

S. Hoffmann¹, C. Maug², A. Gerlach³, R. Çolak-Ekici⁴, S. Evers⁵, F. Rist⁶, A. Wolowski⁷

Are occlusal dysfunctions a risk factor for orofacial muscular parafunctions?

Sind okklusale Störungen ein Risikofaktor für orofaziale muskuläre Parafunktionen?

- ¹ Dipl.-Psych. Sybille Hoffmann, Institut für Psychologie
- ² Dr. Christian Maug, Poliklinik für prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien
- ³ Prof. Dr. Alexander L. Gerlach, Institut für Psychologie
- ⁴ Dr. Reyhan Çolak-Ekici, Poliklinik für prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien
- ⁵ Prof. Dr. Dr. Stefan Evers, Klinik und Poliklinik für Neurologie
- ⁶ Prof. Dr. Fred Rist, Institut für Psychologie
- ⁷ PD Dr. Anne Wolowski, Poliklinik für prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien

Alle: Universitätsklinikum Münster

- ¹ Dipl.-Psych. Sybille Hoffmann, Institute of Psychology
- ² Dr. Christian Maug, Polyclinic for Prosthetic Dentistry and Biomaterials
- ³ Prof. Dr. Alexander L. Gerlach, Institute of Psychology
- ⁴ Dr. Reyhan Çolak-Ekici, Polyclinic for Prosthetic Dentistry and Biomaterials
- ⁵ Prof. Dr. Dr. Stefan Evers, Clinic and Polyclinic for Neurology
- ⁶ Prof. Dr. Fred Rist, Institute of Psychology
- ⁷ PD Dr. Anne Wolowski, Polyclinic for Prosthetic Dentistry and Biomaterials

All at: University Clinic of Münster, Münster, Germany

Zusammenfassung

Okklusale Störungen gelten als Risikofaktor für eine orofaziale parafunktionelle Aktivität. Vermutet wird, dass okklusale Störungen die normale, als Reaktion auf Stressoren feststellbare Aktivierung der Kaumuskulatur verstärken. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden Probanden mit und ohne Okklusionsstörung hinsichtlich ihrer Aktivität des M. masseter und weiterer psychophysiologischer Stressindikatoren in einer Belastungsbedingung verglichen. Aus 168 Zahnmedizinstudenten wurden per Zufall jeweils 25 Probanden mit (Risikogruppe) und ohne (Kontrollgruppe) Okklusionsstörungen ausgesucht. Die Probanden wiesen weder akut noch anamnestisch Schmerzen oder Dysfunktionssymptome auf. Nach einer Ruhephase bearbeiteten die Probanden einen Kopfrechentest (KRT) mit anschließender Erholungsphase. Registriert wurde die Aktivität der Kau- und Stirnmuskulatur, die Hautleitfähigkeit (HLF) und Pulsfrequenz. Die Probanden beantworteten Fragebögen zu Stimmung, Persönlichkeitsvariablen

Abstract

Occlusal dysfunctions are considered as a risk factor for orofacial parafunctional activity. It is assumed that occlusal disorders intensify the normal activation of the masticatory musculature, which has been observed as a response to stressors. In order to verify this hypothesis, test subjects with and without occlusal dysfunctions were compared under stress conditions with regard to their masseter muscle activity and further psychophysiological stress indicators. Out of 168 students of dentistry, 25 test subjects were each selected for the risk group (test subjects with occlusal dysfunctions) and the control group (test subjects without occlusal dysfunctions). The test subjects showed no acute symptoms of pain or dysfunction, and no such symptoms were known from their respective case histories. After a period of rest, the test subjects performed a mental arithmetic test (MAT), with a subsequent phase of recovery. The activity of the masticatory and frontalis musculature, skin conductivity and pulse frequency were recorded. The

test subjects answered questionnaires on mood, personality variables and habitual stress management. The groups showed no differences either in the rest phase, the MAT phase or the recovery phase with regard to the medium activation level of the masseter muscle. With regard to the MAT phase, however, the masseter muscle activity of the control group was found to decrease, whereas the test subjects with occlusal disorders even showed a tendential increase. We interpreted this as an indication that occlusal dysfunctions can play the role of "latent dysfunctional factors" within the context of the aetiology of orofacial myoarthropathic disorders.

Keywords: *Occlusal dysfunction, bruxism, TMD aetiology, stress responses, stress induction, electromyogram, skin conductivity, cardiac frequency, dimensions of personality*

Literature overview

"Eighty per cent of dentists observe an increase in teeth grinding and clenching habits. Around 8 to 10% of women and 3 to 10% of men are teeth grinders".¹ This press release dated 01.12.2012 by the German Dental Association (Bundeszahnärztekammer BZÄK), which refers to the statistical yearbook of the German Dental Association, shows the current nature of this topic. Every 10th person is affected, and particularly within the age group 35 to 45. Severe bruxism can lead to the loss of hard tooth substance. The question as to whether bruxism also represents a risk factor for temporomandibular dysfunction (TMD) has not been answered conclusively to date.^{2,3} In a cross-sectional study of children and teenagers representative of the population, Seher⁴ observed a direct temporal correlation between "acute" bruxism and TMD symptoms. Abraded tooth facets, on the other hand, showed no correlation with symptoms of this nature, which is interpreted by the author as a training effect. Thus, test subjects with more "bruxism experience" responded depending on increasing age with less sensitivity to pain in the area of the muscular structures involved, and in the case of male test subjects the protective effect of training was observed to a greater degree (around 50% less occurrence of muscular pain) than in the case of female test subjects, since through the influence of androgens boys show a more pronounced development of muscular strength than girls. The aetiology of orofacial parafunctions has likewise not been proven conclusively. This is assumed in general to be a multifactorial phenomenon, which makes it necessary to distinguish between peripheral (morphological/dental) and

und habitueller Stressbewältigung. Die Gruppen unterschieden sich weder in der Ruhephase, der KRT-Phase noch in der Erholungsphase im mittleren Aktivierungsniveau des M. masseter. Für die KRT-Phase galt jedoch, dass die Aktivität des M. masseter der Kontrollgruppe abnahm, während sie bei den Probanden mit Okklusionsstörungen sogar tendenziell anstieg. Die Autoren des vorliegenden Beitrags werten dies als Hinweis, dass okklusale Störungen als „latente Störfaktoren“ im Rahmen der Entstehung von orofazialen Myoarthropathien eine Rolle spielen können.

Indizes: *Okklusionsstörung, Bruxismus, Ätiologie der CMD, Stressreaktionen, Stressinduktion, Elektromyogramm, Hautleitfähigkeit, Herzfrequenz, Persönlichkeitsdimensionen*

Literaturübersicht

„Achtzig Prozent der Zahnärzte beobachten eine Zunahme von Knirschen und Pressen mit den Zähnen. Etwa 8 bis 10 % der Frauen und 3 bis 10 % der Männer knirschen“¹. Diese Pressemeldung der Bundeszahnärztekammer vom 01.12.2011, die sich auf das statistische Jahrbuch der Bundeszahnärztekammer bezieht, zeigt die Aktualität des Themas. Jeder zehnte Patient, insbesondere der Altersgruppe 35 bis 45, ist davon betroffen. Die zahnmedizinischen Folgen von intensivem Bruxismus sind Zahnhartsubstanzverluste. Die Frage, ob Bruxismus auch einen Risikofaktor für eine kranio-mandibuläre Dysfunktion darstellt, ist bisher nicht abschließend beantwortet^{2,3}. Seher⁴ fand in einer bevölkerungsrepräsentativen Querschnittsstudie bei Kindern und Jugendlichen einen direkten zeitlichen Zusammenhang von „akutem“ Bruxismus und einer CMD-Symptomatik. Schliffacetten dagegen wiesen keine Korrelation mit einer solchen Symptomatik auf, was von der Autorin im Sinne eines Trainingseffektes interpretiert wird. So reagierten Probanden mit mehr „Bruxismuserfahrung“ in Abhängigkeit vom zunehmenden Lebensalter weniger schmerzempfindlich im Bereich der beteiligten Muskelstrukturen. Bei männlichen Probanden manifestierte sich der protektive Effekt des Trainings stärker als bei weiblichen Studienteilnehmern (um die Hälfte geringeres Auftreten von Muskelschmerz), weil bei Jungen der Aufbau der Muskelkraft durch den Einfluss der Androgene stärker ausgeprägt ist als bei Mädchen. Die Ätiologie orofazialer Parafunktionen ist ebenso nicht abschließend geklärt. Allgemein geht man dabei von einem multifaktoriellen Geschehen aus⁵ und

unterscheidet prinzipiell als potenzielle ätiologisch wichtige Faktoren periphere (morphologische/dentale) von zentralen (pathophysiologischen und psychologischen) Faktoren. Die morphologische Komponente ist Gegenstand kontroverser Diskussionen, wird aber in der Literatur mehrheitlich als vergleichsweise wenig bedeutsam interpretiert⁶. Prophylaktische Einschleifmaßnahmen werden sinnvollerweise mangels Evidenz für die Wirksamkeit der Maßnahme nicht empfohlen^{7,8}, diesem Standpunkt widerspricht jedoch die klinische Tradition, wonach eine Aufbissschiene wegen der damit zumindest zeitweise bewirkten reversiblen Veränderung der Okklusion das Therapiemittel der Wahl ist. Le Bell et al.⁹ wiesen nach, dass bei Probanden mit einer CMD-Vorgeschichte im Unterschied zu Probanden ohne eine solche anamnestic Belastung eingebrachte okklusale Störungen innerhalb von zwei Wochen erneut zu Befunden im Bereich der Muskulatur, des Kiefergelenks sowie zu Bruxismus führten. Im Umkehrschluss ist daraus zu folgern, dass ohne entsprechende anamnestic Vorbelastung die Adaptation an okklusale Störungen / Veränderungen im normalen Alltag ohne Krankheitsfolgen offensichtlich möglich ist. Türp und Schindler¹⁰ interpretieren den Stellenwert der Okklusion bei Myoarthropathien dahin gehend, dass allein eine Veränderung der Okklusion ausreicht, um im Sinne einer neurobiologischen Sichtweise ein Schmerzen verursachendes Funktionsmuster zu durchbrechen. Dafür muss nicht notwendig eine funktional ideale Okklusionsveränderung realisiert werden.

Im Hinblick auf zentrale Einflussfaktoren hat sich bis heute nichts an der Auffassung geändert, dass Bruxismus eine Reaktion auf Stressoren, beziehungsweise eine Form der Stressbewältigung darstellt¹¹. Wenn Bruxismus als ein verstärktes Ansprechen auf Stressoren gesehen wird, bleibt jedoch ungeklärt, weshalb nur ein Bruchteil der Bevölkerung diese spezifische Stressreaktion aufweist. Als wichtige Risikofaktoren für Bruxismus gelten u. a. Bruxismus / Parafunktionen in der Kindheit und ein kritisches Ausmaß an Belastungen im Alltag¹². So stellten Ahlberg et al.¹³ fest, dass Bruxismus eine Folge von Dauerstress im normalen Berufsleben zu sein scheint. Für eine erhöhte Stressanfälligkeit spricht beispielsweise, dass Bruxisten im Vergleich zu Nicht-Bruxisten über mehr Stresssymptome¹⁴ und Symptome aus dem Spektrum der Angststörungen berichten¹⁵. Die Art der Reaktion wie die Größe der Auslenkung wird durch vielfältige situative Faktoren und Persönlichkeitsfaktoren bestimmt: Bei emotionalem Stress überwiegen vaskuläre Reaktionen, mentaler Stress bewirkt dagegen vergleichsweise stärkere Herzfrequenzerhöhungen¹⁶. Der Muskeltonus spricht verschiedenen Studien zufolge weniger

central (pathophysiological and psychological) factors as potentially etiologically important factors. The morphological component is the object of controversial discussion, but is interpreted in the literature by the majority as having comparatively little significance.⁶ It makes sense that prophylactic grinding is not recommended on account of the lack of evidence for the effectiveness of the therapeutic measure;^{7,8} this standpoint, however, contradicts the clinical tradition, according to which an occlusal splint is the treatment method of choice on account of the reversible alteration of the occlusion achieved at least in part. Le Bell et al.⁹ demonstrated that in the case of test subjects with a previous history of TMD, in comparison to test subjects without such a case history, the introduction of occlusal interferences led within two weeks to additional findings in the areas of the musculature and the temporomandibular joint (TMJ), and to bruxism. Conversely, it can be concluded from this that without a case history of such disorders, adaptation to occlusal interferences/alterations in normal everyday life is evidently possible without pathological consequences. Türp and Schindler¹⁰ interpret the significance of the occlusion in the case of myoarthropathic disorders to the effect that it only takes an alteration of the occlusion in order to interrupt, in a neurobiological sense, a functional pattern causing pain. To this purpose, it is not necessary to implement an alteration of the occlusion, which is ideal in a functional sense.

With regard to key influencing factors, nothing has changed to date with regard to the view that bruxism represents a response to stressors, and/or is a form of stress management.¹¹ If bruxism is to be regarded as an intensified response to stressors, it nevertheless remains unclear why only a fraction of the population shows this specific stress response. An important risk factor for bruxism is considered, among others, to be bruxism/parafunctions during childhood, and a critical degree of stress in everyday life.¹² Ahlberg et al.¹³ accordingly found that bruxism seems to be a consequence of continuous stress in normal working life. An indication of increased susceptibility to stress, for instance, can be seen in the fact that bruxism patients, in contrast to non-bruxism patients, report more stress symptoms¹⁴ and symptoms from the area of anxiety disorders.¹⁵ The type of reaction, like the extent of the emotional disturbance, is determined by a wide variety of situative and personality factors: vascular reactions are predominant under emotional stress, whereas mental stress, on the other hand, results in comparatively greater increases in cardiac frequency.¹⁶ According to various studies, the muscular tone responds less reliably to stressors than cardiovascular factors: Carter et al.¹⁷ found an increase in muscle tone only during the

recovery phase following a mental stress situation, and Carter and Ray¹⁸ report an increase in muscle tone only in the case of those test subjects who already showed an increased muscle tone prior to the stress phase.

For the explanation model of an overactivation of the masticatory musculature intensified by stress and ultimately leading to bruxism, it must first be shown that psychophysiological responses to various stressors are regularly accompanied by masseter muscle activation. The influence of stressors on the activity of the masseter muscle was first investigated by Yemm.¹⁹ Working on a cognitively challenging task alone is, accordingly, already sufficient to increase the tension of the jaw-closing musculature by 34% in comparison to the initial state, and this increase also correlated with the number of errors made in performing the task. Hidaka et al²⁰ found that while in a strenuous visual search task with a duration of two hours, healthy test subjects did in fact show a greater activation of the temporal than of the masseter musculature, but also, on the other hand, a haemodynamic alteration specifically of the masseter musculature. This and similar findings show that the activation of the masseter musculature is in fact an easily triggered component of a general stress response.

Is this masseter muscle activity in response to stressors stronger in the case of bruxism patients than in the case of healthy test subjects of a control group? In the case of bruxism patients who did not differ from the control group either with regard to their occlusion or to psychological variables, Rao and Glaros²¹ showed increased activity of the masseter muscle in the task of solving anagrams, and during exposure to unpleasantly loud sounds.

Patients with temporomandibular pain were found to show an increase in masseter muscle activity in comparison to a healthy control group and a group of patients with chronic back pain.²² In solving a series of intelligence tasks, masseter muscle activation was reduced in the case of healthy test participants, whereas masseter musculature tone remained at a constantly increased level in the case of the test subjects with oral dysfunctions.²³

The findings, however, are not completely homogeneous with regard to increased masseter muscle activity under stress in the case of test subjects with bruxism. In a comparative study of bruxism and non-bruxism test subjects, Görtz,²⁴ found that both the physiological stress parameters and the EMG activity of the masseter muscle showed higher values in the case of the non-bruxism patients. Görtz interpreted this, at first surprising finding, as a more active and more functional management of stress on the part of the non-bruxism participants. Furthermore, the studies that show increased masticatory muscle activity in the case of

zuverlässig auf Stressoren an, als kardiovaskuläre Maße: Carter et al.¹⁷ fanden eine Zunahme des Muskeltonus erst in der Erholungsphase nach einer mentalen Belastung, und Carter und Ray¹⁸ berichten von einer Muskeltonuserhöhung nur für jene Probanden, die bereits vor der Stressphase einen erhöhten Tonus aufwiesen.

Für die Modellvorstellung einer unter Stress gesteigerten und schließlich zum Bruxismus führenden Überaktivierung der Kaumusculatur muss zunächst gezeigt werden, dass psychophysiologische Reaktionen auf unterschiedliche Stressoren regelhaft mit einer Aktivierung des M. masseter einhergehen. Erstmals wurde die Auswirkung von Stressoren auf die Aktivität des Musculus masseter von Yemm¹⁹ untersucht. Allein die Bearbeitung einer kognitiv fordernden Aufgabe reichte demnach bereits aus, um die Spannung der Kieferschlussmuskulatur im Vergleich zum Ausgangszustand um 34 % zu steigern, und dieser Anstieg korrelierte auch mit der Anzahl der dabei gemachten Fehler. Hidaka et al.²⁰ fanden bei gesunden Probanden in einer anstrengenden visuellen Suchaufgabe von zwei Stunden Dauer zwar eine stärkere Aktivierung der Temporalismuskulatur als der Massetermuskulatur, dafür aber eine hämodynamische Veränderung speziell der Massetermuskulatur. Diese und ähnliche Befunde zeigen, dass die Aktivierung des Musculus masseter tatsächlich eine leicht auslösbare Komponente einer allgemeinen Stressreaktion ist.

Ist diese Aktivierung des Musculus masseter durch Stressoren bei Bruxisten stärker ausgeprägt als bei Kontrollgruppen mit gesunden Probanden? Rao und Glaros²¹ wiesen bei Bruxisten, die sich hinsichtlich der Okklusion und auch psychologischer Variablen nicht von der Kontrollgruppe unterschieden, eine verstärkte Aktivität des Musculus masseter bei der Bearbeitung von Anagrammaufgaben und bei der Darbietung aversiv lauter Töne nach. Bei Patienten mit kranio-mandibulären Schmerzen konnte beim Vergleich einer Kontrollgruppe von gesunden Probanden und einer Patientengruppe, die unter chronischen Rückschmerzen litt, ein Anstieg der Aktivität des Musculus masseter nachgewiesen werden²². Bei der Bearbeitung einer Serie von Intelligenzaufgaben reduzierten gesunde Probanden ihre Aktivierung, während der Tonus des Musculus masseter bei den Probanden mit oralen Dysfunktionen konstant erhöht blieb²³.

Allerdings ist die Befundlage zur erhöhten Masseteraktivität unter Stress bei Bruxisten nicht völlig einheitlich. In einem Vergleich von Bruxisten und Nicht-Bruxisten fand Görtz²⁴, dass sowohl die physiologischen Stressparameter als auch die EMG-Aktivität des Musculus masseter bei den Nicht-Bruxisten höhere Werte aufwiesen. Görtz

interpretierte diesen zunächst überraschenden Befund jedoch im Sinne einer aktiveren und funktionaleren Bewältigung von Stress durch die Nicht-Bruxisten. Auch sind die Studien, die eine erhöhte Kaumuskelaktivität bei Bruxisten finden, durchweg als Querschnittsstudien angelegt, weshalb keine kausalen Schlüsse auf die Bedeutung einer besonders stressresponsiven Kaumuskulatur für die Entstehung von Bruxismus gezogen werden können. Es fehlen Studien, in denen geprüft wird, ob ein verstärktes Ansprechen der Kaumuskulatur als Komponente einer Stressreaktion ein Risiko für die Entwicklung bruxistischer Parafunktionen darstellt.

Das Diathese-Stress-Modell der psychosomatischen Medizin macht die Vorhersage, dass bei wiederholter Belastung und infolgedessen chronischer Aktivierung des Organismus jenes Körperorgan zuerst Störungen zeigt, welches am anfälligsten für eine Überlastung ist. Wenden wir diese Modellvorstellung auf die Frage der Entstehung von bruxistischen Parafunktionen an, dann könnten anatomische Besonderheiten und damit zusammenhängende Parafunktionen bereits die Schwelle für dysfunktionale Kauaktivitäten senken. Für die Prüfung solcher Modellüberlegungen ist es wichtig, die Stressreaktion von Menschen zu untersuchen, die noch keine Bruxissymptome aufweisen, sondern lediglich Bissanomalien, die als Risikofaktor angesehen werden können. Wir erwarten, dass solche Probanden vermehrt mit einer Aktivierung der Kaumuskulatur reagieren, wenn sie akuten Stressfaktoren ausgesetzt werden.

Innerhalb der vorliegenden interdisziplinären Studie wurde geprüft, ob die Aktivierung der Kaumuskulatur unter mentalem Stress stärker ausfällt, wenn die Probanden Okklusionsstörungen aufweisen, als wenn dies nicht der Fall ist. Darüber hinaus ist die Frage wichtig, ob die erwartete Verstärkung der Kaumuskelaktivität Teil einer allgemein gesteigerten Stressreaktion von Menschen mit Okklusionsstörungen ist, oder ob sie im Sinne einer individuumspezifischen Reaktion verstärkt ist. Letzteres wäre der Fall, wenn bei den Probanden mit Okklusionsstörungen andere psychophysiologische Stressindikatoren nicht einer allgemein gesteigerten Stressreaktion entsprächen.

Fragestellung

Es sollte geprüft werden, ob okklusale Störungen ein Prädiktor für eine verstärkte Masseteraktivierung unter psychologischen Stressbedingungen sind. Bezogen auf die abhängigen Variablen bestanden folgende Erwartungen:

bruxism patients, always take the form of cross-sectional studies, which is why no causal conclusions can be drawn with regard to the significance of a particularly stress-responsive masticatory musculature for the aetiology of bruxism. There is still a lack of studies that examine whether an increased responsiveness of the masticatory musculature, as a component of a stress response, represents a risk for the development of bruxism-related parafunctions.

The diathesis-stress model of psychosomatic medicine predicts that in the case of ongoing stress and the ensuing chronic activation of the organism, the organ of the body which is the first to show dysfunctions will be that which is the most susceptible to overstrain. If we apply this concept to the question of the development of bruxistic parafunctional habits, then specific anatomical factors and the corresponding parafunctions could already lower the threshold for dysfunctional masticatory activity. In order to verify such concept models it is important to investigate the stress response of people who do not yet manifest any symptoms of bruxism, but only bite anomalies, which can be seen as a risk factor. We expect that such test subjects respond more frequently with masticatory musculature activation when exposed to extreme stress factors.

This interdisciplinary study investigates whether the activation of the masticatory musculature under mental stress is more severe in the case of test subjects with occlusal dysfunctions than in those without such disorders. A further question of importance is whether the expected increase in the masticatory muscle activity is part of a generally augmented stress response of people with occlusal dysfunctions, or whether they manifest an increased response within the context of a specific individual reaction. The latter would be the case should, other psychophysiological stress indicators not correspond to a generally heightened stress response in the case of the test subjects with occlusal dysfunctions.

Study objective

The aim is to investigate whether occlusal dysfunctions are a predictor of increased masseter activity under psychological stress conditions. With reference to the dependent variables, the following expectations were:

1. The self-reporting of habitual stress management is less positive for participants of the risk group than for healthy control group participants. We expect no differences between the groups with regard to other personality areas.

2. The risk group reacts with enhanced and more prolonged activation of the masticatory musculature in response to a mental stressor than control group test subjects with no abnormal findings. We expect no differences between the groups with regard to the muscular activity in other areas (here: activity of the frontalis muscle) or with regard to other stress indicators (here: cardiac frequency and skin conductivity).

Method

Test subjects

One hundred and two female and 66 male students of dentistry in the 4th course semester (aged on average 22.9 years) with no pain or symptoms of dysfunction were examined for occlusal dysfunctions. The centric occlusion was determined with joint-related model orientation in the articulator, intraoral gothic arch tracing and determination of the adduction point. The categories used to define the centric condylar position were "cranioventral, not laterally shifted". Test subjects whose adduction point deviated from this position were excluded from the study. The test subjects assigned to the risk group were those who, according to the nomenclature of the German Society of Functional Diagnostics and Therapy (DGFDT), exhibited a premature contact (contact of a single tooth in maximum intercuspation before the remainder of the teeth row comes into occlusion), or a nonocclusion (lack of antagonist contact in maximum intercuspation of at least two support areas). An occlusion free of dysfunctions was based on the criteria for a "functional occlusion" described by Okeson:⁷ "In the cranial and anterior position of both condyles and the physiological position of the articular disc, homogeneous and simultaneous static contacts occur on all posterior teeth. These contacts are less pronounced in the anterior area. In dynamic occlusion in the posterior area there are contacts on the working side with immediate disocclusion of the non-working side. Protrusion movements occur solely under anterior guidance." The clinical examination was performed on the basis of the German version of the Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD-G).²⁵ Only test subjects whose case history revealed no orofacial pain or dysfunctions, and who did not fulfil the criteria of a TMD diagnosis according to RDC were included in this study.

Out of the 30 female and 49 male students without, and the 72 female and 17 male test subjects with occlusal dysfunction, 25 participants were chosen at random from each group. The risk group (RG) and the control group (CG) each comprised 14 women and 11 men.

1. Selbstangaben zur habituellen Stressbewältigung fallen für Risikoprobanden ungünstiger aus als für unauffällige Kontrollprobanden. In anderen Persönlichkeitsbereichen wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen erwartet.
2. Die Risikogruppe reagiert mit stärkerer und länger anhaltender Aktivierung der Kaumusculatur auf einen mentalen Stressor als unauffällige Kontrollprobanden. Es wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Muskelaktivität in anderen Bereichen (hier: Aktivität des Musculus frontalis) und hinsichtlich anderer Stressindikatoren (hier: Herzfrequenz und Hautleitfähigkeit) erwartet.

Methode

Probanden

102 weibliche und 66 männliche Studierende der Zahnmedizin im 4. Fachsemester (durchschnittliches Alter: 22,9 Jahre), die keine Schmerzen oder Dysfunktionssymptome aufwiesen, wurden auf Okklusionsstörungen hin untersucht. Die Ermittlung der zentrischen Okklusion erfolgte mittels gelenkbezoglicher Montage und einer intraoralen Pfeilwinkelregistrierung mit Feststellung des Adduktionspunktes. Verschlüsselt wurde „kranioventral, nicht seitenverschoben“ im Sinne der Definition der zentrischen Kondylenposition. Ausgeschlossen wurden jene Probanden, deren Adduktionspunkt von dieser Position abwich. Der Risikogruppe zugeordnet wurden jene Probanden, die im Sinne der Nomenklatur der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT) einen Vorkontakt (= Kontakt eines einzelnen Zahns in der maximalen Interkuspitation, bevor die restliche Zahnreihe okkludiert) oder eine Nonokklusion (= fehlender antagonistischer Kontakt in maximaler Interkuspitation von mindestens zwei Stützzonen) aufwiesen. Als störungsfreie Okklusion wurden die von Okeson⁷ beschriebenen Kriterien für eine „funktionelle Okklusion“ zugrunde gelegt: „Bei kranialer und anteriorer Position beider Kondylen und physiologischer Lage des Discus articularis bestehen gleichmäßige und gleichzeitige statische Okklusionskontakte auf allen Seitenzähnen. Im Bereich der Frontzähne sind diese Kontakte schwächer ausgeprägt. In dynamischer Okklusion zur Seite sind Kontakte auf der Arbeitsseite bei sofortiger Disklusion der Nichtarbeitsseite. Vorschubbewegungen sind ausschließlich frontzahngeführt.“ Die klinische Untersuchung erfolgte auf der Basis des RDC/CMD-G²⁵. In die Studie einbezogen wurden nur Probanden, die anamnestisch keine Schmerzen oder Dysfunktionen im



Kiefer-Gesichtsbereich angeben und die Kriterien einer CMD-Diagnose nach RDC nicht erfüllen.

Aus den 30 weiblichen und 49 männlichen Studierenden ohne und den 72 weiblichen und 17 männlichen Studierenden mit Okklusionsstörung wurden jeweils 25 Probanden zufällig ausgewählt. Die Risikogruppe (RG) und die Kontrollgruppe (KG) wurden jeweils von 14 Frauen und 11 Männern gebildet.

Fragebogenmaße

Unmittelbar vor Beginn der psychophysiologischen Untersuchung füllten die Probanden folgende Fragebögen vollständig aus:

Persönlichkeitsinventar (NEO-FFI) nach Costa McCrae in der deutschen Übersetzung von Borkenau und Ostendorf²⁶: Dieser Fragebogen erfasst die fünf Grunddimensionen der Persönlichkeit: Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit. Jeder dieser Bereiche wird jeweils durch zwölf Fragen operationalisiert, sodass insgesamt 60 Fragen beantwortet werden müssen.

*Stressverarbeitungsinventar (SVF)*²⁷: Mit diesem Fragebogen werden sechs Reaktionsformen bei Belastung erfasst: emotionale Betroffenheit, aktive Kontrollversuche von Belastungssituationen und -reaktionen, kognitive Bewältigung durch Bewertungsveränderung, Ausweichen und Ablenkung, Suche nach sozialer Unterstützung, Stressbewältigung durch Ersatzbefriedigung.

*Freiburger Beschwerdeliste (FBL-R)*²⁸: Diese Skala erfasst die Häufigkeit und Intensität habitueller körperlicher Beschwerden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Skalen Allgemeinbefinden, Anspannung, emotionale Reaktivität, Schmerz und die Beschwerdesumme der FBL-R verwendet.

*Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)*²⁹: Unmittelbar vor und nach dem Kopfrechentest (KRT) wurde der MDBF ausgefüllt. Dieser Fragebogen erfasst mit einer Adjektivliste die momentane Stimmung auf drei Dimensionen: gute – schlechte Stimmung (GS), Wachheit – Müdigkeit (WM), Ruhe – Unruhe (RU).

Belastungsüberprüfung: Die Probanden wurden gebeten, die Belastung während des KRT einzuschätzen. Dazu beurteilten sie in einem fünfstufigen Antwortformat, wie stark sie sich beeinträchtigt und gestresst gefühlt hatten, wie

Dimensions of the questionnaire

Immediately before commencement of the psychophysiological study, the test subjects completed the following questionnaires:

The NEO-Five Factor Inventory (NEO-FFI) personality inventory according to Costa McCrae in the German translation by Borkenau and Ostendorf²⁶: this questionnaire comprises the five fundamental dimensions of personality: neuroticism; extraversion; openness to experience; agreeableness; and conscientiousness. Each of these five areas is operationalised in terms of 12 questions, so that a total of 60 questions must be answered.

Stress Management Inventory Questionnaire (SMI) according to Janke, Erdmann and Boucsein²⁷: this questionnaire describes six forms of reaction to stress: emotional involvement; active attempts to control stress situations and responses; cognitive management through reframing; avoidance and distraction; search for social support; and stress management through vicarious satisfaction.

*The Freiburg symptom checklist (FBL-R)*²⁸: this scale describes the frequency and intensity of habitual bodily complaints. The scales used in this article were: well-being, tension, emotional reactivity, pain and the sum of the symptoms of the FBL-R.

*The multidimensional mood state questionnaire (MDBF)*²⁹: the test subjects completed the MDBF questionnaire immediately before and after the MAT. This questionnaire describes, with a list of adjectives, the momentary mood according to three dimensions: mood (good – bad); alertness (alert – tired); and calmness (calm – agitated).

Stress assessment: the test subjects were asked to assess the stress they had experienced during the MAT. To this purpose they were asked to assess, in a five-stage answer format, how strongly they had felt incapacitated and stressed, how much they had been annoyed and wound up, and how strongly they had felt impaired in their thinking. A sum value, which showed a good degree of reliability, was formed from these assessments (Cronbach's $\alpha = .84$).

Psychophysiological measurement

For the recording of the activity of the face musculature, Ag/Cl electrodes were each applied to the right masseter and frontalis muscles, and the electromyogram (EMG)



Fig 1 Experimental set-up.

Abb. 1 Versuchsanordnung.

amplified with a Vitaport II amplifier and recorder system (Temec Instruments) (Fig 1). The signal was digitised with a sampling rate of 512 Hz (24-bit A/D converter), and rectified and integrated via successive intervals of 20 ms.

To measure cardiac activity, an electrocardiogram (ECG) was attached between two electrodes on the right collar bone and on the lower left rib. For the time of the first rest phase (8 min), the stress phase (10 min), and the concluding rest phase (8 min), the cardiac frequency (HR) was calculated per second and summarised as minute median values for statistic evaluation purposes. Statistical outlier values were rejected according to a procedure suggested by Bernston, Quigley, Jang and Boysen.³⁰

To measure electrodermal activity (EDA), the skin conductivity was recorded between Ag/Ag Cl-electrodes on the surface of the non-dominant hand, and recorded with a digitisation rate of 16 Hz. For the purposes of statistical analysis, analogous to the second intervals for which the average cardiac frequency was determined, also the average skin conductivity was calculated and summarised as minute median values (the programming was performed with MATLAB; MathWorks)

The statistical evaluation was performed by means of multivariate and univariate variance analysis.

sehr sie sich geärgert und aufgeregt hatten, und wie stark sie sich im Denken behindert gefühlt hatten. Über diese Einschätzungen wurde ein Summenwert gebildet, der eine gute Reliabilität aufwies (Cronbach's $\alpha = .84$).

Psychophysiologische Messung

Physiologische Messung: Zur Aufzeichnung der Aktivität der Gesichtsmuskeln wurden Ag/Cl-Elektroden jeweils auf dem rechten Musculus masseter und Musculus frontalis platziert und das Elektromyogramm (EMG) mit einem Vitaport II-Verstärker- und Rekordersystems verstärkt [Temec Instruments, Niederlande (Abb. 1)]. Das Signal wurde mit einer Sample-Rate von 512 Hz digitalisiert (24 bit A/D-Konverter), rektifiziert und über aufeinanderfolgende Intervalle von 20 ms integriert.

Herzaktivität: Das Elektrokardiogramm (EKG) wurde zwischen zwei Elektroden am rechten Schlüsselbein und an der linken untersten Rippe abgeleitet. Für die Zeit der ersten Ruhephase (8 min), der Stressphase (10 min) und der anschließenden Ruhephase (8 min) wurde pro Sekunde die Herzfrequenz (HR) berechnet und für die statistische Auswertung zu Minutenmittelwerten zusammengefasst. Ausreißer wurden nach einer von Bernston, Quigley, Jang und Boysen³⁰ vorgeschlagenen Prozedur verworfen.

Elektrodermale Aktivität (EDA): Die Hautleitfähigkeit wurde zwischen Ag/Ag Cl-Elektroden auf der Handoberfläche der nicht dominanten Hand abgeleitet und mit einer Digitalisierungsrate von 16 Hz aufgezeichnet. Für die statistischen Analysen wurde analog zu den Sekundenabschnitten, für die die mittlere Herzfrequenz bestimmt wurde, auch die mittlere Hautleitfähigkeit berechnet und zu Minutenmittelwerten zusammengefasst (Programme waren mit MATLAB programmiert; the MathWorks, Inc.).

Die statistische Auswertung erfolgte mittels multivariater und univariater Varianzanalyse.

Ablauf

Die Probanden wurden nach einem standardisierten Verfahren einer kontinuierlichen Kopfrechenaufgabe (Kopfrechentest; KRT) als kognitivem Stressor ausgesetzt. Der Ablauf umfasste drei Phasen: Ruhephase (RP I, 8 Minuten), adaptiver Kopfrechentest (KRT, 10 Minuten), Erholungsphase (RP II, 8 Minuten). Die Phasen waren durch kurze Pausen getrennt, in denen die jeweils nächste Phase angekündigt wurde und der Stimmungsfragebogen zu beantworten war. Beim KRT mussten die Probanden unter Zeitdruck zweistellige Zahlen im Kopf addieren, die gleichzeitig auf dem Monitor erschienen. Das Verfahren war adaptiv und variierte den Abstand zwischen den Darbietungen der Aufgaben in Abhängigkeit von der Häufigkeit richtiger Lösungen. Der Abstand wurde immer so variiert, dass die Probanden im Mittel nicht mehr als 50 % der Aufgaben richtig lösen konnten. Die schnelle Darbietung und die Unmöglichkeit, die Zahl der richtigen Lösungen zu steigern, bewirkten ein starkes Gefühl der Anspannung und Frustration.

Statistische Analysen

Die statistische Auswertung erfolgte mittels multivariater und univariater Varianzanalysen und Post-hoc-Mittelwertvergleichen. Die Freiheitsgrade der Varianzanalysen mit Messwiederholungsfaktoren mit mehr als drei Stufen wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert.

Die abhängigen Variablen EDA, HR, EMG des Musculus frontalis und EMG des Musculus masseter wurden multivariaten und univariaten Varianzanalysen mit anschließenden Mittelwertvergleichen unterzogen. Im ersten Schritt wurden jeweils ein Faktor Gruppe (Risikogruppe vs. Kontrollgruppe) und ein Messwiederholungsfaktor Phase (RP I, KRT, RP II) berücksichtigt. Zusätzlich wurde eine varianzanalytische Auswertung speziell für die KRT-Phase

Procedure

The test subjects were subjected according to a standardised procedure to continuous mental arithmetic tasks (mental arithmetic test; MAT) as a cognitive stressor. The procedure comprised three phases: a rest phase (RP I, 8 min), followed by an adaptive mental arithmetic test (MAT, 10 min), and a final recovery phase (RP II, 8 min). The phases were separated by short breaks, during which the respective next phase was announced and the mood questionnaire was to be answered. During MAT, the test subjects are required, under time pressure, to add in their head a series of two-digit numbers, which at the same time appear on the monitor. The procedure is adaptive, and varies the interval between presentation of the tasks depending on the frequency of correct solutions. The interval is always varied in such a way that the test subjects will not be able to solve more than an average of 50% of the tasks correctly. The fast presentation of the tasks and the impossibility of increasing the number of correct solutions result in a strong feeling of tension and frustration on the part of the participants.

Statistical analyses

The statistical evaluation took place by means of multivariate and univariate variance analyses and post-hoc comparisons of means. The degrees of freedom of the analyses of variance with measurement repetition factors with more than three levels were adjusted using the Greenhouse-Geisser correction.

The dependent variables EDA, HR and EMG of the frontalis muscle and the EMG of the masseter muscle were subjected to multivariate and univariate analysis of variance with subsequent comparisons of means. In the first step, a group factor (risk group versus control group) and a measurement repetition factor (RP I, MAT, RP II) were each taken into account. Furthermore, an evaluation by means of analysis of variance was performed specifically for the MAT phase, in which a factor "group", and a 10-level factor "measurement time point" were included. This had the purpose of testing whether the groups differed during the course of the adaptation to the stress phase. The mood reporting before and were likewise evaluated by means of analysis of variance. Group differences with regard to the remaining dimensions of the questionnaire were examined using the *t* test.

Results

Dimensions of the questionnaire

The groups differed neither in the information given on habitual stress management ($F(1,48) \leq 2.28$; $P = .14$) nor with regard to the extent of general bodily symptoms experienced ($F(1,47) \leq 1.42$; $P = .24$). Also with regard to the information given on the three mood subscales, no significant difference was observed between the groups either before or after the MAT ($F(1,48) \leq 2.83$; $P \geq .09$). Only one trend was recognizable with regard to the agitation-calmness evaluation scale, on which the risk group was found to be calmer than the control group. No interaction between measurement time point and allocation to a particular group was observed for any of the scales ($F(1,48) \leq 1.09$; $P \geq .30$). The groups differed, however, with regard to the personality dimensions neuroticism ($F(1,48) = 4.66$; $P = .04$) and agreeableness ($F(1,48) = 6.57$; $P = .01$) recorded using the NEO-FFI scale: the test subjects of the risk group described themselves as more agreeable and less emotionally unstable than the test subjects of the control group. The groups did not differ with regard to the remaining three personality dimensions ($F(1,48) \leq 3.05$; $P \geq .09$).

These findings do not correspond to the expectation of higher susceptibility to stress on the part of the test subjects of the risk group. With regard to habitual stress management, the groups did not differ; with regard to the dimensions of personality, the presumed risk group turns out to be more stress-resistant than the control group. For the interpretation of the psychophysiological findings described in the following, however, it is important that both groups assess the MAT as equally stressful ($t(48) = .55$).

Psychophysiological dimensions

When performing the MAT tasks, marked sympathetic activation was observed in both groups to a similar degree. Both the cardiac frequency and the skin conductivity increased significantly during the MAT in comparison to the two rest phases in both groups (HR: $F(2,96) = 10.18$; $P < 0.01$; EDA: $F(2,96) = 17.80$; $P < 0.001$) (Fig 2). Neither the main effects for the group comparison ($F(1,48) \leq 0.93$), nor the interactions time \times group were significant with regard to HR and EDA ($F(2,96) \leq 0.16$).

The frontalis muscle activity likewise varied depending on the test phases ($F(2,96) = 22.05$; $P \leq .001$). As a result of the post-hoc tests, the activity during the first rest phase did not differ significantly from the activity during the MAT. During the subsequent rest phase, however, the activation was significantly less than in the two preceding phases.

vorgenommen, in der ein Faktor Gruppe und ein zehnstufiger Faktor Messzeitpunkt aufgenommen wurden. Damit sollte geprüft werden, ob die Gruppen sich im Verlauf der Adaptation an die Stressphase unterscheiden. Die Stimmungsangaben vor und nach dem KRT wurden ebenfalls varianzanalytisch ausgewertet. Gruppenunterschiede in den restlichen Fragebogenmaßen wurden mittels t-Test geprüft.

Ergebnisse

Fragebogenmaße

Die Gruppen unterschieden sich weder in den Angaben zur habituellen Stressverarbeitung [$F(1,48) \leq 2.28$; $p = .14$] noch im Ausmaß allgemeiner körperlicher Beschwerden [$F(1,47) \leq 1.42$; $p = .24$]. Auch in den Angaben auf den drei Stimmungssubskalen unterschieden sich die Gruppen weder vor noch nach dem KRT bedeutsam [$F(1,48) \leq 2.83$; $p \geq .09$]. Ein Trend war lediglich für die Skala Ruhe-Unruhe erkennbar, auf der sich die Risikogruppe als ruhiger darstellte als die Kontrollgruppe. Eine Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit wurde für keine der Skalen gefunden [$F(1,48) \leq 1.09$; $p \geq .30$]. Die Gruppen unterschieden sich jedoch hinsichtlich der mit dem NEO-FFI erfassten Persönlichkeitsdimensionen Neurotizismus [$F(1,48) = 4.66$; $p = .04$] und Verträglichkeit [$F(1,48) = 6.57$; $p = .01$]: Die Probanden der Risikogruppe beschrieben sich als verträglicher und weniger emotional labil als die Kontrollprobanden. Auf den restlichen drei Persönlichkeitsdimensionen unterschieden sich die Gruppen nicht [$F(1,48) \leq 3.05$; $p \geq .09$].

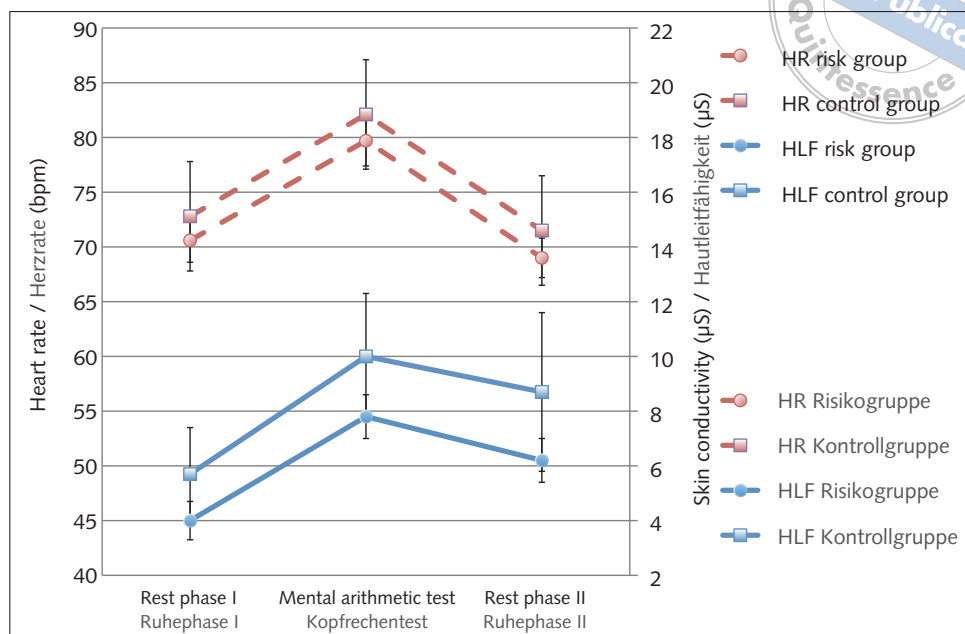
Diese Befunde entsprechen nicht der Erwartung einer höheren Stressempfindlichkeit der Risikoprobanden: In der habituellen Stressverarbeitung unterschieden sich die Gruppen nicht, und auf den Persönlichkeitsdimensionen stellt sich die vermutliche Risikogruppe als belastbarer als die die Kontrollgruppe dar. Für die Interpretation der nachfolgend berichteten psychophysiologicalen Befunde ist jedoch wichtig, dass beide Gruppen den KRT als gleich belastend einschätzten [$t(48) = .55$].

Psychophysilogische Maße

Mit der Bearbeitung des KRT ging eine deutliche sympathische Aktivierung einher, die in beiden Gruppen vergleichbar stark ausfiel. Sowohl die Herzfrequenz als auch die Hautleitfähigkeit stiegen während des KRT im Vergleich zu den zwei Ruhephasen in beiden Gruppen signifikant an [HR: $F(2,96) = 10.18$; $p < 0.01$; EDA: $F(2,96) = 17.80$;

Fig 2 Cardiac frequency and skin conductivity of the risk and control groups during the 3 test phases (Mean and Standard error).

Abb. 2 Herzrate und Hautleitfähigkeit von Risiko- und Kontrollgruppe während der drei Versuchsphasen (Mittelwerte und Standardfehler).



$p < 0.001$] (Abb. 2). Weder die Haupteffekte für den Gruppenvergleich [$F(1,48) \leq 0.93$], noch die Interaktionen Zeit x Gruppe waren für HR und EDA signifikant [$F(2,96) \leq 0.16$].

Die Aktivität des Musculus frontalis variierte ebenfalls in Abhängigkeit von den Testphasen [$F(2,96) = 22.05$; $p \leq .001$]. Den Post-hoc-Tests zufolge unterschied sich die Aktivität während der ersten Ruhephase nicht bedeutsam von der Aktivität während des KRT. Während der nachfolgenden Ruhephase war die Aktivierung jedoch signifikant geringer als in den beiden vorangegangenen Phasen. Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht generell im Ausmaß dieser Aktivierung [$F(1,48) = 1.19$; $p = .28$], jedoch wurde die Interaktion Gruppe x Zeit signifikant [$F(2,96) = 4.71$; $p = .035$]. Diese Interaktion ist in Abbildung 3 dargestellt und beschreibt einen Trend zur stärkeren Aktivierung in der Kontrollgruppe in der ersten Ruhephase und während des KRT. Erst in der zweiten Ruhephase sinkt diese Aktivierung und nähert sich dem Niveau der Aktivierung in der Risikogruppe an. Zu keinem der drei Zeitpunkte wird jedoch der Gruppenunterschied signifikant [$t(1,48) p \leq 1.38$; $p \geq .17$].

Der Verlauf der Aktivität des Musculus masseter unterscheidet sich vom Verlauf der Aktivität des Musculus frontalis (Abb. 3). Der Effekt des Zeitpunkts der Messung ist wieder signifikant [$F(2,96) = 17.03$; $p < .01$], allerdings unterscheiden sich jetzt alle drei Phasen signifikant voneinander: Die Aktivierung ist am stärksten in der Ruhephase vor dem KRT, schwächer während des KRT, und am schwächsten in der abschließenden Ruhephase. Offensichtlich wird der Masseteronus durch eine Phase

The two groups do not generally differ with regard to the extent of this activation ($F(1.48) = 1.19$; $P = .28$), however the interaction group x time was significant ($F(2.96) = 4.71$; $P = .035$). This interaction is depicted in Fig 3, and describes a trend towards more pronounced activation in the control group during the first rest phase, and during the MAT. It is not until during the second rest phase that this activation decreases, and approaches the activation level of the risk group. The difference between the groups, however, is not shown to be significant at any of the three points in time ($t(1.48) p \leq 1.38$; $p \geq .17$).

The activity pattern of the masseter muscle differs from that of the frontalis muscle activity (Fig 3). The effect of the point in time of measurement is again significant ($F(2.96) = 17.03$; $P < .01$), however, all three phases now differ significantly from one another: Activation is most pronounced during the rest phase before the MAT, less pronounced during the MAT, and least pronounced during the concluding rest phase. The tone of the masseter muscle is evidently more increased through a phase of anticipation of a following mental effort than during the actual mental effort itself. Neither the main effect "group" ($F(1.48) = 0.18$), nor the interaction "group x time" ($F(1.48) = 0.951$) proved significant. Thus, there was no significant difference between the groups with regard to their average activation in each of the three phases.

In the next evaluation step, both groups were compared specifically during the MAT with regard to the course of the 4 dimensions chosen for the purposes of this study as stress indicators: EDA; HR; masseter muscle; and frontalis

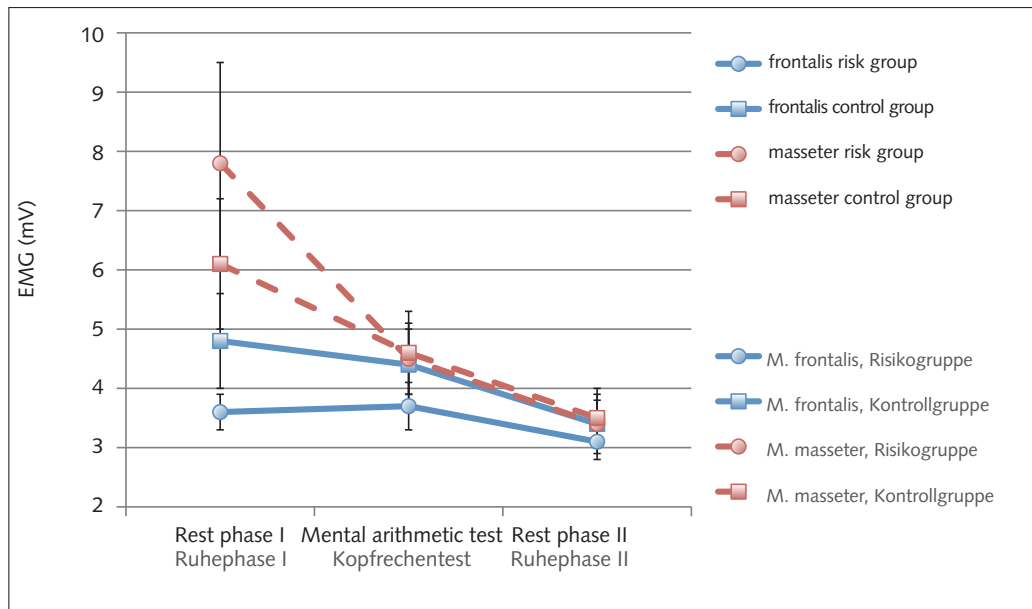


Fig 3 Activity pattern of the masseter muscle and frontalis muscle in the risk and control groups during the three test phases (Mean and Standard error).

Abb. 3 Masseter- und Frontalisaktivität in Risiko- und Kontrollgruppe während der drei Versuchsphasen (Mittelwerte und Standardfehler).

muscle. For this purpose, variance analyses were again performed, with the factor "group", and a factor "point in time of measurement" with 10 stages, of which the average activation per minute was allocated each time for each of the 10 minutes of the MAT. As to be expected on account of the preceding analyses, the main effect for the factor "group" was not significant in any of the four analyses ($F(1,48) \leq 0.92$). One main effect for the factor "time" was observed to be significant only in the case of the cardiac frequency ($F(3,38, 96) = 24.98, P < .001$). This effect occurs through the considerably increased cardiac frequency only during the first minute of the MAT ($M = 87.52$ bpm). In the following minutes, the cardiac frequency varies only very slightly between $M = 79.83$ bpm and 81.74 bpm. At no time do the groups differ significantly from one another.

The effect of the interaction group x time was not significant for HR ($F(3,38, 96) = 2.33; P = .07$), EDA ($F(1,129, 96) = 0.12$) or the frontalis muscle ($F(3,75, 96) = 0.70$), but for the activation of the masseter muscle ($F(2,13, 96) = 3.36; P = 0.036$). This effect indicates a different course of activation in each group. Looking at the course of activation of the masseter muscle in both groups depicted in Fig 4, it becomes evident that the activity continually decreases in the control group in contrast to that of the risk group. Examining this difference in the form of a linear contrast, it can be seen that there is a significant difference between the course of activation of the two groups ($F(1,48) = 4.97; P = 0.03$). The differing course of the activation between the groups, however, means that significantly discordant differences between the groups can be observed by the minute.

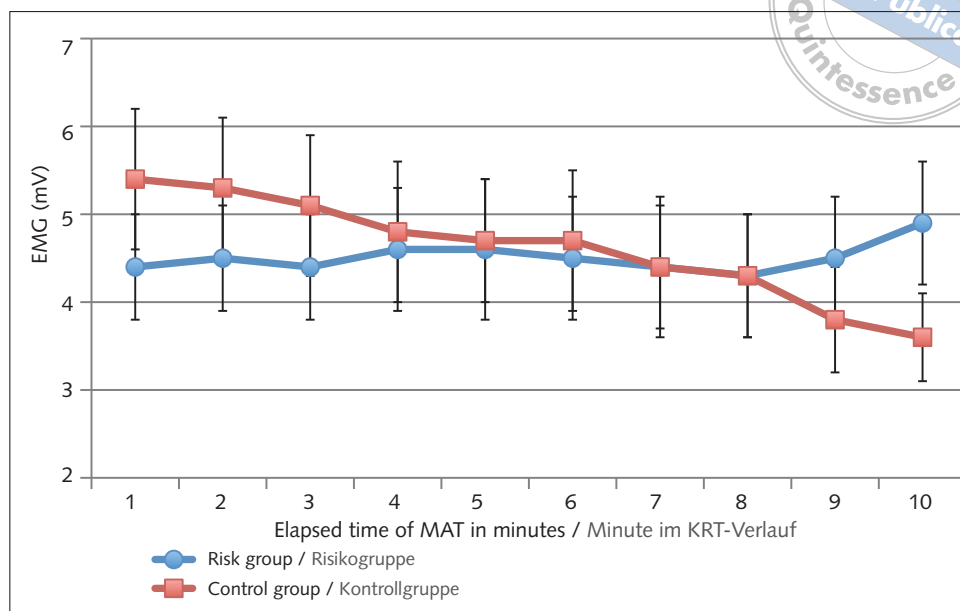
der Antizipation einer nachfolgenden mentalen Belastung stärker erhöht als durch die mentale Belastung selbst. Weder der Haupteffekt Gruppe wurde signifikant [$F(1,48) = 0.18$] noch die Interaktion Gruppe x Zeit [$F(1,48) = 0.951$]. Die Gruppen unterschieden sich also nicht hinsichtlich der mittleren Aktivierung in den drei Phasen.

Im nächsten Auswertungsschritt wurden die beiden Gruppen bezüglich des Verlaufs der vier als Belastungsindikatoren abgeleiteten Maße EDA, HR, Musculus masseter und Musculus frontalis speziell während des KRT verglichen. Dazu wurden wieder Varianzanalysen durchgeführt, mit dem Faktor Gruppe und einem Faktor Messzeitpunkt mit zehn Stufen, denen jeweils die mittlere Aktivierung pro Minute für jede der zehn Minuten des KRT zugeordnet wurde. Wie aufgrund der vorangegangenen Analysen zu erwarten war, wurde der Haupteffekt für Gruppe in keiner der vier Analysen signifikant [$F(1,48) \leq 0.92$]. Ein Haupteffekt für den Faktor Zeit wurde nur für die Herzfrequenz signifikant [$F(3,38, 96) = 24.98, p < .001$]. Dieser Effekt kommt durch eine nur in der ersten Minute des KRT deutlich erhöhte Herzfrequenz zustande ($M = 87,52$ bpm). In den nachfolgenden Minuten variierte die Herzfrequenz nur noch geringfügig zwischen $M = 79.83$ bpm und $81,74$ bpm. Zu keinem Zeitpunkt unterschieden sich die Gruppen signifikant voneinander.

Der Effekt der Interaktion Gruppe x Zeit war nicht signifikant für HR [$F(3,38, 96) = 2.33; p = .07$], EDA [$F(1,129, 96) = 0.12$] und den Musculus frontalis [$F(3,75, 96) = 0.70$], aber für die Aktivierung des Musculus masseter [$F(2,13, 96) = 3.36; p = 0.036$]. Dieser Effekt verweist auf

Fig 4 Course of activation of the masseter muscle during mental arithmetic test in the risk and control groups (Mean and Standard error).

Abb. 4 Verlauf der Aktivierung der Massetermuskulatur während des Kopfrechentests in der Risiko- und in der Kontrollgruppe (Mittelwerte und Standardfehler).



einen unterschiedlichen Verlauf der Aktivierung in beiden Gruppen. Betrachtet man den in Abbildung 4 dargestellten Aktivierungsverlauf des Musculus masseter in beiden Gruppen, so wird deutlich, dass die Aktivität bei der Kontrollgruppe im Unterschied zur Risikogruppe kontinuierlich abnimmt. Prüft man diesen Unterschied in Form eines linearen Kontrasts, so zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Aktivierungsverläufen der beiden Gruppen [$F(1,48) = 4.97$; $p = 0.03$]. Der unterschiedliche Verlauf der Aktivierung trennt die beiden Gruppen jedoch nicht so stark, dass pro Minute durchgeführte Gruppenvergleiche signifikant würden.

Diskussion

Im Vergleich der beiden Probandengruppen mit und ohne Okklusionsstörungen bei der Bewältigung eines mentalen Stressors war die Masseteraktivität der Probanden mit Okklusionsstörungen nicht generell erhöht. Allerdings ging die Masseteraktivität bei den Probanden ohne Okklusionsstörung im Laufe der zehnminütigen Belastungsphase kontinuierlich zurück, während sie bei den Probanden mit Okklusionsstörung nicht zurückging, sondern sogar anstieg. Dieser Befund ist spezifisch für die Gruppe mit Okklusionsstörungen und für die Massetermuskulatur, denn die beiden Gruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs der anderen als Stressindikatoren erhobenen Maße EDA, HR und Aktivität des Musculus frontalis. Auch Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich

Discussion

In the comparison of the two groups of test subjects with and without occlusal dysfunction with regard to dealing with a mental stressor, the masseter activity of the test subjects with occlusal dysfunctions was not shown to be generally increased. The masseter activity of the test subjects without occlusal dysfunction, however, decreased continually during the course of the ten-minute stress phase, while in the case of the test subjects with occlusal dysfunction, this did not show a decrease, but in fact an increase. These are findings specific to the group with occlusal dysfunctions, and for the masseter musculature, as the two groups do not differ with regard to the time-dependent course of the other dimensions chosen for the purposes of this test as stress indicators (EDA, HR and activity of the frontalis muscle). Neither were there any differences observed between the two groups with regard to the perceived stress caused by the task. Nevertheless, the progression of the masseter activation during the mental arithmetic testing indicates a more dysfunctional adaptation to the conditions of the stress test in the case of the test persons with occlusal dysfunctions than in the case of the test subjects of the control group. This seems to us to be a clear indication that occlusal dysfunctions do in fact bring an increased risk of more sustained masseter activation, at least in response to certain types of stress. The stressor mental arithmetic led, as expected, to increased cardiac frequency and skin conductivity compared to the preceding, as well as to the subsequent, rest phase. In the course of the activation of the

frontalis muscle as well as of the masseter muscle throughout these three phases, however, the same differences were observed only partially.

Although the activation of both muscle groups in the subsequent rest phase was less pronounced than during the MAT, their activation during the first rest phase, however, was more pronounced than in the subsequent rest phase, and similar to, or even more pronounced than during the actual stress phase. The activity of both muscle groups, therefore, does not only reflect the stress during the active process of solving the tasks, but also a tense feeling of apprehension before the commencement of this stress phase. This response of the masseter musculature to various different stressors could be the reason why previous studies have brought controversial results with regard to the question of whether stress results in increased activity of the masseter muscle.^{19,25,31-35} In contrast to the study by Görtz,²⁴ we found no increased activation of the frontalis muscle in the group with occlusal dysfunctions. A conclusive explanation for these differing findings is hardly possible, since these two studies differ in several points with regard to a series of aspects of their implementation. This includes the operationalisation of occlusal dysfunctions, and stress of differing severity through the tasks used in both studies. Differences in acute stress responses also result from the use of emotional instead of cognitive stressors.¹⁶

According to the comparisons of the two groups with regard to their habitual stress management and different personality dimensions, the group with occlusal dysfunctions did not show abnormal findings in the way expected from bruxism patients. In a literature overview, Künkel³⁶ presents various personality variables, such as aggression, anxiety or frustration, which were mentioned repeatedly in the context of the description of so-called "teeth grinders". No such conspicuous findings were obtained here. On the contrary, the test subjects examined in this study demonstrated lower values on the neuroticism scale, and described themselves as more agreeable than the control group. This difference to the study by Künkel could also be due to the fact that in the current study, other instruments were used.

The questionnaire (NEO-FFI) used here, for instance, is a self-assessment questionnaire, which carries the risk that the answering of the questions on the part of the test subject is influenced by an idealised self-image, such as, for instance, the tendency to answer the questions according to social desirability. This is indicated also by the results obtained by Pingitore et al,³⁷ which are based on the assumption of a higher degree of self-control on the part of individuals with bruxism. Also interesting in this context is the fact that Becker et al,³⁸ who based their investigations on the same

der wahrgenommenen Belastung durch die Aufgabe wurden nicht gefunden. Demnach verweist der Verlauf der Masseteraktivierung während des Kopfrechnens bei den Probanden mit Okklusionsstörungen auf eine dysfunktionalere Anpassung an die Belastungsbedingung, als dies bei den Kontrollprobanden der Fall ist. Dies scheint uns ein eindeutiger Hinweis darauf zu sein, dass Okklusionsstörungen tatsächlich ein erhöhtes Risiko mit sich bringen, zumindest auf bestimmte Arten von Stress anhaltender mit einer Masseteraktivierung zu reagieren.

Der Stressor Kopfrechnen führte erwartungsgemäß zu einer Erhöhung der Herzfrequenz und der Hautleitfähigkeit gegenüber der vorangehenden sowie auch der nachfolgenden Ruhephase. Im Verlauf der Frontalisaktivierung und der Masseteraktivierung über diese drei Phasen ergaben sich jedoch nur teilweise dieselben Unterschiede: Zwar war die Aktivierung beider Muskelgruppen in der nachfolgenden Ruhephase schwächer als während des KRT, jedoch war deren Aktivierung in der ersten Ruhephase stärker als in der nachfolgenden Ruhephase und ähnlich oder sogar stärker als in der eigentlichen Stressphase. Die Aktivität beider Muskelgruppen spiegelt demnach nicht nur die Belastung während der aktiven Aufgabenbearbeitung wider, sondern auch eine angespannte Erwartungshaltung vor Beginn dieser Belastung. Dieses Ansprechen der Massetermuskulatur auf unterschiedliche Stressoren könnte dafür verantwortlich sein, warum bisher vorgelegte Studien zu der Frage, ob Stress eine Erhöhung der Aktivität des Musculus masseter bewirkt, kontroverse Ergebnisse erbracht haben^{19,25,31-35}.

Im Unterschied zu der Arbeit von Görtz²⁴ fanden die Autoren der vorliegenden Studie keine erhöhte Aktivierung des Musculus frontalis bei der Gruppe mit Okklusionsstörungen. Eine schlüssige Erklärung für diese unterschiedlichen Befunde ist kaum möglich, da die beiden Untersuchungen sich in einer Reihe von Merkmalen der Durchführung unterscheiden. Dazu gehören die Operationalisierung von Okklusionsstörungen und eine unterschiedlich starke Belastung durch die in den beiden Studien verwendeten Aufgaben. Unterschiede in akuten Stressreaktionen ergeben sich auch aus der Verwendung emotionaler statt kognitiver Stressoren¹⁶.

Nach den Vergleichen der beiden Gruppen hinsichtlich ihrer habituellen Stressverarbeitung und verschiedenen Persönlichkeitsdimensionen war die Gruppe mit Okklusionsstörung nicht in der Weise auffällig, wie dies von Bruxisten berichtet wird. Künkel³⁶ stellt in einer Literaturübersicht verschiedene Persönlichkeitsvariablen, wie z. B. Aggressivität, Angst oder Frustration vor, die bei der Beschreibung eines sogenannten „Knirscherprofils“

wiederholt genannt wurden. Solche Auffälligkeiten konnten wir nicht finden. Die hier untersuchten Probanden wiesen im Gegenteil niedrigere Neurotizismuswerte auf und beschrieben sich als verträglicher als die Kontrollgruppe. Dieser Unterschied zu der Studie von Künkel könnte auch darauf beruhen, dass in der aktuellen Studie andere Instrumente zum Einsatz gekommen sind. So ist der hier verwendete Fragebogen NEO-FFI ein Selbstbeurteilungsbogen, welcher das Risiko in sich birgt, dass die Beantwortung der Fragen von einem idealisierten Selbstbild geleitet wird, beziehungsweise der Antworttendenz der sozialen Erwünschtheit. Dafür sprechen auch die Ausführungen von Pingitore et al.³⁷, die von einer erhöhten Selbstkontrolle bei Bruxisten ausgehen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass Becker et al.³⁸, die die gleichen okklusalen Parameter angelegt haben, herausfanden, dass Probanden mit Okklusionsstörungen eine vergleichsweise höhere Schmerzschwelle aufwiesen. Dies interpretierten die Autoren als Hinweis auf eine erhöhte Belastbarkeit. Bedenkt man darüber hinaus, dass Kontroll- und Risikogruppe sich durch ein Merkmal unterscheiden, welches iatrogen entstanden sein kann, so weist unser Befund der reduzierten Habituation der Masseteraktivierung unter Stress darauf hin, dass der Musculus masseter möglicherweise spezifisch auf okklusale Interferenzen reagiert.

Limitationen

Die Art und Weise der Klassifikation der Okklusion und die sich daraus ergebende Gruppenzugehörigkeit findet bereits in anderen Studien Anwendung³⁸. Die Definition von Mohl³⁹ fand hier keine Anwendung, weil er eine „ideale Okklusion“ beschreibt, die im statistischen Sinne nicht die Norm repräsentiert. Dieses Konzept dient vielmehr als idealisierter Parameter zur Erfassung von Veränderungen. Im Unterschied zur vorgelegten Studie werden in anderen Studien zur Untersuchung von orofazialen Myoarthropathien spezielle Arten von Okklusionsstörungen wie Kreuzbiss, tiefer oder offener Biss, Angle-Klasse II oder III u. a.⁴⁰⁻⁴⁵ untersucht. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Resultate.

Die Ergebnisse des MDBF und der Belastungseinschätzung belegen, dass sich die Versuchspersonen im KRT tatsächlich gestresst fühlten. Dies wird durch die Erhöhung der Herzfrequenz und der Hautleitfähigkeit im KRT bestätigt. Die als eher gering zu beurteilende Erhöhung der Mittelwerte bei der Beantwortung der einzelnen Items legt einerseits die Vermutung nahe, dass die Probanden sich nicht allzu stark gestresst fühlten. Andererseits kann jedoch auch vermutet werden, dass die Versuchspersonen

occlusal parameters, found that test persons with occlusal dysfunctions have a comparatively higher pain threshold. The authors interpreted this as an indication of increased resistance to stress. Furthermore, if, however, one bears in mind that the control and the risk group differ by means of a feature that can be iatrogenic in origin, our findings with regard to the reduced habituation of the masseter activation under stress indicates that the masseter muscle possibly responds specifically to occlusal interferences.

Limitations

The type and method of classification of the occlusion, and the resulting allocation to the one group or the other already finds application in other studies.³⁸ The definition by Mohl³⁹ did not find application here, since it describes an “ideal occlusion”, which statistically speaking does not represent the norm. This concept rather serves more as an idealised parameter for the recording of alterations. In contrast to the study presented in this article, other studies that investigated orofacial myoarthropathy devote themselves to specific types of occlusal dysfunctions, such as, among others, crossbite, deep or open bite, Angle’s Class II or Angle’s Class III.⁴⁰⁻⁴⁵ This makes it more difficult to compare the results.

The results of the MDBF, and the assessment of the stress test demonstrate that the test subjects did in fact feel stressed by the MAT. This is confirmed by the increased cardiac frequency and the skin conductivity during the MAT. The increase of the average values in answering the individual items, which can be more readily considered as slight in extent, indicates on the one hand that the test subjects did not feel stressed to too great an extent. On the other hand, however, it can also be assumed that the test subjects did not wish to admit their annoyance and feeling of being stressed either to themselves or to the testers. This is indicated by the significant increase in the heart rate, since here the test subjects, in contrast to the study by Görtz,²⁴ remained sitting still during the entire test procedure, so that this increase cannot be attributed to physical exertion. Both the cardiac frequency and the skin conductivity already begin to respond when increased mental activity is required, and when concentration must be increased and agility improved.

Conclusion

The activation pattern of the masseter muscle depending on the occlusal findings seems contradictory. On the one hand, the announcement of a test, and hence the anticipation

of a stressor manifests itself to the effect that all test subjects showed a significantly higher degree of activation of the masseter muscle during the rest phase before the test than during the rest phase after the MAT.

On the other hand, in the case of the risk group, an indication was found during the stress phases that the "latent dysfunctional factors" can possibly play a part in the aetiology of orofacial myoarthropathy. With increasing duration of stress, the activity of the masseter muscle decreases in the case of the test subjects without occlusal dysfunctions, whereas in the case of the test subjects with occlusal disorders, no habituation, and even a tendential increase can be observed. The increase, however, is not significant, and the question as to whether the risk group is not successful in achieving relaxation in the sense that the activity of the masseter muscle remains increased also in the post-stress phase cannot be answered with the aid of the study design presented here. Further studies are required in this area. In any case, the risk group is not shown to be more susceptible to stress. On the contrary, the specificity of the masseter response confirms a generally higher level of stress resistance in the risk group.

This conclusion is supported by the comparatively higher pain threshold during the post-stress phase in the case of patients with occlusal dysfunctions. In order to confirm these results, further studies are now required also with test subjects suffering from myoarthropathy.

The authors declare that there's no conflict of interest. The authors further declare that the patients have documented their agreement with their participation in the documented examination.

sich, beziehungsweise uns, ihren Ärger und ihr Gefühl der Belastung nicht eingestehen wollten. Dafür spricht der signifikante Anstieg der Herzrate, denn da die Probanden im Unterschied zu der Studie von Görtz²⁴ während des gesamten Versuchsablaufs still saßen, kann diese Erhöhung nicht auf körperliche Aktivität zurückgeführt werden. Sowohl die Herzfrequenz als auch die Hautleitfähigkeit sprechen bereits dann an, wenn mentale Anforderungen erhöht werden, die Konzentration vermehrt und die Reaktionsbereitschaft verbessert werden muss.

Schlussfolgerung

Das Aktivierungsmuster des Musculus masseter in Abhängigkeit vom Okklusionsbefund erscheint widersprüchlich. Einerseits stellt die Ankündigung eines Tests und damit die Erwartungshaltung auf einen Stressor sich in dem Sinne dar, dass alle Probanden in der Ruhephase vor dem Test eine signifikant höhere Aktivität des Musculus masseter aufweisen als während der Ruhephase nach dem KRT. Andererseits findet man bei der Risikogruppe während der Stressphasen doch einen Hinweis darauf, dass die „latenten Störfaktoren“ möglicherweise im Rahmen der Entstehung von orofazialen Myoarthropathien eine Rolle spielen können: Mit zunehmender Stressdauer geht die Aktivität des Musculus masseter bei den Probanden ohne Okklusionsstörungen zurück, während sie bei den Probanden mit Okklusionsstörungen nicht habituiert und sogar tendenziell ansteigt. Die Erhöhung ist allerdings nicht signifikant und die Frage, ob der Risikogruppe eine Entspannung nicht gelingt in dem Sinne, dass die Aktivität des Musculus masseter auch in der Poststressphase erhöht bleibt, kann mithilfe des vorliegenden Studiendesigns nicht beantwortet werden. Hierfür bedarf es weiterer Untersuchungen. In jedem Fall zeigt sich die Risikogruppe keinesfalls stressanfälliger. Im Gegenteil ist die Spezifität der Masseterreaktion belegt durch eine generell höhere Belastbarkeit der Risikogruppe. Diese Schlussfolgerung wird durch die vergleichsweise höhere Schmerzschwelle in der Poststressphase bei Probanden mit Okklusionsstörungen gestützt. Zur Absicherung sind weitere Untersuchungen auch mit Probanden, die an Myoarthropathie erkrankt sind, erforderlich.

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht. Ferner erklären die Autoren, dass die Patienten ihr Einverständnis zur Teilnahme an der vorgelegten Untersuchung dokumentiert haben.

References

1. Bundeszahnärztekammer. Jeder Zehnte knirscht mit den Zähnen. Statistische Jahrbuch der Bundeszahnärztekammer 2010/2011. Bundeszahnärztekammer 2011.
2. Widmalm SE, Christiansen RL, Gunn SM. Oral parafunctions as temporomandibular disorder risk factors in children. *Cranio* 1995;13:242-246.
3. Seligman DA, Pullinger AG, Solberg WK. The prevalence of dental attrition and its association with factors of age, gender, occlusion, and TMJ symptomatology. *J Dent Res* 1988;7:1323-1333.
4. Seherer GM. Bruxismus als Risikofaktor für kranio- und mandibuläre Dysfunktionen (CMD) bei Kindern und Jugendlichen. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät Halle, 2006.
5. Lobbezoo F, Naeije M. Bruxism is mainly regulated centrally, not peripherally. *J Oral Rehabil* 2001;28:1085-1091.
6. Lobbezoo F, Rompre PH, Soucy JP, Iafrancesco C, Turkewicz J, Montplaisir JY, Lavigne GJ. Lack of associations between occlusal and cephalometric measures, side 50 imbalance in striatal D2 receptor binding, and sleep-related oromotor activities. *J Orofac Pain* 2001;15:64-71.
7. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 5th ed. St. Louis: Mosby, Elsevier, 2003.
8. AADR TMD Policy Statement Revision: Management of Patient with TMDs: A new „Standard of Care“. Abgerufen auf <http://www.aadronline.org/i4/pages/index.cfm?pageid=3465#TMD>, 03.03.2010.
9. Le Bell Y, Niemi PM, Jämsä T, Kylmä M, Alanen P. Subjective reactions to intervention with artificial interferences in subjects with and without a history of temporomandibular disorders. *Acta Odontol Scand* 2006;64:59-63.
10. Türp HC, Schindler HJ. Zum Zusammenhang zwischen Okklusion und Myoarthropathien. *Schweiz Monatsschrift Zahnmed* 2003;113:965-971.
11. Slavicek R, Sato S. Bruxismus als Stressbewältigungsfunktion des Kauorgans. *Wien Med Wochenschr* 2004;154:584-589.
12. Kulis A, Türp JC. Bruxismus – gesicherte und potentielle Risikofaktoren. Eine systematische Literaturübersicht. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2008;118:100-107.
13. Ahlberg J, Rantala M, Savolainen A, Suvinen T, Nissinen M, Sarna S, Lindholm H, Könönen M. Reported bruxism and stress experience. *Community Dent Oral Epidemiol* 2002;30:405-408.
14. Hicks RA, Conti P. Nocturnal bruxism and self reports of stress-related symptoms. *Perceptual and Motor Skills* 1991;72:1182.
15. Manfredini D, Landi N, Fantoni F, Segu M, Bosco M. Anxiety symptoms in clinically diagnosed bruxers. *J Oral Rehab* 2005;32:584-588.
16. Carter JR, Durocher JJ, Kern RP. Neural and cardiovascular responses to emotional stress in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008;295:R1898-R1903.
17. Carter JR, Kupiers NT, Ray CA. Neurovascular responses to mental stress. *J Physiol* 2005;564:321-327.
18. Carter JR, Ray CA. Sympathetic neural responses to mental stress: responders, nonresponders and sex differences. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2009;296:H847-H853.
19. Yemm R. Temporomandibular disorders and masseter muscle response to stress. *Br Dent J* 1969;127:508-510.
20. Hidaka O, Yanagi M, Takada K. Mental Stress-induced physiological changes in the human masseter muscle. *J Dent Res* 2004;83:227-231.
21. Rao SM, Glaros AG. Electromyographic correlates of experimentally induced stress in diurnal bruxists and normals. *J Dent Res* 1979;58:1873-1878.
22. Flor H, Birbaumer N, Schulte W, Roos R. Stress-related electromyographic responses in patients with chronic temporomandibular pain. *Pain* 1991;46:145-152.
23. Peng-Keller I. Nächtliches Zähneknirschen: Untersuchungen zur Phänomenologie und Therapie von Bruxismus. Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich, 2003.
24. Götz A. Psychophysiologische Reaktionsmuster von Bruxisten im Vergleich zu Nicht-Bruxisten unter affektneutral-kognitiver Belastung und affektinduktivem Stress mit besonderer Berücksichtigung des Masseter-Elektromyogramms. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2004.
25. John MT, Hirsch C, Reiber T, Dworkin S. Translating the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders into German: evaluation of content and process. *J Orofac Pain* 2006;20:43-52.
26. Borkenau P, Ostendorf F. NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae. Göttingen: Hogrefe, 1993.
27. Janke W, Erdmann G, Kallus W. Stressverarbeitungsfragebogen (SVF) nach W Janke, G Erdmann und W Boucsein. Göttingen: Hogrefe, 1985.
28. Fahrenberg J. Die Freiburger Beschwerdenliste (FBL). Göttingen: Hogrefe, 1994.
29. Steyer R, Schwenkmezger P, Notz P, Eid M. Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF). Göttingen: Hogrefe, 1997.
30. Berntson GG, Quigley KS, Jang JF, Boysen ST. An approach to artifact identification: application to heart period data. *Psychophysiology* 1990;27:586-598.
31. Schumann NP, Zeiner U, Nebrich A. Personality and quantified muscular activity of the masticatory system in patients with temporomandibular joint dysfunction. *J Oral Rehabil* 1988;15:35-47.

32. Nicholson RA, Townsend DT, Gramling SE. Influence of a scheduled-waiting task on EMG reactivity and oral habits among facial pain patients and no-pain controls. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2000;25:203-219.
33. Mercuri LG, Olson RE, Laskin DM. The specificity of response to experimental stress in patients with myofascial pain dysfunction syndrome. *J Dent Res* 1979;58:1866-1871.
34. Major PW, Nebbe B. Use and effectiveness of splint appliance therapy: Review of literature. *Cranio* 1997;15:159-166.
35. Katz JO, Rugh JD, Hatch JP, Langlais RP, Terezhalmay GT, Borcherdig SH. Effect of experimental stress on masseter and temporalis muscle activity in human subjects with temporomandibular disorders. *Arch Oral Biol* 1989;34:393-398.
36. Künkel A. Vom Knirschen und Knacken – Untersuchung von Persönlichkeitsmerkmalen und verhaltensmedizinischen Aspekten bei pathologischen Parafunktionen. Inaugural - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.), 1990.
37. Pingitore VG, Chrobak PJ. The social and psychological factors of bruxism. *J Prosthet Dent* 1991;65:443-446.
38. Becker T. Einfluss von mentalem Stress auf die trigeminale und generalisierte Schmerzentscheidung und -modulation in Abhängigkeit von oralen Okklusionsbefunden – ein interdisziplinäres Forschungsprojekt. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (Westf.), 2011.
39. Mohl ND. Einführung in die Okklusion. In: Mohl ND, Zarb GA, Carlsson GE, Rugh JD (Hrsg). *Lehrbuch der Okklusion*. Berlin: Quintessenz, 1990.
40. Pullinger AG, Seligman DA, Solberg WK. Temporomandibular disorders. Part I: Functional status, dentomorphologic features, and sex differences in a nonpatient population. *J Prosthet Dent* 1988;59:228-235.
41. Pullinger AG, Seligman DA, Solberg WK. Temporomandibular disorders. Part II: Occlusal factors associated with temporomandibular joint tenderness and dysfunction. *J Prosthet Dent* 1988;59:363-367.
42. De Boever JA, Carlsson GE, Klineberg IJ. Need for occlusal therapy and prosthodontic treatment in the management of temporomandibular disorders. Part I. Occlusal interferences and occlusal adjustment. *J Oral Rehabil* 2000;27:367-379.
43. Sonnesen L, Svennson P. Temporomandibular disorders and psychological status in adult patients with a deep bite. *Eur J Orthod* 2008;30:621-629.
44. Mohlin B, Axelsson S, Paulin G, Pietilä T, Bondemark L, Brattström V, Hansen K, Holm AK. TMD in relation to malocclusion and orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2007;77:542-548.
45. Selaimen CM, Jeronymo JC, Brilhante DP, Lima EM, Grossi PK, Grossi ML. Occlusal risk factors for temporomandibular disorders. *Angle Orthod* 2007;77:471-477.

Address/Adresse

Priv.-Doz. Dr. med. dent. Anne Wolowski
 University Clinic of Münster
 Centre for Dental, Oral and Maxillofacial Health
 Polyclinic for Prosthetic Dentistry and Biomaterials
 Albert Schweitzer Campus 1/W30,
 48149 Münster, Germany
 Tel.: +49(0) 251-8347078; Fax: +49(0) 251-8347083;
 E-Mail: wolowsk@uni-muenster.de