

Auswirkungen von Beeinträchtigungen am Bewegungsapparat auf das Ergebnis des S3-Körperstabilitätstests

Die Beurteilung der Wirbelsäule nach kybernetischen Prinzipien, d. h. nach dem Zusammenwirken von Materie, Energie und Steuerung, könnte bei der Begutachtung der Funktionshaltung und ihrer gesundheitlichen Qualifizierung weiterhelfen. So gilt als wichtige Krankheitspotenz die Fehllhaltung. Gemeint ist hier aber nicht die Fehlstatik, hervorgerufen durch eine Beinlängendifferenz oder eine Skoliose als Ausdruck muskulärer Dysbalancen, die häufig als Ursache für spätere Beschwerden angesehen werden. Die dafür geeigneten Messmöglichkeiten, in der Weiterführung optisch-subjektiver Beurteilungen, reichen z. B. vom Kyphometer [6], dem OpTRImetric-Verfahren [11], dem ISIS-Verfahren (Intregrated Shape Imaging System; [14]), der ultraschallgestützten 3D-Wirbelsäulenanalyse Zebris [1] oder der Medi-Mouse [13] bis hin zur Röntgenaufnahme der Wirbelsäule im Stehen. Die dabei gewonnenen Parameter stellen allerdings Augenblickssituationen dar und berücksichtigen die Dynamik der aufrechten Haltung in keiner Weise. Das Röntgen scheidet zum Screening von gesunden Menschen zudem aus. Die rein morphologische Beurteilung des Achsen skeletts wurde durch Messungen der Muskelkraft mit den verschiedensten Methoden erweitert. Von Bedeutung ist außerdem die Steuerung des Zusammenwirkens von Muskulatur und Bewegungsapparat, eine der wichtigsten und qualifiziertesten Leistungen des Nervensystems. Die Beurteilung der Sensomotorik, d. h. der Verarbeitung von Informationen über die Haltung und die Bewegung durch mo-

torische Reaktionen, kommt so dem Problem der Analyse der „normalen Haltung“ und der „Fehllhaltung“ näher.

Es sind die drei „S“ der Bewegung – Stabilität, Sensomotorik und Symmetrie –, die in ihrem Zusammenspiel mit weiteren koordinativen Fähigkeiten die gesunde, physiologische Beanspruchung des Bewegungsapparates erlauben. Sie sind die Basis für alle Bewegungen im Alltag und bei sportlicher Betätigung. Die Stabilität des Körpers, d. h. seine Gleichgewichtsfindung, gilt als Voraussetzung für die Steuerung komplexer Bewegungen und für die Orientierung im Raum. Sie ist eine wichtige Voraussetzung für eine verbesserte Bewegungsökonomie, eine erhöhte körperliche Leistungsfähigkeit aber auch für die Verletzungsprophylaxe [15, 4, 12]. Im zunehmenden Altersverlauf ist die größere Sicherheit im Alltag bei unvorhergesehenen Situationen besonders wichtig. Bei älteren Personen kann mit Hilfe eines sensomotorischen Trainingsprogramms positiv auf die in der Literatur immer wieder erwähnte Sturzprophylaxe Einfluss genommen werden [3, 7].

Diagnosemöglichkeiten

Die Häufigkeit schmerzhafter Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates, besonders die der Wirbelsäule, ist hinlänglich bekannt. Als gravierendes medizinisches Problem gilt dabei die Tatsache, dass bei den Wirbelsäulenerkrankungen nur in etwa 15% der Fälle gestaltliche oder labormäßige Auffälligkeiten di-

agnostisch weiterführen. An die 85% der Wirbelsäulenerkrankungen bedürfen zu ihrer nosologischen Einordnung einer entsprechenden Anamnese und einer medizinischen Analyse. Die Techniken der klinischen Untersuchung der Wirbelsäule stellen ein nach Ländern, Schulen und Fächern variierendes Unterfangen dar. Vor allem das Screening von Kindern und Jugendlichen unterliegt verschiedenen Auffassungen. Es sind aber nicht nur diagnostische Aufgaben und deren entsprechende therapeutische Konsequenzen, sondern auch die Berücksichtigung präventiver Strategien, die diese zur Chronifizierung neigenden Beschwerdebilder verhindern sollten (Primärprävention). Für die Prävention von Wirbelsäulenerkrankungen, besonders für die Primärprävention, müssen Methoden erarbeitet werden, die vor allem bei Kindern und Jugendlichen bei der konservativ-orthopädischen Beurteilung präventive Befunderhebungen ermöglichen. Sie sollten zudem bei Vorsorgeuntersuchungen, z. B. im Schulbetrieb, eingesetzt werden können. Diese sollten zahlenmäßige, jederzeit reproduzierbare Ergebnisse liefern, die über den funktionellen Zustand des Achsenorgans des Betroffenen Aufschluss geben können.

Die Beurteilung der Sensomotorik ist dabei ein wichtiger Parameter für die Reaktion des Individuums in der Auseinandersetzung seines aufrecht stehenden bzw. sich bewegenden Körpers mit der Schwerkraft. Das dabei erfolgende Zusammenwirken der verschiedensten Organsysteme des menschlichen Körpers quanti-



Abb. 1 ◀ Durchführung des S3-Check (MFT)

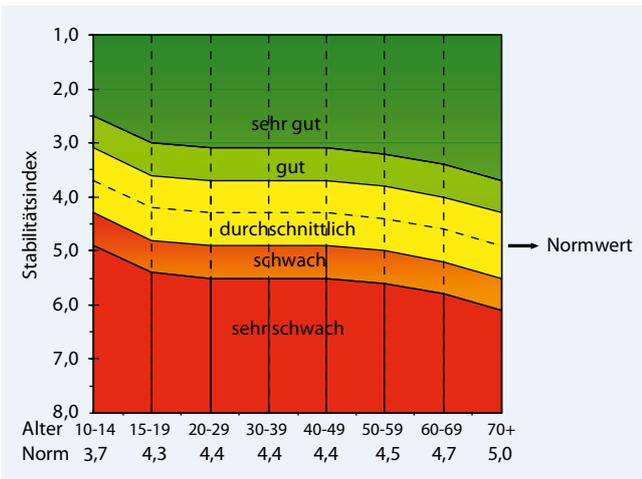


Abb. 2 ◀ Normwerte des Stabilitätsindex für Männer, Links-rechts-Messung

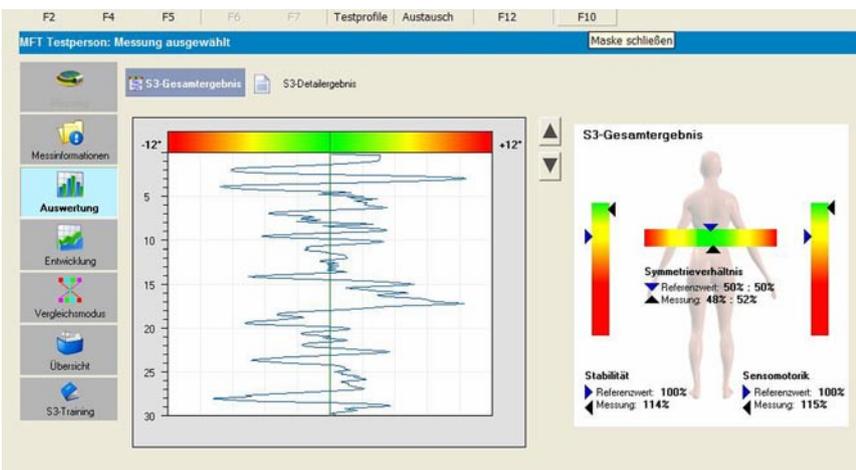


Abb. 3 ▲ Bildschirmausgabe eines Einzeltests des S3-Check

tativ bewerten zu können, ist bei pathologischen Befunden eine der wichtigsten Indikationen, um präventive Maßnahmen vor allem in Form der entsprechenden Heilgymnastik durchzuführen und besonders die sensomotorischen Fähigkeiten zu trainieren.

Dazu bedarf es aber eines den wissenschaftlichen Kriterien entsprechenden Diagnosegerätes.

Methodik

Testgerät

Zur Erhebung des individuellen Ist-Zustandes der Körperstabilität (Gleichgewicht) wurde als Messinstrument der S3-Körperstabilitätstest oder kurz S3-Check von MFT (Multifunktionale Trainingsgeräte GmbH, **Abb. 1**) verwendet. Die-

ser ist ein Testverfahren zur funktionalen Bewertung der Körperstabilität im Stehen und zur Testung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit. Mit dem S3-Check können Personen mit einem Körpergewicht von 30–120 kg getestet werden. Das S3-Check-Testsystem besteht aus einer einachsig instabilen Standplatte mit integriertem sensorgesteuertem Messwertempfänger und der dazugehörigen Software. Die Softwareprogrammierung samt integrierter Datenbank erfolgte durch die Firma BITsoft.

Die Standfläche des Messgerätes misst 530 mm und ist durch eine horizontale Achse mit einer Bodenplatte verbunden. Sie ist bis zu 12° nach beiden Seiten kippbar. Ein konstanter Neigungswiderstand wird durch ein Elastomer gewährleistet. Ausgleichsbewegungen der Testperson rufen ein Kippen der Standplatte hervor und werden so von einem Neigungssensor (Messbereich $\pm 20^\circ$, Abtastrate 100 Hz, Messgenauigkeit $0,5^\circ$), der auf der Unterseite der Standplatte montiert ist, erfasst und von der Messsoftware aufgezeichnet und ausgewertet. Muss die Testperson Kippbewegungen in der Frontalebene ausgleichen, spricht man von Links-rechts-Messung. Wird auf Bewegungen in der Sagittalebene reagiert, so spricht man von Vor-rück-Messung.

Hinsichtlich der Reliabilität erfüllt der S3-Check von MFT in allen Belangen, auch im Vergleich zu anderen sensomotorischen Testgeräten [2, 8], den wissenschaftlichen Anspruch eines Diagnosegerätes [10].

Probanden

In Summe wurden im Herbst 2005 über 5000 Frauen und Männer zwischen 7 und 70 Jahren aus Deutschland, Österreich und der Schweiz in der Links-rechts- und der Vor-rück-Bewegung getestet. Die dabei erhobenen Messdaten bildeten gleichzeitig die Basis für die Errechnung allgemeingültiger Normwerte. Die Berechnung der notwendigen Probandenzahl erfolgte durch Statistik Austria. Diese Normwerte erlauben die Einordnung der Testergebnisse in Bewertungsklassen und gestatten interindividuelle Vergleiche zwischen Mädchen und Knaben, Frauen und Männern aller Altersklassen.

H. Tilscher · D. Gruber · S. Lemberg · C. Raschner

Auswirkungen von Beeinträchtigungen am Bewegungsapparat auf das Ergebnis des S3-Körperstabilitätstests

Zusammenfassung

Das Sichaufrechtbewegen ist das Ergebnis des Zusammenspiels verschiedenster Organsysteme, wobei die Informationsentstehung über stattfindende Bewegungen und ihre Informationsbeantwortung von wesentlicher Bedeutung sind. Die Regel- und Steuerungsvorgänge sind Voraussetzung für die ökonomische Dynamik der menschlichen Bewegung. Als Möglichkeit zur objektivierten Unterscheidung normaler von krankhaften Haltungstereotypen wurde ein Messinstrument für die Körperstabilität entwickelt, der S3-Check. Dieses enthält eine in ihrer Instabilität normierte Standfläche, welche zusätzlich zur Provokation des aufrecht Stehenden durch die Schwerkraft weitere propriozeptive Reize liefert, da das alleinige unbewegte aufrechte Stehen realitätsfremd ist und lediglich bei Ehrenwache haltenden Soldaten zu beobachten ist. Die dabei auftretenden Körperbeweglichkeitsschwankungen werden als posturales Vermögen gemessen.

Die technische Einrichtung, der Stabilitätsindex, der Sensomotorikindex, das Symmetrieverhältnis sowie die Testdurchführung werden beschrieben, besonders die Testauswertungen zum Erhalt von Normwerten für Personen aller Altersstufen sowie für beide Geschlechter.

Eine weitere Untersuchung galt dem Gleichgewichtsverhalten von Menschen mit Beschwerden am Bewegungsapparat.

Ziel der Untersuchung ist die Bewertung des S3-Körperstabilitätstests hinsichtlich seiner Eignung zum Screening von noch gesunden Menschen, auch von Kindern und Jugendlichen, im Rahmen der Primärprävention.

Schlüsselwörter

S3-Körperstabilitätstest · Bewegungsapparat · Gleichgewicht · Schwerkraft

Von den Testungen wurden Personen, die bereits reichlich Erfahrung im Training mit instabilen Unterlagen besaßen, sowie Leistungssportler ausgeschlossen. Da neuere Studien auf den Einfluss der sozialen Bedingungen, wie Wohngegend, Schule usw., auf die Gleichgewichtsfähigkeit hinweisen [9, 5], wurde bei der Auswahl der Probanden darauf geachtet, dass eine regionale Ausgewogenheit zwischen Land- und Stadtbevölkerung bestand.

Testdurchführung

Als Testleiter fungierten 30 speziell geschulte Physiotherapeuten und Sportwissenschaftler mit Erfahrung in der Diagnostik von Personen. Die Testdurchführung erfolgte unter standardisierten Bedingungen (u. a. einheitliches Aufwärmprogramm, ein Probeversuch, Testung ohne Schuhe, frei wählbare Armposition). Die Probanden standen hüftbreit auf der Standfläche und hatten die Aufgabe, die Messplattform über eine vordefinierte Zeitspanne möglichst waagrecht zu halten. Die Standardtestung dauerte zweimal 30 s mit einer dazwischen liegenden Pause von 30 s. Die Messsoftware wählte den besseren der beiden Versuche als Testergebnis zur Auswertung aus.

Erhobene Parameter

Das Testsystem misst die Bewegungen der Standfläche und errechnet aus deren Anzahl und Größe den Sensomotorikindex. Bewegungsabweichungen von der Plattenmitte werden im Symmetriekindex ausgedrückt. Beide Faktoren fließen in den Stabilitätsindex ein und geben so Auskunft über die komplexe sensomotorische Leistungsfähigkeit der Testperson, ihre Körperhaltung zu kontrollieren und den Körper im Rahmen einer Gleichgewichtsaufgabe stabil zu halten. Die Messwerte des Sensomotorikindex und Stabilitätsindex bewegen sich auf einer neunteiligen Skala (Minimalwert 1 = sehr gut, Maximalwert 9 = sehr schwach). Die Bewertung der Symmetrie erfolgt in drei Kategorien: 40:60 bis 50:50% Bewegungssymmetrie bedeuten dabei keine Bevorzugung einer Körperseite, 25:75 bis 39:61% eine geringfügige Bevorzugung und Werte unter 24:76% eine deutliche Bevorzu-

Effects of impairments at the movement apparatus on the result of the S3-body stability test

Abstract

Walking upright is the result of the interaction between various organ systems, whereby information development through the movement taking place and information response are of particular importance. The regulation and control procedures are prerequisite to the economic dynamics of human movement. In order to distinguish between normal and abnormal stance stereotypes, a measuring instrument for the S3-body stability was developed, the S3-check. This instrument includes a balance platform of standardised instability, which, in addition to the provocation of the standing proband through gravity, provides further proprioceptive impulses, since standing upright, alone, without moving, is unnatural and only seen in guards of honour. The following variations in body mobility are then measured as postural capacity.

The technical device, the stability index, the sensomotoric index, the proportion of symmetry as well as the implementation of the test are described, in particular the test evaluation to attain normal values for all age groups from childhood to adulthood, and for both sexes.

A further examination measured adjustment of balance in people with disorders of the movement apparatus.

The aim of the examination is to assess the S3-body stability test as a possible screening method for still healthy persons, children and teens alike, at a primary prevention level.

Keywords

S3-body stability test · Movement apparatus · Postural capacity · Gravity

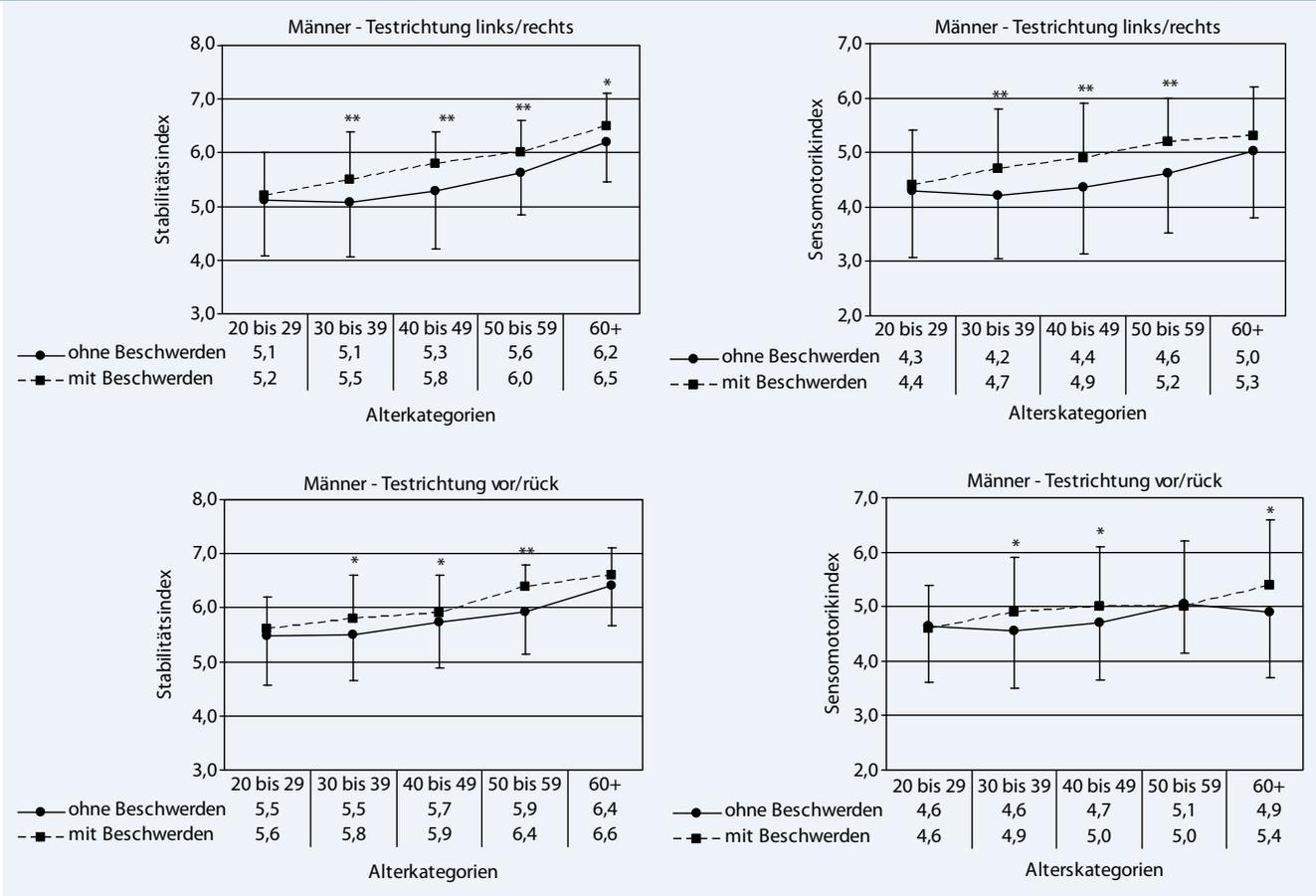


Abb. 4 ▲ Stabilitäts- und Sensomotorikindex. Links-rechts- und Vor-rück-Messung der Männer mit und ohne Beschwerden (*p<0,05; **p<0,01)

gung einer Bewegungsseite. Der Idealwert liegt bei einem Symmetrieverhältnis von 50:50%. Für den Symmetriewert gibt das System keine Diagramme aus.

Die Software erlaubt zudem die Dokumentation des Gesundheitszustands (u. a. Beeinträchtigungen am Bewegungsapparat), um in weiterer Folge eine vergleichende Analyse von Probanden mit und ohne Beschwerden zu ermöglichen.

Ergebnisse

Gewinnung der Normwerte

Die Messwerte, die im Rahmen der Studie zur Normierung des S3-Checks erhoben und statistisch ausgewertet wurden, bildeten die Grundlage für den Vergleich der beiden Stichproben.

Abb. 2 zeigt exemplarisch die Normwerte der Männer für den Stabilitätsindex in der Messrichtung Links-rechts, gruppiert nach 10-Jahres-Altersklassen.

Die Indexwerte werden Bewertungskategorien von sehr gut über gut, durch-

schnittlich, schwach bis sehr schwach zugewiesen. Die Breite der Kategorien entspricht der errechneten Standardabweichung vom statistischen Mittel. Der Normwert steht zudem als absoluter Wert unter jeder Altersklasse und ist im Diagramm entlang der gestrichelten Linie (Bereich durchschnittlich) ablesbar. Diese detaillierten Informationen wurden von BITsoft in die S3-Check-Software eingearbeitet. So ist es möglich, jeder Testperson sofort nach Ende der Diagnostik Auskunft über ihr Stabilitäts- und Sensomotorikverhalten verglichen mit den Normwerten ihrer Altersklasse und ihres Geschlechts zu geben.

Abb. 3 zeigt die grafische Umsetzung eines Einzeltests und des Referenzwertvergleichs. Für die einzelnen Untergebnissen gibt es Ampeldiagramme, die den Referenzwert (Normwert, Idealwert) mit einem rechts oben liegenden Pfeil in blauer Farbe markieren. Die Messwerte der Testperson werden mit einem links unten liegenden Pfeil in schwarzer Farbe in das Diagramm gestellt. An der Positi-

on dieses Pfeils kann man ablesen, ob das Testergebnis des Probanden besser oder schlechter als der Referenzwert ist. Die Farbzuordnungen des Ampeldiagramms erleichtern die Einordnung der Ergebnisse: eine grüne Zone zeigt, wie auch in den Normwertdiagrammen, sehr gute Ergebnisse, die gelbe Zone durchschnittliche Messwerte. Die orange und die rote Zone weisen darauf hin, dass die Testung ein schlechtes bis sehr schlechtes Ergebnis erbrachte. Als weitere Information wird die Abweichung des Testergebnisses vom entsprechenden Referenzwert in Prozent angegeben.

Vergleich von Personen mit und ohne Beschwerden am Bewegungsapparat

Im Zuge der Studie zur Normwerterhebung wurden auch Probanden getestet, die angaben, Beschwerden am Bewegungsapparat in den Sprung-, Knie-, Hüft- oder Schultergelenken oder an der Wirbelsäule zu haben. Eine Erhebung der

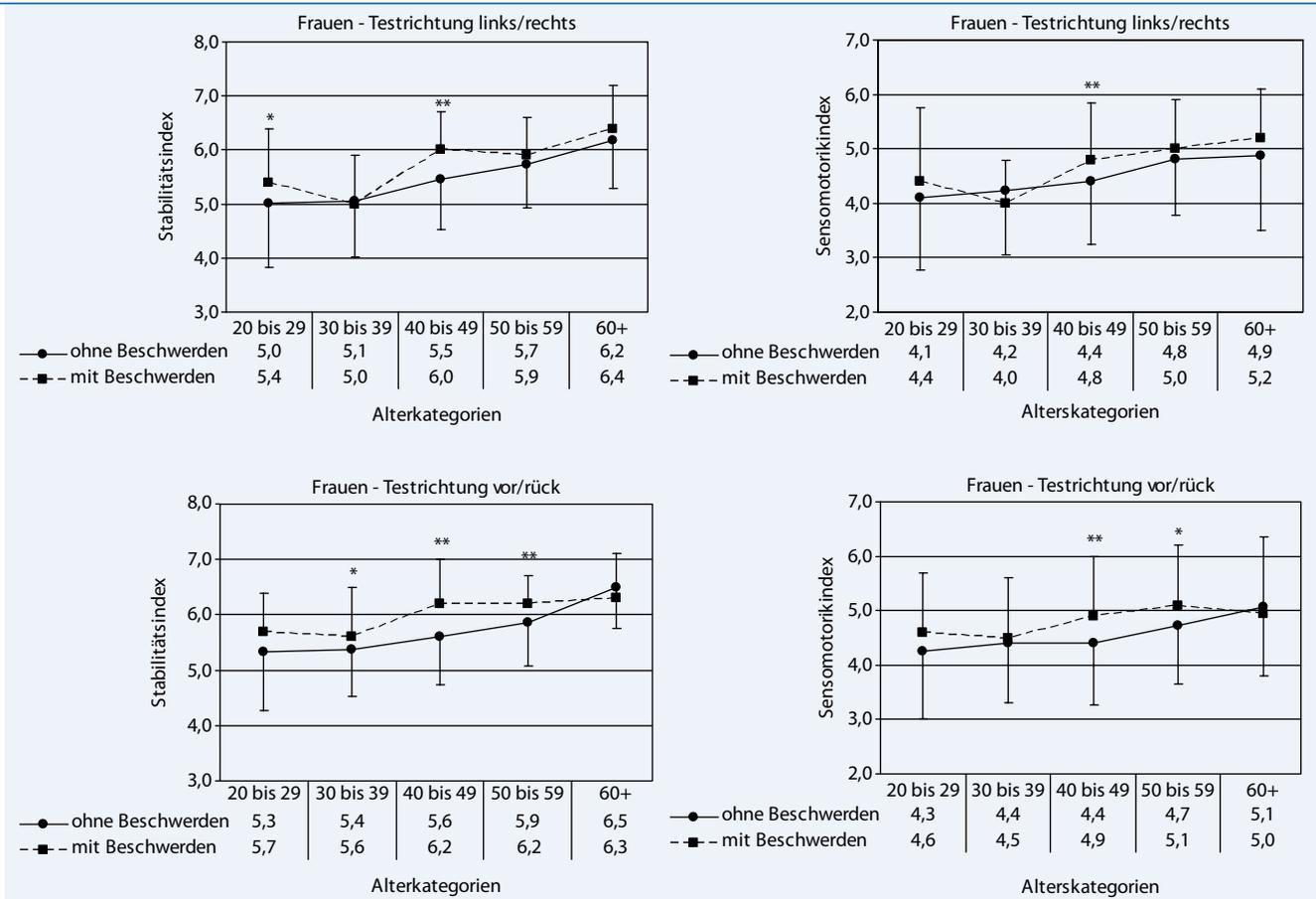


Abb. 5 ▲ *Stabilitäts- und Sensoromotorikindex*. Links-rechts- und Vor-rück-Messung der Frauen mit und ohne Beschwerden (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$)

Art und Dauer dieser Beschwerden oder der bereits angewandten Behandlungs- und Therapiemethoden erfolgte im Rahmen dieser Testung nicht. Die Personen wurden mit demselben standardisierten Testverfahren diagnostiziert, das im Rahmen der Normwertstudie verwendet wurde. So können die Ergebnisse beider Untersuchungen miteinander verglichen und eventuelle Unterschiede aufgezeigt werden.

Von insgesamt 2592 männlichen Probanden gaben 133 an, von Problemen betroffen zu sein. Dieser geringe Anteil ist darauf zurückzuführen, dass die Testleiter die Anweisung hatten, primär nur gesunde Personen zu testen. Bei den weiblichen Testpersonen gaben 131 von 2585 Getesteten an, Probleme in Sprung-, Knie- oder Hüftgelenken, in der Wirbelsäule oder dem Schultergürtel zu haben, die sie aber grundsätzlich nicht bei der Durchführung des Tests behinderten. Die Prüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test ergab, dass die Daten nicht in allen Altersgruppen normal verteilt wa-

ren. Aus diesem Grund wurde der statistische Gruppenvergleich mit dem Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Die **Abb. 4 und 5** zeigen die Ergebnisse der Auswertungen für Männer und Frauen jeweils für die Testrichtungen Links-rechts und Vor-rück. Die Gegenüberstellungen beinhalten jeweils die Durchschnittswerte und Standardabweichungen für den *Stabilitäts-* und *Sensoromotorikindex* der Personen ohne Beschwerden und jenen mit Beschwerden. In die Bewertung der Gesamtkörperstabilität fließen sowohl die Beurteilung der sensorimotorischen Regulationsfähigkeit als auch die funktionale Bewegungssymmetrie ein.

■ **Abb. 4** zeigt die Ergebnisse der Männer. Auffällig sind die in fast allen Altersstufen schlechteren Ergebnisse der Männer mit Beschwerden. Diese sind zum Teil statistisch signifikant. Die deutlichen Unterschiede in den einzelnen Altersgruppen treffen vor allem auf die Links-rechts-Messungen zu. Die exakten Messergeb-

nisse sind den jeweiligen Diagrammen zu entnehmen. Etwas überraschend ist die Angleichung der Messwerte bei Männern mit und ohne Beschwerden bei der Vor-rück-Messung des Sensoromotorikindex in der Altersgruppe 50 bis 59 Jahre.

In **Abb. 5** fallen, im Vergleich mit den Männern, die Differenzen der Frauen zwischen beiden Gruppen nicht so deutlich aus. Statistisch lassen sich weniger signifikante Unterschiede nachweisen. Die sensorimotorische Regulationsfähigkeit von Frauen mit Beschwerden in den Testrichtungen links-rechts und vor-rück ist in vier von fünf Alterskategorien geringfügig schlechter als jene von beschwerdefreier Testteilnehmerinnen. Einzig die 30 bis 39-jährigen Frauen mit Beschwerden erzielten bei der Links-rechts-Messung mit einem Index von 4,0 einen etwas besseren Wert als die Gruppe ohne körperliche Beschwerden (Index von 4,2).

Die Betrachtung der Gesamtkörperstabilität zeigt, dass unter Hinzunahme des Aspekts der funktionalen Bewegungssymmetrie Frauen zwischen 40 und 49 Jahren

mit Beschwerden deutlich schlechtere Ergebnisse lieferten als ihre Vergleichsgruppe. Hier zeigt sich eine hoch signifikante Überlegenheit der Probandinnen ohne Beschwerden.

Generell muss auf die unterschiedliche Größe der Probandengruppen hingewiesen werden. Die große Gruppe der beschwerdefreien Probanden steht einer relativ kleinen Anzahl von Probanden mit Beschwerden gegenüber. Um die in dieser Untersuchung präsentierten ersten Tendenzen abzusichern, bedarf es aber noch einer Reihe an weiteren Untersuchungen.

Fazit für die Praxis

Der S3-Check ist ein Testinstrument, das auf einfachem und schnellem Weg Aussagen über die Gesamtkörperstabilität, die Gleichgewichtskoordination und die funktionale Bewegungssymmetrie erlaubt. Er kann daher in vielfältiger Weise von medizinischem Personal, Physiotherapeuten und Sportwissenschaftlern als

- Screeninginstrument bei Reihenuntersuchungen zur Erfassung des Istzustands der sensomotorischen Regulationsfähigkeit,
- Kontrollinstrument für Trainings- und Therapiefortschritte,
- Testgerät im sportlichen Training,
- Feedbacktrainingsgerät in Therapie und Training,
- Messinstrument im Rahmen der sportmedizinischen und orthopädischen Befunderhebung

eingesetzt werden.

Eine Testung ist nach Ansicht und Erfahrung der Autoren auch bei akuten bzw. chronischen Beschwerden und bei Verletzungen im Bereich des Bewegungsapparates möglich, sofern die Rahmenbedingungen mit dem behandelnden Arzt oder betreuenden Therapeuten abgesprochen sind. Ein gestörter Informationsfluss aufgrund von Schmerzen, falschen Körperhaltungen, einseitigen Bewegungen, Bewegungsarmut oder unzureichenden Arbeitspositionen führt in vielen Fällen zu kompensatorischen Muskelaktivierungen, für deren Diagnostik der S3-Check eine hilfreiche Ergänzung zu klassischen medizinischen Screeningverfahren darstellt.

Korrespondenzadresse

H. Tilscher

Ludwig Boltzmann Institut für konservative Orthopädie, Cluster Orthopädie, SOS-Körper, Orthopädisches Spital Speisingerstraße 109, 1130 Wien Österreich
Hans.Tilscher@oss.at

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Asmoah V, Mellerowicz H, Venus J, Klöckner C (2000) Oberflächenvermessung des Rückens – Wertigkeit in der Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen. *Orthopade* 29: 480–489
2. Capuche WJ, Shifflett B, Kahanov L, Wughalter EH (2001) Reliability of biodes balance system measures. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2: 97–108
3. Granacher U, Gollhofer A, Strass D (2006) Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait Posture* 24: 459–466
4. Häflinger U, Schuba V (2004) Koordinationstherapie. *Propriozeptives Training*. 2. Aufl. Mayer & Mayer, Aachen, S 16–46
5. Klein M, Emrich E, Schwarz M et al. (2004) Sportmotorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen im Saarland – Ausgewählte Ergebnisse der IDEFIKS-Studie (Teil 2). *Dtsch Z Sportmed* 55: 211–220
6. Neugebauer H (1970) Rückenmessgerät für Reihenuntersuchungen. *Z Orthop* 108: 395–406
7. Nikolaus T (2005) Gang, Gleichgewicht und Stürze – Funktionsbeurteilung, Diagnostik und Prävention. *Dtsch Med Wochenschr* 130: 961–964
8. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE (2004) Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 6: 305–316
9. Prätorius B, Milani T (2004) Motorische Leistungsfähigkeit bei Kindern: Koordinations- und Gleichgewichtsfähigkeit: Untersuchung des Leistungsfalles zwischen Kindern mit verschiedenen Sozialisationsbedingungen. *Dtsch Z Sportmed* 55: 172–176
10. Raschner C, Platzer HP, Lember S (2006) S3-Check – Körperkoordinationstest für die Therapie- und Trainingsplanung. 22. Sportärztewoche, Zell am See - Kaprun, 3.-8.12.2006
11. Rohlmann A, Siraky J (1985) Reproduzierbarkeit der Oberflächenvermessung des Rückens nach dem optimetrischen Verfahren. *Z Orthop* 123: 205–212
12. Schlumberger A, Eder K (2001) Verletzungsprophylaxe durch Stabilisationstraining. *Leistungssport* 31: 26–31
13. Schulz S (1999) Messung von Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, München
14. Turner-Smith AR, Harris JD, Houghton GR, Jefferson RJ (1988) A method for analysis of back shape in scoliosis. *J Biomech* 21: 497–509
15. Wilke C (2000) Sensomotorische Leistungen der unteren Extremitäten. Qualifizierung und Trainingsmöglichkeiten in der Rehabilitation. Dissertation, Deutsche Hochschule Köln, Köln