



Alessandro Bracci

A. Bracci¹, M. Lange², G. Djukic³, L. Guarda-Nardini⁴, D. Manfredini⁵

Ecological momentary assessment of awake bruxism behaviors

Possible developments and clinical usefulness of a smartphone application

Ecological momentary assessment von Wachbruxismusverhalten

Entwicklungs- und Anwendungsmöglichkeiten einer Smartphone-App

Zusammenfassung

Hintergrund: Wachbruxismus (WB) ist ein Phänomen, das gewisse psychische Störungen widerspiegeln und verschiedene zahnmedizinische und medizinische Konsequenzen haben kann. Obwohl die Häufigkeit von WB-Aktivitäten bevorzugt nach der Methode des sogenannten *ecological momentary assessment* (EMA; unmittelbares Assessment in der natürlichen Umgebung) erfasst werden sollte, die zeitnahe Angaben zur untersuchten Aktivität (bspw. Kiefernspannung, Zähnepressen, Knirschen) liefern kann, ist die Translation dieses Ansatzes aus der Forschung in die klinische Praxis bislang noch nicht unternommen worden.

Methoden: Die Smartphone-App-basierte EMA für Wachbruxismus verspricht eine sehr interessante Strategie für die Einführung dieses Assessment-Konzeptes in die Fachliteratur zu Bruxismus zu sein. Der vorliegende Artikel

Abstract

Background: Awake bruxism (AB) is a condition that possibly mirrors some psychological disorders and can lead to several dental and medical consequences. While the frequency of AB could be described based on the so-called ecological momentary assessment (EMA) methodology, which enables real-time reporting of the condition under study (eg, tooth contact, tooth grinding, jaw clenching), the transfer process of this approach from the research to the clinical setting has not yet been performed.

Methods: An EMA for AB based on a smartphone application (app) has the potential to be an interesting strategy for introducing the advantages of EMA for bruxism evaluation. This article describes a new app that is dedicated to EMA/AB evaluation, and which may be useful as a cognitive-behavioral strategy for AB management.

¹ Alessandro Bracci, DDS, School of Dentistry, University of Padova, Padova, Italy

² Matthias Lange, DDS, Private Practice, Berlin, Germany

³ Goran Djukic, PhD, Researcher, Institute of Clinical Physiology, National Research Council, Pisa, Italy

⁴ Luca Guarda-Nardini, MD, DDS, Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Hospital of Treviso, Treviso, Italy

⁵ Daniele Manfredini, DDS, PhD, School of Dentistry, University of Siena, Siena, Italy



Results: The app has been used preliminarily to show about a 28% frequency of AB behaviors in a sample of healthy young adults over a 7-day recording period.

Conclusions: The use of smartphone technology may introduce several benefits in the field of EMA-based bruxism research and clinical practice, helping to set values of normal frequency. Such data could be compared to populations with risk-associated factors, with possible clinical consequences.

Keywords: *awake bruxism, ecological momentary assessment, smartphone, bruxism*

Introduction

Bruxism is currently a much-debated topic in dentistry, and several investigations have delved deeper into its etiology and possible consequences^{1,2}. Recently, a panel of experts provided an updated consensus definition³. The consensus paper suggested that uncertainty around several issues may derive from the different strategies adopted to diagnose bruxism, including measurement devices such as polysomnography (PSG), electromyography (EMG), and several clinical or self-reporting/questionnaire-based protocols^{4,5}. The differences in the diagnostic strategies of these various approaches may affect the results on bruxism epidemiology in the literature, which reports wide prevalence ranges for both adults and children/adolescents^{6,7}.

It is therefore highly recommended that researchers on the topic distinguish between the various forms of bruxism (ie, sleep bruxism [SB] vs awake bruxism [AB]; clenching vs grinding), and adopt a diagnostic grading system, as suggested for neuropathic pain⁸. Self-reporting approaches are suitable for the detection of 'possible' SB or AB, while an integrated clinical assessment leads to a 'probable' diagnosis. 'Definite' SB assessment should be based on self-reporting, a clinical examination, and PSG tracking, preferably together with audio/video (AV) recordings, while 'definite' AB should require self-reporting, a clinical examination, and EMG recordings³. Due to the difficulties of performing hour-long EMG recordings of jaw muscle activity during wakefulness, 'definite' AB assessment could also be based on the so-called ecological momentary assessment (EMA) methodology, which enables real-time reporting of the condition under study (ie, AB behaviors)⁹.

There is still much speculation on the topic of AB. From an etiological viewpoint, AB seems to be mainly related to psychosocial factors¹⁰, but knowledge of other issues

beschreibt eine neue App für das WB-EMA, die auch im Rahmen eines kognitiv-behavioralen Ansatzes für die WB-Behandlung verwendet werden kann.

Ergebnisse: Ein vorläufiger Einsatz der App in einer Stichprobe von jungen Erwachsenen ergab innerhalb eines Erfassungszeitraums von einer Woche eine Häufigkeit von 28 % für WB-Verhaltensweisen.

Schlussfolgerung: Der Einsatz der Smartphone-Technik bietet sowohl für die EMA-basierte Bruxismusforschung als auch für die Praxis diverse Vorteile und hilft, Werte für normale Häufigkeiten zu etablieren. Die gewonnenen Daten können mit denen von Populationen mit Risiko- bzw. assoziierten Faktoren und möglichen klinischen Folgen verglichen werden.

Indizes: *Wachbruxismus, ecological momentary assessment, Smartphone, Bruxismus*

Einleitung

Bruxismus ist Gegenstand einer laufenden zahnmedizinischen Debatte. Mehrere Untersuchungen haben versucht, tiefer in die Ätiologie und möglichen Folgen von Bruxismus einzudringen^{1,2}. Kürzlich hat eine Expertengruppe eine aktualisierte Konsensdefinition vorgestellt. In dem entsprechenden Konsenspapier wird auch die Vermutung geäußert, dass die Unklarheiten in einzelnen Punkten aus den unterschiedlichen für die Bruxismus-„Diagnostik“ eingesetzten Strategien resultieren könnten³. Die Vielfalt der Ansätze betrifft die Messgeräte (Polysomnografie [PSG], Elektromyografie [EMG]) ebenso wie diverse klinische oder auf Eigenberichten bzw. Fragebögen basierende Protokolle^{4,5}. Die Unterschiede zwischen diesen diagnostischen Strategien können die Zahlen zur Bruxismus-Epidemiologie in der Literatur beeinflusst haben, wo sich sowohl für Erwachsene als auch für Kinder und Jugendliche sehr unterschiedliche Angaben zur Prävalenz finden^{6,7}.

Deshalb ist nachdrücklich zu empfehlen, dass die Forschung zu diesem Thema zwischen den verschiedenen Bruxismusformen (z. B. Schlafbruxismus [SB] vs. Wachbruxismus [WB], Pressen vs. Knirschen) unterscheidet und ein gestuftes Bewertungssystem, wie das für neuropathischen Schmerz, verwendet⁸. Eigenberichte sind als Grundlage für die Feststellung von „möglichem“ SB und WB geeignet, während eine angeschlossene klinische Untersuchung zu einer „wahrscheinlichen“ Diagnose führt. „Definitiver“ SB sollte auf Basis von Eigenberichten,

einer klinischen Untersuchung und einer PSG, vorzugsweise mit Audio-/Video-(AV-)Aufzeichnung, festgestellt werden, während die Diagnose „definitiver“ Wachbruxismus Eigenberichte, eine klinische Untersuchung und eine EMG-Aufzeichnung erfordert³. Wegen der Schwierigkeiten, stundenlange EMG-Aufzeichnungen der Kaumuskelaktivität im Wachen zu realisieren, sollte die definitive Feststellung von WB auch auf das sogenannte *ecological momentary assessment* (EMA; Erfassung von Echtzeitdaten in der natürlichen Umgebung) zurückgreifen, das zeitnahe Angaben zum untersuchten Phänomen (bspw. Wachbruxismus) liefert⁹.

Innerhalb dieser Voraussetzungen ist WB noch immer Gegenstand zahlreicher Spekulationen. Ätiologisch scheint WB hauptsächlich mit psychosozialen Faktoren in Zusammenhang zu stehen¹⁰, aber unser Wissen zu anderen Aspekten ist aufgrund der Schwierigkeiten, im klinischen Rahmen eine definitive Diagnose zu stellen, sehr begrenzt.

Bislang sind die verfügbaren Daten zur WB-Prävalenz aus Eigenberichten abgeleitet, die zu einem einzelnen Beobachtungszeitpunkt erstellt werden⁷. Dieser Ansatz kann jedoch zu einer ungenauen Abschätzung der Prävalenz führen, da Daten zur Häufigkeit der WB-Aktivitäten fehlen und sich die Patienten an ihre orale Situation während der vom Bericht abgedeckten Zeitspanne erinnern müssen, die normalerweise sehr allgemein gehalten ist und große Zeiträume (Tage, Wochen, Monate) umfasst. Deshalb könnte das Sammeln von Echtzeitdaten zu multiplen Zeitpunkten im Verlauf eines Tages – zeitnah und in der natürlichen Umgebung, wie dies beim EMA-Ansatz gegeben ist – die am besten geeignete Strategie darstellen, um sich einer definitiven Beschreibung der Epidemiologie von WB-Verhalten zu nähern und frühere Aussagen zum Thema zu verbessern.

Diese Strategie hat sich bei der Untersuchung einer Vielzahl oraler Verhaltensweisen in Forschungsarbeiten bereits als zuverlässig erwiesen¹¹. Dennoch sind EMA-basierte Daten zu WB lückenhaft und auf wenige Untersuchungen zu ausgewählten Verhaltensmustern, wie Zähnepressen und Zahnkontakt-Habits beschränkt^{11–13}. Der gegenwärtige EMA-basierte Kenntnisstand zu WB hat deshalb Schwachstellen, weil beispielsweise Informationen zur Prävalenz von Unterkieferverspannung (d. h. Pressen ohne Zahnkontakt bzw. „Kieferspannung“) fehlen und umfassende Daten zu gesunden Individuen für den künftigen Vergleich mit ausgewählten Populationen benötigt werden, um die Zusammenhänge mit spezifischen Krankheiten oder Risikofaktoren besser zu verstehen. Hierfür

involved is limited by the difficulties of achieving a 'definite' assessment in the clinical setting. Until now, available data on AB prevalence derive from retrospective self-reporting at a single observation point⁷. Such an approach may potentially lead to an imperfect prevalence estimate due to the absence of data on the frequency of AB as well as the forced recall by patients of their oral condition during the timespan covered by the report, which is usually very generic and refers to broad periods (eg, days, weeks or months). Thus, collecting real-time data at multiple recording points during the day, close in time to the experience in the natural environment (as is possible with EMA approaches) could be a suitable strategy to approximate a definite picture of the epidemiology of AB behaviors, and improve on previous research on the topic.

Such a strategy has already proven reliable in the research setting to assess a variety of oral behaviors¹¹. Nonetheless, EMA-based data on AB are fragmental and limited to a few investigations on selected behaviors, such as tooth clenching and tooth contact habits^{11–13}. Thus, current knowledge on EMA/AB has some shortcomings such as a lack of information on the prevalence of mandible bracing (analogous to clenching without the teeth in contact, or jaw clenching) and the need to gather comprehensive data on healthy individuals for future comparison with selected populations for a better understanding of the relationship with specific diseases or risk factors. Based on this, it could be useful to assess the frequency of all conditions (ie, tooth contact habits, tooth clenching, tooth grinding, jaw clenching) that are potentially part of the spectrum of AB behaviors in a natural environment.

Materials and methods

Smartphones provide an ideal platform for adopting real-time evaluations at multiple daily recording points over multiple-day spans. To this end, an application (app) was recently developed to introduce EMA principles for bruxism evaluation and management (BruxApp, Pontedera, Italy). The app sends alert sounds at random times during the day. The individual smartphone user must answer in real time (ie, EMA) by tapping on the display icon that refers to the current condition of the jaw muscles: relaxed jaw muscles, tooth contact, tooth clenching, tooth grinding or jaw clenching (without tooth contact) (Fig 1). For further details on the software, readers are referred to the original publication and to Figs 2 to 6¹⁴.

The conditions listed above were selected due to their relevance as behaviors that are part of the AB spectrum. They



Fig 1 The five conditions under real-time evaluation.

Abb. 1 Die fünf Verhaltensweisen unter Echtzeiterfassung.

are defined during information sessions for the patients as follows:

- Relaxed jaw muscles: Condition of perceived relaxed state of jaw muscles, with jaws kept apart.
- Tooth contact: Condition of slight tooth contact, like that which the patient perceives when a 40 μ articulating paper (Bausch occlusion paper; Bausch KG, Koln, Germany) is placed between the dental arches, and the patient is asked to keep it there by lightly touching the teeth together with the mouth closed.
- Tooth clenching: All conditions where tooth contact is more marked than those listed above, and the jaw muscles are tensed.
- Tooth grinding: Condition in which the patient gnashes or grinds the opposing teeth, independent of the intensity and direction of antagonist tooth contact.
- Jaw clenching/bracing (without tooth contact): Condition of jaw muscle stiffness or tension, as in tooth clenching but with the teeth apart.

Preliminary data on this issue have recently been gathered in a sample of 46 undergraduate dental students (20 male, 26

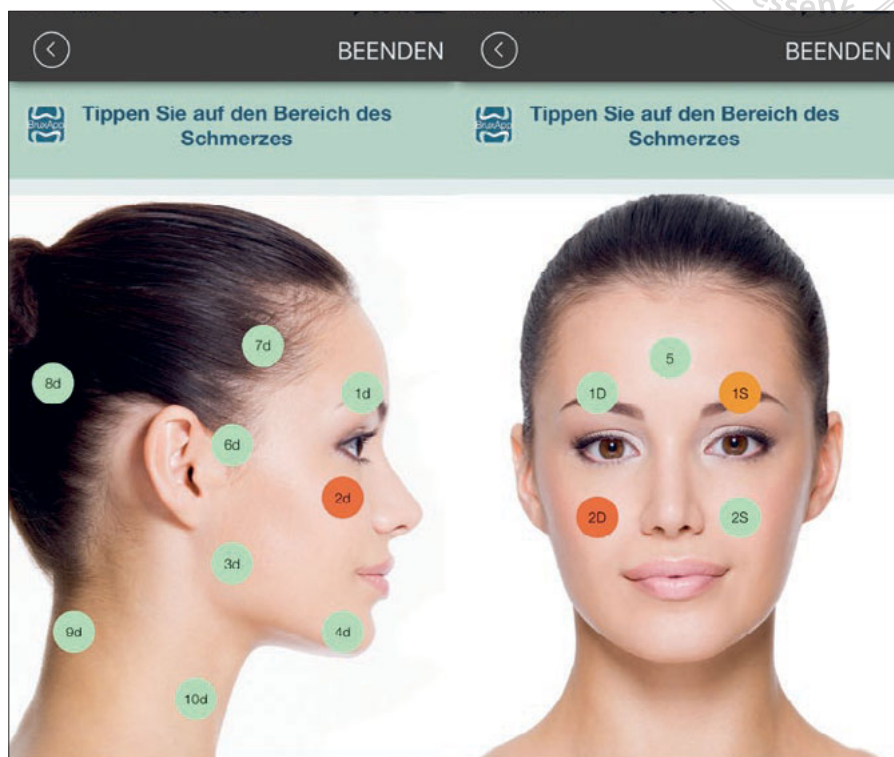


Fig 2 Pain areas related to EMA/AB recording.

Abb. 2 Schmerzhaftes Areal im Zusammenhang mit dem WB-EMA.

könnte es nützlich sein, die Häufigkeit aller Verhaltensweisen (d. h. Zähnepressen, Kieferspannung, Knirschen, Zahnkontakt-Habits) zu bestimmen, die möglicherweise Teil des WB-Spektrums in einer natürlichen Umgebung sein können.

Material und Methode

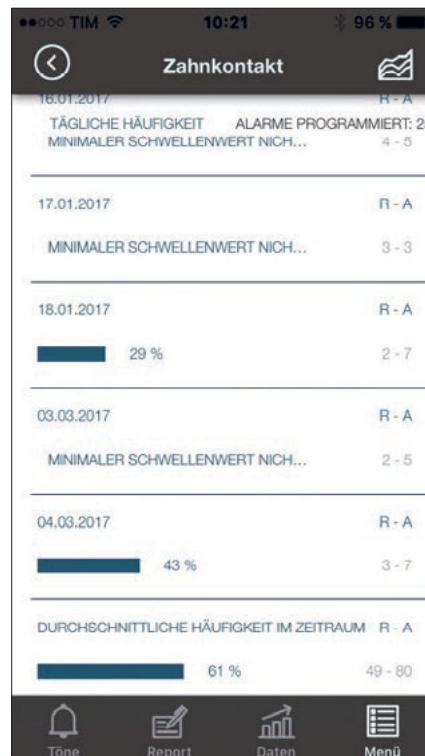
Smartphones scheinen eine ideale Plattform für die zeitnahe Bewertung zu verschiedenen Erfassungszeitpunkten im Tagesverlauf über mehrtägige Zeiträume zu bieten.

Deshalb wurde kürzlich eine App (BruxApp®, Fa. BruxApp team, Pontedera, Italien) entwickelt, mit dem Ziel, die EMA-Prinzipien bei der Untersuchung und Behandlung von Bruxismus anzuwenden. Es wird tagsüber an zufällig gewählten Zeitpunkten ein akustisches Signal erzeugt, auf das der Benutzer in Echtzeit (d. h. EMA) antworten muss, indem er auf dem Bildschirm die Schaltfläche antippt, die darüber hinaus den aktuellen Zustand seiner Kaumuskeln wiedergibt: Entspannung,



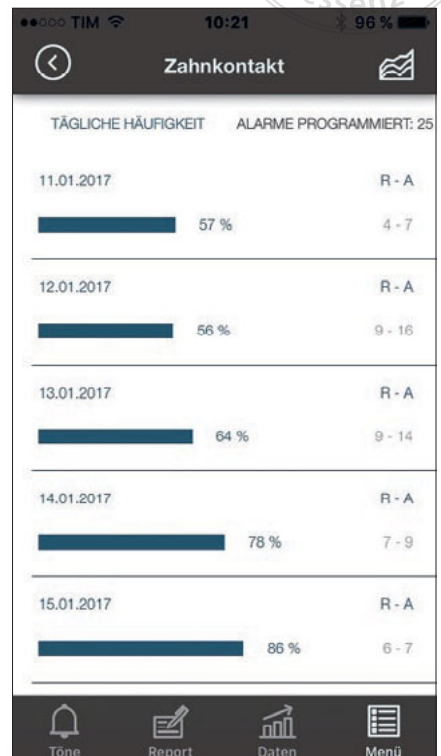
Fig 3 VAS pain intensity related to pain areas.

Abb. 3 VAS-Bewertung der Schmerzintensität in den Schmerzarealen.



Figs 4 and 5 Charts describing the day-by-day frequency of the specific conditions and the average frequency over the 7-day period.

Abb. 4 und 5 Die Diagramme stellen die Tageshäufigkeit der erfassten Aktivität und die durchschnittliche Häufigkeit über den Erfassungszeitraum dar.



Zahnkontakt, Zähnepressen, Knirschen, Kieferspannung (ohne Zahnkontakt [Abb. 1]). Für weitere Details zu dieser Software sei der Leser an die Originalveröffentlichung und die Abbildungen 2 bis 6 verwiesen¹⁴.

Die genannten Zustände wurden wegen ihrer Relevanz als Verhaltensweisen, die Teil des WB-Spektrums sind, ausgewählt. Während des Instruktionsgesprächs mit den Patienten sollte man sie folgendermaßen definieren:

- Entspannte Kaumuskeln: Zustand mit wahrgenommener Entspannung der Kaumuskeln bei geöffneten Kiefern.
- Zahnkontakt: Zustand mit leichtem Zahnkontakt, wie ihn der Proband wahrnimmt, wenn 40 µm dickes Artikulationspapier (Bausch Okklusionspapier®, Fa. Bausch KG, Köln) zwischen die Zahnreihen gelegt wird, und durch Zahnkontakt an Ort und Stelle gehalten werden soll. Kurz, dieser Zustand ist definiert als leichte Zahnberührung bei geschlossenem Mund.
- Zähnepressen: alle Zustände, in denen die Zahnkontakte stärker ausgeprägt sind als eben beschrieben und die Kaumuskeln in Anspannung gehalten werden.

female; mean age 24.2 years) in good general health in the final 2 years at the School of Dentistry, University of Padova, Italy, and performing clinical training at the Section of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Hospital of Treviso, Italy. The software was programmed to send 15 alerts per day at random time intervals from 9:00 to 12:00, and from 15:00 to 19:00. In order to reduce the possibility that individuals may modify their behavior based on alert expectation, alerts were randomly generated by the app during lunch times. Data were recorded over a 7-day period. After the observation period, the software automatically generated an anonymous, pre-formatted Excel file that participants could send to researchers via email.

Results

On average, the frequency of the various AB behaviors over the 7-day observation period was as follows: relaxed jaw muscles: 71.7%; tooth contact: 14.4%; jaw clenching (without tooth contact): 9.4%; tooth clenching: 2.7%; tooth



Fig 6 Cognitive-behavioral approaches to help patients realize the need for keeping the jaw muscles relaxed.

Abb. 6 Kognitiv-verhaltenstherapeutischer Ansatz, um dem Patienten die Notwendigkeit bewusst zu machen, die Kaumuskulatur zu entspannen.

Table 1 Frequency data of positive observations (mean values and range) expressed in percentage for the different AB behaviors over the 7-day observation period

Activity	Mean prevalence (SD)	Range
Relaxed jaw muscles	71.7 (24.3)	5.8–100
Tooth contact	14.4 (14.7)	0–47.4
Jaw clenching	9.4 (11.5)	0–42.7
Tooth clenching	2.7 (4.9)	0–19.7
Tooth grinding	0.1 (0.5)	0–3.1

AB: awake bruxism; SD: standard deviation

grinding: 0.1% (Table 1). No gender-related differences were found.

Day-to-day variability of the frequency of each condition at the study group level over the 7-day period was low for the condition relaxed jaw muscles (2.6%), and moderate for the behaviors tooth contact (10.5%), tooth clenching (18.5%), and jaw clenching (24.4%).

Tab. 1 Häufigkeit der positiven Beobachtungen verschiedener Wachbruxismus-Aktivitäten über einen Beobachtungszeitraum von 7 Tagen, angegeben in Prozent (Mittelwert und Spannweite).

Aktivität	Mittlere Prävalenz (SD)	Spannweite
Entspannte Kaumuskeln	71,7 (24,3)	5,8–100
Zahnkontakt	14,4 (14,7)	0–47,4
Kieferspannung	9,4 (11,5)	0–42,7
Zähnepressen	2,7 (4,9)	0–19,7
Knirschen	0,1 (0,5)	0–3,1

- Knirschen: Zustand, bei dem gegenüberliegende Zähne mahlen oder knirschen, unabhängig von der Intensität und Richtung der Antagonistenkontakte.
- Kieferspannung (ohne Zahnkontakt): Zustand mit Kiefermuskulaturspannung wie beim Zähnepressen, aber ohne Kontakt der Zähne.

Kürzlich wurden in einer Stichprobe von 46 Studierenden der Zahnmedizin (26 Frauen, 20 Männer, Durchschnittsalter: 24,2 Jahre) mit guter Allgemeingesundheit, die im vorletzten oder letzten Studienjahr Zahnmedizin an der Universität Padua (Italien) studierten und klinische Übungen an der Abteilung für Zahnmedizin und Oralchirurgie des Krankenhauses von Treviso (Italien) durchführten, vorläufige Daten zu diesem Thema erhoben. Die Software wurde auf 15 Alarme pro Tag im Zeitraum von 9.00 bis 12.00 Uhr sowie von 15.00 bis 19.00 Uhr in zufälligen Intervallen programmiert, um auszuschließen, dass die Probanden ihr Verhalten aufgrund der Alarmerwartung verändern, und um zufällig generierte Alarme während der Mittagszeit zu verhindern. Die Daten wurden über einen Zeitraum von einer Woche erfasst. Nach der Beobachtungsphase erzeugte die Software automatisch ein anonymisiertes, vorformatiertes Excel-File, das die Teilnehmer den Untersuchern per E-Mail zukommen ließen.

Ergebnisse

Es gab keine geschlechtsspezifischen Unterschiede. Die durchschnittlichen Häufigkeiten der einzelnen WB-Verhaltensweisen über die 7-tägige Beobachtungsperiode waren folgende (Tab. 1):

- entspannte Kaumuskulatur: 71,7 %,
- Zahnkontakt: 14,4 %,
- Kieferspannung (ohne Zahnkontakt): 9,4 %,
- Zähnepressen: 2,7 %
- und Knirschen: 0,1 %.

Die Häufigkeitsschwankungen der einzelnen Zustände zwischen den Tagen waren in der untersuchten Gruppe während der 7-tägigen Beobachtungsphase für den Zustand „entspannt“ gering (2,6 %), und bei den Verhaltensweisen „Zahnkontakt“ (10,5 %), „Zähnepressen“ (18,5 %) und „Kieferspannung“ (24,4 %) moderat.

Diskussion

Bruxismus ist in der Zahnmedizin ein heiß diskutiertes Thema, gekennzeichnet durch fortgesetzte Debatten über seine klinische Bedeutung. Diese betreffen vor allem die Frage, ob Bruxismus als behandlungsbedürftige Erkrankung oder als nicht behandlungsbedürftiges Verhalten zu interpretieren ist^{3,15,16}. Die aktuelle Konsensdefinition hat eine diagnostische Graduierung für SB und WB eingeführt, es werden aber auch Forderungen nach einer erneuten Bewertung der tatsächlichen Validität der aktuell etablierten diagnostischen Standards für die Feststellung von klinisch relevantem Bruxismus laut^{17,18}. Daher ist ein besseres Verständnis der Epidemiologie verschiedener Bruxismusaktivitäten dringend nötig, um tiefere Einblicke in dieses komplexe Phänomen zu gewinnen.

Eine möglicherweise nützliche Strategie, um die Problematik besser zu verstehen, ist das Sammeln von Daten zur Häufigkeit von WB-Verhaltensweisen mithilfe des sogenannten EMA. Dieses wurde ursprünglich in der psychologischen Forschung eingesetzt, um die Validität von Eigenberichten zu untersuchten Zielvariablen (z. B. Symptome, Affekte, Verhalten, Gefühle, Wahrnehmung) zu verbessern¹⁹. In diesem Zusammenhang bietet die Smartphone-Technik neue Möglichkeiten für das EMA, weil die Datenerhebung zu klinischen und wissenschaftlichen Zwecken nun mit einem Werkzeug erfolgen kann, das bei einem Großteil der Bevölkerung bereits in den Alltag integriert ist^{20,21}. Die Entwicklung von Smartphone-Apps nach dem EMA-Konzept kann helfen, die epidemiologischen Eigenschaften vieler Krankheiten zu verstehen, da eine Beobachtung des natürlichen Verlaufs und der Schwankungen von Zeichen, Symptomen sowie der Exposition gegen ätiologische Faktoren möglich wird.

Discussion

Bruxism is a contentious topic in dentistry, with ongoing debates on its clinical meaning, and especially whether it is a condition that demands treatment or not^{3,15,16}. A recent consensus definition introduced a diagnostic grading for both SB and AB, but there have been suggestions to reappraise the validity of the currently available diagnostic standards to detect clinically relevant bruxism^{17,18}. Gaining more knowledge about the epidemiology of bruxism activities will allow for deeper insight into this complex phenomenon.

A potentially useful strategy to enable this deeper insight is to provide information on the frequency of AB behaviors by the adoption of the so-called EMA methodology. This approach was first introduced in psychological research settings to maximize the validity of self-reporting outcome variables under investigation/assessment (eg, symptoms, affects, behaviors, feelings, cognition) close in time to the experience¹⁹. In this regard, the progress made in smartphone technology has initiated a new era for EMA, since data collection for both clinical and research purposes can now be undertaken using a tool that is already part of the daily life of most people^{20,21}. The development of smartphone apps based on the EMA concept may allow for a better understanding of the epidemiological features of many diseases by studying the natural course and fluctuations of signs, symptoms, and exposure to etiological factors.

There are only a few pilot studies in the literature on the application of EMA principles in the dental field. Findings suggest, for example, that non-functional tooth contact (ie, tooth contact during activities not associated with normal function, such as when reading books, watching television, working, etc), recorded at 20-min intervals for 10 days, are more prevalent in patients with TMD than in healthy subjects¹². Using a smartphone app (BruxApp) in a population of healthy young adults has shown an average frequency of 28.3% for the different AB behaviors (ie, tooth contact, jaw clenching, tooth clenching, tooth grinding) over a 7-day observation period. Tooth contact habits and jaw clenching were the most frequently reported conditions, with an average prevalence of 14.4% and 9.4%, respectively. It is difficult to compare these data with findings in the literature due to the paucity of reports on the topic (as discussed above), especially where the absence of data on definite AB prevalence is concerned.

A recent systematic review on the epidemiology of bruxism in adults retrieved only a few articles that relied on self-reporting⁷. These articles showed a 22.1% prevalence



for AB, as defined by the frequency term 'often'²², and a 31% prevalence for AB, independent of the frequency, during a 6-month period²³. To point out how varying the reports on the issue are, one article described a 11.2% prevalence of AB based on the generic history-taking item: "During the day, do you grind your teeth or clench your jaw?"²⁴, while an investigation on Brazilian dental students found a 36.5% prevalence of AB based on the question: "In the last 30 days, have you noticed clenching your teeth while awake and not chewing food?"²⁵.

The paucity of available literature therefore makes the pilot data gathered on EMA/AB a possible yardstick for 'normal' AB prevalence in young adults. In future, research on the topic may be quite intuitive, and comprise an evaluation of the additive contribution of associated factors as well as a better understanding of the possible clinical consequences. Feasible strategies to achieve this may be comparing possible associated conditions (eg, myofascial pain) within selected populations, or even looking at healthy volunteers undergoing stressful periods that may have an influence on their current psychological wellbeing. In addition, studies on the natural course of AB could be performed; for instance, it would be interesting to investigate the day-to-day variability of behaviors over multiple observation periods, especially considering the seeming stability over time of the frequency of the relaxed condition.

EMA strategies are reliable for collecting consistent data that reduce the influence of the natural fluctuation on estimating the prevalence of oral behaviors. Thus, future investigations should aim to delve more deeply into the topic of time-related variability of the specific AB activities, which may even be viewed as part of a complex spectrum of muscle behaviors that represent an alternative condition with respect to keeping the jaw muscles relaxed.

Finally, once the specific indications for treatment are defined¹⁵, the potential for the use of the smartphone/EMA approach as a strategy to implement cognitive-behavioral management of AB could be assessed. Cognitive-behavioral approaches that help patients to realize the need for keeping their jaw muscles relaxed are the best available treatment option and provide the optimal long-term treatment outcomes, thanks to the acquisition of individual self-consciousness about this issue. Therefore, it is plausible that an app that aims to instruct patients on the various consequences of bruxism, with an alert biofeedback function such as sound pulses at random times that remind patients about keeping their jaw muscles relaxed, may have interesting clinical potential.

Die Literatur bietet nur wenige Pilotstudien zur Anwendung der EMA-Prinzipien in der Zahnmedizin. Vorhandene Befunde zeigen beispielsweise, dass bei einer Erfassung in 20-Minuten-Intervallen über 10 Tage hinweg nichtfunktionelle Zahnkontakte (also Zahnkontakte bei Aktivitäten, die keinen Zusammenhang mit normaler Kaufunktion haben, wie Lesen, Fernsehen, Arbeiten usw.) bei CMD-Patienten häufiger als bei Gesunden auftreten¹².

Mithilfe einer Smartphone-App (Bruxapp®) konnte in dieser Untersuchung für eine Population von gesunden jungen Erwachsenen gezeigt werden, dass die Häufigkeit aller WB-Verhaltensweisen (d. h. Zahnkontakt, Zähnepressen, Knirschen und Kieferspannung) im Verlauf einer einwöchigen Beobachtungsphase insgesamt 28,3% betrug. Die höchsten Prävalenzen ergaben sich für Zahnkontakt und Kieferspannung mit 14,4 bzw. 9,4%.

Diese Daten lassen sich aufgrund des bereits erwähnten Mangels an Publikationen zum Thema kaum mit anderen Befunden in der Literatur vergleichen. Vor allem gilt dies, da Daten zur Prävalenz von definitivem WB vollständig fehlen. Ein aktuelles systematisches Review zur Epidemiologie von Bruxismus bei Erwachsenen konnte lediglich einige wenige Artikel identifizieren, die auf Eigenberichten beruhten⁷. Diese ergaben für WB, der mit der Häufigkeitsangabe „oft“ qualifiziert wurde, eine Prävalenz von 22,1% sowie für nicht bezüglich seiner Häufigkeit definierten WB eine Prävalenz von 31% während der zurückliegenden 6 Monate²³. Um zu demonstrieren wie unspezifisch die Publikationen zu diesem Thema sind: Ein späterer Artikel gab basierend auf dem sehr allgemein gehaltenen Anamnese-Item „Knirschen Sie tagsüber mit den Zähnen oder spannen Sie tagsüber die Kiefer an?“ eine Prävalenz von 11,2% an²⁴, während eine Untersuchung an Zahnmedizinstudenten in Brasilien mit der Frage „Ist Ihnen in den vergangenen 30 Tagen aufgefallen, dass Sie mit den Zähnen gepresst haben, während Sie wach waren und keine Nahrung kauten?“ eine Prävalenz von 36,5% ermittelte²⁵.

Der Mangel an verfügbarer Literatur macht die hier mittels EMA gesammelten Pilotdaten zu einem möglichen Ausgangspunkt für eine „realistischere“ WB-Prävalenz bei jungen Erwachsenen. Die Entwicklungsrichtung künftiger Untersuchungen zum Thema ist leicht absehbar und dürfte die Bestimmung des zusätzlichen Beitrags assoziierter Faktoren sowie ein besseres Verständnis möglicher klinischer Folgen umfassen. Vergleiche mit ausgewählten Populationen, die mögliche assoziierte Störungen zeigen (z. B. myofaszialen Schmerz), oder auch mit gesunden

Freiwilligen in Stressphasen, die das psychische Wohlbefinden beeinträchtigen können, scheinen hierfür geeignete Strategien zu sein.

Zusätzlich könnten Studien zum natürlichen Verlauf von WB durchgeführt werden. Es wäre interessant, Genaueres über die Schwankungen der einzelnen Verhaltensweisen von Tag zu Tag während multipler Beobachtungsperioden zu erfahren, vor allem vor dem Hintergrund, dass die Häufigkeit des Zustands „entspannt“ über längere Zeiträume stabil zu sein scheint. Mit EMA-Strategien lassen sich konsistente Daten erheben, die den Einfluss natürlicher Schwankungen auf die Schätzung der Prävalenz oraler Verhaltensweisen reduzieren. Künftige Untersuchungen sollten deshalb die Frage der zeitabhängigen Varianz der spezifischen WB-Aktivitäten vertiefen, da diese als Teil eines komplexen Spektrums muskulärer Verhaltensweisen gesehen werden können, die einen Alternativzustand zur entspannt gelassenen Kaumuskulatur darstellen.

Schließlich kann, sobald spezifische Indikationen für die Behandlung definiert sind¹⁵, das Potenzial der Smartphone-EMA als Mittel für eine kognitive Verhaltenstherapie von WB untersucht werden. Kognitiv-verhaltenstherapeutische Ansätze, die dabei helfen, den Patienten die Notwendigkeit einer Entspannung der Kaumuskulatur bewusst zu machen, sind die beste verfügbare Behandlungsoption und liefern die besten Langzeitresultate, da sie ein individuelles Bewusstsein des Problems schaffen. Daher dürfte eine App, die den Patienten über die Folgen von Bruxismus aufklärt und über einen Biofeedback-Alarm in Form von Signaltönen zu zufälligen Zeitpunkten daran erinnert, die Kaumuskeln zu entspannen, interessante klinische Perspektiven eröffnen.

Der vorliegende Beitrag diskutiert erstmals die Möglichkeit einer Echtzeiterfassung der Häufigkeit verschiedener möglicher WB-Verhaltensmuster (WB-EMA). Der Fortschritt in der Smartphone-Technik macht es möglich, die entsprechenden Daten durch Einführung des EMA-Konzeptes in die Bruxismus-Epidemiologie zu gewinnen. Die Vorteile des Ansatzes dürften für in diesem Bereich arbeitende Wissenschaftler auf der Hand liegen, da er auch multizentrische Studiendesigns erleichtert. Das gegenwärtig laufende, auf Smartphone-Technik basierende International Multi-Center Research Project wird hoffentlich die bislang umfangreichste Sammlung epidemiologischer Daten in der Bruxismusliteratur ins Leben rufen. Experten und Projektleiter aus mehreren Ländern koordinieren die Datenakquise in den einzelnen Ländern mithilfe der mehrsprachigen Plattform, die bereits in über 20 Sprachen

This article is the first to discuss the possible use of real-time frequency evaluation of several possible AB behaviors (EMA/AB). The advances in smartphone technology have enabled data gathering by introducing the EMA approach to the study of bruxism epidemiology. The advantages of this approach may be intuitive to researchers in the field, since it also makes it easier to design multicenter investigations. The ongoing International Multicenter Research Project based on smartphone technology will hopefully give life to the largest epidemiological data gathering in bruxism literature. Thanks to the multi-language platform that already exists, experts and leaders from several countries are coordinating data collection from different countries and in more than 20 languages, currently in English, Italian, German, and Portuguese, and soon also in French, Spanish, Polish, Finnish, Brazilian Portuguese, Hebrew, Lithuanian, Bosnian, and Croatian.

It must be pointed out that such an approach may also influence the future construct of bruxism. For years, bruxism has been considered a risk factor for several clinical dental consequences, yet the literature has consistently failed to show a clear relationship with the purported effects, such as TMDs, occlusal trauma, and implant failure^{2,26,27}. It seems, therefore, that there is a sense of urgency regarding the need to redefine bruxism and differentiate between the different bruxism behaviors^{3,28}.

At the same time, the possible shortcomings associated with EMA/AB need to be evaluated. In particular, investigations are needed to confirm that EMA approaches approximate the advocated 'definite' assessment for AB. Such investigations need to assess the reliability and accuracy of real-time subjective reports. A possible strategy would be to compare them with the real-time assessment of the EMG activity of jaw muscles^{29,30}. Such comparisons could be particularly useful if one considers that the magnitude of AB activity, rather than its reported presence, could emerge as a critical factor for the study of clinical consequences. It is hoped that the approach adopted in the investigation discussed in this article may help to simplify the future designing and reporting of case studies on different AB topics.

Conclusions

The significant and increasing prevalence of bruxism is a concern for dental practitioners. The EMA methodology has the potential to allow for an improved basis for research on the topic of AB. Although the EMA concept is relatively new in dentistry, it is a well-established diagnostic strategy in the



psychological sciences, and refers to real-time reporting of a condition under investigation. This article discussed the possible advantages of adopting smartphone technology to enable EMA/AB.

Acknowledgments

The authors are grateful to the undergraduate students Alessandra Zani and Caterina Pandolfo, University of Padova, Italy, who are studying the BruxApp project as part of their thesis and who coordinated the relationship between the students and the researchers during this investigation. Their help and assistance have been fundamental during all the data collection phases. The authors are also grateful to all the experts and project leaders in the various countries – Jari Ahlberg, Ricardo Dias, Jean-Paul Goulet, Tomislav Lauc, Frank Lobbezoo, Enita Nakas, Magdalena Osiewicz, Claudia Restrepo, Vygandas Rutkunas, Junia Serra-Negra, and Efraim Winocur – without whose efforts the Multilanguage Platform and Multicenter Project could not have been realized.

The authors declare that there is no conflict of interest. Furthermore, the authors declare that the patients have all given their informed consent.

References

1. Lavigne GJ, Khoury S, Abe S, Yamaguchi T, Raphael K. Bruxism physiology and pathology: an overview for clinicians. *J Oral Rehabil* 2008;35:476–494.
2. Manfredini D, Lobbezoo F. Relationship between bruxism and temporomandibular disorders: a systematic review of literature from 1998 to 2008. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:e26–e50.
3. Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, et al. Bruxism defined and graded: an international consensus. *J Oral Rehabil* 2013;40:2–4.
4. Lavigne GJ, Rompré PH, Montplaisir JY. Sleep bruxism: validity of clinical research diagnostic criteria in a controlled polysomnographic study. *J Dent Res* 1996;75:546–552.
5. Koyano K, Tsukiyama Y, Ichiki R, Kuwata T. Assessment of bruxism in the clinic. *J Oral Rehabil* 2008;35:495–508.
6. Manfredini D, Restrepo C, Diaz-Serrano K, Winocur E, Lobbezoo F. Prevalence of sleep bruxism in children: a systematic review of the literature. *J Oral Rehabil* 2013;40:631–642.
7. Manfredini D, Winocur E, Guarda-Nardini L, Paesani D, Lobbezoo F. Epidemiology of bruxism in adults: a systematic review of the literature. *J Orofac Pain* 2013;27:99–110.

arbeitet und in Kürze auch auf Französisch, Spanisch, Polnisch, Finnisch, brasilianischem Portugiesisch, Hebräisch, Litauisch, Bosnisch und Kroatisch zur Verfügung stehen wird.

Anzumerken ist ferner, dass ein solcher Ansatz auch das künftige Konzept von Bruxismus beeinflussen kann. Seit vielen Jahren wird Bruxismus sehr allgemein als Risikofaktor für diverse klinische Folgen von zahnmedizinischer Relevanz geführt, während es in der Literatur nie gelungen ist, eine eindeutige Beziehung mit den behaupteten Auswirkungen, wie CMD, okklusales Trauma oder Implantatversagen, nachzuweisen^{2,26,27}. Solche Beobachtungen lassen eine Neudefinition von Bruxismus, die zwischen den verschiedenen Bruxismusaktivitäten differenziert, dringend geboten erscheinen^{3,28}.

In diesem Kontext müssen auch mögliche Unzulänglichkeiten eines WB-EMA bewertet werden. Speziell werden Untersuchungen benötigt, die bestätigen, dass EMA-Ansätze der geforderten definitiven Beurteilung für WB nahekommen. Hierzu wäre die Zuverlässigkeit und Genauigkeit subjektiver Echtzeitberichte zu untersuchen. Als mögliche Strategie sollte dabei der Vergleich mit einem Echtzeit-Assessment der EMG-Aktivität der Kaumuskulatur dienen^{29,30}. Ein solcher Vergleich könnte besonders hilfreich sein, wenn bedacht wird, dass weniger das Vorliegen von WB-Aktivität als vielmehr deren Umfang sich als kritischer Faktor für die Erforschung der klinischen Auswirkungen erweisen könnte. Unabhängig davon können dank des in dieser Untersuchung verwendeten Ansatzes auch das Design und die Dokumentation künftiger Fallserien zu verschiedenen WB-Themen vereinfacht werden.

Schlussfolgerung

Die Prävalenz von Bruxismus ist nicht zu übersehen und nimmt weiter zu. Für den normalen Zahnarzt bedeutet dies neue Herausforderungen am Behandlungsstuhl. Ein *Ecological Momentary Assessment* kann dabei helfen, die Grundlagen für Forschungsarbeiten zum Thema Wachbruxismus zu verbessern. Dieses Konzept ist in der Zahnmedizin relativ neu, während es in der Psychologie bereits ein etabliertes diagnostisches Werkzeug darstellt; es greift auf Echtzeit-Angaben zum untersuchten Phänomen zurück. In diesem Beitrag wurden mögliche Vorteile eines Wachbruxismus-EMA unter Verwendung von Smartphone-Technik diskutiert.

Danksagung

Die Autoren danken den Studentinnen Alessandra Zani und Caterina Pandolfo von der Universität Padua, die das BruxApp-Projekt im Rahmen ihrer Doktorarbeiten begleiten und die Zusammenarbeit zwischen Studenten und Forschern während dieser Untersuchung koordiniert haben. Ihre Hilfe und Unterstützung während aller Etappen der Datenakquise waren sehr wichtig.

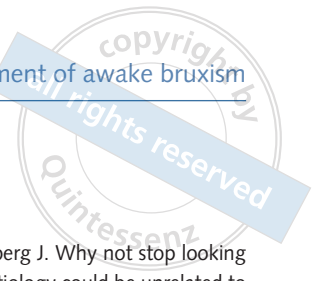
Die Autoren möchten ferner allen Experten und Projektleitern in ihren jeweiligen Ländern danken: Jari Ahlberg, Ricardo Dias, Jean-Paul Goulet, Tomislav Lauc, Frank Lobbezoo, Enita Nakas, Magdalena Osiewicz, Claudia Restrepo, Vygandas Rutkunas, Junia Serra-Negra und Efraim Winocur. Ohne ihre Bemühungen wäre dieses Multicenterprojekt mit seiner mehrsprachigen Plattform nicht zu realisieren.

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt vorliegt. Ferner erklären die Autoren, dass die Patienten ihr Einverständnis gegeben haben.

Address/Adresse

Daniele Manfredini, DDS, PhD
 School of Dentistry
 University of Padova
 Via Giustiniani 2
 35128 Padova
 Italy
 E-Mail: daniele.manfredini@tin.it

8. Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, et al. Neuropathic pain: redefinition and a grading system for clinical and research purposes. *Neurology* 2008;70:1630–1635.
9. Shiffman S, Stone AA. Ecological momentary assessment in health psychology. *Health Psychol* 1998;17:3–5.
10. Manfredini D, Lobbezoo F. Role of psychosocial factors in the etiology of bruxism. *J Orofac Pain* 2009;23:153–166.
11. Kaplan SE, Ohrbach R. Self-report of waking-state oral parafunctional behaviors in the natural environment. *J Oral Facial Pain Headache* 2016;30:107–119.
12. Funato M, Ono Y, Baba K, Kudo Y. Evaluation of the non-functional tooth contact in patients with temporomandibular disorders by using newly developed electronic system. *J Oral Rehabil* 2014;41:170–176.
13. Chen CY, Palla S, Erni S, Sieber M, Gallo LM. Nonfunctional tooth contact in healthy controls and patients with myogenous facial pain. *J Orofac Pain* 2007;21:185–193.
14. Manfredini D, Bracci A, Djukic G. BruxApp: the ecological momentary assessment of awake bruxism. *Minerva Stomatol* 2016;65:252–255.
15. Manfredini D, Ahlberg J, Winocur E, Lobbezoo F. Management of sleep bruxism in adults: a qualitative systematic literature review. *J Oral Rehabil* 2015;42:862–874.
16. Raphael KG, Santiago V, Lobbezoo F. Is bruxism a disorder or a behaviour? Rethinking the international consensus on defining and grading of bruxism. *J Oral Rehabil* 2016;43:791–798.
17. Manfredini D, Ahlberg J, Castroflorio T, Poggio CE, Guarda-Nardini L, Lobbezoo F. Diagnostic accuracy of portable instrumental devices to measure sleep bruxism: a systematic literature review of polysomnographic studies. *J Oral Rehabil* 2014;41:836–842.
18. Castroflorio T, Bargellini A, Rossini G, Cugliari G, Deregibus A, Manfredini D. Agreement between clinical and portable EMG/ECG diagnosis of sleep bruxism. *J Oral Rehabil* 2015;42:759–764.
19. Moskowitz DS, Young SN. Ecological momentary assessment: what it is and why it is a method of the future in clinical psychopharmacology. *J Psychiatry Neurosci* 2006;31:13–20.
20. Runyan JD, Steinke EG. Virtues, ecological momentary assessment/intervention and smartphone technology. *Front Psychol* 2015;6:481.
21. Raento M, Oulasvirta A, Eagle N. Smartphones: An emerging tool for social scientists. *Sociol Meth Res* 2009;37:426–454.
22. Jensen R, Rasmussen BK, Pedersen B, Lous I, Olesen J. Prevalence of oromandibular dysfunction in a general population. *J Orofac Pain* 1993;7:175–182.
23. Pow EH, Leung KC, McMillan AS. Prevalence of symptoms associated with temporomandibular disorders in Hong Kong Chinese. *J Orofac Pain* 2001;15:228–234.
24. Sierwald I, John MT, Schierz O, et al. Association of temporomandibular disorder pain with awake and sleep bruxism in adults. *J Orofac Orthop* 2015;76:305–317.



25. Serra-Negra JM, Scarpelli AC, Tirsá-Costa D, Guimarães FH, Pordeus IA, Paiva SM. Sleep bruxism, awake bruxism and sleep quality among Brazilian dental students: a cross-sectional study. *Braz Dent J* 2014;25:241–247.
26. Manfredini D, Poggio CE, Lobbezoo F. Is bruxism a risk factor for dental implants? A systematic review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16:460–469.
27. Manfredini D, Ahlberg J, Mura R, Lobbezoo F. Bruxism is unlikely to cause damage to the periodontium: findings from a systematic literature assessment. *J Periodontol* 2015;86:546–555.
28. Manfredini D, De Laat A, Winocur E, Ahlberg J. Why not stop looking at bruxism as a black/white condition? Aetiology could be unrelated to clinical consequences. *J Oral Rehabil* 2016;43:799–801.
29. Cioffi I, Landino D, Donnarumma V, Castroflorio T, Lobbezoo F, Michelotti A. Frequency of daytime tooth clenching episodes in individuals affected by masticatory muscle pain and pain-free controls during standardized ability tasks. *Clin Oral Investig* 2017;21:1139–1148.
30. Ohrbach R, Markiewicz MR, McCall WD Jr. Waking-state oral parafunctional behaviors: specificity and validity as assessed by electromyography. *Eur J Oral Sci* 2008;116:438–444.