

Aus der
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h. c. Wolfgang Gernet

**Beurteilung des Kurzzeiteffektes transkutaner
elektrischer Nervenstimulation (TENS) im Burst-Modus in der
Therapie schmerzhafter Kraniomandibulärer Dysfunktionen**
Eine randomisierte, placebokontrollierte, prospektive klinische Studie

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Anand Andreas Schwenk-von Heimendahl

aus
München

Jahr
2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. Dr. h. c. Wolfgang Gernet

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus

Priv. Doz. Dr. med. Benedikt Schoser

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. dent. Jean-Marc Pho Duc

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Maximilian Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 20.07.2009

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	S. 6
Widmung	S. 7
Abkürzungsverzeichnis	S. 8
1 Einleitung	S. 9
2 Literaturübersicht	S. 10-26
2.1 Anatomie	S. 10-11
2.1.1 Orofaziales System	S. 10
2.1.2 Kiefergelenk	S. 10-11
2.1.3 Muskulatur	S. 11
2.2 Kраниomandibuläre Dysfunktion (CMD)	S. 12-14
2.2.1 Definition und Symptome	S. 12
2.2.2 Klassifikation	S. 12-13
2.2.3 Epidemiologie	S. 13
2.2.4 Ätiologie	S. 13
2.2.5 CMD assoziierter Schmerz und dessen Erfassung	S. 14
2.3 Diagnostik	S. 14-18
2.3.1 Klinische und instrumentelle Funktionsanalyse	S. 14-15
2.3.2 Bildgebende Verfahren	S. 16
2.3.3 Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD)	S. 16-18

2.4 Therapie der CMD	S. 19-21
2.4.1 Allgemein	S. 19
2.4.2 Okklusionsschienen	S. 19-20
2.4.3 Medikamentöse Therapie	S. 20
2.4.4 Kieferorthopädische Verfahren	S. 20
2.4.5 Kieferchirurgische Verfahren	S. 21
2.4.6 Weitere therapeutische Maßnahmen	S. 21
2.5 Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)	S. 22-24
2.5.1 Definition und historischer Hintergrund	S. 22
2.5.2 Schmerzhemmende Wirkung	S. 22-23
2.5.3 Indikationen, Kontraindikationen und Nebenwirkungen	S. 24
2.5.4 Stimulationsparameter	S. 24
2.6 TENS und verwandte elektrophysikalische Verfahren in der Therapie der CMD	S. 25-26
2.6.1 Historische Entwicklung	S. 25
2.6.2 Muskelaktivität	S. 25-26
2.6.3 Schmerzreduktion und Unterkiefermobilität	S. 26
3 Studienziel/Fragestellung	S. 27

4	Material und Methode	S. 28-31
	4.1 Patientengut	S. 28
	4.2 Methode	S. 28-31
	4.2.1 RDC/TMD-Klassifikationssystem	S. 28
	4.2.2 Schmerzerfassung und Verlaufskontrolle mittels numerischer Einschätzungsskala (NRS) für Schmerz	S. 29
	4.2.3 Erfassung der Unterkiefermobilität	S. 29
	4.2.4 Erfassung des subjektiven Erfolgsgefühles nach 24 h	S. 29
	4.2.5 TENS im Burst-Modus-Behandlung	S. 29-31
	4.2.6 Placebo-TENS-Behandlung	S. 31
	4.3 Statistische Auswertung und graphische Darstellung	S. 32
5	Ergebnisse	S. 33-61
	5.1 RDC/TMD – Physische Parameter – Achse I Befunde	S. 33-35
	5.1.1 Gruppe I – Myogene Dysfunktionen	S. 33
	5.1.2 Gruppe II – Diskusverlagerungen	S. 34
	5.1.3 Gruppe III – Andere Gelenkerkrankungen	S. 35
	5.2 Schmerzreduktion	S. 36-44
	5.2.1 Schmerzreduktion nach Placebo-TENS	S. 36-37
	5.2.2 Schmerzreduktion nach TENS im Burst-Modus	S. 38-39
	5.2.3 Vergleich der NRS für Schmerz-Baseline-Werte	S. 40-41
	5.2.4 Vergleich der Schmerzreduktion Placebo-TENS vs. TENS im Burst-Modus	S. 42-44

5.3 Unterkiefermobilität	S. 45-59
5.3.1 Änderung der Unterkiefermobilität nach Placebo-TENS	S. 45-48
5.3.2 Änderung der Unterkiefermobilität nach TENS im Burst-Modus	S. 49-52
5.3.3 Vergleich der Unterkiefermobilität – Baseline-Werte	S. 53-55
5.3.4 Vergleich der Änderung der Unterkiefermobilität Placebo-TENS vs. TENS im Burst-Modus	S. 56-59
5.4 Subjektives Erfolgsgefühl nach 24 h	S. 60-61
5.4.1 Vergleich des subjektiven Erfolgsgefühls nach 24 h Placebo-TENS vs. TENS im Burst-Modus	S. 60-61
6 Diskussion	S. 62-69
7 Schlussfolgerung und Zusammenfassung	S. 70
8 Literaturverzeichnis	S. 71-75
9 Untersuchungs- und Fragebögen	S. 76-84
9.1 RDC/TMD Klinischer Untersuchungsbogen	S. 76-79
9.2 Numerische Einschätzungsskala (NRS) für Schmerz und für das subjektive Erfolgsgefühl nach 24 h	S. 80-82
9.3 Mobilität des Unterkiefers	S. 83-84
10 Danksagung	S. 85
11 Lebenslauf	S. 86
12 Alex-Motsch-Preis 2008	S. 87

Vorbemerkung

In der folgenden Arbeit wird eine klinische Studie dargelegt, die an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität München (Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h. c. Wolfgang Gernet) im Zeitraum von August 2006 bis Juli 2007 durchgeführt wurde.

Die Zuerkennung der ethisch-rechtlichen Unbedenklichkeit durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München zur klinischen Studie (Projekt Nr. 195-06) erfolgte am 11.08.2006.

Die Studie wurde nicht durch Drittmittel unterstützt.

Das Literaturverzeichnis ist alphabetisch geordnet.

Häufig verwendete Abkürzungen sind im Abkürzungsverzeichnis zu finden.

Die Ergebnisse dieser Studie wurden mit dem Alex-Motsch-Preis 2008 der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und –therapie ausgezeichnet (siehe Anhang Seite 87).

Widmung

Meiner Frau Felicitas und meinen Eltern Ranjana und Werner Schwenk

Abkürzungsverzeichnis

BL	Baseline (Englisch) Ausgangswert (Deutsche Übersetzung)
CMD	Craniomandibular Disorder/s (Englisch) Kraniomandibuläre Dysfunktion/en (Deutsche Übersetzung)
h	hour/s (Englisch) Stunde/n (Deutsche Übersetzung)
Hz	Hertz (Einheit für Frequenz)
LL	Laterotrusion nach links
M.	Musculus (Latein) Muskel (Deutsche Übersetzung)
MÖ	Mundöffnung
N.	Nervus (Latein) Nerv (Deutsche Übersetzung)
n	number (Englisch) Anzahl (Deutsche Übersetzung)
NRS	Numeric Rating Scale (Englisch) Numerische Einschätzungsskala (Deutsche Übersetzung)
0 h	nach 0 Stunden/unmittelbar danach
P	Protrusion
TENS	Transkutane elektrische Nervenstimulation
RDC/TMD	Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders by Dworkin and LeResche (Englisch) Klassifikationsschema für Kraniomandibuläre Dysfunktionen nach Dworkin und LeResche (Deutsche Übersetzung)
RL	Laterotrusion nach rechts
vs.	versus (Latein) im Gegensatz zu (Deutsche Übersetzung)

1 Einleitung

Die Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) wird als elektrophysikalisches Verfahren in der symptomatischen Therapie chronischer Schmerzzustände wie Wirbelsäulen-, Gelenk-, Phantomschmerzen und Neuralgien eingesetzt. Dabei kommen hoch-, nieder- und wechselfrequente Stimulationsfrequenzen mit unterschiedlichen Stimulationsparametern zum Einsatz [29, 30, 25, 28].

Die analgetische Wirkung von TENS wird im Wesentlichen durch eine Aktivierung des endogenen schmerzhemmenden Systemes sowie einer Hemmung der neuronalen Weiterleitung erklärt. Zudem werden schmerzlindernde Effekte durch Vasodilatation und Muskelrelaxation beschrieben [58].

In der aktuellen Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT) zur Therapie funktioneller Erkrankungen des kranio-mandibulären Systemes wird auf positive Anwenderberichte in Bezug auf eine Normalisierung der Muskelfunktion und eine Reduktion myogener Schmerzen durch TENS hingewiesen [2].

Die bisher durchgeführten klinischen Studien, die den Einsatz von TENS in der Therapie Kranio-mandibulärer Dysfunktionen (CMD) rechtfertigen, lassen allerdings Fragen offen [48, 14].

Auffällig ist diesbezüglich der Mangel an Empfehlungsrichtlinien für Stimulationsparameter wie Elektrodenplatzierung, Stimulationsfrequenz und Impulsmodus, die auf klinischen Studien basieren. Insbesondere ist der sogenannte Burst Modus, also die gepulste Abgabe der Reize, in der Literatur wenig beschrieben.

Derzeit findet man eine immer größere Anzahl von batteriebetriebenen, mobilen TENS-Geräten auf dem Markt, die in ihrer Größe eine Handfläche nicht wesentlich übersteigen. Die Anschaffungskosten für Geräte dieser Art sind im Laufe der Zeit deutlich gesunken. Ein solches handelsübliches TENS-Gerät, welches für rund 100 Euro auf dem Markt erhältlich ist, wird in der hier vorliegenden Studie eingesetzt.

In dieser Arbeit soll der Kurzzeiteffekt von TENS im Burst-Modus in der Therapie schmerzhafter CMD durch eine randomisierte, placebokontrollierte, prospektive klinische Studie beurteilt werden.

Untersucht werden die Parameter Schmerzreduktion, Verbesserung der Unterkiefermobilität und subjektive Patientenzufriedenheit nach der Placebo-TENS-Behandlung, nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung und Letztere im Placebovergleich.

2 Literaturübersicht

2.1 Anatomie

2.1.1 Orofaziales System

Zu den Bestandteilen des orofazialen Systemes zählen der Ober- und Unterkiefer, Teile des Gesicht- und Hirnschädels, das Zungenbein, die Kau-, Zungen-, Gaumen- und mimische Muskulatur, die Kiefergelenke, die Zähne mit ihrem Zahnhalteapparat, die Speicheldrüsen und die Schleimhäute sowie eine Vielzahl von Rezeptoren. Das orofaziale System ist mit einem kybernetischen System vergleichbar, bei dem sich die einzelnen Bestandteile gegenseitig in ihrer Funktion und morphologischen Gestaltung beeinflussen und einen biologischen Funktionskreis mit rezeptiver Rückkoppelung bilden. Die Aufgaben dieses Systemes sind vielseitig und reichen von der Mastikation der Nahrung über die Phonetik bis hin zu sensorischen und ästhetischen Funktionen [69, 61].

2.1.2 Kiefergelenk

Das menschliche Kiefergelenk ist die bewegliche Verbindung des Caput mandibulae mit der Fossa mandibularis des Schläfenbeines. Dabei handelt es sich um ein sekundäres Kiefergelenk, das eine stammesgeschichtliche Neubildung zwischen zwei Deckknochen, dem Squamosum und dem Dentale darstellt [19].

Die morphogenetische Entwicklung des Kiefergelenkes findet im Wesentlichen zwischen der 7. und der 20. Embryonalwoche statt [6, 7].

Das menschliche Kiefergelenk ist ein kombiniertes Gelenk, das für Scharnier- und Gleitbewegungen ausgelegt ist. Zu den Hauptbestandteilen zählen der Kondylus, die Fossa articularis, der Diskus articularis, die Capsula articularis und der zugehörige Bandapparat [41].

Der Kondylus eines Erwachsenen ähnelt einer abgerundeten Walze, dessen Länge zwischen 13 und 25 Millimeter und dessen Breite zwischen 5,5 und 16 Millimeter beträgt. Der Diskus articularis sitzt dem Kondylus bei geschlossenem Mund kappenartig auf und unterteilt den Gelenkraum in einen oberen und einen unteren Spalt. Die Grundform des Diskus kann als ovoid bezeichnet werden [8, 69].

Die Gelenkkapsel besteht aus lockerem Bindegewebe, das kollagenreich und gut vaskularisiert ist. Die Kiefergelenkkapsel ist relativ weit und bietet somit dem Gelenkkopf Spielraum für Bewegungen. Auf ihrer lateralen Seite wird die Gelenkkapsel durch derbe Fasern verstärkt, die vom Außenrand des Processus zygomaticus zum Collum mandibulae ziehen und in Einzelfällen isoliert als Ligamentum laterale in Erscheinung treten. Auf der

Innenseite befinden sich zwei deutlich von der Kapsel getrennte Bänder, die der Gelenksicherung dienen: Das Ligamentum sphenomandibulare, das von der Spina ossis sphenoidalis des großen Keilbeinflügels zur Lingula mandibulae zieht und das Ligamentum stylomandibulare, welches den vorderen Rand des Processus styloideus mit dem Angulus mandibulae verbindet. Die Ligamente dienen der Stabilisierung, der Führung und der Begrenzung der Bewegung [8, 69, 11].

Die Blutversorgung des Kiefergelenkes erfolgt durch die Abgabe einer oder mehrerer Äste der in der Umgebung verlaufenden größeren Gefäße [9].

Die neuronale Versorgung des Kiefergelenkes erfolgt hauptsächlich über die sensiblen Fasern des N. trigeminus und dessen Äste. Der N. auriculotemporalis gibt vier Gelenkäste ab, der N. temporalis profundus posterior einen Ast und der N. massetericus gibt ebenfalls wieder vier Äste ab, die in die Gelenkkapsel eintreten. Gelegentlich kann auch aus dem oberen Fazialisast ein Ramus articularis entspringen und an der Innervation beteiligt sein [8].

2.1.3 Muskulatur

Im stomatognathen System kommt der Muskulatur eine zentrale Rolle zu. Die beteiligten Muskelgruppen sind bilateral angelegt; dazu zählen die Kau- und die Kauhilfsmuskulatur, die Nackenmuskulatur sowie die kraniale und kaudale Zungenbeinmuskulatur [62].

Als die eigentlichen vier Kaumuskeln werden der M. temporalis, der M. masseter, der M. pterygoideus medialis und der M. pterygoideus lateralis gezählt. Sie gehen embryogenetisch auf die Muskulatur des ersten Kiemenbogens zurück. Die Innervation erfolgt über den N. mandibularis des N. trigeminus. Funktionell betrachtet hebt der M. masseter den Unterkiefer und schiebt diesen bei Mahlbewegungen schräg nach vorne. Der M. temporalis hebt den Unterkiefer und die Fasern des hinteren Drittels ziehen ihn zurück. Der M. pterygoideus medialis hebt bei beidseitiger Kontraktion den Unterkiefer, bei einseitiger Kontraktion führt er den Unterkiefer bei Mahlbewegungen auf der Balanceseite schräg nach vorne. Der obere Kopf des M. pterygoideus lateralis inseriert am Processus condylaris mandibulae. Sehnenfasern des oberen Kopfes inserieren zudem an der Kapsel und am Diskus articularis des Kiefergelenkes. Der untere Kopf zieht bei beidseitiger Kontraktion den Unterkiefer nach vorne, bei einseitiger Kontraktion schräg nach vorne [11, 19].

2.2 Kraniomandibuläre Dysfunktion (CMD)

2.2.1 Definition und Symptome

Unter dem Begriff der Kraniomandibulären Dysfunktion (CMD) wird ein pathogenetisch multifaktorielles Krankheitsbild mit den Leitsymptomen Schmerz in den Kiefergelenken und der Kaumuskulatur, Einschränkungen der Beweglichkeit des Unterkiefers und das Vorhandensein von Kiefergelenkgeräuschen verstanden. Die charakteristischen Beschwerdesymptome müssen nicht immer gemeinsam auftreten. CMD können ferner mit einer schmerzbezogenen Beeinträchtigung der täglichen Aktivitäten, psychischer Belastung sowie anderen unspezifischen somatischen Beschwerden verbunden sein [5, 77].

Bei Funktionsstörungen des Kiefergelenkes handelt es sich um ein inhomogenes Krankheitsbild, bei dem sowohl physische als auch psychosoziale Aspekte maßgeblich sind [63].

Zu den pathophysiologischen Folgeerscheinungen von funktionellen Erkrankungen des kraniomandibulären Systems zählen Diskoordination der Muskulatur, Myalgien, Muskelverspannungen, Myositiden, Myogelosen, Muskelhypertrophien, Muskelhypotrophien, primäre Kiefergelenkerkrankungen, Diskusverlagerungen und sekundär pathologische Veränderungen der Kiefergelenke [2].

2.2.2 Klassifikation

In der Literatur sind über ein Dutzend Begriffe für funktionelle Erkrankungen des stomatognathen Systems bekannt [51].

Zur Klassifikation CMD wurden in der Vergangenheit Begriffe wie „Costen-Syndrom“, „temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome“, „pain dysfunction syndrom“, „Myoarthropathie“ und „Myo-Arthro-Okkluso-Neuro-Psycho-Pathie“ benutzt [13, 72, 42, 70, 71].

Aktuell wird im englischsprachigen Raum der Begriff temporomandibular disorders (TMD) verwendet. Die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) hat den Begriff „Craniomandibular Disorders“ (CMD) als „Kraniomandibuläre Dysfunktion“ übernommen. Dabei wird jedoch nicht mehr klar zwischen schmerzhaften und nicht schmerzhaften Dysfunktionen unterschieden [63, 55].

Im Jahre 1992 wurde das mittlerweile international verbreitete Diagnostik- und Klassifikationsschema „Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD)“ von Dworkin und LeResche vorgestellt [15].

Die ausführliche Erläuterung der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche erfolgt unter dem Punkt 2.3.3.

2.2.3 Epidemiologie

Ungefähr 50 Prozent der Gesamtbevölkerung weisen Symptome einer CMD auf. Dazu zählen Kiefergelenkgeräusche und Palpationsschmerz im Bereich der Kiefergelenke und der Kaumuskulatur sowie Okklusionsstörungen. Bei 25 bis 30 Prozent der untersuchten Populationen wird eine Behandlungsbedürftigkeit gesehen [51].

Epidemiologische Querschnittsstudien an nicht selektierten Populationen weisen auf eine ausgeglichene Geschlechtsverteilung hin. In Bezug auf die Altersverteilung zeigt sich lediglich eine leicht erhöhte Häufigkeit von CMD Symptomen in älteren Populationen [31].

Frauen leiden im Verhältnis deutlich häufiger unter einer CMD als Männer und stellen damit den numerischen Großteil des Patientengutes. Die Ursache, warum Frauen als CMD-Patientinnen dominieren, ist in der Literatur nicht ausreichend erklärt [1, 31].

2.2.4 Ätiologie

Es konnte bisher kein einzelner hauptverantwortlicher ätiologischer Faktor für die Entstehung einer CMD festgestellt werden. Zu einem gewissen Grad kann ein Zusammenhang zwischen dem generellen Gesundheitszustand, der Anzahl der noch vorhandenen Zähne und der Schwere der Dysfunktion gesehen werden [31].

Neben den primären Erkrankungen des Kiefergelenkes, den statischen und/oder dynamischen Okklusionsstörungen, den psychischen und orthopädischen Ursachen bzw. Kofaktoren kommen auch traumatische Einflüsse als Ursache in Betracht. Zudem spielen psychologische Faktoren bei der Pathogenese einer CMD eine nicht zu unterschätzende Rolle [2, 12].

Nach heutigem Verständnis liegt einer CMD eine multifaktorielle Genese zugrunde, wobei die genaue Ätiologie in der Regel unbekannt ist. Die Patienten/innen weisen häufig Gemeinsamkeiten mit Patienten/innen auf, die an chronischem Schmerz leiden. Es wird daher vermutet, dass der Entwicklung einer schmerzhaften CMD eine generelle Anfälligkeit für muskuloskelettalen Schmerz zugrunde liegt [77, 44].

2.2.5 CMD assoziierter Schmerz und dessen Erfassung

Die Schmerzlokalisierung befindet sich mehrheitlich einseitig im Bereich der Kiefergelenke und/oder der Ohren und/oder der Kaumuskulatur bei möglicher Ausstrahlung in benachbarte Regionen. Zudem ist Druckschmerzhaftigkeit im Bereich der Kaumuskulatur und/oder der Kiefergelenke häufig. Oft wechselt der Schmerz in seiner Intensität. Bei einer Chronifizierung der Schmerzsymptomatik erhöht sich die Gefahr psychischer Störungen und das Risiko einer Somatisierung, welche ein interdisziplinäres schmerztherapeutisches Vorgehen notwendig macht [5].

In einer Studie zur Untersuchung der Prävalenz von CMD assoziiertem Schmerz an 862 Kindern und Jugendlichen zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr wurde bei 7 Prozent der Studienteilnehmer/innen CMD assoziierter Schmerz festgestellt, bei Mädchen signifikant häufiger als bei Jungen [46].

Für die Erfassung von CMD assoziierten Schmerz, auch im Zusammenhang mit den RDC/TMD nach Dworkin und LeResche, hat sich die visuelle Analogskala (VAS) und die numerische Einschätzungsskala (engl.: NRS) bewährt. Die visuelle Analogskala (VAS) für Schmerz ist eine Verhältnisschätzmethode zur subjektiven Beurteilung von Schmerz in der klinischen Algesimetrie. Die Erfassung von Schmerz und insbesondere von Schmerz auf Palpation, wie es das Klassifikationsschema RDC/TMD nach Dworkin und LeResche beinhaltet, hat eine stark subjektive Komponente und divergiert von Behandler zu Behandler im erheblichen Umfang [53, 66, 43].

2.3 Diagnostik

2.3.1 Klinische und instrumentelle Funktionsanalyse

Die klinische bzw. manuelle Funktionsanalyse umfasst die Untersuchung der Zahnhartsubstanz, der statischen und dynamischen Okklusion, der Parodontien, der Kaumuskulatur und der Kiefergelenke mittels Inspektion, Palpation und Auskultation. Hinzu kommen funktionelle Tests wie der Provokationstest nach Krogh-Poulsen oder der Resilienztest nach Gerber. Aus den resultierenden Befunden können Rückschlüsse für die Therapie oder für die Notwendigkeit einer darüber hinausgehenden Diagnostik gezogen werden. Das Verwenden eines standardisierten Erhebungsbogens, der einen Zahnstatus beinhaltet, wird empfohlen [3].

Der Fragenkatalog nach Krogh-Poulsen (siehe Tabelle 1) kann als schnelles Screeningverfahren eingesetzt werden. Der Dysfunktionsindex nach Helkimo (siehe Tabelle 2) ist für die grobe Beurteilung der Behandlungsnotwendigkeit geeignet [22].

Tab. 1:

Fragenkatalog nach Krogh-Poulsen

Maximale Schneidekantendistanz (SKD) < 40 mm	Ja/Nein
Abweichung des Unterkiefers bei der Öffnung	Ja/Nein
Interokklusaler Abstand > 4 mm	Ja/Nein
Palpationsschmerz im Bereich eines oder beider Kiefergelenke	Ja/Nein
Palpationsschmerz im Bereich der Kaumuskelatur	Ja/Nein
Geräusche in einem oder beiden Kiefergelenken	Ja/Nein
Maximale Kontaktposition (MKP) entspricht der Interkuspitationsposition (IP)	Ja/Nein
Weg der retralen Kontaktposition (RKP) in die IP > 1 mm	Ja/Nein
Gleiten aus der RKP in die IP unsymmetrisch	Ja/Nein

Tab. 2:

Klinischer Dysfunktionsindex nach Helkimo

	Punkte
A Beweglichkeit des Unterkiefers	
Nicht eingeschränkt (SKD ≥ 40 mm, Laterotrusion und Protrusion ≥ 7 mm)	0
Leicht eingeschränkt (SKD 30-39 mm, Laterotrusion und Protrusion 4-6 mm)	1
Stark eingeschränkt (SKD < 30 mm, Laterotrusion und Protrusion 0-3 mm)	5
B Funktion des Kiefergelenkes	
Gerade Öffnungs- und Schließbewegung ohne palpierbare Gelenkgeräusche	0
Palpierbare Gelenkgeräusche und/oder terminale Deviation bei Öffnung 2 mm	1
Federnd fixierte Luxation des Unterkieferköpfchens oder kurzzeitige Blockierung der Bewegung	5
C Muskelschmerzen	
Kaumuskeln bei Palpation nicht empfindlich	0
Ein bis drei Kaumuskeln bei Palpation empfindlich	1
Vier und mehr Kaumuskeln bei Palpation empfindlich	5
D Kiefergelenkschmerzen	
Kiefergelenk nicht empfindlich bei Palpation	0
Kiefergelenk empfindlich bei Palpation lateral oder retral (ein- oder beidseitig)	1
Kiefergelenk empfindlich bei Palpation lateral und retral	5
E Bewegungsschmerz	
Kein Schmerz bei Bewegung	0
Eine Bewegung schmerzhaft	1
Zwei oder mehr Bewegungen schmerzhaft	5

Ergebnis	Summe der Punkte
Klinisch symptomfrei	0
Leichte Dysfunktion	1-4
Mäßige Dysfunktion	5-9
Schwere Dysfunktion	10-25

Die instrumentelle Funktionsanalyse dient sowohl diagnostischen als auch therapeutischen Zielen. Dazu zählen im Wesentlichen die Kieferrelationsbestimmung, die Registrierung der Gelenkbahn, die Bestimmung der arbiträren oder individuellen Scharnierachse sowie die Artikulormontage. Durch die individuelle Artikulatorprogrammierung werden differenzierte Positions- und Bewegungsanalysen möglich und rekonstruktive Maßnahmen erleichtert [4].

2.3.2 Bildgebende Verfahren

Bildgebende Verfahren sind ein wesentlicher Bestandteil in der Diagnostik der CMD. Sie dienen der Beurteilung der knöchernen und weichgewebigen Strukturen sowie dem Fraktur- und Tumorausschluss.

Als bildgebende Verfahren kommen Röntgenaufnahmen wie die Panoramaschichtaufnahme oder wie im weiteren Sinne die Computertomographie (CT) in Betracht. Für die Darstellung der weichgewebigen Strukturen ist die Magnetresonanztomographie (MRT) prädestiniert. Die Arthroskopie stellt ein invasives Verfahren dar, welches einen direkten Einblick in das Kiefergelenk ermöglicht und sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie hilfreich sein kann [4].

Zur Beurteilung des Zustandes und der Position des Diskus articularis ist die Magnetresonanztomographie das Mittel der Wahl. Diagnostisch relevant ist die Anfertigung von Aufnahmen in verschiedenen Ebenen und in verschiedenen Positionen des Unterkiefers. Vor allem sagittale und horizontale Schichten sowie Aufnahmen in geschlossener Position, in maximal geöffneter Position sowie gegebenenfalls in knackfreier Position sind relevant zur Beurteilung der Position des Discus articularis [22].

2.3.3 Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD)

Die Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD) wurden 1992 von der Arbeitsgruppe um Dworkin und LeResche als ein ursprünglich für epidemiologische Studien konzipiertes Schema vorgestellt, um einen Mangel an standardisierten diagnostischen Kriterien zur Klassifikation Kranio-mandibulärer Dysfunktionen zu begegnen [55, 77].

Die RDC/TMD nach Dworkin und LeResche unterscheidet zwei Achsen. Die erste Achse (Achse I) dient der Erfassung der physischen Parameter, die zweite Achse (Achse II) dient der Erfassung schmerzassoziierter psychosozialer Parameter, im Sinne einer psychosozialen Einschätzung.

Die Achse I gliedert sich in drei Gruppen. Die erste Gruppe (Gruppe I) klassifiziert „Myogene Dysfunktionen“, die zweite Gruppe (Gruppe II) „Diskusverlagerungen“, die dritte Gruppe (Gruppe III) „Andere Gelenkerkrankungen“. Die Gruppen II und III werden ferner nach der rechten und linken Gesichtsseite unterschieden [63].

Die zweite Achse (Achse II) der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche beinhaltet die „Graded Chronic Pain Scale“ (engl.) sowie Fragen zur Beurteilung der „Depressiven Verstimmung“, „Unspezifischer körperlicher Symptome mit Schmerz“ und „Unspezifi-

scher körperlicher Symptome ohne Schmerz“ sowie zur „Limitation der Funktionen“ des stomatognathen Systemes [15].

Der detaillierte Fragebogen ist im Anhang unter Punkt 10.2 im Anhang zu finden.

Die gesamte Achse I der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche sowie die „Graded Chronic Pain Scale“ und die Fragen zur „Limitation der Funktionen“ des stomatognathen Systems liegen als akkreditierte deutsche Version, in Form der RDC/TMD-G, der sogenannten „German Version“ vor. In Bezug auf die Achse II, die Erfassung schmerzassoziierter psychosozialer Parameter, ist das Verwenden der „Allgemeinen Depressionsskala“ sowie der „Beschwerdeliste“ vorgesehen [37, 63].

Den RDC/TMD-G sind praktische Anweisungen für die Durchführung und Befundung, die sogenannte „Definition der Untersuchungsvariablen und Ausführung der Untersuchung“ beigelegt [36].

Tab. 3:

RDC/TMD Achse I nach Dworkin und LeResche

1) RDC/TMD Achse I Gruppe I

Diagnose	Befunde
I a Myofaszialer Schmerz	Schmerzen im Bereich des Gesichtes Mindestens 3 schmerzhafte Palpationspunkte
I b Myofaszialer Schmerz mit eingeschränkter Mundöffnung	Schmerzen im Bereich des Gesichtes Mindestens 3 schmerzhafte Palpationspunkte Maximale schmerzfreie Mundöffnung ≤ 40 mm Dehnung ≥ 5 mm möglich
Keine Gruppe I Diagnose	Keine der oben genannten Befunde trifft zu

2) RDC/TMD Achse I Gruppe II

Diagnose	Befunde
II a Diskusverlagerung mit Reposition	Öffnungs- und Schlussknacken Öffnungs- oder Schlussknacken in Kombination mit Knacken bei Lateralbewegung Rechts/Links-Differenzierung
II b Diskusverlagerung ohne Reposition mit eingeschränkter Mundöffnung	Anamnestische Einschränkung der Mundöffnung Maximale Mundöffnung ≤ 35 mm Dehnung ≤ 4 mm möglich Lateralbewegung < 7 mm Rechts/Links-Differenzierung
II c Diskusverlagerung ohne Reposition ohne eingeschränkte Mundöffnung	Anamnestische Einschränkung der Mundöffnung Maximale Mundöffnung > 35 mm Dehnung > 4 mm möglich Lateralbewegung ≥ 7 mm Bestehende Kiefergelenksgeräusche Rechts/Links-Differenzierung
Keine Gruppe II Diagnose	Keine der oben genannten Befunde trifft zu Rechts/Links-Differenzierung

3) RDC/TMD Achse I Gruppe III

Diagnose	Befunde
III a Arthralgie	Schmerzen im Bereich des Kiefergelenkes Schmerzen auf Palpation Keine Reibegeräusche Rechts/Links-Differenzierung
III b Osteoarthritis	Schmerzen im Bereich des Kiefergelenkes Schmerzen auf Palpation Reibegeräusche Rechts/Links-Differenzierung
III c Osteoarthrose	Keine Schmerzen im Bereich des Kiefergelenkes Keine Schmerzen auf Palpation Reibegeräusche Rechts/Links-Differenzierung
Keine Gruppe III Diagnose	Keine der oben genannten Befunde trifft zu Rechts/Links-Differenzierung

2.4 Therapie der CMD

2.3.4 Allgemein

CMD erfordern eine therapeutische Intervention beim Vorliegen einer Schmerzsymptomatik oder bei Einschränkungen der Funktion. Zunächst sollten nicht-invasive, reversible Maßnahmen wie die Aufklärung der Patienten/innen, Physiotherapie, Entspannungstraining, Okklusionsschienen sowie bei gegebener Indikation die Gabe von Medikamenten zum Einsatz kommen. Mit invasiven und irreversiblen Maßnahmen ist im Rahmen der initialen Therapie Zurückhaltung indiziert. Ziel eines jeden Therapiekonzeptes sollte eine Verringerung oder optimalerweise eine komplette Beseitigung der Schmerzsymptomatik sowie der Funktionseinschränkung sein [2, 77, 5].

2.3.5 Okklusionsschienen

Okklusionsschienen sind die zahnärztliche Standardmaßnahme in der Therapie der CMD. Ihre Wirkung basiert auf der Aufhebung der bestehenden Okklusion, wodurch die Muskel- und Gelenkfunktion harmonisiert werden soll. Okklusionsschienen können im Wesentlichen in Reflex-, Äquilibrierungs- und Positionierungsschienen unterteilt werden. Die Reflexschienen sollen den dysfunktionellen neuromuskulären Regelkreis durchbrechen, indem sie parafunktionelle Okklusionskontakte oder Bewegungsmuster durch einen therapeutischen Vorkontakt aufheben. Sie sind Kurzzeitschienen und finden ihren Einsatz in der Initialtherapie. Ferner wird durch die Erhöhung der Vertikaldimension die Muskelaktivität reduziert. Die Zentrikschiene bzw. Äquilibrierungsschiene bzw. Michigan-Schiene wirkt über eine Idealisierung der Okklusion und ist daher als kausaler Therapieansatz anzusehen. Das Okklusionskonzept basiert auf gleichmäßigen und gleichzeitigen statischen Kontakten der tragenden Seitenzahnhöcker sowie einer Front-Eckzahnführung mit Disklusion der Seitenzähne bei Bewegungen des Unterkiefers. Positionierungsschienen, zu denen auch Distractionsschienen zählen, haben das Ziel, einen verlagerten Diskus articularis zu reponieren und zu stabilisieren. Zu den notwendigen therapeutischen Folgemaßnahmen können das Einschleifen der Zahnhartsubstanz, kieferorthopädische, kieferchirurgische und prothetische Therapieansätze zählen [2, 18, 63].

Obwohl die Schienentherapie, wie oben erwähnt, die wichtigste und sicherlich auch häufigste zahnärztliche Maßnahme in der Therapie der CMD darstellt, wird über ihren Einsatz in der aktuellen Literatur auch kontrovers diskutiert.

Zum einen liegen klinische Studien vor, die keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf eine Schmerzreduktion zwischen verschiedenen Schientypen feststellen. Ferner

wird diskutiert, auch bei Diskusverlagerungen ohne Reposition einer Zentrikschiene den Vorzug gegenüber einer Distractionsschiene zu geben [38, 67].

Darüber hinaus gibt es klinische Studien, die im Vergleich zwischen einer Schienentherapie und lediglich einfachen therapeutischen Maßnahmen, wie der Aufklärung der Betroffenen, keinen signifikanten Unterschied in der Verbesserung der Beschwerden feststellen können [76, 35].

2.3.6 Medikamentöse Therapie

Pharmaka können im Rahmen einer CMD-Therapie zum Einsatz kommen, um Schmerzen zu reduzieren, Entzündungen zu hemmen, Muskeln zu relaxieren und um psychische Spannungszustände abzuschwächen. Als Analgetika kommen Acetylsalicylsäure (ASS), Ibuprofen und Paracetamol in Frage. Eine antiphlogistische Wirkung besitzt neben ASS und Ibuprofen auch Diclofenac. Zur Muskelrelaxation bietet sich Diazepam oder Tetrazepam an. Da Diazepam zudem eine angst- und spannungslösende Wirkung besitzt, kann es bei Bedarf auch als kurzzeitiges Psychopharmakon eingesetzt werden [49].

Auch die Gabe von Magnesium kann zu einer Linderung der Schmerzen bei CMD-Patienten/innen führen. Eine vierwöchige orale Verabreichung von 452 mg Magnesium, verteilt auf 3 Einzeldosen am Tag, führt zu einer signifikanten Verbesserung der Beschwerden. Die analgetische Wirkung wird dadurch erklärt, dass Magnesium als Anticonvulsiva einen hemmenden Effekt auf die Synapsenaktivität hat [39, 17].

2.3.7 Kieferorthopädische Verfahren

Auch wenn letzten Endes die Ätiologie der CMD nicht ausreichend geklärt ist, kann davon ausgegangen werden, dass einer Malokklusion in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle zukommt. In der Literatur wird ein Zusammenhang zwischen Okklusionsbefunden wie einer ANGLE Klasse II- und Klasse III-Verzahnung, einem front-offenen Biss und dem Vorliegen einer CMD gesehen. Die Forderung nach einer harmonischen Okklusion bleibt essentiell, gerade hier bieten sich kieferorthopädische Lösungen an [21].

In der Literatur ist ferner beschrieben, dass sich die Symptome einer CMD während einer kieferorthopädischen Behandlung nicht verschlechtern [16, 32].

2.3.8 Kieferchirurgische Verfahren

Der Einsatz chirurgischer Maßnahmen sollte erst dann in Betracht gezogen werden, wenn die konservative Therapie morphologisch begründbare Schmerzzustände oder Funktionsstörungen nicht suffizient verbessern konnte [49].

Chirurgische Eingriffe am Kiefergelenk sollen erwogen werden bei Hypermobilitätsstörungen, Form- und Lageveränderungen des Diskus, im Falle einer Arthrosis deformans, beim Vorliegen einer chronisch rheumatischen Arthritis, die das Kiefergelenk betrifft, bei Ankylosen oder der synovialen Chondromatose sowie bei Entwicklungsstörungen und Tumoren. Zu den operativen Eingriffen am Kiefergelenk zählen die Arthrozentese, die Arthrotomie sowie die Arthroskopie, die sowohl der Diagnostik als auch der Therapie dient. Bei Hypermobilitätsstörung stehen zügelnde Verfahren oder Maßnahmen zur Erleichterung der Spontanreposition zur Verfügung. Bei Diskusverlagerungen ohne Reposition können die Arthrozentese oder die arthroskopische Lyse und Lavage-Technik zum Einsatz kommen. Große Perforationen des Diskus articularis können seine Entfernung notwendig machen. Bei einer fortschreitenden Arthrosis deformans kann eine Arthroplastik und bei der chronisch rheumatischen Arthritis die Synovieektomie indiziert sein. Bewährt hat sich im Falle einer Ankylose die Lückenosteotomie und bei der synovialen Chondromatose die Synovieektomie nach Arthrotomie [64].

2.3.9 Weitere therapeutische Maßnahmen

Zu den weiteren therapeutischen Maßnahmen in der Therapie der CMD zählen Verfahren aus dem physikalisch-medizinischen Bereich wie Physio-, Thermo- und Kryotherapie, elektrophysikalische Verfahren, Akupunktur und Akupressur sowie Methoden zur Entspannung wie Biofeedback und autogenes Training [2].

Zu den elektrophysikalischen Verfahren zählen im Wesentlichen die TENS-, Laser-, Ultraschall- und Mikrowellentherapie [48].

Insbesondere der Einsatz der Physiotherapie ist in der Therapie der CMD gut belegt. Physiotherapeutische Maßnahmen dienen der Schmerzreduktion, der Dämpfung myogener Hypertonizitäten, der Aktivierung hypotoner Muskeln, der Verbesserung des Bewegungsablaufes und der Mobilisation von Gelenken. Gerade als adjuvante Maßnahme scheint die Physiotherapie sehr geeignet. Im Vergleich mit einer reinen Schienentherapie hat sie einen positiven Einfluss auf die Verbesserung der Symptome einer schmerzhaften arthrogenen CMD [49, 34].

2.4 Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)

2.4.1 Definition und historischer Hintergrund

Die Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) ist ein elektrophysikalisches Verfahren zur Schmerzreduktion. Dabei kommt es durch die Applikation elektrischer Impulse zur Stimulation der unter der Haut liegenden sensiblen und motorischen Nerven. Diese Applikation erfolgt in der Regel mittels zweier selbstklebender Elektroden, wobei die eine als Kathode und die andere als Anode fungiert.

Den historischen Hintergrund zur Wirkung von TENS stellt die im Jahre 1965 publizierte „Gate-Control-Theorie“ von Melzack und Wall dar. Danach soll die Stimulation der schnell leitenden A- β -Fasern die Neurone der Substantia gelatinosa aktivieren und dadurch die Weiterleitung der Schmerzimpulse von den afferenten nozizeptiven Neuronen zu den aufsteigenden Bahnen im Vorderstrang vermindern. Nach diesem Erklärungsmodell führt die elektrische Reizung zu einer afferenten neuronalen Hemmung im Sinne einer Gegenirritation. Diese kann im Rückenmark und/oder zentral im Hirnstamm oder im Thalamus einsetzen [57, 58, 66].

Die „Gate-Control-Theorie“ von Melzack und Wall wurde nach ihrem Erscheinen in der Literatur auch kritisch beurteilt, da nach Ansicht verschiedener Autoren Detailfragen zur Wirkweise unbeantwortet bleiben [10].

TENS hat mittlerweile einen festen Platz in der symptomatischen Therapie chronischer Schmerzzustände gefunden. Die gesetzlichen Krankenkassen erkennen Stumpf-, Phantom-, muskuloskelettale und posttraumatische Schmerzen sowie Schmerzen bei Durchblutungsstörungen und Karzinomschmerzen als Indikationen für eine TENS-Therapie an [24].

2.4.2 Schmerzhemmende Wirkung

In der Literatur wird die schmerzhemmende Wirkung von TENS durch verschiedene Erklärungsmodelle begründet. Dazu gehören eine lokale Hemmung der neuronalen Schmerzweiterleitung, eine afferente Hemmung der Schmerzverarbeitung, eine Aktivierung der endogenen Schmerzhemmung und eine Lösung von schmerzhaften muskulären Verspannungen. Die lokale elektrische Hemmung der neuronalen Schmerzweiterleitung wird durch eine Hyperpolarisation unter der Anode beschrieben. Die afferente Hemmung der Schmerzverarbeitung wird im Sinne der „Gate-Control-Theorie“ von Melzack und Wall durch eine Gegenirritation im zentralen Nervensystem erklärt und die Aktivierung der endogenen Schmerzhemmung durch die Freisetzung endogener Opiate. Die Lösung schmerzhafter muskulärer Verspannungen wird vergleichbar mit der Wirkung

einer Massage durch die Stimulation der motorischen Nervenfasern begründet. Die Wirkung von TENS ist im hohen Maße abhängig von den Stimulationsparametern wie Frequenz, Platzierung der Elektroden und Impulsmodus. Die Wirkung hochfrequenter TENS wird häufig mit der „Gate-Control-Theorie“ von Melzack und Wall erklärt, die Wirkung niederfrequenter TENS mit der Freisetzung endogener Opiate [58, 66, 73, 23].

In der Literatur gibt es viele Berichte über den klinischen Einsatz von TENS, jedoch nur wenige, die sich mit der neurophysiologischen Wirkung beschäftigen [73].

Die Wirkung von hochfrequenter TENS (100 Hz) auf Neurotransmitter konnte im Tierversuch nachgewiesen werden. Durch die Applikation der elektrischen Reize kommt es auf spinaler Ebene zu einer Reduzierung der Ausschüttung der als erregend geltenden Neurotransmitter Glutamat und Aspartat. Diese verminderte Ausschüttung kann als eine afferente Hemmung interpretiert werden. Durch niederfrequente TENS (4Hz) konnte diese Wirkung nicht beobachtet werden [74].

Ferner kommt es im Tierversuch zu einer Inhibition der Produktion von Hyperalgesia durch TENS. Sowohl hochfrequente (100 Hz) als auch niederfrequente TENS (4Hz) führen zur Produktion von Antihyperalgesia. Diese Produktion der Antihyperalgesia kann durch die niederdosierte Gabe des Opioidantagonisten Naloxon bei niederfrequenter TENS-Applikation inhibiert werden. Durch die hochdosierte Gabe von Naloxon wird auch die Produktion der Antihyperalgesia bei hochfrequenten TENS verhindert. Sowohl hochfrequente als auch niederfrequente TENS-Applikationen führen also zu einer Produktion von Antihyperalgesia, die durch einen Opioidantagonisten verhindert wird. Dieses Ergebnis unterstützt das Erklärungsmodell, wonach die Schmerzhemmung von TENS auch auf der Freisetzung endogener Opiate beruht [73].

Bei nicht allen Patienten/innen führt TENS zu einer Linderung der Beschwerden. In der Literatur wird von 20-30 Prozent der Betroffenen als sogenannten Non-Respondern berichtet, die nicht auf TENS reagieren. Als Erklärung werden Veränderungen im endogenen Opiat-System angegeben. Über Non-Responder in dieser prozentualen Größenordnung wird auch im Tierversuch berichtet. Zudem wird in der Literatur berichtet, dass eine kontinuierliche hochfrequente TENS-Stimulation zu einer Gewöhnung führen kann, deren Folge wiederum eine Wirkminderung ist [60, 58].

2.4.3 Indikationen, Kontraindikationen und Nebenwirkungen

Die Indikation von TENS liegt in der symptomatischen Therapie chronischer Schmerzen. Da es sich bei TENS nicht um eine kausale Therapie handelt, wird sie meist adjuvant eingesetzt. Häufig wird den Patienten/innen nach Instruktion das TENS-Gerät mitgegeben.

Zu den klassischen Indikationen zählen vertebra gener Schmerz, Gelenkschmerz, Nervenschmerz, Stumpf- und Phantomschmerz, Kopfschmerz und Schmerz bei Durchblutungsstörungen [29, 30, 25, 26, 27, 59].

Kontraindikationen für den Einsatz von TENS sind Patienten/innen mit implantierten elektrischen Geräten wie Herzschrittmachern, die durch TENS in ihrer Wirkung beeinflusst werden könnten oder die Applikation der Elektroden im Bereich des Thorax, bei Patienten mit Herzrhythmusstörungen. Ebenso darf TENS nicht im Bereich des Unterbauches oder des unteren Rückens im Falle einer Gravidität angewendet werden, da es durch TENS zu Uteruskontraktionen kommen könnte [60].

Weitere Kontraindikationen bestehen bei Patienten/innen, die an Epilepsie oder an ähnlichen Krampfleiden erkrankt sind, sowie die Applikation der Elektroden direkt im Bereich von Wunden.

Nebenwirkungen von TENS können allergische Reaktionen auf die selbsthaftenden Elektroden, Müdigkeit und Hypotonie sein [60].

2.4.4 Stimulationsparameter

Zu den wichtigsten Stimulationsparametern zählen die Stromstärke, die Impulsform, die Impulsdauer, die Frequenz und die Stimulationsart. In der Regel werden die handelsüblichen TENS-Geräte mit 9-V (Volt) Batterien bzw. Akkus betrieben. Die maximale Intensität liegt bei ungefähr 80 mA (Milliampere). In Bezug auf die Impulsform kommen meist Rechteck- oder Dreieckimpulse zur Anwendung. Die Einzelimpulsdauer liegt häufig zwischen 100-250 ms (Millisekunden) und die Frequenz zwischen 2-100 Hz. Niederfrequente TENS, auch akupunkturähnliche TENS genannt, liegen im Bereich von 2-10 Hz. Von hochfrequenter TENS wird ab einer Frequenz von 20 Hz gesprochen. Die Impulse können konstant oder im sogenannten Burst-Modus abgegeben werden, darunter wird eine diskontinuierliche, gepulste Abgabe verstanden. Häufig sind die Geräte mit Antigewöhnungsprogrammen ausgestattet, die durch eine ständige Veränderung der Stimulationsparameter eine Gewöhnung und eine daraus resultierende Wirkminderung verhindern sollen [28].

2.5 TENS und verwandte elektrophysikalische Verfahren in der Therapie der CMD

2.5.1 Historische Entwicklung

Den frühen Beginn des Einsatzes elektrophysikalischer Verfahren in der Therapie der CMD stellt der Myo-Monitor der Firma Myotronics Inc. (Seattle, Vereinigte Staaten von Amerika) dar, der vor mehr als 30 Jahren von Jankelson vorgestellt wurde. Durch die Nervenstimulation der motorischen Anteile des N. trigeminus kommt es zu Muskelkontraktionen und in der Folge letztlich zu einer Relaxation des neuromuskulären Systemes durch eine Dekonditionierung der myogenen Propriozeptoren [56].

GERNET et al. konnten nachweisen, dass es bei rund zwei Dritteln der Patienten/innen mit einer funktionellen Störung des stomatognathen Systems bereits nach der ersten Anwendung des Myo-Monitors zu einer Verbesserung der Symptomatik kommt. Zudem konnte eine Stabilisierung des Geschwindigkeitsverlaufes der Mundöffnung und des Mundschlusses festgestellt werden. Bei nervösen bzw. ängstlichen Patienten/innen wurde jedoch auch eine Verschlechterung der Beschwerden beobachtet [23].

Zum heutigen Zeitpunkt kommen die klinischen Studien, die sich mit dem Einsatz von elektrophysikalischen Verfahren in der Therapie der CMD beschäftigen, zu heterogenen Ergebnissen. Die Verbesserung der Unterkiefermobilität, im Speziellen der Mundöffnung und der Lateralbewegungen, ist im Vergleich mit einer Reduktion von Schmerzen besser belegt. Zudem sind etliche Studien methodisch schwach. Gerade in Bezug auf TENS besteht weiterer Forschungsbedarf zur Beurteilung der Wirkung [48].

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, wird in der aktuellen Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFD) von positiven Anwenderberichten in Bezug auf eine Normalisierung der Muskelfunktion und einer Reduktion myogener Schmerzen durch TENS hingewiesen [2].

2.5.2 Muskelaktivität

Die Änderung der elektromyographischen Signale vor und nach drei TENS-Behandlungen untersuchten FRUCHT et al. an Patienten/innen, die unter Bruxismus leiden, und an gesunden Probanden. Zur Anwendung kam niederfrequente und intermittierend hochfrequente TENS. Es konnte immer eine Verkleinerung der Integralwerte sowie ein Anstieg der Mittel- und Medianfrequenzwerte festgestellt werden. Dieses Ergebnis wurde als objektiver Nachweis des subjektiv empfundenen Entspannungszustandes der Kaumuskulatur interpretiert. Im Vergleich zwischen den beiden verwendeten Geräten,

dem Myo-Monitor und dem TNS SM2 MF Stimulator (Schwa-medico GmbH, Giessen, Bundesrepublik Deutschland) ließ sich kein Unterschied feststellen [20].

Die Dauer der elektromyographischen Veränderungen nach TENS untersuchten RÜBEL et al. und kamen zu dem Ergebnis, dass bei Unterkieferfunktionen, die eine stärkere Muskelaktivität erfordern, die Verkleinerung des Integrales nach 2 Stunden (h) wieder abklang. Die Erhöhung der Mittelfrequenz der elektromyographischen Aktionspotentiale hielt nur 1h an [65].

WIESELMANN et al. verglichen die Wirkung von drei Myo-Monitor-Behandlungen mit drei Biofeedback-Anwendungen bezüglich der elektromyographischen Aktivität der Kaumuskulatur (M. Masseter und M. Temporalis). Dabei konnte bei beiden Gruppen nur eine tendenzielle, aber keine signifikante Verringerung der elektromyographischen Aktivität festgestellt werden [78].

Über einen Zeitraum von 4 Monaten untersuchten TREACY et al. die Wirkung von 20 MART (engl.: Muscular Awareness Relaxation Training)-Behandlungen im Vergleich mit 20 TENS- und 20 Placebo-TENS-Behandlungen an Patienten/innen, die unter Bruxismus leiden. Dabei wurde festgestellt, dass die Steigerung der Mundöffnung und die Reduktion der elektromyographischen Aktivität nach MART signifikant höher war als nach TENS und Placebo-TENS [75].

2.5.3 Schmerzreduktion und Unterkiefermobilität

Die Wirkung von hoch- (100 Hz) und niederfrequenter (2 Hz) TENS bei Patienten/innen mit einer rheumatischen Erkrankung, die das Kiefergelenk betrifft, wurde von MYOSTAD et al. untersucht. Es konnte sowohl nach hoch- als auch nach niederfrequenter TENS eine signifikante Reduktion des Ruheschmerzes und des Schmerzes bei Funktion festgestellt werden. Im Gruppenvergleich war die Reduktion des Schmerzes bei Funktion nach hochfrequenter TENS signifikant höher [52].

LINDE et al. verglichen eine Schienentherapie (6 Wochen, 24 h am Tag) mit einer TENS-Therapie (6 Wochen, 90 Hz, 30 min, 3 mal pro Tag) bei Diskusverlagerungen ohne Reposition. Bezüglich der Schmerzreduktion war die Schienentherapie der TENS-Therapie deutlich überlegen [45].

Die Wirkung einer einmaligen Low-Level-Lasertherapie (LLLT) und einer einmaligen TENS-Anwendung verglichen NUNEZ et al. bei Patienten/innen mit einer CMD. Sowohl LLLT als auch TENS führten zu einer signifikanten Steigerung der Mundöffnung, im Gruppenvergleich war die LLLT überlegen [54].

3 Studienziel/Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit soll der Kurzzeiteffekt von TENS im Burst Modus in der Therapie schmerzhafter CMD durch eine randomisierte, placebokontrollierte, prospektive klinische Studie untersucht werden.

Im Einzelnen sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Führt eine 30-minütige Placebo-TENS-Behandlung und/oder eine zeitlich entsprechende TENS im Burst-Modus-Behandlung zu einer unmittelbar statistisch signifikanten Schmerzreduktion, und wie lange hält diese über einen Beobachtungszeitraum von 24 h an?

Die Werte auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz werden unmittelbar nach (0 h) der jeweiligen Behandlung sowie nach 1 h, nach 2 h, nach 3 h, nach 4 h, nach 5 h, nach 6 h, nach 12 h und 24 h festgehalten und mit dem gruppenspezifischen Baseline-Wert verglichen (0 = Kein / 10 = Sehr stark).

2. Führt im Placebovergleich die TENS im Burst-Modus-Behandlung zu einer unmittelbaren statistisch signifikanten Schmerzreduktion, und wie verhält sich diese während des Beobachtungszeitraumes?

3. Bewirkt die Placebo-TENS-Behandlung und/oder die TENS im Burst-Modus-Behandlung eine unmittelbare statistisch signifikante Verbesserung der Unterkiefermobilität?

Verglichen wird die unmittelbare Änderung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz, der maximalen aktiven Mundöffnung, der maximalen passiven Mundöffnung, der Laterotrusion nach rechts, der Laterotrusion nach links sowie der Protrusion.

4. Ist im Placebovergleich ein statistisch signifikanter Unterschied in Bezug auf die Verbesserung der Unterkieferfunktion nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung nachweisbar?

5. Besteht im Placebovergleich ein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich des subjektiven Erfolgsgefühles 24 Stunden nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung auf einer 11-stufigen (0-10) NRS (0 = Gar nicht / 10 = Sehr erfolgreich)?

4 Material und Methode

4.1 Patientengut

30 Patienten/innen, welche die Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität München aufgrund ihrer akut schmerzhaften Kraniomandibulären Dysfunktion aufsuchten, nahmen nach Aufklärung und Zustimmung an der vorliegenden Studie teil. In den meisten Fällen war der CMD assoziierte Schmerz einseitig.

Von den teilnehmenden Patienten/innen waren 26 weiblichen und 4 männlichen Geschlechtes.

Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der klinischen Studie waren Minderjährigkeit, Schwangerschaft, Herzrhythmusstörungen, zerebrovaskuläre Erkrankungen, Patienten/innen mit Herzschrittmachern oder implantierten Hörgeräten sowie keine ausreichenden Kenntnisse der deutschen Sprache in Wort und Schrift sowie eine frühere TENS-Erfahrung aufgrund anderer Erkrankungen.

Die Randomisierung, also die Zuteilung zur Placebo-TENS-Gruppe bzw. zur TENS im Burst-Modus-Gruppe, erfolgte mittels Losverfahren. Die Lose wurden von den Patienten/innen blind gezogen. Die Anzahl der Lose entsprach der Anzahl der Studienteilnehmer/innen. Aufgrund der Codierung der Lose war es für die Patienten nicht ersichtlich, welche Behandlung sie erhalten würden. Es wurden keine Lose zurückgelegt.

4.2 Methode

4.2.1 RDC/TMD-Klassifikationssystem

Die Diagnostik und Befundung der Studienteilnehmer/innen erfolgte anhand der ersten Achse der RDC/TMD-G, der deutschen Version der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche. Die zweite Achse wurde nicht verwendet; bei psychischen Auffälligkeiten wurde zusätzlich eine Vorstellung in der interdisziplinären Schmerzambulanz angeraten.

Der verwendete Untersuchungsbogen ist unter dem Punkt 10.1 zu finden.

Die Untersuchung erfolgte nach der sogenannten „Definition der Untersuchungsvariablen und Ausführung der Untersuchung“. Während der Untersuchung saßen die Patienten/innen in aufrechter Position. Die extraorale Palpation erfolgte mit einem Palpationsdruck von 900 Gramm, die intraorale Palpation und die im Bereich der Kiefergelenke mit einem Druck von 450 Gramm. Zur Beurteilung der Kiefergelenkgeräusche wurden die Bewegungen dreimal wiederholt. Die Geräusche, die erfasst wurden, mussten bei wenigstens zwei von drei Bewegungen auftreten.

4.2.2 Schmerzerfassung und Verlaufskontrolle mittels numerischer Einschätzungsskala (NRS) für Schmerz

Die Schmerzerfassung und Verlaufskontrolle erfolgte durch die Patienten/innen mittels einer 11-stufigen (0-10) numerischen Einschätzungsskala (engl.: NRS) für Schmerz (0 = Kein / 10 = Sehr stark). Die verwendete NRS ist unter dem Punkt 10.2 zu finden. Sie entspricht der NRS für Schmerz, wie sie an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München zur Beurteilung von CMD assoziiertem Schmerz verwendet wird. Der Baseline-Wert war der Wert unmittelbar vor der jeweiligen Behandlung. Die weiteren Messpunkte waren unmittelbar nach der Behandlung (0 h), nach 1 h, nach 2 h, nach 3 h, nach 4 h, nach 5 h, nach 6 h, nach 12 h und nach 24 h.

4.2.3 Erfassung der Unterkiefermobilität

Die Erfassung der Unterkiefermobilität erfolgte durch den Prüfarzt mittels eines Stahllineales mit Millimetereinteilung. Maßgebliche Messpunkte waren in Bezug auf die vertikalen Mobilitätsparameter die Inzisalkanten eines oberen mittleren Schneidezahnes und seines Antagonisten und hinsichtlich der lateralen Mobilitätsparameter die Inzisalpunkte. Die Werte wurden im Untersuchungsbogen, der unter Punkt 10.3 zu finden ist, festgehalten. Die Messung erfolgte direkt vor und direkt nach der jeweiligen Behandlung.

4.2.4 Erfassung des subjektiven Erfolgsgefühles nach 24 h

Die Erfassung des subjektiven Erfolgsgefühles erfolgte 24 h nach der jeweiligen Behandlung mittels einer 11-stufigen (0-10) NRS (0 = Gar nicht / 10 = Sehr erfolgreich). Diese NRS ist unter dem Punkt 10.2 zu finden.

4.2.5 TENS im Burst-Modus-Behandlung

In dieser Studie wurde das TENS-Gerät Sanowell Digi Pro 4000 der Firma Hoffman GmbH (Mömbris, Bundesrepublik Deutschland) verwendet. Es handelt sich um ein 2-Kanal TENS-Gerät, das mit einer 9-V-Batterie betrieben wird. Das TENS-Gerät ist CE zertifiziert und unterliegt dem Medizinproduktegesetz der Bundesrepublik Deutschland.

Die TENS-Stimulation erfolgte im Burst-Modus, also in einer nicht konstanten, sondern gepulsten Abgabe der elektrischen Reize. Ein Burst beinhaltete 9 Einzelimpulse mit einer Frequenz von 100 Hz. Die Einzelimpulsdauer des asymmetrischen Bi-Phasen-Rechteckimpulses betrug 80 μ s, die Dauer der gesamten Stimulation lag bei 30 Minuten. Die Stärke der Stimulation konnte individuell von den Patienten/innen eingestellt werden. Während der Stimulation sollten Kontraktionen im Bereich des M. Masseter und ggf. der mimischen Muskulatur spürbar, aber nicht unangenehm oder schmerzhaft sein.

Die Platzierung der Elektroden erfolgte bei beidseitiger Schmerzsymptomatik auf der schmerzhafteren Gesichtsseite. Zudem wurden in diesem Falle die Patienten/innen darüber instruiert, dass sie die Schmerzreduktion lediglich auf der stimulierten Seite beurteilen sollten. Die Kathode wurde im Bereich des Kiefergelenkes und die Anode im Bereich des antero-kaudalen Ansatzes des M. Masseter platziert. Verwendet wurden runde, 3 cm große, selbstklebende Einwegelektroden der Firma Bentronic GmbH (München, Bundesrepublik Deutschland).

Die Einstellungen des in der Studie verwendeten Gerätes wurden in Bezug auf die Frequenz und den Frequenzmodus in einer Testanwendung elektromyographisch verifiziert. Zur Oberflächenmessung der Spannung wurde das Elektromyographiegerät MyoSystem 1400 L der Firma Naraxon Inc. (Scottsdale, Vereinigte Staaten von Amerika) eingesetzt.

Diag. 1:

Messung der elektromyographischen Aktivität des linken M. Masseters während der Testanwendung

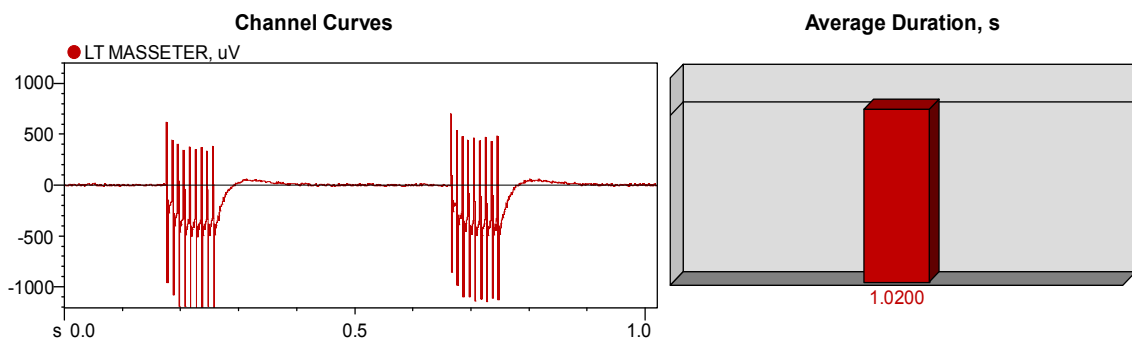


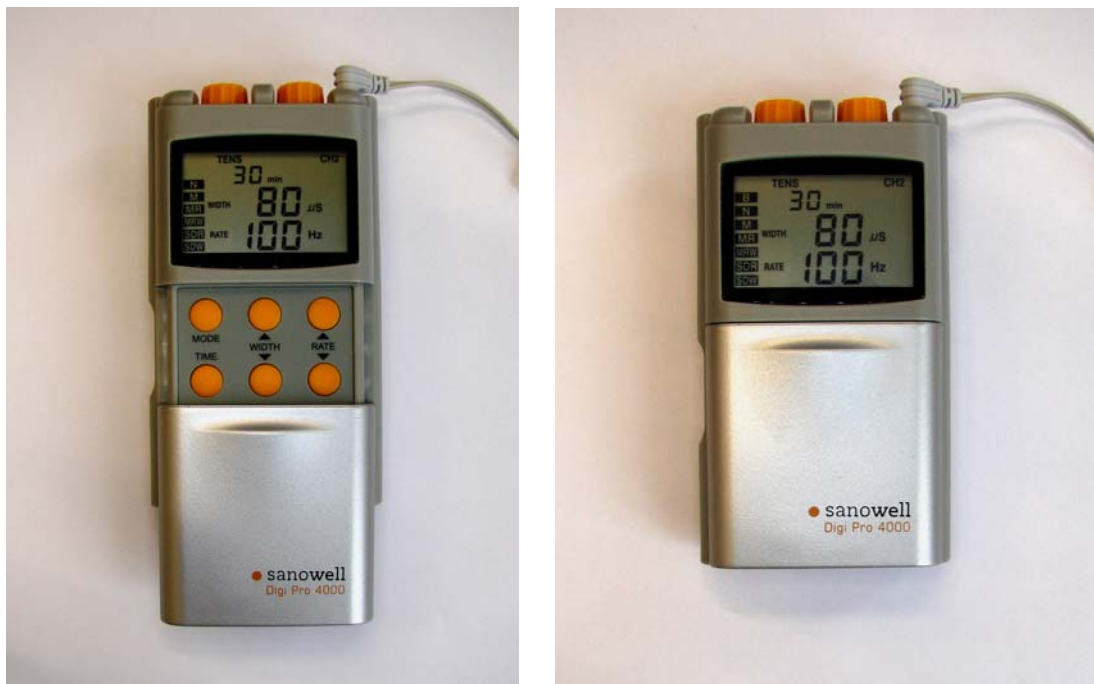
Abb. 1:

Photos der Elektrodenplatzierung an Probandin (seitliche und schräg-frontale Ansicht)



Abb. 2:

Photos des verwendeten TENS-Gerätes (offener und geschlossener Zustand)



4.2.6 Placebo-TENS-Behandlung

Die Placebo-TENS-Behandlung erfolgte mit dem gleichen Gerät, das für die TENS im Burst-Modus-Behandlung verwendet wurde. Analog waren die Elektrodenplatzierung, die Geräteeinstellungen und die 30-minütige Stimulationsdauer. Der bei der Placebo-Behandlung verwendete Kanal leitete jedoch keinen Strom.

Um die Placebo-TENS-Behandlung glaubwürdig erscheinen zu lassen, wurden den Patienten/innen erklärt, dass es aufgrund der geringen Stromstärke normal sei, die elektrische Stimulation nicht zu spüren.

Während der Placebo-TENS-Behandlung blinkte für die Patienten/innen sichtbar die Stimulationskontrollanzeige auf dem Display des Gerätes.

4.3 Statistische Auswertung und graphische Darstellung

Die statistische Auswertung und graphische Darstellung erfolgte mittels der Software SPSS 16.0 für Windows. Extremwerte sind in den Diagrammen mit einem Stern dargestellt und Ausreißer mit einem Kreis.

Dem orientierenden Charakter der Studie entsprechend wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0.05$ festgesetzt.

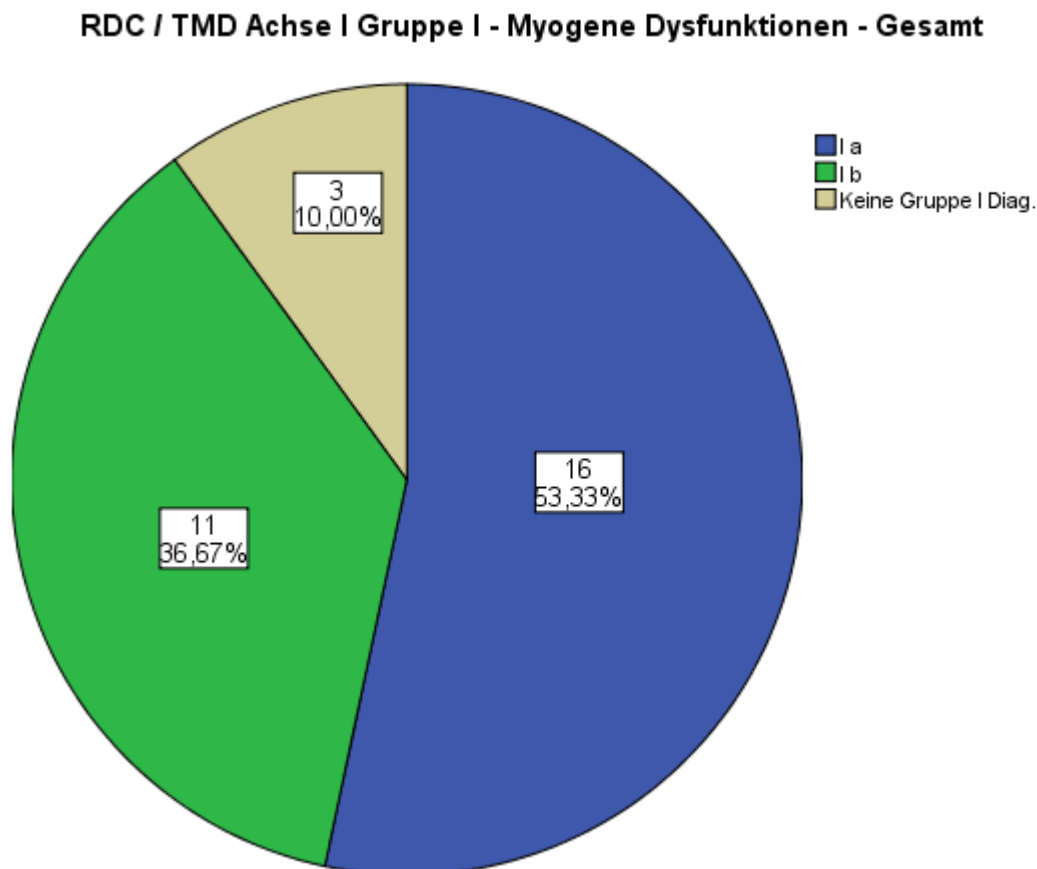
Der Wilcoxon-Test wurde als nicht parametrischer Test zur Untersuchung zweier abhängiger Stichproben, also zum Vergleich innerhalb der Placebo-TENS Gruppe bzw. der TENS im Burst Modus Gruppe verwendet und der Mann-Whitney-U-Test als nicht parametrischer Test zur Untersuchung zweier unabhängiger Stichproben, also zum Vergleich zwischen den beiden Gruppen.

5 Ergebnisse

5.1 RDC/TMD - Physische Parameter - Achse I Befunde

5.1.1 Gruppe I – Myogene Dysfunktionen

Diag. 2:



Tab. 4:

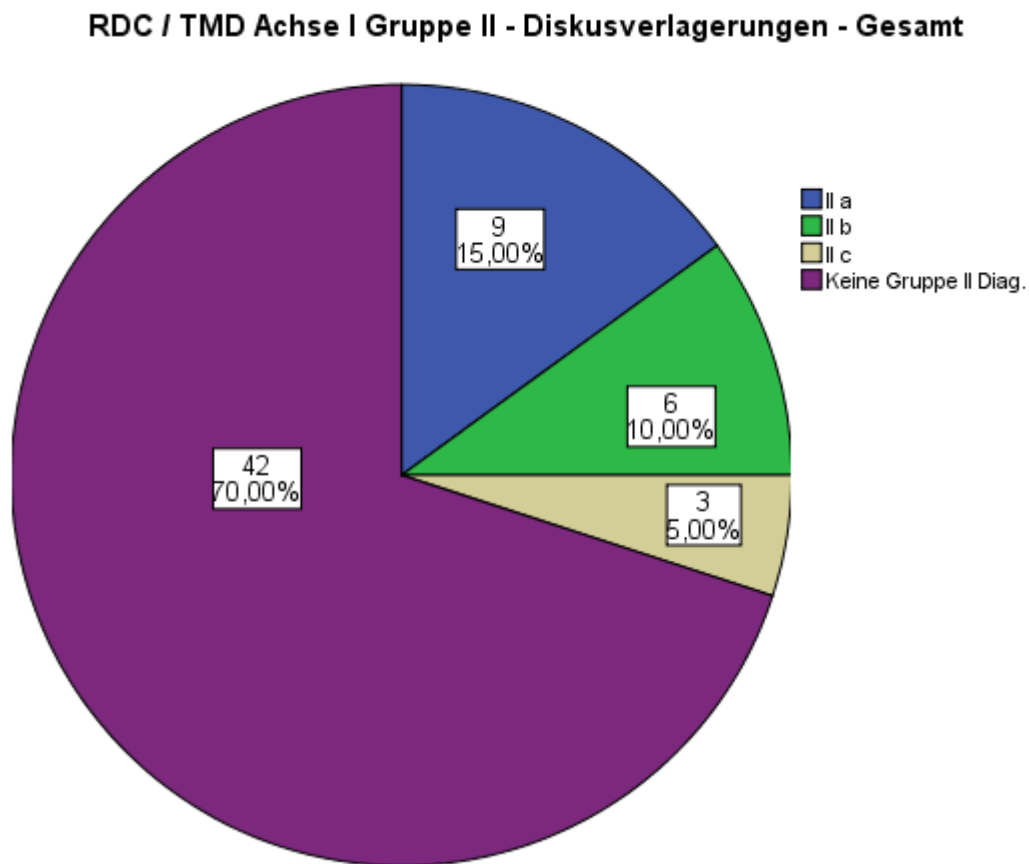
RDC/TMD Achse I Gruppe I – Myogene Dysfunktionen

	Gesamt	Placebo-TENS	TENS im Burst-Modus
I a Myofaszialer Schmerz	16	8	8
I b Myofaszialer Schmerz mit eingeschränkter Mundöffnung	11	5	6
Keine Gruppe I Diagnose	3	2	1
Summe	30	15	15

In Bezug auf die Achse I Gruppe I Diagnosen, den „Myogenen Dysfunktionen“ der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche, wird unter den 30 an der Studie teilnehmenden Patienten/innen 16-mal die Diagnose „Myofaszialer Schmerz“, 11-mal die Diagnose „Myofaszialer Schmerz mit eingeschränkter Mundöffnung“ und 3-mal keine Achse I Gruppe I Diagnose gestellt.

5.1.2 Gruppe II – Diskusverlagerungen

Diag. 3:



Tab. 5:

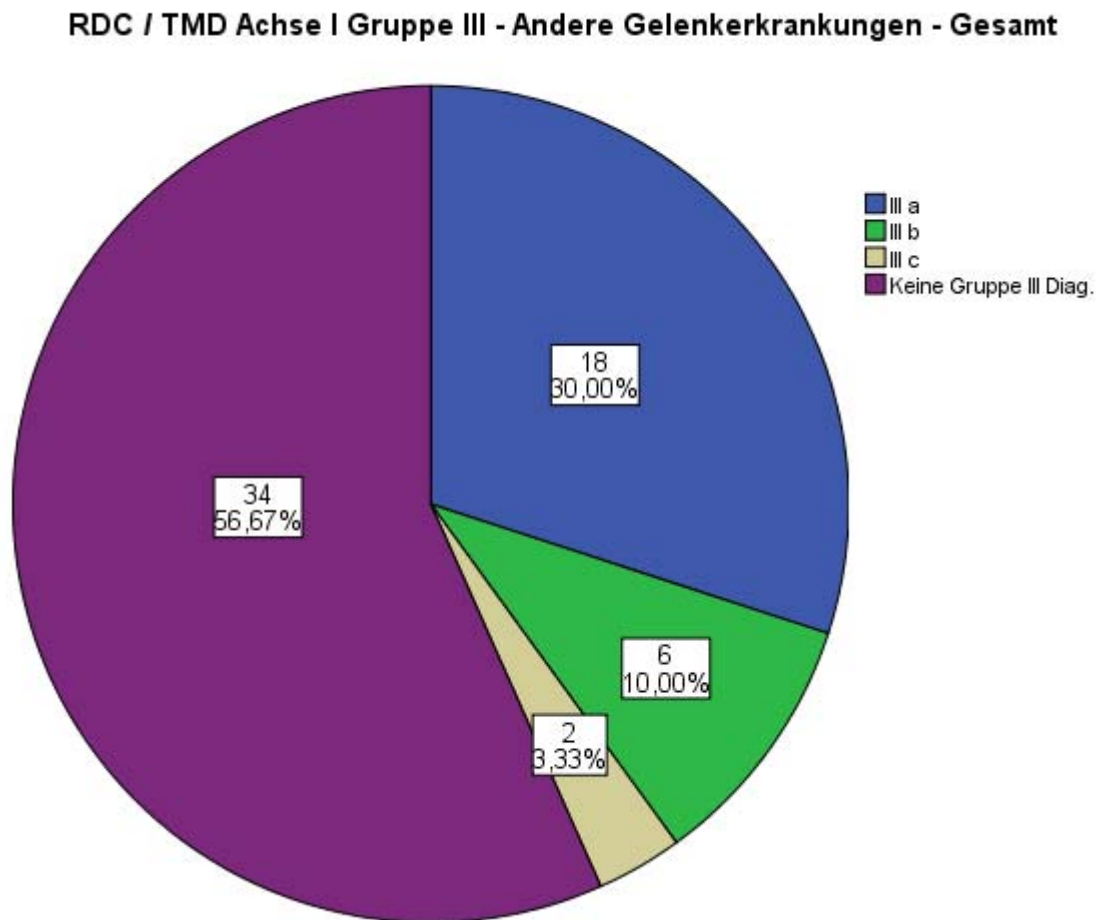
RDC/TMD Achse I Gruppe II – Diskusverlagerungen

	Gesamt	Placebo-TENS	TENS im Burst-Modus
II a Diskusverlagerung mit Reposition (L/R)	9	5	4
II b Diskusverlagerung ohne Reposition mit eingeschränkter Mundöffnung (L/R)	6	2	4
II c Diskusverlagerung ohne Reposition ohne eingeschränkte Mundöffnung (L/R)	3	1	2
Keine Gruppe II Diagnose (L/R)	42	22	20
Summe (L/R)	60	30	30

In Bezug auf die Achse I Gruppe II Diagnosen, den „Diskusverlagerungen“ der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche, wird unter den 30 an der Studie teilnehmenden Patienten/innen 9-mal die Diagnose „Diskusverlagerung mit Reposition (L/R)“, 6-mal die Diagnose „Diskusverlagerung ohne Reposition mit eingeschränkter Mundöffnung (L/R)“, 3-mal die Diagnose „Diskusverlagerung ohne Reposition ohne eingeschränkte Mundöffnung (L/R)“ und 42-mal keine Achse I Gruppe II Diagnose (L/R) gestellt.

5.1.3 Gruppe III – Andere Gelenkerkrankungen

Diag. 4:



Tab. 6:

RDC/TMD Achse I Gruppe III – Andere Gelenkerkrankungen

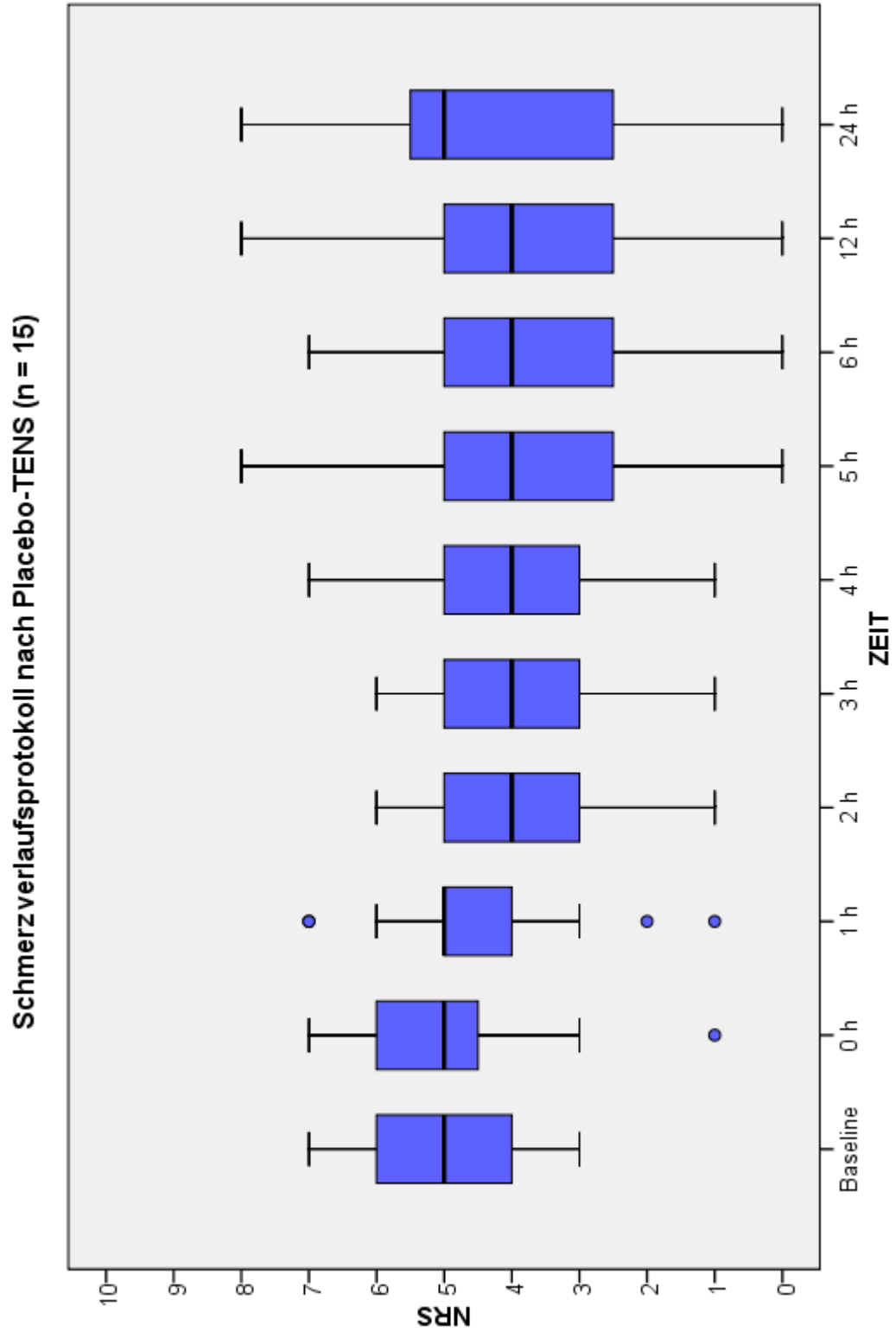
	Gesamt	Placebo-TENS	TENS im Burst-Modus
III a Arthralgie (L/R)	18	6	12
III b Osteoarthritis (L/R)	6	6	0
III c Osteoarthrose (L/R)	2	1	1
Keine Gruppe III Diagnose (L/R)	34	17	17
Summe (L/R)	60	30	30

In Bezug auf die Achse I Gruppe III Diagnosen, den „Anderen Gelenkerkrankungen“ der RDC/TMD nach Dworkin und LeResche, wird unter den 30 an der Studie teilnehmenden Patienten/innen 18-mal die Diagnose „Arthralgie (L/R)“, 6-mal die Diagnose „Osteoarthritis (L/R)“, 2-mal die Diagnose „Osteoarthrose (L/R)“ und 34-mal keine Achse I Gruppe III Diagnose (L/R) gestellt.

5.2 Schmerzreduktion

5.2.1 Schmerzreduktion nach Placebo-TENS

Diag. 5:



Tab. 7:

Schmerzverlaufsprotokoll nach Placebo-TENS (n = 15)

Fallnummer	NRS BL	NRS 0 h	NRS 1 h	NRS 2 h	NRS 3 h	NRS 4 h	NRS 5 h	NRS 6 h	NRS 12 h	NRS 24 h
1	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
2	5	5	5	5	5	5	5	5	7	5
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	7	6	5	3	3	2	2	2	2	2
5	3	3	2	2	1	1	0	0	0	0
6	7	7	7	6	5	5	4	4	3	6
7	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2
8	4	5	4	5	6	4	3	3	4	3
9	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6
10	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8
11	6	6	7	6	6	7	8	7	6	7
12	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5
13	5	5	4	3	2	3	1	2	2	1
14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5

Median	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5
---------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Statistik

Zeitpunkt	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Wilcoxon-Test
Nach 0 h	$\alpha = 0,414$
Nach 1 h	$\alpha = 0,071$
Nach 2 h	$\alpha = 0,019$
Nach 3 h	$\alpha = 0,031$
Nach 4 h	$\alpha = 0,020$
Nach 5 h	$\alpha = 0,025$
Nach 6 h	$\alpha = 0,015$
Nach 12 h	$\alpha = 0,065$
Nach 24 h	$\alpha = 0,116$

Anmerkung:

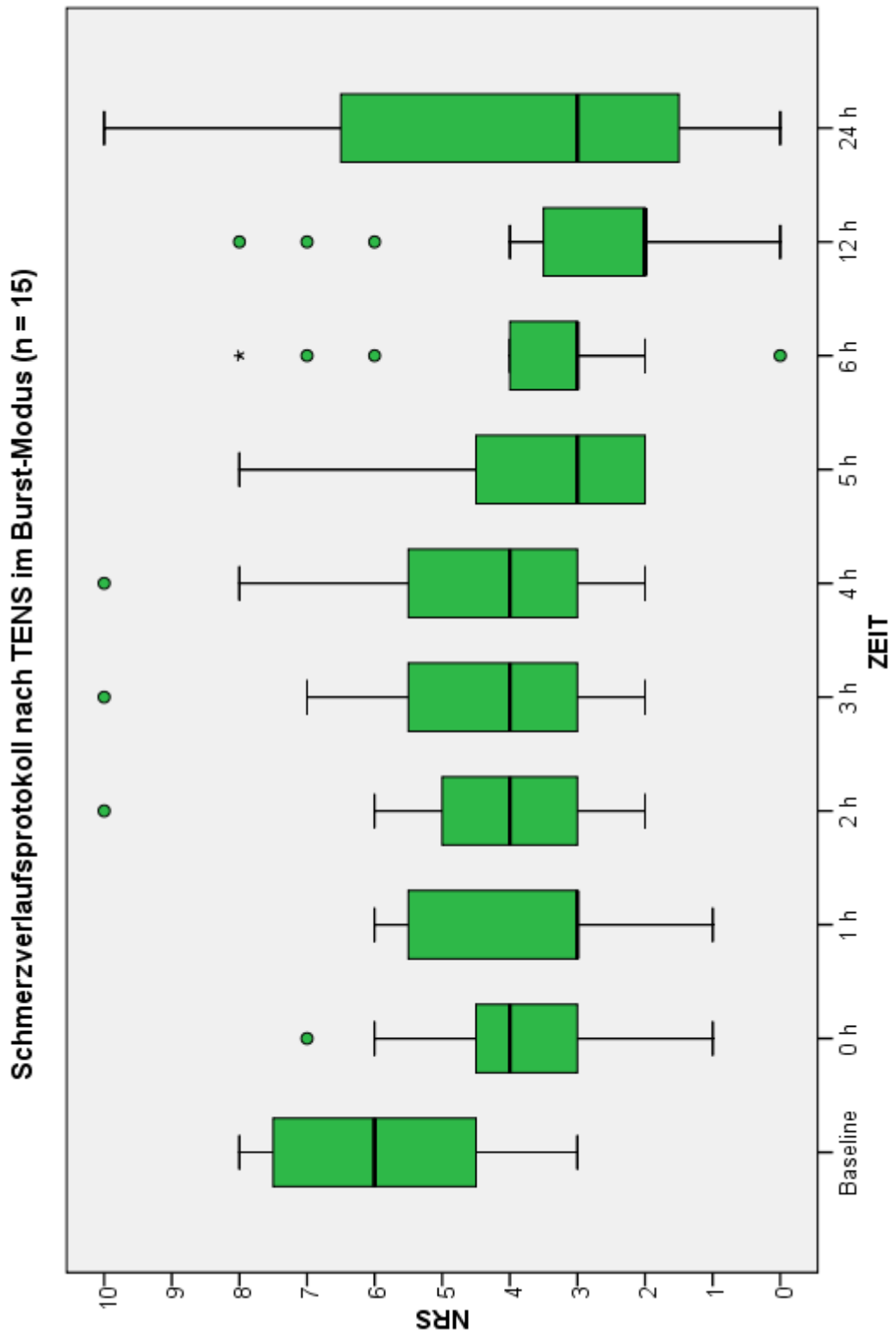
BL = Baseline

0 h = unmittelbar danach

Die Schmerzreduktion auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz ist nach der Placebo-TENS-Behandlung bezüglich des Baseline-Wertes nach 2 h mit $\alpha = 0,019$, nach 3 h mit $\alpha = 0,031$, nach 4 h mit $\alpha = 0,020$, nach 5 h mit $\alpha = 0,025$ und nach 6 h mit $\alpha = 0,015$ statistisch signifikant (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

5.2.2 Schmerzreduktion nach TENS im Burst-Modus

Diag. 6:



Tab. 8:

Schmerzverlaufsprotokoll nach TENS im Burst-Modus (n = 15)

Fallnummer	NRS BL	NRS 0 h	NRS 1 h	NRS 2 h	NRS 3 h	NRS 4 h	NRS 5 h	NRS 6 h	NRS 12 h	NRS 24 h
1	8	5	5	4	4	3	2	3	2	1
2	8	5	6	6	7	8	8	8	8	8
3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3
4	7	2	2	2	3	4	5	7	7	7
5	4	3	3	4	3	3	2	4	3	3
6	8	7	6	6	6	6	5	4	4	7
7	6	3	3	3	3	2	2	3	3	5
8	8	4	6	2	5	5	3	3	2	1
9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	6	4	3	4	4	4	3	3	1	0
11	5	3	3	3	3	3	3	3	2	3
12	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2
13	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1
14	7	2	5	10	10	10	3	0	0	10
15	6	4	3	4	3	3	3	3	2	2

Median	6	4	3	4	4	4	3	3	2	3
---------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Statistik

Zeitpunkt	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Wilcoxon-Test
Nach 0 h	$\alpha = 0,002$
Nach 1 h	$\alpha = 0,002$
Nach 2 h	$\alpha = 0,022$
Nach 3 h	$\alpha = 0,016$
Nach 4 h	$\alpha = 0,022$
Nach 5 h	$\alpha = 0,002$
Nach 6 h	$\alpha = 0,005$
Nach 12 h	$\alpha = 0,002$
Nach 24 h	$\alpha = 0,018$

Anmerkung:

BL = Baseline

0 h = unmittelbar danach

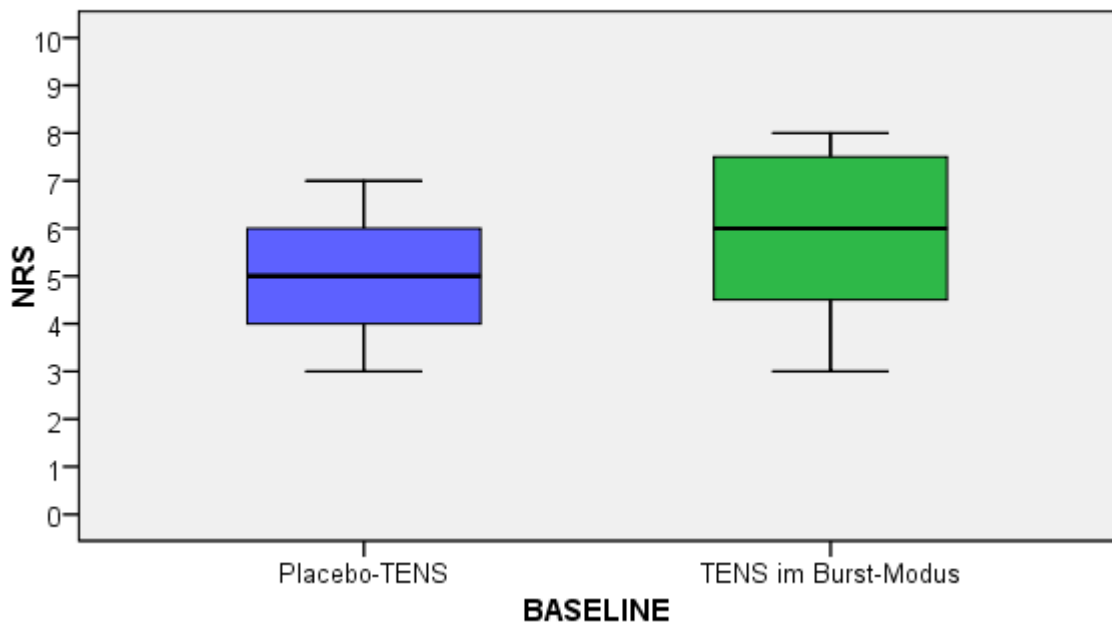
Die Schmerzreduktion auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz ist nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung bezüglich des Baseline-Wertes unmittelbar danach mit $\alpha = 0,002$, nach 1 h mit $\alpha = 0,002$, nach 2 h mit $\alpha = 0,022$, nach 3 h mit $\alpha = 0,016$, nach 4 h mit $\alpha = 0,022$, nach 5 h mit $\alpha = 0,002$, nach 6 h mit $\alpha = 0,005$, nach 12 h mit $\alpha = 0,002$ und nach 24 h mit $\alpha = 0,018$ statistisch signifikant (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

5.2.3 Vergleich der NRS für Schmerz-Baseline-Werte

Um die Schmerzreduktion nach der Placebo-TENS Behandlung und der TENS im Burst-Modus Behandlung miteinander vergleichen zu können, werden zunächst die jeweiligen gruppenspezifischen medianen NRS für Schmerz-Baseline-Werte bezüglich ihrer statistischen Vergleichbarkeit untersucht.

Diag. 7:

Vergleich der medianen NRS für Schmerz-Baseline-Werte (n = 15 pro Gruppe)



Tab. 9:

Vergleich der medianen NRS für Schmerz-Baseline-Werte (n =15 pro Gruppe)

Fallnummer	Placebo-TENS	TENS im Burst Modus
1	5	8
2	5	8
3	5	3
4	7	7
5	3	4
6	7	8
7	4	6
8	4	8
9	4	6
10	6	6
11	6	5
12	5	3
13	5	4
14	3	7
15	7	6

Median	5	6
---------------	----------	----------

Statistik

Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Mann-Whitney-U-Test
$\alpha = 0,141$

Anmerkung:

Werte aus Tabellen 7 und 8

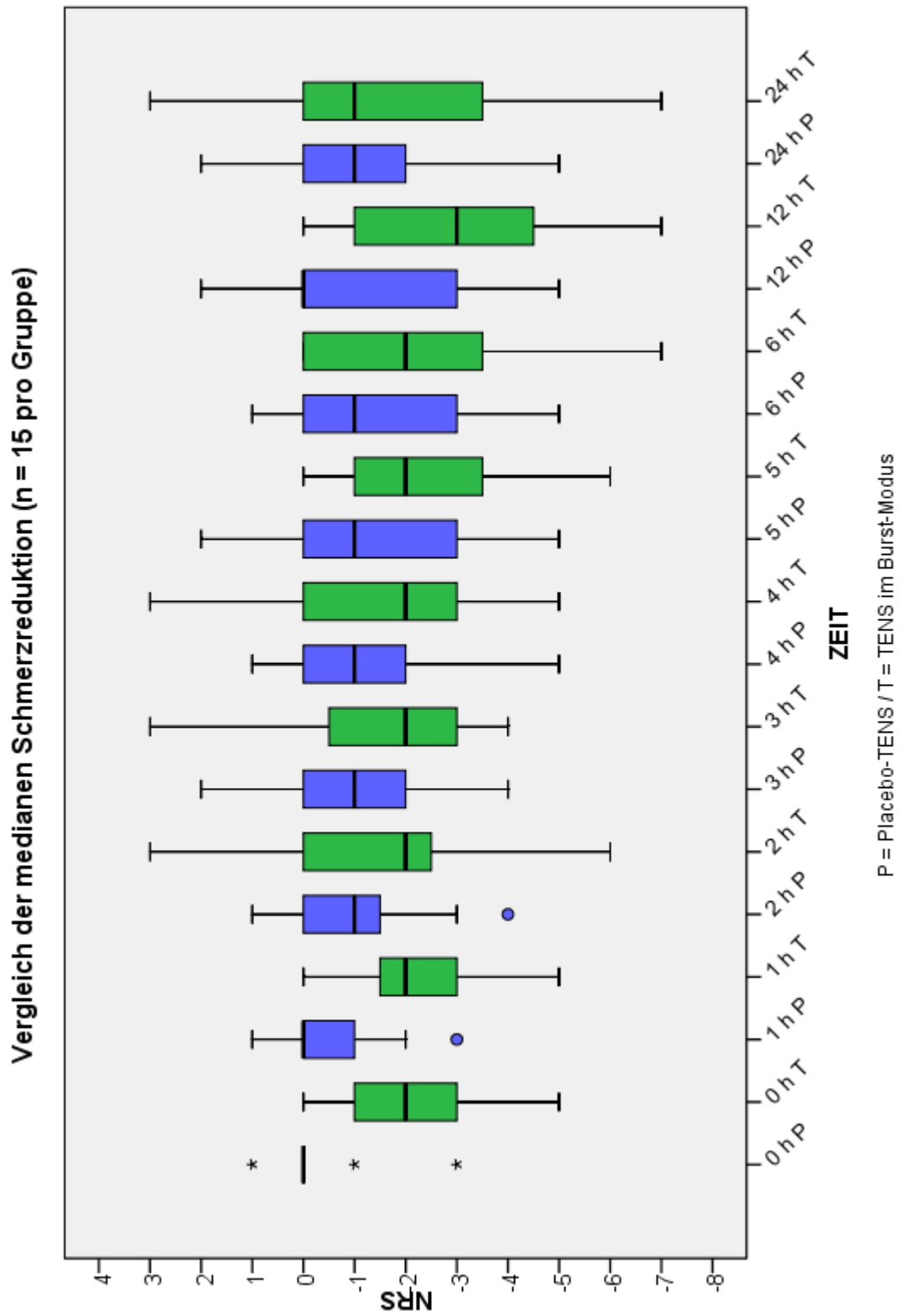
Bezüglich der medianen Baseline-Werte auf der NRS für Schmerz ist mit $\alpha = 0,141$ kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellbar. (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Die beiden Gruppen sind hinsichtlich der Schmerzreduktion miteinander vergleichbar.

5.2.4 Vergleich der Schmerzreduktion

Placebo-TENS vs. TENS im Burst-Modus

Diag. 8:



Tab. 10:

Mediane Schmerzreduktion nach Placebo-TENS (n = 15)

Fallnummer	NRS 0 h	NRS 1 h	NRS 2 h	NRS 3 h	NRS 4 h	NRS 5 h	NRS 6 h	NRS 12 h	NRS 24 h
1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-1	-2	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5
5	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3
6	0	0	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-1
7	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2
8	1	0	1	2	0	-1	-1	0	-1
9	0	0	0	0	1	1	1	1	2
10	0	0	0	0	0	0	0	2	2
11	0	1	0	0	1	2	1	0	1
12	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
13	0	-1	-2	-3	-2	-4	-3	-3	-4
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2

Median	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
---------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------

Anmerkung:

0 h = unmittelbar danach

Werte aus Tabelle 7

Tab. 11:

Mediane Schmerzreduktion nach TENS im Burst-Modus (n = 15)

Fallnummer	NRS 0 h	NRS 1 h	NRS 2 h	NRS 3 h	NRS 4 h	NRS 5 h	NRS 6 h	NRS 12 h	NRS 24 h
1	-3	-3	-4	-4	-5	-6	-5	-6	-7
2	-3	-2	-2	-1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0
4	-5	-5	-5	-4	-3	-2	0	0	0
5	-1	-1	0	-1	-1	-2	0	-1	-1
6	-1	-2	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-1
7	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-3	-3	-1
8	-4	-2	-6	-3	-3	-5	-5	-6	-7
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-5	-6
11	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-2
12	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
13	0	0	0	0	0	0	0	-3	-3
14	-5	-2	3	3	3	-4	-7	-7	3
15	-2	-3	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4

Median	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-1
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Anmerkung:

0 h = unmittelbar danach

Werte aus Tabelle 8

Tab. 12:

Vergleich der medianen Schmerzreduktion (n = 15 pro Gruppe)

Zeit	Placebo-TENS	TENS im Burst Modus
Nach 0 h	0	-2
Nach 1 h	0	-2
Nach 2 h	-1	-2
Nach 3 h	-1	-2
Nach 4 h	-1	-2
Nach 5 h	-1	-2
Nach 6 h	-1	-2
Nach 12 h	0	-3
Nach 24 h	-1	-1

Statistik

Zeitpunkt	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Mann-Whitney-U-Test
Nach 0 h	$\alpha = 0,000$
Nach 1 h	$\alpha = 0,004$
Nach 2 h	$\alpha = 0,193$
Nach 3 h	$\alpha = 0,329$
Nach 4 h	$\alpha = 0,319$
Nach 5 h	$\alpha = 0,153$
Nach 6 h	$\alpha = 0,270$
Nach 12 h	$\alpha = 0,033$
Nach 24 h	$\alpha = 0,322$

Anmerkung:

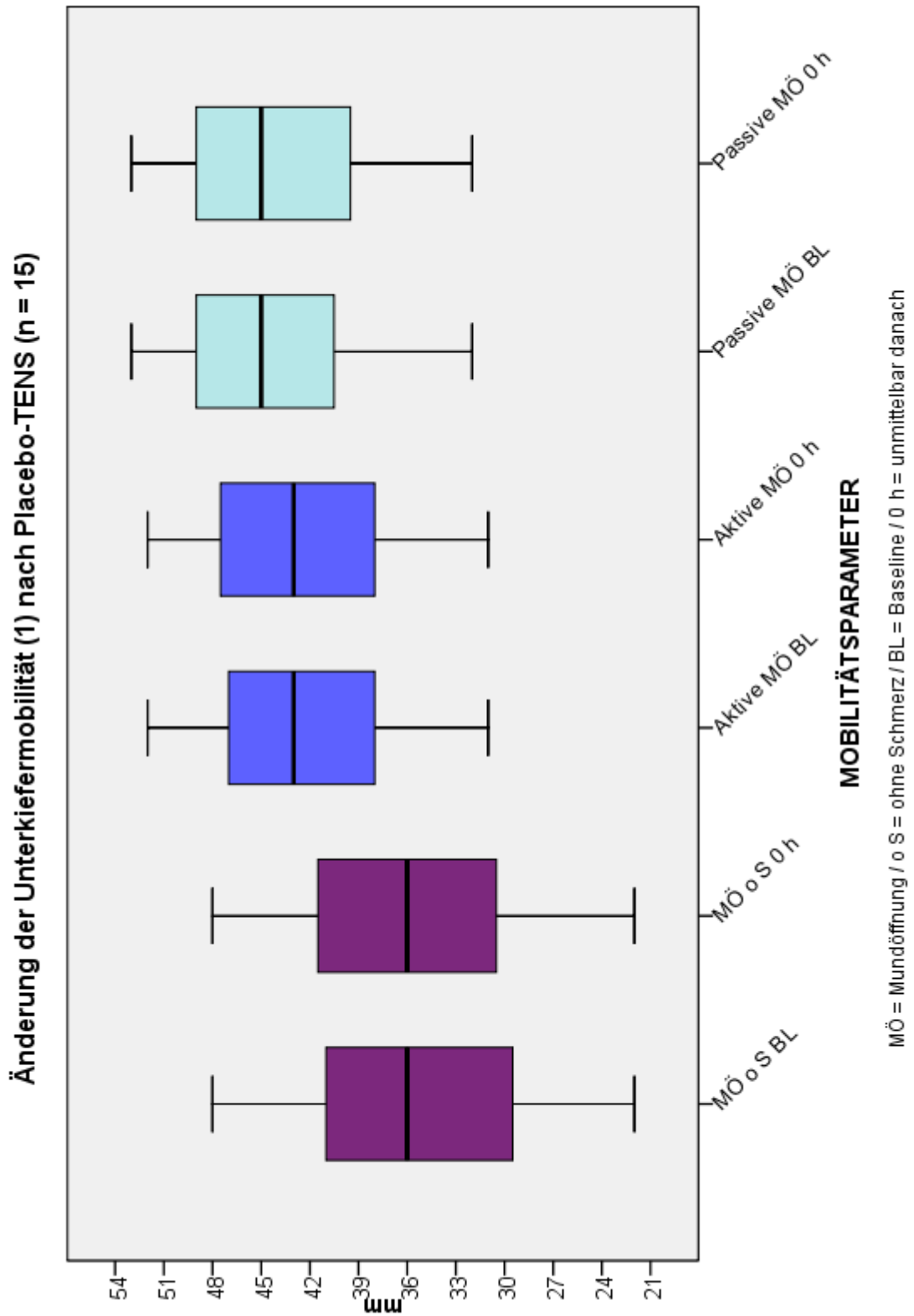
Werte aus Tabellen 10 und 11

Im Placebovergleich ist die mediane Schmerzreduktion auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz gegenüber dem gruppenspezifischen Baseline-Wert unmittelbar nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung mit $\alpha = 0,000$ sowie nach 1 h mit $\alpha = 0,004$ und nach 12 h mit $\alpha = 0,033$ statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

5.3 Unterkiefermobilität

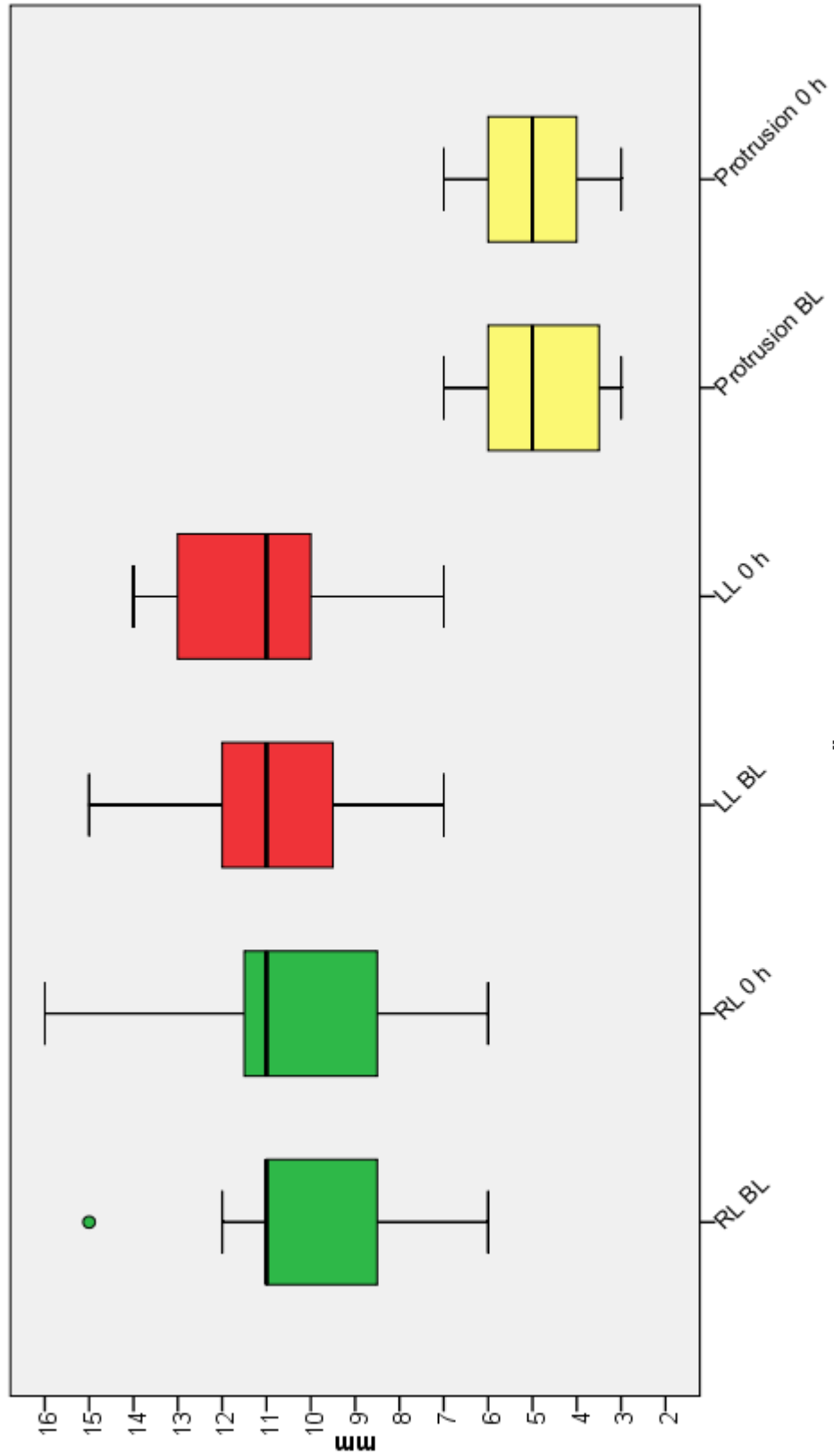
5.3.1 Änderung der Unterkiefermobilität nach Placebo-TENS

Diag. 9:



Diag. 10:

Änderung der Unterkiefermobilität (2) nach Placebo-TENS (n = 15)



MOBILITÄTSPARAMETER

RL = Laterotrusion nach rechts / LL = Laterotrusion nach links / BL = Baseline / 0 h = unmittelbar danach

Tab. 13:

Änderung der Unterkiefermobilität nach Placebo-TENS – Messwerte (n = 15)

Fallnummer	MÖ o S	MÖ o S	Aktive MÖ	Aktive MÖ	Passive MÖ	Passive MÖ
	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm
	BL	0 h	BL	0 h	BL	0 h
1	42	42	43	43	44	44
2	31	32	36	34	38	36
3	41	40	48	48	49	49
4	26	27	39	38	42	42
5	36	36	37	38	39	38
6	22	22	31	31	32	32
7	39	42	46	47	50	50
8	48	48	50	50	51	51
9	28	28	45	45	47	47
10	41	41	48	48	49	49
11	31	33	34	34	34	34
12	26	29	41	40	42	41
13	32	34	40	42	45	45
14	48	48	52	52	53	53
15	38	36	45	45	45	45

Median	36	36	43	43	45	45
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fallnummer	RL	RL	LL	LL	Protrusion	Protrusion
	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm
	BL	0 h	BL	0 h	BL	0 h
1	11	11	10	10	6	6
2	11	11	12	12	3	4
3	11	11	13	13	6	6
4	11	12	15	14	4	4
5	7	7	10	11	5	4
6	6	6	11	11	6	6
7	11	13	12	13	3	6
8	15	16	12	13	7	7
9	10	10	9	10	7	6
10	7	7	7	7	5	5
11	10	10	9	10	3	3
12	11	11	13	13	6	6
13	10	10	11	11	4	5
14	7	7	8	8	3	3
15	12	13	10	11	4	4

Median	11	11	11	11	5	5
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

Anmerkung:

- MÖ = Mundöffnung
- o S = ohne Schmerz
- RL = Laterotrusion nach rechts
- LL = Laterotrusion nach links
- BL = Baseline
- 0 h = unmittelbar danach

Tab. 14:

Änderung der Unterkiefermobilität nach Placebo-TENS – Median (n = 15)

Mobilitätsparameter	Baseline in mm	0 h in mm
Mundöffnung ohne Schmerz	36	36
Aktive Mundöffnung	43	43
Passive Mundöffnung	45	45
Laterotrusion nach rechts	11	11
Laterotrusion nach links	11	11
Protrusion	5	5

Statistik

Mobilitätsparameter	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Wilcoxon-Test
Mundöffnung ohne Schmerz	$\alpha = 0,119$
Aktive Mundöffnung	$\alpha = 1,000$
Passive Mundöffnung	$\alpha = 0,102$
Laterotrusion nach rechts	$\alpha = 0,059$
Laterotrusion nach links	$\alpha = 0,059$
Protrusion	$\alpha = 0,480$

Anmerkung:

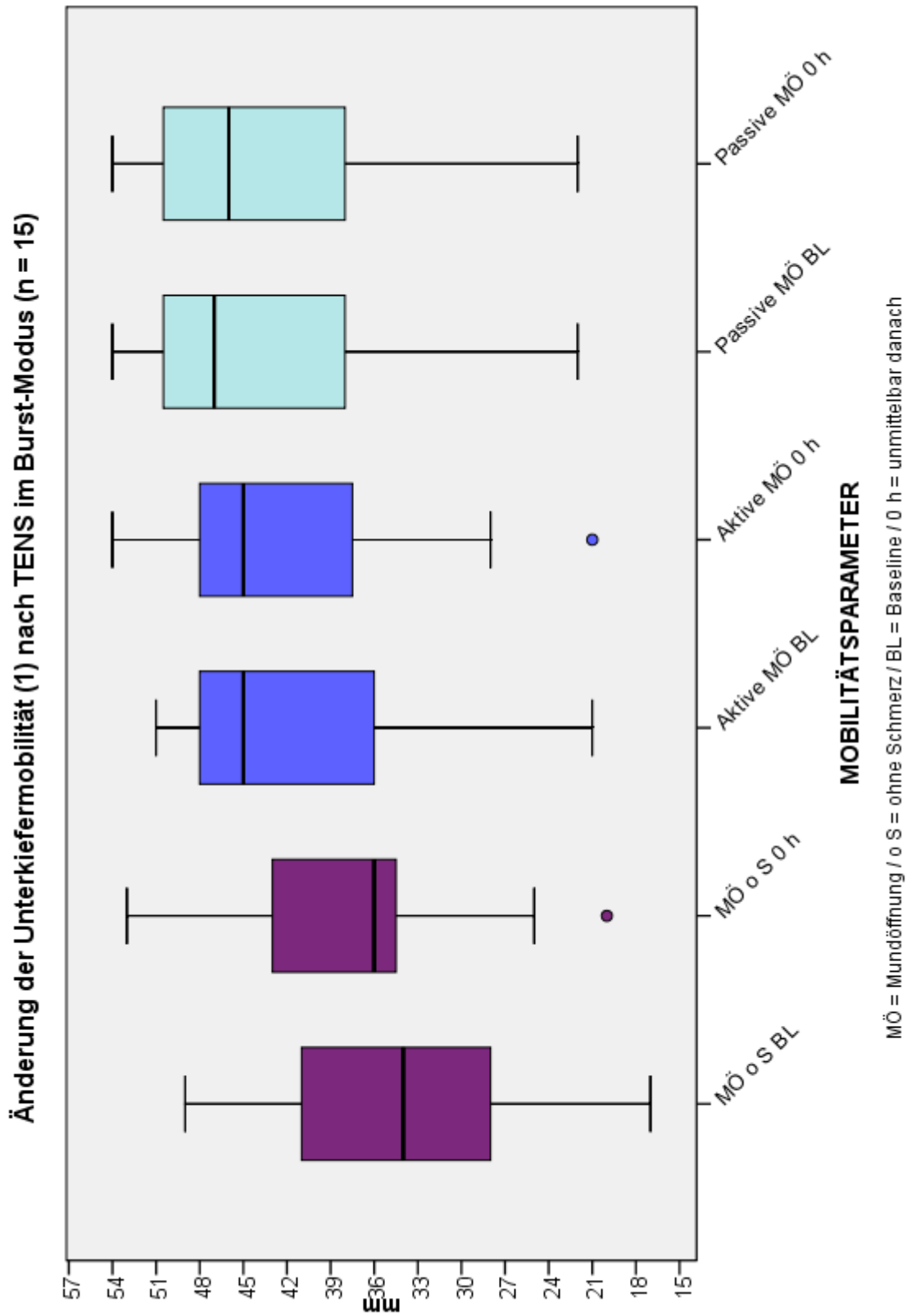
0 h = unmittelbar danach

Werte aus Tabelle 11

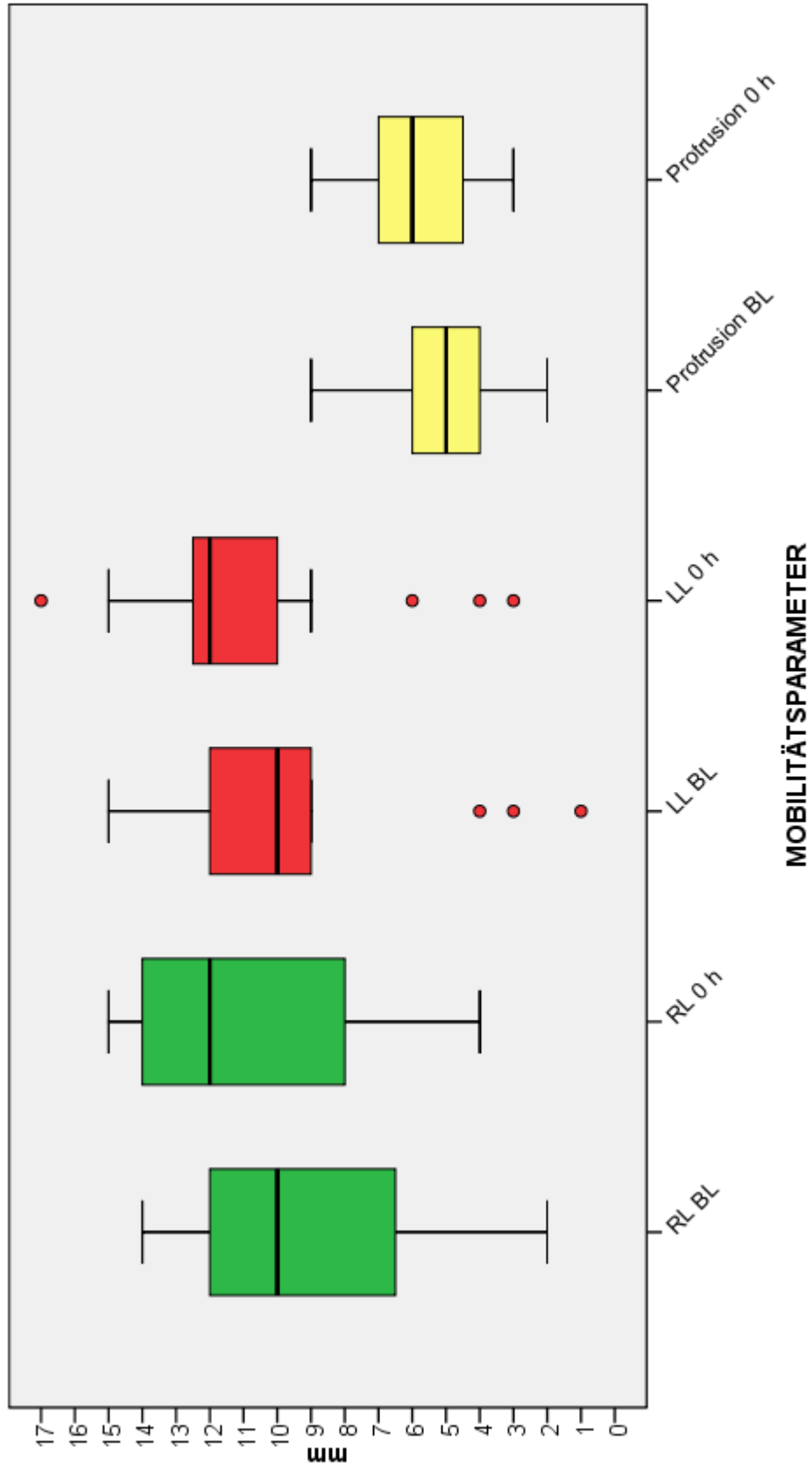
Die Placebo-TENS-Behandlung führt bei keinem der Mobilitätsparameter zu einer statistisch signifikanten medianen Änderung (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

5.3.2 Änderung der Unterkiefermobilität nach TENS im Burst-Modus

Diag. 11:



Änderung der Unterkiefermobilität (2) nach TENS im Burst-Modus (n = 15)



Tab. 15:

Änderung der Unterkiefermobilität nach TENS im Burst-Modus – Messwerte (n = 15)

Fallnummer	MÖ o S	MÖ o S	Aktive MÖ	Aktive MÖ	Passive MÖ	Passive MÖ
	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm
	BL	0 h	BL	0 h	BL	0 h
1	24	36	36	38	39	40
2	33	35	34	34	38	38
3	32	34	51	51	51	51
4	44	46	47	48	49	50
5	40	43	48	48	50	50
6	24	27	28	28	29	29
7	49	53	51	54	52	54
8	42	42	48	48	49	49
9	19	20	21	21	22	22
10	17	25	42	43	45	45
11	34	35	36	37	37	37
12	33	36	37	38	38	38
13	41	44	45	45	47	46
14	37	38	49	50	51	51
15	41	43	47	47	54	54

Median	34	36	45	45	47	46
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fallnummer	RL	RL	LL	LL	Protrusion	Protrusion
	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm
	BL	0 h	BL	0 h	BL	0 h
1	11	12	9	11	3	4
2	10	10	11	17	9	9
3	11	11	12	12	6	7
4	5	5	1	3	6	8
5	10	12	10	11	6	6
6	2	4	11	12	3	3
7	13	14	15	15	5	7
8	10	10	9	9	5	5
9	5	5	4	4	2	3
10	14	14	12	13	4	8
11	6	6	3	6	6	5
12	12	15	10	12	5	6
13	13	15	13	13	6	6
14	12	14	9	12	4	4
15	7	14	12	12	5	6

Median	10	12	10	12	5	6
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

Anmerkung:

MÖ = Mundöffnung

o S = ohne Schmerz

RL = Laterotrusion nach rechts

LL = Laterotrusion nach links

BL = Baseline

0 h = unmittelbar danach

Tab. 16:

Änderung der Unterkiefermobilität nach TENS im Burst-Modus – Median (n = 15)

Mobilitätsparameter	Baseline in mm	0 h in mm
Mundöffnung ohne Schmerz	34	36
Aktive Mundöffnung	45	45
Passive Mundöffnung	47	46
Laterotrusion nach rechts	10	12
Laterotrusion nach links	10	12
Protrusion	5	6

Statistik

Mobilitätsparameter	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Wilcoxon-Test
Mundöffnung ohne Schmerz	$\alpha = 0,001$
Aktive Mundöffnung	$\alpha = 0,014$
Passive Mundöffnung	$\alpha = 0,257$
Laterotrusion nach rechts	$\alpha = 0,011$
Laterotrusion nach links	$\alpha = 0,007$
Protrusion	$\alpha = 0,020$

Anmerkung:

0 h = unmittelbar danach

Werte aus Tabelle 13

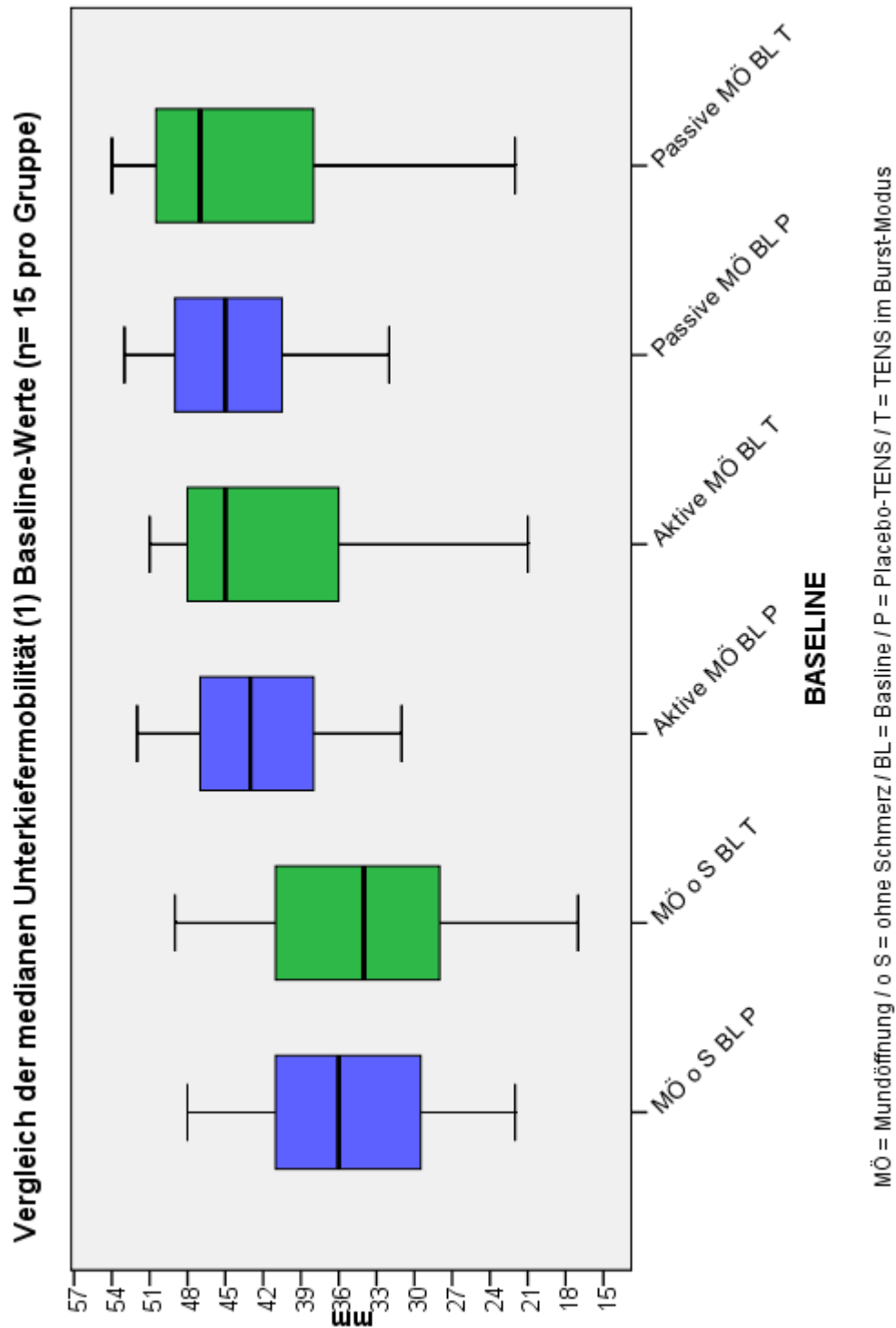
Die TENS im Burst-Modus-Behandlung führt mit $\alpha = 0,001$ zu einer statistisch signifikanten medianen Änderung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz, mit $\alpha = 0,014$ zu einer statistisch signifikanten medianen Änderung der maximalen aktiven Mundöffnung, mit $\alpha = 0,011$ zu einer statistisch signifikanten medianen Änderung der Laterotrusion nach rechts, mit $\alpha = 0,007$ zu einer statistisch signifikanten medianen Änderung der Laterotrusion nach links und mit $\alpha = 0,020$ zu einer statistisch signifikanten medianen Änderung der Protrusion (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Die mediane maximale Mundöffnung ohne Schmerz ist von 36 mm auf 38 mm, die mediane Laterotrusion nach rechts von 10 mm auf 12 mm, ebenso wie die mediane Laterotrusion nach links von 10 mm auf 12 mm und die mediane Protrusion von 5 mm auf 6 mm gesteigert.

5.3.3 Vergleich der Unterkiefermobilität – Baseline-Werte

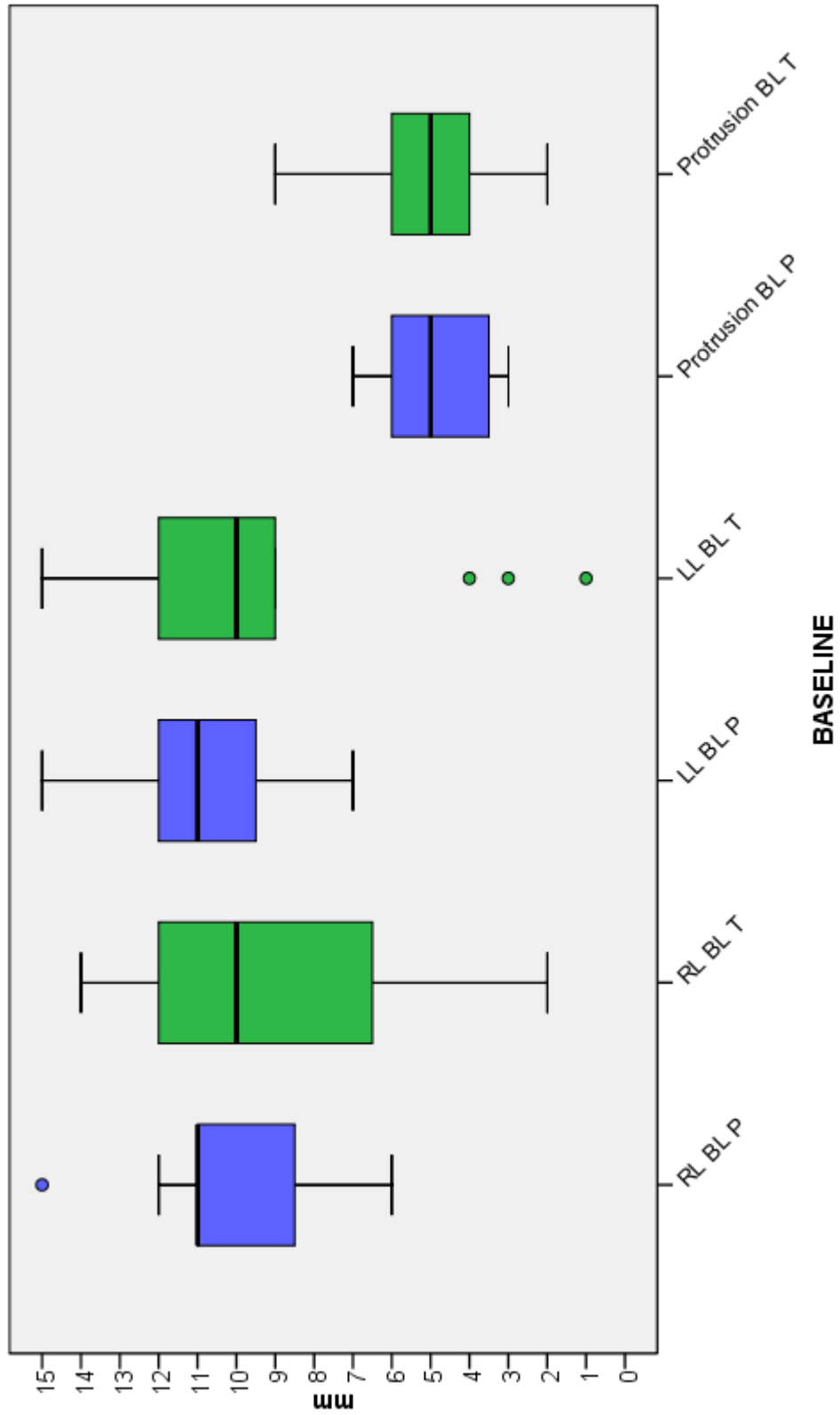
Um die Verbesserung der Unterkiefermobilität nach der Placebo-TENS Behandlung und der TENS im Burst-Modus Behandlung miteinander vergleichen zu können, werden zunächst die jeweiligen gruppenspezifischen medianen Unterkiefermobilität – Baseline-Werte bezüglich ihrer statistischen Vergleichbarkeit untersucht.

Diag. 13:



Diag. 14:

Vergleich der medianen Unterkiefermobilität (2) Baseline-Werte (n = 15 pro Gruppe)



Tab. 17:

Vergleich der medianen Unterkiefermobilität– Baseline-Werte (n = 15 pro Gruppe)

Mobilitätsparameter	Placebo-TENS in mm	TENS im Burst-Modus in mm
Mundöffnung ohne Schmerz	36	34
Aktive Mundöffnung	43	45
Passive Mundöffnung	45	47
Laterotrusion nach rechts	11	10
Laterotrusion nach links	11	10
Protrusion	5	5

Statistik

Mobilitätsparameter	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Mann-Whitney-U-Test
Mundöffnung ohne Schmerz	$\alpha = 0,917$
Aktive Mundöffnung	$\alpha = 0,983$
Passive Mundöffnung	$\alpha = 0,803$
Laterotrusion nach rechts	$\alpha = 0,866$
Laterotrusion nach links	$\alpha = 0,346$
Protrusion	$\alpha = 0,848$

Anmerkung:

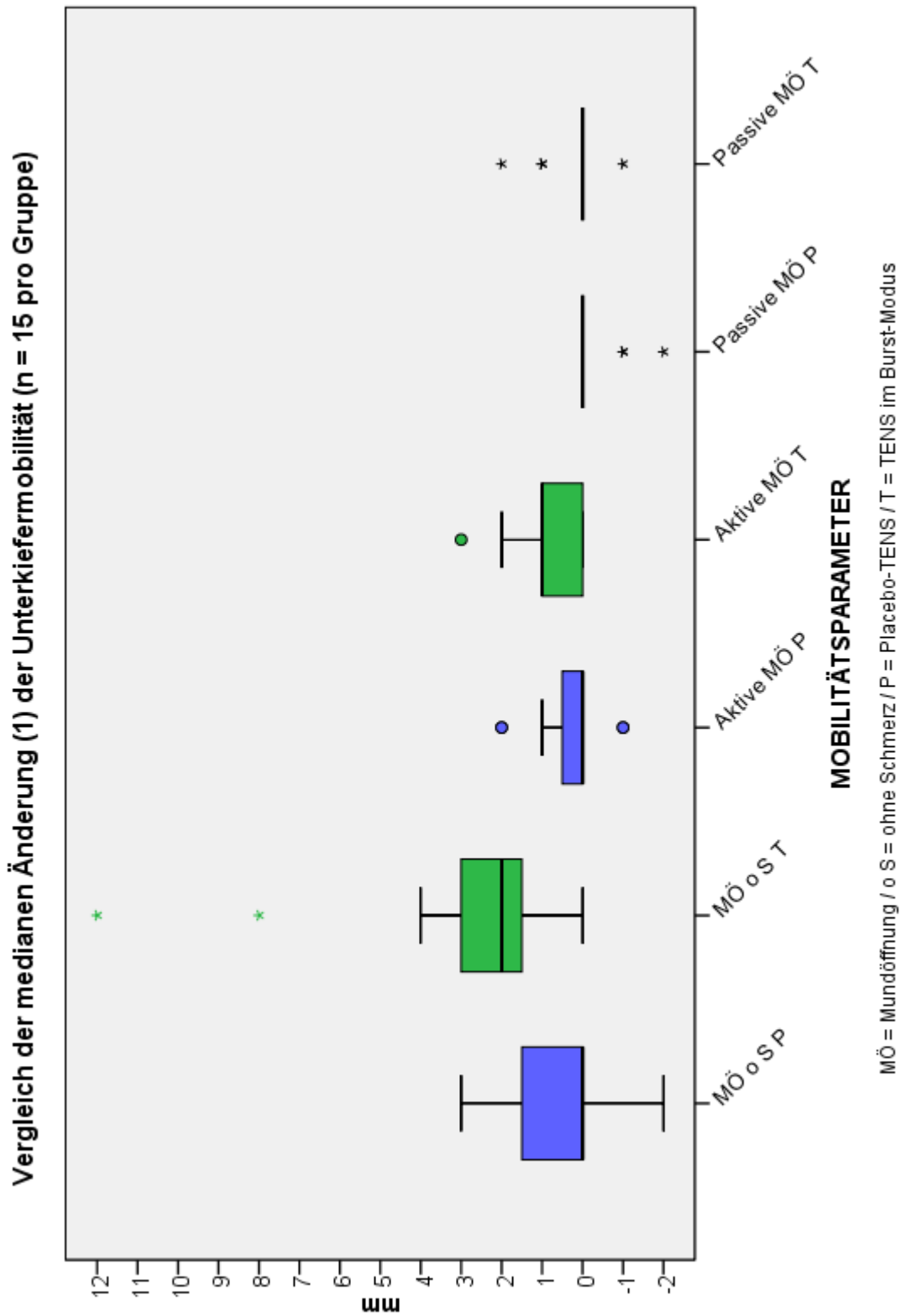
Werte aus Tabellen 11 und 13

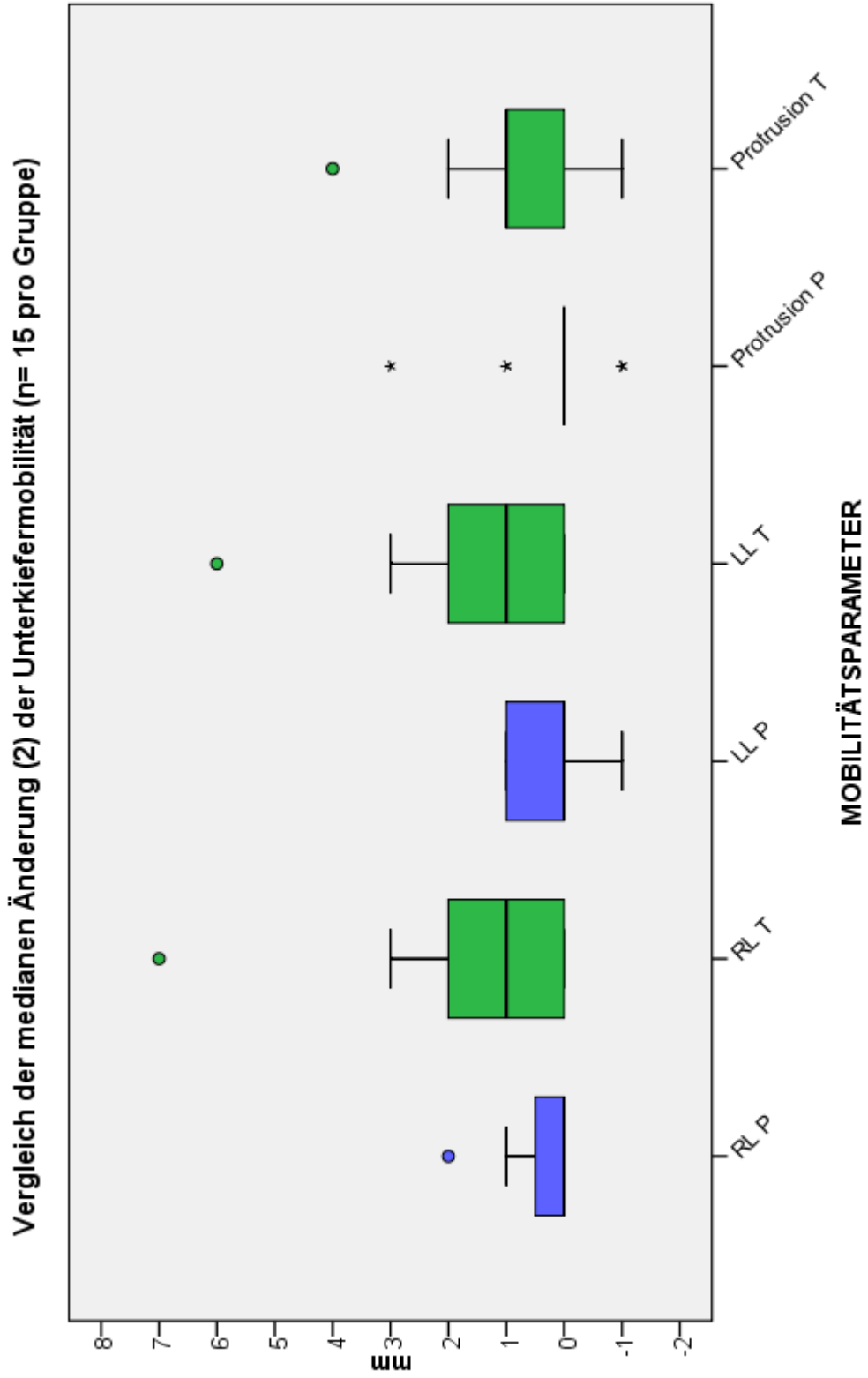
Bezüglich der medianen Baseline-Werte ist bei keinem der Parameter der Unterkiefermobilität ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellbar. (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$)

Die beiden Gruppen sind hinsichtlich der Verbesserung der Unterkiefermobilität miteinander vergleichbar.

5.3.4 Vergleich der Änderung der Unterkiefermobilität Placebo-TENS vs. TENS im Burst-Modus

Diag. 15:





Tab. 18:

Mediane Änderung der Unterkiefermobilität nach Placebo-TENS (n = 15)

Fallnummer	MÖ o S in mm	Aktive MÖ in mm	Passive MÖ in mm	RL in mm	LL in mm	Protrusion in mm
1	0	0	0	0	0	0
2	1	2	-2	0	0	1
3	-1	0	0	0	0	0
4	1	-1	0	1	-1	0
5	0	1	-1	0	1	-1
6	0	0	0	0	0	0
7	3	1	0	2	1	3
8	0	0	0	1	1	0
9	0	0	0	0	1	-1
10	0	0	0	0	0	0
11	2	0	0	0	1	0
12	3	-1	-1	0	0	0
13	2	2	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0
15	-2	0	0	1	0	0
Median	0	0	0	0	0	0

Anmerkung:

MÖ = Mundöffnung

o S = ohne Schmerz

RL = Laterotrusion nach rechts

LL = Laterotrusion nach links

Werte aus Tabelle 11

Tab. 19:

Mediane Änderung der Unterkiefermobilität nach TENS im Burst-Modus (n = 15)

Fallnummer	MÖ o S in mm	Aktive MÖ in mm	Passive MÖ in mm	RL in mm	LL in mm	Protrusion in mm
1	12	2	1	1	2	1
2	2	0	0	0	6	0
3	2	0	0	0	0	1
4	2	1	1	0	2	2
5	3	1	0	2	1	0
6	3	0	0	2	1	0
7	4	3	2	1	0	2
8	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	1
10	8	1	0	0	1	4
11	1	1	0	0	3	-1
12	3	1	0	3	2	1
13	3	0	-1	2	0	0
14	1	1	0	2	3	0
15	2	0	0	7	0	1
Median	2	1	0	1	1	1

Anmerkung:

MÖ = Mundöffnung

o S = ohne Schmerz

RL = Laterotrusion nach rechts

LL = Laterotrusion nach links

Werte aus Tabelle 13

Tab. 20:

Vergleich der medianen Änderung der Unterkiefermobilität (n = 15 pro Gruppe)

Mobilitätsparameter	Placebo-TENS in mm	TENS im Burst-Modus in mm
Mundöffnung ohne Schmerz	0	2
Aktive Mundöffnung	0	1
Passive Mundöffnung	0	0
Laterotrusion nach rechts	0	1
Laterotrusion nach links	0	1
Protrusion	0	1

Statistik

Mobilitätsparameter	Asymptotische Signifikanz (2-seitig) Mann-Whitney-U-Test
Mundöffnung ohne Schmerz	$\alpha = 0,002$
Aktive Mundöffnung	$\alpha = 0,052$
Passive Mundöffnung	$\alpha = 0,061$
Laterotrusion nach rechts	$\alpha = 0,066$
Laterotrusion nach links	$\alpha = 0,053$
Protrusion	$\alpha = 0,040$

Anmerkung:

Werte aus Tabelle 16 und 17

Im Placebovergleich ist die Änderung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz mit $\alpha = 0,002$ und der Protrusion mit $\alpha = 0,040$ nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung statistisch signifikant. (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

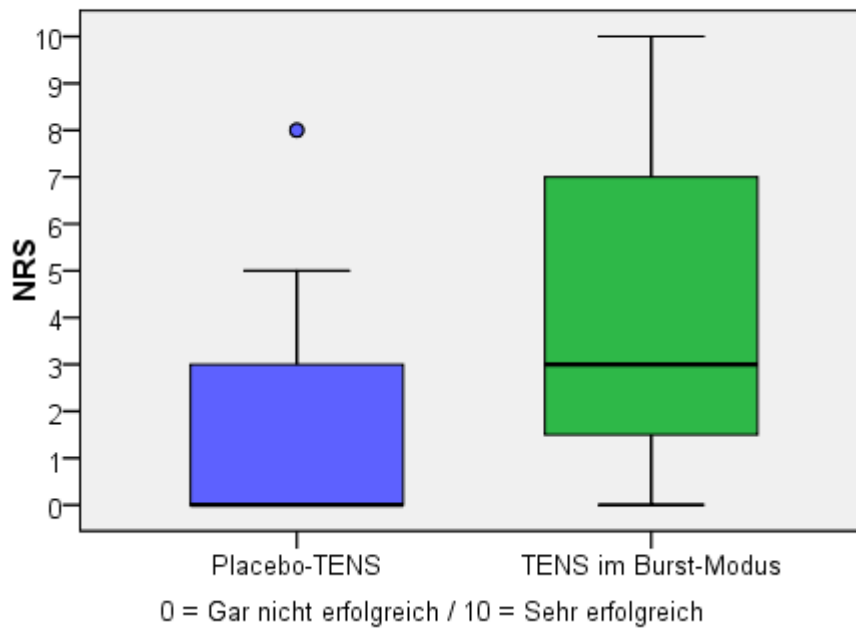
5.4 Subjektives Erfolgsgefühl nach 24 h

5.4.1 Vergleich des subjektiven Erfolgsgefühles nach 24 h

Placebo-TENS vs. TENS im Burst-Modus

Diag. 17:

Subjektives Erfolgsgefühl nach 24 h (n = 15 pro Gruppe)



Tab. 21:

Vergleich des subjektiven Erfolgsgefühles nach 24 h (n = 15 pro Gruppe)

Fallnummer	Placebo-TENS	TENS im Burst-Modus
1	0	9
2	0	2
3	0	3
4	8	7
5	0	1
6	3	10
7	8	3
8	2	7
9	0	0
10	0	8
11	3	6
12	0	2
13	2	1
14	0	0
15	5	5
Median	0	3

Statistik

Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	$\alpha = 0,046$
Mann-Whitney-U-Test	

Im Placebovergleich ist das mediane subjektive Erfolgsgefühl auf der 11-stufigen (0-10) NRS 24 Stunden nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung mit $\alpha = 0,046$ statistisch signifikant höher (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

6 Diskussion

Die Wirkung elektrischer Impulse auf die Symptome Kraniomandibulärer Dysfunktionen wird bereits seit rund 40 Jahren untersucht.

Das dabei am häufigsten verwendete Gerät, das noch heute auf dem Markt erhältlich ist und maßgeblich zur Verbreitung elektrophysikalischer Anwendung in der Therapie der CMD führte, ist der Myo-Monitor.

Die Platzierung der Elektroden des in dieser Studie verwendeten Gerätes unterscheidet sich wesentlich von der Platzierung der Elektroden beim Myo-Monitor. Während beim Myo-Monitor drei Elektroden angebracht werden, jeweils eine Elektrode im Bereich der Kiefergelenke und eine im Bereich des Nackens, erfolgte bei dem in dieser Studie verwendeten TENS-Gerät die Platzierung von nur zwei Elektroden und zwar einseitig auf der schmerzhaften bzw. schmerzhafteren Gesichtsseite, im Bereich des Kiefergelenkes und des ipsilateralen Masseteransatzes.

Ein weiterer Unterschied zu etlichen anderen Studien ist die Anwendung von TENS im Burst Modus. In der Literatur wurde diese gepulste Abgabe der elektrischen Reize im Zusammenhang mit CMD bisher selten beschrieben. Meist wurde, wie in den Studien von LINDE et al., NUNEZ et al. und MYOSTAD et al., die Wirkung kontinuierlicher hoch- und niederfrequenter TENS-Behandlungen untersucht [45, 54, 52].

RÜBEL et al. konnten durch TENS im Burst Modus eine Relaxation der Kaumuskulatur elektromyographisch nachweisen. Die Ergebnisse lassen jedoch keinen Rückschluss auf eine mögliche Schmerzreduktion oder eine mögliche Verbesserung der Unterkiefermobilität zu, da ausschließlich der Effekt auf die elektromyographische Aktivität untersucht wurde [65].

Der Einsatz von TENS im Burst Modus in Bezug auf den Parameter Schmerzreduktion scheint jedoch vielversprechend, da er erfolgreich bei anderen myogenen und arthroge- nen Schmerzzuständen eingesetzt wird [29, 30].

Wie einvernehmlich in der Literatur beschrieben, sind beim Krankheitsbild CMD die Linderung von Schmerzen und die Verbesserung einer eingeschränkten Unterkiefermobilität die entscheidenden Parameter, an denen sich jeder Therapieansatz messen lassen muss [5].

In dieser Studie wurden daher die Parameter Schmerzreduktion über einen Beobach- tungszeitraum von 24 h, Verbesserung der Unterkiefermobilität unmittelbar nach der je- weiligen Behandlung und zusätzlich die subjektive Patientenzufriedenheit nach 24 h un- tersucht.

Die Schmerzerfassung erfolgte mittels einer numerischen Einschätzungsskala (engl.: NRS) für Schmerz. Diese hat gegenüber der häufig verwendeten visuellen Analogskala (VAS) für Schmerz den Vorteil einer geringeren Anfälligkeit für Messfehler. Während bei der klassischen VAS eine Strecke mittels Lineal abgemessen werden muss, ist bei der NRS lediglich das Ablesen eines numerischen Wertes notwendig.

Der Studienaufbau orientierte sich an dem CONSORT-Statement, einer Empfehlungsrichtlinie zur Qualitätsverbesserung der Berichte randomisierter, kontrollierter Studien. Alle Patienten/innen, die an der Studie teilnahmen, erhielten die Behandlung, wie sie durch die Randomisierung zugeordnet wurde. Keine Behandlung oder Beobachtung wurde abgebrochen und keine Daten wurden von der Analyse ausgeschlossen [50].

Die im Vorfeld durchgeführte biometrische Fallzahlschätzung ergab eine notwendige Anzahl von 23 Patienten/innen pro Gruppe (Power = 80 %; Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$; geschätzte Standardabweichung der Baseline-Werte auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz = 2,4; Effektgröße der Schmerzreduktion = Im Gruppenvergleich ein Unterschied von 2 auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz).

Eine Zwischenanalyse, die durchgeführt wurde, nachdem ungefähr 20 Patienten/innen behandelt wurden, ergab eine Standardabweichung der Baseline-Werte auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz von 1,6 und zudem eine im Gruppen- bzw. Placebovergleich statistisch signifikante unmittelbare Schmerzreduktion.

Die geringere Standardabweichung der Baseline-Werte beruhte darauf, dass die Daten der biometrischen Fallzahlschätzung auf einer früheren Studie basierten, an der sowohl schmerzhafte als auch nicht schmerzhafte CMD-Patienten/innen teilnahmen.

Aus der Tatsache, dass an dieser Studie nur Patienten/innen mit einer akut schmerzhaften CMD teilnehmen konnten, erklärt sich die geringere Standardabweichung der NRS für Schmerz-Baseline-Werte.

Eine erneute Fallzahlschätzung basierend auf den bis dahin erhobenen Daten ergab eine notwendige Anzahl von 11 Patienten/innen pro Gruppe.

In Abstimmung mit der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde das Studienprotokoll in Bezug auf die notwendige Fallzahlgröße für das Erreichen des Signifikanzniveaus angepasst.

Pro Gruppe wurde die Fallzahlgröße auf 15 Patienten/innen festgelegt. Die Standardabweichung der Baseline-Werte auf der 11-stufigen(0-10) NRS für Schmerz aller Patienten/innen, die an der Studie teilnahmen, betrug 1,58.

Damit war die Fallzahlgröße höher als bei den Studien von WIESELMANN-PENKER et al., TREACY et al., MYOSTAD et al. und NUNEZ et al., die ebenfalls den Einsatz von TENS in der Therapie der CMD untersuchten [78, 75, 52, 54].

Die Entscheidung, die Studie placebokontrolliert aufzubauen, beruhte darauf, dass in der Literatur vereinzelt diskutiert wird, ob die schmerzlindernde Wirkung von TENS im Wesentlichen auf dem Placeboeffekt basiert [47].

Ein Einsatz von TENS im Burst-Modus in der Therapie schmerzhafter CMD kann aber nur dann empfohlen werden, wenn die schmerzlindernde Wirkung signifikant größer ist als eine reine Placeboreaktion.

Die TENS im Burst-Modus bzw. die Placebo-TENS-Behandlung erfolgte meist direkt im Anschluss an die Erstvorstellung der Patienten/innen in der Ambulanz. Die Teilnahme an der Studie war rein adjuvant zu den sonst üblichen Maßnahmen bei CMD. Die Mehrheit der Patienten/innen erhielt nach Genehmigung des Heil- und Kostenplanes ein Aufbissbehelf mit adjustierter Oberfläche.

Die Placebokontrolle kann daher als ethisch vertretbar angesehen werden.

Die Studie wurde einfach verblindet aufgebaut. Nach der Randomisierung erfolgte durch eine aktive Manipulation am TENS-Gerät die Einstellung des Placebo-Zustandes bzw. des Burst-Modus-Zustandes.

Nicht doppelt verblindete Studien beinhalten prinzipiell das Risiko der bewussten oder unbewussten Einflussnahme durch den Prüfarzt.

Die Vermessung der Unterkiefermobilität direkt vor und nach der jeweiligen Behandlung erfolgte durch den Prüfarzt. Ebenso wurden der NRS für Schmerz-Baseline-Wert und der NRS-Wert unmittelbar nach der jeweiligen Behandlung in dessen Anwesenheit von den Patienten/innen festgehalten.

Die Werte auf dem Schmerzprotokoll und die subjektive Patientenzufriedenheit wurden von den Patienten/innen außerhalb der Klinik dokumentiert. Eine zeitlich und örtlich direkte Beeinflussung war diesbezüglich also nicht möglich.

Vergleichbare Studien wie die von WIESELMANN-PENKER et al. und TREACY et al. sind ebenfalls nicht doppelt verblindet aufgebaut [78, 75].

Eine doppelte Verblindung hätte dennoch die Wertigkeit dieser Studie erhöht und sollte in zukünftigen TENS-Studien berücksichtigt werden.

Die Placebo-TENS-Behandlung führte nach 2 h mit $\alpha = 0,019$ zu einer statistisch signifikanten Schmerzreduktion auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz. Die Signifikanz

war auch nach 3 h, nach 4 h, nach 5 h und nach 6 h nachweisbar. Die höchste Signifikanz konnte nach 6 h mit $\alpha = 0,015$ festgestellt werden (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Bei einem Patienten/in kam es nach der Placebo-TENS-Behandlung zu einer Verschlechterung der Schmerzsymptomatik.

Diese Noceboreaktion kann aus Angst oder schlechten Erfahrungen resultieren und ist im Zusammenhang mit Placeboreaktionen nicht ungewöhnlich [68].

Die TENS im Burst-Modus-Behandlung führte während des Beobachtungszeitraumes zu einer durchgehenden statistisch signifikanten Schmerzreduktion auf der 11-stufigen (0-10) NRS für Schmerz. Die Signifikanz war unmittelbar danach, nach 1 h, nach 5 h und nach 12 h mit $\alpha =$ jeweils 0,002 am höchsten (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Bei keinem/r Patienten/in bewirkte die TENS im Burst-Modus-Behandlung eine unmittelbare Schmerzfreiheit und bei 20 Prozent der Patienten/innen kam es zu gar keiner unmittelbaren Schmerzreduktion. Dieser Anteil entspricht in seiner Größenordnung dem in der Literatur beschriebenen Anteil an Non-Respondern auf TENS [60].

Während des Beobachtungszeitraumes ließ sich bei beiden Gruppen eine Verstärkung der analgetischen Wirkung feststellen. Dieses Phänomen könnte auf einer verzögerten bzw. einer zeitlich versetzten Ausschüttung körpereigener Endorphine beruhen. Es ist aber auch möglich, dass der sogenannte Spontanverlauf, also die therapieunabhängige Verbesserung der Beschwerden oder das Regression-to-the-mean-Phänomen, das Nachlassen des Schmerzes nach einer Intensitätsspitze, diesbezüglich eine Rolle spielen. Zudem ist hinsichtlich einer TENS-Behandlung eine zeitlich verzögerte Wirkung in der Literatur beschrieben [68, 58].

Erklärungsmodelle der Placeboreaktion basieren auf der Konditionierung, der Erwartungstheorie, der Bedeutungstheorie sowie auf neurobiologischen Mechanismen. Die Konditionierung nach Pawlow basiert auf dem Auslösen einer Reaktion durch einen Schlüsselreiz. Die Erwartungstheorie basiert auf der Vorstellung der Patienten/innen, wie eine therapeutische Intervention wirkt. Die Bedeutungstheorie stützt sich darauf, dass Wahrnehmungen aufgrund von Erfahrungen oder Interpretationen mit einer Bedeutung versehen werden können. Der für die Placeboreaktion relevante neurobiologische Mechanismus ist die Freisetzung körpereigener Endorphine [68].

Eine Placebo-Behandlung muss glaubhaft erscheinen, um wirksam sein zu können. Die Patienten/innen verfügten über keine vorherige TENS-Erfahrung. Zudem wurde ihnen erklärt, dass es normal sei, die elektrische Stimulation aufgrund der geringen Stromstär-

ke nicht zu spüren. Ferner simulierte das Blinken der Stimulationskontrollanzeige auf dem Display des Gerätes den Patienten/innen eine tatsächliche TENS-Behandlung.

Placebo-TENS Kontrollen erfolgen häufig nach dem Muster, wie es in dieser Studie angewendet wurde. Wesentliche Faktoren sind das Fehlen von bisheriger TENS-Erfahrung, die Aufklärung der Patienten/innen, dass sie unter Umständen nichts spüren sowie gegebenenfalls ein visueller Reiz [40].

Der Placeboeffekt ist in der Literatur viel diskutiert und wird zum Teil kritisch beurteilt. HROBJARTSSON et al. untersuchten in ihrer Metaanalyse über 100 Studien hinsichtlich eines Placeboeffektes. Einschlusskriterium war das Vorhandensein einer Placebogruppe und einer Gruppe, die keine Behandlung erhielt. Es konnte in Bezug auf subjektiv erhobene Parameter wie die Schmerzreduktion nur ein gewisser statistisch signifikanter Placeboeffekt festgestellt werden, in Bezug auf objektiv messbare Parameter keiner [33].

Im Placebovergleich war die mediane Schmerzreduktion unmittelbar nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung mit $\alpha = 0,000$ sowie nach 1 h mit $\alpha = 0,004$ und nach 12 h mit $\alpha = 0,033$ statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Die unmittelbare hoch signifikante Schmerzreduktion hält im Placebovergleich 1 h an. RÜBEL et al. kommen zu einem ähnlichen Ergebnis, wonach der Effekt von TENS auf die elektromyographische Aktivität je nach Art der Unterkieferfunktion nur 1 h bis 2 h anhält [65].

Die im Placebovergleich statistische Signifikanz der Schmerzreduktion nach 12 h war geringer als die Signifikanz der Schmerzreduktion unmittelbar danach oder nach 1 h. Der vorher erwähnte Spontanverlauf und/oder das Regression-to-the-mean-Phänomen könnten beeinflussend gewirkt haben. Die klinische Relevanz der signifikanten Schmerzreduktion nach 12 h wird daher als nicht so hoch eingestuft wie die der unmittelbaren Schmerzreduktion [68].

In Bezug auf den Parameter Schmerzreduktion kommt diese Studie zu dem Ergebnis, dass eine 30-minütige TENS im Burst-Modus-Behandlung im Placebovergleich zu einer unmittelbar statistisch hochsignifikanten Schmerzreduktion führte, die 1 h anhielt, bei rund 20 Prozent der Patienten/innen nicht auftrat und bei keinem/r Patienten/in zu einer unmittelbaren Schmerzfreiheit führte.

Die Placebo-TENS-Behandlung bewirkte keine signifikanten medianen Änderungen der Unterkiefermobilität. Die Änderung der Laterotrusion nach rechts und nach links wies mit $\alpha =$ jeweils 0,059 eine Tendenz, aber keine statistische Signifikanz auf (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$). Es lässt sich also in Bezug auf den objektiv messbaren Parameter Mobilität keine signifikante Placeboreaktion erkennen.

Dieses Ergebnis deckt sich in vollem Maße mit den Aussagen der Metastudie von HROBJARTSSON et al. zur Beurteilung des Placeboeffektes, wonach bei objektiv messbaren Parametern letztlich kein Placeboeffekt nachweisbar ist [33].

Vereinzelt führte die Placebo-TENS-Behandlung in Bezug auf den Parameter Bewegungsfähigkeit des Unterkiefers zu typischen Noceboreaktionen. In Einzelfällen hat sich also die Bewegungsfähigkeit des Unterkiefers nach der Placebo-TENS-Behandlung verschlechtert. Wie bereits erläutert, sind diese Noceboreaktionen im Zusammenhang mit Placeboreaktionen jedoch nicht ungewöhnlich [68].

Die TENS im Burst-Modus-Behandlung bewirkte mit $\alpha = 0,001$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz, mit $\alpha = 0,014$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der maximalen aktiven Mundöffnung, mit $\alpha = 0,011$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der Laterotrusion nach rechts, mit $\alpha = 0,007$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der Laterotrusion nach links und mit $\alpha = 0,020$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der Protrusion (Wilcoxon-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Bei nicht allen Patienten/innen führte die TENS im Burst-Modus-Behandlung zu einer Änderung der Bewegungsfähigkeit des Unterkiefers. In zwei Fällen kam es zu einer Reduktion der Bewegungsfähigkeit um 1 mm.

Die mediane maximale Mundöffnung ohne Schmerz war von 36 mm auf 38 mm, die mediane Laterotrusion nach rechts und nach links von jeweils 10 mm auf jeweils 12 mm und die mediane Protrusion von 5 mm auf 6 mm gesteigert.

Im Placebovergleich bewirkte die TENS im Burst-Modus-Behandlung mit $\alpha = 0,002$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz und mit $\alpha = 0,040$ eine statistisch signifikante mediane Änderung der Protrusion (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Wie lange die Steigerung anhielt, lässt sich durch diese Studie nicht beantworten, da die Messung der Bewegungsfähigkeit nur direkt vor und nach der Behandlung vorgenommen wurde.

Die Stimulation erfolgte auf der schmerzhaften bzw. schmerzhafteren Gesichtsseite im Bereich des Kiefergelenkes und des Masseteransatzes. Die in der Studie gewonnenen Ergebnisse in Bezug auf den Parameter Unterkiefermobilität lassen sich durch eine myogene Entspannung des M. Masseter erklären, der maßgeblich an der Mundöffnung sowie an der Protrusion beteiligt ist [19].

Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Reduktion myogener Schmerzen sowie die Relaxation der Muskulatur die Bewegungsfähigkeit verbessern.

In Bezug auf den Parameter Unterkiefermobilität kommt diese Studie zu dem Ergebnis, dass eine 30-minütige TENS im Burst-Modus-Behandlung im Placebovergleich zu einer signifikanten medianen Steigerung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz und der Protrusion führte, die jedoch nicht bei allen Patienten/innen auftrat.

Von den 15 Patienten/innen, welche die Placebo-TENS-Behandlung erhielten, beurteilten 7 Patienten die Behandlung nach 24 h in einem gewissen Maße als erfolgreich. Zwei Patienten/innen gaben mit einem Wert von 8 auf der 11-stufigen (0-10) NRS einen relativ hohen Zufriedenheitswert an. Der mediane Wert auf der 11-stufigen (0-10) NRS betrug jedoch 0.

Unter den 15 Patienten/innen, welche die TENS im Burst-Modus-Behandlung erhielten, beurteilten 13 Patienten/innen die Behandlung nach 24 h in einem gewissen Maße als erfolgreich. Der mediane Wert auf der 11-stufigen (0-10) NRS war 3.

Im Placebovergleich war die subjektive Patientenzufriedenheit 24 h nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung mit $\alpha = 0,046$ statistisch signifikant höher (Mann-Whitney-U-Test; Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Nach den Ergebnissen dieser Studie ist der Einsatz von TENS im Burst-Modus mit den in der Studie untersuchten Stimulationsparametern in der Therapie schmerzhafter CMD als eine adjuvante, symptomatische, elektrophysikalische Maßnahme empfehlenswert.

Zu erwarten sind eine kurzfristige Schmerzreduktion und eine Verbesserung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz, die Wirkung wird jedoch nicht bei allen Patienten/innen auftreten.

In zukünftigen Studien sollten kostengünstige TENS-Geräte, wie das in der Studie verwendete, den betroffenen CMD-Patienten/innen nach Instruktion mitgegeben werden, um die Ergebnisse einer längerfristigen TENS-Therapie in der Selbstanwendung beurteilen zu können.

Gerade in Bezug auf die Reduktion von vertebralem Schmerzen ist der langfristige Einsatz von TENS als adjuvante Massnahme gut belegt und daher auch in der Therapie schmerzhafter CMD viel versprechend [29].

Durch diese Selbstanwendung entstünde für die Betroffenen die Möglichkeit der aktiven Mitarbeit und Einflussnahme an ihrer Therapie. Ein mögliches Resultat könnte ein reduzierter Bedarf an Analgetika sein [30].

Mehrere Patienten/innen, die an der Studie teilnahmen und die TENS im Burst-Modus-Behandlung erhielten, baten um eine erneute Behandlung.

7 Schlussfolgerung und Zusammenfassung

Im Placebovergleich führte eine 30-minütige TENS-Behandlung im Burst Modus (Einstellungsparameter: Asymmetrischen Bi-Phasen-Rechteckimpulsen/Impulsdauer 80 μ s/ 9 Impulse pro Burst mit einer Frequenz von 100 Hz/ 2 Bursts pro Sekunde/Individuell regelbare Impulsamplitude nach dem subjektiven Erfolgsempfinden der Patienten/innen /Maximale Spannung 9 V) bei Patienten/innen mit einer akut schmerzhaften Kraniomandibulären Dysfunktion zu einer statistisch hochsignifikanten unmittelbaren Schmerzreduktion, aber nicht zu einer kompletten Schmerzfreiheit. Die Dauer der Schmerzreduktion war kurzzeitig (1 h) und trat bei 20 Prozent der Patienten/innen nicht auf.

Ferner konnte im Placebovergleich eine statistisch signifikante mediane Steigerung der maximalen Mundöffnung ohne Schmerz sowie der Protrusion beobachtet werden. Wie lange diese Steigerung anhielt, lässt sich mit dieser Studie nicht beantworten.

Die subjektive Patientenzufriedenheit war im Placebovergleich 24 h nach der TENS im Burst-Modus-Behandlung signifikant höher.

TENS im Burst Modus mit den in der Studie untersuchten Stimulationsparametern kann als adjuvante therapeutische Maßnahme in der symptomatischen Therapie schmerzhafter Kraniomandibulärer Dysfunktionen empfohlen werden.

Weiterer Forschungsbedarf ist in Bezug auf einen längeren Einsatz indiziert. TENS-Geräte, wie das in der Studie verwendete, sollten den Patienten/innen nach Instruktion mitgegeben werden. Dadurch kann gegebenenfalls der Bedarf an Analgetika reduziert werden und für die Betroffenen entsteht die Möglichkeit einer aktiven Mitarbeit am Genesungsprozess.

8 Literaturverzeichnis

- [1] AGERBERG G, CARLSSON G. E.: *Symptoms of a functional disturbance of the masticatory system. A comparison of frequencies in a population sample and in a group of patients.* Acta Odontol Scand 33(4): 183-90 (1975).
- [2] AHLERS M. O., FRESSMEYER W. B., FUSSNEGGER M., GÖZ G., JACKSTAT H. A., KOECK B., NEFF A., OTTL P., REIBER T.: *Zur Therapie der funktionellen Erkrankungen des kranio-mandibulären Systems.* Dtsch Zahnärztl Z 60: 10 (2005).
- [3] AHLERS M. O., FREESMEYER W. B., GÖZ G., JAKSTAT H. A., KOECK B., MEYER G., OTTL P., REIBER T., SEEHER W.-D. (1): *Klinische Funktionsanalyse.* Dtsch Zahnärztl Z 58: 383-4 (2003).
- [4] AHLERS M. O., FREESMEYER W. B., GÖZ G., JAKSTAT H. A., KOECK B., MEYER G., OTTL P., REIBER T., SEEHER W.-D. (2): *Instrumentelle, bildgebende und konsiliarische Verfahren zur CMD-Diagnostik.* Dtsch Zahnärztl Z 58: 385-6 (2003).
- [5] AWMF (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften): *Kranio-mandibuläre Dysfunktionen (CMD).* Leitliniengruppe „Schmerz und Zahnärztliche Anästhesie“ (LSAN) der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. AWMF-Leitlinien-Register Nr 007/059 (2004).
- [6] BAUME L. J.: *Ontogenesis of the human temporomandibular joint. 1. Development of the condyles.* J Dent Res 41: 1327-39 (1962).
- [7] BAUME L. J., HOLZ J.: *Ontogenesis of the human temporomandibular joint. 2. Development of the temporal components.* J Dent Res 49: 864-75 (1970).
- [8] BENNER K.-U. in BENNER K.-U., FANGHÄNEL J., KOWALEWSKI R., KUBEIN-MEESBURG D., RANDZIO J. (Hrsg.): *Morphologie, Funktion und Klinik des Kiefergelenks.* Quintessenz, Berlin, S. 43-59 (1993).
- [9] BOYER C., WILLIAMS T., STEVENS F.: *Blood supply of the temporomandibular joint.* J Dent Res 43: 224-8 (1964).
- [10] BRITISH MEDICAL JOURNAL Leading article (No authors listed): *The gate control theory of pain.* Br Med J 2 (6137): 586-7 (1978).
- [11] BUMANN A., LOTZMANN U.: *Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien.* Farbatlant der Zahnmedizin 12, Thieme, Stuttgart, S. 28-33 (2000).
- [12] CELIC R., PANDURIC J., DULCIC N.: *Psychologic status in patients with temporomandibular disorders.* Int J Prosthodont 19 (1): 28-9 (2006).
- [13] COSTEN J. B.: *Classification and treatment of temporomandibular joint problems.* Ann Otol Rhinol Laryngol 65: 35-48 (1956).
- [14] DAHLSTRÖM L.: *Conservative treatment methods in craniomandibular disorders.* Swed Dent J 16 (6): 217-30 (1992).
- [15] DWORKIN S. F. und LeRESCHÉ L.: *Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examination and specifications, critique.* J Craniomandib Disord 6 (4): 301-55 (1992).
- [16] EGERMARK I., RÖNNERMANN A.: *Temporomandibular disorders in the active phase of orthodontic treatment.* J Oral Rehabil 22 (8): 613-18 (1995).

- [17] FAWCETT W. J., HAXBY E. J., MALE D. A.: *Magnesium: physiology and pharmacology*. Br J Anaesth 83: 302-20 (1999).
- [18] FREESMAYER W. in KOECK B. (Hrsg.): *Okklusionschienen. Praxis der Zahnheilkunde 8. Funktionsstörungen des Kauorgans*. 3. Auflage, Urban und Schwarzenberg, München, S. 217-41 (1995).
- [19] FRICK H., LEONHARDT H., STARCK D.: *Allgemeine Anatomie. Spezielle Anatomie I*. Thieme, Stuttgart, S. 640-1 und S. 456 (1992).
- [20] FRUCHT S., JONAS I., KAPPERT H. F.: *Muscle relaxation by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in bruxism. An electromyographic study*. Fortschr Kieferorthop 56 (5): 245-53 (1995).
- [21] GAYNOR G. in KAPLAN A. S., ASSAEL L. A.: *Temporomandibular Disorders. Diagnosis and Treatment*. W. B. Saunders, Philadelphia, S. 576-82 (1991).
- [22] GERNET W., RAMMELBERG P. in SCHWENZER N., EHRENFELD M. (Hrsg.): *Zahnärztliche Chirurgie. Kiefergelenkerkrankungen und Funktionsstörungen*. 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, Thieme, Stuttgart, S. 263-308 (2000).
- [23] GERNET W., REITHER W., GILDE H.: *Die Anwendung des Myo-Monitors im funktionsgestörten stomatognathen System*. Dtsch zahnärztl Z 35: 595-8 (1980).
- [24] GESSLER M. in POTHMANN R. (Hrsg.) (1): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Organisation. TENS in der Schmerztherapie*. Hippokrates, Stuttgart, S. 140-6 (2003).
- [25] GESSLER M. in POTHMANN R. (Hrsg.) (2): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Organisation. Indikationen. Nervenschmerzen*. Hippokrates, Stuttgart, S. 44-51 (2003).
- [26] GESSLER M. in POTHMANN R. (Hrsg.) (3): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Organisation. Indikationen. Stumpf- und Phantomschmerzen*. Hippokrates, Stuttgart, S. 52-7 (2003).
- [27] GESSLER M. in POTHMANN R. (Hrsg.) (4): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Organisation. Indikationen. Kopfschmerzen, Migräne*. Hippokrates, Stuttgart, S. 69-73 (2003).
- [28] GESSLER M. in POTHMANN R. (Hrsg.) (5): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Grundlagen. Gerätekunde*. Hippokrates, Stuttgart, S. 27-32 (2003).
- [29] HANKEMEIER U., KRIZANTIS-WEINE F. in POTHMANN R. (Hrsg.) (1): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Indikationen. Vertebrale Schmerzen*. Hippokrates, Stuttgart, S. 34-8 (2003).
- [30] HANKEMEIER U., KRIZANTIS-WEINE F. in POTHMANN R. (Hrsg.) (2): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Indikationen. Gelenkschmerzen*. Hippokrates, Stuttgart, S. 39-43 (2003).
- [31] HELKIMO M.: *Epidemiological surveys of dysfunction of the masticatory system*. Oral Sci Rev 7: 54-69 (1976).
- [32] HENRIKSON T., NILNER M., KUROL J.: *Symptoms and signs of temporomandibular disorders before, during and after orthodontic treatment*. Swed Dent J 23 (5-6): 193-207 (1999).

- [33] HROBJARTSSON A., GOTZSCHE P.: *Is the placebo powerless? An analysis of clinical trials comparing placebo with no treatment.* N Engl J Med 344: 1594-602 (2001).
- [34] ISMAIL F., DEMLING A., HESSLING K., FINK M., STIESCH-SCHOLZ M.: *Short-term efficacy of physical therapy compared to splint therapy in treatment of arthrogenous TMD.* J Oral Rehabil 34 (11): 807-13 (2007).
- [35] JOHN M. T.: *Splint therapy over a time period of 3 months does not provide additional benefit for TMD pain relief over dentist-prescribed self-care alone.* J Evid Based Dent Pract 7 (4): 160-1 (2007).
- [36] JOHN M. T., HIRSCH C.: *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders-German Version (RDC/TMD-G). Definition der Untersuchungsvariablen und Ausführung der Untersuchung.* Version accepted. www.RDC-TMDinternational.org.
- [37] JOHN M. T., HIRSCH C., REIBER T., DWORKIN S.: *Translating the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders into German: evaluation of content and process.* J Orofac Pain 20 (1): 43-52 (2006).
- [38] JOKSTAD A., MO A., KROGSTAD B. S.: *Clinical comparison between two different splint signs for temporomandibular disorder therapy.* Acta Odontol Scand 63 (4): 218-26 (2005).
- [39] KEHR O., SPRANGER H., ENDLER P. C., TÜRP J. C.: *Therapeutische Gabe von Magnesium bei myofaszialen Schmerzen der Kaumuskulatur.* Dtsch Zahnärztl Z 62: 251-9 (2007).
- [40] KHADILKAR A., ODEBIYI D. O., BROSSEAU L., WELLS G. A.: *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) versus placebo for chronic low-back pain (Review).* The Cochrane Library, Issue 4 (2008).
- [41] KÖRBER K.: *Zahnärztliche Prothetik.* 4. vollständig überarbeitete Auflage, Thieme, Stuttgart, S. 32 (1995).
- [42] LASKIN D. M.: *Etiology of the pain-dysfunction-syndrome.* J Amer Dent Assoc 79: 147-53 (1969).
- [43] LeRESCHÉ L., BURGESS J., DWORKIN S. F.: *Reliability of Visual Analog and Verbal Descriptor Scales for "Objective" Measurement of Temporomandibular Disorder Pain.* J Dent Res 67 (1): 33-6 (1988).
- [44] LeRESCHÉ L., MANCL L. A., DRANGSHOLT M. T., HUANG G, VonKORFF M.: *Predictors of onset of facial pain and temporomandibular disorders in early adolescence.* Pain 129 (3): 269-78 (2007).
- [45] LINDE C., IACSSON G., JONSSON BG: *Outcome of a 6-week treatment with transcutaneous electric nerve stimulation compared with splint on symptomatic temporomandibular joint disk displacement without reduction.* Acta Odontol Scand 53 (2): 92-8 (1995).
- [46] LIST T., WAHLUND K., WENNEBERG B., DWORKIN SF.: *TMD in children and adolescents: prevalence of pain, gender differences, and perceived treatment need.* J Orofac Pain 13 (1): 9-20 (1999).
- [47] MARCHAND S., CHAREST J., LI J., CHENARD J.R., LAVIGNOLLE B., LAUR-ENCELLE L.: *Is TENS purely a placebo effect? A controlled study on chronic low back pain.* Pain 54 (1): 99-106 (1993).
- [48] McNEELY L., OLIVO S., MAGEE D.: *A Systematic Review of the Effectiveness of Physical Therapy Interventions for Temporomandibular Disorders.* Phys Ther 86: 710-25 (2006).

- [49] MEYER G., LOTZMANN U. in KOECK B. (Hrsg.): *Medikamentöse Therapie, Physiotherapie, Muskelentspannung und Biofeedback*. Praxis der Zahnheilkunde 8, Funktionsstörungen des Kauorgans, 3. Auflage, Urban und Schwarzenberg, München, S. 177-95 (1995).
- [50] MOHER D., SCHULZ K.F., ALTMANN D.G.: *Das CONSORT Statement: Überarbeitete Empfehlungen zur Qualitätsverbesserung von Reports randomisierter Studien im Parallel-Design*. Dtsch Med Wochenschr 129: T16-T20 (2004).
- [51] MOTSCH A.: *Epidemiologie funktioneller Störungen*. Dtsch Zahnärztl Z 40: 147-55 (1985).
- [52] MYOSTAD A., KROGSTAD B. S. LARHEIM T. A.: *Transcutaneous nerve stimulation in a group of patients with rheumatic disease involving the temporomandibular joint*. J Prosthet Dent 64 (5): 596-600 (1990).
- [53] NILSSON I. M., LIST T., DRANGSHOLT M.: *The reliability and validity of self-reported temporomandibular disorder pain in adolescents*. J Orofac Pain 20 (2): 138-44 (2006).
- [54] NUNEZ S. C., GARCEZ A. S., SUZUKI S. S., RIBEIRO M. S.: *Management of mouth opening in patients with temporomandibular disorders through low-level laser therapy and transcutaneous electrical neural stimulation*. Photomed Laser Surg 24 (1): 45-9 (2006).
- [55] PEROZ I.: *Untersuchungen zur Diskusverlagerung ohne Reposition am Kiefergelenk*. Habilitationsschrift aus dem Zentrum für Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin, <http://edoc.hu-berlin.de/peroz-ingrid-2004-03-18/HTML> (2004).
- [56] PESCHECK A., RIEGLER H., BANTLEON H.-P.: *Die Anwendung des Myomonitors in der Kieferorthopädie*. Inf Orthod Kieferorthop 36: 9-14 (2004).
- [57] POTHMANN R. (Hrsg.): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Einleitung*. Hippokrates, Stuttgart, S. 14 (2003).
- [58] PÖNTINEN P. in POTHMAN R. (Hrsg.) (1): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Grundlagen. Neurophysiologie*. Hippokrates, Stuttgart, S. 15-26 (2003).
- [59] PÖNTINEN P. in POTHMAN R. (Hrsg.) (2): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Indikationen. Vaskuläre Effekte und Indikationen*. Hippokrates, Stuttgart, S. 58-68 (2003).
- [60] PÖNTINEN P. in POTHMAN R. (Hrsg.) (3): *TENS Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie. Spezielle Aspekte. Grenzen und Nebenwirkungen..* Hippokrates, Stuttgart, S. 135-8 (2003).
- [61] PUFF A.: *Zur funktionellen Anatomie des Kiefergelenks*. Dtsch zahnärztl Z 18: 1385 (1963).
- [62] RAMMELSBERG P.: *Untersuchungen über Ätiologie, Diagnose und Therapie von Diskopathien des Kiefergelenkes*. Habilitationsschriften der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Quintessenz, Berlin, S. 13-4 (1998).
- [63] RAMMELSBERG P. und SCHMITTER M. in GERNET W., BIFFAR R., SCHWENZER N., EHRENFELD M.: *Zahnärztliche Prothetik. Kraniomandibuläre Funktionsstörungen: analytische und therapeutische Maßnahmen*. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Thieme, Stuttgart, S. 22-34 (2007).
- [64] REICH R. H., von LINDERN J.-J. in SCHWENZER N., EHRENFELD M.: *Spezielle Chirurgie. Chirurgische Eingriffe am Kiefergelenk*. 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, Thieme, Stuttgart, S. 39-53 (2002).

- [65] RÜBEL S., JONAS I., KAPPERT H., FRUCHT S., EBLE O., LANGOSCH I.: *Einfluß der TENS auf das Integral und das Leistungsspektrum elektromyographischer Signale*. Dtsch Zahnärztl Z 54: 384-7 (1999).
- [66] SCHAIBLE H. G., SCHMIDT R. F. in SCHMIDT R. F., THEWS G.: *Physiologie des Menschen. Nozizeption und Schmerz*. 28. Auflage, Springer, Berlin, S. 237-50 (2000).
- [67] SCHMITTER M., ZAHRAN M., DUC J. M., HENSCHER V., RAMMELSBURG P.: *Conservative therapy in patients with anterior disc displacement without reduction using 2 common splints: a randomized clinical trial*. J Oral Maxillofac Surg 63 (9): 1295-303 (2005).
- [68] SCHÖNBÄCHLER G.: *Placebo*. Schweiz Med Forum 7: 205-10 (2007).
- [69] SCHUHMACHER G. H. (1): *Edition Zahnheilkunde. Anatomie Lehrbuch und Atlas. Band 1*. J. A. Barth, Leipzig, S. 4f. und S. 276 (1991).
- [70] SCHULTE W.: *Zur funktionellen Behandlung der Myo-Arthropathien des Kauorgane: ein diagnostisches und physiotherapeutisches Programm*. Dtsch Zahnärztl Z 25: 422-49 (1970).
- [71] SCHULTE W., LUKAS D., SAUER G.: *Myoarthropathien-Epidemiologische Gesichtspunkte, analytische und therapeutische Ergebnisse*. Dtsch Zahnärztl Z 36: 343-53 (1981).
- [72] SCHWARTZ L. L.: *A temporomandibular joint pain - dysfunction syndrome*. J Chron Dis 3: 284-93 (1956).
- [73] SLUKA K. A., DEACON M., STIBAL A., STRISSEL S., TERPSTRA A.: *Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats*. J Pharmacol Exp Ther 289 (2): 840-6 (1999).
- [74] SLUKA K. A., VANCE C. G., LISI T. L.: *High-frequency, but not low-frequency, transcutaneous electrical nerve stimulation reduces aspartate and glutamate release in the spinal cord dorsal horn*. J Neurochem 95 (6): 1794-801 (2005).
- [75] TREACY K.: *Awareness/relaxation training and transcutaneous electrical neural stimulation in the treatment of bruxism*. J Oral Rehabil 26 (4): 280-7 (1999).
- [76] TRUELOVE E., HUGGINS K. H., MANCL L., DWORKIN S. F.: *The efficacy of traditional, low-cost and nonsplint therapies for temporomandibular disorders: a randomized controlled trial*. J Am Dent Assoc 137 (8): 1099-169 (2006).
- [77] TÜRPEL J. C., HUGGER A.: *Schmerzhafte Myoarthropathien des Kauorgans*. Zahnärztl Mitt 10 (2000).
- [78] WIESELMANN-PENKER K., JANDA M., LORENZONI M., POLANSKY R.: *A comparison of the muscular relaxation effect of TENS and EMG-biofeedback in patients with bruxism*. J Oral Rehabil 28 (9): 849-53 (2001).

9 Untersuchungs- und Fragebögen

9.1 RDC/TMD Klinischer Untersuchungsbogen

Klinikum der Universität München

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik – Innenstadt

Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h.c. Wolfgang Gernet

Klinikum der Universität München • Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Goethestraße 70 • D-80336 München

München, den

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Ansprechpartner
ZA A. Schwenk

Telefon
089/5160-9574

Telefax

RESEARCH DIAGNOSTIC CRITERIA FOR TEMPOROMANDIBULAR DISORDER

UNTERSUCHUNG GERMAN VERSION (RDC/TMD-G)

(DWORKIN/LeRESCHÉ)

„Randomisierte, Placebo kontrollierte, klinische Studie zur Beurteilung der analgetischen Wirkung hochfrequenter, transkutane elektrischer Nervenstimulation (TENS) im BURST Modus in der Therapie schmerzhafter kranio-mandibulärer Dysfunktionen.“

NAME: _____ GEBURTSDATUM: _____

FALLNUMMER: _____ DATUM: _____

KLINISCHE UNTERSUCHUNG

1. Haben Sie Schmerzen auf der rechten oder linken Gesichtshälfte oder auf beiden Gesichtshälften?

Keine	0
Rechts	1
Links	2
Beide	3

2. Können Sie auf die schmerzende Stelle zeigen?

RECHTS		LINKS	
Nein	0	Nein	0
KG	1	KG	1
Muskel	2	Muskel	2
Beides	3	Beides	3

3. Mundöffnung

Gerade	0
Deflexion Rechts	1
Deviation Rechts kompensiert (S)	2
Deflexion Links	3
Deviation Links kompensiert (S)	4
Andere	5 / Typ_____

4. Vertikale Beweglichkeit

a. Max. Mundöffnung ohne Schmerzenmm

b. Max. Mundöffnungmm

Muskelschmerz	Keiner = 0	Rechts = 1	Links = 2	Beide = 3
---------------	------------	------------	-----------	-----------

Gelenkschmerz	Keiner = 0	Rechts = 1	Links = 2	Beide = 3
---------------	------------	------------	-----------	-----------

c. Max. Mundöffnung (geführt)mm

Muskelschmerz	Keiner = 0	Rechts = 1	Links = 2	Beide = 3
---------------	------------	------------	-----------	-----------

Gelenkschmerz	Keiner = 0	Rechts = 1	Links = 2	Beide = 3
---------------	------------	------------	-----------	-----------

d. Overbite (vertikal)mm / Overjet (sagittal)mm

5. Kiefergelenkgeräusche (Palpation)

a. Mundöffnung

	Rechts	Links
Keine	0	0
Knacken	1	1
Starkes Reiben	2	2
Feines Reiben	3	3
Öffnungsknacken bei	.....mm	.....mm

b. Mundschluss

	Rechts	Links
Keine	0	0
Knacken	1	1
Starkes Reiben	2	2
Feines Reiben	3	3
Schließknacken bei	.....mm	.....mm

c. Reziprokes Knacken

Verhindert bei Protrusiver Öffnung

	Rechts	Links
Nein	0	0
Ja	1	1
Nicht zutreffend	9	8

6. Bewegungen

Keine Schmerzen	= 0
Rechts	= 1
Links	= 2
Beide Seiten	= 3

	Bewegung in mm	Muskelschmerz				Gelenkschmerz			
		0	1	2	3	0	1	2	3
Laterotrusion R	.....mm	0	1	2	3	0	1	2	3
Laterotrusion L	.....mm	0	1	2	3	0	1	2	3
Protrusion	.....mm	0	1	2	3	0	1	2	3
Mittellinienabweichung	.....mm	Nach Rechts = 1		Nach Links = 2		Nicht zutreffend = 8			

9.2 Numerische Einschätzungsskala (NRS) für Schmerz und für das subjektive Erfolgsgefühl nach 24 h

Klinikum der Universität München

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik – Innenstadt

Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h.c. Wolfgang Gernet

Klinikum der Universität München • Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Goethestraße 70 • D-80336 München

München, den

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Ansprechpartner
ZA A. Schwenk

Telefon
089/5160-9574

Telefax

„Randomisierte, Placebo kontrollierte, klinische Studie zur Beurteilung der analgetischen Wirkung hochfrequenter, transkutane elektrischer Nervenstimulation (TENS) im BURST Modus in der Therapie schmerzhafter kranio-mandibulärer Dysfunktionen.“

NAME: _____ GEBURTSDATUM: _____

FALLNUMMER: _____ DATUM: _____

NUMERISCHE EINSCHÄTZUNGSSKALA (NRS) ZUR BEWERTUNG DES SCHMERZES

VOR UND NACH DER TENS BEHANDLUNG

Sehr geehrter Patient / in,

Im Rahmen der Teilnahme an dieser Studie, ist es von großer Wichtigkeit, dass Sie Ihre subjektive Bewertung genau nach den zeitlich vorgegebenen Angaben dokumentieren.

Bitte kreuzen Sie mit Kugelschreiber **nur eine Zahl** auf der Skala eindeutig an.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

1. BEWERTUNG DIREKT VOR DER TENS BEHANDLUNG

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

2. BEWERTUNG DIREKT NACH DER TENS BEHANDLUNG

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

3. BEWERTUNG NACH 1 STUNDE

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

4. BEWERTUNG NACH 2 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

5. BEWERTUNG NACH 3 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

6. BEWERTUNG NACH 4 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

7. BEWERTUNG NACH 5 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

8. BEWERTUNG NACH 6 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

9. BEWERTUNG NACH 12 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

10. BEWERTUNG NACH 24 STUNDEN

SCHMERZ

(Kein) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr stark)

11. BEWERTEN SIE DIE TENS BEHANDLUNG ALS ERFOLGREICH / NACH 24 STUNDEN

(Gar nicht) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Sehr erfolgreich)

9.3 Mobilität des Unterkiefers

Klinikum der Universität München

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik – Innenstadt

Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h.c. Wolfgang Gernet

Klinikum der Universität München • Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Goethestraße 70 • D-80336 München

┌

┐

München, den

Ihr Zeichen

┌

Unser Zeichen

Ansprechpartner
ZA A. Schwenk

Telefon
089/5160-9574

┐

Telefax

„Randomisierte, Placebo kontrollierte, klinische Studie zur Beurteilung der analgetischen Wirkung hochfrequenter, transkutane elektrischer Nervenstimulation (TENS) im BURST Modus in der Therapie schmerzhafter kranio-mandibulärer Dysfunktionen.“

NAME: _____ GEBURTSDATUM: _____

FALLNUMMER: _____ DATUM: _____

MOBILITÄT DES UNTERKIEFERS

1. VOR TENS

a. Max. Mundöffnung ohne Schmerzenmm

b. Max. Mundöffnungmm

Muskelschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

Gelenkschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

c. Max. Mundöffnung (geführt)mm

Muskelschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

Gelenkschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

d. RLmm

e. LLmm

f. Pmm

2. NACH TENS

a. Max. Mundöffnung ohne Schmerzenmm

b. Max. Mundöffnungmm

Muskelschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

Gelenkschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

c. Max. Mundöffnung (geführt)mm

Muskelschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

Gelenkschmerz Keiner = 0 Rechts = 1 Links = 2 Beide = 3

d. RLmm

e. LLmm

f. Pmm

10 Danksagung

Mein Dank gilt meiner Frau Felicitas, meiner Familie, Oskar und Palucca.

Ich danke Frau Petra Perlia für die Überprüfung der Orthographie.

Besonderer Dank gebührt meinem Doktorvater, dem Direktor der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität München Herrn Prof. Dr. med. dent. Dr. h. c. Wolfgang Gernet und meinem Mitbetreuer Herrn Dr. med. dent. Jean-Marc Pho Duc.

11 Lebenslauf

Name: Schwenk-von Heimendahl, geb.: Schwenk
Vornamen: Anand Andreas
Familienstand: verheiratet

17.03.1978: Geboren in München
1984-1988: Grundschule an der Südlichen Auffahrtsallee in München
1988-1997: Rupprechtgymnasium in München
1998-1999: Zivildienst in der Augenklinik Herzog Carl Theodor in München
1999-2000: Flugbegleiter bei der Deutschen Lufthansa AG in Frankfurt
2000-2005: Studium der Zahnheilkunde an der
Ludwig-Maximilians-Universität München
02.02.2005: Staatsexamen
11.03.2005: Approbation als Zahnarzt
Seit 01.08.2005: Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Poliklinik für
Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h. c. Wolfgang Gernet

12 Alex-Motsch-Preis 2008

DGFD



ALEX - MOTSCH - PREIS 2008

der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie
in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde


Die Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie
verleiht

HERRN ZA A. SCHWENK-VON HEIMENDAHL

den Alex-Motsch-Preis
für die wissenschaftliche Arbeit mit dem Titel:

**Beurteilung des Kurzzeiteffektes transkutaner
elektrischer Nervenstimulation (TENS) im Burst Modus
in der Therapie schmerzhafter kranio-mandibulärer
Dysfunktionen**

Bad Homburg, 29. November 2008


Prof. Dr. W. B. Freesmeyer
PRÄSIDENT DER DGFD

Priv.-Doz. Dr. H. Sassen
VORSITZENDER DES PREISRICHTERKOLLEGIUMS