

Die Auszeichnung besonderer wissenschaftlicher Leistungen der StudentInnen der Physiotherapie findet ihren Niederschlag in der jährlichen Prämierung der jeweils besten drei Diplomarbeiten eines Studienganges. Im Zuge der Forderung nach evidenzbasiertem Wissen findet dabei die Grundlagenforschung spezielle Beachtung. Mit ihrer Diplomarbeit „Gibt es ein propriozeptives Training?“ trug Barbara Heichinger, Absolventin der Akademie für Physiotherapie im KFJ Wien, zur Begriffsklärung in der Physiotherapie bei; die Arbeit wurde 2006 von der Jury mit dem zweiten Platz ausgezeichnet.

# Gibt es ein propriozeptives Training?

**Vor mehr als 100 Jahren** prägte Sherrington den Begriff Propriozeption für den körperlichen Sinn für Haltung, Gelenkstellung und Bewegung. Seitdem hat Propriozeption als terminus technicus auch Eingang in die Physiotherapie gefunden. Vor allem in der physiotherapeutischen Prävention und Rehabilitation nach Gelenkverletzungen hat sich der Begriff propriozeptives Training in den letzten Jahren etabliert. Gleichwohl lässt eine mangelhafte Definitions- wie Evidenzlage die Verwendung des Begriffs propriozeptives Training im traumatologischen Bereich der Physiotherapie fragwürdig erscheinen. Vorliegender Beitrag nimmt sich dieser Thematik an und beschäftigt sich mit der Frage nach der Angemessenheit des Begriffs propriozeptiven Trainings in der physiotherapeutischen Traumatologie<sup>1</sup>. Die Beantwortung dieser Fragestellung erfolgt dabei über zwei unterschiedliche Argumentationsstränge. Einerseits wird untersucht, ob biologisch-physiologische Veränderungen im Bereich der Afferenzen aufgrund eines Trainings stattfinden. Der zweite Ansatz prüft, ob Propriozeption funktionell gesehen, Teil eines nicht trennbaren Systems ist, und deshalb andere Begriffe für dieses Training geeigneter sind.

Durch Traumen, wie Verstauchung, Band- bzw. Sehnenruptur, Muskelverletzung oder operativen Eingriff, werden periphere Rezeptoren zerstört, da die Faserstruktur der Rezeptoren weniger dehnbar ist als z.B. Bandstrukturen<sup>2</sup>.

Die verbleibenden Rezeptoren sind aufgrund der Immobilisation nicht mehr vollständig tätig. Es handelt sich dabei um die gestörte Aktivierung der motorischen Einheiten (Efferenzen). Die Propriozeption (Afferenzen) ist im Sinne der zentralen Wahrnehmung der Gelenkstellung (Graderkennung) nach Untersuchungen von Refshauge et al. (2000) nicht geschädigt.

Ob es tatsächlich zu keiner Abnahme der Propriozeption nach Traumen kommt, wird sehr kontroversiell diskutiert und scheint noch nicht eindeutig geklärt zu sein.<sup>3</sup>

Einheitliche Ansicht besteht darin, dass durch ein Trauma nicht mehr alle motorischen Einheiten vollständig rekrutiert werden können. Die Aktivierung der Efferenzen-Effektoren zählt aber bereits zum Sensomotorischen System.

Gemeinsam ist den Definitionsansätzen, dass es sich bei Propriozeption um Wahrnehmung handelt. Das heißt, Propriozeption bedeutet Wahrnehmung der afferenten Informationsströme aus der Peripherie im Zentralnervensystem (ZNS). Der Begriff Propriozeption beinhaltet daher nicht die efferenten Reizleitungen, die Befehle aus dem ZNS in die Peripherie schicken, um dort eine motorische Reizantwort zu erzeugen.

Die Sensomotorik hingegen fasst einen ganzen Regelkreislauf zusammen, der den Weg vom Reiz-Input, über das zentrale Nervensystem bis zum motorischen Output beschreibt.<sup>4</sup> (vgl. Abbildung 1)

Soll die Propriozeption verbessert werden, so ist das vorgegebene Ziel die Steigerung der Wahrnehmungsfähigkeit afferenter Informationen auf zentraler Ebene. Überwiegend werden mit dem Begriff propriozeptives Training Übungen auf instabilen Geräten oder auf Geräten, die Schwingungen erzeugen bezeichnet. Aufgabe des Patienten ist, Dysbalancen durch Körperspannung auszugleichen. Ziel dieser Übungen ist daher die Verbesserung der motorischen Fähigkeiten zur Gelenkstabilisation, wodurch diese Trainingsmaßnahmen nicht mehr nur im Bereich der Propriozeption ansetzen, sondern in ein größeres Gesamtsystem fallen.

Soll die Bewegungskoordination verbessert, wieder erlernt (z.B. nach einem Schlaganfall) oder Gelenkstabilität nach einem Trauma aufgebaut werden, dann wird der Körper sowohl auf neuraler Ebene wie auch auf motorischer Ebene geschult. Die Propriozeption mit ihren afferenten Informationen ist „nur“ die Basis für die Funktion eines Gesamtsystems. Die Sensoren stehen an erster Stelle des Funktionskreises und die Wahrnehmung der Ausgangsstellung (Propriozeption) ist Voraussetzung für einen koordinierten Bewegungsbeginn.

Bevor die Bewegung aber nach außen hin sichtbar stattfindet, laufen bereits intern eine Fülle an Verschaltungen ab. Der Körper nützt sein Gedächtnis, seine Bewegungserfahrungen und seine zentral abgespeicherten sensorischen Informationen für die bevorste-

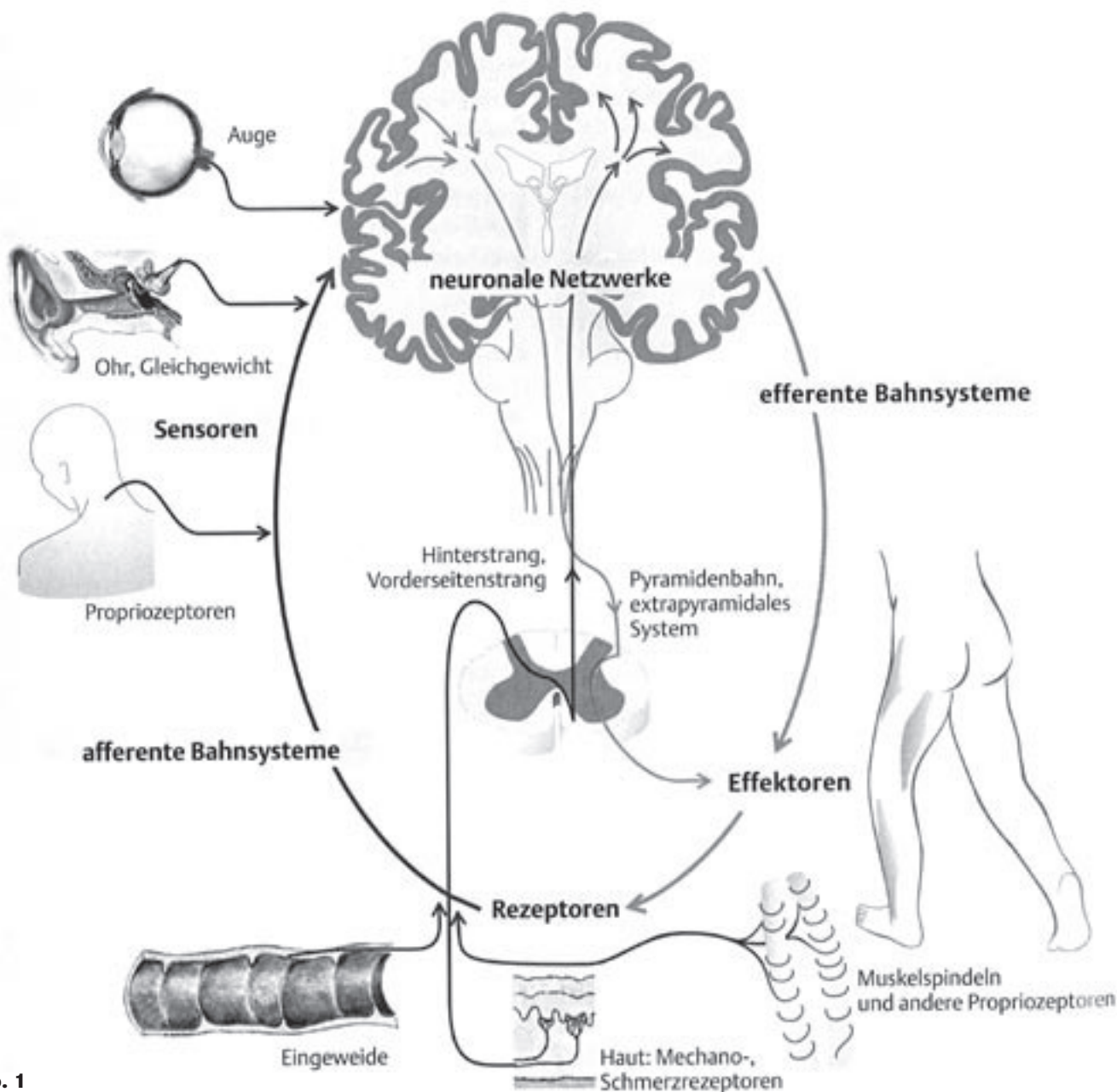


Abb. 1

hende Bewegung. Eine Bewegung ist nicht eine lineare Anordnung von sensorischem Input, zentraler Wahrnehmung und motorischem Output, sondern ein kontinuierlicher Prozess mit ständiger Rückkoppelung zwischen Bewegungserfahrung, Ausgangsstellung, Zielbewegung, Ausführung und Ergebnis.<sup>5</sup>

Die motorische Kontrolle lässt sich in zwei Mechanismen unterteilen: in den Feed-back-Mechanismus und den Feed-forward-Mechanismus.

Beide Mechanismen basieren auf dem Informationsaustausch durch die ständige Rückkoppelung zwischen Peripherie und ZNS. Der Feed-forward-Mechanismus setzt allerdings den Feed-

back-Mechanismus voraus und baut auf diesem auf.<sup>6</sup>

Ziel bei sensomotorischem Training ist es, die Bewegung, die in Feed-back gelernt wurde, ins Feed-forward zu übertragen.<sup>7</sup>

Damit sprengt das Training auf labilen Geräten den Definitionsrahmen von Propriozeption, da Efferenzen, die im Funktionskreis miteingeschlossen sind um das motorische Output zu verbessern, in der ursprünglichen Definition der Propriozeption von Sherrington und in der Definition von Psycheirembel nicht enthalten sind.

### „Es gibt kein propriozeptives Training.“<sup>8</sup>

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass das Training auf labilen Unterlagen, welches bislang als propriozeptives Training bezeichnet wurde, eindeutig unter den Begriff sensomotorisches Training einzuordnen ist.

Ob es bei einem Training auf labilen Unterlagen zu biologisch-physiologischen Veränderungen der Afferenzen kommt, darüber besteht noch Unklarheit. Es gibt bislang keine wissenschaftlichen Beweise für eine Verdichtung, also mengenmäßige Vermehrung der peripheren Rezeptoren durch Training.<sup>9</sup>

ABB. 1: QUELLE: © HÜTER-BECKER 2005, S. 144

Durch erhöhte sensorische Reizaufnahme kommt es nachweislich zu einer dichteren Repräsentation dieser Sensoren auf kortikaler Ebene. Ob diese mengenmäßige Vermehrung im Gehirn Auswirkungen auf eine verbesserte Wahrnehmung hat, bleibt aber offen. Möglicherweise wird durch Training auf labilen Unterlagen erreicht, dass mit einer *erhöhten Zuverlässigkeit* die kleinste Gelenkbewegung, *nicht aber kleinere* Gelenkstellungen als im untrainierten Zustand wahrgenommen werden.<sup>10</sup>

Es wäre deshalb auch hinsichtlich des zweiten Betrachtungsansatzes, welcher biologisch-physiologischen Veränderungen aufgrund eines Trainings postuliert, verfrüht, zu sagen, dass Propriozeption per se trainierbar ist.

Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die Aufmerksamkeit, die für eine sicherere Wahrnehmung notwendig ist, trainierbar ist.<sup>11</sup>

In vielen Studien wird angemerkt, dass Propriozeption trainierbar sei. Dabei muss das gewählte Testverfahren der jeweiligen Studie aber kritisch betrachtet werden. Problematisch sind etwa Studien, die sensomotorische Fähigkeiten wie z.B. die Gelenkstabilisation, messen und nicht die Wahrnehmung der Stellung der Gelenke, die Propriozeption.<sup>12</sup>

Studien, deren Messparameter „active angle reproduction tests“ (ART)<sup>13</sup> oder Latenzzeiten sind, können ebenfalls hinsichtlich einer verbesserten Propriozeption nicht in Betracht gezogen werden.<sup>14</sup> ARTs beinhalten bereits motorische Fähigkeiten und Latenzzeitmessungen nehmen einzelne schnelle Übertragungen auf, während eigentlich erst die zeitliche und räumliche Summation zum gewünschten motorischen Output führen.<sup>15</sup>

Nach einem Trauma sind die Entladungsraten der Motoneuronen reduziert, und/ oder es sind nicht mehr alle motorischen Einheiten vollständig rekrutierungsfähig. Je nach Schweregrad der Verletzung (I und II) handelt es sich dabei um qualitative oder/ und quantitative Veränderungen. Im Schwere-

grad I lässt sich durch 5-6 Monate kontinuierliches Training die Motoneuronen-Entladung synchronisieren und im besten Fall zur gesunden Seite erhöhen.

Bei Schweregrad II konnte hingegen bislang noch nicht geklärt werden, ob eine volle Rekrutierung wieder hergestellt werden kann.<sup>16</sup>

Für eine herabgesetzte Aktivierung der übriggebliebenen motorischen Einheiten gibt es nach Riemann et al. zwei mögliche Ursachen. Ob jedoch ein verringerter Input sensorischer Information an das ZNS oder ein Anstieg der hemmenden Interneuronen auf Rückenmarksebene nach Verletzungen für eine verminderte Reizleitung verantwortlich ist, konnte noch nicht geklärt werden. Der Anstieg der Interneuronenhemmung ist auch im menschlichen Alterungsprozess der Mechanismus, der zu einer herabgesetzten Reflexaktivität führt.<sup>17</sup>

Beim Trainingsziel auf instabilen Geräten handelt es sich vorwiegend um qualitative Verbesserungen. Allerdings konnte die Frage, ob sich mengenmäßig Veränderungen (vollständige Rekrutierung) einstellen, bislang noch nicht geklärt werden.<sup>18</sup>

Grundsätzlich besteht das übergeordnete Ziel bei bisher als propriozeptives Training bezeichneten Übungen darin, die Gelenkstabilität wieder herzustellen. Der Körper soll wieder adäquat auf drohende Reize reagieren können. Dafür ist es notwendig, die „muscle stiffness“ über eine qualitativ bessere Reizleitung zu erhöhen.

Eine Annäherung an die gelenkspezifische Latenzzeit, wie sie in einigen aktuellen Studien vorgeschlagen wird,<sup>19</sup> stellt hingegen kein explizites Ziel dar. Die Zeit zwischen dem einlangenden externen Reiz (sensorisches Input) und der dazu korrespondierenden motorischen Antwort (motorisches Output) kann nicht verkürzt werden.<sup>20</sup>

Nach aktuellen Studien ist das sensomotorische System durch Training verbesserbar. Allerdings sind die Mechanismen, über die sich eine Verbesserung des motorischen Output einstellt, noch nicht hinreichend geklärt. Aufgrund der

messbaren Verbesserungen der „muscle stiffness“ durch sensomotorisches Training lassen sich jedoch mit Gruber et al. sowie Granacher et al. folgende Rückschlüsse ziehen.

Der zentrale Kern des sensomotorischen Systems ist die Muskelspindel. Sie ist die Drehscheibe im Gesamtsystem. Die Muskelspindel ist der einzige Mechanorezeptor, dessen Ertrag (Rezeptor Output/ Rezeptor Input) nach Ashton-Miller positiv veränderbar ist.<sup>21</sup> Granacher et al. vermuten, dass die Sensibilität der Muskelspindel über das  $\alpha$ - $\gamma$ -Motoneuronen System erhöht werden kann.

Der zweite Mechanismus, über den die „muscle stiffness“ eventuell erhöht wird, ist die verbesserte Reizleitung zu den motorischen Einheiten über *afferente* Leitungsbahnen.<sup>22</sup> Granacher et al. vermuten, dass es sich dabei vor allem um eine flüssigere Reizübersetzung von II-Afferenzen, also z.B. der sekundären Muskelspindel, handelt.

Der dritte Mechanismus, aufgrund dessen die Reflexaktivität besser wird und die Geschwindigkeit, mit der sich die Gelenkstellung verändert, sinkt, ist vermutlich die Verringerung der präsynaptischen Hemmung von II-Afferenzen. Die präsynaptische Hemmung scheint *der* Schlüsselpunkt für einen besseren Informationsfluss zu sein. Auch Riemann et al. sehen die Interneuronen auf Rückenmarksebene als die entscheidende Schnittstelle des sensomotorischen Systems an.<sup>23</sup>

Aus vorliegenden Erläuterungen ergibt sich, dass der Begriff propriozeptives Training in seiner Verwendung als Begriff für Koordinationstraining auf labilen Unterlagen nicht passend ist. Stattdessen wird für ein Training auf labilen Unterlagen zur Verbesserung der Gelenkstabilität der Begriff des *sensomotorischen Trainings* vorgeschlagen.

**Angaben zur Autorin: Heichinger Barbara,** Abschluss an der Akademie für Physiotherapie KFJ Wien Oktober 2005. Tätig als Physiotherapeutin seit Jänner 2006 in der Rehabilitation für Orthopädie, Neurologie und Rheumatologie in Laab im Walde.

Kontakt: bheichinger@yahoo.com

- 1 Vgl. Heichinger Barbara: Gibt es ein propriozeptives Training? Diplomarbeit an der Akademie für den physiotherapeutischen Dienst am Kaiser Franz Josef Spital/Sozialmedizinisches Zentrum Wien Süd, Wien 2005
- 2 vgl. Wicker A.: Bewegungstherapie nach Sportverletzungen – am Beispiel Kniegelenk. In: Physikalische Medizin und Rehabilitation. Adjutum Verlag Wien, S.4-10, März 2005 sowie Riemann Bryan L., Guskiewicz Kevin M.: Contribution of the Peripheral Somatosensory System to Balance and Postural Equilibrium. In: Lephart Scott M., Fu Freddie H. (Editors). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. 1.Auflage, S. 37-51, Human Kinetics USA 2000
- 3 vgl. Johansson H., Pedersen J., Bergenheim M., Djupsjöbacka M.: Peripheral Afferents of the Knee : Their Effects on Central Mechanisms Regulating Muscle Stiffness, Joint Stability, and proprioception and Coordination. In: LEPHART Scott M., FU Freddie H. (Editors). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. 1.Auflage, S. 5-22, Human Kinetics USA 2000
- 4 vgl. Lephart S.M., Riemann B.L., Fu F.H.: Introduction to the Sensorimotor System. In: LEPHART Scott M., FU Freddie H. (Editors). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. 1.Auflage, xvii-xxiv, Human Kinetics USA 2000
- 5 vgl. Hüter-Becker A., DÖLKEN M. (Hrsg.): KLEIN D., LAUBE W., SCHOMACHER J., VOELKER B. (Autoren): Physiolehrbuch Basis. Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. 1. Auflage, Thieme Stuttgart 2005
- 6 vgl. Bizzini M.: Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen – mit Fallbeispielen in allen Heilungsstadien. 1. Auflage, Thieme Stuttgart-New York, 2000, S. 56
- 7 vgl. Bizzini M.: Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen – mit Fallbeispielen in allen Heilungsstadien. 1. Auflage, Thieme Stuttgart-New York, 2000,
- 8 vgl. Hüter-Becker A., Dölken M. (Hrsg.): Klein D., Laube W., Schomacher J., Voelker B. (Autoren): Physiolehrbuch Basis. Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. 1. Auflage, Thieme Stuttgart 2005, S. 192
- 9 vgl. Ashton-Miller J.A., Wojtys E., Huston L., Fry-Welch D.: Review Article. Can proprioception really be improved by exercises? In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthrosc. (2001) 9:128-136. Springer-Verlag 2001
- 10 vgl. Ashton-Miller J.A., Wojtys E., Huston L., Fry-Welch D.: Review Article. Can proprioception really be improved by exercises? In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthrosc. (2001) 9:128-136. Springer-Verlag 2001
- 11 vgl. Ashton-Miller J.A., Wojtys E., Huston L., Fry-Welch D.: Review Article. Can proprioception really be improved by exercises? In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthrosc. (2001) 9:128-136. Springer-Verlag 2001
- 12 Ashton-Miller J.A., WOJTYS E., HUSTON L., FRY-WELCH D.: Review Article. Can proprioception really be improved by exercises? In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthrosc. (2001) 9:128-136. Springer-Verlag 2001
- 13 Beim "active angel reproduction test" (ART) müssen die Probanden nach einer Aufwärmphase neun standardisierte Gelenkspositionen mit und ohne visuelle Kontrolle wieder einnehmen. Vgl. Jerosch Joerg G.: Effects on Shoulder Instability on Joint Proprioception. In: Lephart Scott M., FU Freddie H. (Editors). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. 1.Auflage, S. 247-264, Human Kinetics USA 2000
- 14 vgl. Heichinger Barbara: Gibt es ein propriozeptives Training? Diplomarbeit an der Akademie für den physiotherapeutischen Dienst am Kaiser Franz Josef Spital/Sozialmedizinisches Zentrum Wien Süd, Wien 2005
- 15 Jerosch Joerg G.: Effects on Shoulder Instability on Joint Proprioception. In: Lephart Scott M., Fu Freddie H. (Editors). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. 1.Auflage, S.247-264, Human Kinetics USA 2000
- 16 vgl. Hüter-Becker A., Dölken M. (Hrsg.): Klein D., Laube W., Schomacher J., Voelker B. (Autoren): Physiolehrbuch Basis. Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. 1. Auflage, Thieme Stuttgart 2005
- 17 vgl. Granacher U., Strass D., Gollhofer A.: Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. Noch unveröffentlichte Studie von Department of Sport and Sport Science, University of Freiburg, Germany. (voraussichtliche Veröffentlichung Juni 2005)
- 18 vgl. Hüter-Becker A., Dölken M. (Hrsg.): Klein D., Laube W., Schomacher J., Voelker B. (Autoren): Physiolehrbuch Basis. Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. 1. Auflage, Thieme Stuttgart 2005
- 19 vgl. Wicker A.: Bewegungstherapie nach Sportverletzungen – am Beispiel Kniegelenk. In: Physikalische Medizin und Rehabilitation. Adjutum Verlag Wien, S.4-10, März 2005
- 20 vgl. Ashton-Miller J.A., Wojtys E., Huston L., Fry-Welch D.: Review Article. Can proprioception really be improved by exercises? In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthrosc. (2001) 9:128-136. Springer-Verlag 2001
- 21 vgl. Ashton-Miller J.A., Wojtys E., Huston L., Fry-Welch D.: Review Article. Can proprioception really be improved by exercises? In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthrosc. (2001) 9:128-136. Springer-Verlag 2001
- 22 vgl. Gruber M., Gollhofer A.: Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. In: European Journal of Applied Physiology (2004) 92: 98-105. Springer-Verlag 2004
- 23 vgl. Riemann Bryan L., Guskiewicz Kevin M.: Contribution of the Peripheral Somatosensory System To Balance and Postural Equilibrium. In: Lephart Scott M., Fu Freddie H. (Editors). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. 1.Auflage, S.37-51, Human Kinetics USA 2000