

Gregor Pfaff:

Die neurophysiologischen Grundlagen der sensomotorischen Einlagenverordnung

Zusammenfassung:

Die Sensomotorik bildet die neurologische Basis der Haltungs- und Bewegungssteuerung des Menschen. Die Muskeltonussteuerung gelingt durch Integration sensorischer Regelsysteme von Kopf bis Fuß. Schon geringe Irritationen der Regelkreise des Nervensystems lösen neuro-muskulo-skelettale Reaktionen, Anpassungen und Kompensationen im Bewegungsapparat aus.

Sensomotorische Einlagen aktivieren neuro-muskulo-skelettale Regelsysteme der FüÙe um posturale, haltungs- und bewegungsverändernde Wirkungen zu steuern und zu stabilisieren. Neuromuskuläre Dysbalancen, Myotendinosen, myofasziale oder pseudoradikuläre Schmerzsyndrome sind oft Ausdruck sensomotorischer Fehlsteuerungen und können durch sensomotorische Einlagen behandelt werden.

Nach individueller Untersuchung der Kopf- und Körperhaltung des Patienten wird die Fußmuskulatur palpirt und in ihrem Reflexverhalten durch sensomotorische Koordinationstests analysiert. Je nach Ergebnis werden hyper- oder hypotone Muskelareale durch differenziert ausgearbeitete prallelastische Polster stimuliert.

Auswirkungen dieser sensomotorischen Einlagentherapie auf die Haltungs- und Bewegungssteuerung lassen sich über die stato-dynamische 3D-/4D-Wirbelsäulenvermessung nachweisen.

Die Körperhaltung wird über posturale Reaktionen verschiedener Rezeptorensysteme individuell eingestellt. Bewegungsprogramme werden von Kindheit an erlernt und den biomechanischen Körper- und Umweltverhältnissen angepasst. Die Haltung unterliegt immer auch einer situativen und emotionalen Komponente (limbisches System) die wir „Körpersprache“ nennen. So bieten unbehandelte Patienten an unterschiedlichen Untersuchungstagen oft wechselnde Befunde.

Koordinationsstörungen der dreidimensionalen Körperzentrik führen über die Faktoren Zeit und Wiederholung zu Fehlbelastungen der Wirbelsäule, der Beine und FüÙe. Dementsprechend müssen sie bei der Einlagenversorgung berücksichtigt und gegebenenfalls von anderen medizinischen Fachgruppen mitbehandelt werden. Dabei ist zum Beispiel auch die Muskeltonussteuerung der Augenbewegungen und der Kaubewegungen im Zusammenspiel mit der Kopfhaltung und der Gesamtbalance sehr wichtig. Auch Überlastungen (Sport/Arbeit) oder Unterforderung der Muskulatur durch zivilisatorische Einflüsse (Bewegungsarmut) können neuromuskuläre Dysbalance und funktionelle Beschwerden auslösen.

Kopf- und Fußsteuerung

Die Haltung gliedert sich in Kopf- und Fußsteuerung. Die mit der Kopflegeinstellung verbundenen Regelsysteme betreffen:

- das räumliche/binokulare und scharfe Sehen,
- die 3D-Körperbalance- und Gleichgewichtsregulation einschließlich des Hörens,
- das so genannte „Nackenfeld“, Kopfgelenke $C_0 - C_3$ und kurze Nackenmuskeln,
- Kiefergelenke und Kaumuskulatur.

Die Region der Kopfgelenke korrespondiert mit der Feineinstellung der Blickrichtung und Augenposition. Beim Sehen werden im Nahbereich (Lesen) automatisch der Kopf und die HWS gebeugt. Im Gegensatz dazu richtet sich die ganze Wirbelsäule beim Blick zum Horizont auf.

Umgekehrt wird die Augenbewegung über die Nuclei vestibulares (Gleichgewichtskerne) und das Cerebellum (Kleinhirn) mit der Körperhaltung koordiniert. Bei unscharfem oder gestörtem räumlichen Sehen gelingt die Auge-zu-Hand-Koordination (Ball fangen) oder die korrekte Fuß- und Schrittsteuerung an Treppenstufen nicht optimal. Gangunsicherheit und Kurzsichtigkeit ist oft die Folge.

Eine falsch angepasste Brille kann, das zeigt die orthopädische Praxis, zu Kopfschmerzen und Nackenverspannungen und damit zu antalgischen (schmerzvermeidenden) oder kompensatorischen Fehlhaltungen führen.

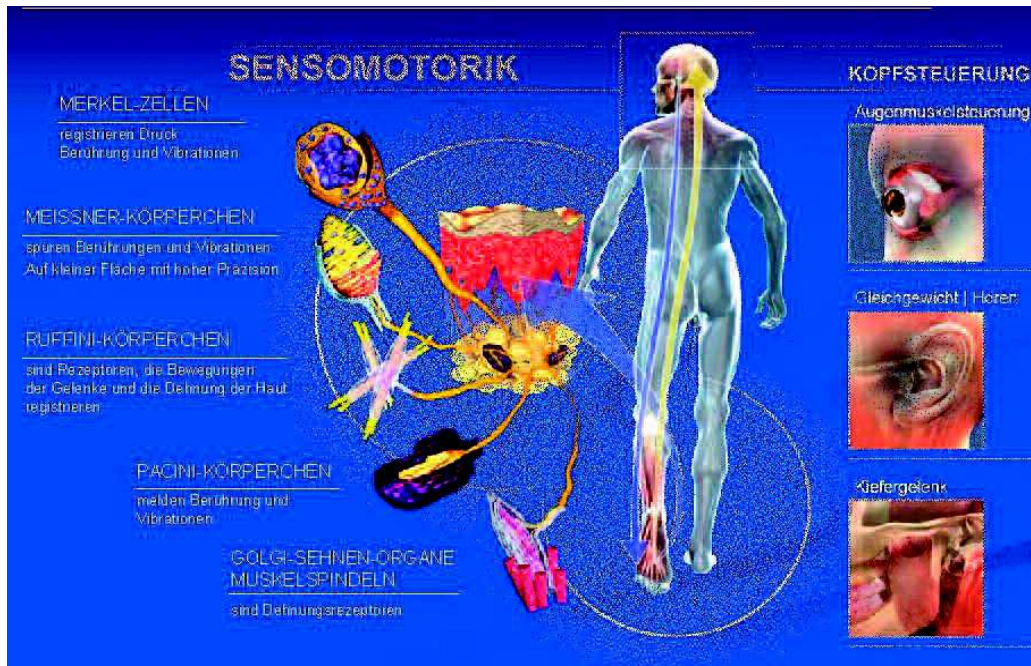
Die Gleichgewichtsorgane sind Dreh- und Linearbeschleunigungssensoren. In efferenten, aufsteigenden Bahnen finden sich Verbindungen zu den Kernen der äußeren Augenmuskeln (III., IV. und VI. Hirnnerv) und zum Nucleus interstitialis Cajal, der an der Koordination der Augenbewegung mit den Kopfbewegungen beteiligt ist.

Absteigende efferente Bahnen erreichen über den Tractus vestibulo-cerebellaris sowie den Tractus vestibulospinalis medialis die Muskeln des Halses und der oberen Extremität (nach Garten 2004). Auch einseitige Hörminderung kann, genau wie eine Störung der Balance der oben genannten Verschaltungen, eine Verlagerung der dreidimensionalen Körperzentrik bewirken.

Die höchste Rezeptorendichte zur Propriozeption findet sich in der Region der Kopfgelenke, Kiefergelenke und der Kau- und Nackenmuskulatur

Anschrift des Verfassers:

Dr. Gregor Pfaff
Orthopädische Praxis
Haimhauserstr. 1
80802 München
E-mail: praxispfaff@web.de



1 Sensoren und Rezeptoren der Fußsohle im Zusammenspiel mit der Kopfsteuerung.

(ca. 40 % der gesamten Propriozeptoren des Körpers)! Von vielen Autoren wird die funktionelle Einheit von Kopf- und Kiefergelenken inzwischen bestätigt. Demnach übt die Haltung der HWS einen Einfluss auf den M. masseter und M. temporalis sowie auf die Bewegung und Ruheposition des Kiefers aus. Der Trigemiusnerv, der den Kauapparat motorisch und sensibel versorgt, scheint demnach eine wichtige Rolle bei der Kontrolle von Kopf- und Schulterbewegungen zu spielen. Die Kopfgelenke, das Nackenfeld und der so genannte Trigemiuskomplex beeinflussen sich wechselseitig (Bayerisches Zahnärzteblatt, 9/2000).

Aus den oben genannten Aspekten der neurologischen Verschaltungen zur Kopfsteuerung folgt, dass hier nicht nur lokale Verspannungen, Fehlhaltungen oder Schmerzen entstehen können. Vielmehr wird ihre Bedeutung für die dreidimensionale Körperzentrik mit Auswirkungen auf Vor- oder Rückfußbelastungen, einseitige Gelenkbelastungen oder Störungen der neuromuskulären Balance deutlich.

Der Fuß als Basis der Haltungssteuerung

Die Fußsohle spielt bei der Steuerung von Haltungs- und Bewegungsprogrammen eine entscheidende Rolle. Ihre Afferenzen aktivieren zum Beispiel die cerebello-vestibuläre Koordination. Yasuda et al. (1999) fanden,

dass die plantaren Mechanorezeptoren die Gleichgewichtswahrnehmungen des Innenohrs ergänzen.

Die Fußmuskeln sind der Anfang der aufsteigenden Muskelkette der unteren Extremitäten. Im Stand und Gang muss das Zusammenspiel von Agonisten und Antagonisten zu einer neuromuskulären Balance abgestimmt werden. Dabei müssen nicht nur einzelne Muskeln einer Extremität, sondern die kontralaterale Mitbewegung und die Ausgleichsbewegung des Rumpfes und Kopfes neuromuskulär gesteuert werden.

Als allgemein bekanntes Beispiel sei hier die funktionelle oder auch strukturelle Dysbalance zwischen den Füßen eines Patienten genannt. Über das unterschiedliche Abrollverhalten kommt es zu seitenungleichen Bewegungsmustern im Gangbild. Dies führt zu aufsteigenden neuromuskulären Dysbalancen. Am Sprunggelenk kann dies zu Achillodynien, am Kniegelenk zu chondropathieartigen Schmerzen führen. An der Hüfte kann es zu Traktusbeschwerden, der so genannten Bursitis trochanterica oder zu funktionellen Beinlängendifferenzen mit Ileo-sacralgelenksblockaden kommen. Dadurch werden an der Rumpf-Nackenkopfbewegung Kompensations- und Adaptionsmuster ausgelöst. Diese können über die Faktoren Zeit und Wiederholung die Grundlagen von späteren strukturellen Störungen sein.

Das Zusammenspiel von Afferenz und Efferenz

Die Wahrnehmung des eigenen Standorts im Zusammenspiel von Untergrund, Schuh, Einlage, Fuß und Körperbalance nennt man Propriozeption. Diese Informationen werden reflexartig über geeignete Strukturen von der Fußsohle aus an Rückenmark und Stammhirn weitergeleitet (Afferenz). Spezifische Strukturen an den Muskeln (Muskelspindeln), den Sehnen (Golgi-Sehnen-Organ), der Haut (Mechanorezeptoren) und den Gelenken (Gelenkrezeptoren), sowie freie Nervenendigungen bilden die afferenten Reizinformationen des Fußes zur Bewegungskoordination (Abb. 1). Die sensorische Rückmeldung aus den Muskelspindeln verläuft entweder über schnell leitende Fasern (Ia-Fasern) direkt über das Rückenmark mit einem monosynaptischen Dehnungsreflex zur motorischen Nervenzelle oder über langsame Rückleitungsbahnen der Gruppe-II-Fasern zum Zentralnervensystem (ZNS).

Die Hauptaufgabe der Muskelspindeln besteht darin, die jeweilige Längen-, Lage- und Spannungsänderung der Muskulatur dem ZNS rückzumelden. Die Charakteristik der Golgi-Sehnen-Organ dagegen ist genau gegensätzlich zum Mechanismus der Muskelspindeln verschaltet. Funktionell kann diese gegenseitige Wechselwirkung als Balanceakt der neuronalen Ansteuerung



2 Die Therapiesohle (Fotos: Medreflex).

rung verstanden werden, im Sinne einer abgestuften Regelung von Hemmung und Erregung. In Abhängigkeit der jeweiligen Belastungssituation können die Golgi-Sehnen-Organen jedoch auch fördernd auf die Arbeitsmuskeln wirken.

In den Gelenkkapseln, in den Ligamenten, aber auch in der Haut sind weitere Rezeptoren vorhanden, die über sensorische Rückmeldungen die Lage der Gelenke ermitteln oder Druck- und Zugkräfte signalisieren. In der Haut des Fußes zum Beispiel gibt es drei Mechanorezeptoren, die sensorische Signale an das zentrale Nervensystem leiten: Unter der Epidermis befinden sich die Rezeptoren der Merkel'schen Zellkomplexe, die sich langsam dem Druck und der Deformation der Haut anpassen. Meissner'sche Korpüskel reagieren selektiv auf Vibrationen. Sie liegen direkt unter der Hautoberfläche und antworten schnell auf Signale zwischen fünf und vierzig Hertz. Paccini Korpüskel in der subkutanen Schicht reagieren auf hochfrequente Signale zwischen 60 und 300 Hertz.

Bewegungssteuerung durch Zusammenspiel der Systeme

Mit Ausnahme der Muskelspindeln besteht die Aufgabe der Mechanorezeptoren und der freien Nervenendungen in der sensorischen Rückmeldung zu einem spinalen Zwischennetzwerk.

Dieses Netzwerk besteht aus zahlreichen Interneuronen, die über einfache oder mehrfache Verschaltungsebenen mit den motorischen Nervenzellen der Muskulatur verbunden sind. Unter Abstimmung von erregenden und hemmenden Rückmeldungen werden Impulse an motorische Nervenzellen weitergeleitet (neuro-muskulo-skelettaler Reflex).

Die Propriozeption wird durch so genannte Exterorezeptionen (Sinneswahrnehmungen) ergänzt. Dazu gehören das räumliche Sehen, der Hör- und Gleichgewichtssinn, die Kopfkontrolle des cervicocephalen Überganges (Kopf-Hals-Übergang), die craniomandibuläre Funktion (Kiefergelenksfunktion) sowie die Viszerorezeption über mechanische, chemisch-sensitive oder fasziale Rezeptoren und schließlich die Thermorezeption.

Die sensomotorische Steuerung (Efferenz) wird also aus dem Abgleich propriozeptiver und exterorezeptiver Impulse stets von zentralen Kontrollmechanismen situativ angepasst (sensomotorische Integration; „Just in Time“-Regulation), so dass man von einem, aus vielen einzelnen Systemen bestehenden, Gesamtkommunikationssystem sprechen kann. Durch die Impulse der Efferenz erfolgt die koordinierte und zielgerichtete muskuloskelettale Bewegung.

Form follows function

Sensomotorische Fehlsteuerungen lösen im muskuloskelettalen System Schmerzen und Fehlbelastungen aus. Dadurch können langfristig strukturelle Störungen entstehen („form follows function“ – „Die Form folgt der Funktion“). 80 Prozent der Patienten einer konservativen orthopädischen Praxis haben funktionelle Störungen des Bewegungsapparates. Patienten beklagen zum Beispiel Wirbelsäulenschmerzen oder Gonalgie (Knieschmerzen) wie etwa Chondro-pathia patellae. Werden diese Beschwerden nur symptomatisch behandelt, entsteht nach langen Jahren der Fehlfunktion struktureller Verschleiß an den Facettengelenken oder eine Retropatellararthrose.

Auch die propriozeptiven Effekte von Schuheinlagen oder anderen Hilfsmitteln wie Zahnspangen und Brillen auf das gesamte Haltungs- und Bewegungsmuster müssen nach den oben genannten Zusammenhängen neu überdacht werden.

Folgerung: Für eine erfolgreiche und nachhaltige Schmerzbehandlung müssen symptombezogene Untersuchungen durch die Abklärung der Sensomotorik im orthopädischen und in anderen Fachbereichen ergänzt werden.

Haltungs- und Bewegungsdiagnostische Untersuchung

Der Patient wird in seiner posturalen Einheit erfasst, Achsabweichungen und Rotationsfehlstellungen werden von Kopf bis Fuß untersucht. Dabei werden Techniken der Osteopathie, manuellen Medizin und Neuroorthopädie genutzt. Die Kiefergelenke und die Kau- und Nackenmuskulatur werden palpirt und auf Symmetrie in Öffnung und Schlussbiss beurteilt.

Zum Ausschluss von Gleichgewichtsstörungen werden differenzierte Stand- und Gangarten geprüft. Besonderer Wert wird auf Einbeistand mit offenen und geschlossenen Augen sowie den Unterbergetretversuch (50 Schritte auf der Stelle mit geschlossenen Augen) gelegt.

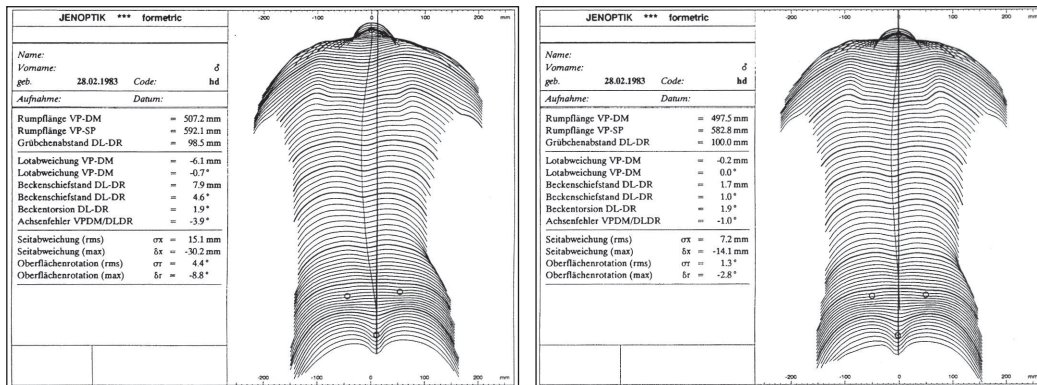
Weitere schulmedizinische Basisuntersuchungen betreffen die Augenbewegungen im Sinne von Konvergenzverhalten, Konsensualität, Nystagmus und Akkomodation.

Im Zusammenspiel mit den üblichen symptomatischen Untersuchungen und der Fußmuskulsteuerung (siehe unten) ergeben sich neue Therapieansätze.

Als Konsequenz aus den neuroanatomischen Grundlagen müssen funktionelle orthopädische Beschwerdebil-

Mehr zum Thema

Das im Beitrag vorgestellte sensomotorische Therapiekonzept ist mittlerweile bundesweit etabliert und durch den Berufsverband der Orthopäden anerkannt. Weitere Informationen zu dem Thema und über Ausbildungskurse für Haltungs- und Bewegungsdiagnostik, funktionelle Orthopädie und propriozeptive Therapie finden Sie auf der Internetseite der Akademie Deutscher Orthopäden (ADO) unter www.akademie-deutscher-orthopaeden.de.



3 Dokumentation mit der Formetric-Wirbelsäulenvermessung. Links vor, rechts nach der Einlagenversorgung.

der durch interdisziplinäre Kooperationen zwischen Orthopäden, Allgemein- und Kinderärzten, Zahnärzten und Kieferorthopäden, Augen- und HNO-Ärzten sowie Neurologen abgeklärt und behandelt werden.

Therapiemethoden

Bei zirka 80 Prozent der Patienten einer konservativen orthopädischen Praxis findet man Störungen der sensorischen und motorischen Regelkreise. Die dadurch ausgelösten funktionellen Beschwerden werden bisher überwiegend durch Krankengymnastik und physiotherapeutische Maßnahmen behandelt. Wenn diese Therapien nicht zu dauerhaften Änderungen im Bewegungsmuster des Patienten führen, kommt es nur zu kurzfristigen, symptomatischen Beschwerdebesserungen.

Bei vielen Patienten liegt dies an ursächlichen Defiziten der Muskelkraft und/oder der neuromuskulären Koordinationsfähigkeit. Viele – gerade jüngere – Patienten sind heute kaum noch in der Lage auf einem Bein zu stehen. Hier muss es zu einer funktionellen, dauerhaft wirkenden Verbesserung im Zusammenspiel der oben genannten sensomotorischen Steuerungssysteme kommen.

Zu diesem Zweck kann, in Ergänzung zur Physiotherapie, eine individuelle sensomotorische Einlagenversorgung direkt am Fuß auf muskuläre und sensorisch-koordinative Defizite einwirken. Erst die Verbesserung von Kraft und Koordination durch das Tragen von sensomotorischen Einlagen und gezieltes Ausgleichen von muskulären Dysbalancen durch Kraftaufbautraining und Physiotherapie wird zusammen dem Anspruch auf einen dauerhaften Therapieerfolg gerecht. Ärzten und Physiotherapeuten sollte bewusst sein, dass chronische muskuläre Dysbalancen der HWS, des

Nackens und des Schultergürtels oft durch Störungen des binokularen Sehens, der kranio-mandibulären Funktion und/oder des Gleichgewichts verursacht beziehungsweise aufrechterhalten werden. Die Muskulatur des cranio-cervikalen Nackenfeldes wird damit zum Auslöser einer absteigenden Muskelkettenreaktion von Kopf bis Fuß. Therapeutisch müssen in diesen Fällen die Gleichgewichts- und Hörfähigkeit, das binokulare Sehen und die cranio-mandibuläre Funktion interdisziplinär behandelt werden.

Um aufsteigende Muskelketten von Kopf bis Fuß zu behandeln, muss man die sensomotorischen Fähigkeiten der Füße aktivieren. Dabei bieten die Mechanorezeptoren der Fußsohle vielfältige Stimulationsmöglichkeiten, um sowohl die sensorische Affferenz als auch die motorische Efferenz zu beeinflussen. Eine besondere Bedeutung haben dabei die gewölbte bildenden, den Abrollvorgang steuernden Fußmuskeln. Muskuläre Dysbalancen und Funktionsstörungen müssen hier unbedingt analysiert und kausal therapiert werden. Aus der klinischen Erfahrung ist in den meisten Fällen eine Versorgung mit afferenzverstärkenden, sensomotorischen Sohlen günstig beziehungsweise angebracht.

Dies gilt besonders wenn man damit nicht nur auf die Fußmuskelschwäche, sondern auch auf die Gesamthaltung und Bewegungskoordination einwirken will. Bei massiven Veränderungen der Fußform sind passive, stützende oder bettende Maßnahmen alleine oder in Kombination mit aktivierenden, afferenzverstärkenden Elementen indiziert.

Da sensomotorische Einlegesohlen auch auf den gesamten Koordinationsablauf von Haltung und Bewegung einwirken, müssen in einem orthopädischen Untersuchungsablauf das pro-

priorezeptive und muskuloskeletale System einerseits und die Exterorezeptoren andererseits in Verbindung gebracht werden. Speziell ausgebildete Orthopäden können durch einen sensomotorischen Koordinationstest (neurologische Rückmeldung des Funktionszustandes eines Muskels) den Muskeltonus an der Fußsohle individuell überprüfen. Dabei werden insbesondere die kurzen und langen Fußmuskeln untersucht. Anhand des Koordinationstestes werden schwache Fußmuskeln identifiziert und die damit korrespondierenden Einlegesohlenareale prall-elastisch ausgearbeitet. Diese individuelle Stimulation ist nur bei den „Medreflex-Spezialeinlagen“ möglich (Abb. 2). Ergänzend zur Fußmuskelfunktionsanalyse wird je nach medizinischer Indikation zusätzlich ein Fußabdruck genommen.

Dokumentationsmöglichkeiten

Haltungs- und Bewegungsänderungen durch sensomotorische Spezialeinlagen werden durch stato-dynamische Messverfahren der dreidimensionalen beziehungsweise vierdimensionalen Wirbelsäulenvermessung (System „Formetric“) dokumentiert (Abb. 3). Im Behandlungsverlauf werden durch Kräftigung der Fußmuskulatur und neurologische Bahnung beziehungsweise Adaptation Anpassungen der Einlagen notwendig. Durch das Messungssystem kann der Behandler und der Patient die Einlagenwirkung und die Haltungsveränderung erkennen. Notwendige, individuelle Stimulationsanpassungen werden vom Arzt festgelegt. ■

Literatur

Literatur beim Verfasser.