

Sensomotorisches Training

S. Steib, K. Pfeifer, A. Zech

2.1 Das sensomotorische System – 14

2.2 Sensomotorisches Training – 14

2.2.1 Ziele und Wirkungen eines sensomotorischen Trainings – 14

2.2.2 Inhalte des sensomotorischen Trainings – 16

2.2.3 Belastungsgestaltung und Progression
des sensomotorischen Trainings – 17

2.2.4 Trainingsmethodische Aspekte: Praktische Gestaltung, Betreuung
und Sicherheit – 18

Literatur – 18

Einführung

Das sensomotorische Training hat sich in den vergangenen Jahren als effektive Trainingsmaßnahme in verschiedenen Handlungsfeldern des Sports und der Bewegungstherapie etabliert. Es wird zur Rehabilitation akuter und chronischer Gelenkbeschwerden und Bewegungsstörungen, in der Verletzungs- und Sturzprävention sowie zur Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit eingesetzt. Im Wesentlichen zielt das sensomotorische Training auf die **Verbesserung der neuromuskulären Ansteuerung** und eine **Optimierung der Bewegungs- und Haltungskontrolle** ab. Dies soll durch eine verstärkte Beanspruchung sensorischer Feedbacksysteme und Stimulation zentralnervöser Integrationsprozesse erreicht werden. Zentrale Trainingsinhalte sind **Gleichgewichtsübungen**, die alleine oder in Kombination mit Kraft- bzw. plyometrischem Training oder Gewandtheitsübungen umgesetzt werden können.

Im vorliegenden Kapitel werden die zugrunde liegenden Funktionssysteme erläutert und wesentliche Ziele und Wirkungen herausgearbeitet. Zudem werden wichtige trainingsmethodische Aspekte besprochen und Empfehlungen zur Belastungsgestaltung gegeben.

2.1 Das sensomotorische System

Das sensomotorische System (SMS) übernimmt bei der **Bewegungsplanung** und **-ausführung** zwei zentrale Aufgaben:

- die Kontrolle der **Zielmotorik** (Bewegungsausführung, situationsgerechte Bewegungsanpassung, Antizipation des Bewegungsergebnisses) und
- die **Stützmotorik** (Kontrolle der Haltung, Stellung und des Gleichgewichts) (Laube 2009).

Es umfasst dabei alle physiologischen Teilsysteme der Aufnahme und Weiterleitung von internen und externen Reizen (sensorischen Stimuli), der Integration und Verarbeitung dieser Reize sowie der Generierung einer motorischen Antwort im Sinne eines spezifischen muskulären Aktivierungsmusters (Laube 2009; Lephart et al. 2000; Riemann u. Lephart 2002). ■ Abb. 2.1 gibt einen Überblick über die Zusammensetzung des sensomotorischen Systems und die komplexe Interaktion der Teilkomponenten.

Für die **Aufnahme** und **Weiterleitung** von bewegungsrelevanten externen und internen Informationen ist neben dem visuellen und vestibulären System vor allem das somatosensorische System von Bedeutung, zu dem verschiedene Mechano-, Thermo- und Schmerzrezeptoren zu zählen sind. Eine besondere Bedeutung kommt dabei den **Propriozeptoren** zu, einer Gruppe von Mechano- und Nozisenoren (Schmerzsensoren), die sich vorwiegend in den Gelenkstrukturen (Gelenkkapseln, Sehnen, Bänder),

in der Muskulatur und im Hautgewebe befinden (Riemann u. Lephart 2002). Sie sind für die Wahrnehmung von Gelenkstellungen (**Stellungssinn**), Gelenkbewegungen (**Bewegungssinn**) und Muskelspannungen (**Kraftsinn**) verantwortlich (Riemann u. Lephart 2002). Auf Ebene des Rückenmarks (**spinale Ebene**) erfolgt die Verarbeitung der afferenten Informationen aus der Körperperipherie: Ankommende Signale werden entweder direkt zu einer motorischen Antwort verschaltet (Reflexe) oder an höhere Ebenen des zentralen Nervensystems (Kleinhirn, Hirnstamm und Motorkortex) weitergeleitet (Riemann u. Lephart 2002).

2.2 Sensomotorisches Training

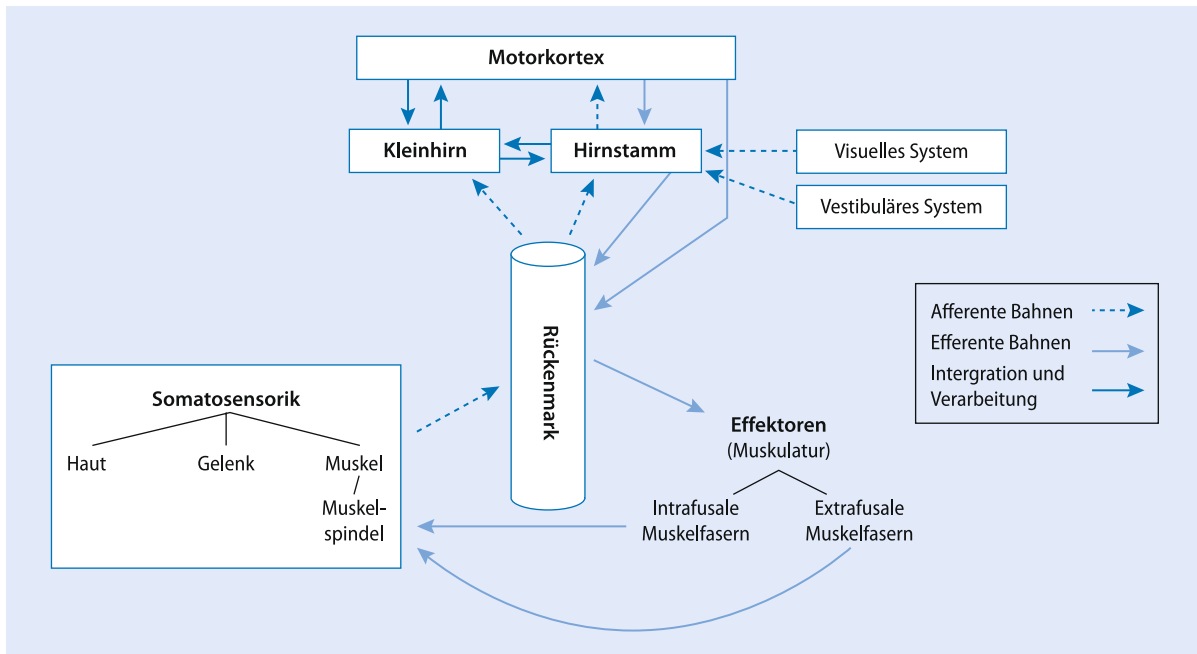
Unter Berücksichtigung der zentralen Rolle peripherer Feedbackstrukturen für die Prozesse der zentralen Integration und der Ausführung der Ziel- und Stützmotorik haben sich in den vergangenen Jahrzehnten **Trainingskonzepte** etabliert (Zech u. Hübscher 2012), die über die vermehrte Beanspruchung sensorischer Strukturen und Prozesse auf eine Verbesserung der Bewegungsqualität, -sicherheit und -ökonomie abzielen (Stehle 2009b). Diese Trainingsprogramme werden zusammenfassend als **sensomotorisches Training** (SMT) bezeichnet (Zech u. Hübscher 2012). Aufgrund vergleichbarer Übungsinhalte und Zielstellungen wird das SMT in der Literatur häufig synonym zu den Begriffen »propriozeptives Training«, »neuromuskuläres Training« und »Gleichgewichts-« bzw. »Balancetraining« verwendet (Taube et al. 2008).

➤ Bruhn (in Stehle 2009a, S. 11) definiert **sensomotorisches Training** als »die Gesamtheit aller Maßnahmen zur Erzeugung und Manipulation sensorischer Wahrnehmungen mit dem Ziel, die motorische Ansteuerung zu optimieren«.

2.2.1 Ziele und Wirkungen eines sensomotorischen Trainings

■ Ziele eines sensomotorischen Trainings

Das SMT findet in vielen sportwissenschaftlichen und bewegungstherapeutischen Handlungsfeldern Anwendung. Die **Zielstellungen** reichen von der Verletzungsprävention, über die Verbesserung der Bewegungsqualität bei Menschen mit akuten oder chronischen Störungen des Bewegungsapparats, bis hin zur Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit. Hier zeigt sich die große Spanne von Anwendungsfeldern, die vom Kinder- und Jugendsport über den Gesundheits- und Fitnesport, Leistungssport bis hin zur Rehabilitation von chronischen Erkrankungen



■ Abb. 2.1 Schematische Darstellung des sensomotorischen Systems (mod. nach Riemann u. Lephart 2002)

und zur Sturzprophylaxe im Alterssport reicht (Di Stefano et al. 2009; Hübscher et al. 2010; Sherrington et al. 2011; Zech et al. 2010, 2009).

Je nach Zielgruppe können für ein sensomotorisches Training **spezielle Ziele** definiert werden (► Übersicht 2.1).

Übersicht 2.1. Ziele eines sensomotorischen Trainings

- Wiederherstellung/Verbesserung der aktiven Gelenkstabilität
- Verbesserung der Bewegungsqualität
- Optimierung der Rumpfstabilisierung
- Verbesserung der statischen und dynamischen Haltungskontrolle
- Erhöhung der Kraftentwicklung, Schnellkraft und Schnelligkeit
- Erhöhung der Gangqualität und -sicherheit (Sturzprävention)

■ Wirksamkeit des sensomotorischen Trainings

In den vergangenen Jahren wurde eine Vielzahl an wissenschaftlichen Untersuchungen zur Überprüfung der **Wirksamkeit von SMT** durchgeführt:

- Hübscher et al. (2010) konnten in ihrer Metaanalyse eine signifikante Reduktion der Inzidenz von **Sprunggelenk-** und **Knieverletzungen** durch SMT bei jugendlichen und erwachsenen Sportlern zeigen.

- Eine weitere aktuelle Literaturübersicht konnte eine optimierte Wiederherstellung der **Gelenkstabilität** und **-funktion** sowie eine Reduktion von Wiederverletzungen nach Sportverletzungen nachweisen (Zech et al. 2009).

- Ebenso zeigt sich SMT effektiv, um das **Gleichgewicht** gesunder Erwachsener auf einem stabilen und labilen Untergrund positiv zu beeinflussen (Di Stefano et al. 2009).

- Die Ergebnisse hinsichtlich der Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit sind uneinheitlich, was vor allem auf die Heterogenität der Studienqualität und der Trainingsprogramme zurückzuführen ist. Dennoch deuten sich positive Effekte von SMT auf die **Gleichgewichtsfähigkeit** (statische und dynamische posturale Kontrolle) und **neuromuskuläre Kontrolle** (u.a. spinale Reflexaktivität, Muskelreaktionszeit, Schnellkraft) von gesunden Erwachsenen an (Zech et al. 2010).

- Mehrere Untersuchungen konnten zudem die Wirksamkeit von SMT bei **älteren Menschen** belegen. Zu den nachgewiesenen Wirkungen zählen u.a. verbesserte Gleichgewichts- und Gehfähigkeit, Reduktion von Stürzen und gesteigerte Muskelkraft (Granacher et al. 2011; Sherrington et al. 2011).

- Auch bei **Schlaganfallpatienten** konnten positive Effekte hinsichtlich der Gehfähigkeit und des Gleichgewichts erzielt werden (An u. Shaughnessy 2011).

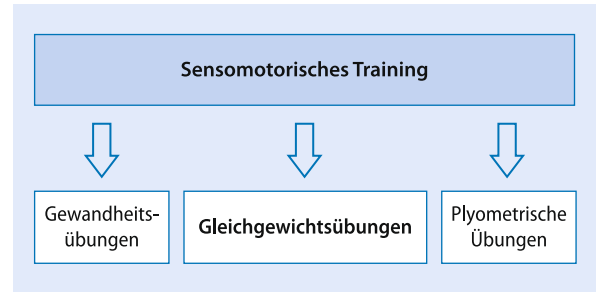
Während bereits eine fundierte Studienlage hinsichtlich der Wirksamkeit von SMT vorliegt, besteht bislang noch Unsicherheit hinsichtlich der zugrunde liegenden **neuro-muskulären** und **morphologischen Anpassungserscheinungen** (Hupperets et al. 2009). Wo genau die Adaptationen im sensomotorischen System verortet werden können, und welche funktionelle Beziehung zwischen den einzelnen Mechanismen besteht, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht eindeutig beantwortet werden (Stehle 2009a). Diskutiert wird u.a. ein **optimiertes Zusammenspiel der gelenkumgreifenden Muskulatur** (Aktivierung der agonistischen, Hemmung der antagonistischen Muskeln und optimierte Kokontraktion) welches zu einer funktionellen Gelenkstabilität beiträgt (Stehle 2009a). Infolge einer verbesserten Integration der afferenten (sensorischen) und efferenten (motorischen) Informationen kommt es demnach zu einer situationsangepassten Stiffnesseinstellung der Muskulatur, was protektive mechanische Wirkung auf das Gelenk hat. Durch Hemmung der Reflexaktivität werden reflektorische Gelenkbewegungen reduziert und damit die Bewegungs- und Haltungskontrolle in statischen und dynamischen Situationen erleichtert (Taube 2012).

2.2.2 Inhalte des sensomotorischen Trainings

Das sensomotorische Training basiert in den unterschiedlichen Anwendungsfeldern (Verletzungsprävention, Sturzprophylaxe im Alter, Rehabilitation, Leistungssport) i.d.R. auf sogenannten **Multiinterventionsprogrammen** (Zech u. Hübscher 2012) (■ Abb. 2.2).

➤ **Zentrale Inhalte des sensomotorischen Trainings sind Balance- oder gelenkstabilisierende Übungen, die meist mit kräftigenden, plyometrischen oder auch Gewandtheitsübungen kombiniert werden (Granacher et al. 2010; Hübscher et al. 2010; Zech et al. 2009; Zech u. Hübscher 2012).**

Für erhöhte Anforderungen an die **posturale Kontrolle** werden die Übungen oftmals kombiniert, z.B. durch das Ausführen der Übung auf einer instabilen Unterlage (Wackelbrett, Weichbodenmatte usw.), mit Zusatzaufgaben (z.B. Ball werfen und fangen), Perturbation (z.B. leichtes Stoßen) oder kräftigenden Übungen (Thera-Band-Übungen) (Risberg et al. 2001). Dabei ist auf eine adäquate Steigerung der Anforderungen und Intensitäten zu achten. Je nach Ausgangslage der Trainierenden kann das Training sofort auf instabilen Untergründen und mit Zusatzaufgaben stattfinden. Bei Personen mit einer eingeschränkten posturalen Kontrolle oder motorischen Defiziten sollte jedoch mit Gleichgewichtsübungen auf



■ Abb. 2.2 Sensomotorische Übungsinhalte im Rahmen von Multiinterventionsprogrammen

stabilem Untergrund begonnen und vorsichtig gesteigert werden (s. unten).

■ Praktische Gestaltung eines sensomotorischen Trainings

Für die variable Gestaltung der Anforderungen bei den **Balanceübungen** bieten sich die folgenden Möglichkeiten an (Zech u. Hübscher 2012):

- Die **Untergrundstabilität** kann erhöht oder reduziert werden: Zum einen kann eine Reduktion der Unterstützungsfläche erfolgen, etwa durch den Wechsel vom beidbeinigen Stand in den Tandemstand (ein Fuß vor dem anderen, Zehen des hinteren Fußes berühren Ferse des vorderen Fußes) oder auch in den einbeinigen Stand. Zum anderen werden Weichbodenmatten, Wackel- oder Kippbretter, Kreisel oder auch Rollbretter eingesetzt, um vermehrte Instabilitätsanforderungen zu setzen.
- Unabhängig von der Untergrundstabilität können die Informationsbedingungen reduziert werden, indem mit **geschlossenen** anstatt mit **offenen Augen** balanciert wird.
- **Zusatzaufgaben** helfen, die Aufmerksamkeit während des Balancierens auf andere motorische Anforderungen zu lenken oder mögliche Störsignale zu setzen. Das umfasst vor allem willkürliche Komplexbewegungen wie z.B. das Werfen und Fangen eines Balls oder anderer Kleingeräte (z.B. Tücher).
- Durch Übungsgeräte (z.B. Rollbretter) oder einen Partner können plötzlich auftretende **Störeinflüsse** gesetzt werden.
- Durch Hinzunahme von **kräftigenden Übungen**, z.B. mit Thera-Bändern, kleinen Hanteln und ggf. auch Seilzügen, werden die Anforderungen zusätzlich erhöht. So können während der Gleichgewichtsübung unter den o.g. Schwierigkeitsstufen dynamische Bewegungen gegen Widerstand oder auch isometrische Kontraktionen durchgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass durch ein beispielsweise fest instal-

liertes Krafttrainingsgerät kein stabilisierender Effekt erreicht wird.

- Eine weitere Steigerungsmöglichkeit ist die Durchführung von hochdynamischen Übungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (**plyometrische Übungen**), wie z.B. ein- und beidbeinige Sprünge (kurze Bodenkontaktzeiten) oder Sprungstabilisation. Hier wird der sensomotorische Trainingseffekt in erster Linie durch die Kombination von hohem Krafteinsatz, Koordination und vor allem Stabilisierung nach der Sprunglandung erreicht. Dabei ist davon auszugehen, dass eine kurze Stabilisierungszeit im Allgemeinen einer hohen sensomotorischen Kontrolle entspricht. Vergleichbare Effekte werden bei Gewandtheits- oder Laufübungen erzielt, indem bei Richtungswechseln und Reaktionen auf möglichst kurze Zeitintervalle geachtet wird. Bei angeleiteten sensomotorischen Übungseinheiten sollten die Instruktionen dementsprechend angepasst werden.
- Zudem kann der Schwierigkeitsgrad bei Gewandtheits- und Laufübungen durch die Hinzunahme von **Hindernissen** (z.B. Übersteigen oder Umgehen von Stäben, Bällen und Kissen) erhöht werden.

2.2.3 Belastungsgestaltung und Progression des sensomotorischen Trainings

Analog zum Training der konditionellen Fähigkeiten (u.a. Ausdauer, Kraft) erfolgt auch die **Steuerung des sensomotorischen Trainings** durch Festlegung der grundlegenden **Belastungsnormativa** (► Abschn. 1.3):

- Reizintensität (Stärke des einzelnen Reizes),
- Reizdichte (zeitliches Verhältnis von Belastungs- und Erholungsphasen),
- Reizdauer (Einwirkdauer eines einzelnen Reizes bzw. einer Reizserie),
- Reizumfang (Dauer und Anzahl [Wiederholungen] der Reize pro Trainingseinheit) und
- Trainingshäufigkeit.

Bislang existieren keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse zur optimalen Belastungsgestaltung des sensomotorischen Trainings (Garber et al. 2011; Granacher et al. 2010). Unter Berücksichtigung der vorhandenen Studienlage und der aktuellen Empfehlungen des American College of Sports Medicine (ACSM) lassen sich jedoch grundsätzliche **Empfehlungen zur Belastungssteuerung** ableiten (Chodzko-Zajko et al. 2009; Garber et al. 2011; Granacher et al. 2010) (► Übersicht 2.2).

Übersicht 2.2. Belastungssteuerung des sensomotorischen Trainings

Belastungsnormativa:

- Erwärmung/Cool-down: 10 min
- Reizdauer: 20–40 sec
- Reizdichte:
 - 20–40 sec zwischen den Sätzen
 - 30 sec bis 5 min zwischen den Übungen
- Reizumfang:
 - 2–10 Übungen
 - 1–10 Wiederholungen
- Trainingshäufigkeit: 2- bis 3-mal pro Woche
- Dauer einer Trainingseinheit: 15–45 min
- Reizintensität: individuell fordernd

Intensitätssteuerung und Trainingsprogression beim sensomotorischen Training erfolgen primär durch Erhöhung der motorischen Anforderungen. Wie bereits oben dargestellt, lassen sich anhand der aktuellen Empfehlungen (z.B. ACSM; Chodzko-Zajko et al. 2009) die in ► Übersicht 2.3 aufgelisteten **Grundsätze für die Trainingsprogression** herausstellen.

Übersicht 2.3. Grundsätze für die Progression des sensomotorischen Trainings

- Einnahme zunehmend schwierigerer Haltungen und Reduktion der Unterstützungsfläche (z.B. Zweibeinstand, Tandemstand, Einbeinstand)
- Modifikation der Stabilität des Untergrunds (z.B. Weichbodenmatte, Therapiekreisel)
- Dynamische Bewegungen, die eine Perturbation (Störung) des Körperschwerpunkts induzieren (z.B. Drehungen, Extremitätenbewegungen)
- Zunehmende Beanspruchung der posturalen Muskelgruppen (z.B. Einbeinstand, Zehenstand)
- Reduktion des sensorischen Inputs (z.B. Augen geschlossen)

■ Praktische Gestaltung der Belastungssteuerung

In Anlehnung an die Systematik von Neumaier (1999) ergeben sich für die praktische Gestaltung des SMT zudem die folgend aufgeführten **Möglichkeiten** der Belastungssteuerung:

■ Modifikation der Feedbackmechanismen:

- optisch (z.B. Augen offen/geschlossen),
- taktil (z.B. barfuß, unterstützende Berührungen),
- kinästhetisch (z.B. Steigerung Bewegungstempo/-umfang),
- vestibulär (z.B. Kopfhaltung, Rotationen);

— Veränderung der externen Anforderungen:

- Variation der Präzision (z.B. Ausführungsqualität),
- Variation der Übungskomplexität (z.B. Simultanbewegungen, Dual Task-Aufgaben),
- Variation der Belastung (z.B. Zusatzgewichte, Erhöhung der Wiederholungszahl/Ausführungsdauer).

2.2.4 Trainingsmethodische Aspekte: Praktische Gestaltung, Betreuung und Sicherheit

Das SMT ist neben dem Einsatz in der Einzelarbeit auch für **Gruppen** geeignet (Eils u. Rosenbaum 2001; Eils et al. 2010; Verhagen et al. 2004; Granacher et al. 2010). Je nach Gestaltung kann das Training mit der gesamten Mannschaft/Gruppe, in Kleingruppen oder paarweise absolviert werden. Ein **Stationsbetrieb in Zweiergruppen** bietet sich in besonderer Weise an: Die Partner können zum einen als Hilfestellung und Sicherung fungieren und zum anderen direktes Feedback im Sinne einer Bewegungs- und Haltungskorrektur (verbal, taktil) an den Partner geben. Weiterhin lassen sich sensomotorische Trainingsformen in komplexere Übungsprogramme mit multiplen Trainingsschwerpunkten integrieren. Besonders bieten sich hierfür Kräftigungs-, Stabilisations- und Beweglichkeitsübungen an.

Sensomotorisches Training ist mit **geringem Materialaufwand** verbunden (Eils u. Rosenbaum 2001). Trainingsgeräte (z.B. Therapiekreisel, Balance Pad, AeroStep, Thera-Band etc.) sind kostengünstig verfügbar, zudem lassen sich die meisten Übungen auch ohne Zusatzgeräte durchführen und mithilfe einfacher Grundsätze individuell fordernd gestalten (s. oben).

Die Trainingsübungen sind in ihrer Schwierigkeit individuell fordernd und stellen hohe Anforderungen an das Gleichgewicht und die Bewegungsqualität des Übenden. Daher birgt das Training auch ein potenzielles **Verletzungsrisiko** (z.B. Sturz), besonders bei Personengruppen mit eingeschränkter motorischer Leistungsfähigkeit (z.B. ältere Menschen, Menschen mit motorischen Störungen). Der Schwierigkeitsgrad der einzelnen Übungen sollte daher möglichst genau an das individuelle Niveau des Trainierenden angepasst werden, und Sicherheitsmaßnahmen in Form von Partner- oder Geräteunterstützungen (Handlauf, Wand, Gehhilfen, Weichbodenmatten etc.) sollten gegeben sein.

Literatur

- An M, Shaughnessy M (2011) The effects of exercise-based rehabilitation on balance and gait for stroke patients: A systematic review. *Journal of Neuroscience Nursing* 43(6):298-307
- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS (2009) Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41(7):1510-1530
- Di Stefano LJ, Clark MA, Padua DA (2009) Evidence supporting balance training in healthy individuals: a systemic review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(9):2718-2731
- Eils E, Rosenbaum D (2001) A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(12):1991-1998
- Eils E, Schröter R, Schröder M, Gerss J, Rosenbaum D (2010) Multistation proprioceptive exercise program prevents ankle injuries in basketball. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42(11):2098-2105
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, Nieman DC, Swain DP (2011) Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43(7):1334-1359
- Granacher U, Muehlbauer T, Zahner L, Gollhofer A, Kressig RW (2011) Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Medicine* 41(5):377-400
- Granacher U, Muehlbauer T, Taube W, Gollhofer A, Gruber M (2010) Sensorimotor training. In: Cardinale M, Newton R (eds) *Strength and conditioning: Biological principles and practical applications*. Wiley, Chichester; pp 399-406
- Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W (2010) Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42(3):413-421
- Hupperets MDW, Verhagen EALM, Mechelen WV (2009) Effect of sensorimotor training on morphological, neurophysiological and functional characteristics of the ankle: A critical review. *Sports Medicine* 39(7):591-605
- Laube W (2009) *Sensomotorisches System. Physiologisches Detailwissen für Physiotherapeuten*. Thieme, Stuttgart New York
- Lephart SM, Fu FH (Hrsg) (2000) *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Human Kinetics, Champaign, IL
- Neumaier A (1999) *Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining. Grundlagen, Analyse, Methodik*. Sportverlag Strauß, Köln
- Riemann BL, Lephart SM (2002) The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training* 37(1):71-79
- Risberg MA, Mørk M, Jenssen HK, Holm I (2001) Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 31(11):620-631
- Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JC, Lord SR (2011) Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *New South Wales Public Health Bulletin* 22(3-4):78-83
- Stehle P (2009a) Expertise »Sensomotorisches Training – Propriozeptives Training«, Bd 1: Projektleitung Sven Bruhn. Sportverlag Strauß, Köln

- Stehle P (2009b) Expertise »Sensomotorisches Training – Propriozeptives Training«, Bd 2: Projektleitung Klaus Pfeifer. Sportverlag Strauß, Köln
- Taube W (2012) Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, pre-publishing online
- Taube W, Gruber M, Gollhofer A (2008) Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta physiologica (Oxford, England)* 193(2):101-116
- Verhagen EA, van der Beek A, Twisk J, Bouter L, Bahr R, van Mechelen W (2004) The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: A prospective controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine* 32(6):1385-1393
- Zech A, Hübscher M (2012) Sensomotorisches Training zur Prävention von Sprunggelenksverletzungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 63(1):5-8
- Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K (2009) Neuromuscular training for rehabilitation of sports injuries: A systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41(10):1831-1841
- Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K (2010) Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: A systematic review. *Journal of Athletic Training* 45(4):392-403

Funktionelles Training mit Hand- und Kleingeräten

Das Praxisbuch

Kempf, H.-D. (Hrsg.)

2014, XIII, 492 S. Mit Online-Extras., Hardcover

ISBN: 978-3-662-43658-5