Reliabilität der statischen Posturografie

Reliability of Static Posturography

Autor

C. Bauer

Institut

Klinik für Geriatrie und geriatrische Rehabilitation, Waldkrankenhaus St. Marien, Erlangen

Schlüsselwörter

- Posturografie
- Reliabilität
- Validität
- Balance
- Stürze

Key words

- posturography
- reliability
- validity
- balance
- falls

Zusammenfassung

Hintergrund: Statische Posturografie ist eine Methode zur Messung von Körperschwankungen. Bislang existieren nur wenige Arbeiten über die Reliabilität ihrer Parameter.

Ziel: Die Literaturarbeit prüfte die Evidenz der Reliabilität dieser Messmethode. Sie soll eine Empfehlung geben, ob die Methode für die physiotherapeutische Forschung geeignet ist.

Methode: Die Datenbankrecherche erfolgte nach Reliabilitätsstudien und Reviews im Zeitraum 1990–2006. Die methodologische Qualität und die statistische Berechnung der Reliabilität wurden beurteilt.

Ergebnisse: Keine der 11 die Einschlusskriterien erfüllenden Studien wurde wegen methodologischer Mängel ausgeschlossen. Aufgrund der großen Unterschiede bezüglich Studienpopulation sowie verwendeter Messprotokolle und Parameter war es anhand der ausgewählten Artikel nicht möglich, die Methode generell als reliabel oder nicht reliabel zu identifizieren.

Schlussfolgerung: Da der Nutzen dieser Messmethode unsicher bleibt, sollte jedes Messprotokoll zunächst auf seine Reliabilität hin überprüft werden.

Abstract

Background: Force posturography is used to quantify body sway. However, so far there exist only a limited number of studies assessing the method's parameters.

Objective: This literature review investigated the evidence of the method's reliability. It is to give recommendations in view of the method's applicability in physiotherapy research.

Method: The database research for reliability studies and reviews was carried out for the years 1995–2006. The reliability's methodological quality and statistic evaluation were assessed.

Results: Of the 11 studies meeting the inclusion criteria none was excluded due to insufficient methodological quality. Because of considerable variations in study population, test protocols and calculated parameters of the selected articles it was not possible to identify the method as reliable or not reliable.

Conclusion: As the value of force posturography remains uncertain each test protocol's reliability should at first be assessed.

eingereicht 26.4.2007

angenommen 24.7.2007

Bibliografie

DOI 10.1055/s-2008-1027395

physioscience 2008; 4: 1–6

© Georg Thieme Verlag KG

Stuttgart · New York ·

ISSN 1860-3092

Korrespondenzadresse

Christoph Bauer, PT Bc (NL)PT

Klinik für Geriatrie und geriatrische Rehabilitation, Waldkrankenhaus St. Marien

Rathsberger Str. 57

91054 Erlangen

christoph.bauer79@gmx.net

Einleitung

Im höheren Lebensalter sind Stürze ein häufiges und ernstes Problem. Bei über 65-Jährigen, die selbstständig leben, ist mit einer Sturzrate von 30% pro Jahr zu rechnen. Bei Heimbewohnern liegt das Sturzrisiko noch höher [33]. Mit zunehmendem Alter steigt die Sturzhäufigkeit. So beträgt sie bei den 80–89-Jährigen 40–50% und bei den über 90-Jährigen deutlich über 50% [33]. Das Sturzrisiko steigt mit der Anzahl der Risikofaktoren [33]. Die posturale Instabilität scheint ein wichtiger unabhängiger Risikofaktor

für Stürze zu sein [31], die mit dem Alter zunimmt [3].

Sturzbedingte Verletzungen im Alter sind häufig schwerwiegend und führen oftmals zu dauerhafter Pflegebedürftigkeit. Für den Patienten stehen verschiedene Therapiemöglichkeiten zur Verfügung. Nach Abklärung der Sturzursachen nimmt die Physiotherapie eine wichtige Stellung bei der längerfristigen Behandlung dieser Patientengruppe ein. Vor dem Hintergrund knapper werdender finanzieller Ressourcen im Gesundheitswesen und der damit verbundenen verstärkten Forderung nach evidenzbasierter

Medizin sind objektive Untersuchungsmethoden und messbare Therapieerfolge eine Notwendigkeit, speziell für die Physiotherapie.

Zur Abschätzung des Sturzrisikos von Patienten und eines Therapieeffekts stehen zahlreiche klinische Tests wie der *Timed Up and Go Test* [25], die *Tinetti Balance Scale* [32] oder die *Berg Balance Scale* [5] zur Verfügung. Auch wenn die Reliabilität dieser Tests bewiesen ist [5, 9, 22] und sie sich als nützlich erwiesen haben, müssen sich Wissenschaftler mit neuen Technologien beschäftigen, sobald diese zur Verfügung stehen. Dazu zählt die statische Posturografie, die die Körperschwankungen misst, indem sie die auf eine Kraftmessplattform einwirkenden vertikalen Kräfte aufzeichnet. Als Messelemente werden Dehnungsmessstreifen oder piezoelektrische Sensoren verwendet. Die statische Posturografie könnte eine nützliche Technik zur Quantifizierung von Balancestörungen bei älteren Menschen [3] und zur Messung eines Behandlungseffekts sein.

Einige Untersuchungen zeigten, dass Körperschwankungen mit dem Alter zunehmen [28], was mit einer erhöhten Sturzfrequenz einhergeht [15]. Die Rolle der statischen Posturografie bei der Erkennung von sturzgefährdeten Personen ist aber noch umstritten, da Studien zu diesem Thema zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen [24]. Voraussetzung für den Einsatz der statischen Posturografie ist eine hohe Güte. Obwohl sie in der Diagnostik weit verbreitet ist, liegen bislang nur wenige Arbeiten über die Reliabilität ihrer Messparameter vor. Bevor ein Verfahren zur Untersuchung von Balancestörungen und Messung eines Behandlungserfolgs eingesetzt wird, muss seine Reliabilität geprüft werden.

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, auf den Grundlagen bisher durchgeführter Studien zur Reliabilität der statischen Posturografie Physiotherapeuten eine evidenzbasierte Empfehlung zu geben, ob und in welcher Form die Technik als Messinstrument infrage kommt.

Methode

Literaturrecherche

Zur Literatursuche wurden die Datenbanken Pubmed, Cochrane, CINHAL und PEDro bis zum Dezember 2006 mit verschiedenen Suchbegriffen ausgewertet. Die Suche beschränkte sich auf Originalartikel und Reviews des Zeitraums 01.01.1995 bis 01.12.2006. Die Suche startete in der Medline Datenbank Pubmed mit den Suchbegriffen: Postural sway OR body sway AND (postural OR posture) AND reliability & validity AND (force plate OR posturography). Die Suche in CINHAL, Cochrane und PEDro brachte keine zusätzlichen Ergebnisse.

Einschlusskriterien

Die Untersuchung aller in Frage kommenden Artikel erfolgte anhand ihres Abstracts nach folgenden Einschlusskriterien:

- ▶ Studien die sich mit der Reliabilität der statischen Posturografie beschäftigen;
- ▶ Artikel in deutscher oder englischer Sprache;
- ▶ Artikel in einem Peer-reviewed Journal publiziert;
- ▶ Messung der Bewegung des Körperdruckpunkts (COP) in mm; Unterscheidung zwischen Bewegungen in der Frontal- und der Sagittalebene;
- ▶ Messung der Amplituden und der Geschwindigkeit (mm/sec.) dieser Bewegung und deren Fläche in mm² oder Parameter, die sich aus der COP-Bewegung berechnen lassen;

- ▶ Berechnung der Reliabilität mit einer geeigneten statistischen Methode.

Auswertung

Zur kritischen Einschätzung der eingeschlossenen Arbeiten fand die Bewertung hinsichtlich der Struktur und der Validität mithilfe der IMIA-Skala (International Medical Informatics Association; [1]) statt. Hierzu zählen die Aussagekraft (A), der Gehalt der wissenschaftlichen Arbeit (B), die Klarheit und Neuheit der Aussagen (C), die Übersichtlichkeit (D) und der Stil der Arbeit (E; [Tab. 1](#)).

Tab. 1 Auswertung der Artikel nach IMIA (International Medical Informatics Association; A = Aussagekraft, B = Gehalt der wissenschaftlichen Arbeit, C = Klarheit und Neuheit der Aussagen, D = Übersichtlichkeit, E = Stil der Arbeit)

Studie	A	B	C	D	E	Summe/Max
Corriveau et al. [11]	5	19	3	2	12	41/45
Corriveau et al. [12]	4,5	19,5	3	2	12	41,5/45
Samson u. Crowe [27]	5	20	3	2	13	43/45
Lafond et al. [20]	5	20,5	3	2	13	43,5/45
Doyle et al. [13]	5	19,5	3	2	13	42,5/45
Rogind et al. [26]	5	19,5	3	2	12	41,5/45
Benevenuti et al. [4]	5	19,5	3	2	13	42,5/45
Condron u. Hill [10]	5	20	3	2	13	43/45
Haas u. Withmarsh [17]	5	19,5	3	2	12,5	41/45
Hageman et al. [18]	5	20	3	2	12	42/45
Loughran et al. [21]	5	19,5	3	2	13	42,5/45

Zur Beurteilung, ob die korrekte statistische Methode gewählt wurde, erfolgte eine Sichtung gängiger Standardwerke der Statistik [16, 19, 35]. Danach sollten Intraclass-Korrelationskoeffizienten (ICC), Variationskoeffizienten (CV) oder Kappa-Koeffizienten (Kappa) eingesetzt werden. Die verwendete statistische Methode ist unter *Ergebnisse* dargestellt. Die Schwelle für sehr gute oder exzellente Reliabilität wurde bei Berechnung mit ICC nach Weiner und Steward [35] mit 0,85 festgelegt.

Ergebnisse

Zur Beurteilung der internen Validität wurden 11 Reliabilitätsstudien nach der IMIA-Skala bewertet ([Tab. 1](#)). Zwar erreichte keine Studie die volle Punktzahl von 45 Punkten, allerdings alle die festgelegte Untergrenze (35 Punkte). Somit musste keine Arbeit aufgrund qualitativer Mängel ausgeschlossen werden.

Die Balance des Menschen hängt von den zur Verfügung stehenden sensorischen Informationen ab [36]. Daher sind die Testbedingungen der Versuche dargestellt. Dies bezieht sich auf den Visus, die Sensorik der unteren Extremität (Fußposition) und das Vestibularorgan [29, 30, 36]. Die Probandenzahl lag zwischen 7 und 81 Personen, im Alter von 21 bis 86 Jah-

ren. Einzelne Studien verwendeten also eine extrem niedrige Fallzahl.

In 8 Studien wurden ausschließlich gesunde Probanden ■ ((Autor: Quellen?)), in 2 Studien ein gemischtes Kollektiv ■ ((Autor: Quellen?)) und bei 1 Studie [4] nur ältere Personen mit Balancestörungen rekrutiert. 7 Arbeiten beschrieben die Intrasession-Reliabilität, 1 die Interrater-Reliabilität und 6 die Test-Retest-Reliabilität. Dazu benutzten sie 7 verschiedene Posturografiesysteme. Die am häufigsten verwendeten Messparameter umfassten:

- ▶ Durchschnittsgeschwindigkeit der COP-Bewegung in mm/sec.;
- ▶ COP-Bewegung in der Frontal- und Sagittalebene in mm;
- ▶ Fläche dieser Bewegung in mm².

Die Reliabilität reichte von schlecht bis exzellent. 5 Untersuchungen zeigten, dass mindestens 1 berechneter Parameter exzellent reliabel war.

Intrasession-Reliabilität

Lafond et al. [20] fanden heraus, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit des COP in der Frontal- und der Sagittalebene nach 3 Messungen einen ICC von >0,90 erreichte. Dies traf bei einer Testdauer von 60 sec. als auch bei 120 sec. zu. Dagegen waren die Fläche der COP-Bewegung und deren Mittel- als auch Medianfrequenz nicht reliabel. Die Autoren führten ihre Messungen mit 7 älteren, selbstständig lebenden Probanden in 9 Messdurchgängen durch [20].

Doyle et al. [13] rekrutierten für ihre Untersuchung 30 junge, gesunde Probanden. Als Zielvariable verwendeten sie die Spitzengeschwindigkeit des COP. Sie war nach 3 Messdurchgängen schlecht bis moderat reliabel (ICC: -0,01 – 0,58). Die Untersuchung fand in 4 wechselnden und für jeden Probanden randomisierten Standpositionen statt. Die Fläche der Schwankungen bei Tests mit geschlossenen Augen im Normalstand und deren fraktale Analyse in der Frontalebene auf instabiler Fläche zeigten dagegen exzellente Reliabilität [13].

Benevenuti et al. [4] kombinierten Posturografie mit Videometrie und untersuchten 36 ältere Probanden. Dadurch konnten sie neben dem COP auch den Körperschwerpunkt und die Kinetik des Hüft- und Kniegelenks berechnen. Die Untersuchungen erfolgten mit 4 Stunden Abstand am gleichen Tag. Die Messung des COP in der Frontalebene ergab einen ICC von 0,82. Im Gegensatz dazu erreichten einige der auf Videometrie basierenden Parameter ICC von >0,85, wie die mittleren Winkel der Hüfte (0,95), des Knies (0,94) und des oberen Sprunggelenks (0,88) in der Sagittalebene [4].

Corriveau et al. [11, 12] verwendeten ein ähnliches Verfahren. Aus den mit Videometrie und Posturografie gewonnenen Daten errechneten sie den Abstand zwischen dem COP und dem Körperschwerpunkt sowie die Geschwindigkeit der Abstandsveränderung. Die Messungen sind in der Sagittalebene nach 4 Messdurchgängen mit einem ICC von 0,94 exzellent reliabel. Auch in der Frontalebene zeigte der ICC von 0,90 nach 4 Messdurchgängen exzellente Reliabilität [11, 12].

Haas et al. [17] testeten bei 58 gesunden jungen Probanden die Intrasession-Reliabilität der Gewichtsverlagerungen und Verteilung des Gewichts im Normalstand mit 3 Messdurchgängen. Als Reliabilität ergab sich ein ICC von 0,72, d. h. moderat [17].

Veränderung der Parameter während eines Messdurchgangs

Samson et al. [27] untersuchten die Veränderung der Durchschnittsgeschwindigkeit des COP in einem Messdurchgang bei

15 gesunden Probanden beiderlei Geschlechts zwischen 20 und 60 Jahren. Als statistische Auswertungsmethode verwendeten sie den CV; die Messung dauerte 1 Minute. Die Durchschnittsgeschwindigkeit des COP unterlag starken Schwankungen, was sich auf die Reliabilität auswirken könnte [27].

Test-Retest-Reliabilität

Corriveau et al. [12] testeten für das oben beschriebene Verfahren die Test-Retest-Reliabilität mit 60 Personen. Die Messungen fanden im Abstand von 1 Woche statt. Für Bewegungen in der Frontalebene errechneten sie einen ICC von 0,89 für Stand mit offenen Augen und 0,90 mit geschlossenen Augen. Die Bewegungen in der Sagittalebene waren weniger reliabel (ICC: 0,67 für Stand mit offenen Augen, 0,84 mit geschlossenen Augen). Demzufolge besitzen Tests mit geschlossenen Augen eine höhere Reliabilität [12].

Benevenuti et al. [4] untersuchten in ihrer Studie ebenfalls die Test-Retest-Reliabilität und wiederholten die Messungen 3-mal. Von den Testparametern erreichten die Hüftgelenkwinkel mit ICC 0,92 und die Kniegelenkwinkel mit ICC 0,89 exzellente Reliabilität. Die posturografischen Parameter waren nur moderat reliabel [4].

Samson et al. [27] stellten bei der Berechnung der Test-Retest-Reliabilität für die Durchschnittsgeschwindigkeit mit CV große Veränderungen fest. Sie schlossen daraus, dass die posturale Kontrolle großen Schwankungen unterliegt [27].

Hageman et al. [18] errechneten für die Test-Retest-Reliabilität der Fläche für alle 3 Bedingungen ICC zwischen 0,91 und 0,97, also exzellente Werte. Ihr Verfahren testete verschiedene Bereiche der Sensomotorik. Besonders interessant waren der Einsatz optischer Reize und die Tests mit geschlossenen Augen, da somit mehrere Aspekte des Balancesystems getestet wurden. Das Alter der Probanden war weit gestreut (24 junge gesunde Probanden, 20 – 35 Jahre alt und 24 ältere gesunde Probanden, 60 – 75 Jahre alt [18]).

Rogind et al. [26] untersuchten die Test-Retest-Reliabilität von 2 verschiedenen Kraftmessplatten (KistlerA und Chattex) an 29 weiblichen gesunden Probanden (Alter: 25,8 Jahre, SD: 4,6). Zur Bewertung verwendeten sie den CV. Für die KistlerA ergab sich ein CV von 0,13 bis 0,23 und für die Chattex 0,11 bis 0,25. Die Autoren schlossen daraus, dass beide Geräte eine etwa gleich gute Reliabilität aufweisen und vergleichbar sind [26].

Condrón [10] testeten die Test-Retest-Reliabilität der maximalen Amplitude des COP an 15 jungen gesunden Probanden und 5 älteren kranken mit 2 Messdurchgängen. Die Messparameter erreichten moderate Reliabilität mit ICC 0,65.

Interrater-Reliabilität

Bei Corriveau et al. [12] testeten 2 Untersucher ebenfalls die Interrater-Reliabilität mit 2 Messdurchgängen am selben Tag im Abstand von 30 min. Für die Abstandsveränderung von COP und Körperschwerpunkt ergab sich in der Frontalebene ein ICC von 0,86 – 0,95 bzw. in der Sagittalebene von 0,67 – 0,84. Die Bewegung in der Frontalebene erreichte damit exzellente Reliabilität [12].

Loughran et al. [21] prüften die Interrater-Reliabilität in 4 Testpositionen mit folgenden Probanden: 81 im Alter von 54 ± 15,5 Jahre (58 Frauen, 23 Männer) mit 2 Untersuchern. Sie verwendeten einen standardisierten Balancetest [30], der die Körperschwankungen mit Normwerten für bestimmte Altersgruppen vergleicht und für das Fabrikat Neurocom VSR standardisiert ist. Mit ihm wurde die Übereinstimmung zwischen den Unter-

suchen und der Posturografie in Bezug auf die Klassifizierung der Probanden als *gesund* oder *krank* bewertet. Die Übereinstimmung zwischen den Untersuchern und der Posturografie war mäßig (Kappa: 0,031 – 0,033) bis gut (Kappa: 0,053 – 0,80).

Zusammenfassung der reliablen Messparameter

- ▶ Durchschnittsgeschwindigkeit des Körperdruckpunkts in der Frontal- und Sagittalebene in mm/sec. im Normalstand [20].
- ▶ Fläche der COP-Bewegungen mit offenen und geschlossenen Augen bei fester Unterstützungsfläche im Normalstand [18]. Dieser Parameter blieb auch reliabel, wenn die Probanden irreführenden optischen Reizen ausgesetzt waren [18].
- ▶ Bewegung des Körperdruckpunkts kombiniert mit der des Körperschwerpunkts in mm, in der Sagittal- und Frontalebene nach 4 Messdurchgängen [11, 12].
- ▶ Fläche der Körperschwankungen bei Tests mit geschlossenen Augen im Normalstand [13].
- ▶ Fraktale Analyse der Druckpunktbewegung in der Frontalebene auf instabilem Untergrund mit geschlossenen Augen [13].

Diskussion

Die geringe Anzahl an Studien über die Reliabilität der statischen Posturografie ist überraschend, wenn man bedenkt, wie häufig diese Methode in Klinik und Forschung angewandt wird. Aufgrund der erheblichen Unterschiede zwischen den Messprotokollen lassen sich die Erkenntnisse aus den vorliegenden Studien nicht verallgemeinern. Die Reliabilität scheint sehr vom jeweils verwendeten Protokoll abzuhängen. Dies bezieht sich auf die gemessenen Parameter, die Testbedingungen und die Studienpopulation. Möglicherweise sind bestimmte Parameter nur in der jeweils getesteten Position reliabel. Bis eine größere Menge an Daten vorliegt, sollte daher jedes in Wissenschaft und Praxis verwendete Protokoll auf seine Reliabilität überprüft werden. Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion ist, welche Stärke der Reliabilität für die klinische Praxis ausreicht. So werden z. B. unterschiedliche ICC-Schwellen genannt: Kelley [19] empfiehlt ein Minimum von 0,94, während Fleiss [16] $> 0,79$ als sehr gut bezeichnet, und Weiner und Steward [35] EA 1984) befürworten 0,85.

Messungen der posturalen Kontrolle werden von 3 Faktoren beeinflusst: Intrasession-Retest, Test-Retest und Interrater-Retest [11]. Da eine Berechnung jeweils nur das Maß für 1 dieser 3 Faktoren sein kann, empfiehlt es sich, für jeden eine möglichst hochgradige Reliabilität zu fordern und daher einen rigorosen Schwellenwert vorzuziehen.

Fallzahl

Einige Studien umfassten eine extrem niedrige Fallzahl [10, 11, 18, 20, 27]. Nach den Berechnungen von Walter et al. [34] ist dies bei Beachtung der Anzahl der Messwiederholungen zulässig. Laut ihren Berechnungen reichen 30 Testpersonen mit 3 Messdurchgängen aus, um signifikant ($p < 0,05$) unterschiedliche ICC-Werte zwischen 0,95 und 0,8 bei einer Power von 80% zu ermöglichen. Dasselbe Ergebnis wäre auch mit 7 Personen und 9 Messdurchgängen zu erreichen [34].

Die Ergebnisse von Condrón et al. [10] und Hageman et al. [18] sind kritisch zu betrachten, da Testpersonen und Messwiederholungen diesen Kriterien nicht entsprechen. In den Arbeiten von Lafond et al. [20] und Coriveau et al. [11] wurden bei 7 Testpersonen 9 Messdurchgänge durchgeführt.

Allgemein stellte sich heraus, dass die Reliabilität für die einzelnen Parameter mit jedem Messdurchgang zunahm. Für die

praktische Anwendung ist es im Hinblick auf die Belastbarkeit der Probanden sicherlich von Vorteil, sich auf Parameter zu beschränken, die bereits nach wenigen Messwiederholungen reliabel sind.

Samson et al. [27] verwendeten 15 Testpersonen und 10 Messdurchgänge, was ebenfalls den von Walter et al. [34] genannten Kriterien genügt.

Messung der COP-Bewegung

Für einige der reliablen Parameter gibt es noch keine Einschätzung ihres prädikativen Werts. Für die Geschwindigkeit der COP-Bewegungen sind dagegen beide belegt, allerdings für verschiedene Altersgruppen [8, 20]. Boulgarides et al. [8] zeigten, dass eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit des COP beim Stand mit geschlossenen Augen prädikativ für Stürze ist.

Für diesen Parameter wiesen Lafond et al. [20] die Reliabilität bei Tests mit offenen, aber nicht mit geschlossenen Augen nach. Thabael et al. [31] fanden heraus, dass sich die Fläche der COP-Bewegung signifikant zwischen Stürzern und Nichtstürzern unterscheidet. Die Untersuchungen von Hageman et al. [18] und Doyle et al. [13] ergaben eine exzellente Reliabilität (ICC: 0,91 – 0,94) dieses Parameters bei verschiedenen Testbedingungen, allerdings an jüngeren Probanden. Rogind et al. [26] errechneten eine gute Test-Retest-Reliabilität mit einem CV von 19%.

Messungen der COP-Geschwindigkeit und der Fläche könnten reliable Prädiktoren für Stürze sein. So beschrieben Piirtola und Era [24] eine höhere Amplitude der sagittalen COP-Bewegung als prädikativ für Stürze in den eigenen 4 Wänden. Condrón et al. [10] fanden moderate Test-Retest-Reliabilität in verschiedenen Testpositionen.

Loughran et al. [21] bewerteten die Übereinstimmung zwischen Untersuchern und der Posturografie in Bezug auf die Klassifizierung der Probanden in gesunde und gestörte Balance. Laut ihrer statistischen Auswertung war die Übereinstimmung zwischen den Untersuchern und der Posturografie moderat bis gut (Kappa: 0,53 – 0,80).

Für viele Parameter muss die Reliabilität erst noch untersucht werden. Einige Studien stellten keinen Zusammenhang zwischen Stürzen und posturografischen Parametern fest [24]. Hier gilt es zu überprüfen, wie reliabel die Parameter sind. Gleichzeitig sollten sich Studien über den prädikativen Wert der Posturografie mit der Reliabilität der Messmethode auseinander setzen [4, 10].

Kombination von Posturografie und Videometrie

Benevenuti et al. [4] und Coriveau et al. [11, 12] kombinierten statische Posturografie mit Videometrie. Dabei lässt sich die Differenz des COP und des Körperschwerpunkts errechnen. Beim ruhigen Stehen ist diese Differenz proportional zur horizontalen Beschleunigung des Körperschwerpunkts. Es wird angenommen, dass der Abstand zwischen diesen Punkten als Warnsignal für das Gleichgewichtssystem dient und somit ein Anhaltspunkt für die Effektivität der posturalen Kontrolle sein kann. Dieser Ansatz lieferte reliablere Daten als die statische Posturografie alleine. Die Messverfahren können Informationen über die zugrunde liegenden Ursachen für Balancestörungen und Kompensationsstrategien liefern. Ihr Nachteil besteht darin, dass sie zeit- und materialaufwendiger sind.

Lerneffekt

Einige Studien über die posturale Kontrolle beschreiben einen Lerneffekt [13, 17, 20, 23]. Sein Einfluss wird besonders bei für

die Probanden ungewohnten Testbedingungen deutlich [23]. Offensichtlich zeigt sich ein Lerneffekt bei Messungen am selben Tag beim Vergleich der Arbeiten von Doyle et al. [13], Haas et al. [17] und Lafond et al. [20].

Doyle et al. [13] randomisierten die Testreihenfolge, wodurch ein Lerneffekt vermieden wurde. Die Parameter in dieser Studie sind zum Großteil unrelibel [13]. Bei Haas et al. [17] und Lafond et al. [20] ohne Randomisierung waren die Messergebnisse wesentlich besser reproduzierbar.

Wie stark der Lerneffekt in einem Test-Retest-Design ist, können die vorliegenden Arbeiten nicht abschließend beurteilen. Die Messungen von Benevenuti et al. [4] und Samson et al. [27] zeigten nur moderate Reliabilität, wohingegen Hageman et al. [18] bei gleichem Messabstand (jeweils 1 Woche) hohe Reliabilität berichteten.

Die Studien unterscheiden sich in Bezug auf die verwendeten Tests und das Probandenalter. Bei Hageman et al. [18] waren sie deutlich jünger (Mittelwert: 44,2 Jahre) als bei Benevenuti et al. (67–86 Jahre; [4]). Benevenuti et al. [4] benutzten 8, Hageman et al. [18] nur 4 verschiedene Testverfahren.

Welcher dieser Faktoren der entscheidende ist, lässt sich durch die geringe Anzahl an vergleichbaren Studien ebenso wenig wie der Einfluss der einzelnen Testbedingungen auf den Lerneffekt bestimmen. Den Einfluss verschiedener Faktoren auf den Lerneffekt sollte eine Folgestudie klären. Dies gilt insbesondere für die Anzahl der Messwiederholungen und die Zeitabstände zwischen den Messungen. Außerdem sollten der Effekt der Fußposition, des Visus (Augen offen oder geschlossen), der Einsatz kognitiver Aufgaben und die Wahl der Untersucher (Intrarater- oder Interrater-Test; erfahrene oder unerfahrene Untersucher, wechselnde Untersucher im Sinne einer Interrater-Untersuchung oder die gleichen Untersucher im Sinne einer Intrarater-Untersuchung) und der Studienpopulation (Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand) genau analysiert werden.

Kognitive Tests

In der Studie von Condrón et al. [10] mussten die Probanden während der Messung eine kognitive Aufgabe lösen. Bergland et al. [6] stellten dar, dass damit in der Folgezeit stürzende und nicht stürzende Personen signifikant unterschieden werden konnten.

Nach Piirtola und Era [24] sind größere COP-Schwankungen in der Sagittalebene bei gleichzeitigen kognitiven Aufgaben ein unabhängiger Risikofaktor für ernsthafte Verletzungen nach Sturz (Verletzung oder Bruch). Dies könnte ein viel versprechender Ansatz sein, der in der physiotherapeutischen Forschung bei mehr vorliegenden Daten über die Güte der Methode weiter verfolgt werden sollte.

Aufgrund der Tatsache, dass Stürze immer multifaktoriell bedingt sind, wird aber kein einzelner Test in der Lage sein, alle gefährdeten Personen zu erkennen. Eine weitere interessante Fragestellung ist, ob sich mit dieser Methode Behandlungserfolge physiotherapeutischer Maßnahmen zur Verbesserung der Gang- oder Balancefähigkeit darstellen lassen. Dies sollte in klinischen Studien mit Vergleichsgruppen untersucht werden.

Schlussfolgerungen

Trotz der verbreiteten Anwendung der Posturografie in mehreren Untersuchungen zu Stürzen oder vestibulärer Dysfunktion [7, 14, 24] gibt es vergleichsweise wenige Studien, die sich mit

der Reliabilität dieser Messmethode auseinander setzen. Der Mangel an entsprechender Forschung ist überraschend. Aufgrund der erheblichen Unterschiede zwischen den Messprotokollen lassen sich die Erkenntnisse aus den vorliegenden Arbeiten nicht verallgemeinern.

Die Reliabilität scheint sehr von dem jeweils verwendeten Protokoll zu gemessenen Parametern, Testbedingungen und Studienpopulation abzuhängen. Es besteht die Möglichkeit, dass bestimmte Parameter nur in der jeweils getesteten Position reliabel sind.

Bei zukünftigen Versuchsaufbauten sollte sich an Corriveau et al. [11, 12] oder Benevenuti et al. [4], für einen geringeren Zeit- oder Materialaufwand an Lafond et al. [20] oder Hageman et al. [18] orientiert werden.

Bis eine größere Menge an Daten vorliegt, gilt es, jedes in Wissenschaft und Praxis verwendete Testverfahren auf seine Reliabilität zu überprüfen.

Quintessenz

Die Reliabilität der statischen Posturografie scheint sehr von dem jeweils verwendeten Protokoll abzuhängen. Da einige Parameter reliabel betrachtet werden können, sind sie für die Forschung zu empfehlen.

Da bestimmte Parameter eventuell nur in der jeweils getesteten Position reliabel sind, muss die Reliabilität jedes verwendeten Protokolls überprüft werden, bis mehr Daten vorliegen.

Literatur

- 1 Ammenwerth E, Wolff A, Knaup P et al. Developing and Evaluating Criteria to Help Reviewers of Biomedical Informatics Manuscripts. *JAMA* 2003; 10: 512–514
- 2 Baloh RW, Corona S, Jacobson KM et al. A prospective study of posturography in normal older people. *J Am Geriatr Soc* 1998; 46: 438–443
- 3 Baloh RW, Jacobson KM, Enrietto JA et al. Balance disorders in older persons: quantification with posturography. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1998; 119: 89–92
- 4 Benevenuti F, Mecacci R, Gineprari I et al. Kinematical characteristics of standing disequilibrium: reliability and validity of a posturography protocol. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 278–287
- 5 Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JL. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med* 1995; 27: 27–36
- 6 Bergland A, Wyller T. Risk factors for serious fall related injury in elderly women living at home. *Inj Prev* 2004; 10: 308–312
- 7 Black F. What can posturography tell us about vestibular function? *Annals of New York Academy of Sciences* 2001; 942: 446–464
- 8 Boulgarides L, McGinty S, Willet J et al. Use of Clinical and Impairment-Based Tests to Predict Falls by Community Dwelling Older Adults. *Phys Ther* 2003; 83: 338–339
- 9 Cipriani-Dacko LM, Innerst D, Johannsen J et al. Interrater Reliability of the Tinetti Balance Scores in Novice and Experienced Physical Therapy Clinicians. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78: 1160–1164
- 10 Condrón J, Hill K. Reliability and Validity of a Dual-Task Force Platform Assessment of Balance Performance: Effect of Age, Balance Impairment, and Cognitive Task. *JAGS* 2002; 50: 157–162
- 11 Corriveau H, Hebert R, Prince F et al. Intrasession reliability of the „Centre of pressure minus centre of mass“ variable of postural control in the healthy elderly. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 45–48
- 12 Corriveau H, Hebert R, Prince F et al. Postural Control in the Elderly: An Analysis of Test-Retest Reliability and Interrater Reliability of the COP-COM Variable. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 80–85
- 13 Doyle TL, Newton R, Burnett AF. Reliability of traditional and fractal dimension measures of quiet stance centre of pressure in young, healthy people. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 2034–2040
- 14 Era P, Sainio P, Koskinen S et al. Postural Balance in a Random Sample of 7,979 Subjects Aged 30 Years and Over. *Gerontol* 2006; 52: 204–213

- 15 Fernie GR, Gryfe C. The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. *Age Ageing* 1982; 11: 11–16
- 16 Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: Wiley, 1986
- 17 Haas B, Withmarsh T. Inter- and Intratester Reliability of the Balance Performance Monitor in a Non-Patient Population. *Physiother Res Int* 1998; 3: 135–147
- 18 Hageman P, Leibowiz M, Blanke D. Age and Gender Effects on Postural Control Measures. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 961–965
- 19 Kelley TL. Interpretation of clinical experiments. New York: Yonkers, 1927
- 20 Lafond D, Corriveau H, Hebert R et al. Intrasession Reliability of centre of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 896–901
- 21 Loughran S, Tenannt N, Kishore A et al. Interobserver Reliability in Evaluating Postural Stability between Clinicians and Posturography. *Clin Otolaryngol* 2005; 30: 255–257
- 22 Morris S, Morris ME, Iansek R. Reliability of measurements obtained with the timed „up & go“ test in people with Parkinson disease. *Phys Ther* 2001; 81: 810–818
- 23 Peterka RJ, Loughlin P. Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J Neurophysiol* 2004; 91: 410–423
- 24 Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people – a review. *Gerontology* 2002; 52: 1–16
- 25 Podsiadlo D, Richardson S. The Timed „Up and Go“: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *JAGS* 1991; 39: 142–148
- 26 Rogind H, Simonsen H, Era P et al. Comparison of Kistler 98618 force platform and Chattecx balance system for measurement of postural sway: correlation and test-retest reliability. *Scan J Med Sci Sport* 2002; 13: 106–114
- 27 Samson M, Crowe A. Intra-subject inconsistencies in quantitative assessment of body sway. *Gait & Posture* 1996; 4: 252–257
- 28 Sheldon P. The effect of age on the control of sway. *Gerontol Clin* 1962; 5: 129–138
- 29 Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: Postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behaviour* 1985; 17: 131–147
- 30 Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction on balance. Suggestion from the field. *Phys Thera* 1986; 66: 1548–1550
- 31 Thapa PB, Gideon P, Brockman KG et al. Clinical and biomechanical measures of balance as fall predictors in ambulatory nursing home residents. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996; 51: 239–246
- 32 Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *JAGS* 1986; 34: 119–126
- 33 Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 1988; 319: 1701–1707
- 34 Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med* 1998; 17: 101–110
- 35 Weiner EA, Steward B. Assessing Individuals. Boston (MA): Little Brown, 1984
- 36 Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and postural control. *International Journal of Ageing and Human Development* 1986; 23: 97–115