

Ann-Kristin Rauer, Nikolaos-Nikitas Giannakopoulos, Daniel Hellmann, Sybille Hugger, Marc Schmitter, Hans-Jürgen Schindler, Alfons Hugger

Physiotherapy home exercises and occlusal splint therapy for myofascial TMD pain

A comparative clinical pilot study

Physiotherapeutische Heimübungen und Okklusionsschientherapie bei myofaszialen Schmerzen

Eine vergleichende klinische Pilotstudie

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden randomisierten klinischen Studie war es, bei Patienten mit schmerzhafter Myoarthropathie (MAP) eine konventionelle Okklusionsschientherapie und ein physiotherapeutisches Heimübungsprogramm mit Hilfe des Therapiegerätes RehaBite (Dentrade International e.K., Köln) miteinander zu vergleichen. Hierfür wurden 45 Patientinnen im Alter zwischen 18 und 45 Jahren mit akuten oder akut-persistierenden myofaszialen Schmerzen des Kausystems (Graduierung chronischer Schmerzen [GCS] I und II) in die Studie aufgenommen. Es wurden 23 Patientinnen mit RehaBite behandelt, während bei 22 Patientinnen eine Okklusionsschiene eingegliedert wurde. Über einen Therapiezeitraum von drei Monaten wurde zunächst eine kraftkontrollierte elektromyographische Ausgangsmessung (T0) bei submaximalen Kräften von 100 Newton (N) sowie bei maximalen Kräften in habitueller Okklusion durchgeführt. 14 Tage sowie sechs Wochen nach Therapiebeginn erfolgten Kontrollen (T1 und T2). Drei Monate (T3) nach Beginn wurde die Messung wiederholt. Zusätzlich wurden bei jedem Untersuchungstermin die Schmerzstärke (mittels GCS-Bogen) und -lokalisierung erfasst, eine Beurteilung der Handhabung und des Therapieeffektes sowie Kieferöffnungsmessungen und Muskelpalpationen durchgeführt.

In beiden Gruppen zeigte sich eine signifikante Schmerzreduktion, wobei RehaBite die Schmerzen deutlicher reduzierte. Die Kieferöffnung vergrößerte sich in beiden Kohorten, allerdings deutlicher in der RehaBite-Gruppe. Bei der Beurteilung der Handhabung sowie bei der Wahrnehmung des subjektiven Therapieeffektes schnitt dagegen die Okklusionsschiene signifikant besser ab. Bei der normierten EMG-Aktivität der submaximalen Kräfte von 100 N

Abstract

The objective of this randomized clinical trial (RCT) was to compare conventional occlusal splint therapy with the RehaBite (Dentrade International, Cologne, Germany) device-supported sensorimotor training program of physiotherapy home exercises for the treatment of temporomandibular joint (TMJ) pain and temporomandibular disorders (TMD). A total of 45 women (aged 18 to 45 years) with acute or acute-persistent Graded Chronic Pain Scale (GCPS) grade I or II myofascial TMD pain were included in the study. Twenty-three subjects received RehaBite therapy and the other 22 received occlusal splint therapy. Masticatory muscle activity at a submaximal clenching force of 100 Newtons (N) and at maximum voluntary clenching (MVC) in the intercuspal position (ICP) was measured by force-controlled electromyography (EMG) before the start of a 3-month treatment period (T0) and repeated after 2 weeks (T1), 6 weeks (T2), and 3 months (T3) of treatment. In addition to jaw opening measurements and muscle palpation, patient-reported data on the following variables were collected on each sampling date: characteristic pain intensity (CPI) as measured on the GCPS form, pain location, ease of handling, and therapeutic efficacy.

Significant pain reduction was observed in both groups, but the degree of reduction was significantly larger in the RehaBite group. Likewise, jaw opening increased in both groups but to a greater degree in the RehaBite group. Conversely, the occlusal splint group performed better in the ease of handling and therapeutic efficacy assessments by the patients (subjective measures). A statistically significant difference between normalized EMG activity during submaximal clenching (100 N) from T0 to T3 was only observed in the RehaBite group. Analysis of the change in normalized EMG activity during MVC in the ICP from T0 to T3 showed a signifi-



cant increase in activity in both the masseter and anterior temporal muscles in the RehaBite group, but only in the masseter muscles in the occlusal splint group.

Since the therapeutic effects of the two methods are comparable, the home exercise program can be recommended as an alternative or supplement to occlusal splint therapy for the treatment of myofascial TMD.

Introduction

Despite significant improvements in the diagnostics of temporomandibular disorders (TMD) in recent years, evidence-based therapeutic options for patients with myofascial TMD pain are still lacking¹. The most common forms of myofascial TMD pain generally respond well to reversible conservative treatments². Most of the therapeutic strategies employed are passive treatment regimens that rarely require active and independent patient participation. The gold standard of passive treatments is occlusal splint therapy, which is still the most common treatment modality in Germany³. The efficacy of occlusal splint therapy is largely independent of the splint material or configuration⁴. When using an occlusal splint, most patients with acute or acute-persistent TMD pain experience short- or long-term pain relief and may even become completely pain-free⁵. Besides occlusal splint therapy, physical measures (ice and heat) and professional physiotherapy (manual therapy)² are other popular treatment options. Modalities requiring active patient participation, on the other hand, are still hardly ever considered².

The pathogenesis of TMD is similar to that of other musculoskeletal disorders such as back and neck pain. Muscular microlesions occur and may lead to the impairment of muscular coordination via proprioceptive pathways⁶. As a result, reflex-guided motor adaptations to pain occur in the affected masticatory or neck and back muscles. This is precisely why active rehabilitation exercises are so important for the restoration of normal function and proper coordination⁷. Rehabilitation must include active patient participation measures such as movement exercises. Proprioceptive exercises for the improvement of proprioception can restore sensorimotor and somatosensory function⁸. Physical exercise leads to exercise-induced hypoalgesia, or a reduction of pain sensitivity, in healthy individuals⁹. Home exercises alone or in combination with occlusal splint therapy or physiotherapy may therefore be an effective option for the treatment of patients with TMD.

One limitation of previous studies is the lack of differentiation between acute and acute-persistent functional and

zeigten sich nur in der RehaBite-Gruppe statistisch signifikante Unterschiede zwischen T0 und T3. Die normierte EMG-Aktivität bei maximaler Kraftentfaltung in habitueller Okklusion erhöhte sich in der RehaBite-Gruppe sowohl für den M. masseter als auch für den M. temporalis anterior statistisch signifikant zwischen T0 und T3, während sie sich in der Okklusionsschienen-Gruppe nur für den M. masseter statistisch signifikant erhöhte.

Aufgrund der ähnlichen therapeutischen Wirkung beider Therapiemittel können Patienten mit myofaszialen Schmerzen des Kausystems Heimübungen alternativ oder in Kombination mit einer Okklusionsschiene empfohlen werden.

Indizes: *Elektromyographie, Funktionstherapie, Craniomandibuläre Dysfunktion, RehaBite, Okklusionsschiene, Physiotherapeutische Heimübungen*

Einleitung

Während sich die diagnostischen Möglichkeiten für Myoarthropathien des Kausystems (MAP) in den letzten Jahren deutlich verbessert haben, fehlt es nach wie vor an evidenzbasierten Behandlungsoptionen für die Therapie einer schmerzhaften MAP¹. Die bei weitem am häufigsten auftretenden myofaszialen Schmerzen sind meist mit konservativen, reversiblen Maßnahmen gut behandelbar². Die meisten der Therapieoptionen sind jedoch passiver Natur, bei denen der Patient kaum selbstständig aktiv werden muss. Den Goldstandard in der passiven Therapie und die in Deutschland weiterhin am häufigsten verwendete Therapiemaßnahme stellt die Okklusionsschiene dar³. Die Wirkung der Okklusionsschiene ist meist unabhängig von Material und Konfiguration⁴ und verhilft den meisten Patienten mit akutem sowie akut-persistierendem Schmerz kurz- bzw. auch längerfristig zu einer deutlichen Linderung der Beschwerden bis hin zu einer Befreiung von Schmerzen⁵. Neben der Okklusionsschientherapie sind die physikalische Therapie (Kälte und Wärme) sowie die professionelle Physiotherapie (manuelle Therapie eingeschlossen²) oft angewandte passive Therapieoptionen. Die aktive Mitarbeit der Patienten ist dagegen bisher wenig berücksichtigt worden².

MAP-Beschwerden haben eine ähnliche Genese wie andere muskuloskelettale Beschwerden, wie beispielsweise Rücken- oder Nackenschmerzen. Durch Mikroläsionen verursacht, kann es über propriozeptive Mechanismen zu



einer Störung der muskulären Koordination kommen⁶. Sowohl bei Kaumuskel- als auch bei Nacken- bzw. Rückenschmerzen führt dies zu reflexgesteuerten motorischen Schmerzadaptationen. Aufgrund dessen ist es von großer Bedeutung, durch aktive Rehabilitationsmaßnahmen eine normale Funktion und eine regelrechte Koordination wiederherzustellen⁷. Die Rehabilitation umfasst die aktive Mitarbeit des Patienten in Form von Bewegungsübungen. Eine stärkere Ausprägung des propriozeptiven Sinns durch propriozeptives Training kann die sensomotorische sowie somatosensorische Funktion wiederherstellen⁸. Bei gesunden Patienten führen körperliche Bewegungsübungen zu einer bewegungsinduzierten Hypoalgesie, d.h. einer Reduktion der Schmerzempfindlichkeit (EIH-Effekt = exercise induced hypoalgesia-Effekt)⁹. Heimübungen könnten daher bei MAP-Patienten entweder als alleinige Therapieoption oder in Kombination mit einer Okklusionsschienen- oder Physiotherapie wirksam sein.

Eine Limitation früherer Studien liegt in der fehlenden Abgrenzung zwischen akuten bzw. akut-persistierenden funktionellen und dysfunktionalen chronischen Schmerzen. Auf der Grundlage des Verständnisses neurobiologischer Mechanismen kann davon ausgegangen werden, dass Patienten mit funktionellem Schmerz besser auf peripher vermittelte Therapien ansprechen als Patienten mit chronischem Schmerz^{10,11}.

Die vorliegende Studie sollte die Wirkung eines innovativen, gerätegestützten sensomotorischen Trainings bei Patientinnen mit funktionellen myofaszialen Schmerzen im Vergleich zu einer konventionellen Okklusionsschientherapie untersuchen und Wissenslücken über therapeutische Optionen schließen.

Material und Methoden

Die randomisierte prospektive klinische Studie wurde durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Studiennummer 5057R) befürwortet und nach den Richtlinien der Deklaration von Helsinki¹² durchgeführt. Die Rekrutierung der Studienstichprobe erfolgte standardmäßig über die Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Düsseldorf, indem vorab spezifizierte Ein- und Ausschlusskriterien im Rahmen einer Voruntersuchung erfüllt wurden. Die Studie umfasste 45 weibliche Patienten im Alter zwischen 18 und 45 Jahren, die funktionelle Schmerzen (GCS Grad I und II)¹³ sowie nach RDC/TMD-Kriterien¹⁴ nur myogene

dysfunctional chronic pain. Based on the current understanding of neurobiological mechanisms, it can be assumed that patients with functional pain respond to peripherally mediated therapies better than those with chronic pain^{10,11}.

The present study was designed to compare the therapeutic efficacy of an innovative, device-supported sensorimotor training program with that of conventional occlusal splint therapy in patients with functional myofascial TMD pain, and to close gaps in the knowledge about these treatment options.

Materials and methods

This prospective randomized clinical trial (RCT) was approved by the Ethics Committee of the Medical Faculty of Heinrich Heine University-Düsseldorf (Study No. 5057R) and was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki¹². The study population consisted of patients routinely seen at the University Hospital-Düsseldorf's Polyclinic for Dental Prosthetics. Only those patients who passed the inclusion-exclusion criteria screening test performed during the preliminary examination were included in the study. All 45 TMD patients (women aged 18 to 45 years) in the study population had functional pain (Graded Chronic Pain Scale [GPCS] grade I or II)¹³ that was only associated with myogenic complaints and thus classifiable as Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD) group Ia or Ib disorders¹⁴. Patients with chronic dysfunctional pain (GPCS grade III or IV)¹³ and RDC/TMD group IIb, IIc, and III disorders were not included in the study. The other exclusion criteria were: facial pain of dental, periodontal, systemic, traumatic, or neuropathic origin; pregnancy; pacemaker; history of temporomandibular joint (TMJ) surgery; ear-nose-throat disease; sedative use; drug or alcohol abuse; TMD treatment in the last 4 weeks; and insufficient knowledge of German¹.

All subjects were informed in detail about the disease, its multifactorial etiology, and the sequence of events of the study. They then gave their verbal and written informed consent. After passing inclusion-exclusion criteria screening and the preliminary examination, patients were randomized to treatment (either RehaBite or occlusal splint therapy) as per a randomization list by a person not involved in the study. Alginate impressions of the mandibular and maxillary arches were taken, and jaw relation recordings were made for each individual patient.

Patients in the RehaBite group received the RehaBite home exercise device (Fig 1), an innovative intraoral training

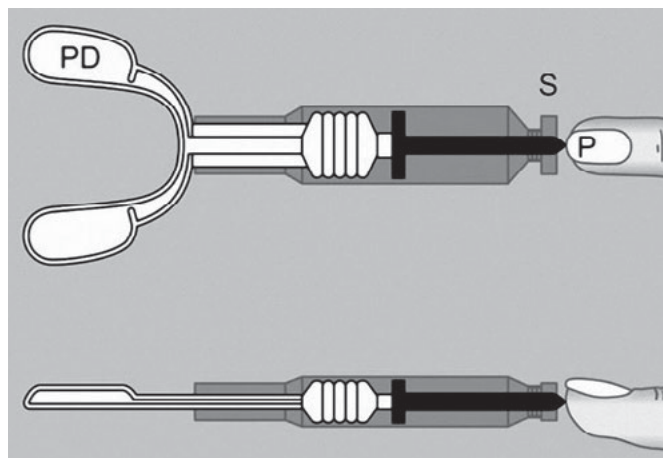


Fig 1 Structural diagram of the RehaBite sensorimotor training device: S = screw used to set the device to the submaximal pain-free bite force level; P = pin: force feedback pin dislocated by the internal mechanism of the training device; PD = pad: liquid-filled (hydrostatic) bite pad on the left and right side.

Abb.1 Detaillierter Aufbau des sensomotorischen Trainingsgerätes RehaBite: S (screw) = Schraube, mit der die submaximale schmerzfreie Beißkraft eingestellt werden kann. P (pin) = Stößel, der mittels des internen Mechanismus des Trainingsgerätes bewegt wird und ein Feedback darstellt. PD (bilateral liquid-filled bite-pads) = hydrostatische Aufbisspads.

device for force-controlled, sensorimotor (coordination) training – the first of its kind. The device consists of a glycerin-filled bite fork. It is thus a hydrostatic system that causes the neuromuscular system to balance the right and left masticatory muscles under force-controlled conditions. The bite fork has an indicator pin for force control. Training was performed at a submaximal bite force level that was individually determined for each patient. To determine this level, the patient first bites down on the device's elastic bite pad at maximum pain-free force, causing the internal force indicator pin to protrude from the end of the handle. The device is then set to this force level by turning the device screw until it reaches the indicated level. Finally, the screw is turned back one half-turn to set the device at 50% of the maximum pain-free bite force level. The training sessions take about 15 min each and must be performed three times a day at 4- to 5-h intervals (see Table 1 for training protocol details).

Patients in the occlusal splint group were fitted with an interocclusal device corresponding to a Michigan splint.

After the preliminary examination and randomization phase, the patients underwent a baseline examination and electromyography (T0). These examinations were repeated 2 weeks (T1) and 6 weeks (T2) later. The final examination and electromyography took place at T3, 3 months after T0, as described in the study protocol (Table 2). The following procedures were performed at all sampling times: jaw opening measurement and masticatory muscle palpation by the investigator, and assessment of characteristic pain intensity (CPI) (GCPS form) and location (head and body pain drawing) by the patient. GCPS items Pain Right Now, Worst Pain, and Average Pain were graded on a numerical rating scale (NRS). CPI was calculated from these scores using the following equation: $(\text{Worst Pain} + \text{Average Pain} + \text{Pain Right Now}) / 3 \times 10$. At the final examin-

Beschwerden aufwiesen und damit den Gruppen Ia oder Ib zuzuordnen waren. Patientinnen mit chronischen dysfunktionalen Schmerzen (GCS Grad III und IV)¹³ sowie nach RDC/TMD-Kriterien Grad IIb, IIc und III wurden nicht in die Studie aufgenommen. Weitere Ausschlusskriterien waren Gesichtsschmerzen dentaler, parodontaler, systemischer, traumatischer oder neuropathischer Genese, Schwangerschaft, Vorhandensein eines Herzschrittmachers, durchgeführte Kiefergelenkoperationen, Erkrankungen des Hals/Nasen/Ohrenbereichs, Einnahme von Sedativa, Drogen- oder Alkoholmissbrauch, MAP-Behandlung in den letzten vier Wochen sowie fehlende Deutschkenntnisse¹.

Alle Patientinnen wurden ausführlich über die Erkrankung, die multifaktorielle Ätiologie sowie den Studienablauf informiert und erteilten sowohl eine mündliche als auch schriftliche Einverständniserklärung. Sofern die jeweilige Patientin nach den Ein- und Ausschlusskriterien sowie der Voruntersuchung für die Studie in Frage kam, wurde per Zufallsliste eine Randomisierung (RehaBite-Gruppe und Okklusionsschienen-Gruppe) von einer nicht in die Studie involvierten Person vorgenommen. Es wurde für jede Patientin eine Alginatabformung der Unter- und Oberkieferzahnreihen sowie eine Kieferrelationsbestimmung durchgeführt.

Die Patientinnen der RehaBite-Gruppe erhielten das physiotherapeutische Heimübungsgerät RehaBite (Abb. 1), welches als erstes Trainingsgerät dieser Art ein kraftkontrolliertes, sensorimotorisches (koordinatives) intraorales Training zulässt. Es besteht aus einer mit Glycerin gefüllten Beißgabel und stellt damit ein hydrostatisches System dar, welches das neuromuskuläre System dazu veranlasst, die rechtsseitige und linksseitige Kaumuskelatur unter kraftkontrollierten Bedingungen zu balancieren. Die Beißgabel



Table 1 Training protocol for RehaBite therapy after determination of the patient’s individual submaximal pain-free bite force level using the hydrostatic bite pads

- Hold the determined bite force level for 10 s
- Next: Active jaw opening until just below the pain threshold
- Stretch the muscles with the thumb and index finger along the upper and lower incisal edges
- Next: 10-s break without tooth contact
- 10 repetitions of the exercise (equivalent to **one training set**)
- **3 training sets** per training session
- 30-s break between sets
- **3 training sessions** per day

Tabelle 1 Detailliertes Trainingsprotokoll für das Therapiegerät RehaBite nach Bestimmung des individuellen submaximalen schmerzfreien Kraftniveaus auf den hydrostatischen Aufbisspads.

- Halten des ermittelten Kraftniveaus für 10 Sekunden
- Im Anschluss aktive Kieferöffnung bis kurz vor die Schmerzgrenze
- Dehnen der Muskulatur mit Daumen und Zeigefinger an der OK- und UK-Inzisalkante
- Im Anschluss 10 Sekunden Pause ohne Zahnkontakt
- 10malige Wiederholung der Übungen (entspricht **einem Trainingssatz**)
- **3 Trainingssätze** pro Trainingssitzung
- 30 Sekunden Pause zwischen den Trainingssätzen
- **3 Trainingssitzungen** täglich

Table 2 Clinical trial protocol – EMG measurement before treatment (T0), at 2 weeks (T1), 6 weeks (T2), and 3 months (T3) after T0

Tabelle 2 Studienprotokoll der klinischen Studie. (T0 = EMG-Messung, T1 = Kontrollsit­zung, T2 = Kontrollsit­zung sechs Wochen nach T0, T3 = EMG-Messung drei Monate nach T0).

Preliminary examination → Randomization → Impressioning (both arches)/ Voruntersuchung → Randomisierung → Abformung der Zahnreihen			
T0	T1	T2	T3
Occlusal splint or RehaBite delivery, RDC/TMD exam, EMG measurements/ Eingliederung der Okklusionsschienen bzw. Aushändigung des RehaBite, RDC/TMD-Untersuchung, EMG-Messungen	Therapeutic device check and adjustment; RDC/TMD exam/ Kontrolle und Adjustierung der Therapiegeräte, RDC/TMD-Untersuchung	Therapeutic device check and adjustment; RDC/TMD exam/ Kontrolle und Adjustierung der Therapiegeräte, RDC/TMD-Untersuchung	Therapeutic device check and adjustment; RDC/TMD exam; patient assessment of ease of handling and therapeutic efficacy; EMG measurements/ Kontrolle und Adjustierung der Therapiegeräte, RDC/TMD-Untersuchung, Erhebung der subjektiven Handhabung und des subjektiven Therapieeffekts, EMG-Messungen

erlaubt über einen Stößel eine Kraftkontrolle. Das Training erfolgte auf einem submaximalen Kraftniveau, welches für jede Patientin individuell bestimmt wurde. Dafür wurde zunächst mit maximaler schmerzfreier Kraft auf die elastischen Beißkissen gebissen, was den im Haltegriff befindlichen Stößel aus dem Ende des Griffes heraustrrieb. Dieses Kraftniveau wurde von der am Gerät befindlichen Schraube durch Herausdrehen derselben zunächst erfasst. Im Anschluss wurde diese um die Hälfte der Umdrehungen eingeschraubt, um ein 50%iges schmerzfreies Kraftniveau einzustellen. Die Sitzungen mussten dreimal am Tag im Abstand von vier bis fünf Stunden wiederholt werden und dauerten jeweils ca. 15 Minuten (detailliertes Trainingsprotokoll siehe Tab. 1).

ation (T3), patients were issued a standardized questionnaire to capture data on self-reported therapeutic efficacy and ease of handling on a NRS of 0 (very dissatisfied) to 10 (very satisfied).

EMG activity of the masseter and anterior temporal muscles was recorded at T0 and T3 using disposable, self-adhesive bipolar silver/silver chloride electrodes (Noraxon, Scottsdale, AZ, USA). After the skin was cleaned with 70% ethanol and dried, the electrodes were centrally positioned over the left and right masseter and anterior temporal muscles. A reference electrode was placed on the mastoid process. A template was fabricated and used during each sampling date to ensure reproducibility and comparability. The EMG signals were recorded using a differential amplifier (JMA EMG4 system; Zebris Medical, Isny/Allgäu, Germany) and were stored on a computer.

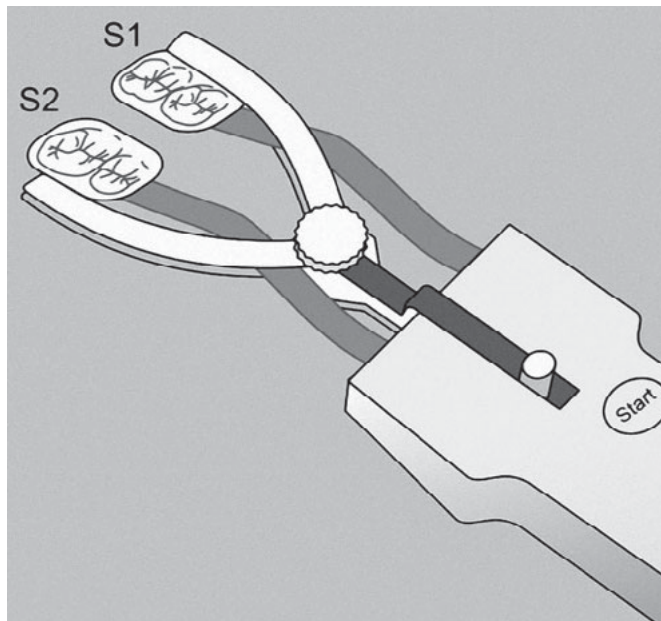


Fig 2 Structural diagram of the biteFork: left and right force sensors are placed between bite blocks made of silicon impression material. S1 and S2 represent custom impressions for the individual patient.

Abb.2 Aufbau der biteFork: Bilaterale Kraftsensoren werden zwischen Aufbissblöcken aus Silikonabdruckmaterial platziert. S1 und S2 stellen für jeden Patienten individuell angefertigte Einbisse dar.

EMG activity was recorded during submaximal clenching at a force of 100 N (median physiological load of the masticatory system) and during maximum voluntary clenching (MVC) in the intercuspal position (ICP). Submaximal bite forces were recorded with the help of the biteFork system (ViMeS, Igel, Germany), consisting of two pressure sensors, a handpiece, one pair of sensor holders (per patient), a calibration device, and a computer connection cable (Fig 2). Provil novo impression material (Kulzer, Hanau, Germany) was used to make each patient a custom impression from the second premolars to the first molars, which was to be used during each appointment. The patient bites down on the two functionally independent sensors to achieve the desired force interval under visual control. This configuration allows for the simultaneous but separate recordings of force in the right and left jaw. All force measurements were performed in triplicate. EMG activity of the masseter and temporal muscles was captured in simultaneous recordings. After force-calibrated EMG measurement, three 2-s force measurements of maximum clenching force in ICP were obtained.

Win Jaw Version 10.7.1 (Zebri Medical) was used for EMG raw data processing. Mean values (μV) for the right and left

Die Patientinnen der Okklusionsschienen-Gruppe bekamen eine Okklusionsschiene in Analogie zu einer Michiganschiene eingesetzt.

Nach der Voruntersuchung und der Randomisierung erfolgte die erste Hauptuntersuchung und damit die erste EMG-Messung (T0). 14 Tage und sechs Wochen nach T0 folgten Kontrolluntersuchungen (T1 und T2). Drei Monate nach T0 wurde eine weitere EMG-Messung (T3) durchgeführt (Studienprotokoll siehe Tab. 2). Bei allen Untersuchungsterminen erfolgten zunächst Kieferöffnungsmessungen sowie Palpationen der Kaumuskulatur. Ferner wurde bei jedem Untersuchungstermin die Schmerzstärke (GCS-Bogen) und -lokalisierung (Schmerzzeichnung des Körpers und des Kopfes) erfragt. Die aktuelle, durchschnittliche und stärkste Schmerzintensität wurde auf einer Numerischen Rating Skala bewertet. Als primäres Ergebnis wurde die Charakteristische Schmerzintensität (Characteristic pain intensity/CPI, Berechnung: (Stärkster Schmerz + durchschnittlicher Schmerz + momentaner Schmerz) / 3 x 10) erhoben. Zum Zeitpunkt T3 wurde der subjektiv wahrgenommene Therapieeffekt und die subjektiv empfundene Handhabung des jeweiligen Therapiegerätes mittels standardisierter Fragebögen erfragt (Numerische Rating Skala (NRS); 0 = überhaupt nicht zufrieden, 10 = sehr zufrieden).

Die zu den Zeitpunkten T0 und T3 erhobene elektromyographische Aktivität der Mm. masseteres und Mm. temporales wurde unter Verwendung von selbstklebenden, bipolaren Einwegelektroden (Silber-/Silberchlorid-elektroden) (Noraxon, Scottsdale, Arizona/USA) aufgezeichnet. Nach einer Hautreinigung mit 70 % Ethanol wurden die Elektroden beidseits in der Mitte des M. masseter sowie auf dem M. temporalis anterior platziert. Eine Referenzelektrode wurde auf dem Processus mastoideus angebracht. Aufgrund der Anfertigung einer Schablone war die Reproduzierbarkeit und damit die Vergleichbarkeit bei jedem Termin gewährleistet. Die EMG-Signale wurden mit einem Differenzverstärker aufgezeichnet (EMG4, JMA-System, Zebri Medical, Isny/Allgäu) und auf einem Computer gespeichert.

Es wurden EMG-Aktivitäten bei submaximalen Kräften von 100 N (mittlere physiologische Belastung des Kau-systems) und bei maximalen Kräften in habitueller Interkuspitation erfasst. Für die Registrierung der submaximalen Beißkräfte wurde das Gerätesystem biteFork (ViMeS, Igel; Abb. 2) herangezogen, welches aus zwei Drucksensoren, einem Handstück, einem Sensorträgerpaar (pro Patient), einer Kalibriervorrichtung sowie einem Computerverbin-



­dungskabel besteht. Mittels des Materials Provil novo (Kulzer, Hanau) wurde für jede Patientin ein individueller Einbiss zwischen den zweiten Prämolaren und den ersten Molaren erstellt, welcher in jeder Sitzung wiederverwendbar war. Durch Zubiss auf die beiden funktionell getrennten Sensoren wurde das sich visuell darstellende Kraftintervall erreicht. Diese Konfiguration erlaubte eine gleichzeitige, aber getrennte Kraftaufnahme für die rechte und linke Kieferhälfte. Das Kraftintervall wurde dreimal wiederholt.

Die elektromyographische Aktivität des M. masseter und des M. temporalis wurde gleichzeitig erhoben. Die Messung der Maximalkraft in habitueller Okklusion (dreimal zwei Sekunden) folgte im Anschluss an die kraftkalibrierte EMG-Messung.

Die elektromyographischen Rohdaten wurden mit Hilfe der Software WinJaw (Version 10.7.1, Zebri Medical, Isny) verarbeitet. Für den M. masseter rechts und links sowie für den M. temporalis anterior rechts und links wurde je ein Mittelwert (in μV) erstellt. Pro Messzeitpunkt entstanden bei den submaximalen und den maximalen Beißkräften je drei Werte, aus welchen der Mittelwert und die Standardabweichung für jeden der vier Muskeln zum Zeitpunkt T0 und T3 ermittelt wurde.

Mittels des Programms „SigmaPlot 13“ (Systat Software Inc., 2014, San Jose, CA, USA) erfolgte die statistische Auswertung. Nach der Prüfung der Daten auf Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen wurde – aufgrund der sich wiederholenden Untersuchungen zu den verschiedenen Zeitpunkten – sowohl für die Charakteristische Schmerzintensität als auch für die Kieferöffnungsmessungen, die submaximalen und die maximalen Beißkräfte eine einfaktorielle repeated measure ANOVA (analysis of variance) durchgeführt. Um die Okklusionsschienen-Gruppe und die RehaBite-Gruppe miteinander zu vergleichen, wurde aufgrund der nicht miteinander verbundenen Stichproben eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde bei einem p-Wert von $\leq 0,05$ festgelegt. Als post-hoc Test wurde der Bonferroni-Test ausgewählt. Sofern keine Seitendifferenzen vorlagen, wurden Datensätze (z. B. M. masseter rechts und links) gepoolt. Die submaximalen Beißkräfte wurden mittels der maximalen Kräfte der jeweiligen Sitzung (T0 oder T3) normiert. Die Mittelwerte der maximalen Beißkräfte in habitueller Okklusion der Sitzung T0 wurden verwendet, um die Werte der maximalen Beißkräfte zum Zeitpunkt T3 zu normieren (d. h. die maximale willkürliche Kontraktion (MVC) bei T0 war 100 %).

masseter and right and left anterior temporal muscles were then calculated. The triplicate measurements taken at the submaximal and maximal bite force levels were used to calculate the mean and standard deviation (SD) for each of the four muscles studied at T0 and T3.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using SigmaPlot 13 statistical software (Systat Software, 2014; San Jose, CA, USA). After checking the data for normal distribution and uniformity of variance, one-way repeated measure analysis of variance (ANOVA) was performed for CPI, active pain-free jaw opening, submaximal bite force, and maximum bite force to account for repeat examinations at different sampling points. As these were unpaired samples, a one-way ANOVA was used to compare the occlusal splint group with the RehaBite group. The significance level was defined as $P \leq 0.05$. The Bonferroni adjustment was used for post-hoc comparisons. If there were no side-to-side differences, data from the two sides (eg, left and right masseter) were pooled. Submaximal bite forces were normalized based on the maximum forces at the respective sampling time (T0 or T3). Values for MVC in ICP at T3 were normalized relative to the mean values for MVC in ICP at T0, whereby MVC at T0 was defined as 100%.

Results

Of an overall population of 45 patients, 23 were randomized to RehaBite treatment and 22 to occlusal splint therapy. Data from two patients in the RehaBite group were not included in the analysis because of insufficient use of the appliance. Another volunteer in the RehaBite group opted to drop out of the study after the T1 examination. Thus, datasets from 42 patients (20 from the RehaBite group, and 22 from the occlusal splint therapy group) were available for analysis. The mean age of the patients was 28.2 ± 6.4 years in the RehaBite group, and 24.7 ± 3.4 years in the occlusal splint group. The mean duration of pain at baseline was 6.5 ± 3.9 years in the RehaBite group, and 3.4 ± 2.9 years in the occlusal splint group. The CPI decreased by 53% in the RehaBite group, and by 40% in the occlusal splint group from T0 to T3. Thus, RehaBite treatment was superior to occlusal splint therapy in terms of reducing CPI. Both treatment modalities resulted in significant pain reduction ($P < 0.0001$). The difference between the two groups was not statistically significant (Fig 3).



Characteristic pain intensity (CPI)				
Times	T0	T1	T2	T3
P values group A CPI differences	0.008			
	< 0.001			
			< 0.001	
	< 0.001			
CPI Group A	45 ± 19	34 ± 20	29 ± 15	21 ± 11
CPI Group B	43 ± 17	35 ± 15	33 ± 16	26 ± 14
P values group B CPI differences			< 0.001	
	0.003			
				0.015
	0.026			

Fig 3 Characteristic pain intensity (CPI) values, expressed as mean with standard deviation (SD), at T0, T1, T2, and T3 for groups A (RehaBite) and B (occlusal splint). Significant differences between sampling times are indicated by horizontal lines and the corresponding *P* values (repeated measure ANOVA, Bonferroni post-hoc adjustment).

Abb. 3 Mittlere Charakteristische Schmerzintensität (CPI = Characteristic pain intensity) und Standardabweichung bei den Terminen T0, T1, T2 und T3 in den Gruppen A (RehaBite) und B (Okklusionsschiene). Die horizontalen Linien stellen die signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungszeitpunkten mit den entsprechenden *p*-Werten dar (repeated measure ANOVA, Bonferroni post-hoc Test).

The patient assessments of the ease of handling of the respective treatment appliances (subjective measure) showed a different picture. The occlusal splint achieved considerably better ease of handling scores, and the difference between the groups at T3 was statistically significant ($P = 0.02$). The mean ease of handling score was 9.6 ± 0.7 for the occlusal splint, and 7.5 ± 2.8 for the RehaBite appliance. Likewise, patient assessments of the therapeutic efficacy (subjective measure) of the occlusal splint (8.9 ± 1.2) were much better than those for the RehaBite appliance (7.7 ± 2.1). Thus, the occlusal splint was superior to the RehaBite appliance in terms of user-friendliness and therapeutic efficacy as rated by the patients.

Masticatory muscle palpation revealed a significant reduction of pain on palpation in both groups from T0 to T3. Moreover, patients in both groups placed significantly more pain points on pain drawings at T0 than at T1, T2, and T3 (reduction from one sampling date to the next).

Ergebnisse

Von den 45 Patientinnen bekamen randomisiert 23 RehaBite ausgehändigt und 22 eine Okklusionsschiene eingegliedert. Die Ergebnisse zweier Patientinnen der RehaBite-Gruppe wurden aufgrund zu geringer Anwendung nicht in die Auswertung einbezogen. Außerdem schied eine Patientin – ebenfalls aus der RehaBite-Gruppe – nach dem Zeitpunkt T1 auf eigenen Wunsch aus der Studie aus. Somit wurden die Ergebnisse von 42 Patientinnen ausgewertet (20 aus der RehaBite- und 22 aus der Okklusionsschienen-Gruppe). Das durchschnittliche Alter der Patientinnen der RehaBite-Gruppe betrug $28,2 \pm 6,4$ Jahre, das der Okklusionsschienenpatientinnen $24,7 \pm 3,4$ Jahre. Zu Beginn der Studie betrug die mittlere Schmerzdauer der Patientinnen der RehaBite-Gruppe $6,5 \pm 3,9$ Jahre und in der Okklusionsschienen-Gruppe $3,4 \pm 2,9$ Jahre. Die charakteristische Schmerzintensität reduzierte sich zwischen den Zeitpunkten T0 und T3 in der RehaBite-Gruppe um 53 % und in der Okklusionsschienen-Gruppe um 40 %. Damit erzielte das RehaBite in Bezug auf die charakteristische Schmerzintensität ein besseres Ergebnis als die Okklusionsschiene (Abb. 3). Die Schmerzreduktion war für beide Gruppen statistisch signifikant ($p < 0,0001$). Zwischen den beiden Gruppen ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede.

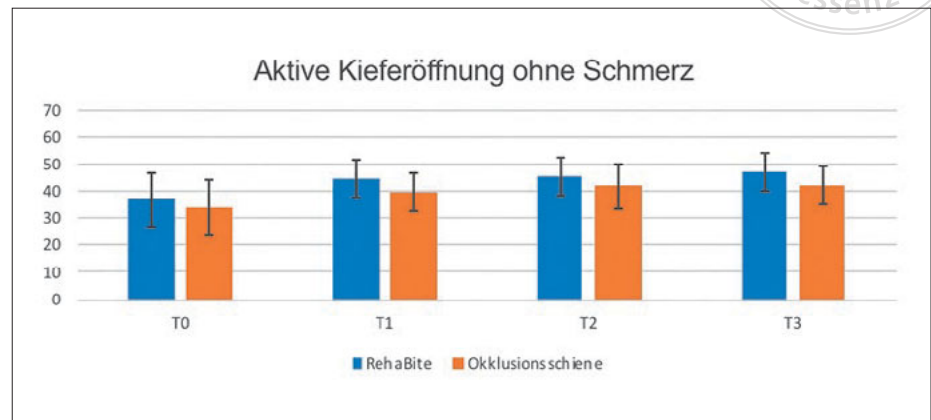
Die Ergebnisse der subjektiv beurteilten Handhabung des jeweiligen Therapiegerätes zeigten dagegen ein anderes Bild, da hier die Okklusionsschiene wesentlich besser abschnitt und zum Zeitpunkt T3 ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,02$) zwischen den beiden Gruppen bestand (Okklusionsschiene: $9,6 \pm 0,7$; RehaBite: $7,5 \pm 2,8$). Auch bei der Beurteilung des subjektiven Therapieeffektes zeigte sich ein ähnliches Bild, da die Okklusionsschiene auch hier deutlich besser abschnitt (Okklusionsschiene: $8,9 \pm 1,2$; RehaBite: $7,7 \pm 2,1$). Damit erzielte die Okklusionsschiene in Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit und den selbst bewerteten Therapieeffekt eine bessere Akzeptanz als das RehaBite.

Bei der Palpation der Kaumuskelatur zeigte sich im Therapieverlauf zwischen T0 und T3 eine deutliche Reduktion der Druckschmerzhaftigkeit in beiden Gruppen. Auch bei der Schmerzzeichnung des Kopfes und des Körpers zeichneten die Patientinnen beider Gruppen zum Zeitpunkt T0 deutlich mehr Schmerzpunkte ein als zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3 (Reduktion von Termin zu Termin).

Die Unterkiefer-Mobilitätsbefunde zeigten vor allem bezogen auf die aktive Kieferöffnung ohne Schmerz deut-

Fig 4 Active pain-free jaw opening, expressed as mean with SD, at T0, T1, T2, and T3 for the two treatment groups. The diagram shows the respective sampling time on the x-axis and mouth opening distance (in mm) on the y-axis.

Abb. 4 Mittelwerte und die jeweiligen Standardabweichungen der aktiven Kieferöffnung ohne Schmerz (in mm) zu den Zeitpunkten T0, T1, T2 und T3 in beiden Therapiegruppen. (Abszisse: jeweilige Messzeitpunkte, Ordinate: Kieferöffnung in mm).



liche Verbesserungen und statistisch signifikante Unterschiede in beiden Therapiegruppen zwischen den Zeitpunkten T0 und T3 ($p < 0,001$); (Abb. 4). Zwischen den Therapiegruppen ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Auch bei der aktiven Kieferöffnung mit Schmerz und der passiven Kieferöffnung zeigten sich deutliche Verbesserungen der Unterkiefermobilität.

Die EMG-Aktivität bei submaximalen Kräften von 100 N offenbarte keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($p > 0,05$); (Abb. 5). In der RehaBite-Gruppe ergab sich zwischen T0 und T3 ein statistisch signifikanter Unterschied für den M. masseter ($p = 0,025$) und den M. temporalis anterior ($p = 0,004$). In der Okklusionsschienen-Gruppe ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen T0 und T3 (M. masseter $p = 0,21$, M. temporalis anterior $p = 0,69$).

Die Ergebnisse der maximalen Beißkraft in habitueller Okklusion (Abb. 6) verzeichneten in der RehaBite-Gruppe eine deutliche Zunahme der EMG-Aktivität und einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen T0 und T3 sowohl für den M. masseter ($p = 0,0001$) als auch für den M. temporalis anterior ($p = 0,0004$). In der Okklusionsschienen-Gruppe ergab sich dagegen nur für den M. masseter ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Zeitpunkten T0 und T3 ($p = 0,0003$). Damit erzielte das RehaBite bei maximaler Beißkraft in habitueller Okklusion eine bessere Wirkung als die Okklusionsschiene.

Diskussion

Die vorliegende klinische Studie ist die erste ihrer Art, die die kurzfristige therapeutische Wirkung eines gerätegestützten sensomotorischen Trainings mit einer konventio-

Both treatment modalities resulted in statistically significant improvement of mandibular mobility from T0 to T3 ($P < 0.001$), especially with regard to active pain-free jaw opening (Fig 4). The differences between the two treatment groups were not statistically significant. The changes in active pain-free jaw opening and passive mouth opening indicated significant improvement of mandibular mobility.

EMG activity of the masticatory muscles at a submaximal bite force of 100 N did not differ significantly between the two groups ($P > 0.05$) (Fig 5). In the RehaBite group, there was a statistically significant difference between T0 and T3 EMG activity for both the masseter ($P = 0.025$) and the anterior temporal ($P = 0.004$) muscles. In the occlusal splint group, there was no statistically significant difference between T0 and T3 EMG activity for either the masseter ($P = 0.21$) or the anterior temporal ($P = 0.69$) muscles.

After analyzing the results for maximum bite force in ICP (Fig 6), a significant increase was found in EMG activity as well as a statistically significant difference between T0 and T3 for both masseter ($P = 0.0001$) and anterior temporal ($P = 0.0004$) muscle activity in the RehaBite group. In the occlusal splint group, on the other hand, only masseter muscle activity differed significantly from T0 to T3 ($P = 0.0003$). Therefore, the effect of RehaBite therapy was better than that of occlusal splint therapy in terms of the maximum bite force in ICP.

Discussion

As a study comparing the short-term therapeutic efficacy of device-supported sensorimotor training with that of conventional occlusal splint therapy in patients with functional pain of the masticatory system, the present clinical trial is the first of its kind. In spite of its pilot study nature, it still ranks as a study



with a high level of evidence because it was designed as an interventional RCT. The hypothesis that both treatment options provide equally effective pain reduction was confirmed. Differentiation between functional and dysfunctional pain and the exclusion of patients with dysfunctional pain were important aspects of the study. This served to increase the generalizability of the results. The use of an RDC/TMD-based standardized examination protocol was another important aspect¹. Since these validated instruments have not been used in many previous studies, there is often great methodological heterogeneity between studies in terms of study design, trial protocols, inclusion criteria, and exclusion criteria^{15,16}.

This study has certain limitations: Investigator blinding was not possible because the study was conducted by a single dentist, and patient blinding was not possible due to the nature of the treatment appliances. The occlusal splints were to be used at night, and the RehaBite appliance was to be used three times a day. There was no way to objectively monitor compliance, so the investigator had to trust the patient-reported data and patient compliance. Custom reusable Provil novo impressions and films marked with the positions of the electrodes at baseline (T0) were used at all sampling times to ensure a standardized and reproducible EMG procedure. Furthermore, the biteFork appliance was used to standardize the submaximal bite force to 100 N in each case. It was not ethically possible to include an untreated control group because the observation period was 3 months in duration.

Both occlusal splint therapy and device-supported sensorimotor training are cost-effective (occlusal splint costs are usually covered by health insurance) and quickly available treatment options for patients with functional complaints. A faster response of the masticatory muscles to sensorimotor training might explain why the degree of pain reduction in the RehaBite group was greater, although the difference was not significant¹.

Another interesting finding was that the occlusal splint achieved better scores in the patient assessments of handling and therapeutic efficacy (subjective measures) than the RehaBite appliance. This suggests that patients prefer passive over active treatment, even though RehaBite training produced better results in terms of the objective outcome measure (pain reduction). It would appear that patients underestimate the therapeutic benefits of active sensorimotor training. Future treatment strategies should focus more on changing this perception. Physiotherapy and cognitive behavioral therapy often have to take a back seat because of a lack of standardization, high cost, and/or lack of availability. Device-supported sensorimotor training provides an economic and time-effective alternative that is easily available and designed for home use¹.

nellen Okklusionsschientherapie bei Patienten mit funktionellen Schmerzen des Kausystems vergleicht. Sie weist aufgrund des Studiendesigns einer randomisiert kontrollierten Interventionsstudie trotz ihres Pilotstudiencharakters eine hohe Aussagekraft auf. Die Hypothese einer ähnlichen Wirkung beider Therapieoptionen bestätigte sich. Ein wichtiger Aspekt der Studie war die Differenzierung zwischen funktionellen sowie dysfunktionalen Schmerzen und der Ausschluss von Patienten mit dysfunktionalen Schmerzen. Damit wurde die Generalisierbarkeit der Ergebnisse erhöht. Des Weiteren ist die Verwendung eines standardisierten Untersuchungsprotokolls nach RDC/TMD ein wesentlicher Aspekt¹. Diese validierten Hilfsmittel wurden in vielen Studien bisher nicht angewendet, wodurch oftmals eine starke methodische Heterogenität des Studiendesigns, der Studienprotokolle sowie der Ein- und Ausschlusskriterien besteht¹⁵. Eine Limitation der Studie stellt die – aufgrund der Durchführung der Studie durch ein und dieselbe Zahnärztin – fehlende Verblindung dar. Auch eine Verblindung der Patienten konnte aufgrund der eingesetzten Therapiegeräte nicht erfolgen. Die Okklusionsschiene sollte nachts getragen und das RehaBite dreimal täglich angewendet werden. Dies konnte nicht objektiv kontrolliert werden, sodass auf die jeweiligen Angaben und die Compliance der Patientinnen vertraut werden musste. Aufgrund des Einsatzes von mittels Provil novo hergestellten wiederverwendbaren Einbissen und der Verwendung einer Folie mit der zum Zeitpunkt T0 übertragenen Elektrodenposition war ein standardisierter und reproduzierbarer Studienablauf gegeben. Des Weiteren konnte mit Hilfe der biteFork standardisiert gewährleistet werden, dass die Patientinnen bei submaximalen Beißkräften von 100 N zubissen. Eine Kontrollgruppe ohne Therapie war aus ethischen Gründen aufgrund des Beobachtungszeitraums über drei Monate nicht vertretbar.

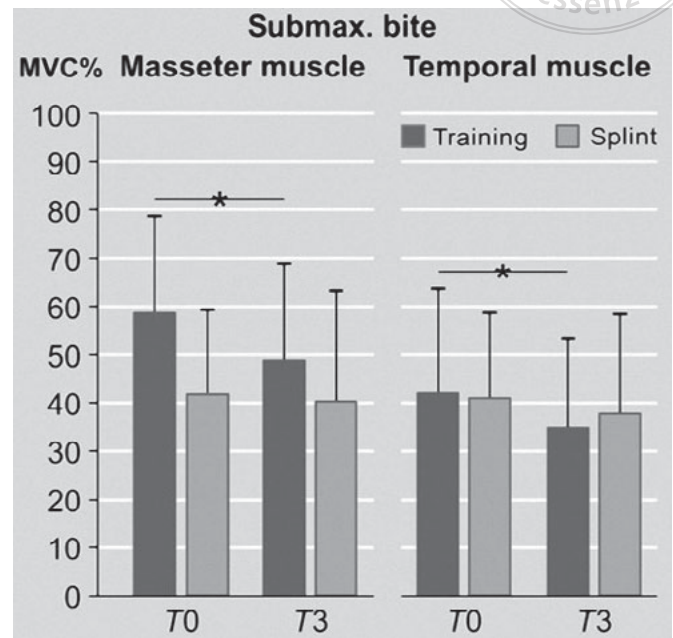
Sowohl die Okklusionsschiene als auch das gerätegestützte sensomotorische Training mittels RehaBite sind kostengünstige (die Kosten für Okklusionsschienen werden meist von den Krankenkassen übernommen) und schnell verfügbare Therapieoptionen für Patienten mit funktionellen Beschwerden. Die größere (jedoch nicht signifikante) Schmerzreduktion in der RehaBite-Gruppe könnte damit erklärbar sein, dass die Kaumuskelatur schneller auf das sensomotorische Training anspricht¹.

Einen weiteren interessanten Aspekt der Ergebnisse stellt das bessere Abschneiden der Okklusionsschiene in Bezug auf die subjektiv empfundene Handhabung und den subjektiven Therapieeffekt dar. Es scheint, dass die



Fig 5 EMG activity of the left and right masseter and anterior temporal muscles at a submaximal bite force of 100 N at T0 and T3 in the RehaBite and occlusal splint group, respectively, expressed as mean with SD of pooled right/left data for the respective muscles. Bold lines with asterisks indicate significant differences between sampling times.

Abb. 5 Mittelwerte und die jeweiligen Standardabweichungen (gepoolte Daten für den linken und rechten M. masseter sowie M. temporalis anterior) der EMG-Aktivität bei submaximalen Beißkräften von 100 N zu den Zeitpunkten T0 und T3 in der RehaBite- und der Okklusionsschienen-Gruppe. Die fettgedruckten Linien mit Sternchen veranschaulichen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten.



Patienten trotz der objektiv besseren Ergebnisse der Schmerzreduktion in der RehaBite-Gruppe eine passive Therapieoption bevorzugen. Die therapeutische Wirkung des sensomotorischen aktiven Trainings scheint von den Patienten unterschätzt zu werden. Diese Wahrnehmung zu verändern, sollte in Zukunft mehr in den Fokus während der Therapie rücken. Aufgrund der fehlenden Standardisierung, der hohen Kosten oder auch dem Mangel an Verfügbarkeit sind Physiotherapie oder kognitive Verhaltenstherapie eher zweitrangige Therapieoptionen. Das sensomotorische Trainingsgerät ist daher aufgrund der Verfügbarkeit und der Möglichkeit einer selbstverwalteten Nutzung eine kosten- und zeiteffektive Alternative¹.

Die Aufzeichnung der kraftkontrollierten normierten EMG-Aktivität ergab ein weiteres interessantes Ergebnis, da sich bei submaximalen Beißkräften nur in der RehaBite-Gruppe statistisch signifikante Unterschiede über den Therapiezeitraum ergaben (Abb. 5). Diese Ergebnisse erklären sich damit, dass sich das neuromuskuläre System durch intramuskuläre Rekrutierungsänderungen anpasst. Es kommt zu einer Reorganisation der motorischen Einheiten und einer Verbesserung der motorischen Aktivität, indem die Effizienz erhöht und der Aktivierungsaufwand bei konstanter Kraftabgabe verringert wird. In der Okklusionsschienen-Gruppe finden sich diese Ergebnisse aufgrund des fehlenden aktiven Trainings nicht.

Our analysis of standardized force-controlled EMG activity revealed another interesting observation: a statistically significant change in submaximal bite force in response to treatment occurred only in the RehaBite group (Fig 5). This finding may be due to the adaptation of the neuromuscular system to changes in intramuscular recruitment. In active training, reorganization of motor units and improvement of motor activity occur because efficiency increases and the effort level required for activation during constant force delivery decreases. This effect was not observed in the occlusal splint therapy group because of the lack of active training.

There was a clear increase in EMG activity of the masticatory muscles during MVC in ICP (Fig 6). Since structural centering is dictated by intercalation of the cusps and fissures, not all motor units can be activated in the presence of TMJ disorders. The internal reorganization potentials are therefore diminished and deficits occur, which were demonstrated here in terms of lower EMG activity. The observed increase in EMG activity during MVC in ICP at the end of treatment demonstrates that greater activation of motor units is possible. Recent evidence suggests that device-supported sensorimotor training may promote neuromuscular system balance¹. This additional training effect may explain why an increase in EMG activity of the anterior temporal muscles during MVC in ICP was only observed in the RehaBite group.

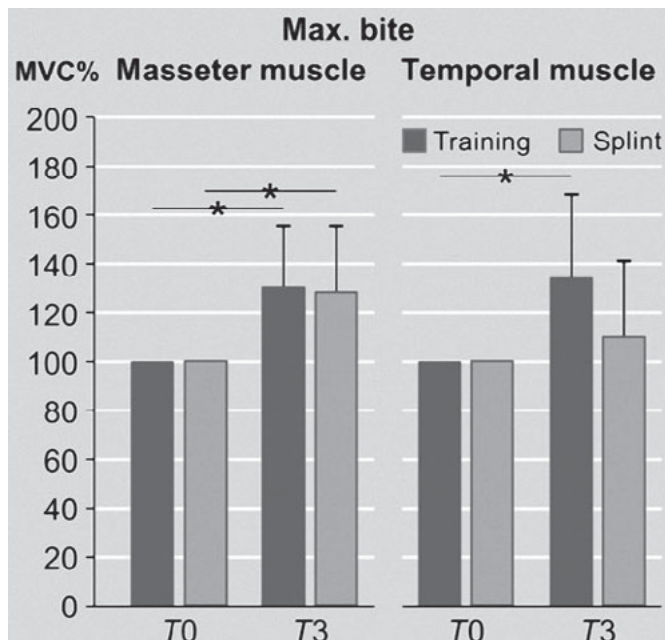


Fig 6 EMG activity of the left and right masseter and anterior temporal muscles at MVC in the intercuspal position at T0 and T3 in the RehaBite and occlusal splint groups, respectively, expressed as mean with SD of pooled right/left data for the respective muscles. Bold lines with asterisks indicate significant differences between sampling times.

Abb. 6 Mittelwerte und die jeweiligen Standardabweichungen (gepoolte Daten für den linken und rechten M. masseter und M. temporalis anterior) der EMG-Aktivität bei maximalen Beißkräften in habitueller Okklusion zu den Zeitpunkten T0 und T3 in der RehaBite- und der Okklusionsschienen-Gruppe (horizontale Achse). Die fettgedruckten Linien mit Sternchen veranschaulichen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten.

Conclusions

Considering that greater pain reduction was achieved in the RehaBite treatment group, even though it received worse patient ratings (subjective measures), and that patients in this group had longer durations of pain, and also that actual use of the device by the patients was probably sometimes lower than the reported use, device-supported sensorimotor training seems to have a meaningful training effect and benefits, including fast pain reduction. Consequently, device-supported sensorimotor training appears to be a good alternative to conventional occlusal splint therapy. Further research is needed to determine whether it has a preventive effect. Device-supported sensorimotor training alone or in combination with occlusal splint therapy can be recommended for the treatment of patients with functional TMD pain.

Die EMG-Aktivität bei maximalen Beißkräften in habitueller Okklusion stieg deutlich an (Abb. 6). Aufgrund der durch die Höcker-Fissuren-Verzahnung aufgezwungenen strukturbezogenen Zentrierung können im erkrankten Zustand nicht alle motorischen Einheiten aktiviert werden. Somit ist die interne Reorganisationsmöglichkeit herabgesetzt und es offenbaren sich Defizite im Sinne einer geringeren EMG-Aktivität. Die erhöhte EMG-Aktivität zum Therapieabschluss bei maximaler Beißkraft in habitueller Okklusion erklärt sich daher damit, dass eine höhere Aktivierung der motorischen Einheiten möglich ist. Dass sich die EMG-Aktivität des M. temporalis anterior bei Maximalkräften in habitueller Okklusion nur in der RehaBite-Gruppe erhöht, ist damit zu erklären, dass sich in dieser Gruppe aufgrund der Balance des neuromuskulären Systems ein zusätzlicher Trainingseffekt ergab¹.

Schlussfolgerungen

Das sensomotorische Training scheint einen bedeutsamen Trainingseffekt und eine schnelle Schmerzreduktion zu bewirken, da trotz der subjektiv schlechteren Bewertung, der längeren vorangegangenen Schmerzdauer und der wahrscheinlich teilweise geringeren Anwendung als vorgegeben eine größere Schmerzreduktion zu verzeichnen war. Damit scheint ein sensomotorisches gerätegestütztes Training eine gute Alternative zu einer konventionellen Okklusionsschientherapie zu sein. In weiterführenden Studien sollte eine präventive Wirkung untersucht werden. Das sensomotorische gerätegestützte Training kann allein oder in Kombination mit Okklusionsschienen Patienten mit funktionellen Kaumuskelschmerzen empfohlen werden.

Offenlegungserklärung

Die Autoren erklären, dass keinerlei Interessenskonflikt besteht. Teile der Arbeit wurden im Journal of Oral Rehabilitation (2018;45:669–676) veröffentlicht.



Disclaimer

The authors declare that there are no conflicts of interest. Parts of this work have been published in the *Journal of Oral Rehabilitation* (2018;45:669–676).

References

- Giannakopoulos NN, Rauer AK, Hellmann D, Hugger S, Schmitter M, Hugger A. Comparison of device-supported sensorimotor training and splint intervention for myofascial TMD pain patients. *J Oral Rehabil* 2018;45:669–676.
- Schindler HJ, Türp JC, Eberhard L, et al. Konzept Okklusionsschiene: Basistherapie bei schmerzhaften kranio-mandibulären Dysfunktionen. Berlin, Germany: Quintessence Publishing, 2017.
- Ommerborn MA, Kollmann C, Handschel J, Depprich RA, Lang H, Raab WH. A survey on German dentists regarding the management of craniomandibular disorders. *Clin Oral Investig* 2010;14(2):137–144.
- Doepel M, Nilner M, Ekberg E, Le Bell Y. Long-term effectiveness of a prefabricated oral appliance for myofascial pain. *J Oral Rehabil* 2012;39:252–260.
- Schindler HJ, Hugger A, Türp JC. Therapie von Kaumuskelschmerzen mit Okklusionsschienen. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* 2013;107:297–301.
- Engelhardt M, Freiwald J, Rittmeister M. Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandplastik. *Der Orthopäde* 2002;31:791–798.
- Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine* 2001;26(11):E243–E248.
- Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, Konczak J. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Front Human Neurosci* 2014;8:1075.
- Koltyn KF, Brellenthin AG, Cook DB, Sehgal N, Hillard C. Mechanisms of exercise-induced hypoalgesia. *J Pain* 2014;15:1294–1304.
- Treede RD. Entstehung der Schmerzchronifizierung. In: Baron R, Kopert W, Strumpf M, Willweber-Strumpf A (eds). *Praktische Schmerzmedizin*. Springer: Berlin, Heidelberg, 2013:3–13.
- Wolf CJ, Salter MW. Neuronal plasticity: increasing the gain in pain. *Science (New York, NY)* 2000;288:1765–1769.
- World Medical Association. Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *J Am Coll Dent* 2014;81:14–18.
- Von Korff M, Ormel J, Keefe FJ, Dworkin SF. Grading the severity of chronic pain. *Pain* 1992;50:133–149.
- LeResche L, Saunders K, Von Korff MR, Barlow W, Dworkin SF. Use of exogenous hormones and risk of temporomandibular disorder pain. *Pain* 1997;69:153–160.
- Calixtre LB, Moreira RF, Franchini GH, Albuquerque-Sendin F, Oliveira AB. Manual therapy for the management of pain and limited range of motion in subjects with signs and symptoms of temporomandibular disorder: a systematic review of randomised controlled trials. *J Oral Rehabil* 2015;42:847–861.
- Michelotti A, Cioffi I, Rongo R, Borrelli R, Chiodini P, Svensson P. Effects of muscle pain induced by glutamate injections during sustained clenching on the contraction pattern of masticatory muscles. *J Oral Facial Pain Headache* 2014;28:252–260.



Ann-Kristin Rauer

Ann-Kristin Rauer, Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Endodontologie, Westdeutsche Kieferklinik, Universitätsklinikum Düsseldorf, Germany

Nikolaos-Nikitas Giannakopoulos, PD Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Würzburg, Germany

Daniel Hellmann, PD Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Würzburg, Germany

Sybille Hugger, Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Köln, Germany

Marc Schmitter, Prof. Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Würzburg, Germany

Hans-Jürgen Schindler, Prof. Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Würzburg, Germany

Alfons Hugger, Prof. Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Westdeutsche Kieferklinik, Universitätsklinikum Düsseldorf, Germany

Address/Adresse

Dr. Ann-Kristin Rauer, Moorenstraße 5, 40225 Düsseldorf; E-Mail: Ann-Kristin.Rauer@med.uni-duesseldorf.de