

# ORTHOPÄDISCHE PRAXIS

Offizielles Organ der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden e. V.

**Schriftleitung:**

Prof. Dr. Siebert, Kassel  
Priv.-Doz. Dr. Stein, Magdeburg  
Prof. Dr. Rossak, Karlsruhe

**Herausgeber:**

Dr. Clemens, Karlsruhe  
Prof. Dr. Rompe, Heidelberg

8/2005

Seite 399–404

G. Pfaff

*Die neurophysiologischen Grundlagen  
der sensomotorischen Haltungskoordination  
und Muskeltonussteuerung*

Heft 8, August 2005  
41. Jahrgang

ISSN 0030-588X  
Orthopädische Praxis 41, 8 (2005)



MEDIZINISCH LITERARISCHE  
VERLAGSGESELLSCHAFT MBH, UELZEN  
Postfach 11 51 / 11 52 · 29501 Uelzen  
[www.mlverlag.de](http://www.mlverlag.de)



G. Pfaff

# Die neurophysiologischen Grundlagen der sensomotorischen Hal tungskoordination und Muskeltonussteuerung

Aus der Orthopädischen Praxis Pfaff, München

## Sensomotorical Coordination of Posture and Muscletension

### Summary

*What is the importance of sensomotorical systems in orthopaedics?*

*Sensomotorical systems are the neurological basic information for posture and movement patterns of our orthopaedic patients. Coordination of muscle tension is the result of integration of different steering systems.*

*Little alterations in these neurological steering systems cause reaction, adaptation and compensation in muscles and skeleton. The coordination of nerves, muscles and bones can be compared to a computer system:*

*False software information can cause a chain reaction that can lead to hardware problems.*

*Muscular dysbalance, myotendinosis, myofascial or pseudoradicular pain syndroms, only to mention some examples, are the results of sensomotoric faults of coordination between afferent and efferent impulses.*

*For fundamental treatment of functional disorders of the muscle and skeleton system afferent modulating therapies based on proprio- and exteroception should be preferred.*

*Especially in the prescription of sensomotoric orthopaedic insoles these aspects should be considered.*

**Key words:** sensomotorical systems – coordination of muscle tension – posture and movement patterns – functional disorders – sensomotoric orthopaedic insoles

### Zusammenfassung

*Was ist Sensomotorik und welche Bedeutung hat sie im Bewegungsapparat?*

*Die Sensomotorik bildet die neurologische Basis der Hal tung- und Bewegungssteuerung unserer orthopädischen Patienten.*

*Die Muskeltonussteuerung gelingt durch Integration sensomotorischer Regelsysteme.*

*Schon geringe Irritationen der Regelkreise des Nervensystems lösen muskulo-skelettale Reaktionen, Anpassungen und Kompensationen im Bewegungsapparat aus.*

*Das Zusammenspiel von Nerven, Muskeln und Knochen ähnelt einem Computersystem:*

*Fehlsteuerungen der Software bewirken Störungen an anderen Stellen der Software und haben unter Umständen Auswirkungen auf Teile der Hardware!*

*Muskuläre Dysbalancen, Myotendinosen, myofasziale oder pseudoradikuläre Schmerzsyndrome, um nur einige Beispiele zu nennen sind Ausdruck sensomotorischer Fehlsteuerungen zwischen Afferenzen und Efferenzen.*

## Steuerung der Haltung

Die Hal tungsteuerung gliedert sich in zwei wesentliche Bereiche:

1. Bereich: die Kopfsteuerung mit Ihren Anteilen
  - des räumlichen/binocularen Sehens
  - der Gleichgewichtsfindung und -regulation
  - des „Nackenfeldes“, einschließlich C0/C1 und C1/C2
  - der Kiefergelenke und der gesamten Kaumuskulatur

Die Kopfsteuerung zeichnet sich aus durch:

- weit überdurchschnittliche Nervendichte sensorischer Qualitäten
- exakte sensomotorische Steuerung z. B. der Augenblickrichtung und der kurzen Nackenmuskeln zur Kopfkontrolle
- übergreifende Vernetzung und Verschaltung der Hirnnerven z.B. über den N. trigeminus, N. vestibularis, N. trochlearis, N. oculomotorius
- die Auslösung absteigender neuromuskulärer Kettenreaktionen

2. Bereich: der Fuß als Basis der Hal tungsteuerung

- der Fuß ist ein aktives sensomotorisches Greiforgan, seine sensiblen Wahrnehmungen ergänzen z. B. das zentrale Gleichgewicht.
- die kurzen Fußmuskeln wirken aktiv gewölbebildend und lösen über propriozeptive Verschaltungen aufsteigende neuromuskuläre Kettenreaktionen aus.

Zur ursächlichen Behandlung von funktionellen Störungen im Bewegungsapparat sollen afferenzmodulierende Therapien der Proprio- und Exterozeption genutzt werden. Dies ist insbesondere bei der Hilfsmittelversorgung wie z. B. der Verordnung von sensomotorischen Schuheinlagen zu berücksichtigen.

Auswirkungen dieser funktionellen Therapien auf die Haltungs- und Bewegungssteuerung lassen sich über die stato-dynamische 3-D-Wirbelsäulenvermessung (Formetric®) und durch das mobile Messsystem SonoSens® nachweisen.

**Schlüsselwörter:** Sensomotorik – Muskeltonussteuerung – Haltungs- und Bewegungssteuerung – funktionelle Störungen – sensomotorische orthopädische Schuheinlagen

- der passive Halteapparat besteht aus 26 Knochen, über 100 Muskeln, Sehnen, Bändern und Fascien

### ■ Sensomotorische Steuerung durch das Zusammenspiel von Afferenz und Efferenz am Beispiel der propriozeptiven Strukturen der Fußsohle, aufsteigender neuromuskulärer Regelkreise

Die Propriozeption (Selbstwahrnehmung) erfolgt reflexartig über geeignete Strukturen an der Fußsohle mit Weiterleitung an das

Rückenmark und Stammhirn (Cerebellum). Spezifische Strukturen an den Muskeln (Muskelspindeln), den Sehnen (Golgi-Sehnen-Organ), der Haut (Mechanorezeptoren) und Gelenken (Gelenkrezeptoren), sowie freie Nervenendigungen bilden die afferenten Reizinformationen des Fußes zur Bewegungskoordination. 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 ZNS.

Die Hauptaufgabe der Muskelspindeln besteht darin, die jeweilige Längen-, Lage- und Spannungs-

änderung der Muskulatur dem ZNS rückzumelden.

Die Charakteristik der Golgi-Sehnen-Organen dagegen ist genau gegensätzlich zum Mechanismus der Muskelspindeln verschaltet. Funktionell kann dies gegenseitige Wechselwirkung als Balanceakt der neuronalen Ansteuerung 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 Korpuskel reagieren selektiv auf Vibrationen. Sie liegen direkt unter der Hautoberfläche und antworten schnell auf Signale zwischen fünf und vierzig Hertz. Paccini Korpuskel in der subkutanen Schicht reagieren auf hochfrequente Signale zwischen 60 und 300 Hertz.



Abb. 1: Steuerung der Haltung.



Abb. 2: Anatomische Strukturen des neuro-muskulo-skelettalen Systems.



Abb. 3: Sensomotorische Steuerung durch das Zusammenspiel von Afferenz und Efferenz.

### Sensomotorische Steuerung durch Zusammenspiel der Systeme

Mit Ausnahme der Muskelspindeln besteht die Aufgabe der Mechanorezeptoren und der freien Nervenendungen in der sensorischen Rückmeldung zu einem spinalen Zwischen-Netzwerk. Dieses Netzwerk besteht aus zahlreichen Interneuronen, die über einfache oder mehrfache Ver-

schaltungsebenen mit den motorischen Nervenzellen der Muskulatur verbunden sind. Unter Abstimmung von erregenden und hemmenden Rückmeldungen werden Impulse an motorische Nervenzellen weitergeleitet (cutano-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, die craniomandibuläre

Funktion sowie die Viszerorezeption über mechanische, chemisch-sensitive oder fasziale Rezeptoren sowie die Thermorezeption. Die sensomotorische Steuerung (Efferenz) wird also aus dem Abgleich propriozeptiver und exterozeptiver Impulse stets von zentralen Kontrollmechanismen situativ angepasst (sensomotorische Integration – „Just in Time“ – Regulation), so dass man von einem, aus vielen einzelnen Systemen bestehenden, Gesamtkommunikations-





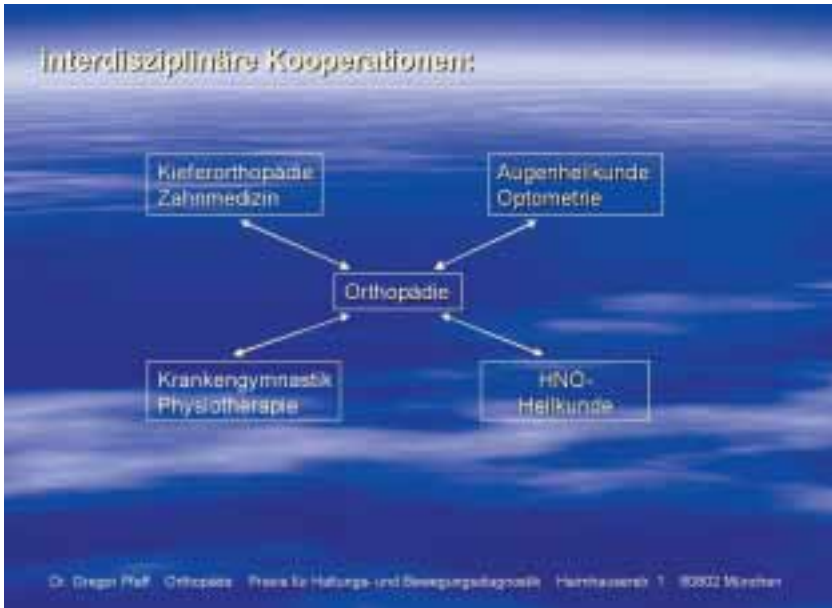


Abb. 6: Interdisziplinäre Kooperationen.

### Therapiemethoden:

- Brillenversorgung
- Aufbiss-Schienen-Therapie
- kraniosakrale Therapie
- Krankengymnastik
- propriozeptives Training Kraft und Koordination
- Fußmuskel-training
- sensomotorische Einlagenversorgung

Dr. Gregor Pfaff, Orthopäde, Praxis für Haltungs- und Bewegungsdagnostik, Heimbühlstr. 1, 80932 München

Abb. 7: Therapiemethoden.

#### Netzwerk zur sensorischen Diagnostik und Therapie

Als Konsequenz aus den neuroanatomischen Grundlagen müssen funktionelle orthopädische Beschwerdebilder durch interdisziplinäre Kooperationen abgeklärt und behandelt werden.

#### Therapiemethoden

Bei ca. 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.

Erst die Verbindung von Kraft und Koordination, im Sinne eines propriozeptiven Trainings, wird 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 bzw. aufrechterhalten werden. Die Muskulatur des kraniozervikalen Nackenfeldes wird damit zum Auslöser einer absteigenden Muskelkettenreaktion von Kopf bis Fuß. Therapeutisch müssen in diesen



Abb. 8: Dokumentationsmöglichkeiten.

Fällen die Gleichgewichts- und Hörfähigkeiten, das binokulare Sehen und die kranio-mandibuläre Funktion interdisziplinär behandelt werden.

Um aufsteigende Muskelketten von Fuß bis Kopf zu behandeln, muss man die sensomotorischen Fähigkeiten der Füße aktivieren. Dabei bieten die Mechanorezeptoren der Fußsohle (Abb. 2) vielfältige Stimulationsmöglichkeiten, um sowohl die sensorische Afferenz als auch die motorische Efferenz zu beeinflussen. Eine besondere Bedeutung haben dabei die gewölbebildenden, 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 Koordina-

tionsablauf von Haltung und Bewegung einwirken, müssen in einem orthopädischen Untersuchungsablauf das propriozeptive 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 mit Kautschukgranulat (Biotens®) befüllt. Diese individuelle Biotens®-Befüllung ist nur bei den patentrechtlich geschützten Einlagen „Attivo Ks® Medical“ möglich, die in Deutschland unter dem Namen „Medreflex-Spezialeinlagen“ vertrieben werden. Ergänzend zur Fußmuskelfunktionsanalyse wird je nach medizinischer Indikation zusätzlich ein Fußabdruck genommen.

### ■ Dokumentationsmöglichkeiten

Haltungs- und Bewegungsänderungen durch sensomotorische Spezial-

einlagen werden durch stato-dynamische Messverfahren der dreidimensionalen Wirbelsäulenvermessung (System Formetric®) und dem mobilen Messsystem SonoSens® dokumentiert. Im Behandlungsverlauf werden notwendige Änderungen der Befüllung durch die Vermessungssysteme erkannt und die Wirksamkeit der Befüllungsanpassung überprüft.

Dieses umfassende, sensomotorische Therapiekonzept ist mittlerweile bundesweit etabliert und durch den Berufsverband der Orthopäden anerkannt. Bei weiterem Interesse an diesem Thema besuchen Sie die Website der Akademie Deutscher Orthopäden (ADO) und informieren Sie sich über die Ausbildungskurse für Haltungs- und Bewegungsdiagnostik, funktionelle Orthopädie und propriozeptive Therapie. ([www.akademie-deutscher-orthopaeden.de](http://www.akademie-deutscher-orthopaeden.de))

### Literatur beim Verfasser

Anschrift des Verfassers:

Dr. Gregor Pfaff  
Orthopädische Praxis  
Haimhauserstr. 1  
D-80802 München  
E-Mail: [praxispfaff@web.de](mailto:praxispfaff@web.de)