

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

Tilscher H.¹, Gruber D.¹, Lembert S.², Raschner C.²

¹ Ludwig Boltzmann Institut für konservative Orthopädie, Cluster Orthopädie, Orthopädisches Spital, Speisingerstraße 109, 1130 Wien

² Institut für Sportwissenschaft, Leopold – Franzens - Universität Innsbruck, Fürstenweg 185, 6020 Innsbruck

Einleitung

Die Beurteilung der Wirbelsäule nach kybernetischen Prinzipien, 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 (Integrated 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 Sichtweise des Achsenskeletts wurde durch die Beurteilung der Muskelkraft mit den verschiedensten Meßmethoden erweitert. Von Bedeutung ist außerdem die Steuerung des Zusammenwirkens von Muskulatur und dem passiven Bewegungsapparat, eine der wichtigsten und höchstqualifiziertesten Leistungen des Nervensystems. Die Beurteilung der Sensomotorik, das heißt der Verarbeitung von Informationen über die Haltung und die Bewegung durch motorische Reaktionen, kommt so dem Problem der Analyse der „normalen Haltung“ und der „Fehllhaltung“ näher.

Es sind drei „S“ der Bewegung – Stabilität, Sensomotorik und Symmetrie –, die in ihrem Zusammenspiel mit weiteren koordinativen Fähigkeiten die gesunde, physiologische Beanspruchung des passiven und des aktiven 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 grundsätzlich der Orientierung im Raum. Dies ist eine wichtige Voraussetzung hinsichtlich einer verbesserten Bewegungsökonomie, erhöhten körperlichen Leistungsfähigkeit aber auch Verletzungsprophylaxe [15,4,12]. Im zunehmenden Altersverlauf besonders wichtig ist die größere Sicherheit im Alltag bei unvorhergesehenen Situationen. Auf die in der Literatur immer wieder erwähnte Sturzprophylaxe bei älteren Personen

kann mit Hilfe eines sensomotorischen Trainingsprogrammes positiv Einfluss genommen werden [3,7].

Diagnosemöglichkeiten

Die Häufigkeit schmerzhafter Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates ist hinlänglich bekannt, besonders die der Wirbelsäule. Als gravierendes medizinisches Problem gilt dabei die Tatsache, dass bei den Wirbelsäulenerkrankungen nur in ca. 15% der Fälle gestaltliche oder labormäßige Auffälligkeiten diagnostisch weiterführen. An die 85% der Wirbelsäulenerkrankungen bedürfen zu ihrer nosologischen Einordnung einer entsprechenden Anamnese und einer medizinischen Analyse. Die Techniken der klinischen Untersuchung stellen bei der Wirbelsäule ein von Ländern, Schulen und Fächern abhängiges variierendes Unterfangen dar - das Screening vor allem 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 bei der konservativ-orthopädischen Beurteilung vor allem von Kindern und Jugendlichen präventive Befunderhebungen ermöglichen, und die bei den Vorsorgeuntersuchungen z.B. im Schulbetrieb, eingesetzt werden können. Diese sollten zahlenmäßige, jederzeit reproduzierbare Ergebnisse liefern, die über den funktionellen Zustand des Achsenorgans des Betreffenden Hinweise 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 quantitativ bewerten zu können, ist bei pathologischen Befunden eine der wichtigsten Indikationen 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 vorhandenen individuellen Ist-Zustandes der Körperstabilität (Gleichgewicht) wurde als Messinstrument der S3 Körperstabilitätstest oder kurz S3 Check verwendet. Der S3 Körperstabilitätstest 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 bis 120 kg getestet werden. Das S3 Check-Testsystem besteht aus einer einachsig instabilen Standplatte mit integriertem sensorgesteuerten Messwertaufnehmer und der dazugehörigen Software. Die Softwareprogrammierung samt integrierter Datenbank erfolgte durch die Fa. BITsoft.

Die Standfläche des Messgerätes misst 530 mm und ist durch eine horizontale Achse mit einer Bodenplatte verbunden. Sie ist bis zu 12° in beide Seiten kippbar. Ein



Abbildung 1: MFT S3 Check

konstanter Neigungswiderstand wird durch ein Elastomer gewährleistet. Ausgleichsbewegungen der Testperson rufen ein Kippen der Standplatte hervor und können so vom Neigungssensor (Messbereich +/- 20°, Abtastrate 100 Hz, Messgenauigkeit 0,5°), der auf der Unterseite der Standplatte montiert ist, erfasst und von der Messsoftware aufgezeichnet und ausgewertet werden. Muss die Testperson Kippbewegungen in der Frontalebene ausgleichen, spricht man von der rechts/links Messung. Wird auf

Bewegungen in der Sagittalebene reagiert, so spricht man von vor/rück Messungen. Hinsichtlich der Reliabilität erfüllt der MFT S3 Check 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 Bewegung und der vor/rück Bewegung getestet. Die dabei erhobenen Messdaten bildeten gleichzeitig die Basis für die Errechnung allgemeingültiger Normwerte (die Angabe an zu testenden Personen erfolgte durch Statistik Austria). Diese erlauben die Einordnung der Testergebnisse in Bewertungsklassen und gestatten interindividuelle Vergleiche zwischen Mädchen und Knaben, Frauen und Männern aller Altersklassen. Von den Testungen wurden Personen, die bereits reichlich Erfahrung im Training mit instabilen Unterlagen besaßen sowie Leistungssportler ausgeschlossen. Da neuere Studien auf den Einfluss sozialen Bedingungen auf die Gleichgewichtsfähigkeit (Wohngegend, Schule usw.) 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 erfolgte ohne Schuhe, Armposition war frei wählbar). Die Probanden standen hüftbreit auf der Standfläche und hatten die Aufgabe, die Messplattform über eine vordefinierte Zeitspanne möglichst waagrecht zu halten. Die Standardtestung dauerte zwei mal 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 Symmetrieindex 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 stellen dabei keine Bevorzugung, 25:75 bis 39:61 % eine geringfügige Bevorzugung und Werte unter 24:76 % eine deutliche Bevorzugung einer Bewegungsseite dar. Für die Einordnung des Symmetriewerts gibt es keine Diagramme, der Idealwert liegt bei einem Symmetrieverhältnis von 50 zu 50 %.

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

Ergebnisse

Normwerte als Basis

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.

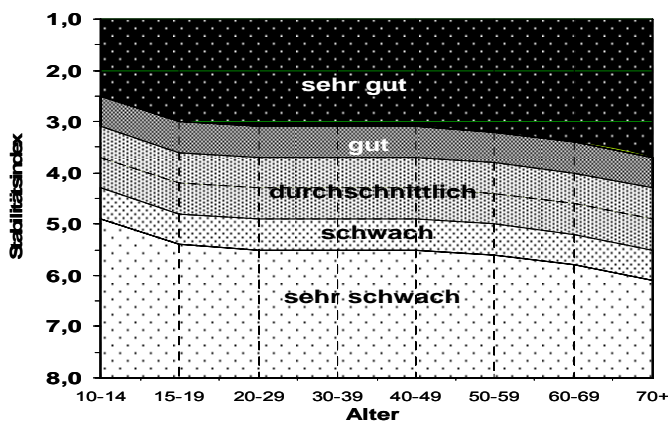


Abbildung 2: Normwerte - links/rechts Stabilitätsindex männlich

Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Normwerte der Männer in 10-Jahres Sprüngen für den Stabilitätsindex in der Messrichtung links/rechts.

Die Indexwerte werden Bewertungskategorien von sehr gut über gut, durchschnittlich, 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 strichlierten 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 Stabilität- und Sensomotorikverhalten verglichen mit den Normwerten ihrer Altersklasse und ihres Geschlechts zu geben.

Abbildung 3 zeigt die grafische Umsetzung des Messergebnisses und des Referenzwertvergleichs. Für die einzelnen Unterergebnisse gibt es Ampeldiagramme, die den Referenzwert (Normwert, Idealwert) mit einem außenliegenden Pfeil (in blauer Farbe) markieren. Die Messwerte der Testperson werden mit einem innenliegenden Pfeil (in schwarzer Farbe) in das Diagramm gestellt. An der Position dieses Pfeils kann man ablesen, ob das Testergebnis des Probanden besser oder schlechter wie der Referenzwert ist. Die Farbzuordnungen des Ampeldiagramms erleichtern die Einordnung der Ergebnisse: eine grüne Zone zeigt wie auch in den

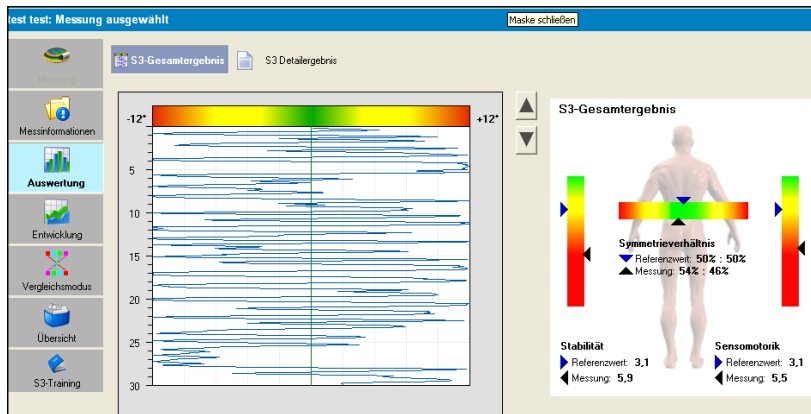


Abbildung 3: Darstellung des S3 Ergebnis im Testprogramm

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 das Testergebnis prozentual mit dem entsprechenden Referenzwert verglichen.

Vergleichende Analysen - Personen mit und ohne Beschwerden am Bewegungsapparat

Im Zuge der Studie zur Normwerterhebung wurden auch Probanden getestet, die angaben, Beschwerden am passiven Bewegungsapparat in den Sprung-, Knie-, Hüft- oder Schultergelenken bzw. an der Wirbelsäule zu haben. Eine Erhebung welcher Art diese Beschwerden sind, welche Behandlungs- und Therapiemethoden bereits angewandt wurden oder wie lange die Beschwerden bereits bestehen erfolgte im Rahmen dieser Testung nicht. Die Personen wurden mit demselben standardisierten Testverfahren diagnostiziert, wie es 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 zurück zu führen, dass die Testleiter die Anweisung hatten, primär nur gesunde Personen zu testen. Bei den weiblichen Testpersonen gaben 131 von 2585 Getesteten an, Probleme im Sprung-, Knie- oder Hüftgelenk, in der Wirbelsäule oder dem Schultergürtel haben, die sie aber grundsätzlich nicht an der Durchführung des Tests behinderten. Die Prüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov Test ergab, dass die Daten nicht in allen Altersgruppen normal verteilt waren. Aus diesem Grund wurde der statistische Gruppenvergleich mit dem Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Die Diagramme in den Abbildungen 4 & 5 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen für Männer und Frauen getrennt in den Testrichtungen links/rechts und vor/rück. Die Gegenüberstellungen beinhalten jeweils die Durchschnittswerte und Standardabweichungen für den *Stabilitäts-* und *Sensomotorikindex* der Personen ohne Beschwerden und jenen mit Beschwerden. In die Bewertung der Gesamtkörperstabilität fließen sowohl die Beurteilung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit als auch die funktionale Bewegungssymmetrie ein.

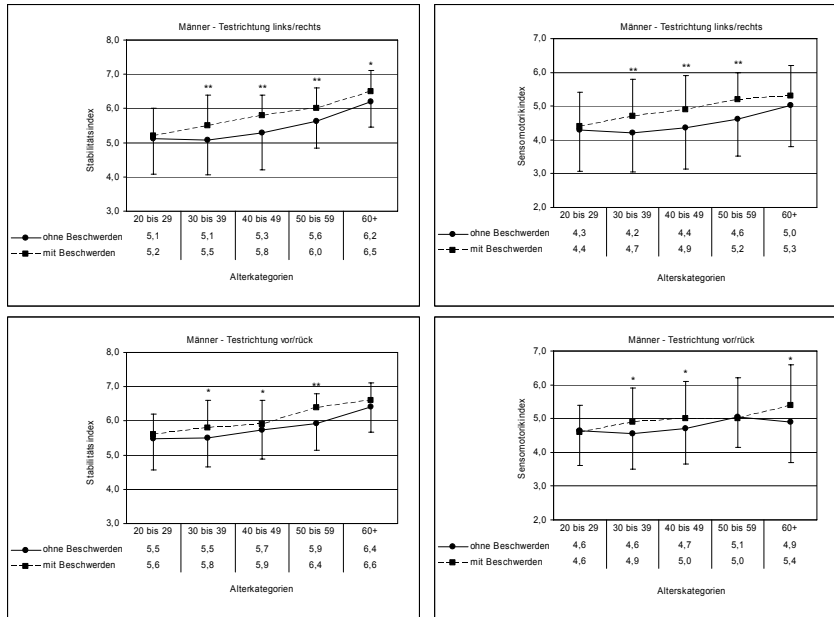
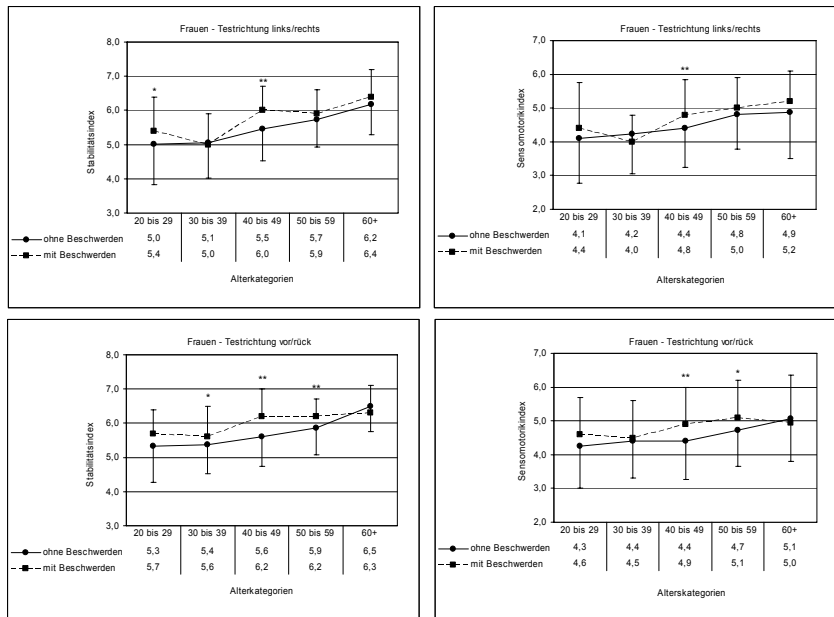


Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Männer. Augenscheinlich sind die in fast allen Alterstufen schlechteren Ergebnisse der Männer mit Beschwerden. Diese sind zum Teil statistisch signifikant. Die deutlichen Unterschiede in den einzelnen Altersgruppen treffen vor allem auf die links/rechts Messungen zu. Die exakten Messergebnisse sind den jeweiligen Diagrammen zu entnehmen. Etwas überraschend ist die Angleichung der Männer mit Beschwerden im Gegensatz zu

Abbildung 4: *Stabilitäts- und Sensorimotorikindex* links/rechts und vor/rück der Männer ohne versus mit Beschwerden (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$)

jenen ohne - bei der vor/rück Messung des Sensorimotorikindex in der Altersgruppe 50 bis 59.



In Abbildung 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 sensomotorische Regulationsfähigkeit von Frauen mit Beschwerden in der Testrichtung links/rechts und vor/rück ist aber in vier von fünf Alterskategorien geringfügig besser wie jene von beschwerdefreien Testteilnehmerinnen. Die 30 bis 39 jährigen Frauen ohne Beschwerden erzielten bei

Abbildung 5: *Stabilitäts- und Sensomotorikindex* links/rechts und vor/rück der Frauen ohne versus mit Beschwerden (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$)

der links/rechts Messung mit einem Index von 4,2 einen etwas schlechteren Wert wie die Gruppe mit körperlichen Beschwerden (Index von 4,0).

Die Betrachtung der Gesamtkörperstabilität zeigt, dass unter Hinzunahme des Aspektes der funktionalen Bewegungssymmetrie Frauen zwischen 40 und 49 mit Beschwerden deutlich schlechtere Ergebnisse lieferten wie 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 beschwerdelosen 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 Ist-Zustandes 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 des Bewegungsapparates und Verletzungen im Bereich des passiven 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 unzweckmäßigen Arbeitspositionen führen in vielen Fällen zu kompensatorischen Muskelaktivierungen für deren Diagnostik der S3 Check eine hilfreiche Ergänzung zu klassischen medizinischen Screeningverfahren darstellt.

Literatur:

- [1] Asmoah V, Mellerowicz H, Venus J, Klöckner C (2000) Oberflächenvermessung des Rückens – Wertigkeit in der Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen. Orthopäde 29:480-489
- [2] Capuche WJ, Shifflett B, Kahanov L, Wughalter EH (2001) Reliability of Biodex Balance System Measures. Measurement in Physical Education and Exercise Science 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. Auflage) Mayer&Mayer, Aachen, S 16-46
- [5] Klein M, Emrich E, Schwarz M, Papathanassiou V, Pitsch W, Kindermann W, Urhausen A (2004) Sportmotorische Leistungsfähigkeit von Kindern Jugendlichen im Saarland – Ausgewählte Ergebnisse der IDEFIKS-Studie (Teil 2). Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 55:211-220
- [6] Neugebauer M (1970) Rückenmessgerät für Reihenuntersuchungen Z.f.Orthopädie 108:3
- [7] Nikolaus T (2005) Gang, Gleichgewicht und Stürze- Funktionsbeurteilung, Diagnostik und Prävention. Deutsche Medizinische Wochenschrift 130:961-964
- [8] Paterno MV, Myer G D, Ford KR, Hewett TE (2004) Neuromuscular Training Improves Single-Limb Stability in Young Female Athletes. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 6:305-316
- [9] Prätorius B, Milani T (2004) Motorische Leistungsfähigkeit bei Kindern: Koordinations- und Gleichgewichtsfähigkeit: Untersuchung des Leistungsgefälles

zwischen Kindern mit verschiedenen Sozialisationsbedingungen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 55:172-176

[10] Raschner C, Platzer HP, Lember S (2006) S3 Check - Körperkoordinationstest für die Therapie- und Trainingsplanung. Sportärztwoche o.S.

[11] Rohlmann A, Siraky J (1985) Reproduzierbarkeit der Oberflächenvermessung des Rückens nach dem optometrischen Verfahren. Z.f.Orthopädie 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 München. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität

[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