

■ J. C. Türp^{1,2}

Ist die instrumentelle Funktionsanalyse eine empfehlenswerte Maßnahme zur Diagnostik kranio-mandibulärer Funktionsstörungen?*

Im Oktober 2001 verabschiedete die Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde auf einem Symposium in Gotha einen Entwurf „Instrumentelle Funktionsanalyse mit Systemen der Unterkiefer-Bewegungsaufzeichnungen“. Belege für die in der Stellungnahme getroffenen Aussagen werden nicht angeführt. Es besteht eine Diskrepanz zwischen den in dem Entwurf getroffenen Bewertungen einerseits und in der englisch- und deutschsprachigen Fachliteratur publizierten Ergebnissen aus klinisch-experimentellen Studien andererseits. Da Nachweise zur technischen und diagnostischen Validität der für die Bewegungsaufzeichnungen des Unterkiefers angebotenen – heute weitgehend elektronischen – Messverfahren weitgehend fehlen, demgegenüber die Verwendung der Registrierungssysteme mit dem Risiko falsch-positiver Befunde sowie mit der Gefahr der Einleitung einer nicht indizierten Therapie einhergeht, vertritt der Autor die Auffassung, dass auf die instrumentelle Funktionsanalyse zum Zwecke der Diagnostik der Kiefergelenke bzw. von kranio-mandibulären Funktionsstörungen verzichtet werden kann. Eine abschließende Klärung der derzeitigen klinischen Bedeutung der instrumentellen Funktionsanalyse für die Kiefergelenkdiagnostik anhand einer systematischen Übersichtsarbeit (Review) ist wünschenswert.

Schlüsselwörter: Axiographie, technische Validität, diagnostische Validität, klinischer Nutzen, Kosten-Nutzen-Verhältnis

Can jaw tracking be recommended for the diagnosis of temporomandibular disorders? In October 2001, the German Society of Prosthodontics and Dental Materials adopted a draft entitled "Instrumental functional analysis with devices for recording mandibular movements". In this document, no evidence is cited for the statements made therein. In addition, an apparent contrast exists between the judgements made in the document and the results from clinical-experimental studies published in English- and German-language dental journals. Since evidence for measurement validity and diagnostic validity of jaw tracking devices is vastly missing, the use of these (mostly electronic) instruments bears the risk of obtaining false-positive results, which may lead to misdiagnosis and treatment of non-patients. Therefore, the author takes the view that for the diagnosis of the temporomandibular joints the use of jaw tracking devices is not necessary. A systematic review about the current clinical significance of jaw tracking is desirable.

Keywords: axiography, technical performance, diagnostic performance, clinical benefit, cost effectiveness

¹ Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. J. R. Strub), Universitätsklinikum Freiburg i. Br.

² Klinik für Prothetik und Kaufunktionslehre (Klinikvorsteher: Prof. Dr. C. P. Marinello), Zentrum für Zahnmedizin der Universität Basel

* Tagungsbeitrag: 34. Symposium der DGZPW in Gotha, 2.–3. 11. 2001

1 Einleitung

Unter dem Begriff „instrumentelle Funktionsanalyse“ – oder „instrumentelle Bewegungsanalyse“ – versteht man die „dynamische Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen und deren diagnostische Interpretation“ [5]. Für die Aufzeichnung von Bewegungsspuren des Unterkiefers bzw. der Unterkieferkondylen (Axiographie; auch: Axiographie) werden neben graphisch-mechanischen Registrierungsverfahren [z. B. 17, 64] neuerdings vor allem elektromechanische, optoelektronische, Ultraschall- und magnetische Messsysteme verwendet [vgl. 5, 13, 30, 32, 35, 59].

Im Jahre 1998 veröffentlichte die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) eine Stellungnahme „Funktionsanalytische Maßnahmen“ [18] (Version vom November 1999 im Weltweiten Netz unter der

URL: <http://www.dgzmk.de/set5.htm>; dann unter Prothetische Zahnheilkunde Funktionsanalytische Maßnahmen anklicken). Als Ergänzung zu dieser Stellungnahme wurde

am 2. November 2001 auf einem von der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW) veranstalteten Symposium in Gotha ein Entwurf „Instrumentelle Funktionsanalyse mit Systemen der Unterkiefer-Bewegungsaufzeichnungen“ [15] vorgestellt und über diesen intensiv diskutiert. Nach Durchführung einiger weniger Änderungen wurde der Entwurf mit großer Mehrheit angenommen.

Da sich die endgültige Fassung, die im Dezember 2002 als DGZMK-Stellungnahme „Instrumentelle Funktionsanalyse“ veröffentlicht wurde [82], nicht wesentlich von der im November 2001 vorgelegten Vorversion unterscheidet, wird im Folgenden der kritische Einwand zu dem Entwurf dargestellt, den der Autor in Gotha zur Diskussion stellte.

2 Was sind die Hauptaussagen des Entwurfs?

Die Autoren vertreten die These, dass es sich bei der instrumentellen Funktionsanalyse um ein valides Verfahren handelt, das – gemeinsam mit klinischen und bildgebenden Verfahren – bei der Diagnostik von kranio-mandibulären Funktionsstörungen zur Anwendung kommen kann [15]. Dabei beziehen sich die Autoren auf die DGZMK-Stellungnahme vom November 1999. In dieser heißt es: „Die instrumentelle Funktionsanalyse stellt ein wissenschaftlich anerkanntes zahnärztliches Diagnoseverfahren dar [...]“

Die instrumentelle Funktionsanalyse soll „im funktionsgesunden stomatognathen System“ zur „Darstellung und Bewertung der artikulären und dentalen Führung der Unterkieferbewegungen“ des Patienten eingesetzt werden, z. B. zum Zwecke der Einstellung (Programmierung, Justierung) von teil- und voll-einstellbaren Artikulatoren [15].

Diese beiden großen Hauptindikationen der instrumentellen Funktionsanalyse – Kiefergelenkdiagnostik und Artikulatorprogrammierung – werden seit Jahren auch in deutschsprachigen Lehrbüchern zur Funktionsanalyse ge-

nannt [5, 45]. Korđa [36] führt aus: „Mit der Registrierung solcher Spurverläufe, die seit den ersten Veröffentlichungen des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts Gegenstand des Interesses in der zahnärztlichen Prothetik sind und in erster Linie der Einsteuerung von Bewegungssimulatoren (Artikulatoren) dienen, verbindet sich in der aktuellen Diskussion die Hoffnung, über die Beschreibung und Analyse des Spurbildes hinausgehend Anhaltspunkte über den Zustand des Kiefergelenkes und seiner funktionsrelevanten Strukturkomponenten zu erhalten, um ein physiologisch funktionierendes von einem pathologischen Kiefergelenk unterscheiden zu können.“

3 Was ist das Problem?

- Für die getroffenen Aussagen werden keine Belege angeführt.
- Es besteht eine erkennbare Diskrepanz zwischen den in dem Entwurf gemachten Bewertungen/Empfehlungen und den in der englisch- und deutschsprachigen Fachliteratur publizierten Ergebnissen aus klinisch-experimentellen Studien.

Im Vergleich zu den deutschen Empfehlungen kommen viele nordamerikanische Autoren [z. B. 2, 7, 9, 23-26, 41, 42, 47, 49, 50, 53, 69, 78] und Fachverbände [54] zu gegen-

teiligen Schlussfolgerungen. Die American Academy of Orofacial Pain beispielsweise äußerte sich im Jahre 1996 eindeutig: „Presently, there is insufficient scientific evidence for the use of a jaw-tracking device in the diagnosis of TMD [42, 48]. [...] Thus, the use of jaw-tracking devices at this time is not recommended for the diagnosis of TMD or other orofacial pains. [...] there are no data to demonstrate that this technique is any more useful in measuring mandibular function than a traditional millimeter ruler. [...] Therefore, jaw-tracking devices are not recommended for routine mandibular function measurements.“ [54].

4 Gegenthese

Gestützt auf Belege aus der deutsch- und englischsprachigen Literatur wird die These verfochten, dass für die Diagnostik von kranio- und mandibulären Funktionsstörungen auf die instrumentelle Funktionsanalyse verzichtet werden kann.

(Des weiteren könnte eine Gegenthese formuliert werden zu der in dem Entwurf indirekt geäußerten Notwendigkeit der Verwendung von Artikulatoren, für deren Programmierung eine instrumentelle Funktionsanalyse Voraussetzung ist. Da diese weiterhin sehr aktuelle Fragestellung [siehe z. B. 10, 29, 30] einen eigenen Themenbereich darstellt, wird darauf in dem vorliegenden Kommentar nicht eingegangen.)

5 Welche Bedeutung hat das Thema?

Die Thematik „instrumentelle Funktionsanalyse bei kranio- und mandibulären Funktionsstörungen“ besitzt aus mehreren Gründen große Relevanz:

- Viele Menschen sind von den angesprochenen Beschwerden betroffen. Nach den Ergebnissen der im Jah-

re 1997 durchgeführten Dritten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS-III) – es handelte sich um eine Kombination einer zahnärztlichen Befundung mit einer gleichzeitig durchgeführten sozialwissenschaftlichen Befragung einer bevölkerungsrepräsentativen Zufallsstichprobe – liegt die Prävalenz schmerzhafter kranio- und mandibulärer Funktionsstörungen in der deutschen Bevölkerung (Altersgruppe 35 bis 44 Jahre) bei immerhin knapp 5 %; die Behandlungsbedürftigkeit wird mit rund 3 % angegeben [33].

- Bei der Diagnostik und Behandlung von kranio- und mandibulären Funktionsstörungen ist eine auffällige Praxisvariabilität vorhanden [1, 21, 22, 38, 75]. Dieser Sachverhalt wird als Hinweis für die zum Teil erheblichen Unsicherheiten gedeutet, welche im Umgang mit den betroffenen Patienten und ihren Beschwerden bestehen [43].
- Diagnostik und Therapie von kranio- und mandibulären Funktionsstörungen verursachen beträchtliche Kosten. Für funktionsanalytische und funktionstherapeutische Maßnahmen wurden von den privaten Krankenversicherern in Deutschland in den Jahren 1996, 1997 und 1998 jeweils rund 151, 169 und 175 Millionen DM ausgegeben (diese Angaben, die auf Hochrechnungen aus Stichprobenauswertungen von eingereichten Zahnarztrechnungen basieren, beziehen sich auf die Anwendung der GOZ-Positionen 800 bis 810 für die Diagnostik und Behandlung von Funktionsstörungen sowie für prothetisch-restaurative Maßnahmen) [31].

Wegen ihrer normierenden Wirkung und ihrer weit reichenden Auswirkungen kommt den Stellungnahmen („Statements“) der DGZMK ein besonderes Gewicht zu. Die DGZMK [11] bemerkt selbst: „Da [...] veröffentlichte Statements nicht nur in Fachkreisen, sondern weit darüber hinaus, z. B. bei Leistungsträgern, Gerichten und Behörden, Beachtung finden, ist die Qualitätssicherung auch bei der Erstellung der Stellungnahmen selbst von entscheidender Bedeutung.“ Aus diesem Grunde ist es wichtig, dass DGZMK-Stellungnahmen den aktuellen wissenschaftlichen Stand der jeweils behandelten klinischen Fragestellung exakt widerspiegeln.

6 Welche Erkenntnisse (basierend auf klinischen Studien) zu Eigenheiten und diagnostischem Nutzen der instrumentellen Funktionsanalyse sind in der zahnärztlichen Literatur vorhanden?

- Nicht alle verwendeten Registriersysteme besitzen eine ausreichende Messgenauigkeit [3, 56, 71, 74]; für viele Messsysteme liegen keine Daten zur Messgenauigkeit vor (unzureichende oder fehlende technische Validität).
- Die Form der von den Geräten aufgezeichneten kondylären Bewegungsbahnen hängt u. a. von der Lage des gewählten Referenzpunktes ab (unterschiedliche Lokalisation der „Scharnierachse“). Sie kann daher – insbesondere bei Kieferöffnungs- und -schlussbewegungen – eine große, messtechnisch bedingte Variabilität aufweisen [51, 52, 58, 60]. Infolgedessen ist die Aussagekraft von Bewegungsspuren, die auf der Bewegung eines einzigen kondylären Punktes beruhen, limitiert (eingeschränkte technische Validität).
- Bewegungsmuster können durch Artefakte vorgetäuscht werden [8, 56] (eingeschränkte technische Validität).
- Die Bewegungen des Unterkiefers bzw. des Kondylus – und damit die aufgezeichneten Bewegungsspuren – sind bereits bei Personen ohne funktionelle Beschwerden durch eine intra- und interindividuelle Variabilität ge-

kennzeichnet [12, 28, 44, 62, 71, 73, 80]; Hugger [29] spricht von einer „Variationsbreite der Norm“. Die Reproduzierbarkeit von Kieferbewegungen ist selbst bei beschwerdefreien Personen häufig begrenzt [z. B. für Vor- und Seitenschub siehe 12] (eingeschränkte Reliabilität).

- Morphologische Adaptation und Variation lassen sich nicht deutlich von pathologischen Veränderungen unterscheiden (mangelnde diskriminatorische Validität) [69].
- Mit der instrumentellen Funktionsanalyse lassen sich Erkrankte nicht zuverlässig von Gesunden unterscheiden (eingeschränkte diagnostische Validität) [16, 27, 34,

40, 55, 57, 61-63, 65, 70, 72, 73, 76, 79, 81]. Nach Widmer [77] sollen Maßnahmen, die im Rahmen der Diagnostik kranio-mandibulärer Funktionsstörungen durchgeführt werden, eine Spezifität (Treffsicherheit [37]) von mehr als 95% sowie eine Sensitivität (Empfindlichkeit [37]) von wenigstens 70% aufweisen. Diese Forderung wurde

vier Jahre später von der American Academy of Orofacial Pain modifiziert: Demnach wird es als ausreichend angesehen, wenn sowohl die Spezifität als auch die Sensitivität eines diagnostischen Tests mehr als 70% betragen [54]. Von den wenigen Studien, für die Berechnungen zu diesen Kenngrößen der Güte eines diagnostischen Verfahrens vorliegen [34, 55, 57, 62, 63, 76], wurde diese Forderung nur in einer Untersuchung erreicht:

Rammelsberg et al. [62] untersuchten, ob es möglich sei, mit Hilfe des elektronischen Messsystems SAS [46] eine „Diskusverlagerung mit Reposition“ (n=65) bzw. eine „Diskusverlagerung ohne Reposition“ (n=27) von einer lehrbuchhaften Diskuslage (n=44) zu unterscheiden (als Referenz dienten die von Kernspintomographien abgeleiteten Befunde). Unter Verwendung eines von ihnen erstellten – aber noch zu validierenden und bezüglich der Einzelkriterien zu präzisierenden – „Axiographischen Index“ erzielten die Autoren für die Diagnose „Diskusverlagerung mit Reposition“ eine Sensitivität von 86% und eine Spezifität von 90%. Für das Stellen der Diagnose „Diskusverlagerung ohne Reposition“ eignete sich der Index hingegen nicht. Stattdessen erlaubte – was im Falle einer „Diskusverlagerung mit Reposition“ nicht möglich war – die Länge der aufgezeichneten Bewegungsbahnen eine Unterscheidung zwischen Personen mit einer „Diskusverlagerung ohne Reposition“ und solchen ohne veränderte Diskuslage: Bei einem Schwellenwert von 11 mm lag die diagnostische Sensitivität bei 80%, die Spezifität bei 90%. Allerdings wiesen die Autoren darauf hin, dass aufgrund des Einflusses einer einseitigen „Diskusverlagerung ohne Reposition“ auf die Bewegungsbahn des nicht-betroffenen, kontralateralen Kiefergelenks (signifikant kürzere Öffnungskurve als bei Gelenken mit lehrbuchhafter Diskuslage) der diagnostische Wert einer metrischen Analyse eingeschränkt sei. Daher besitzt die jüngst getroffene Schlussfolgerung

von Baba et al. [2] weiterhin Gültigkeit: „No research to date has convincingly shown that mandibular movement patterns are valuable as a diagnostic test to differentiate a patient with a temporomandibular disorder from a non-patient.“

- Das Stellen eines morphologisch-funktionellen Befunds (z. B. im Hinblick auf den Discus articularis) ist mit der instrumentellen Funktionsanalyse nicht zuverlässig möglich [39, 40, 55, 57, 61, 64, 79]. Lockmüller et al. [39]

folgerten aus dem Vergleich achsiographischer Befunde (Aufzeichnung der Kondylenbahn bei maximaler Kieferöffnung und Vor- und Seitenschub mit Hilfe des Registriersystems SAS [46]) mit Magnetresonanztomogrammen bei 24 Personen mit ein- oder beidseitigem reziprokem Kiefergelenkknacken: „Für die Diagnosestellung intrakapsulärer Funktionsstörungen ist die Axiographie weitgehend entbehrlich. Sowohl Knackzeitpunkt, Bewegungsausmaß und Bewegungsirregularitäten sind klinisch zu erheben. Hier bringt die Axiographie keinen Informationsgewinn. Überdies bilden sich Knackphänomene nicht immer zuverlässig in der Axiographie ab.“

- Ebenso wenig gelingt eine verlässliche Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten einer kranio-mandibulären Funktionsstörung (z. B. intrakapsulär versus muskulär) (mangelnde diskriminatorische Validität) [42].

7 Welche Risiken bestehen bei der instrumentellen Funktionsanalyse?

Bei der Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen im Rahmen der instrumentellen Funktionsanalyse besteht die Gefahr des Stellens falsch-positiver und falsch-negativer Befunde (Fehlklassifikation) [57, 70, 81] sowie der Einleitung einer nicht indizierten Therapie [42].

8 Kritische Beurteilung und Empfehlung

Voraussetzung für den Einsatz eines diagnostischen Geräts ist der Nachweis seiner Mess- sowie seiner diagnostischen Genauigkeit. Zum Zwecke der instrumentellen Funktionsanalyse angebotene Registriersysteme, für die keine diesbezüglichen Informationen vorhanden sind, sind mit Vorsicht zu beurteilen. Ein Protokoll zur Überprüfung der diagnostischen Validität (Sensitivität, Spezifität) von Registriersystemen sowie der Zuverlässigkeit der erhaltenen Testergebnisse (positiv-

und negativer Vorhersagewert) stellten Clark et al. [7] vor; es wäre wünschenswert, die im klinischen Einsatz befindlichen Messsysteme nach diesem Protokoll zu testen. Derzeit findet die Auffassung, die instrumentelle Funktionsanalyse sei ein valides und ausgereiftes Verfahren, um kranio-mandibuläre Funktionsstörungen zu diagnostizieren, durch die zur Verfügung stehende Evidenz aus der zahnärztlich-wissenschaftlichen Literatur wenig Unterstützung [vgl. 49].

„Bei der Evaluation diagnostischer Methoden ist die therapeutische Konsequenz, die aus der Anwendung des Verfahrens abgeleitet wird, von zentraler Bedeutung“, betonen

die Kölner Mediziner Gawlik und Gibis [19], und sie führen an anderer Stelle aus: „Der Nutzen eines diagnostischen Verfahrens hängt also wesentlich davon ab, ob der Patient von der Kenntnis des Ergebnisses eines diagnostischen Verfahrens in dem Sinne profitiert, dass wirksame Therapien eingeleitet werden bzw. unnötige Therapien oder weitere diagnostische Prozeduren vermieden werden können“ (therapeutische Effektivität) [20]. Die Annahme, dass durch die instrumentelle Funktionsanalyse bei der Diagnostik und Differentialdiagnostik von kranio-mandibulären Funktionsstörungen ein Informationsgewinn erzielt wird, der für den therapeutischen Entscheidungsprozess eine Rolle spielt, muss je-

doch angezweifelt werden [39, 72]. Clark et al. [7] bemängeln: „Far too many instruments and devices gather data that is not of value in making clinical decisions. [...] It may be nice to have this information in the patient's file, but the central is-

sue to consider before using any device is whether it will generate critical information that will influence treatment deci-

sions“, und Stähler [67] bemerkt, „there is little benefit in overinvestigating a patient [...] if the added knowledge would not influence the course of action anyway. Unnecessary data gathering cannot be regarded as a measure of thoroughness.“ Bislang liegen keine Belege dafür vor, dass Patienten mit kranio-mandibulären Funktionsstörungen Nachteile erleiden, wenn auf eine instrumentelle Funktionsanalyse verzichtet wird [53].

Demgegenüber bestehen bei der Durchführung einer instrumentellen Funktionsanalyse das Risiko einer Fehl- bzw. Überinterpretation der erhaltenen Befunde [4, 16, 40] und die Gefahr einer Fehleinschätzung des klinischen Handlungsbedarfs [24]. Unklar ist allerdings, ob dies für alle auf dem Markt befindlichen Registriersysteme gilt.

Aufgrund dieser „Restunsicherheit“ möchte ich daher vorschlagen, durch eine systematische Übersichtsarbeit (systematischer Review) [14] zu klären, welche Bedeutung der instrumentellen Funktionsanalyse heute für die Kiefergelenkdiagnostik zukommt. Insbesondere sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Technische und diagnostische Validität: Für welche Registriersysteme zur Unterkiefer-Bewegungsaufzeichnung sind Studien zur technischen und diagnostischen Validität vorhanden?
- Diagnostische Effektivität/Indikation: Ausreichende Validität vorausgesetzt, welchen diagnostischen Informationsgewinn erzielt man aus der Anwendung dieser Messsysteme? In welchen klinischen Situationen sollten solche Registriersysteme zur Anwendung kommen?
- Therapeutische Effektivität: Gewinnt man durch die instrumentelle Funktionsanalyse therapieentscheidende, d.h. für die Behandlungsplanung als hilfreich eingeschätzte bzw. zu Therapieänderungen führende Informationen, die man bei einer Begrenzung auf Anamnese, klinische Untersuchung und Röntgenbefundung (Panoramachichtaufnahme, ggf. Kiefergelenktomogramme) nicht erhalten würde?
- Patientensicherheit: In welchem Maße bestehen mit der Anwendung der zur Verfügung stehenden Registriersysteme Risiken für die Patienten (z. B. falsch-positive Befunde, die zu einer nicht-indizierten Therapie führen)?
- Kosten: Wie hoch sind die finanziellen Kosten, die mit der instrumentellen Funktionsanalyse (und den darauf hin ggf. veranlassten weiterführenden diagnostischen und therapeutischen Behandlungsmaßnahmen) verbunden sind?
- Fachkompetenz: Welche Kenntnisse und Fertigkeiten seitens des Behandlers (und seines Personals) sind notwendig [vgl. 30]?

Solange zu diesen Fragen keine klaren Antworten vorhanden sind, erscheint es weise, (elektronische) Registriersysteme für die instrumentelle Funktionsanalyse auf die Forschung und Lehre zu beschränken. Derweil bleiben Krankengeschichte und klinische Untersuchung für die Diagnostik von Patienten mit kranio-mandibulären Funktionsstörungen weiterhin der goldene Standard [2, 6, 7, 42, 68].

Literatur

1. Arbre, N.S., Campbell, S.D., Renner, R.P., Goldstein, G.R.: A survey of temporomandibular disorder conducted by the Greater New York Academy of Prosthodontics. *J Prosthet Dent* 74, 512 (1995).
2. Baba, K., Tsukiyama, Y., Yamazaki, M., Clark, G.T.: A review of temporomandibular disorder diagnostic techniques. *J Prosthet Dent* 86, 184 (2001).
3. Balkhi, K.M., Tallents, R.H., Goldin, B., Catania, J.A.: Error analysis of a magnetic jaw-tracking device. *J Craniomandib Disord* 5, 51 (1991).
4. Beck, H., Sperr, W.: Diagnostische Grenzen einer isolierten Axiographiebefundung. *Z Stomatol* 86, 279 (1989).
5. Bumann, A., Lotzmann, U.: Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. Farb-Atlanten der Zahnmedizin 12. Thieme, Stuttgart 2000.
6. Carlsson, G.E.: Benötigt die Funktionsanalyse und -therapie aufwendige Methoden und Instrumente? Bedarf, Möglichkeiten und Grenzen der klinischen FA/FT. *Phillip J* 15, 51 (1998).
7. Clark, G.T., Tsukiyama, Y., Baba, K., Simmons, M.: The validity and utility of disease detection methods and of occlusal therapy for temporomandibular disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83, 101 (1997).
8. Craddock, M.R., Parker, M.H., Cameron, S.M., Gardner, F.M.: Artifacts in recording immediate mandibular translation: a laboratory investigation. *J Prosthet Dent* 78, 172 (1997).
9. Crow, H.C., McCall, W.D., Jr., Mohl, N.D.: Electronic technology for clinical prosthodontics. *Curr Opin Dent* 1, 146 (1991).
10. Dapprich, J.: Möglichkeiten der elektronischen Registrierung bei prothetischen Versorgungen. *ZMK* 17, 558 (2001).
11. DGZMK: Vorgehen bei der Erstellung von DGZMK-Stellungnahmen. URL: <http://www.dgzmk.de/set5.htm> [Stand: 12.11.2001].
12. dos Santos, J., Jr., Ash, M.M., Jr., Warshawsky, P.: Learning to reproduce a consistent functional jaw movement. *J Prosthet Dent* 65, 294 (1991).
13. Edinger, D.H.: Elektronische Funktionsdiagnostik bei therapeutischen Maßnahmen. *Zahnärztl Mitt* 91, 2218 (2001).
14. Egger, M., Smith, G.D., Altman, D.G.: Systematic Reviews in Health Care: Meta-Analysis in Context. 2nd ed. BMJ Books, London 2001.
15. Engelhardt, J.P., Hugger, A., Jakstát, H.A., Kordaß, B.: Entwurf: Instrumentelle Funktionsanalyse mit Systemen der Unterkiefer-Bewegungsaufzeichnungen (Stand: 12.09.2001). Vorgestellt auf dem 34. Symposium der DGZPW. Gotha, 2.-3. November 2001.
16. Feine, J.S., Hutchins, M.O., Lund, J.P.: An evaluation of the criteria used to diagnose mandibular dysfunction with the mandibular kinesiograph. *J Prosthet Dent* 60, 374 (1988).
17. Feyen, H.J., Reusch, D.: Instrumentelle Funktionsanalyse mit arbiträrem Bogen. *ZMK* 17, 552 (2001).
18. Freesmeyer, W.B., Koeck, B., Reiber, T.: Stellungnahme der DGZMK. Funktionsanalytische Maßnahmen. *Zahnärztl Mitt* 88, 3184 (1998)/*Dtsch Zahnärztl Z* 54, 471 (1999).
19. Gawlik, C., Gibis, B.: EBM in der Gesundheitsversorgungsplanung. In: Kunz, R., Ollenschläger, G., Raspe, H.-H., Jonitz, G., Kolkmann, F.-W. (Hrsg.): *Lehrbuch Evidenzbasierte Medizin in Klinik und Praxis*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 2000, 349.
20. Gibis, B., Gawlik, C.: Hierarchie der Evidenz. Die unterschiedliche Aussagekraft wissenschaftlicher Untersuchungen. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitschutz* 44, 876 (2001).
21. Glaros, A.G., Glass, E.G., McLaughlin, L.: Knowledge and beliefs of dentists regarding temporomandibular disorders and chronic pain. *J Orofac Pain* 8, 216 (1994).
22. Glass, E.G., McGlynn, F.D., Glaros, A.G.: A survey of treatments for myofascial pain dysfunction. *J Craniomand Pract* 9, 165 (1991).
23. Goulet, J.-P.: The path to diagnosis. In: Lund, J.P., Lavigne, G.J., Dubner, R., Sessle, B.J. (Hrsg.): *Orofacial Pain From Basic Science to Clinical Management*. Quintessence, Chicago 2001, 167.
24. Greene, C.S.: Can technology enhance TM disorder diagnosis? *J Calif Dent Assoc* 18(3), 21 (1990).
25. Greene, C.S.: An evaluation of unconventional methods of diagnosing and treating temporomandibular disorders. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 7, 167 (1995).
26. Greene, C.S., Mohl, N.D., McNeill, C., Clark, G.T., Truelove, E.L.: Temporomandibular disorders and science: a response to the critics. *J Prosthet Dent* 80, 214 (1999).
27. Gsellmann, B., Piehslinger, E., Schmid-Schwab, M., Slavicek, R.: Vergleich der Kiefergelenksbahnlängen dreier Subpopulationen mittels elektronischer Axiographie. *Z Stomatol* 90, 111 (1993).
28. Hannam, A.G.: Jaw muscle structure and function. In: McNeill, C. (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago 1997, 41.
29. Hugger, A.: Gelenknahe elektronische Erfassung der Unterkieferfunktion und ihre Umsetzung in den Artikulator. Klinisch-experimentelle Untersuchungen an Probanden und Patienten. Quintessenz, Berlin 2000.
30. Hugger, A.: Einblicke und Ausblicke für eine teambezogene und praxis-taugliche computergestützte Analyse der Unterkieferfunktion. *Teamwork Interdisziplin J Proth Zahnheilkd* 4, 312 (2001).
31. Hugger, A. [persönliche Mitteilung, November 2001; Quelle: Verband der Privaten Krankenversicherung e. V., Köln, Stand: Juni 2001].
32. Hugger, A.: Unterkieferbewegungen – zeitgemäße Betrachtung und Auswertung mit computerunterstützten Systemen. *Quintessenz Team J* 31, 503 (2001).
33. John, M., Wefers, K.-P.: Orale Dysfunktionen bei den Erwachsenen. In: Micheelis, W., Reich, E. (Hrsg.): *Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III)*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1999, 316.
34. Kenworthy, C.R., Morrish, R.B., Jr., Mohn, C., Miller, A., Swenson, K.A., McNeill, C.: Bilateral condylar movement patterns in adult subjects. *J Orofac Pain* 11, 328 (1997).
35. Koeck, B., Lückerrath, W.: Instrumentelle Funktionsdiagnostik. In: Koeck, B. (Hrsg.): *Funktionsstörungen des Kauorgans* 3. Aufl. Praxis der Zahnheilkunde Band 8. Urban & Schwarzenberg, München 1995, 115.
36. Kordaß, B.: Koppelung der Kernspintomographie des Kiefergelenks mit computergestützten Aufzeichnungen der Kondylenbahn. Neue Aspekte für die funktionsorientierte Kiefergelenkdiagnostik und -therapie. Quintessenz, Berlin 1996.
37. Kreienbrock, L., Schach, S.: Epidemiologische Methoden. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2000, S.158.

38. LeResche, L., Truelove, E.L., Dworkin, S.F.: Temporomandibular disorders: a survey of dentists' knowledge and beliefs. *J Am Dent Assoc* 124, 90 (1993).
39. Lochmiller, W., Bumann, A., Groot Landeweer, G.: Zur Wertigkeit der elektronischen Axiographie in der klinischen Funktionsdiagnostik. *Fortschr Kieferorthop* 52, 268 (1991).
40. Lückeroth, W.: Zur Differentialdiagnostik elektronischer Aufzeichnungen der Gelenkbahnen funktionsgestörter Patienten. *Dtsch Zahnärztl Z* 46, 722 (1991).
41. Lund, J.P., Lavigne, G., Feine, J.S., Goulet, J.P., Chaytor, D.V., Sessle, B.J., Zarb, G., Greenwood, L.F., Hannam, A.G., Wood, W.W., et al.: The use of electronic devices in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *J Can Dent Assoc* 55, 749 (1989).
42. Lund, J.P., Widmer, C.G., Feine, J.S.: Validity of diagnostic and monitoring tests used for temporomandibular disorders. *J Dent Res* 74, 1133 (1995).
43. Marbach, J.J.: Temporomandibular pain and dysfunction syndrome. History, physical examination, and treatment. *Rheum Dis Clin North Am* 22, 477 (1996).
44. May, H.-C., Rammelsberg, P., Böhm, A.O., Pho Duc, J.-M., Pospiech, P.R., Gernet, W.: Variabilität elektronischer Axiographiebefunde im gesunden Probandengut. *Dtsch Zahnärztl Z* 49, 538 (1994).
45. Meyer, G.: Praxisgerechte instrumentelle Funktionsdiagnostik. In: *Akademie Praxis und Wissenschaft* (Hrsg.): Funktionslehre – Aktueller Stand und praxisgerechte Umsetzung. Hanser, München 1993, 59.
46. Meyer, G., dal Ri, H.: Dreidimensionale elektronische Messung der Bewegungen des Kondylus über die Scharnierachse des Unterkiefers. *Dtsch Zahnärztl Z* 40, 881 (1985).
47. Mohl, N.D., Crow, H.: Role of electronic devices in diagnosis of temporomandibular disorders. *N Y State Dent J* 59, 57 (1993).
48. Mohl, N.D., Lund, J.P., Widmer, C.G., McCall, W.D., Jr.: Devices for the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. Part II: Electromyography and sonography. *J Prosthet Dent* 63, 332 (1990). [Erratum in *J Prosthet Dent* 63 (5), 13A (1990)].
49. Mohl, N.D., McCall, W.D., Jr., Lund, J.P., Plesh, O.: Devices for the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. Part I: Introduction, scientific evidence, and jaw tracking. *J Prosthet Dent* 63, 198 (1990). [Erratum in *J Prosthet Dent* 63(5), 13A (1990)].
50. Mohl, N.D., Ohrbach, R.: Clinical decision-making. In: *Zarb, G.A., Carlsson, G.E., Sessle, B.E., Mohl, N.D.* (Hrsg.): *Temporomandibular Joint and Masticatory Muscle Disorders*. Munksgaard-Mosby, Kopenhagen 1994, 563.
51. Morneburg, T., Pröschel, P.A.: Differences between traces of adjacent condylar points and their impact on clinical evaluation of condyle motion. *Int J Prosthodont* 11, 317 (1998).
52. Naeije, M., Slater, J.J., Lobbezoo, F.: Variation in movement traces of the kinematic center of the temporomandibular joint. *J Orofac Pain* 13, 121 (1999).
53. Ohrbach, R.: History and clinical examination. In: *Zarb, G.A., Carlsson, G.E., Sessle, B.E., Mohl, N.D.* (Hrsg.): *Temporomandibular Joint and Masticatory Muscle Disorders*. Munksgaard-Mosby, Kopenhagen 1994, 406.
54. Okeson, J.P. (Hrsg.): *Orofacial Pain. Guidelines for Assessment, Diagnosis, and Management*. Quintessence, Chicago 1996.
55. Ozawa, S., Tanne, K.: Diagnostic accuracy of sagittal condylar movement patterns for identifying internal derangement of the temporomandibular joint. *J Orofac Pain* 11, 222 (1997).
56. Palla, S., Krebs, M., Gallo, L.M.: Jaw tracking and temporomandibular joint animation. In: *McNeill, C.* (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago 1997, 365.
57. Parlett, K., Paesani, D., Tallents, R.H., Hatala, M.A.: Temporomandibular joint axiography and MRI findings: a comparative study. *J Prosthet Dent* 70, 521 (1993).
58. Peck, C.C., Murray, G.M., Johnson, C.W., Klineberg, J.J.: The variability of condylar point pathways in open-close jaw movements. *J Prosthet Dent* 77, 394 (1997).
59. Piehslinger, E., Celar, A., Celar, R., Slavicek, R.: Elektronische Axiographie – Prinzip und Methodik. *Z Stomatol* 89, 199 (1992).
60. Pröschel, P., Feng, H., Okhawa, S., Ott, R., Hofmann, M.: Untersuchung zur Interpretation des Bewegungsverhaltens kondylärer Punkte. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 323 (1993).
61. Rammelsberg, P., Gernet, W., Neumaier, U.: Zur Differentialdiagnose reziproker Knackphänomene mit Hilfe der elektronischen Axiographie (SAS). *Dtsch Zahnärztl Z* 45, S61 (1990).
62. Rammelsberg, P., Pospiech, P., May, H.C., Gernet, W.: Evaluation of diagnostic criteria from computerized axiography to detect internal derangements of the TMJ. *J Craniomand Pract* 14, 286 (1996).
63. Shields, J.M., Clayton, J.A., Sindlededecker, L.D.: Using pantographic tracings to detect TMJ and muscle dysfunctions. *J Prosthet Dent* 39, 80 (1978).
64. Slavicek, R., Mack, H.: Der Axiograph. *Inf Orthod Kieferorthop* 14, 53 (1982).
65. Stamm, T., Vehring, A., Ehmer, U., Bollmann, F.: Computergestützte Axiographie an beschwerdefreien Probanden mit und ohne Deckbiß. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 59, 237 (1998).
66. Stark, K., Guggenmos-Holzmann, I.: Wissenschaftliche Ergebnisse deuten und nutzen. In: *Schwartz, F.W., Badura, B., Leidl, R., Raspe, H., Siegrist, J.* (Hrsg.): *Das Public Health Buch Gesundheit und Gesundheitswesen*. Urban & Fischer, München 2000, 284.
67. Stohler, C.S.: Clinical decision-making in occlusion: a paradigm shift. In: *McNeill, C.* (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago 1997, 294.
68. Storey, A.T.: Unresolved issues and controversies. In: *Zarb, G.A., Carlsson, G.E., Sessle, B.E., Mohl, N.D.* (Hrsg.): *Temporomandibular Joint and Masticatory Muscle Disorders*. Munksgaard-Mosby, Copenhagen 1994, 584.
69. Stroud, L.P.: Mounted study casts and cephalometric analysis. In: *McNeill, C.* (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago 1997, 331.
70. Theusner, J., Plesh, O., Curtis, D.A., Hutton, J.E.: Axiographic tracings of temporomandibular joint movements. *J Prosthet Dent* 69, 209 (1993).
71. Throckmorton, G.S., Teenier, T.J., Ellis, E.: Reproducibility of mandibular motion and muscle activity levels using a commercial computer recording system. *J Prosthet Dent* 68, 348 (1992).
72. Toolson, G.A., Sadowsky, C.: An evaluation of the relationship between temporomandibular joint sounds and mandibular movements. *J Craniomandib Disord* 5, 187 (1991).
73. Tsolka, P., Fenlon, M.R., McCulloch, A.J., Preiskel, H.W.: A controlled clinical, electromyographic, and kinesiographic assessment of craniomandibular disorders in women. *J Orofac Pain* 8, 80 (1994).
74. Tsolka, P., Woelfel, J.B., Man, W.K., Preiskel, H.W.: A laboratory assessment of recording reliability and analysis of the K6 Diagnostic System. *J Craniomandib Disord* 6, 273 (1992).
75. Türp, J.C., Kowalski, C.J., Stohler, C.S.: Treatment-seeking patterns of facial pain patients: many possibilities, limited satisfaction. *J Orofac Pain* 12, 61 (1998).
76. Velasco, J., Tasaki, T., Gale, E.: Study of pantographic tracings of TMD patients and asymptomatic subjects. *J Dent Res* (spec issue) 70, 371 (abstract 843) (1991).
77. Widmer, C.G.: Review of the literature. B: Reliability and validation of examination methods. *J Craniomand Disord Facial Oral Pain* 6, 318 (1992).
78. Widmer, C.G.: Physical characteristics associated with temporomandibular disorders. In: *Sessle, B.J., Bryant, P.S., Dionne, R.A.* (Hrsg.): *Temporomandibular Disorders and Related Pain Conditions*. Vol. 4. IASP Press, Seattle 1995, 161.
79. Zimmer, B.: Axiographie – Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 33 (1993).