

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie, Endodontologie, Präventive Medizin
und Kinderzahnheilkunde

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

(Direktor: Prof. Dr. Olaf Bernhardt)

Thema: Training des Musculus pterygoideus lateralis bei der Behandlung von
Diskusverlagerungen mit Reposition: eine randomisierte klinische Studie

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Zahnmedizin

(Dr. med. dent.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2023

vorgelegt von:

Christin Olbort

geb. am: 28.12.1995

in: Großröhrsdorf

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter: Prof. Dr. Olaf Bernhardt

2. Gutachter: PD Dr. Oliver Schierz

Ort, Raum: Greifswald, HS des ZZMK

Tag der Disputation: 12.01.2024

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
Material und Methoden.....	5
Ergebnisse.....	8
Diskussion.....	9
Literatur.....	12
Zusammenfassung.....	16
Danksagung.....	17

Einleitung

Die Ursache einer craniomandibulären Dysfunktion (CMD) wird in der Literatur als ein multifaktorielles Geschehen beschrieben¹. Anatomische, neuromuskuläre, traumatische oder psychosoziale Einflüsse sind dabei beeinflussende Faktoren dieses Krankheitsbildes². Häufig treten Störungen im Kondylus-Diskus-Komplex des Kiefergelenks auf. Dabei ist die Beziehung zwischen Discus articularis und Kondylenkopf pathologisch verändert³. Die Zusammenfassung der diagnostischen Kriterien für Craniomandibuläre Dysfunktionen (DC/TMD) beschreibt die Verlagerung des Diskus dabei in 4 verschiedenen Krankheitsformen: Diskusverlagerung mit Reposition, Diskusverlagerung mit Reposition und intermittierender Kieferklemme, Diskusverlagerung ohne Reposition mit Mundöffnungseinschränkung und Diskusverlagerung ohne Reposition ohne Mundöffnungseinschränkung⁴. Etwa 41 % der gesamten CMD-Population weisen Symptome einer Diskusverlagerung auf⁵. Bei Personen im Alter von 30 Jahren konnte eine Diskusverlagerung mit Reposition (DDwR) in vielen Fällen festgestellt werden⁶. Studien berichten, dass die DDwR eine der häufigsten Diagnosen ist^{5 7}. Laut DC/TMD weist dieses Krankheitsbild eine intrakapsuläre, biomechanische Veränderung auf. Bei geschlossenem Mund liegt der Discus articularis häufig vor dem Gelenkkopf, wird nun der Mund geöffnet, verlagert sich der Diskus wieder in seine ursprüngliche Position auf den Kondylus. Eine mediale oder laterale Diskusverlagerung kann ebenfalls auftreten. Bei der Diskusreposition werden zudem meist Knackgeräusche verzeichnet⁴. Untersucher fanden außerdem heraus, dass bei CMD, wie der Diskusverlagerung, auch Schmerzen auftreten können^{8 9}. Ursache dafür ist die Überstreckung des posterioren Bandes und eine Stauchung der bilaminären Zone. Akustische Geräusche im Bereich des Kiefergelenkes können also in Verbindung mit Schmerzen in dem umgebenden Gewebe auftreten. Diese Symptome treten verstärkt bei Mundöffnung oder dem Kauen von Nahrung auf^{10 11}. Die Behandlung einer CMD sollte sich an evidenzbasierten Verfahren orientieren, die in der Praxis gut umsetzbar sind und sich positiv auf die Beschwerden des Patienten auswirken¹². Bevorzugt wird dabei zunächst eine konservative Therapie mit variierenden Kombinationen aus Verhaltensänderung, Physiotherapie, Schienung und medikamentöser Behandlung angestrebt^{13 14}. Die physiotherapeutische Behandlung sollte dabei verschiedene Strategien verfolgen. Sowohl manuelle Therapieverfahren (z.B. Mobilisation und Dehnung des Kauorgans und/oder des Halsbereiches), als auch die Demonstration von Übungen im häuslichen Alltag (z.B. Selbstmobilisation und Dehnung der Kaumuskulatur und/oder Halswirbelsäule) und die

Schulung des Patienten (z.B. über die Wahrnehmung von Parafunktionen oder Entspannungstechniken) sollten angewandt werden^{12 15}. Der Ansatz von Janda fundiert dabei auf der eigentlichen Funktion des Muskels, die auf einer koordinierten Bewegung im Verhältnis zu anderen Strukturen beruht und die stabilisierende Rolle berücksichtigt. Diese Theorie ist der Schlüssel zur Rehabilitation von Funktionsstörungen¹⁶. Dieser Ansatz kann durch isometrisches Training mit kontrolliertem Krafteinsatz und Muskelkräftigung umgesetzt werden. Schmerzempfindliche Strukturen wie Bänder, Sehnen oder Gelenke werden nicht übermäßig gereizt. Deshalb werden sie von den Patienten gut angenommen. Aufgrund ihrer einfachen Anwendung ohne Geräte können sie überall durchgeführt werden¹⁷. Es wird empfohlen, dass die konservative Therapie der CMD-Patienten das Mittel der ersten Wahl sein sollte¹⁴. Jedoch gibt es dafür immer noch keine eindeutige Datenlage und der Datenpool an randomisierten klinischen Studien zu dieser Thematik ist verbesserungswürdig. In den bisher durchgeführten Studien wird zwar von einem positiven Effekt der getesteten Therapieformen berichtet, jedoch unterscheiden sich die einzelnen Arbeiten stark in Bezug auf den Patientenpool, Diagnosestellungen, Behandlungsmodalitäten und das Resultat¹⁸. Des Weiteren fehlt in einigen Arbeiten eine genau beschriebene Verfahrensweise der zu testenden Therapie, weshalb eine Reproduzierbarkeit für den Behandler nicht gegeben ist. Es bedarf also noch weiter Forschung über den Nutzen verschiedener nicht-invasiver Behandlungsmethoden einer CMD. Das oberste Ziel dieser Studie ist einen Beitrag zur Minderung der Unklarheiten in diesem Wissenschaftsgebiet beizutragen. In der Vergangenheit wurden bereits verschiedene manuelle und physiotherapeutische Übungsverfahren getestet^{19 20}. Auch diese Studie soll die Effektivität von Muskeltraining zur Behandlung von Patienten mit dem Krankheitsbild der DDwR untersuchen. Die Übungen sollen dabei vor allem den Musculus pterygoideus lateralis (MPL) trainieren. Als Vergleichsgruppe dient die Behandlung mit einer Äquilibrationsschiene im Unterkiefer (UK).

Material und Methoden

In dieser Studie wurden Patienten mit dem Krankheitsbild der DDwR durch Training des MPL behandelt. Als Vergleichsgruppe diente die Behandlung mit einer Äquilibrationsschiene im UK. Die Auswahl der Patienten erfolgte nach den folgenden Kriterien:

Die Einschlusskriterien waren:

- orofaziale Schmerzen im Gelenk oder in den Muskeln auf einer numerischen Ratingskala (NRS; 0-10; Grad $NRS \geq 3$),
- Knackphänomen bei der Öffnungs- oder Schließbewegung des Kiefergelenks,
- Abweichungsbewegungen bei der Öffnung des Unterkiefers $> 4\text{mm}$,
- Alter: ≥ 18 Jahre,
- Geschäftsfähigkeit sowie Vorliegen der unterzeichneten Einverständniserklärung.

Die Ausschlusskriterien waren:

- Drogenmissbrauch,
- Depression,
- Polyarthrit.

Es handelte sich um eine prospektive, randomisierte Studie mit Kontrollgruppe. Die Studie wurde bei clinicaltrials.gov registriert (Nummer: NCT04819763). Alle Untersuchungen und Erhebungen der einzelnen Messdaten wurden von dem gleichen Untersucher in der Zahnarztpraxis in Steina durchgeführt. Alle Patienten, die die Einschlusskriterien erfüllten und teilnehmen wollten, wurden nach dem Zufallsprinzip in zwei Gruppen eingeteilt: Muskeltraining (Gruppe 1) und Schienentherapie (Gruppe 2). Die Zuteilung erfolgte mittels Excel. Es wurde eine Reihe von 60 Pseudo-Zufallszahlen erzeugt und den jeweiligen Patientennummern zugeordnet. Ein spezieller Algorithmus erzeugte gleichmäßig verteilte Zahlen zwischen 0 und 1. Die Patienten wurden wie folgt aufgeteilt: 30 Patienten in Gruppe 1 und 30 Patienten in Gruppe 2. Die Studie war für den Untersucher und den Patienten unverblindet. Eine Verblindung des Behandlers war nicht möglich, weil er mit den Behandlungsformen vertraut ist. Da Behandler und Untersucher in der Praxis ein und dieselbe Person waren, war eine Verblindung auch hier nicht möglich. Eine Verblindung der Patienten war ebenfalls nicht möglich, da sie in der Lage gewesen sind, die Therapieform zu recherchieren. Bei der letzten Untersuchung wurden die Studienteilnehmer gefragt, ob sie die jeweilige Behandlungsform erforscht haben. Da es für therapeutische

Muskeltrainingsübungen keine Placebo-Behandlung gibt, wurde eine harte Kunststoff-Äquilibrationsschiene als aktive Kontrolle gewählt. Die klinische Studie begann im März 2020 und endete im Juli 2022. Keiner der Patienten schied während des Untersuchungsprozesses aus. Das Durchschnittsalter betrug 51,5 Jahre. Die Mehrheit der Patienten waren Frauen (42 Frauen, 18 Männer). Als Primäre Zielvariable diente das Auftreten von Schmerzen im Kopf- und Kiefergelenksbereich. Gemessen wurde die Variable mittels numerischer Analogskala (NAS; 0-10) während der Baseline-Untersuchung und zu den Zeitpunkten der Kontrolltermine (2, 4 und 6 Monate nach Behandlungsbeginn). Als sekundäre Zielvariablen wurden folgende Parameter erhoben: Auftreten des Knackphänomens bei Kieferöffnungs- oder Kieferschließbewegungen, Kraftgrade nach Janda bei Laterostrusionsbewegung (Tab.1), Schneidekantendistanz (SKD; in mm). Die Beurteilung der Kraftgrade nach Janda während der Laterotrusionsbewegung des UK setzt einen schmerzfreien und koordinierten Bewegungsablauf voraus. Probanden, die während dieser UK-Bewegung ein- oder beidseitig Schmerzen empfanden, konnten nicht in die Studie einbezogen werden. Bei Probanden, die der Muskeltrainingsgruppe zugeordnet wurden und bei denen ein schmerzfreies, jedoch unkoordiniertes Bewegungsmuster diagnostiziert wurde, erfolgte die Beurteilung nach der Koordinationsskala von Groot Landeweer (Tab.2). Dabei mussten die Probanden, die nur Grad II oder III erreichten, zunächst Übungen zur Verbesserung der Koordination bei Laterotrusion durchführen (Spatelübung siehe Arbeit Olbort et al.²¹). Durch wöchentliche Kontrollen wurde die Entwicklung der koordinativen Fähigkeit neu eingeschätzt und beim Erlangen des Grades I (nach Groot Landeweer) konnte der Kraftgrad nach Janda für die Laterotrusionsbewegung im UK ermittelt werden und die Einweisung in das Muskeltraining erfolgen. Diese beschriebenen Untersuchungsverfahren sind Teil der routinemäßigen Patientendiagnostik, die im CMD-Kompetenzzentrum Westlausitz bei allen Patienten mit CMD angewendet werden.

Tab. 1: modifizierte Skala der Kraftgrade nach Janda bei Laterotrusion¹⁶:

-4	Bewegung in vollem Umfang gegen einen geringen Widerstand
4	Bewegung in vollem Umfang gegen einen mäßigen Widerstand
-5	Bewegung in vollem Umfang gegen einen deutlichen Widerstand
5	Bewegung in vollem Umfang gegen einen starken Widerstand/Maximalkraft

Tab. 2: Koordinationsfähigkeit nach Groot Landeweer²²:

I	koordinierte Ausführung der Bewegung
II	Ausführung der Bewegung nur mit Bewegung der mimischen Muskulatur und/oder Kaumuskulatur
III	Unfähigkeit zur Ausführung der Bewegung

Die Datenerhebung erfolgte elektronisch und wurde in der Patientenakte abgespeichert. Für jeden Patienten wurden die benötigten Werte aus dem Computersystem der Zahnarztpraxis in Steina entnommen. Vor der Eingangsuntersuchung hatte der Patient bereits einen symptombezogenen Fragebogen ausgefüllt, der sich an den aktuellen Vorgaben der DC/TMD orientiert. Dabei wurden sowohl soziodemographische Daten, als auch Fragen zu allgemeinen Schmerzen, Kopfschmerzen, Gelenkgeräuschen, Kieferklemme oder Kiefersperre beantwortet. Bei der Erstvorstellung erfolgten die Aufnahme der Anamnese des Patienten, sowie die Erhebung des Zahnstatus. Eine Panoramaschichtaufnahme zur Einschätzung der Zahngesundheit und Gewährleistung des Behandlungserfolges musste vor der Behandlung vorliegen und nicht älter als 6 Monate sein. Mit Hilfe des standardisierten DC/TMD-Befundbogens wurde der Funktionsstatus erhoben. Die Fragebögen entstammen der Grundlage validierter Empfehlungen. Es wurden auch die Ein- und Ausschlusskriterien für die geplante Therapieform überprüft. Die Daten wurden mit der Software Stata/MP, Version 17.0 (Stata Corporation, College Station, TX, USA), statistisch ausgewertet. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test wurde für gepaarte Beobachtungen zwischen Erstuntersuchung und 6 Monaten verwendet, wenn die Messskala mindestens ordinal war. Für binäre, paarweise zusammengestellte Daten wurde der McNemar-Test verwendet. Für den Vergleich der Behandlungsgruppen wurden mehrstufige Modelle verwendet, die die Einbeziehung aller verfügbaren seriellen Daten ermöglichen. P-Werte von $< 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen und Konfidenzintervalle von 95% wurden angegeben.

Ergebnisse

Die Studie konnte eine Abnahme der orofazialen Schmerzintensität in beiden Behandlungsgruppen feststellen (jeweils $P < 0,0001$). Nach 6 Monaten gab es keinen

statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem Muskeltraining und der Schienentherapie in Bezug auf orofaziale Schmerzen. Die registrierten Kiefergelenkknackgeräusche verschwanden nach sechsmonatiger Behandlung bei 37 % (n=11) der Patienten in der Muskeltrainingsgruppe und bei 27 % (n=8) in der Gruppe mit der Äquilibrationsschiene (P = 0,0009 bzw. P = 0,0047).

Die Gruppe mit Muskeltraining zeigte am Ende der Studie 27 Verbesserungen bei den Janda-Kraftgraden (P < 0,0001). Die Gruppe mit der Schienentherapie wies 6 Verbesserungen und 1 Verschlechterung der Janda-Kraftgrade auf (P = 0,0652). Der Behandlungsunterschied war stark und statistisch signifikant.

Beide Behandlungsgruppen zeigten eine Verbesserung der Mundöffnung nach 6 Monaten (P < 0,0001 bzw. P = 0,0005 für Muskeltraining und Schienentherapie). Dennoch gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Alle Ergebnisse der aktuellen Untersuchung sind tabellarisch dargestellt in der Arbeit von Olbort et al.²¹.

Diskussion

Ziel war es, zu untersuchen, ob ein isometrisches Muskeltraining des MPL der Therapie mit einer UK-Äquilibrationsschiene in Bezug auf die Behandlung schmerzhafter DDWR gleichwertig ist. Die wichtigsten Ergebnisse waren, dass beide Behandlungsgruppen die orofazialen Schmerzen im Kopf- und Gelenkbereich verringerten, die Knackgeräusche im Kiefergelenk reduzierten und die Mundöffnung deutlich verbesserten. Mehrere Studien^{18 23}, in denen die Wirkung von Übungs- und Schienentherapie bei Patienten mit symptomatischer CMD verglichen wurden, konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Verbesserung der Schmerzen oder einer Verringerung der Knackgeräusche im Kiefergelenk feststellen. Eine Verbesserung der Kraftgrade für die seitliche Bewegung des Unterkiefers (Janda) zeigte sich nur in der Muskeltrainingsgruppe. Diese Veränderungen wurden anhand einer modifizierten Ordinalskala nach Janda¹⁶ untersucht. Die Muskelfunktionstests nach Janda beruhen auf der Tatsache, dass immer eine bestimmte Kraft erforderlich ist, um ein Körperteil zu bewegen. Nicht nur die Muskelkraft sollte bewertet werden, sondern das gesamte Bewegungsmuster¹⁶. Die Muskeltrainingsübungen in dieser Studie wurden nach dem Ansatz von Janda entwickelt. Er beobachtete, dass CMD-Patienten ein Ungleichgewicht in Teilen der Kaumuskulatur aufweisen. Isometrische Übungen als

gleichmäßige konzentrische und exzentrische Bewegungen gegen einen Widerstand können unerwünschte hyper- oder hypotone Aktivität einer Region und des gesamten motorischen Systems beseitigen¹⁶. Mit "isokinetischen Übungen" beschrieb Basmajian²⁴ bereits 1979 einen solchen Trainingsansatz, bei dem die Rotation oder Verschiebung des Kiefergelenks durch einen Widerstand gegen das Kinn ausgeführt wurde. Au und Klineberg²⁵ konnten einen direkten Zusammenhang zwischen Muskelübungen der Kaumuskulatur und der Verbesserung des Kiefergelenkknackens bestätigen. Die Studie kam zu dem Schluss, dass ihr konservatives Programm zu einer erfolgreichen Behandlung von CMD führen könnte. Die Übungen umfassten zwei Bewegungsabläufe: Öffnen und Schließen des Kiefers sowie Bewegungen nach links und rechts. Ein moderater Widerstand wurde durch die eigene Hand des Patienten, die das Kinn stützt, erzeugt. In anderen Studien wurden individualisierte Kieferübungsprogramme empfohlen^{19 26}. Die Übungen in unserer Studie umfassten die Stärkung des MPL und das Erlernen einer korrekt ausgeführten lateralen UK-bewegung. Das Muskeltraining wirkt sich nicht nur auf den MPL aus, sondern beeinflusst auch die Aktivität anderer Muskeln. Die Kaumuskeln sind eine komplexe Struktur, die das Gelenk umgibt und alle Bewegungen des Kiefergelenks ermöglicht²⁷. Der MPL ist ein wichtiger Muskel in der Physiologie des Kiefergelenks²⁸. Funktionell besteht er aus zwei Köpfen (superiorer und inferiorer Kopf) und ist an den Mundöffnungs-, Lateral- und Protrusionsbewegungen des UK beteiligt (unilaterale oder bilaterale Muskelkontraktion)²⁹. In aktuellen Studien wird die funktionelle Heterogenität des superioren Kopfes des MPL untersucht³⁰. Nach diesen Erkenntnissen könnten einzelne Fasern des oberen Muskelkopfes nur die Gelenkscheibe inserieren. Kräfte, die nicht gleichzeitig auf den Gelenkkopf einwirken, können ein Knacken des Kiefergelenks verursachen²⁹. Muskeltraining kann dieses Zusammenspiel der Kaumuskeln verbessern³¹. Die wissenschaftliche Bewertung dieses Muskeltrainingsprogramms in einer einzigen privaten Zahnarztpraxis ist jedoch mit einigen Einschränkungen verbunden, die berücksichtigt werden müssen. Erstens konnte aus ethischen Gründen keine passive Kontrollgruppe in das Studienprotokoll aufgenommen werden. Die alternative Behandlung musste mit der Schienentherapie verglichen werden. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Symptomverbesserung einfach mit der Zeit oder dem natürlichen Verlauf der Krankheit zusammenhängt. Die DDwR könnte durch Selbstheilung, ohne Behandlung, von einem symptomatischen zu einem asymptomatischen Zustand übergehen³². Darüber hinaus kann das aktive Engagement des Untersuchenden dazu führen, dass die Patienten ihre Einstellung gegenüber der Krankheit sowohl bewusst, als auch unbewusst verändern und somit den Schweregrad der Symptome verringern. Die

Patientenzufriedenheit und der natürliche physiologische Heilungsprozess können durch solche Placeboeffekte verbessert werden³³. Eine zweite Einschränkung dieser Studie war die fehlende Verblindung des Untersuchers aufgrund seiner Vertrautheit mit den Behandlungsformen. Es war auch nicht möglich, die Patienten zu verblinden, da sie die Behandlungsmodalität recherchieren konnten. Eine Verblindung möglichst vieler beteiligter Probanden würde eine solche Verzerrung minimieren³⁴. An dieser Studie nahmen mehr Frauen (42) als Männer (18) teil. Wie in anderen Studien³⁵ veröffentlicht, erwies sich das Geschlecht als ein Einflussfaktor bei CMD. Das Durchschnittsalter der Studienpopulation (51,5 Jahre) lag über dem in der Literatur beschriebenen Durchschnitt für die Prävalenz von DDwR⁶. Im Allgemeinen wurde festgestellt, dass das Alter keinen Einfluss auf die Prognose von Schmerzen des Bewegungsapparats hat³⁶. In dieser Studie ist die hohe Adhärenz der Patienten an das Studienzentrum hervorzuheben. Die Betreuung aller Teilnehmer war durch die gleiche Häufigkeit der Nachuntersuchungen standardisiert und sie hatten jederzeit die Möglichkeit zusätzliche Beratungstermine in der Zahnarztpraxis wahrzunehmen. In beiden Gruppen gab es keinen Abbruch an der Teilnahme der Studie. Der Grund für die hohe Motivation der Patienten in dieser Studie kann durch die individuelle Betreuung in einer einzigen Zahnarztpraxis und die Erinnerung an regelmäßige Nachuntersuchungen erklärt werden. Die Adhärenz und Motivation der Patienten ist ein wichtiger Faktor für den Behandlungserfolg³⁷. In anderen Studien wurden unterschiedliche Quoten eines Teilnahmeabbruchs veröffentlicht^{18 35}. Fasst man die Ergebnisse von Hirsch und John³⁸ zusammen, so belaufen sich die Kosten der Diagnose und Behandlung von CMD für das deutsche Gesundheitssystem auf 170-800 Millionen Euro pro Jahr. Folglich könnte ein physikalisches Training der Kaumuskulatur bei vergleichbarer Prognose kostengünstiger sein, als eine Behandlung mit Schienen³⁹. Patienten, die mit Muskeltraining behandelt werden, profitieren von geringeren Gesamtkosten, weniger Klinikaufhalten und einer kürzeren durchschnittlichen Behandlungsdauer. Deshalb könnte ein Trainingsprogramm der Kaumuskulatur eine vielversprechende Option für die Behandlung von Patienten sein, die unter schmerzhafter DDwR leiden.

Literatur

1. Wolfart S, Heydecke G, Luthardt RG, et al. Effects of prosthetic treatment for shortened dental arches on oral health-related quality of life, self-reports of pain and jaw disability: results from the pilot-phase of a randomized multicentre trial. *J Oral Rehabil.* 2005;32:815-822.
2. Egermark I, Magnusson T, Carlsson GE. A 20-year follow-up of signs and symptoms of temporomandibular disorders and malocclusions in subjects with and without orthodontic treatment in childhood. *Angle Orthod.* 2003;73:109-115.
3. El-Asfahani I, Kortam S. Effect of CAD/CAM versus conventional anterior repositioning splints on the management of temporomandibular joint disc displacement with reduction: A randomized controlled clinical trial. *Egypt Dent J.* 2020;66:571-585.
4. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: Recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014;28:6-27.
5. Manfredini D, Guarda-Nardini L, Winocur E, Piccotti F, Ahlberg J, Lobbezoo F. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a systematic review of axis I epidemiologic findings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2011;112:453-462.
6. Manfredini D, Piccotti F, Ferronato G, Guarda-Nardini L. Age peaks of different RDC/TMD diagnoses in a patient population. *J Dent.* 2010;38:392-399.
7. Kalaykova SI, Lobbezoo F, Naeije M. Risk factors for anterior disc displacement with reduction and intermittent locking in adolescents. *J Orofac Pain.* 2011;25:153-160.
8. Karacayli U, Mumcu G, Cimilli H, Sisman N, Sur H, Gunaydin Y. The effects of chronic pain on oral health related quality of life in patients with anterior disc displacement with reduction. *Community Dent Health.* 2011;28:211-215.
9. Kumazaki Y, Kawakami S, Hirata A, Oki K, Minagi S. Ipsilateral Molar Clenching Induces Less Pain and Discomfort than Contralateral Molar Clenching in Patients with

Unilateral Anterior Disc Displacement of the Temporomandibular Joint. *J Oral Facial Pain Headache*. 2016;30:241-248.

10. Eberhard D. The efficacy of anterior repositioning splint therapy studied by magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod*. 2002;24:343-352.
11. Okeson JP. Long-term treatment of disk-interference disorders of the temporomandibular joint with anterior repositioning occlusal splints. *J Prosthet Dent*. 1988;60:611-616.
12. Wright EF, North SL. Management and Treatment of Temporomandibular Disorders: A Clinical Perspective. *J Man Manip Ther*. 2009;17:247-254.
13. List T, Axelsson S. Management of TMD: evidence from systematic reviews and meta-analyses. *J Oral Rehabil*. 2010;37:430-451.
14. Navi F, Motamedi M, Talesh K, Lasemi E, Nematollahi Z. Diagnosis and Management of Temporomandibular Disorders. In: *A Textbook of Advanced Oral and Maxillofacial Surgery*. IntechOpen; 2013.
15. McNeely ML, Armijo Olivo S, Magee DJ. A systematic review of the effectiveness of physical therapy interventions for temporomandibular disorders. *Phys Ther*. 2006;86:710-725.
16. Janda V. *Muscle Function Testing*. London, UK; Boston, MA, USA: Butterworths; 1983.
17. Sadeghi A, Rostami M, Ameri S, Karimi Moghaddam A, Karimi Moghaddam Z, Zeraatchi A. Effectiveness of isometric exercises on disability and pain of cervical spondylosis: a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2022;14:108.
18. Wänman A, Marklund S. Treatment outcome of supervised exercise, home exercise and bite splint therapy, respectively, in patients with symptomatic disc displacement with reduction: A randomised clinical trial. *J Oral Rehabil*. 2020;47:143-149.
19. Lindfors E, Arima T, Baad-Hansen L, et al. Jaw Exercises in the Treatment of Temporomandibular Disorders—An International Modified Delphi Study. *J Oral Facial Pain Headache*. 2019;39:389-398.
20. Nagata K, Hori S, Mizuhashi R, et al. Efficacy of mandibular manipulation technique for temporomandibular disorders patients with mouth opening limitation: a randomized

controlled trial for comparison with improved multimodal therapy. *J Prosthodont Res.* 2019;63:202-209.

21. Olbort C, Pfanne F, Schwahn C, Bernhardt O. Training of the lateral pterygoid muscle in the treatment of temporomandibular joint disc displacement with reduction: a randomized clinical trial. *J Oral Rehabil.*
22. Bumann, A., Groot Landeweer, G.: Manuelle Untersuchungstechniken zur. *Manuelle Untersuchungstechniken Zur Differenzierung von Funktionsstörungen Im Kausystem.* In Hahn, W.: *Funktionslehre: Aktueller Stand Und Praxisgerechte Umsetzung.* Hanser, München, 1993.
23. Michelotti A, Iodice G, Vollaro S, Steenks MH, Farella M. Evaluation of the short-term effectiveness of education versus an occlusal splint for the treatment of myofascial pain of the jaw muscles. *J Am Dent Assoc.* 2012;143:47-53.
24. Basmajian J. *Muscles Alive, 4th Edition.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1979.
25. Au AR, Klineberg IJ. Isokinetic exercise management of temporomandibular joint clicking in young adults. *J Prosthet Dent.* 1993;70:33-39.
26. Rabe-Hesketh S, Skrondal A. *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata II.* Vol II: Categorical Responses, Counts, and Survival. College Station, TX: Stata Press; 2022.
27. Alomar X, Medrano J, Cabratosa J, et al. Anatomy of the temporomandibular joint. *Semin Ultrasound CT MR.* 2007;28(3):170-183. doi:10.1053/j.sult.2007.02.002
28. Omami G, Lurie A. Magnetic resonance imaging evaluation of discal attachment of superior head of lateral pterygoid muscle in individuals with symptomatic temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;114:650-657.
29. Murray GM, Phanachet I, Uchida S, Whittle T. The human lateral pterygoid muscle: a review of some experimental aspects and possible clinical relevance. *Aust Dent J.* 2004;49:2-8.

30. Phanachet I, Whittle T, Wanigaratne K, Klineberg IJ, Sessle BJ, Murray GM. Functional heterogeneity in the superior head of the human lateral pterygoid. *J Dent Res.* 2003;82:106-111.
31. Janda V. Some aspects of extracranial causes of facial pain. *J Prosthet Dent.* 1986;56:484-487.
32. Gonzaga AR LSM, Ribeiro EC GA. Disc Displacement with Reduction of the Temporomandibular Joint: The Real Need for Treatment. *J Pain Relief.* 2015;04.
33. Maxie B, Nathalie P, Thelma W, Luana C. The Role of Patient–Practitioner Relationships in Placebo and Nocebo Phenomena. *Int Rev Neurobiol.* 2018;139:211-231.
34. Karanicolas PJ, Farrokhyar F, Bhandari M. Blinding: Who, what, when, why, how? *Can J Surg.* 2010;53:345-348.
35. Bae Y, Park Y. The Effect of Relaxation Exercises for the Masticator Muscles on Temporomandibular Joint Dysfunction (TMD). *J Phys Ther Sci.* 2013;25:583-586.
36. Artus M, Campbell P, Mallen CD, Dunn KM, van der Windt DAW. Generic prognostic factors for musculoskeletal pain in primary care: a systematic review. *BMJ Open.* 2017;7.
37. Lindfors E, Helkimo M, Magnusson T. Patients' adherence to hard acrylic interocclusal appliance treatment in general dental practice in Sweden. *Swed Dent J.* 2011;35:133-142.
38. Hirsch C, John M. Szenarien zu Krankheitskosten in der Diagnostik und Therapie kranio-mandibulärer Dysfunktionen in Deutschland. *DZZ.* Published online February 2005:108-111.
39. Magnusson T, Syrén M. Therapeutic jaw exercises and interocclusal appliance therapy. A comparison between two common treatments of temporomandibular disorders. *Swed Dent J.* 1999;23:27-37.

Zusammenfassung

In dieser Studie sollte untersucht werden, ob ein isometrisches Training des Musculus pterygoideus lateralis (MPL) der Therapie mit einer Schiene in Bezug auf die Behandlung einer schmerzhaften Diskusverlagerung mit Reposition (DDwR) gleichwertig ist. Das Trainingsprogramm orientiert sich an der Wissenschaft von Janda. Sechzig Patienten (≥ 18 Jahre) mit DDwR und Schmerzen wurden nach dem Zufallsprinzip zwei Gruppen zugeteilt: (1) Muskeltraining, (2) Schienentherapie. Die folgenden Variablen wurden während der Baseline-Untersuchung und zu den Zeitpunkten der Kontrolltermine (2, 4 und 6 Monate nach Behandlungsbeginn) erhoben: Veränderung des orofazialen Schmerz, Auftreten des Knackphänomens bei Kieferöffnungs- oder Kieferschließbewegungen, Kraftgrade nach Janda bei Laterostrusionsbewegung, Schneidekantendistanz (SKD; in mm). P-Werte von $< 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen und Konfidenzintervalle von 95% wurden angegeben. In beiden Gruppen wurde ein Rückgang der orofazialen Schmerzintensität festgestellt ($P < 0,0001$). Das registrierte Kiefergelenkknacken verschwand nach 6-monatiger Behandlung bei 37 % ($n=11$) der Patienten in der Trainingsgruppe und bei 27 % ($n=8$) in der Schienengruppe ($P = 0,0009$ und $P = 0,0047$). Das Muskeltraining führte am Ende der Studie zu 27 Verbesserungen der Janda-Kraftgrade ($P < 0,0001$). Zusammenfassend verbesserten sowohl das Muskeltraining, als auch die Therapie mit einer UK-Äquilibrationsschiene die Mundöffnung und reduzierten die Schmerzintensität in beiden Patientengruppen. Muskeltraining könnte eine vielversprechende Option für die Behandlung von Patienten mit schmerzhafter DDwR sein.

Danksagung

Diese Arbeit und die ihr zugrundeliegende Forschung wäre ohne die Unterstützung von Herrn Dr. Falk Pfanne nicht möglich gewesen. Sein Wissen und seine Arbeit haben mich inspiriert. Seine Unterstützung hat diese Arbeit erst möglich gemacht.

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Olaf Bernhardt, für die hervorragende Unterstützung, professionelle Betreuung des Projekts und die Korrektur der Arbeit.

Weiterhin möchte ich Herrn Dr. Christian Schwahn für die zuverlässige und schnelle statistische Auswertung aller Daten danken.

Meinem Freund Clemens Eisenrauch danke ich für die Bearbeitung der Abbildungen und die mentale Unterstützung.

Darüber hinaus gilt mein Dank meiner Familie und Freunden, die mich zu jeder Zeit unterstützt und mir diesen beruflichen Werdegang ermöglicht haben.

Training of the lateral pterygoid muscle in the treatment of temporomandibular joint disc displacement with reduction: A randomised clinical trial

Christin Olbort¹  | Falk Pfanne¹ | Christian Schwahn² | Olaf Bernhardt³

¹Dental Practice, with Focus on Temporomandibular Disorders, Competence Centre, Steina, Germany

²Department of Prosthetic Dentistry, Gerodontology and Biomaterials, University Medicine Greifswald, Greifswald, Germany

³Department of Restorative Dentistry, Periodontology, Endodontology, Preventive Dentistry and Pediatric Dentistry, University Medicine Greifswald, Greifswald, Germany

Correspondence

Christin Olbort, Dental Practice with Focus on Temporomandibular Disorders, Competence Centre, Pulsnitzer Straße 19, Steina 01920, Germany.

Email: christin.olbort@zahnheilkunde-dr-pfanne.de

Abstract

Background: Disc displacement with reduction (DDwR) therapy should be performed only when pain or discomfort is presented. Data on treatment options for painful DDwR are very limited.

Objective: The aim was to investigate whether isometric training of the lateral pterygoid muscle (LPM) is equivalent to stabilisation appliance therapy with regard to the treatment of painful DDwR. The training program is based on the science of Janda.

Methods: This was a prospective, randomised study with a comparative treatment group. Sixty patients (≥ 18 years) with DDwR and pain were randomly assigned to two groups: (1) muscle training and (2) stabilisation appliance. The following variables were recorded at baseline examination and after 2, 4 and 6 months: changes in orofacial pain, clicking sounds of the temporomandibular joint (TMJ), force degrees for the lateral movement of the mandible and interincisal opening distance. p values of $< .05$ were considered statistically significant but 95% confidence intervals were also presented.

Results: A decrease in orofacial pain intensity was seen in both groups ($p < .0001$). Registered TMJ clicking disappeared after 6 months of treatment in 37% ($n = 11$) of the patients in the training group and in 27% ($n = 8$) of the appliance group ($p = .0009$ and $p = .0047$). Muscle training showed 27 improvements in Janda force degrees at the end of the study ($p < .0001$).

Conclusion: Muscle training and appliance therapy improved mouth opening and reduced pain intensity in both patient groups. Muscle training might be a promising option in the treatment of patients suffering from painful DDwR.

KEYWORDS

dentistry, disc displacement with reduction, Janda force degrees, lateral pterygoid muscle, physical exercises, temporomandibular joint disorders

1 | BACKGROUND

In the literature, the cause of temporomandibular disorders (TMD) is described as a multifactorial event.¹ It can be influenced by anatomical, neuromuscular, traumatic or psychosocial factors.² If

temporomandibular joint (TMJ) disorders occur, they are often found in the area of the condyle-disc complex.³ Different peaks were identified for specific TMD symptoms in the patient populations: one around age 30 years for individuals with disc displacement.⁴ Approximately 41% of the total TMD population exhibit symptoms

of disc displacements.⁵ Studies report that disc displacement with reduction (DDwR) is one of the most common diagnosis.^{5,6} Clicking noises usually appear during disc repositioning, whereas pain is generally a rare symptom in this condition.⁷ However, due to overstretching of the posterior ligament and compression of the bilaminar zone, mandibular movements may be associated with pain.^{8,9} Therapy of DDwR should only be given if discomfort is associated with this clinical picture.¹⁰ Conservative methods are the most popular.¹¹ In their studies, Yuktasir and Kaya¹² and Page¹³ demonstrated improved joint mobility and pain relief with isometric exercises with static stretching, based on theories of the scientist Janda.¹³ Janda defined two ways of thinking in musculoskeletal medicine: structural and functional. Structural lesions are damages to physical structures (e.g. ligaments, bones). Clinicians often view function from a structural perspective of origin and attachment, meaning that a muscle functions only to bring the attachment closer to the origin. However, in some patients, diagnostic tests for structural lesions are inconclusive. More likely, a functional lesion is the cause of the problem. Janda's approach recognises the actual function of the muscle, which is based on coordinated movement in relation to other structures and considers the stabilising role. This theory is the key to the rehabilitation of functional disorders.¹⁴ This approach can be realised through isometric training with a controlled application of force and muscle strengthening. Pain-sensitive structures such as ligaments, tendons or joints are not excessively irritated. That is why they are well-accepted by patients. Due to their ease of use without equipment, they can be performed anywhere.¹⁵ TMD has long been the subject of dental research, but manual therapies targeting these structures have been poorly studied compared with studies of manual therapies for other body regions.¹⁶ Physical therapy exercises have been recommended in previous research for pain relief and elimination of joint clicking.^{17,18} Data on treatment options for painful DDwR are very limited. Studies vary widely in terms of the patient population, treatment modalities and outcome.¹⁷ This randomised controlled trial aimed to investigate whether isometric training of the lateral pterygoid muscle (LPM) is equivalent to stabilisation appliance therapy with regard to pain reduction in the treatment of painful DDwR. The training program includes static stretching and isometric contraction exercises of the LPM to strengthen and restore physiological lateral mandibular movement and is based on the science of Janda. A modified ordinal scale of degrees of force in lateral movement of the mandible according to Janda¹⁹ was used to examine the muscle strength of the LPM.

2 | METHODS

2.1 | Study population

Patients were selected according to the following criteria: Inclusion criteria were orofacial pain in the TMJ or muscles on a numeric rating scale (NRS 0–10; NRS ≥ 3); a clicking phenomenon in the opening or closing movement of the TMJ; deviation movement in the opening

of the lower jaw of more than 4mm; age: ≥ 18 years; legal capacity and presence of signed declaration of consent. The DC/TMD criteria for arthralgia and DDwR⁷ have been applied in the patients selection. The exclusion criteria were: drug abuse; depression and polyarthritis. Potential patients who consecutively appeared in the dental practice in Steina and met the inclusion criteria to participate were invited to participate in the study. Participation in the study was declined by 12 patients. Patients were not stratified by gender. Figure 1 shows a flow chart of the study population.

2.2 | Study protocol

This was a prospective, randomised study with the control group. It is registered at clinicaltrials.gov (number: NCT04819763). All examinations and determinations of the individual measurement data were performed in the dental practice of Dr. med. dent. Falk Pfanne in Steina (Saxony, Germany). All patients who met the inclusion criteria and agreed to participate were randomly divided into two groups: (1) muscle training and (2) stabilisation appliance. The study was unblinded for the doctor and patient. Blinding of the practitioner was not possible because he was familiar with treatment modalities. Since the practitioner and investigator were the same person in the practice, blinding was also not possible. Blinding of the patients was not possible, as they were able to find out the treatment form. At the final examination, study participants were asked whether they had explored the particular treatment modality.

Due to ethical considerations and the lack of placebo treatment for therapeutic jaw exercises, a hard acrylic stabilisation appliance was chosen as a comparative intervention.

The clinical trial started in March 2020 and ended in June 2022. The allocation was done in Excel (Microsoft Version 2010). A series of 60 pseudo-random numbers were generated and assigned to the respective patient numbers. A special algorithm generated evenly distributed numbers between 0 and 1. Patients were divided as follows: 30 patients in Group 1 and 30 patients in Group 2 with 42 women, and 18 men (Figure 1). None of the patients dropped out during the study process. The mean age was 51.5 years (SD 16.3). Statistical power calculation showed that a total of 56 patients should be sufficient to separate the groups with a power of 90%, a one-sided significance level of 5% and a large effect size for Cohen's of $d=0.8$, meaning a relevant group difference in the degree of pain (NRS) of 2 in favour of physical therapy given an SD of 2.5. G*Power (version 3.1.9.6) was used for power calculation.

2.3 | Treatment procedure

All patients were treated by the same examiner. During the baseline examination, the patient's medical history was taken and the dental status was determined. To assess dental health and ensure the success of treatment, a panoramic radiograph must have been available prior to treatment and must have not been older than 6 months.

FIGURE 1 Flowchart of the study population.

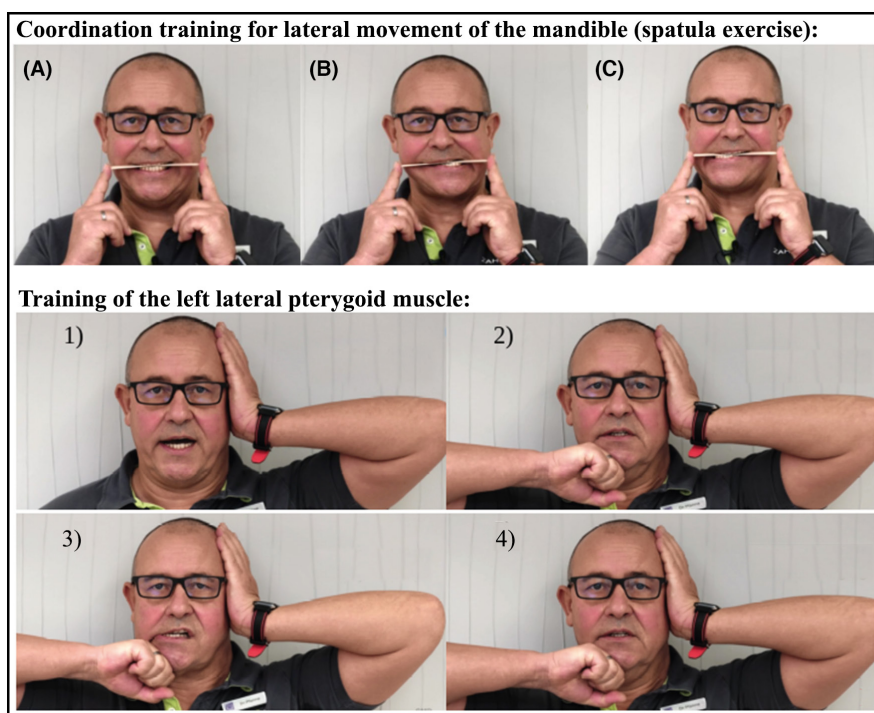
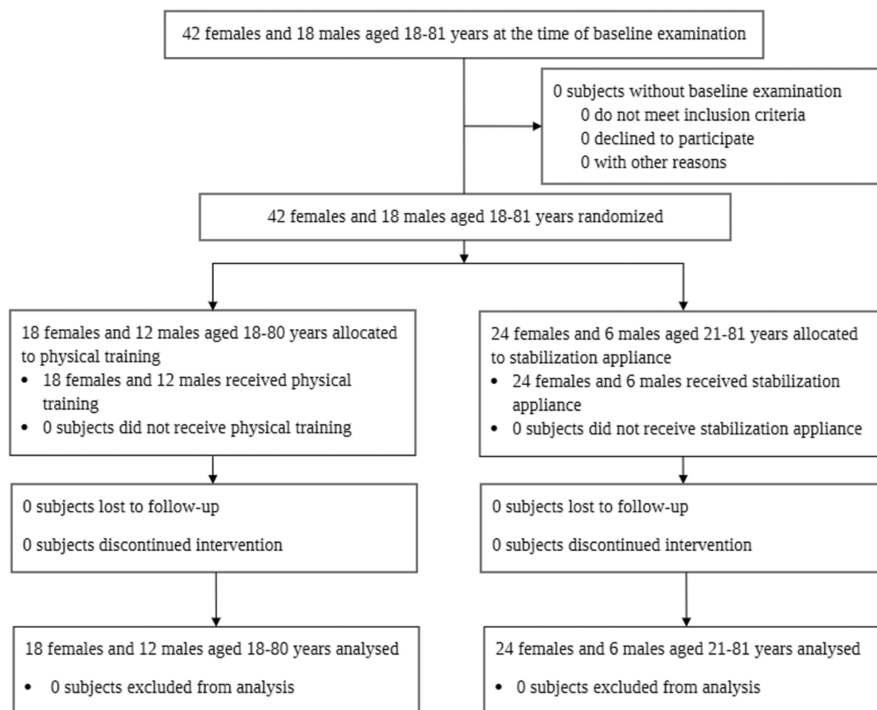


FIGURE 2 Coordination training for lateral movement of the mandible (spatula exercise): (A) a wooden spatula is loosely placed between the teeth of the upper and lower jaw; the head must be aligned with the body axis; the exercise should be performed in front of a mirror. (B) The lower jaw moves to the left and back to the centre with little contact with the spatula. (C) The lower jaw moves to the right and back to the centre under contact with the spatula. Training of the left lateral pterygoid muscle: (1) the left palm is placed on the left temple region, (2) the right-hand forms a fist and is placed on the tip of the right chin; both arms are aligned parallel to the surface of the floor, (3) the lower jaw is moved to the right against a moderate resistance of the fist (= concentric muscle work), (4) with a measured force of the fist, the lower jaw is brought back to the centre (= eccentric muscle work).

The functional examination was based on the German version DC/TMD.²⁰

Group (1) received muscle training that included: coordination training for lateral mandibular movement (Figure 2) and

static stretching and isometric contraction exercises of the LPM to strengthen and restore physiological lateral mandibular movement (Figure 2). A supervisor demonstrated the exercises at the dental office. In addition, patients received an exercise DVD

('Trainingsprogramm Kiefergelenk' CMD Kompetenzzentrum Westlausitz, Dr Pfanne) for self-instruction. The muscle exercises were to be performed once a day with 5–6 repetitions per side.

In Group (2), the upper and lower jaw impressions were recorded with an intraoral scanner (3Shape Trios 3, straumanngroup). The arbitrary hinge axis position was determined with a facebow (artex facebow, ammanngirrbach). A paraocclusal tray was used to connect the facebow with the intraoral scan. In addition, a digital jaw registration (zebris JMA-Optic jaw registration system) was performed and transmitted to the dental laboratory.

The stabilisation appliance with anterior canine guidance was fabricated in the Lexmann laboratory in Dresden (material: BEGO PMMA Splint E). The stabilisation appliance was fitted by the dentist and the static and dynamic occlusion was checked. A tension-free fit of the appliance on the lower jaw row was necessary. In addition, the even contacts in the posterior region were checked visually and with the aid of blue occlusal paper (Bausch, occlusal paper, blue, 200 μ). Even contacts were obtained in centric relation. The incisor guidance in the case of mandibular protrusion and the canine guidance in the case of the mandibular lateral movement were also registered visually and with the aid of red articulating paper (Bausch, articulating paper, red, 8 μ). The interference contacts were adjusted. Subjects were instructed to wear the stabilisation appliance during sleep. The wearing rhythm is described as intermittent (three nights – wear stabilisation appliance, one night – do not wear stabilisation appliance). Intermittent wearing is intended to prevent a possible habituation effect on the appliance.²¹ The first control took place 1 week after the insertion. The surface contacts in the posterior region and the incisor and canine guidance were rechecked visually and again with the aid of the blue occlusal paper and red articulating paper already mentioned above. The interference contacts were adjusted.

There was no diary for the rhythm of use or control of the exercises. There was only a verbal query from the patients about the recommended use of the therapy method.

All patients in both treatment groups were offered three appointments. At 2, 4 and 6 months after the start of therapy, an examination was performed with reassessment of the functional status. The primary (pain when opening or closing movements of the mouth) and secondary (occurrence of the clicking phenomenon when opening or closing movements, a modified ordinal scale of degrees of force for laterotrusion according to Janda,¹⁹ interincisal opening distance) target variables were recorded. If patients had any questions or needed additional appointments, they could contact the specialised dental office in Steina.

2.4 | Evaluation of the treatment effect

The primary outcome variable was defined as the change of *orofacial pain* in the head and joint area. Orofacial pain was determined in the resting position of the TMJ. The variable was measured using a numeric rating scale (NRS; 0–10, 0=no pain, 10=worst pain

imaginable). The following parameters were recorded as secondary outcome variables:

1. Changes in the number of *clicking sounds* in the TMJ during jaw opening or closing movements, as determined by palpation of the TMJ;
2. Changes in *force degrees* for the lateral movement of the mandible from Grade –4 (lowest score) up to Grade 5 (highest score) as a modified ordinal scale according to Janda¹⁹:
 - 4 Full movement against a slight resistance.
 - 4 Full movement against moderate resistance.
 - 5 Full movement against clear resistance.
 - 5 Full movement against strong resistance/maximum strength.
 To investigate the changes in force degrees during lateral movement (Janda), the patient was asked to move the mandible maximally to the right or left (laterotrusion). A slight (–4), moderate (4), significant (–5) or strong (5) resistance against the direction of movement was then applied to the patient's mandible via the examiner's thumb. The scale is based on Janda's original classification from Grade 0 to Grade 5.¹⁹ We modified and shortened the classification. Grades 0–3 are not relevant to the study, as we wanted to investigate the influence of the muscle's strength on the TMJ. From Grade 4, it is assumed that the muscle has a full range of motion and can overcome resistance. For further differentiation, we decided to add two subgroups to Grades 4 and 5. Grade –4 is located between the original Janda Grades 3 and 4, and Grade –5 between Grades 4 and 5.
3. Changes in the *interincisal distance* at maximum unassisted jaw opening, measured in millimetres (mm) between the first upper and lower right incisor. If one of the teeth was missing: the first upper and lower left incisor.

All variables were measured at baseline examination and after 2, 4 and 6 months (check-ups).

2.5 | Statistical analysis

None of the patients discontinued the study during the course of the study. Therefore, the analyses presented address both intention-to-treat and per-protocol principles. Data were analysed using Stata/MP software, version 17.0 (Stata Corporation). The Wilcoxon signed-rank test was used for paired observations between baseline and 6 months if the measurement scale was at least ordinal. For binary matched-pairs data, the McNemar test was used. To compare treatment groups, we used multilevel models, which allow for including all available serial data. For each outcome, months 2, 4 and 6 were modelled as dependent variables in a single multilevel model whereas the corresponding baseline values were modelled as covariates as recommended.^{22–24} As usual, treatment was also adjusted for gender and age. Thus, treatment, baseline values, time (months), the interaction between treatment and time, gender and

age were included as fixed effects, and the patient was included as a random effect in the multilevel model. Continuous covariates were parametrized as 'restricted cubic splines' with 3 knots (requiring only 2 degrees of freedom) to model departures from linearity, thereby addressing the most important mathematical assumption of linear regression models.²² Time in months on merely 3 levels, however, was modelled using 2 dummy variables.

Using a linear model, namely Stata's random-effects generalised least squares regression,^{23,24} we considered the ordinal scale of the primary outcome as continuous, which is usual, but possibly less accurate practice for easier plotting and interpretation only. It was, however, justified as the logits of the outcome levels of the corresponding ordinal logistic model showed not only parallelism but also substantial linearity,²² the number of observed levels was rather large, and the residuals of the linear model showed good behaviour in model diagnostics, including only small deviations from a normal distribution. Moreover, the linear model chosen is suitable for small samples if the residuals have at least a symmetric distribution.^{24,25} Thus, results of Stata's random-effects ordered logistic regression were presented in sensitivity analyses.

The first and second secondary outcomes were modelled using a random-effects binary logistic regression and a random-effects ordered logistic regression, respectively. From the odds ratios of the logistic regression, we calculated risk ratios.²⁵ For that, the risk over Janda force degrees -4, 4, and -5 were chosen. The continuous variable interincisal distance was modelled in the same way as orofacial pain.

As the analysis was not pre-specified we present change-in-coefficient of interest (treatment) for relevant covariates. However, we consider the model adjusted for baseline values, gender and age as the final model, which is a natural choice.²² Likewise, we present treatment differences after 6 months (unless stated otherwise), which were calculated from the model including each time point, thereby reducing some overfitting for clicking and stabilising sparse data due to Janda force degrees -4 and 4 after 6 months. *p* values of <.05 were considered statistically significant but 95% confidence intervals were also presented.

3 | RESULTS

The demographic characteristics of participants (all Europeans, inhabitants of the federal state of Saxony, Germany) including age and gender were summarised in Table 1. The mean age of the participants was 51.5 years (SD 16.3). No important differences were found in the mean age between the groups. More women (*n*=42) than men (*n*=18) participated in the study, with no negligible difference between treatment groups (Table 1), which was addressed by gender-adjusted group comparisons. All patients of group 1 reported the performance of the muscle exercises according to the treatment protocol. Also, all group 2 patients reported that they had used their appliances as recommended. In group 1, eight patients and in group 2, 11 patients confirmed that they had researched their specific

TABLE 1 Demographic characteristics of participants aged 18–81 years of the randomised clinical trial 'Training of the lateral pterygoid muscle in the treatment of temporomandibular joint disc displacement with reduction', 2020–2022, *n*=60.

Variable	Muscle training (<i>n</i> =30)	Stabilisation appliance (<i>n</i> =30)
Age, years		
Mean (SD)	48.0 (17.9)	50.7 (14.8)
Gender, <i>n</i> (%)		
Women	18 (60)	24 (80)
Men	12 (40)	6 (20)
Education, <i>n</i> (%)		
Elementary school	0 (0)	0 (0)
Junior high school	16 (53)	15 (50)
High School	4 (13)	3 (10)
College or university degree	10 (33)	12 (40)
Pain location, <i>n</i> (%)		
Only orofacial	16 (53)	18 (60)
Orofacial and extratrigeminal	14 (47)	12 (40)
Diagnosis, <i>n</i> (%)		
Unilateral DDwR	23 (77)	25 (83)
Bilateral DDwR	7 (23)	5 (17)

treatment modality. A decrease in orofacial pain intensity was seen in both groups (Table 2; *p*<.0001 each). After 6 months, there was no statistically significant difference between muscle training and stabilisation appliance in terms of orofacial pain (Table 3, Figure 3). For the 95% CI, the data are consistent with a true difference of means between -1.4 and 0.3 points, thereby giving credibility that muscle training is not worse than 0.3 points compared with the stabilisation appliance. The global χ^2 test of no treatment effect was not rejected (*p*=.0902 for the test including one term for treatment and two terms for the interaction between treatment and months). In sensitivity analyses using ordered logistic regression, the corresponding global test yielded *p*=.0375 (χ^2 =8.45, 3 degrees of freedom) including *p*=.0375 (χ^2 =6.57; 2 degrees of freedom) for the interaction between treatment and months, suggesting that the two treatment effects may be not parallel over time.

Clicking noises in the TMJ during jaw opening or jaw-closing movements occurred in all patients at baseline examination (inclusion criteria). Registered TMJ clicking disappeared after 6 months of treatment in 37% (*n*=11) of the patients in the muscle training group and in 27% (*n*=8) of the stabilisation appliance group, *p*=.0009 and *p*=.0047, respectively (Table 2). The data are consistent with a true risk ratio between 0.6 and 1.1 (Table 3).

Changes in Janda force degrees for the lateral movement of the mandible are also shown in Table 2. The physical treatment group showed 27 improvements in Janda force degrees at the end of the study (*p*<.0001). The stabilisation appliance group showed 6 improvements and 1 impairment in Janda force degrees (*p*=.0652).

TABLE 2 Baseline (BL) and 2, 4 and 6 months-treatment values for orofacial pain, TMJ clicking noises, Janda force degrees for the lateral movement of the mandible from -4 (lowest score) up to 5 (highest score), and interincisal distance during maximum unassisted jaw opening associated with the following treatment modalities: muscle training and stabilisation appliance.

Symptom indices	Muscle training				Stabilisation appliance			
	Months				Months			
	0 (BL)	2	4	6	0 (BL)	2	4	6
Orofacial pain, median (inter-quartile range)	6 (5-8)	5 (4-6)	3 (2-4)	2 (1-3)	7 (5-8)	5 (4-6)	4 (3-5)	2 (1-3)
TMJ-clicking sounds, n (%)	30 (100)	24 (80)	23 (77)	19 (63)	30 (100)	27 (90)	25 (83)	22 (73)
Janda force degrees, n (%)								
-4	15 (50)	8 (27)	2 (7)	0 (0)	11 (37)	10 (33)	8 (27)	8 (27)
4	12 (40)	12 (40)	6 (20)	0 (0)	12 (40)	12 (40)	13 (43)	12 (40)
-5	0 (0)	1 (3)	5 (17)	11 (37)	0 (0)	0 (0)	2 (7)	2 (7)
5	3 (10)	9 (30)	17 (57)	19 (63)	7 (23)	8 (27)	7 (23)	8 (27)
Interincisal distance (mm), mean ± SD	43.1 ± 10.0	43.9 ± 9.3	44.6 ± 9.6	45.1 ± 9.4	43.3 ± 7.9	43.9 ± 7.4	44.3 ± 7.0	44.8 ± 6.8
Min-Max	28-67	32-67	33-69	34-69	27-68	30-68	34-68	34-68

The treatment difference was strong and statistically significant (Table 3).

The change in the interincisal distance at maximum unassisted jaw opening is shown in Table 2. Both treatment groups showed improvement in mouth opening at 6 months ($p < .0001$ and $p = .0005$ for muscle training and stabilisation appliance, respectively). Still, there were no statistically significant differences between the two groups regarding the interincisal distance (Table 3).

4 | DISCUSSION

The aim was to investigate whether an isometric training of the LPM is equivalent to stabilisation appliance therapy with regard to treatment of painful DDwR. The main findings were that both treatment groups decreased orofacial pain in the head and joint area, reduced clicking sounds in the TMJ and improved mouth opening significantly. Several studies^{17,26} comparing the effect of exercise- and stabilisation appliance therapy in patients with symptomatic TMD have also not been able to show differences between both groups regarding improvement of pain or reducing clicking noises in the TMJ.

An improvement in force degrees for the lateral movement of the mandible (Janda) appeared in the muscle training group only. These changes were examined using a modified ordinal scale, according to Janda.¹⁹ Janda's muscle function tests are based on the fact that a certain force is always required to move a part of the body. Not only the muscle strength should be evaluated, but the entire movement pattern.¹⁹

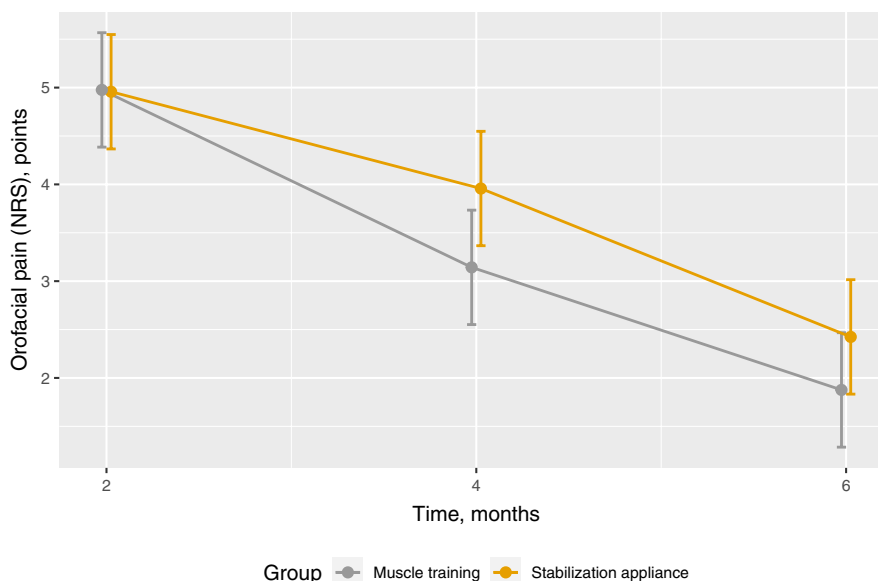
The muscle training exercises in this study were developed using the Janda approach. He observed that patients with TMD have imbalances in parts of the masticatory musculature. Isometric exercises as uniform concentric and eccentric movements against resistance can eliminate unwanted hyper- or hypotonic activity of a region and the whole motor system. Activity in hypoactive muscle chains is increased and overactive muscle chains are inhibited. Kim et al.²⁷ examined the effectiveness of an increased range of motion of the joint and muscular strength as well as decreasing pain by stretching and isometric exercises. As 'isokinetic exercises' Basmajian²⁸ already described in 1979 such an exercise approach. The rotation or displacement of the TMJ was caused by resistance against the chin. Au and Klineberg²⁹ were able to confirm a direct link between jaw muscle exercises and the improvement of TMJ clicking. This study concluded that clicking in young adults is predominantly neuromuscular and may be a reversible condition. Their conservative program could lead to successful treatment of TMD. The exercises included two movement sequences: opening and closing the jaw and movement to the left and right. Moderate resistance was provided by the patient's own hand supporting the chin. Eighteen of 22 subjects with TMJ sounds no longer had clicking, but four subjects with bilateral reciprocal clicking did not lose their clicking sounds. In other studies, individualised jaw exercise programs were recommended and participants received personalised instructions about the type of exercise program.^{18,24} Exercises in our study included strengthening the LPM

TABLE 3 Effects of muscle training compared with stabilisation appliance (reference group) for 180 observations clustered in 60 patients using multilevel models after 6 months. Janda force degrees are coded such that risk ratios less than one are favourable for muscle training.

Group adjusted for	Primary outcome		Secondary outcomes					
	Orofacial pain, points		First secondary outcome		Second secondary outcome		Third secondary outcome	
	Treatment contrast (95% CI)	p-Value	TMJ-clicking sounds		Janda force degrees		Interincisal distance	
			Risk ratio (95% CI)	p-Value	Risk ratio (95% CI)	p-Value	mm (95% CI)	p-Value
Months	-0.57 (-1.42-0.28)	.1915	0.86 (0.59-1.14)	.3246	0.29 (0.12-0.46)	<.0001	0.30 (-3.92-4.52)	.8892
+Linear baseline values	-0.53 (-1.36-0.30)	.2118	Omitted		0.26 (0.12-0.40) ^a	<.0001	0.51 (-0.38-1.41)	.2630
+Nonlinear baseline values	-0.54 (-1.37-0.30)	.2060	Omitted		0.26 (0.12-0.40) ^a	<.0001	0.11 (-0.68-0.90)	.7918
+Gender	-0.44 (-1.29-0.41)	.3121	0.87 (0.59-1.14)	.3430	0.26 (0.12-0.40)	<.0001	0.09 (-0.73-0.90)	.8363
+Linear age	-0.50 (-1.34-0.34)	.2426	0.87 (0.60-1.15)	.3681	0.26 (0.12-0.40)	<.0001	0.10 (-0.72-0.93)	.8065
+Nonlinear age	-0.55 (-1.40-0.30)	.2069	0.84 (0.60-1.08)	.1961	0.27 (0.12-0.42)	<.0001	0.16 (-0.67-1.00)	.6995

^aBaseline values were coded using dummy variables; model 3 is the same as model 2.

FIGURE 3 Orofacial pain: Ordinal values were modelled at different time points (grey: muscle training; orange: stabilisation appliance). As 'temporally and logically, a baseline cannot be a response to treatment',²² the responses and their 95% CI were adjusted for baseline values instead of using change scores.



and learning a correctly executed mandibular lateral movement. The muscle training not only affects the LPM but also influences the activity of other muscles. The muscles of mastication are a complex structure which surrounds the joint and provide all the movements of the TMJ.³⁰ The LPM is one important muscle in masticatory physiology.³¹ Functionally, it consists of two heads (superior head, inferior head) and is involved in mouth opening, and lateral and protrusion movements of the mandible (unilateral or bilateral muscle contraction).³² Current studies investigate the functional heterogeneity of the superior head of the LPM.³³ Based on these findings, individual fibres of the superior muscle head could insert only the articular disc. Forces that do not act simultaneously on the articular head can cause a clicking sound of the TMJ.³² Muscle training can improve this interaction of the masticatory muscles.³⁴

However, scientific evaluation of this physical treatment technique in a single private dental office is accompanied by several limitations that must be considered.

First, due to ethical reasons, no passive control group could be included in the study protocol. Alternative treatment had to be compared with standard appliance therapy. Therefore, it cannot be ruled out that symptom improvement is simply related to time or the natural history of the disease. DDwR may evolve by self-healing and progress from a symptomatic to an asymptomatic state without treatment.³⁵ Randomised clinical trials that do not include no-treatment groups make it difficult to control for natural history and regression to the mean.³⁶ In addition, active engagement of health-care providers can lead patients to change their mindsets and expectations in ways that activate both conscious and unconscious

biological mechanisms that reduce symptom severity. Patient satisfaction and the natural physiological healing process can be improved by such placebo effects.³⁷

Subjects were assigned to each treatment group by random distribution through computer-generated numbers. Although randomization minimises selection bias and thus the likelihood of prognostic differences between intervention groups, it does not prevent biased assessment of outcomes. Blinding of as many involved subjects as possible would minimise such a bias.³⁸

A second limitation of this study was no blinding of the examiner because of his familiarity with the treatment regimens. It was also not possible to blind the patients, as they may explore the treatment modality. At the last examination, the participants of the study were asked whether they had researched the respective form of treatment. More women (42) than men (18) participated in this study. As published in other studies,³⁹ gender was shown to be an influential factor in TMD. Other authors⁴⁰ found that anterior disc displacement increased the volume of the superior head and/or the total volume of the LPM. It could be inferred that the increase in thickness should be associated with DDwR.⁴⁰ The indication for physical therapy should consider not only TMD symptoms but also the volumes of the masseter muscles.⁴¹ In the field of imaging, MRI is currently considered the gold standard.⁴² Due to the high cost, the results in this study were not tested by such an imaging technique. This is another limiting factor of this study.

The mean age in this study population (51.5 years) was above the average described in the literature for the prevalence of DDwR.⁴ In general, age was found to have no effect on the prognosis of musculoskeletal pain.⁴³

The advantages of our study are the high adherence of the patients to the study centre. The care of all participants was standardised by the same frequency of follow-up examinations, and they had the opportunity to make additional consultation appointments at the dental office at any time. There was no dropout in either group. Patients' adherence and motivation is an important factors for treatment success.⁴⁴ In other studies, different dropout rates have been published.^{17,39} The reason for the high motivation of the patients in this study can be explained by the individualised care in a single dental office and the remainder of regular follow-ups. Summarising the findings of Hirsch and John,⁴⁵ the cost of diagnosis and treatment of TMD to the German health care system is between 170 and 800 million euros per year. Consequently, physical training of the masticatory muscles could be more cost-effective with a comparable prognosis to treatment with stabilisation appliances.⁴⁶ It can be concluded that patients treated by muscle training benefit from lower overhead costs, fewer visits to the clinic and lower mean treatment time. Muscle training and appliance therapy reduced pain and improved mouth opening in both patient groups. Muscle training might be a promising option in the treatment of patients suffering from painful DDwR.

5 | CONCLUSION

Treatment by applying special training of the masticatory muscles in patients with painful DDwR decreased orofacial pain in the head and joint area, reduced clicking sounds in the TMJ and improved the interincisal distance at maximum unassisted jaw opening in the same manner as conventional appliance therapy over a time frame of 6 months. An improvement in force degrees for the lateral movement of the mandible (Janda) appeared in the muscle training group only. Within the limitations of this study, it can be concluded that muscle training is a cost-effective option compared to treatment with stabilisation appliances.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Christin Olbort, Falk Pfanne and Olaf Bernhardt conceptualised the study. Christin Olbort and Falk Pfanne performed the investigation. Christian Schwahn and Christin Olbort analysed the data. Original draft preparation was done by Christin Olbort. Olaf Bernhardt, Falk Pfanne and Christian Schwahn reviewed and edited the manuscript. All authors read and approved the final version of the manuscript.

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis and the research on which it is based would not have been possible without the support of Falk Pfanne. His knowledge and work have inspired me. His support has made this work possible. I would also like to thank my boyfriend Clemens Eisenrauch for editing the figures and providing mental support. I would also like to extend a big thank you to my family.

FUNDING INFORMATION

No funding was obtained for this study.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that they have no conflict of interest.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The data are not publicly available due to informed consent restrictions.

ETHICS STATEMENT

All procedures performed in this study were approved by the Regional Ethical Review Board in Greifswald (BB 209/20) and Dresden (EK-BR-23/21-1), Germany and carried out in accordance with the Declaration of Helsinki. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

ORCID

Christin Olbort  <https://orcid.org/0000-0002-8896-874X>

REFERENCES

- Wolfart S, Heydecke G, Luthardt RG, et al. Effects of prosthetic treatment for shortened dental arches on oral health-related quality of life, self-reports of pain and jaw disability: results from the pilot-phase of a randomized multicentre trial. *J Oral Rehabil.* 2005;32:815-822.
- Egermark I, Magnusson T, Carlsson GE. A 20-year follow-up of signs and symptoms of temporomandibular disorders and malocclusions in subjects with and without orthodontic treatment in childhood. *Angle Orthod.* 2003;73:109-115.
- El-Asfahani I, Kortam S. Effect of CAD/CAM versus conventional anterior repositioning splints on the management of temporomandibular joint disc displacement with reduction: a randomized controlled clinical trial. *Egypt Dent J.* 2020;66:571-585.
- Manfredini D, Piccotti F, Ferronato G, Guarda-Nardini L. Age peaks of different RDC/TMD diagnoses in a patient population. *J Dent.* 2010;38:392-399.
- Manfredini D, Guarda-Nardini L, Winocur E, Piccotti F, Ahlberg J, Lobbezoo F. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a systematic review of axis I epidemiologic findings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2011;112:453-462.
- Kalaykova SI, Lobbezoo F, Naeije M. Risk factors for anterior disc displacement with reduction and intermittent locking in adolescents. *J Orofac Pain.* 2011;25:153-160.
- Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, et al. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: recommendations of the international RDC/TMD consortium network and orofacial pain special interest group. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014;28:6-27.
- Eberhard D. The efficacy of anterior repositioning splint therapy studied by magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod.* 2002;24:343-352.
- Okeson JP. Long-term treatment of disk-interference disorders of the temporomandibular joint with anterior repositioning occlusal splints. *J Prosthet Dent.* 1988;60:611-616.
- Sato S, Goto S, Nasu F, Motegi K. Natural course of disc displacement with reduction of the temporomandibular joint: changes in clinical signs and symptoms. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003;61:32-34.
- Navi F, Motamedi M, Talesh K, Lasemi E, Nematollahi Z. Diagnosis and management of temporomandibular disorders. *A textbook of advanced oral and maxillofacial surgery.* IntechOpen; 2013.
- Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *J Bodyw Mov Ther.* 2009;13:11-21.
- Page P. Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6:51-58.
- Page P, Frank C, Lardner R. *Assessment and treatment of muscle imbalance the Janda approach.* 1st ed. Human Kinetics; 2010.
- Sadeghi A, Rostami M, Ameri S, Karimi Moghaddam A, Karimi Moghaddam Z, Zeraatchi A. Effectiveness of isometric exercises on disability and pain of cervical spondylosis: a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2022;14:108.
- Kalamir A, Bonello R, Graham P, Vitiello AL, Pollard H. Intraoral myofascial therapy for chronic myogenous temporomandibular disorder: a randomized controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35:26-37.
- Wänman A, Marklund S. Treatment outcome of supervised exercise, home exercise and bite splint therapy, respectively, in patients with symptomatic disc displacement with reduction: a randomised clinical trial. *J Oral Rehabil.* 2020;47:143-149.
- Lindfors E, Arima T, Baad-Hansen L, et al. Jaw exercises in the treatment of temporomandibular disorders—an international modified Delphi study. *J Oral Facial Pain Headache.* 2019;39:389-398.
- Janda V. *Muscle function testing.* Butterworths; 1983.
- Ohrbach R, Asendorf A, Eberhard L, Schierz O. *Trans. diagnostic criteria for temporomandibular disorders: assessment instruments. [Diagnostische Kriterien für Craniomandibuläre Dysfunktion (DC/TMD) Untersuchungsbögen: German Version 25 May 2016].* 2016. www.rdc-tmdinternational.org
- Jokubauskas L, Baltrušaitytė A. Efficacy of biofeedback therapy on sleep bruxism: a systematic review and meta-analysis. *J Oral Rehabil.* 2018;45:485-495.
- Harrell FE. *Regression modeling strategies. with applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis.* Springer; 2015.
- Rabe-Hesketh S, Skrondal A. *Multilevel and longitudinal modeling using Stata I. Vol I: continuous responses.* Stata Press; 2022.
- Rabe-Hesketh S, Skrondal A. *Multilevel and longitudinal modeling using Stata II. Vol II: categorical responses, counts, and survival.* Stata Press; 2022.
- Greenland S. Introduction to regression modeling. In: Rothman KJ, Greenland S, Lash TL, eds. *Modern epidemiology.* Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
- Michelotti A, Iodice G, Vollaro S, Steenks MH, Farella M. Evaluation of the short-term effectiveness of education versus an occlusal splint for the treatment of myofascial pain of the jaw muscles. *J Am Dent Assoc.* 2012;143:47-53.
- Kim JE, Seo TB, Kim YP. The effect of a Janda-based stretching program range of motion, muscular strength, and pain in middle-aged women with self-reported muscular skeletal symptoms. *J Exerc Rehabil.* 2019;15:123-128.
- Basmajian J. *Muscles alive.* 4th ed. Williams & Wilkins; 1979.
- Au AR, Klineberg IJ. Isokinetic exercise management of temporomandibular joint clicking in young adults. *J Prosthet Dent.* 1993;70:33-39.
- Alomar X, Medrano J, Cabratosa J, et al. Anatomy of the temporomandibular joint. *Semin Ultrasound CT MR.* 2007;28:170-183.
- Omami G, Lurie A. Magnetic resonance imaging evaluation of discal attachment of superior head of lateral pterygoid muscle in individuals with symptomatic temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;114:650-657.
- Murray GM, Phanachet I, Uchida S, Whittle T. The human lateral pterygoid muscle: a review of some experimental aspects and possible clinical relevance. *Aust Dent J.* 2004;49:2-8.
- Phanachet I, Whittle T, Wanigaratne K, Klineberg IJ, Sessle BJ, Murray GM. Functional heterogeneity in the superior head of the human lateral pterygoid. *J Dent Res.* 2003;82:106-111.
- Janda V. Some aspects of extracranial causes of facial pain. *J Prosthet Dent.* 1986;56:484-487.
- Lalue-Sanches M, Gonzaga AR, Guimaraes AS, Ribeiro EC. Disc displacement with reduction of the temporomandibular joint: the real need for treatment. *J Pain Relief.* 2015;4:200.
- Finniss DG, Kaptchuk TJ, Miller F, Benedetti F. Placebo effects: biological, clinical and ethical advances. *Lancet.* 2010;375:686-695.
- Maxie B, Nathalie P, Thelma W, Luana C. The role of patient-practitioner relationships in placebo and nocebo phenomena. *Int Rev Neurobiol.* 2018;139:211-231.
- Karanicolas PJ, Farrokhyar F, Bhandari M. Blinding: who, what, when, why, how? *Can J Surg.* 2010;53:345-348.
- Bae Y, Park Y. The effect of relaxation exercises for the masticator muscles on temporomandibular joint dysfunction (TMD). *J Phys Ther Sci.* 2013;25:583-586.
- Melke GSF, Costa ALF, Lopes SLPC, Fuziy A, Ferreira-Santos RI. Three-dimensional lateral pterygoid muscle volume: MRI analyses with insertion patterns correlation. *Ann Anat.* 2016;208:9-18.
- Hoglund LT, Scott BW. Automobilization intervention and exercise for temporomandibular joint open lock. *J Man Manip Ther.* 2012;20:182-191.
- Yang Z, Wang M, Ma Y, et al. Magnetic resonance imaging (MRI) evaluation for anterior disc displacement of the temporomandibular joint. *Med Sci Monit.* 2017;23:712-718.

43. Artus M, Campbell P, Mallen CD, Dunn KM, van der Windt DAW. Generic prognostic factors for musculoskeletal pain in primary care: a systematic review. *BMJ Open*. 2017;7:e012901.
44. Lindfors E, Helkimo M, Magnusson T. Patients' adherence to hard acrylic interocclusal appliance treatment in general dental practice in Sweden. *Swed Dent J*. 2011;35:133-142.
45. Hirsch C, John M. Szenarien zu Krankheitskosten in der Diagnostik und Therapie kranio-mandibulärer Dysfunktionen in Deutschland. *DZZ*. 2005;60:108-111.
46. Magnusson T, Syrén M. Therapeutic jaw exercises and interocclusal appliance therapy. A comparison between two common treatments of temporomandibular disorders. *Swed Dent J*. 1999;23:27-37.

How to cite this article: Olbort C, Pfanne F, Schwahn C, Bernhardt O. Training of the lateral pterygoid muscle in the treatment of temporomandibular joint disc displacement with reduction: A randomised clinical trial. *J Oral Rehabil*. 2023;50:921-930. doi:[10.1111/joor.13517](https://doi.org/10.1111/joor.13517)