5.2.2 *Klinische Studie*

In der Orthopädie des Pferdes spielt das ISG eine bedeutende Rolle. Sowohl mechanische als auch degenerative Erkrankungen können sich am Gelenk manifestieren. Um den Verdacht auf eine ISG-Erkrankung im Hinblick auf die differentialdiagnostischen Möglichkeiten zu bestätigen ist eine genaue Befundaufnahme von besonderer Bedeutung. Leider ist das Kreuzdarmbeingelenk nicht leicht der Palpation und Funktionsprüfung zugänglich, was die Aussagekraft klinischer Tests beträchtlich schmälert (Kissling u. Michel 1997). Die Abgrenzung einer ISG-Pathologie wird zusätzlich erschwert durch die sehr nahe Lokalisation anderer anatomischer Strukturen, wie z.B. des LSG, verschiedener Muskelgruppen oder des *N. ischiadicus*, was bei der klinischen Beurteilung berücksichtigt werden muss. Anhand der wichtigsten Ergebnisse der klinischen Untersuchung und der bildgebende Diagnostik wurde ein Untersuchungsprotokoll erarbeitet (s. Anhang). An dieser Stelle sollen die Ergebnisse, welche zur Erstellung des Protokolls beigetragen haben, noch einmal zusammenfassend dargestellt und diskutiert werden.

Anamnese

Durch die Anamnese haben sich häufig Verdachtsmomente ergeben, die auf das Vorliegen einer ISG-Erkrankung hindeuteten. Typisch sind ein längerer Zeitraum, über den sich die Erkrankung erstreckt und die von Besitzern angegebene Symptomatik von Steifheit, wechselnder Lahmheit, Taktunregelmäßigkeit oder „Unzufriedenheit“ der Tiere bei Belastung. Die Anzeichen einer ISG-Läsion sind den von Ranner (1997) beschriebenen Symptomen einer Rückenerkrankung ähnlich. Das laut Jeffcott et al. (1985), Jeffcott u. Dalin (1986), Haussler et al. (1999), Knight u. Evans (2000), Denoix (2003), Dyson u. Murray (2003, 2004), Dyson (2004), Engeli (2004) und Denoix u. Coudry (2005) am häufigsten genannte Symptom des Verlustes der Leistungsfähigkeit konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden. Dies liegt vermutlich an der unterschiedlichen Nutzung der Pferde, die vorwiegend als Western-/Freizeitpferde, im Spring-/Dressursport, in der Zucht oder als Fahrpferde und nicht als Galopper eingesetzt wurden. Im Rahmen dieser Studie zeigte sich, dass anamnestisch unbedingt geklärt werden muss, ob beispielsweise das Umspringen in den

Kreuzgalopp unter dem Sattel oder an der Longe bemerkt wurde. Funktionsstörungen des ISG können, im Gegensatz zu den peripheren Gelenken, wo die gezielte Anamnese bereits eine genauere Abgrenzung der Art der Erkrankung zulässt, auf Grund der Befunderhebung im Besitzergespräch nur teilweise erfasst werden.

Klinische Untersuchung

Die Kenntnisse über die verschiedenen pathologischen Erscheinungen des ISG sind immer noch sehr ungenügend. Zudem ist es in vielen Fällen nicht möglich, aufgrund eines anamnestisch, klinisch oder szintigraphisch diagnostizierten ISG-Problems Rückschlüsse auf dessen Ursachen zu ziehen. Im Kap. 2.4.1 wurde bereits auf die Schwierigkeit der korrekten Diagnosestellung hingewiesen. Liegt der Verdacht einer ISG-Problematik vor, so sollte die exakte Untersuchung das Pferd in seiner Gesamtheit berücksichtigen, vor allem sollte der Rücken, die Knie- und Sprunggelenke, sowie die Beurteilung des Gangbildes einbezogen werden. Adspektion und Palpation bilden zusammen den wichtigsten Teil der klinischen Untersuchung, wobei sich im Rahmen dieser Studie, die von Haussler (2003) und Jeffcott u. Haussler (2004) vorgeschlagenen ISG-Provokationstests als besonders geeignet erwiesen. Sowohl der dorsoventrale und laterale ISG-Provokationstest als auch der ISG-Kompressionstest können durch eine indirekte Mobilisation, Schmerzen aus dem Kreuzdarmbeingelenk induzieren. Diese Tests führen entweder zu einer Stressbewegung oder üben vermehrten Druck auf das ISG aus, wodurch je nach Art der Erkrankung Schmerzen erzeugt oder verstärkt werden. Bei Vorliegen einer schmerzhaften Reaktion ist deren Reproduzierbarkeit entscheidend. Nur dann ist sie als Befund zu bewerten. Allerdings ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass einerseits die Interpretation der Befunderhebung eine Schwierigkeit darstellt, andererseits diese oft zu einem widersprüchlichen Resultat führen kann, und dass zudem die Untersuchungsergebnisse von Untersucher zu Untersucher stark variieren können. Demzufolge sind diese Tests nur als Hinweis und Stützung einer vermuteten ISG-Pathologie zu werten, jedoch nicht als Beweis einer solchen einzusetzen. Lässt sich durch die Provokationstests ein schmerzhaftes ISG eindeutig eingrenzen, sind weitergehende Untersuchungen erforderlich. Bestimmte Symptome zeigen sich manchmal erst nach längerer Belastung an der Longe (20-30 Minuten) oder unter dem Reiter.

Weitergehende Untersuchungen

Die transrektale Sonographie bei Verdacht auf eine Fraktur im Beckenbereich oder eine (Sub-)Luxation des ISG ist der Szintigraphie nicht nur aus Kostengründen vorzuziehen. Das Narkoserisiko und ebenso die Gefahr, dass es während der Aufstehphase zu einer vollständigen Fraktur von Fissuren oder zu weiterer Dislokation von Knochenfragmenten kommt, werden vermieden. Im Rahmen dieser Studie konnte bei Pferd Nr. 20 mittels Ultraschall eine Fraktur der linken Darmbeinsäule festgestellt werden. Jedoch wurden bei diesem Pferd keine sonographischen Aufnahmen der Kreuzdarmbeingelenke zur Dokumentation angefertigt. In der Literatur existieren keine Ultraschallaufnahmen von (sub-)luxierten Kreuzdarmbeingelenken. Bei drei Pferden konnte in dieser Studie im Seitenvergleich eine geringgradige Verbreiterung des Gelenkspaltes festgestellt werden. Ob aus dieser Abweichung Rückschlüsse auf eine Subluxation des Iliosakralgelenks gezogen werden dürfen ist schwer zu sagen.

Nach Denoix et al. (2005b) kann in der Fahrpraxis durch eine Kombination der klinischen Untersuchung mit der transrektalen Sonographie eine bessere Diagnose von Schmerzen und Schäden im ISG-Bereich erzielt werden. Im Rahmen des morphologischen Teils dieser Arbeit wurde festgestellt, dass die Knochenoberflächen der Kreuzdarmbeingelenke auch bei gesunden Pferden irregulär sein können, was eine korrekte Interpretation der sonographischen Befunde des ISG erschwert. Diese Beobachtung stimmt mit der Meinung von Dyson et al. (2003a) und Dyson (2006) überein. Es sollte, wie in der Studien von Denoix (1996) und Engeli et al. (2004) verdeutlicht werden, dass mittels Ultraschall darstellbare knöcherne Zubildungen an den ISG-Rändern, ohne eine gleichzeitig feststellbare lokale Schmerzhaftigkeit eine geringe klinische Relevanz haben.

Die Auswahl der geeigneten bildgebenden Verfahren zur Diagnostik von ISG-Läsionen spielt eine wichtige Rolle. Der Studie von Denoix (1998) zufolge ergab sich, dass zwar mittels Szintigraphie eine präzise Lokalisation der Läsion im Pferderücken durchgeführt werden kann, jedoch sind die Befunde im Bezug auf die Art der Läsion weniger aussagekräftig. Zur Darstellung der Art der Läsionen empfiehlt sich die sonographische Untersuchung. Der Grad der Schmerzhaftigkeit kann lediglich durch eine eingehende klinische Untersuchung beurteilt werden (s. Tab. 14).

In der vorliegenden Studie wurde festgestellt, dass es unterschiedliche Konstellationen diagnostischer Befunde bei ISG-Läsionen gibt. In der Mehrzahl der Fälle kann aber mit den ISG-Provokationstests und den dadurch erhaltenen subjektiven Eindrücken, eine Schmerzhaftigkeit relativ sicher ausgeschlossen oder bestätigt werden. Dies trifft ebenso für die Zuordnung des Schmerzes zum rechten oder linken ISG zu. In Tab. 13 wurde die Übereinstimmung der anhand der ISG-Provokationstests feststellbaren Schmerzhaftigkeiten aus dem ISG mit den sonographischen oder szintigraphischen Befunden überprüft. Beachtenswert ist die Übereinstimmung der positiven klinischen Untersuchung des ISG mit den positiven szintigraphischen Befunden bei allen sechs Pferden die einer Szintigraphie unterzogen wurden.

Tab. 14: Korrelation zwischen Schmerz (Grad/Lokalisation), Läsion (Lokalisation/Art) und den Methoden der Rückenuntersuchung des Pferdes (nach Denoix 1998)

	Schmerzgrad	Lokalisation des Schmerzes	Lokalisation der Läsion	Art der Läsion
Klinische Untersuchung	++	+	±	±
Szintigraphie	+	++	+++	+
Sonographie	-	-	+	++

David et al. (2007) beschrieben die Injektionsmethoden in der Region des ISG unter Ultraschallkontrolle an Beckenpräparaten. Dyson (2006) und Bathe (2006) führen in Verdachtsfällen auf ISG-Läsionen die Lokalanästhesie des gesamten ISG-Bereiches ohne sonographische Kontrolle durch. Da bei dieser Injektion die Gefahr der Verletzung von arteriellen, venösen und nervalen Strukturen besonders hoch ist, sollte

diese Form des diagnostischen Vorgehens mit äußerster Zurückhaltung gewählt werden. Um das Injektionsrisiko zu minimieren müsste die Studie nach David et al. (2007) erneut unter klinischen Bedingungen evaluiert werden.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) spielt bei der Abklärung muskuloskeletaler Erkrankungen beim Pferd eine zunehmende Rolle (Dyson 2006). Im Bereich der Iliosakralgelenk-Diagnostik wurde sie bisher noch nicht angewendet, da zur Zeit kein geeignetes MRT-Gerät, mit dem die kaudalen Anteile des Pferdekörpers untersucht werden können, auf dem Markt angeboten wird. In der Studie von Stubbs et al. (2006) wurde das Beckenpräparat mittels MRT dargestellt. Da in der Pathologie des ISG vor allem die ISG-Bänder von großer Bedeutung sind, scheint dieses Diagnostikum für die Darstellung der Kreuzdarmbeingelenke besonders geeignet. Dennoch ist im Moment aus technischen und finanziellen Gründen nicht zu erwarten, dass in naher Zukunft entsprechend große MRT-Geräte angeboten werden. Die Szintigraphie im Stehen bietet sich weiterhin als ein besonders geeignetes bildgebendes Verfahren zur Diagnostik der Schmerzen aus dem ISG-Bereich an.

5.5 Schlussfolgerung

Mit Hilfe der vorliegenden Studie werden weitere Erkenntnisse dem momentanen Wissensstand über die Morphologie des ISG und über die klinische Untersuchung des Pferdes mit einem Verdacht auf eine ISG-Läsion hinzugefügt. Es wurde die gesamte Literatur über das ISG des Pferdes zusammengefasst und diskutiert. Des Weiteren liegen neue klinisch-morphologische Erkenntnisse vor, die als Baustein für die Erforschung dieses noch weitgehend unerforschten Themas zu verstehen sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sollen den Pferdetierärzten die Möglichkeit geben, die Komplexität des ISG und die Schwierigkeiten der Diagnostik einer ISG-Läsion besser zu verstehen. Die Übereinstimmung der positiven klinischen Untersuchung des ISG mit den positiven szintigraphischen Befunden bei allen sechs Pferden, die einer Szintigraphie unterzogen wurden, zeigt, dass mit einer standardisierten und gewissenhaften klinischen Untersuchung, mit hoher Wahrscheinlichkeit eine ISG-Erkrankung diagnostiziert werden kann.

Trotz der verfügbaren Kenntnisse über das ISG des Pferdes bleiben viele Fragen unbeantwortet. Allein durch die schlechte klinische Zugänglichkeit des ISG, die wechselnde Symptomatik und die recht erheblichen individuellen Besonderheiten ergeben sich Hindernisse in verschiedener Hinsicht. Beschwerden im ISG sind oft sehr schwer einer klaren Ursache zuzuordnen und stehen nicht selten in engem Zusammenhang mit einer Rückenerkrankung oder Lahmheit, die aufgrund von Gliedmaßenproblemen entstanden ist. Es besteht deshalb ein großer Bedarf an Untersuchungen zur Klärung der degenerativen Veränderungen im ISG und deren klinischer Relevanz.

Die im Rahmen der Studie durchgeführten Ultraschalluntersuchungen des Gelenkspaltes der Iliosakralgelenke und der dabei festgestellten Abweichungen der Gelenkspalten im Seitenvergleich bedürfen weiterer sonographischer Darstellungen in Verbindung mit pathologischen Untersuchungen. Auch ist es notwendig, die Hypothese, dass eine Fraktur des Beckens häufig eine Verletzung des ISG nach sich zieht, mit weiteren sonographischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen zu verifizieren.

Um genauere Aussagen über den Zusammenhang zwischen der klinischen Symptomatik und den sonographischen Befunden im ISG machen zu können, sind weitere klinische Studien mit einer größeren Anzahl von Pferden, welche eine szintigraphisch darstellbare ISG-Erkrankung haben, nötig. Auch wäre es sehr interessant, den Beckenbereich des Pferdes in einer zukünftigen Studie mittels MRT zu untersuchen.

Die Pferdetierärzte sollten dem ISG des Pferdes sicherlich vermehrte Beachtung schenken, damit das ISG nicht mehr nur als eine Plattform für Spekulation betrachtet wird.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund

In der veterinärmedizinischen Literatur wurde dem Iliosakralgelenk (ISG) des Pferdes bisher wenig Beachtung geschenkt. Sowohl aus anatomischer als auch aus klinischer Betrachtung stellt sich das ISG als eine sehr komplexe Struktur dar. Eine standardisierte Untersuchungsmethode liegt bislang noch nicht vor. Es existiert deshalb ein großes Bedürfnis nach einer zusammenfassenden Arbeit über das ISG des Pferdes und einem standardisierten Untersuchungsprotokoll.

Ziel

Mittels einer morphologischen Studie werden die normalen und die pathologischen Veränderungen von klinisch gesunden Iliosakralgelenken von Pferden beschrieben. Im klinischen Teil erfolgt eine umfassende Darstellung des momentanen klinischen Kenntnisstandes über das ISG des Pferdes. Mit Hilfe dieser Untersuchungen soll ein Untersuchungsprotokoll für Pferde mit Verdacht auf ISG-Erkrankung erstellt und dem Verlangen der Tierärzte nach einem Leitfaden für das Vorgehen bei Kreuzdarmbein-gelenk-Erkrankungen genüge getan werden.

Material und Methode

In der morphologischen Studie wurden 50 Gelenke von insgesamt 25 Pferden im Alter von 1,5 Monaten bis 25 Jahren beschrieben. Es wurden 12 Merkmale und deren Varianten beurteilt, sowie die Berechnung der Flächeninhalte durchgeführt und statistisch bearbeitet.

In der klinischen Studie wurden anhand von 20 Fallbeispielen aus dem eigenen Patientengut die klinischen Symptome und die sonographischen und szintigraphischen Befunde einer ISG-Erkrankung dargestellt.

Ergebnisse

Ergebnisse der morphologischen Studie: Es wurden bei vier Pferden Zubildungen am kaudalen Gelenkrand gefunden, allerdings zeigte keines der Tiere anamnestisch eine Lahmheit oder Schmerzen aus dem ISG-Bereich. Keines der Pferde wurde im

Sport genutzt. Man kann deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit sagen, dass es sich bei diesen Pferden um physiologisch bedingte Zubildungen handelt, welche auf das fortgeschrittene Alter der Tiere zurückzuführen sind. Für Veränderungen des Gelenkknorpels spielt das Alter der Pferde die größte Rolle. Die klinische Relevanz der Aussage, dass die *intra vitam* Diagnose einer Arthrose des ISG anhand radiologisch oder sonographisch sichtbarer Zubildungen feststellbar ist, lässt sich auf Grund der Ergebnisse dieser Studie als spekulativ ansehen. Die Analyse der Flächeninhalte der Gelenkflächen zeigte einen exponentiellen Zusammenhang zwischen dem Stockmaß der Pferde und der Flächeninhalte, sowie eine große Übereinstimmung zwischen den sakralen und den iliakalen Gelenkflächen (Korrelationskoeffizient $r = 0,83$).

Ergebnisse der klinischen Studie

Bei der Diagnose von ISG-Erkrankungen haben die Schmerzprovokationstests eine gute Validität und Reliabilität. Zur Untersuchung des ISG kommen in dieser Studie der dorsoventrale, der laterale ISG-Provokationstest, der ISG-Kompressionstest und die Ausübung von Druck auf den Kreuzhöcker zum Einsatz. Als bildgebendes Verfahren zur Darstellung einer ISG-Erkrankung zeigte sich die Szintigraphie am geeignetsten. Des Weiteren wurde auf die Bedeutung eines möglichst genauen Vorberichts hingewiesen und das auffallend häufige Umspringen in den Kreuzgalopp bei Pferden mit Schmerzen aus dem ISG-Bereich hervorgehoben. Das erarbeitete Untersuchungsprotokoll wird als Leitfaden für praktizierende Tierärzte angeboten.

Schlussfolgerungen

Anhand der vorliegenden Arbeit kann der aktuelle Kenntnisstand über die Morphologie des Kreuzdarmbeingelenks und die klinische Diagnostik der ISG-Erkrankung nachvollzogen werden. Auf Basis der Ergebnisse dieser Arbeit wird den Pferdetierärzten im deutschsprachigen Raum die Möglichkeit gegeben, die Veränderungen im ISG und die Schwierigkeiten der Diagnostik der ISG-Läsionen besser zu verstehen. Es besteht eine hohe Übereinstimmung der positiven klinischen Untersuchung mit der Szintigraphie, sofern ein standardisiertes klinisches Vorgehen gewissenhaft erfolgt.

7 SUMMARY

Sacroiliac joint of the horse: morphologic and clinical study

Introduction

Historically within veterinary publications there has been limited emphasis placed upon the sacroiliac joint (SIJ) of the horse. Both anatomical and clinical observations identify this joint as an extremely complex structure. Until this point, a standardized method of its examination has not been configured. Consequently, there is a growing need for cooperative research and standardized physical examination protocol.

Objective

In the morphologic part of the study, physiologic and pathologic changes of clinical healthy SIJs of horses have been described. In the clinical part of the study, a comprehensive presentation of the current clinical knowledge of the SIJs of horses has been generated. The aim of this study was to meet the need of veterinarians for a diagnostic procedure of examining horses with SIJ-disease (SIJD) by creating a standardized examination protocol of a horse with suspected SIJD.

Material and Methods

In the morphologic study 50 joints from a total of 25 horses between the age of 1.5 months and 25 years old have been characterized. A total of 12 features and their variations have been described. Measurements of the surface area have also been performed and statistically analyzed.

In the clinical study the clinical symptoms and ultrasonographic and scintigraphic findings of SIJD have been presented based on 20 examined cases.

Results

The results of morphologic study: In 4 horses a spur formation at the caudal edge of joint margin has been found, however historically none of those animals had shown signs of lameness or pain with an origin in SIJ. None of the horses had been previously exposed to sport. It can be considered with a high probability, that the spur formation was caused by the physiologic process and directly related to the

advanced age of the animals. The incidence of pathologic changes of articular cartilage increases with horses' age. The clinical relevance of the statement that the osteoarthritis of SIJ can be diagnosed *intra vitam* on the basis of new bone formation images obtained through radiology or ultrasonography should be viewed, based upon the results of this study, as speculation. The analysis of the surface area of the articular surfaces shows an exponential correlation between the withers height of the horse and the surface area, as well as a relationship between the sacral and the iliac joint surface area (correlation coefficient $r = 0,83$).

The results of clinical study: In the diagnosis of SIJD, the pain provoking tests provide a good validity and reliability. In examining the SIJ the dorsoventral and lateral sacroiliac stress test, the SIJ-compression test and pressure applied over the tubera sacralia have been used. Scintigraphy proves to be the optimal method of diagnostic imaging for SIJD. Furthermore the importance of collecting as detailed as possible medical history has been emphasized and a noticeable frequent disunited canter of horses with pain associated with SIJ-region has been pointed out. The examination protocol has been created and can be used as a guideline for practicing veterinarians.

Conclusions

The present study reviews and demonstrates the current state of knowledge concerning the morphology of the SIJ and the clinical diagnosis of the SIJD. As a result of this research the German speaking veterinarians are given the opportunity to improve the understanding of the pathology of the SIJ and difficulties of diagnosis the SIJD. There is a strong correlation between the effective clinical examinations and the scintigraphy provided that the standardized clinical procedure had been followed.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Adams, O. R. (1969): Subluxation of the sacro-iliac joint in horses. Proceedings of the 15th Am Assoc Equine Practit Conv, 198-207

Bathe, A. (2006): Persönliche Mitteilung

Bowen, V., Cassidy, J. D. (1981): Macroscopic and microscopic anatomy of the sacroiliac joint from the embryonic life until eighth decade. Spine, 6, 552-556

Breit, S., Künzel, W. (2001): On biomechanical properties of the sacroiliac joint in purebred dogs. Ann Anat, 183, 145-150

Bromiley, M. W. (1993): Equine Injury, Therapy and Rehabilitation, 2. Aufl. Blackwell Science, Oxford, 192

Bromiley, M. W. (1995): Physiotherapie in der Veterinärmedizin. Enke Verlag, Stuttgart, 42, 68

Butler, J. A., Colles, C. M., Dyson, S. J., Kold, S. E., Poulus, P. W. (2000): Clinical Radiology of the Horse, 2. Aufl. Blackwell Science, Oxford, 457-478

Cassidy, J., D., Townsend, H. G. G. (1985): Sacroiliac joint strain as a cause of back and leg pain in man- implication for a horse. Proceedings of the 31st Am Assoc Equine Practit Conv, 317-333

Cauvin, E. (1997): Assesement of back pain in horses. In Practice, 19, 522-533

Crawford, (1982): A controversy on mechanics of sacroiliac arthrosis in the horse. Can Vet J, 23, 143-144

Dalin, G. (1984): On the back of the horse. A morphological, clinopathological and experimental study with special reference to the sacroiliac joint. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala

Dalin, G., Jeffcott L. B. (1986a): Sacroiliac Joint of the Horse. 1. Gross morphology. Anat Histol Embryol 15, 80-94

Dalin, G., Jeffcott L. B. (1986b): Sacroiliac Joint of the Horse. 2. Morphometric features. Anat Histol Embryol 15, 97-107

Dalin, G., Magnusson, L.-E., Thafvelin, B. C. (1985): Retrospective study of hindquarter assymetry in Standardbred Trotters and its correlation with performance. Equine Vet J, 17, 292-296

David, F., Cousty, M., Rossier, Y. (2007): How to do ultrasound-guided injection of the sacroiliac region in horses. Proceedings of the 53rd Am Assoc Equine Practit Conv, 430-432

Degueurce, C., Château, H., Denoix, J.-M. (2004): In vitro assesement of movements of the sacroiliac joint in the horse. Equine Vet J, 36, 694-698

Denoix, J.-M. (1992): Aspects fonctionnelles des regions lombo-sacrale et sacro-iliaque du cheval. Pract Vet Equine, 24, 13-21

Denoix, J.-M. (1996): Ligament injuries of the axial skeleton in the horse: supraspinal and sacroiliac desmopathies. Proceedings of the 1st Dubai Int Equine Symposium, 273-286

Denoix, J.-M. (1998): Diagnosis of the cause of back pain in horses. Proceedings of the CESMAS, 97-110

Denoix, J.-M. (1999): Ultrasonographic evaluation of back lesions. Vet Clin North Am: Equine Praticce 15, 131- 159

Denoix, J.-M. (2003): Diagnosis of sacroiliac lesions in horses. XV. Tagung über Pferdekrankheiten-Equitana 2003

Denoix, J.-M., Coudry, V. (2005): Diagnosis and treatment of lumbosacral and sacroiliac pain in horses. XVI. Tagung über Pferdekrankheiten-Equitana 2005

Denoix, J.-M., Pailloux, J.-P. (2000): Physiotherapie und Massage bei Pferden. Bewegungstherapie nach den Gesetzen der Biomechanik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 173,190

Denoix, J.-M., Audigié, F., Robert, C. (2001): Functional anatomy of the equine pelvis. Proceedings of the 7th Geneva Congress Equine Med Surgery, 21-23

Denoix, J.-M., Audigié, F., Coudry, V. (2005a): Review of diagnosis and treatment of lumbosacral pain in sport and race horses. Proceedings of the 51st Am Assoc Equine Pract Conv

Denoix, J.-M., Coudry, V., Pasquet, H. (2005b): Diagnose von Iliosakralgelenk-Läsionen mittels Ultraschall. Pferde Spiegel, 3, 107-112

Dyson, S. J. (2004): Pain associated with the sacroiliac joint region: a diagnostic challenge. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Pract Conv

Dyson, S. J. (2006): Persönliche Mitteilung

Dyson, S. J., Murray, R. C. (2003) : Pain associated with the sacroiliac joint region: a clinical study of 74 horses. Equine Vet J, 35, 240-245

Dyson, S. J., Murray, R. C. (2004): Clinical features of pain associated with the sacroiliac joint region: a European Perspective. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Pract Conv

Dyson, S. J., Branch, M., Murray, R. C., Wood, J. (2001): Sacroiliac pain: is definitive diagnosis possible? Proceedings of the 7th Congress Equine Med Surgery, 84-92

Dyson, S. J., Murray, R., Branch, M., Whitton, C., Donovan, T., Harding, E. (2003a): The sacroiliac joint: evaluation using nuclear scintigraphy. Part 1: The normal horse. Equine Vet J, 35, 226-232

Dyson, S. J., Murray, R., Branch, M., Whitton, C., Donovan, T., Harding, E. (2003b): The sacroiliac joint: evaluation using nuclear scintigraphy. Part 2: The lame horse. Equine Vet J, 35, 233-239

Dyson, S. J., Murray, R., Branch, M. (2004): Use and limitations of nuclear scintigraphy for evaluation of the sacroiliac region. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Pract Conv

Easton, S. (2001): The influence of clinical examination on bone scintigraphy findings in the equine case. Vet Radiol Ultrasound, 42, 184

Ekman, S., Dalin, G., Olsson, S.-E., Jeffcott, L. B. (1986): Sacroiliac Joint of the Horse 3. Histological appearance. Anat Histol Embryol 15, 108-121

Eliashar, E. (2002): The use of bone scintigraphy in back and pelvic problems. Proceedings of the 4th Maastricht International Congress on Equine Medicine, 30-31

Engeli, E., Haussler, K. K. (2004): Review of sacroiliac injection techniques. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Practit Conv

Engeli, E., Haussler, K. K., Erb, H. N.(2002): How to inject the sacroiliac joint region in horse. Proceedings of the 48th Am Assoc Equine Practit Conv

Engeli, E., Haussler, K. K., Erb, H. N. (2004a): Development and validation of the periarticular injection technique of the sacroiliac joint in horses. Equine Vet J, 36, 324-330

Engeli, E., Haussler, K. K., Erb, H. N. (2004b): Review of sacroiliac injection techniques. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Pract Conv

- Engeli, E., Yeager, A., Haussler, K. K. (2004c):** Use and limitations of ultrasonography in sacroiliac disease. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Practit Conv
- Engeli, E., Yeager, A. E., Erb, H. N, Haussler, K. K. (2006):** Ultrasonographic technique and normal anatomic features of the sacroiliac region in horses. Vet Radiol Ultrasound, 47, 391-403
- Erichsen, C., Berger, M. (2001):** Pitfalls in interpretation of the equine pelvic scintigrams caused by soft tissue attenuation. Vet Radiol Ultrasound, 42, 179
- Erichsen, C., Berger, M., Eksell, P. (2002):** The scintigraphic anatomy of the equine sacroiliac joint. Vet Radiol Ultrasound, 43, 287-292
- Erichsen, C., Eksell, P., Widström, C., Berger, M., Roethlisberger, K., Johnston, C. (2003):** Scintigraphy of the sacroiliac joint region in asymptomatic riding horses: scintigraphic appearance and evaluation of method. Vet Radiol Ultrasound, 44, 699-706
- Faber-Meinders, M. J. (2001):** Kinematics of the equine back during locomotion. Doctoral Thesis, Utrecht University
- Fürst, A. (2001):** Rückenerkrankungen beim Pferd. Vorlesungsunterlagen, Veterinärchirurgische Klinik der Universität Zürich
- Geburek, F. (2007):** Ultrasonographische Diagnostik bei Erkrankungen in der Beckenregion des Pferdes. Pferdeheilkd, 23, 435-436
- Getty, R. (1975):** Sisson and Grossman's The Anatomy of the Domestic Animals. 5. Aufl. W.B. Saunders, Philadelphia, 255-266, 296-304, 326-363
- Gillis, S. (1999):** Spinal ligament pathology. Vet Clin North Am: Equine Pract, 15, 97-101
- Goff, L. M., Jasiewicz, J., Jeffcott, L. B., Condie, P., McGowan, T. W., McGowan, C. M. (2006):** Movement between the equine ilium and sacrum: *in vivo* and *in vitro* studies. Equine Vet J, Suppl, 26, 457-461

Gorgas, D., Lang, J., Doherr, M. G., Ueltschi, G. (2006): Radiographic presentation of the equine sacroiliac region. Proceedings of the IVRA/ACVR

Gorgas, D., Kircher, P., Doherr, M. G., Ueltschi, G., Lang, J. (2007): Radiographic technique and anatomy of the equine sacroiliac region. Vet Radiol Ultrasound, 48, 501-506

Gregory, C. R., Cullen, J. M., Pool, R., Vasseur, P. B. (1986): The canine sacroiliac joint. Preliminary study of anatomy, histopathology and biomechanics. Spine, 11, 1044-1048

Grubelnik, M. (2001): Die sonographische Darstellung der Hüftgelenkregion und des knöchernen Beckens beim Rind. Inaugural- Dissertation, Veterinärmedizinischen Universität Wien

Gundel, M., Schatzmann, U. (1997): Rückenprobleme beim Pferd: 3. Vorschlag eines klinischen Untersuchungsprotokolls zur Abklärung einer Rückenproblematik beim Reitpferd. Pferdeheilkd, 13, 213-221

Hantak, E., Horvath, J. (1982): Ein Beitrag zur Beckenfraktur beim Pferd mit 2 Fallberichten. Berl Münch Tierärztl Wochenschr., 95, 201-208

Hardy, J., Marcoux, M. (1985): L'Arthrose sacro-iliaque chez le cheval Standardbred. Med Vet Quebec, 15, 185-189

Haussler, K. K. (1996): The lower back and pelvis of performance horses receive a closer look. J Eq Vet Sci, 7, 279-281

Haussler, K. K. (1999): Anatomy of the thoracolumbar vertebral region. Vet Clin North Am: Equine Pract, 15, 13-26

Haussler, K. K. (2003): Diagnosis and management of sacroiliac joint injuries. In: Ross, M. W., Dyson, S. J.: Lameness in the Horse. Saunders, Philadelphia, 501-508

Haussler, K. K. (2004a): Functional anatomy and pathophysiology of sacroiliac joint disease. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Practit Conv

Haussler, K. K. (2004b): Treatment options for sacroiliac joint disease. Proceedings of the 50th Am Assoc Equine Practit Conv

Haussler, K. K., Stover, S. (1998): Stress fractures of the vertebral lamina and pelvis in Thoroughbred racehorses. Equine Vet J, 30, 74-381

Haussler, K. K., Stover, S., Willits, N. H. (1999): Pathologic changes in the lumbosacral vertebrae and pelvis in Thoroughbred racehorses. AVJR, 60, 143-153

Hendrickson, D. A. (2002): Kap. 15: The Pelvis. In: Stashak, T. S.: Adams' lameness in horses. 5. Aufl. Lippincott Williams&Wilkins, Baltimore, 1044-1052

Henklewski, R., Ratajczak, K., Janeczek, M., Pospieszny, N., Wojnar, M., Chrószcz, A. (2005): Ostre zapalenie więzadła krzyżo-biodrowego dogrzebietowego krótkiego u koni (Acute inflammation of the short dorsal sacroiliac ligament in horses). Med Wet, 61, 1068-1070

Huskamp, B., Nowak, P. (1988): Insertion-desmopathies in the horse and some of their localisations. Pferdeheilkd, 4, 3-12

Jeffcott, L. B. (1978): Klinische und röntgenologische Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen des Pferdes. Der praktische Tierarzt, 4, 272-28

Jeffcott, L. B. (1979): Back problems in the horse- a look at past, present and future progress. Equine Vet J, 11, 129-136

Jeffcott, L. B. (1980): Disorders of the thoracolumbar spine of the horse- a survey of 443 cases. Equine Vet J, 12, 197-210

Jeffcott, L. B. (1982): Pelvic lameness in the horse. Equine Pract, 4, 21-47

Jeffcott, L. B. (1983): Radiographic appearance of equine lumbosacral and pelvic abnormalities by linear tomography. Vet Radiol, 24, 201-213

Jeffcott, L. B. (1985a): The examination of a horse with a potential back problem. Proceedings of the 31st Am Assoc Equine Practit Conv, 271-284

Jeffcott, L. B. (1985b): Conditions causing thorakolumbar pain and dysfunction in horses. Proceedings of the 31st Am Assoc Equine Practit Conv, 285-296

Jeffcott, L. B. (1993): Rückenprobleme des Athleten "Pferd". Pferdeheilkd, 9, 143-150, 223-236

Jeffcott, L. B., Dalin, G. (1980): Natural rigidity of the horse's backbone. Equine Vet J, 12, 101-108

Jeffcott, L. B., Dalin, G. (1986): The sacroiliac joint of the horse and chronic changes associated with poor competitive performance. Proceedings of the 31st Am Assoc Equine Practit Conv, 335-351

Jeffcott, L. B., Haussler, K. K. (2004): Kap. 21: Back and pelvis . In: Hincliff, K. W., Kaneps, A. J., Geor, R. J.: Equine Sports Medicine and Surgery. Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete. Saunders, Missouri, 433-474

Jeffcott, L. B., Dalin, G., Ekman, S., Olsson, S.-E. (1985): Sacroiliac lesions as a cause of chronic poor performance in competitive horses. Equine Vet J, 17, 111-118

Kersten, A. (2003): Sonoanatomische Darstellung der Iliosakralregion des Pferdes. Tiermedizinische Dissertation, Veterinärmedizinischer Universität Wien

Kersten, A., Edinger, J. (2004): Ultrasonographic examination of the equine sacroiliac region. Equine Vet J, 36 (7), 602-608

Kissling, R., Michel, B. A. (Hrsg.) (1997): Das Sacroiliacalgelenk. Grundlagen, Diagnostik und Therapie. Enke Verlag, Stuttgart

Knight, P. K., Evans, D L.. (2000): Clinical abnormalities detected in post-race examinations of poorly performing Standardbreds. Aust Vet J, 78, 344-346

König, H. E., Liebich, H. G. (2001): Anatomie der Haussäugetiere. Band I. Bewegungsapparat. 2 Aufl., Schattauer, Stuttgart, 210, 225-226

Landman, M. A. A. M., De Blauuw, J. A., van Weeren, P. R., Hofland, L. J. (2004): Field study of the prevalence of lameness in horses with back problems. Vet Rec, 155, 165-168

Luder, P. (2007): Correlation of the scintigraphic assessment and radiographic appearance of the equine sacroiliac region. Tiermedizinische Dissertation, Vetsuisse-Fakultät Universität Bern

Marks, D. (1997): Notes on treatment and management of thoracolumbar pain in the horse. Proceedings of the 43rd Am Assoc Equine Practit Conv, 353-357

Marks, D. (1999): Medical management of back pain. Vet Clin North Am: Equine Pract, 15, 179-194

Marks, D. (2000): Conformation and soundness. Proceedings of the 46th Am Assoc Equine Practit Conv, 39-44

Martin, B. B., Klide, A. (1999): Physical examination of horses with back pain. Vet Clin N Am: Equine Pract, 15, 61-69

Misheff, M. M. (2003): Kap. 119. Lameness in endurance horses. In: Ross, M. W., Dyson, S. J.: Lameness in the Horse. Saunders, Philadelphia, 996-1002

Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E. (2004): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I. Bewegungsapparat. 8 Aufl., Parey Verlag, Stuttgart, 258-260

Nomina Anatomica Veterinaria (2005): International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (Hrsg). 5. Aufl. Editorial Committee, Hannover

Nowak, M. (2006): Kap. 39.5.1 Krankheiten des Kreuz-Darmbein-Gelenks. In: Dietz, O. u. Huskamp, B. (Hrsg.): Handbuch Pferdepraxis, 3. Aufl. Enke Verlag, 827-828

Pilsworth, R. C. (1992): Can a pelvic fracture in a horse be detected by probe scintigraphy? Vet Rec, 131, 123-125

Pilsworth, R. C. (2003): Kap. 51: Diagnosis and management of pelvic fractures in the thoroughbred racehorse. In: Ross, M. W., Dyson, S. J.: Diagnosis and management of lameness in the horse. Saunders, Philadelphia, 484-490

Phillip, M., Ueltschi, G. (1998): Scintigraphical quantification of the sacroiliac joint in horses. Proceedings of the Europ Assoc Vet Diag Imag Meeting

Pilsworth, R. C., Holmes, M. A., Sheperd, M. (1993): An improved method for the scintigraphic detection of acute bone damage to the equine pelvis by probe point counting. Vet Rec, 133, 490-495

Pilsworth, R. C., Sheperd, M. C., Herinck, B. M. B., Holmes, M. A. (1994): Fracture of the wing of the ilium, adjacement to the sacroiliac joint, in Thoroughbred racehorses. Equine Vet J, 26, 94-99

Ranner, W. (1997): Das "Rückenproblem" beim Pferd. Eigene Untersuchungen und kritische Betrachtungen. Tiermedizinische Dissertation, LMU München

Ranner, W., Gerhards, H. (2001): Diagnostik bei Verdacht auf Rückenerkrankungen beim Pferd. Pferdeheilkd 17, 225-232

Ranner, W., Gerhards, Klee, W. (2002): Diagnostische Validität der Palpation bei Pferden mit Rückenproblemen. Berl Münch Tierärztl Wochenschr, 114, 420-424

Reef, V. B. (1992): Diagnosis of pelvic fractures in horses using ultrasonography. Vet Radiol Ultrasound, 33, 121

- Riegel, R. J., Hakola, S. E. (1999):** Bild-Text-Atlas zur Anatomie und Klinik des Pferdes. Bewegungsapparat und Lahmheit. Schlütersche, Hannover, 162, 224-225
- Rooney, J. R. (1977):** Sacroiliac arthrosis and "stifle lameness". Modern Veterinary Practice, 58, 138-139
- Rooney, J. R. (1979):** Sacroiliac luxation. Modern Veterinary Practice, 60, 45-46
- Rooney, J. R. (1981):** The cause and prevention of sacroiliac arthrosis in the Standardbred horse: a theoretical study. Can Vet J, 22, 356-358
- Rooney, J. R. (1982):** The horse's back: biomechanics of lameness. Eq Pract, 4, 17-27
- Rooney, J. R., Delaney, F. M., Mayo, J. A. (1969a):** Sacoiliac luxation in the horse. Equine Vet J, 1, 287-289
- Rooney, J. R., Delaney, F. M., Mayo, J. A. (1969b):** Sacroiliac luxation in the horse. Proceedings of the 15th Am Assoc Equine Practit Conv, 193-198
- Rümens, D., Patan, B., Probst, A., Polsterer, E., Macher, R., Stanek, C., König, H. K. (2007):** Der iliosakrale Übergang – Ein Problembereich des Pferderückens. Pferdeheilkd, 23, 21-26
- Salomon, F.-V., Geyer, H., Gille, U. (2005):** Anatomie für Tiermedizin. Enke Verlag, Stuttgart, 117, 136
- Schramme, M. C., Webbon, P. M. (1994):** Kap. 14C: Diagnostic imaging in the athletic horse: scintigraphy. In: Hodgson, D. R., Rose, R. J.: The Athletic Horse: Principles and Practise of Equine Medicine. W.B. Saunders, Philadelphia, 327-341
- Sheperd, M. C., Pilsworth, R. C., Hopes, R., Steven, W. N., Bathe, A. P. (1994):** Clinical signs, diagnosis, management and outcome of complete and incomplete fracture to the ilium: a review of 20 cases. Proceedings of the 40th Am Assoc Ejiune Practit Conv, 177-180

Slipman, C., Jackson, H., Lipetz, J., Chan, K., Lenrow, D., Vresilovic, E. (2000): Sacroiliac joint pain referral zones. Arch Phys Med Rehabil, 81, 334-338

Solonen, K. A. (1957): The sacroiliac joint in the light of anatomical, roentgenological and clinical studies. Acta Orthop Scand Suppl, 27, 1-127

Speirs, V. C. (1994): Kap. 15: Lameness: approaches to therapy and rehabilitation. In: Hodgson, D. R., Rose, R. J.: The Athletic Horse. Principles and Practise of Equine Medicine. W. B. Saunders, Philadelphia, 343-370

Stadler, P. (2007): Röntgendiagnostik bei Erkrankungen in der Beckenregion des Pferdes. Pferdeheilk, 23, 436-437

Stadtbäumer, G., Nowak, M. (1995): Diagnostik von Erkrankungen des Kreuzdarmbein-gelenkes. XI. Tagung über Pferdekrankheiten- Equitana 1995

Steckel, R. R. (1991): The role of scintigraphy in lameness evaluation. Vet Clin N Am: Equine Pract, 7, 207-239

Steckel, R. R., Kraus-Hausen, A. E., Feckelmann, G. E., Mitchell, S. M. (1992): Scintgraphic diagnosis of thoracolumbar spinal disease in horses: a review of 50 cases. Proceedings of the 37th Am Assoc Equine Practit Conv, 583-591

Stodulka, R. (2006): Medizinische Reitlehre. Trainingsbedingte Probleme verstehen, vermeiden, beheben. Parey, Stuttgart, 216-217

Stubbs, N. C., Hodges, P. W., Jeffcott, L. B., Gowin, G., Hodgson, D. R., McGowan, C. M. (2006): Functional anatomy of the caudal thoracolumbar and lumbosacral spine in the horse. Equine Vet J, Suppl, 36, 393-399

Tomlinson, J. E., Turner, T. A., Feeney, D. A. (2001): Detailed ultrasonographic mapping of the pelvis in clinically normal horses and ponies. AJVR, 62, 1768-1775

Tomlinson, J. E., Sage, A. M., Turner, T. A. (2003): Ultrasonographic abnormalities detected in the sacroiliac area in twenty cases of upper hindlimb lameness. Equine Vet J, 35, 48-54

Townsend, H. G. G., Leach, D. H., Doige, C. E., Kirkaldy-Willis, W. H. (1986): Relationship between spinal biomechanics and pathological changes in the equine thoracolumbar spine. Equine Vet J, 18, 107-112

Tucker, R. L., Schneider, R. K., Sondhof, A. H., Ragle, C. A., Tyler, J. W. (1998): Bone scintigraphy in the diagnosis of sacroiliac injury in twelve horses. Equine Vet J, 30, 390-395

Turner, T. A. (2003): Back problems in horses. Proceedings of the 49th Am Assoc Equine Pract Conv

Ueltschi, G. (1977): Bone and joint imaging with ^{99m}Tc labelled phosphates as a new diagnostic aid in veterinary orthopaedics. J Am Vet Radiol Sc, 18, 80-84

Ueltschi, G. (1980): Die Skelettszintigraphie beim Pferd. Habilitationsschrift, Veterinärmedizinische Fakultät d. Indospitals Bern

Vleeming, A., Stoeckart, R., Volkers, A. C. W., Snijders, C. J. (1990): Relation between form and function in the sacroiliac joint, part I; clinical anatomical aspects. Spine, 13, 130-132

Weaver, M. P., Jeffcott, L. B., Nowak, M. (1999): Radiology and scintigraphy. Vet Clin N Am: Equine Pract, 15, 113-139

van Weeren, P. R. (2004): Structure and biomechanical concept of the equine back. Pferdeheilkd, 20, 341-348

Weisl, H. (1954): The articular surfaces of the sacroiliac joint and their relation to the movement of the sacrum. Acta Anat, 22, 1-14

Wissdorf, H., Gerhards, Huskamp, B., Deegen, E. (2002): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. 2. Aufl., Schaper Alfeld, Hannover, 592-593

Tab. I: Ergebnisse der morphologischen Untersuchung

Nr.	Kriterium	Varianten	Gelenkfläche (n=100)			
			<i>Os sacrum (n=50)</i>		<i>Os ilium (n=50)</i>	
			<i>links</i>	<i>rechts</i>	<i>links</i>	<i>rechts</i>
1	Gelenkrand	regelmäßig	10	10	10	9
		unregelmäßig	15	15	15	16
2	Durchtrennung der Gelenkfläche	nicht vorhanden	20	21	21	22
		unvollständig	3	1	3	-
		vollständig	2	3	1	3
3	Abgrenzung des Gelenkrandes	klar	24	21	18	20
		unklar	1	4	7	5
4	Zeichen von knöchernen Zubildungen	nicht vorhanden	24	23	24	22
		geringgradige am kaudalen Gelenkrand	-	1	-	1
		mittelgradige am kaudalen Gelenkrand	1	-	-	-
		hochgradige am kaudalen Gelenkrand	-	1	1	2
5	Gelenkoberfläche	glatt	16	15	20	17
		uneben	9	10	5	8
6	Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels	nicht vorhanden	11	13	11	13
		vorhanden	14	12	14	12
7	Vertiefungen am Knorpel	nicht vorhanden	9	8	10	9
		vorhanden	16	17	15	16
8	Einfaltung des Knorpels	nicht vorhanden	8	9	8	8
		vorhanden	17	16	17	17
9	Bereiche mit Knorpelerosion	nicht vorhanden	21	20	21	15
		vorhanden	4	5	4	10
10	Fibröse Fasern	nicht vorhanden	23	22	23	23
		vorhanden	2	3	2	2
11	Amorphe Ablagerungen	nicht vorhanden	16	19	14	14
		vorhanden	9	6	11	11
12	Abschürfungslinien	nicht vorhanden	21	20	14	13
		vorhanden	4	5	11	12

Tab. II: Ergebnisse der Flächenberechnung

Pferd Nr.	Stockmaß [cm]	linkes ISG		rechtes ISG	
		sakrale Gelenkfläche [cm ²]	iliakale Gelenkfläche [cm ²]	sakrale Gelenkfläche [cm ²]	iliakale Gelenkfläche [cm ²]
1	83	5,54	6,06	5,52	6,02
2	139	9,14	8,3	10,38	10,51
3	159	9,75	15,2	11,91	15,36
4	173	15,62	16,95	14,69	11,8
5	105	5,8	7,97	5,16	7,1
6	145	12,87	12,18	7,89	9,57
7	170	10,16	11,01	5,87	6,03
8	162	10,16	14,84	12,04	10,88
9	160	21,8	28,24	15,61	16,68
10	161	17,96	18,45	16,22	15,96
11	165	15,52	11,98	13,3	15,41
12	164	19,81	28,34	12,2	23,78
13	165	17,77	13,2	17,61	17,84
14	159	10,19	8,8	9,9	16,67
15	166	12,67	11,97	13,22	14,35
16	151	9,66	9,71	9,54	9,88
17	140	6,62	6,65	7,16	6,93
18	161	14,23	14,97	7,81	7,59
19	158	14,22	16,98	17,4	17,19
20	167	20,58	22,54	25,39	21,9
21	139	6,1	5,49	10,91	10,58
22	162	15,38	11,03	8,93	10,61
23	161	25,11	21,67	24,53	21,04
24	162	13,76	14,18	12,57	13,69
25	167	12,09	17,89	17,59	18,96

Befundbogen zum Ankreuzen der Befunde der morphologischen Untersuchung

Pferd Nr.:			Gelenkfläche			
Nr.	Kriterium	Varianten	<i>Os sacrum</i>		<i>Os ilium</i>	
			<i>links</i>	<i>rechts</i>	<i>links</i>	<i>rechts</i>
1	Gelenkrand	regelmäßig				
		unregelmäßig				
2	Durchtrennung der Gelenkfläche	nicht vorhanden				
		unvollständig				
		vollständig				
3	Abgrenzung des Gelenkrandes	klar				
		unklar				
4	Zeichen von knöchernen Zubildungen	nicht vorhanden				
		geringgradige am kaudalen Gelenkrand				
		mittelgradige am kaudalen Gelenkrand				
		hochgradige am kaudalen Gelenkrand				
5	Gelenkoberfläche	glatt				
		uneben				
6	Bereiche mit Verdünnung des Gelenkknorpels	nicht vorhanden				
		vorhanden				
7	Vertiefungen am Knorpel	nicht vorhanden				
		vorhanden				
8	Einfaltung des Knorpels	nicht vorhanden				
		vorhanden				
9	Bereiche mit Knorpelerosion	nicht vorhanden				
		vorhanden				
10	Fibröse Fasern	nicht vorhanden				
		vorhanden				
11	Amorphe Ablagerungen	nicht vorhanden				
		vorhanden				
12	Abschürfungslinien	nicht vorhanden				
		vorhanden				

ALLGEMEINE ANAMNESE**1. Welches Problem liegt vor?**

Welche Symptome sind aufgefallen?

Wann sind die Symptome zum ersten Mal aufgefallen?

2. Wie haben sich die Symptome gezeigt?

plötzlich schleichend unbekannt

sonstiges:

Entwicklung der Symptome:

verbessert verschlechtert unverändert

3. Liegt ein spezieller Verdacht auf die Verletzung/Erkrankung vor?

nein ja – weil...

4. Wo hat sich das Pferd die Verletzung/Erkrankung zugezogen?

- Pferd war alleine in der Box/Koppel
 Pferd war mit anderen Pferden/Tieren zusammen
 beim Reiten/Training
 beim Transport (vor / während / nach)
 sonstiges:

5. Sind vorher bereits ähnliche Probleme aufgetreten?

nein ja – wann?

6. Wurden bei anderen Pferden ähnliche Symptome festgestellt?

nein ja – welche?

7. Wurde eine Therapie durchgeführt?

nein ja – von wem? _____
– womit?

SPEZIELLE ANAMNESE – LAHMHEITSUNTERSUCHUNG**8. Wie wird das Pferd genutzt?**

Wird das Pferd in Leistungsprüfungen/Turniere vorgestellt?

nein ja – Leistungsklasse: _____

Wurde das Pferd in der Vergangenheit zu anderen Zwecken genutzt?

9. Aufbau des wöchentlichen Trainingsprogramms:**10. Wurde vor Auftreten der Symptome eine Umstellung im Trainingsprogramm durchgeführt?**

nein ja – welche?

11. Hat sich das Gangbild vor Auftreten der Symptome verändert?

nein ja – in welcher Form?

12. Wurde vor Auftreten der Symptome eine Bewegungspause eingelegt?

nein ja – wie lange: _____ Tage / Wochen / Monate

– hat das Pferd nach dieser Zeit beim frei Laufen,
Longieren oder unter dem Sattel gebuckelt?

nein ja

13. Konnte eine Entlastungshaltung in Ruhe festgestellt werden?

nein ja – welche Gliedmaße?

14. Die Symptome werden durch Training

schlechter besser bleiben unverändert
 sonstiges:

15. Die Veränderung der Symptomatik wird nach Boxenruhe

schlechter besser keine Veränderung
 sonstiges:

16. Auf welchem Boden wird das Pferd gearbeitet?

Wie ist der Boden beschaffen?

Wurde das Pferd in letzter Zeit auf anderem Boden trainiert ?

nein ja – welche Beschaffenheit?

17. Wann war der letzte Beschlag/Hufkorrektur?

Wurde in letzter Zeit der Hufschmied/Hufpfleger/Huftherapeut gewechselt? nein ja – wann? _____

– wer? _____

18. Wurde in den letzten sechs Monaten der Beschlag geändert?

nein ja – was wurde verändert?

– aus welchem Grund?

Seit wann wird der bestehende Hufbeschlag verwendet?

19. Sonstiges:

ISG-BEREICH UNTERSUCHUNGSPROTOKOLL DES PFERDES

SEITE 2

SPEZIELLE ANAMNESE – RÜCKEN & ISG-BEREICH

20. Geht der Symptomatik ein Unfall/Sturz voraus? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – detaillierte Beschreibung:	28. Sind in Verbindung mit der Symptomatik Verhaltensänderung aufgefallen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
21. Zeigt das Pferd Besonderheiten beim Hinlegen in der Box? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	29. Zeigt das Pferd Ungehorsam beim Springen <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
22. Zeigt das Pferd Besonderheiten beim Wälzen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	30. Sind Besonderheiten beim Springen von Kombinationen aufgefallen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
23. Wurden Schwierigkeiten im Bereich der Hintergliedmaßen beim Urin- oder Kotabsatz beobachtet? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	31. Sind Besonderheiten beim Springen eines Oxers aufgefallen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
24. Zeigt das Pferd Besonderheiten beim Aufheben der Hintergliedmaßen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	32. Sind Besonderheiten beim Springen von Wassergräben aufgefallen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
25. Zeigt das Pferd Besonderheiten beim Putzen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	33. Sind Besonderheiten beim Springen von Geländesprüngen aufgefallen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
26. Zeigt das Pferd Besonderheiten beim Satteln? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	34. Neigt das Pferd über die Sprünge zu rennen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – detaillierte Beschreibung:
27. Zeigt das Pferd Besonderheiten beim Gurten? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	35. Hat das Pferd mit Auftreten der Symptomatik begonnen mit festem durchgedrückten Rücken zu springen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – detaillierte Beschreibung:
36. Welche der folgenden Lektionen wurden vor Auftreten der Symptomatik beherrscht? <input type="checkbox"/> Schulterherein <input type="checkbox"/> Fliegender Galoppwechsel <input type="checkbox"/> Travers <input type="checkbox"/> Spin <input type="checkbox"/> Renvers <input type="checkbox"/> Speed control <input type="checkbox"/> Traversale <input type="checkbox"/> Sliding stop <input type="checkbox"/> Pirouette <input type="checkbox"/> Jog <input type="checkbox"/> Rückwärtsrichten <input type="checkbox"/> Lope <input type="checkbox"/> Angaloppieren aus dem Schritt <input type="checkbox"/> Rennpass <input type="checkbox"/> Sonstige:	37. Bei welchen der beherrschten Lektionen traten nach Auftreten der Symptomatik Schwierigkeiten auf? <input type="checkbox"/> Schulterherein <input type="checkbox"/> Fliegender Galoppwechsel <input type="checkbox"/> Travers <input type="checkbox"/> Spin <input type="checkbox"/> Renvers <input type="checkbox"/> Speed control <input type="checkbox"/> Traversale <input type="checkbox"/> Sliding stop <input type="checkbox"/> Pirouette <input type="checkbox"/> Jog <input type="checkbox"/> Rückwärtsrichten <input type="checkbox"/> Lope <input type="checkbox"/> Angaloppieren aus dem Schritt <input type="checkbox"/> Rennpass <input type="checkbox"/> Sonstige:
38. Wehrt sich das Pferd in der Versammlung? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – detaillierte Beschreibung:	40. Hat sich die Fähigkeit zur Rahmenerweiterung und zum Raumgriff nach Auftreten der Symptomatik verändert? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
39. Zeigt das Pferd mit Auftreten der Symptomatik einen verminderten Vorwärtsdrang? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	41. Wurden mit Auftreten der Symptomatik häufiges Umspringen in den Kreuzgalopp festgestellt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche Seite?
42. Welche der folgenden Veränderungen sind nach Auftreten der Symptomatik aufgefallen? <input type="checkbox"/> Taktfehler <input type="checkbox"/> Verlust der Biegsamkeit <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Steifheit <input type="checkbox"/> Unregelmäßiger Galopp <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Muskelverspannung im Rücken <input type="checkbox"/> Galopp im Viertakt <input type="checkbox"/> Schweifschiefhaltung <input type="checkbox"/> eingeschränkte Bewegungsaktion der Hinterhand <input type="checkbox"/> verkürzter Galopp <input type="checkbox"/> Schweifschlagen <input type="checkbox"/> vermehrtes Buckeln und/oder Ausschlagen	
43. Wurden mit Auftreten der Symptomatik Schwierigkeiten im Tölt das Gewicht auf die Hinterhand zu bringen festgestellt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	45. War beim frei Lauflassen eine Verbesserung der Symptomatik zu erkennen? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?
44. Wurden mit Auftreten der Symptomatik Probleme beim Gespannfahren festgestellt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja – welche?	46. Sonstiges:

ISG-BEREICH UNTERSUCHUNGSPROTOKOLL DES PFERDES

SEITE 3

ADSPEKTION VON DER SEITE

1. <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Hunter's bump <input type="checkbox"/> Lordose <input type="checkbox"/> Kyphose <input type="checkbox"/> Veränderungen im Sattelbereich:	<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
--	--

ADSPEKTION VON HINTEN

2. Atrophie der Glutealmuskulatur <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja		
	<i>links</i>	<i>rechts</i>
geringgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mittelgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hochgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Atrophie der Oberschenkelmuskulatur <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja		
	<i>links</i>	<i>rechts</i>
geringgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mittelgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hochgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ADSPEKTION VON OBEN

7. Atrophie des M. longissimus dorsi <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja		
	<i>links</i>	<i>rechts</i>
geringgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mittelgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hochgradig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Kreuzhöcker - Tuber sacrale (TS) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> symmetrisch <input type="checkbox"/> Hervorstehen des linken TS <input type="checkbox"/> Hervorstehen des rechten TS <input type="checkbox"/> Absenkung des linken TS <input type="checkbox"/> Absenkung des rechten TS	
5. Hüfthöcker - Tuber coxae (TC) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> symmetrisch <input type="checkbox"/> Hervorstehen des linken TC <input type="checkbox"/> Hervorstehen des rechten TC <input type="checkbox"/> Absenkung des linken TC <input type="checkbox"/> Absenkung des rechten TC	
6. Schweischiefhaltung <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nach links <input type="checkbox"/> nach rechts	

8. Verlauf der Mittellinie <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde: <input type="checkbox"/> Krümmung bzw. Skoliose <input type="checkbox"/> Einseitiger Muskelspasmus <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> rechts	
--	--

PALPATION DES WEICHTEILGEWEBES

	<i>links</i>		<i>rechts</i>		
1. Glutealmuskulatur	<input type="checkbox"/> o.b.B.	<input type="checkbox"/> warm	<input type="checkbox"/> geschwollen	<input type="checkbox"/> verspannt	<input type="checkbox"/> verhärtet
2. Oberschenkelmuskulatur	<input type="checkbox"/> o.b.B.	<input type="checkbox"/> warm	<input type="checkbox"/> geschwollen	<input type="checkbox"/> verspannt	<input type="checkbox"/> verhärtet
3. M. longissimus dorsi	<input type="checkbox"/> o.b.B.	<input type="checkbox"/> warm	<input type="checkbox"/> geschwollen	<input type="checkbox"/> verspannt	<input type="checkbox"/> verhärtet
4. Lig. sacroiliacum dorsale	<input type="checkbox"/> o.b.B.	<input type="checkbox"/> warm	<input type="checkbox"/> geschwollen	<input type="checkbox"/> schmerzhaft	

PALPATION DER KNÖCHERNEN PUNKTE

5. Kreuzhöcker (Tuber sacrale) <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Befunde:	6. Hüfthöcker (Tuber coxae) <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Befunde:	7. Sitzbeinhöcker (Tuber ischiadicum) <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Befunde:
---	--	--

TRANSREKTALE PALPATION

8. Schwellungen <input type="checkbox"/> nicht vorhanden <input type="checkbox"/> vorhanden - detaillierte Beschreibung:
9. Frakturen <input type="checkbox"/> nicht feststellbar <input type="checkbox"/> feststellbar - detaillierte Beschreibung:
10. Krepitation <input type="checkbox"/> nicht feststellbar <input type="checkbox"/> feststellbar - detaillierte Beschreibung:

11. Lig. sacroiliacum ventrale <i>links</i> <i>rechts</i> <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> schmerzhaft		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Sonstige Befunde:

PROVOKATION

1. Abwechselndes Kneifen in der Mittellinie und über Kreuzhöcker <input type="checkbox"/> 		
Steifheit	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
Schmerzreaktion im Sattelbereich	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
Schmerzreaktion auf Höhe des L4-L5	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
2. Provozieren von Biegungen der Wirbelsäule (Dorsoflexion) <input type="checkbox"/> 		
Schmerzreaktion über Kreuzhöcker	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)
Spasmen	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
Schmerzreaktion	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
3. Provozieren von Biegungen der Wirbelsäule (Ventroflexion) <input type="checkbox"/> 		
Spasmen	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
Schmerzreaktion	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:		

4. Provozieren von Biegungen der Wirbelsäule (Lateroflexion) <input type="checkbox"/> 		
Spasmen	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
Schmerzreaktion	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	
<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:		

5. Streichen mit einem Stift entlang des Rückens <i>links</i> <i>rechts</i>	
Spasmen	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)
Schmerzreaktion	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)
<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	

6. Druck auf den Kreuzhöcker	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)
7. ISG-Kompressionstest	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)
8. Dorsoventraler ISG-Provokationstest	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)

9. Lateraler ISG-Provokationstest			
<i>links</i>		<i>rechts</i>	
Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)

	<i>links</i>		<i>rechts</i>	
10. Druck auf den Hüfthöcker	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)		
11. Druck auf den <i>Trochanter major</i>	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)		
12. Reaktion auf "Sway-Test"	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)	<input type="checkbox"/> (+) <input type="checkbox"/> (-) <input type="checkbox"/> (+/-)		

13. Rückwärtsrichten	- gerade Ebene: - bergauf: - bergunter:
----------------------	---

LOKALANÄSTHESIE DES ISG-BEREICHES

1. Methode:
o.b.B.: ohne besonderen Befund : Photoaufnahme : Videoaufnahme

2. Ergebnis: <input type="checkbox"/>



ISG-BEREICH UNTERSUCHUNGSPROTOKOLL DES PFERDES

SEITE 4

A - HARDER BODEN	ADSPEKTION VON VORNE / HINTEN	ADSPEKTION VON DER SEITE
1. Schritt – gerade Linie	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Breitbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Engbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Zopfförmige Bewegung der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
2. Trab – gerade Linie	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Breitbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Engbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Zopfförmige Bewegung der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
	Linke Hand	Rechte Hand
3. Trab – Großer Zirkel (an der Hand)	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Schwankende Bewegung der Kruppe <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Schwankende Bewegung der Kruppe <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
4. Trab – Kleiner Zirkel (an der Hand)	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Schwankende Bewegung der Kruppe <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Schwankende Bewegung der Kruppe <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
	Linke Hand	Rechte Hand
B - WEICHER BODEN	ADSPEKTION VON VORNE / HINTEN	ADSPEKTION VON DER SEITE
5. Schritt – gerade Linie	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Breitbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Engbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Zopfförmige Bewegung der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
6. Trab – gerade Linie	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Breitbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Engbeiniger Gang der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Zopfförmige Bewegung der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
	Linke Hand	Rechte Hand
7. Trab – Zirkel (an der Longe oder an der Hand)	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> eingeschränkte Bewegungsaktion der Hinterhand <input type="checkbox"/> Schwankende Bewegung der Kruppe <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Schweifschiefhaltung <input type="checkbox"/> Schweifschlagen <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> eingeschränkte Bewegungsaktion der Hinterhand <input type="checkbox"/> Schwankende Bewegung der Kruppe <input type="checkbox"/> Zehenschleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Schiefgestelltes Becken <input type="checkbox"/> Schweifschiefhaltung <input type="checkbox"/> Schweifschlagen <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
8. Galopp – im Zirkel (an der Longe)	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Unregelmäßiger Galopp <input type="checkbox"/> Galopp im Viertakt <input type="checkbox"/> verkürzter Galopp <input type="checkbox"/> Kreuzgalopp <input type="checkbox"/> Galoppieren mit den Vorderbeinen und Traben mit den Hinterbeinen <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Unregelmäßiger Galopp <input type="checkbox"/> Galopp im Viertakt <input type="checkbox"/> verkürzter Galopp <input type="checkbox"/> Kreuzgalopp <input type="checkbox"/> Galoppieren mit den Vorderbeinen und Traben mit den Hinterbeinen <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:
9. Dauer der Untersuchung an der Longe: _____ Minuten. Wurden Veränderungen der Symptomatik während dem Longieren festgestellt? <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja – detaillierte Beschreibung:		



C - UNTERSUCHUNG UNTER DEM REITER

10. Schritt <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> eingeschränkte Bewegungsaktion der Hinterhand <input type="checkbox"/> Zehens Schleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Steifheit <input type="checkbox"/> Muskelverspannung im Rücken <input type="checkbox"/> Verlust der Biegsamkeit <input type="checkbox"/> Schweifschiefhaltung <input type="checkbox"/> Schweifschlagen	<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/>  
11. Trab <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> eingeschränkte Bewegungsaktion der Hinterhand <input type="checkbox"/> Zehens Schleifen der Hintergliedmaßen <input type="checkbox"/> Taktfehler <input type="checkbox"/> Steifheit <input type="checkbox"/> Muskelverspannung im Rücken <input type="checkbox"/> Verlust der Biegsamkeit <input type="checkbox"/> Probleme in der Volte <input type="checkbox"/> Unregelmäßigkeiten in der Gangart beim Richtungswechsel <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Schweifschiefhaltung <input type="checkbox"/> Schweifschlagen	<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/>  
12. Galopp <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Steifheit <input type="checkbox"/> Muskelverspannung im Rücken <input type="checkbox"/> Verlust der Biegsamkeit <input type="checkbox"/> Probleme in der Volte <input type="checkbox"/> Unregelmäßiger Galopp <input type="checkbox"/> Galopp im Viertakt <input type="checkbox"/> verkürzter Galopp <input type="checkbox"/> Galoppieren auf drei Hufschlägen <input type="checkbox"/> Kreuzgalopp <input type="checkbox"/> Unregelmäßigkeiten in der Gangart beim Richtungswechsel <input type="checkbox"/> Kopfschütteln <input type="checkbox"/> Kopfschlagen <input type="checkbox"/> Schweifschiefhaltung <input type="checkbox"/> Schweifschlagen	<input type="checkbox"/> Sonstige Befunde:	<input type="checkbox"/>  
13. Dauer der Untersuchung unter dem Reiter: _____ Minuten. Wurden Veränderungen der Symptomatik während der Untersuchung unter dem Reiter festgestellt? <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja – detaillierte Beschreibung:		

D - SONSTIGES – KUTSCHE etc.

14. <input type="checkbox"/> o.b.B. <input type="checkbox"/> Befunde:	<input type="checkbox"/>  
---	--

o.b.B.: ohne besonderen Befund  : Photoaufnahme  : Videoaufnahme

Danksagung

Nach Beendigung meiner Dissertation ist es mir ein großes Bedürfnis, folgenden Personen meinen herzlichen Dank auszusprechen:

...meinem Doktorvater, Prof. Hartmut Gerhards, der mir die wunderbare Möglichkeit gab, in Deutschland zu promovieren, für die Überlassung dieses interessanten Themas, für sein Vertrauen und seine komplikationslose, freundliche Unterstützung bei der Entstehung und Korrektur dieser Arbeit;

...Dr. Stefan Gesell und Dr. Kerstin Gerlach, sowie dem ganzen restlichen Team der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München für die Hilfe bei der Entstehung meiner Dissertation;

...Prof. Walter Hermanns und Präparatoren, Josef Grieser und Marold Handl aus dem Institut für Tierpathologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, ohne deren Hilfe die morphologische Studie nicht durchführbar gewesen wäre;

...Dr. Sue Dyson aus dem Centre for Equine Studies, Animal Health Trust, Newmarket (Großbritannien) und Andrew Bathe aus Rosssdales and Partners, Newmarket (Großbritannien) für zahlreiche Anregungen im Bezug auf das ISG;

...Rolf Kampfmeyer und Nikolay Robinzonov für die Hilfestellungen bezüglich Computer-Fragen und der statistischen Bewertung;

...des Weiteren meinen Korrektoren und Übersetzungshelfern für ihre kritische Durchsicht und ihre Ratschläge: Dr. Esther Maaßen, Dr. Judith Eckenweiler, Freya Drießen, Dr. Melanie Fruck, Martyna Rogaczewska, Daniel J. Borklund;

...für den nie endenden seelischen Beistand möchte ich mich bei meinen lieben Freundinnen und Freunden herzlich bedanken, unter anderem bei: Dr. Semih Ersoy, Armin Kirchdorfer und seiner Familie, Elisabeth Kania, Małgorzata Wesołowska, Marzena Stankiewicz, Stanisław Goetzdendorf-Grabowski, Dr. Grzegorz Wąsiatycz;

...Dr. Oliver J. Stötzer für alles, was er für mich machte und immer noch macht, möchte ich aus tiefstem Herzen danken.

Ganz besonders möchte ich meiner Familie einen riesigen Dank auszusprechen; ohne meine Mutter wäre dieser Weg nicht möglich gewesen.

Am Ende möchte ich mich bei Creus, Dominacja, Pokaz, Trixi, Charlie, Gameboy und allen anderen Pferden für alles bedanken, was ich von ihnen lernen durfte.