



Neuroanatomische Grundlagen des kraniomandibulären Systems

Die Basalganglien

Das Nervensystem mit seinen peripheren und zentralen Anteilen ist ein komplexes und zusammenhängendes System, das sich zwar in einzelne Bausteine aufteilen lässt, die aber untrennbar miteinander kommunizieren. Das Zentralnervensystem (ZNS) benötigt Informationen aus der Peripherie, um die entsprechenden motorischen Aktivitäten und Funktionen planen und steuern zu können. Betrachten wir den motorischen Kortex im Gyrus praecentralis und die somatotopische Repräsentation der kontralateral dargestellten Muskulatur (Homunculus) ebenso wie den sensorischen Anteil, fällt der erhebliche Anteil des kraniomandibulären Systems (CMS) auf (■ **Abb. 1**). Viele Informationen werden nicht bewusst wahrgenommen, sondern unbewusst und ebenfalls effektiv weiterverarbeitet. Die meisten Informationen aus dem CMS werden im Hirnstamm, dem Truncus encephali, bestehend aus Mittelhirn (Mesencephalon), Brücke (Pons) und verlängertem Rückenmark (Medulla oblongata), verarbeitet. Die Basalganglien sind ein integraler Bestandteil des motorischen Systems, sie weisen schon direkt nach der Geburt eine hohe Aktivität auf [1].

Funktion der Basalganglien

Die Basalganglien sind an vielen Prozessen wie Wahrnehmung, Lernen, Erinnerung, Aufmerksamkeit und motorischen Funktionen beteiligt und selektieren zentral Ein- und Ausgänge sowohl motorischer als auch kognitiver und emotionaler Art, um Stabilität durch Veränderung,

also Allostase, aufrechtzuerhalten [2–4]. Für unser Überleben ist die Auswahl passender Bewegungen und die Festlegung einer entsprechenden Reihenfolge der Bewegungsabläufe im jeweiligen Kontext der Ereignisse unverzichtbar [5]. Hieran sind die Basalganglien unmittelbar beteiligt. Sie greifen auf bereits vorhandene Bewegungsmuster zurück und speichern neue Muster durch deren Wiederholung. Sie selektieren, sortieren und integrieren angeborene und erlernte Bewegungsmuster in Verbindung mit kognitiven und emotionalen, mentalen Informationen [5].

Die Zielmotorik kontrolliert den Ablauf zielgerichteter willkürlicher Bewegungen. Das Zusammenspiel der sensorischen Regionen im Nervensystem unter Beachtung der Basalganglien bei Willkürbewegungen zeigt ■ **Abb. 2** [6].

Die Idee zur zielgerichteten Bewegung wird im subkortikalen Motivationsareal generiert. Die Weiterverarbeitung erfolgt gleichzeitig und gleichgeschaltet rational im frontalen Kortex und emotional im limbischen Kortex. Damit gibt es keine Muskelaktivität ohne den Einfluss des limbischen Systems. Über den assoziativen Kortex findet die Weiterschaltung in die Basalganglien statt, der Nucleus tegmentalis pedunculo-pontinus informiert u. a. das Kleinhirn, aber auch Kortex, Basalganglien und Thalamus entsprechend einem „integrativen Interface“. Der Nucleus tegmentalis pedunculo-pontinus ist mit motorischen Kernen im Hirnstamm und Rückenmark verbunden [7, 8]. Über den Thalamus gelangen die Informationen in den Hirnstamm und von dort über die dorsolateralen Bahnen des Rückenmarks zum Muskel, der die Idee ausführt. Eine unmittelbare

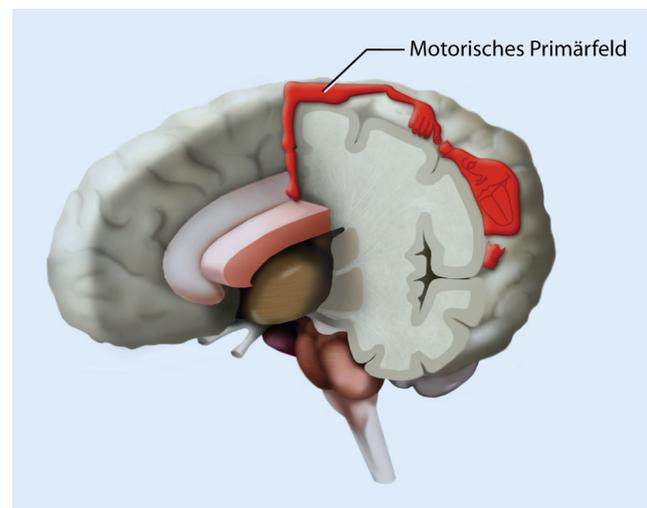


Abb. 1 ◀ Motorisches Primärfeld im Gyrus praecentralis. (Aus [19], mit freundl. Genehmigung des Quintessenz-Verlags)

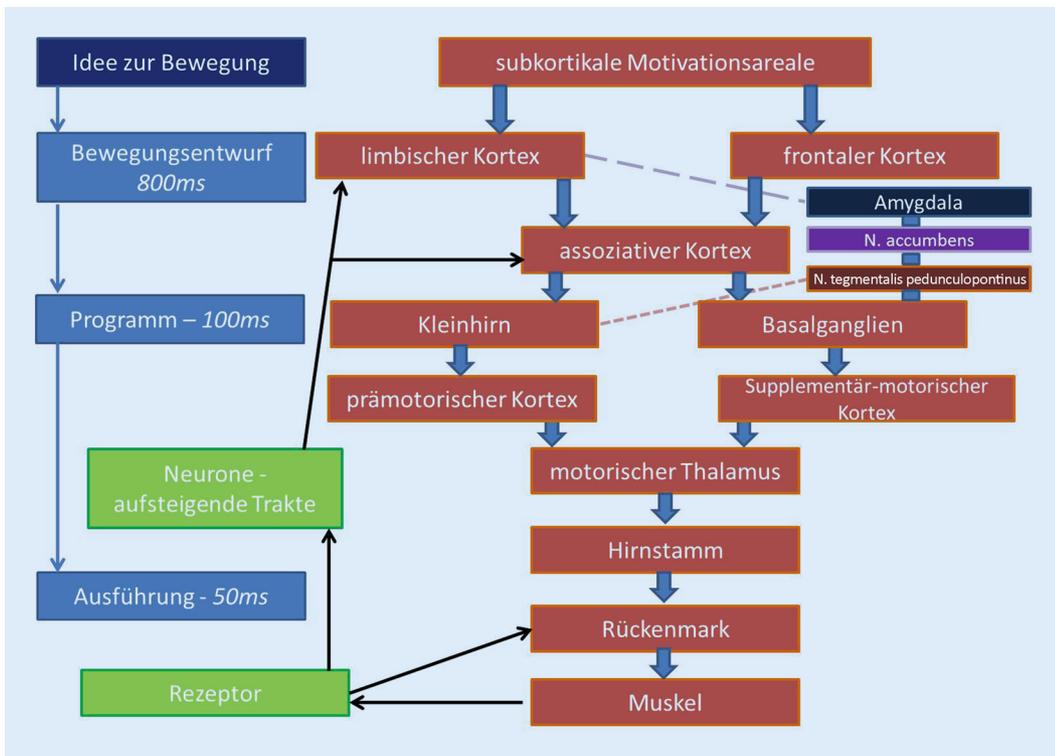


Abb. 2 ◀ Ablauf der Planung einer Willkürbewegung unter Berücksichtigung der Basalganglien. (Mod. nach Rettig [6])

Rückmeldung erfolgt als somatosensorische Information in das Cerebellum, den assoziativen und den limbischen Kortex.

» Die Zielmotorik kontrolliert den Ablauf zielgerichteter willkürlicher Bewegungen

Die Basalganglien erhalten aus den Sinnesorganen, aus der Muskulatur, den Sehnen und anderem tiefen somatischen Gewebe wie auch dem Bindegewebe ihren Input. Diese Informationen des Kortex werden über den Thalamus den Basalganglien mitgeteilt. Kortikale Bereiche, wie der orbitofrontale Kortex, der anteriore zinguläre Kortex, der laterale präfrontale Kortex und Bereiche des Motokortex, steuern striatale Kernbereiche an, die im dorsolateralen und ventromedialen Nucleus caudatus, im Putamen und im Nucleus accumbens liegen und mit dem Globus pallidus als Ausgangsregion der Basalganglien verbunden sind. Der Globus pallidus kommuniziert mit ventralen und medialen Thalamuskernen, die eine Rückprojektion zu den kortikalen Ausgangsstrukturen vermitteln [9]. Die Ba-

salganglien entscheiden unter Kenntnis dieser Informationen, ob eine motorische, eine emotional-motivationale oder eine kognitive Handlungsanweisung erfolgt oder nicht. Die Auswahl erfolgt nach den Kriterien der Aufrechterhaltung der Allostase. Über die direkte Verschaltung in den Basalganglien wird die Aktivität im Thalamus erhöht, über die indirekte und hyperdirekte Verschaltung in den Basalganglien wird sie gehemmt. Das resultierende Nettoergebnis bestimmt danach darüber, ob und in welcher Region eine Stimulation im Kortex stattfindet.

» Die Basalganglien bereiten die Zielmotorik vor und steuern diese

Ohne die Mitwirkung der Basalganglien können die motorischen Kortexareale keine Willkürbewegung auslösen oder steuern. Die Basalganglien bereiten eine Zielmotorik vor und steuern diese. Hier erfolgt die Umsetzung der kortikalen Bewegungsplanung in konkrete Bewegungsprogramme. Diese Bewegungsprogramme steuern die Kraftentfaltung, Richtung und Geschwindigkeit einer Be-

wegungsabfolge. Die weitere Funktion der Basalganglien ist die emotionale und motivationale Beeinflussung der Handlungsvorbereitung und -auswahl über limbische Anteile. Unter dem Einfluss des limbischen Systems erfolgen hier die Handlungsauswahl, die Hemmung nichtgewünschter und schließlich die Freischaltung gewünschter Handlungssequenzen [10-12].

Die Basalganglien liegen ausschließlich subkortikal. Aus weit verteilten Arealen des Kortex strahlen Fasern in die Basalganglien ein. Von hier aus gelangen sie über den Thalamus zurück in den Kortex, weshalb man von Schleifen, „loops“, spricht. Kortikale Areale, Basalganglien und Thalamus sind somit in Form von „loops“ miteinander verbunden. Komplexe bewusste Planung, unbewusste und unwillkürliche motorische Erfahrung sowie emotionale Aspekte ziehen auf parallel verlaufenden Bahnen zwischen Kortex, Basalganglien, Thalamus und abermals Kortex ihre Kreise. Aus diesen parallel verarbeiteten Informationen entsteht eine Aktivierung, die die Grundlage der Willkürbewegung darstellt. Entsprechend ihren unterschiedlichen Funktionen verteilen sich die Fasern

auf 5 voneinander getrennten Bahnen, die zu 2 Systemen zusammengefasst werden [10]: die motorische dorsale Schleife und die limbische ventrale Schleife.

Die Basalganglien bestehen aus [13, 10]:

Striatum

- Striatum dorsale
 - Nucleus caudatus (Hauptteil)
 - Putamen (Hauptteil)
- Striatum ventrale
 - Nucleus caudatus (ventral)
 - Nucleus accumbens
 - Putamen (ventral)

Pallidum

- Pallidum laterale (dorsal, ventral)
- Pallidum mediale (dorsal, ventral)

Assoziierten Kernen

- Nucleus subthalamicus
- Substantia nigra

Bei der Verschaltung der Basalganglien lassen sich die nachfolgend beschriebenen Wege unterscheiden (▣ Abb. 3).

Direkter, erregender Weg. Er projiziert mittels GABAergen Nervenzellen (hemmend) vom Striatum zum Pallidum mediale sowie in die Substantia nigra pars reticularis. Von dort erfolgt die Weiterleitung über GABAerge Nervenzellen in die Thalamuskern. Die Hintereinanderschaltung zweier hemmender Neurone führt zu einer Desinhibition, also einer Erregung der Thalamuskern.

Indirekter, hemmende Weg. Der indirekte, hemmende Weg des Striatum projiziert zum externen, lateralen Pallidumsegment, das mit GABAergen Nervenzellen den Nucleus subthalamicus hemmt. Der Nucleus subthalamicus wirkt durch den Neurotransmitter Glutamat erregend auf das Pallidum mediale, das dadurch Bewegungsimpulse in den Thalamuskernen hemmt [6, 10].

Hyperdirekter, hemmender Weg. Er verläuft über Striatum, Pallidum laterale und Nucleus subthalamicus zum Pallidum mediale.

Manuelle Medizin 2016 · 54:205–211 DOI 10.1007/s00337-016-0151-6
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

W. Schupp · W. Boisserée

Neuroanatomische Grundlagen des kraniomandibulären Systems. Die Basalganglien

Zusammenfassung

Die Okklusion dominiert in der finalen habituellen Interkuspidation die Positionierung der Kiefergelenke und damit auch die motorische Funktion. Besteht eine Diskrepanz zwischen der zentrischen, physiologischen Kiefergelenkposition und der Kiefergelenkposition in habitueller Interkuspidation bei bestehender Malokklusion, ist damit immer eine Verlagerung der Kiefergelenke aus ihrer physiologischen Position heraus verbunden. Die Fehlbelastung eines oder mehrere Zähne in Malokklusion führt ebenso wie die Fehlbelastung im Kiefergelenk über Proprio-, Mechano- und Nozizeptoren zu einer Stimulation im N. trigeminus mit Weiterleitung über die Pars caudalis nucleus spinalis nervi trigemini und damit verbundenen zervikotrigeminalen

Konvergenz. Die Verschaltung im WDR-Komplex („wide dynamic range neurons“) hat eine Stimulation im zentralen Nervensystem zur Folge. Diese Informationen erreichen u. a. die Basalganglien, die unmittelbar an der Planung der zielgerichteten und willkürlichen Bewegung beteiligt sind. Die Basalganglien wirken an vielen Prozessen mit, z. B. Wahrnehmung, Lernen, Emotion, Erinnerung, Aufmerksamkeit und motorische Funktionen. Sie selektieren zentral Ein- und Ausgänge sowohl motorischer als auch kognitiver und emotionaler Art.

Schlüsselwörter

Muskuloskeletales System · Dentale Okklusion · Kiefergelenk · Basalganglien · Kognition

Neuroanatomical principles of the craniomandibular system. The basal ganglia

Abstract

In the final habitual intercuspidation the occlusion dominates the positioning of the temporomandibular joints (TMJ) and thus also motor function. If there is a discrepancy between the central physiological TMJ position and the mandibular joint position in habitual intercuspidation with existing malocclusion, the consequence is a displacement of the TMJ from the physiological position. Incorrect loading of one or more teeth in malocclusion as well as incorrect loading of the TMJ, lead via proprioceptors, mechanoreceptors and nociceptors to stimulation in the trigeminal nerve with relaying via the caudal section of the spinal nucleus of the trigeminal nerve and the associated trigemino-cervical convergence.

The interconnection in the wide dynamic range (WDR) neurons complex results in stimulation in the central nervous system. This information reaches among others the basal ganglia, which are directly involved in the planning of procedural learning and voluntary motor movement. The basal ganglia are involved in many processes, such as perception, learning, emotion, memory, attention and motor function. They select central signal input and output of both motor, cognitive and emotional nature.

Keywords

Musculoskeletal system · Dental occlusion · Temporomandibular joint · Basal ganglia · Cognition

Der Nucleus accumbens (▣ Abb. 2) enthält Afferenzen zum limbischen System und ist damit integratives Interface zwischen Basalganglien und limbischem System. Er spielt eine wichtige Rolle bei lustbetonten und motivationalen Zuständen und gilt damit als Antagonist der Amygdala, die hauptsächlich negative Schlüsselreize verarbeitet [10].

Striatum und Nucleus subthalamicus als zwei separate Strukturen geben ihren

Input in die Basalganglien. Beide spielen eine Rolle bei der motorischen Kontrolle, aber auch in der Kognition [14]. Die kognitive Schleife verläuft vom präfrontalen Kortex zum Nucleus caudatus und von dort parallel zur motorischen Schleife über Substantia nigra, Globus pallidus und anteroventrale Thalamuskern zurück zum präfrontalen Kortex [15]. Die efferente Verschaltung der Basalganglien erfolgt über Globus pallidus und Substan-

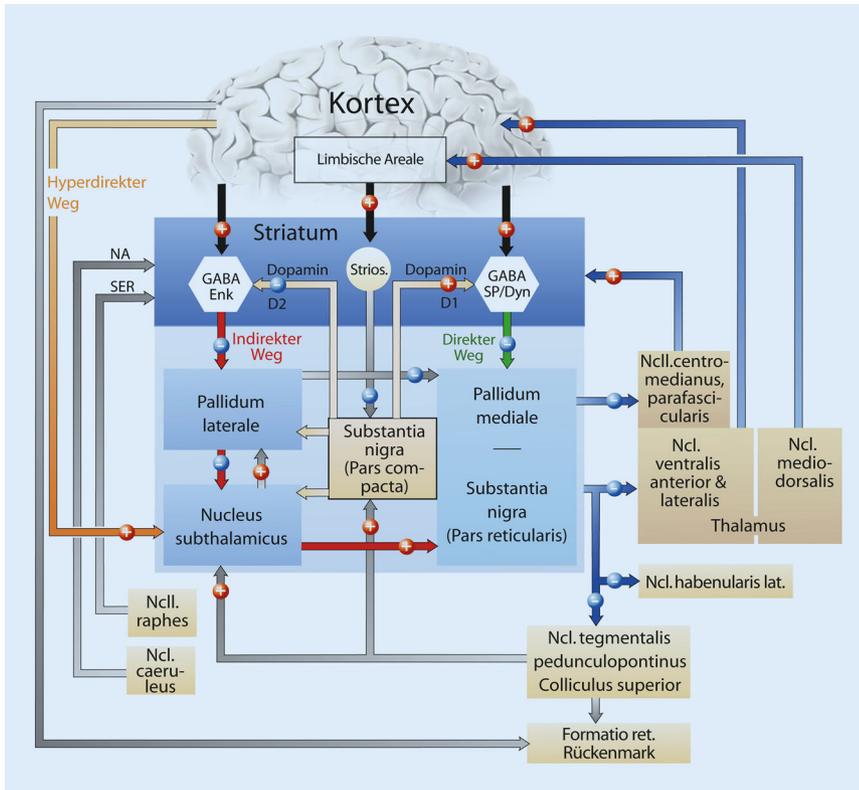


Abb. 3 ▲ Verschaltung der Basalganglien im Detail: indirekter, hemmender Weg (rot), direkter, erregender Weg (grün), hyperdirekter, hemmender Weg (gelb). (mit freundl. Genehmigung von Damir Del Monte, www.damirdelmonte.de)

tia nigra mit Strukturen, die Bewegungen sowie physiologische und kognitive Prozesse initiieren. In der Regel erfolgt ein hemmender Einfluss. Die Basalganglien hemmen somit die spontane motorische, physiologische und kognitive Aktivität des Organismus. Nach Schwarting [16] besteht die Funktion der Basalganglien darin, zwischen den vielfältigen Afferenzen diejenige zu selektieren, die von größter Bedeutung für den Organismus ist. Infolgedessen werden nach Schwarting [16] die entsprechenden Prozesse enthemmt, während irrelevante oder inkompatible Prozesse weiterhin gehemmt werden. Über die direkte Verschaltung wird die Aktivität des Thalamus erregt, über die indirekte und hyperdirekte wird sie gehemmt. Das Nettoergebnis bestimmt, ob die Aktivität einer Region im Kortex über den Thalamus gehemmt oder enthemmt wird. Dieses bedeutet, dass hier bestimmt wird, ob ein motorischer, ein physiologischer oder ein kognitiver Prozess initiiert wird oder nicht [16]. Die Basalganglien entscheiden darüber ganz

im Sinne der Allostase, welcher Prozess gerade für den Organismus von Bedeutung ist.

Da die Kommunikation der motorischen, der okulomotorischen, der kognitiven Schleife und der limbischen Schleifen untereinander noch nicht vollständig geklärt ist, kann auch noch keine definitive Aussage darüber gemacht werden, wie und wo die Hemmung der Funktionen untereinander erfolgt. Den Startpunkt der Bewegungsplanung erhält die motorische Schleife von der ventralen, emotionalen Schleife. Da das ZNS immer energieschonend arbeitet, werden wahrscheinlich bei einem hohen und ständigen proprio- und nozizeptiven Input allostatisch diejenigen Funktionen gehemmt, die für den Organismus gerade nicht unmittelbar überlebensnotwendig sind, d. h. eher kognitive Prozesse. Dies bedeutet schlussfolgernd, dass durch hohe, ständige nozi- und propriozeptive Stimulation aus dem CMS kognitive und emotional-motivationale Leistungen ge-

hemmt und motorische, für die Allostase wichtige Funktionen enthemmt werden.

Bedeutung der Basalganglien für die Funktion des CMS

Die motorische Aktivität des CMS wird durch die Basalganglien determiniert und die simultanen Bewegungsabläufe werden koordiniert. Die Okklusion hat unmittelbaren Einfluss auf die Unterkieferbewegung und den Muskeltonus. Sowohl die Rezeptoren aus dem parodontalen Ligament (PDL), das freie Nervenendungen mit Ramifikation bis zur Zementblastenschicht als Mechano- und Nozizeptoren besitzt, sowie Ruffini-Körperchen als Mechanorezeptoren v. a. im Apexbereich mit einer Auflösung bis 10 μ [17] als auch in den Kiefergelenken erhalten ständig Informationen über den N. trigeminus in das ZNS. Bei einer veränderten Kiefergelenkposition und bei okklusalem Trauma vermitteln die sich daraus ergebenden Informationen unmittelbar eine Reflexantwort an die Kaumuskulatur zur Adaptation, die durch die Basalganglien gesteuert wird [5]. Besteht die veränderte Kiefergelenkposition oder das okklusale Trauma über längere Zeit, hat dies eine verlangsamte und vermindert koordinierte Bewegung des Unterkiefers sowie einen höheren Muskeltonus zur Folge. Auch unbewusste Bewegungen können stattfinden. Aus einer Fehlokklusion entwickelt sich eine motorische Reaktion, die zu einer veränderten Relation des Unterkiefers zum Oberkiefer führt. Die dadurch erfolgte Stimulierung der Propriozeptoren der Kiefergelenke führt kompensatorisch zu einer muskulären Anpassung. Hierdurch lässt sich die Wirkung einer Okklusionsschiene erklären, die Fehlkontakte aufhebt und die Kondylenposition normalisiert [18].

» Die Basalganglien steuern auch die Kaumuskulatur

Fehler in der okklusalen Beziehung induzieren eine sensorische Stimulierung des ZNS über den N. trigeminus [19]. Hierdurch kommt es zu einer Veränderung der dopaminergen Neurone. Okklusale

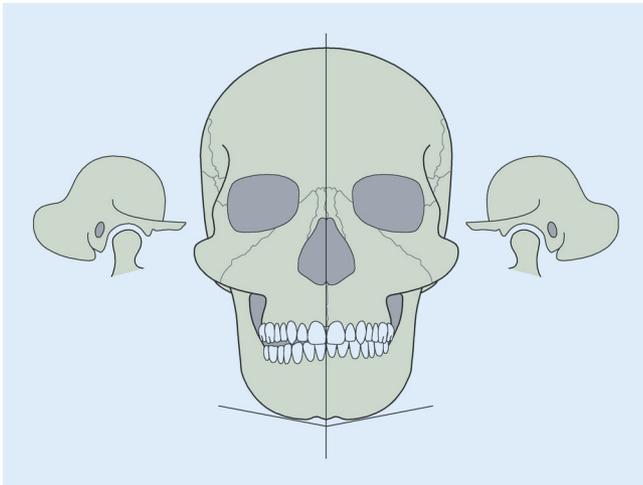


Abb. 4 ▲ Bei einer physiologischen bilateralen Kondylenlage besteht ein Okklusionskontakt in Zentrik nur auf der linken Seite, auf der rechten Seite liegt aufgrund der fehlenden Abstützung eine Nonokklusion vor

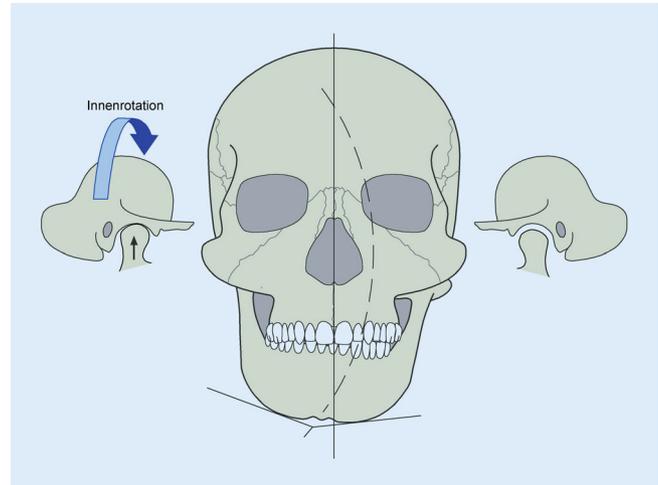


Abb. 5 ▲ Aus der Zentrik (▣ Abb. 4) gleitet beim festen Zubiss der Unterkiefer nach rechts, die Zähne okkludieren in habitueller Interkuspitation bilaterale

Störungen, die experimentell bei Ratten erzeugt wurden, führten zu einer neurochemischen Veränderung der Dopamin- und Noradrenalinaktivität im Striatum, im frontalen Kortex und im Hypothalamus. Interessanterweise zeigte sich bei einer Überkappung, d. h. Erhöhung der unteren Inzisiven bei Ratten mit Kunststoff, für einen Tag eine signifikante Erhöhung der Akkumulation von DOPA (3,4-Dihydroxyphenylalanine), parallel dazu kam es zu einer signifikanten Erhöhung des Dopaminlevels im Hypothalamus und einer Erhöhung des Dopamin- und Noradrenalinlevels im frontalen Kortex. Nach 14 Tagen gingen die erhöhten Werte auf die Kontrollwerte zurück, außer im linken Striatum. Wurde im Ober- und Unterkiefer jeweils ein Inzisiv oder auch nur im Unterkiefer einer gekürzt, konnte keine Veränderung der DOPA-, Dopamin- oder Noradrenalinwerte festgestellt werden [20]. Dies deckt sich mit unserer klinischen Erfahrung, dass der Fehlkontakt im Frontzahnbereich mit dadurch bedingtem Fehlen einer physiologischen posterioren Abstützung und Verlagerung der Kiefergelenke zu den häufigsten Ursachen einer kranio-mandibulären Dysfunktion (CMD) zählt [21], ggf. mit Auswirkungen auf das muskuloskeletale System [19]. Areso et al. [20] schlussfolgerten daraus, dass länger anhaltende okklusale Störungen zu einer zentralen Veränderung des katecholaminergen Neurotrans-

mitters bei Frontzahnkontakt und damit zu motorischen Veränderungen führen.

Nakamura et al. [22] fanden in einer Studie an Ratten, dass die Basalganglien die Kaumuskelsteuerung steuern. Durch die Mikroinjektion von Picrotoxin, einem GABA-Antagonisten in Nucleus caudatus und Putamen, wurde eine rhythmische Kieferbewegung ausgelöst. Eine Injektion von GABA in die Substantia nigra führt nachhaltig zu einer Erhöhung der orofazialen Muskelaktivität [23]. Weitere Untersuchungen bestätigten die These, dass die Basalganglien die Kaumuskelsteuerung steuern [24–31]. Auch Masuda et al. kamen zum gleichen Ergebnis: Hier wurden die Kaubewegungen durch die Basalganglien im Globus pallidus und Putamen gesteuert [32].

Okklusion und Kiefergelenke

Im Gegensatz zu allen anderen Gelenken im muskuloskeletalen System werden die Kiefergelenke in ihre finale Endposition nicht allein neuromuskulär geführt [33–35]. In ▣ Abb. 4 sind die Kiefergelenke in einer physiologischen und symmetrischen Position dargestellt. Hierbei besteht ein Okklusionskontakt in Zentrik nur auf der linken Seite, auf der rechten Seite liegt eine Nonokklusion vor.

Beißt der Patient aus dieser Situation fest zu, schwenkt der Unterkiefer nach rechts, die Zähne okkludieren nun in habitueller Interkuspitation bilaterale

(▣ Abb. 5). Dabei verlagert sich das rechte Kiefergelenk nach posterior und kranial mit der Folge einer Kompression in die bilaminäre Zone. Die Kiefergelenke sind „stress loaded“, die Kraft aus dem Biss in Okklusion wird über die Kiefergelenke in den Schädel übertragen [36]. Aus der Kondylenverlagerung resultiert eine Innenrotation des Os temporale [19, 37]. Die Gesichtsskoliose ist linkskonvex mit daraus resultierender rechts verkürzter Gesichtseite. Die Bewegung des Unterkiefers aus der zentrischen Position in die habituelle Interkuspitation ist immer mit einer vermehrten Muskelkontraktion verbunden, hier einer asymmetrischen. Die erste Antwort auf den okklusalen Fehlkontakt ist eine neuromuskuläre. Hieraus erfolgt i. d. R. eine Adaptation, eine neue Stabilität durch Veränderung, also Allostase [4]. Ist die adaptive Kapazität bei Beibehaltung der Fehlokklusion jedoch erschöpft, kann eine allostatische Überlastung („allostatic overload“ [4]) entstehen.

Aus der Fehlbelastung im PDL und in der bilaminären Zone kann sich ein Schmerz in benachbarten Gebieten entwickeln, auch wenn PDL und Kiefergelenk selbst schmerzfrei sind. Aus der CMD entwickelt sich neurologisch eine muskuloskeletale Dysfunktion, die im Pars caudalis nucleus spinalis nervi trigemini als zervikotrigeminale Konvergenz und durch die Verschaltung im WDR-Komplex („wide dynamic range

neurons“) erklärt werden kann [38–46]. Durch die Koordination der Hirnnerven in der Formatio reticularis erfolgt die zervikovegetibuläre Konvergenz mit der Verschaltung des Trigeminuskerns und den Nuclei vestibulares sowie weiteren Hirnnervenkernen wie dem Nucleus nervi oculomotorii [19, 47].

» Aus der CMD entwickelt sich eine muskuloskeletale Dysfunktion

Beyer [48] wies darauf hin, dass „bereits kurz andauernde, auf Motoneurone oder motorische Interneurone wirkende Reize zu anhaltenden Veränderungen motorischer Grundfunktionen führen, die sich als Änderung der Muskelspannung, Haltungsänderung, insbesondere Asymmetrie und eingeschränkte Beweglichkeit oder Schmerz äußern.“ Hierbei muss laut Beyer der Ort des Auftretens der Symptome nicht mit dem Ursprungsort der auslösenden Reize identisch sein. Wird ein Anteil in einem Segment (Sklerotom, Myotom, Dermatome, Viszerotom) gestört, breitet sich die Störung über einen genügend langen Zeitraum im Segment aus, dann segmental nach kranial und kaudal, ebenso über muskuläre, fasziale und gelenkige Ketten sowie weiter möglicherweise über Störung von Stereotypen. Diese Ausbreitung benötigt nicht sehr viel Zeit, oft reichen Tage. Manualmediziner sehen fast ausschließlich solche funktionell verknüpften Symptome. Eine Primärläsion lässt sich i.d.R. nicht mehr identifizieren, die Störungen unterhalten sich dann auch gegenseitig. Durch eine Behandlung im Bereich der Hirnnerven oder der Äste der oberen Zervikalnerven können die Muskelspannungen an den Extremitäten vermindert und Asymmetrien beseitigt werden [48].

Eine exakte Diagnose des kranio-mandibulären und des muskuloskeletalen Systems ist eine *Conditio sine qua non* [19, 49–52].

Fazit

- Die Funktion der Basalganglien besteht darin, unter den Afferenzen

diejenigen auszuwählen, die für den Organismus von größter Bedeutung sind.

- Die Basalganglien bestimmen ganz im Sinne der Allostase darüber, ob ein motorischer, ein emotional-motivationaler oder ein kognitiver Prozess initiiert wird oder nicht.
- Bei einem ständigen hohen proprio- und/oder nozizeptiven Input werden durch die Basalganglien all die Funktionen gehemmt, die zur Aufrechterhaltung der Allostase gerade nicht notwendig sind.
- Dies könnte erklären, dass bei steti-ger Stimulierung aus Rezeptorenfeldern, auch aus dem CMS, limbische motivationale und kognitive Leistungen durch die Steuerung in den Basalganglien vermindert werden.

Korrespondenzadresse

W. Schupp

Kieferorthopädische Fachpraxis Köln
Hauptstr. 50, 50996 Köln, Deutschland
schupp@schupp-ortho.de

Danksagung. Für die Überlassung der Grafiken und die freundliche Unterstützung danken wir Dr. Damir del Monte.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. W. Schupp und W. Boisserée geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Mosetter KM, Mosetter R (2010) Myoreflextherapie. Regulation für Körper, Gehirn, Erleben Bd. 2. Vesalius, Konstanz
- Redgrave P, Prescott TJ, Gurney K (1999) The basal ganglia: a vertebrate solution to the selection problem? *Neuroscience* 89(4):1009–1023
- Wingfield JC (2005) The concept of allostasis: coping with a capricious environment. *J Mammal* 86(2):248–254
- McEwen BS, Wingfield JC (2003) The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Horm Behav* 43(1):2–15
- Hikosaka O (2007) GABAergic output of the basal ganglia. *Prog Brain Res* 160:209–226
- Behrends J et al (Hrsg) (2009) *Duale Reihe: Physiologie*. Thieme, Stuttgart
- Alam M, Schwabe K, Krauss JK (2011) The pedunculopontine nucleus area: critical evaluation of interspecies differences relevant for its use as a target for deep brain stimulation. *Brain* 134:11–23
- Gut NK, Winn P (2016) The pedunculopontine tegmental nucleus-A functional hypothesis from the comparative literature. *Mov Disord* 31(5):615–624
- Schiepek G (Hrsg) (2011) *Neurobiologie der Psychotherapie*. Schattauer, Stuttgart
- Del Monte D (2010) *Neuroanatomische Grundlagen des Lernens*
- Birbaumer N, Schmidt RF (Hrsg) (2010) *Biologische Psychologie*. Springer, Heidelberg
- Roth G (Hrsg) (2003) *Fühlen, Denken, Handeln*. Suhrkamp, Frankfurt
- Drenckhahn D (Hrsg) (2004) *Anatomie- Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie Bd. 2*. Urban & Fischer, München
- Tewari A, Jog R, Jog MS (2016) The striatum and subthalamic nucleus as independent and collaborative structures in motor control. *Front Syst Neurosci* 10:17
- Lange KW (1996) Kognitive Funktionen der Basalganglien. In: Möller HJ, Müller-Spahn F, Kurtz G (Hrsg) *Aktuelle Perspektiven der Biologischen Psychiatrie*. Springer, Wien, S 12–16
- Schwartz R (2016) Überblick über die Forschung der Abteilung „Verhaltensneurowissenschaft“. Fachbereich Psychologie, Philipps-Universität Marburg, Marburg
- Radlanski RJ (2011) *Orale Strukturbio-logie*. Quintessenz, Berlin
- Douglas CR, Avoglio JL, Oliveira H de (2010) Stomatognathic adaptive motor syndrome is the correct diagnosis for temporomandibular disorders. *Med Hypotheses* 74(4):710–718
- Boisserée W, Schupp W (2012) *Kranio-mandibuläres und Muskuloskelettales System*. Quintessenz, Berlin
- Areso MP et al (1999) Occlusal disharmonies modulate central catecholaminergic activity in the rat. *J Dent Res* 78(6):1204–1213
- Wiegelmann S, Bernhardt O, Meyer G (2015) The association between occlusal parameters in static and dynamic occlusion and the signs and symptoms of temporomandibular disorders. *J Cranio Funct* 7(1):27–39
- Nakamura S, Muramatsu S, Yoshida M (1990) Role of the basal ganglia in manifestation of rhythmical jaw movement in rats. *Brain Res* 535(2):335–338
- Inchul P et al (2005) Control of oro-facio-lingual movements by the substantia nigra pars reticulata: high-frequency electrical microstimulation and GABA microinjection findings in rats. *Neuroscience* 134(2):677–689
- Krosigk M von, Smith AD (1991) Descending projections from the substantia nigra and retrorubral field to the medullary and pontomedullary reticular formation. *Eur J Neurosci* 3(3):260–273
- Yasui Y et al (1992) Non-dopaminergic neurons in the substantia nigra project to the reticular formation around the trigeminal motor nucleus in the rat. *Brain Res* 585(1–2):361–366
- Chandler SH, Goldberg LJ (1984) Differentiation of the neural pathways mediating cortically induced and dopaminergic activation of the central pattern generator (CPG) for rhythmical jaw movements in the anesthetized guinea pig. *Brain Res* 323(2):297–301
- Adachi K et al (2003) The superior colliculus contains a discrete region involved in the control of jaw movements: role of GABA receptors. *Eur J Pharmacol* 464(2–3):147–154
- Wang S, Redgrave P (1997) Microinjections of muscimol into lateral superior colliculus disrupt

- orienting and oral movements in the formalin model of pain. *Neuroscience* 81(4):967–988
29. Hashimoto N et al (1989) Induction of rhythmic jaw movements by stimulation of the mesencephalic reticular formation in the Guinea pig. *J Neurosci* 9(8):2887–2901
 30. Beckstead RM (1983) Long collateral branches of substantia nigra pars reticulata axons to thalamus, superior colliculus and reticular formation in monkey and cat. Multiple retrograde neuronal labeling with fluorescent dyes. *Neuroscience* 10(3):767–779
 31. Yasui Y et al (1994) Descending projections from the superior colliculus to the reticular formation around the motor trigeminal nucleus and the parvocellular reticular formation of the medulla oblongata in the rat. *Brain Res* 656(2):420–426
 32. Masuda Y et al (2001) Neuronal activity in the putamen and the globus pallidus of rabbit during mastication. *Neurosci Res* 39(1):11–19
 33. Boisserée W, Schupp W (2015) Okklusion und Kondylenposition. *Quintessenz Zahntech* 41(11):1364–1370
 34. Kopp S, Seebald WG, Plato G (2000) Erkennen und Bewerten von Dysfunktionen und Schmerzphänomenen im kranio-mandibulären System. *Man Med* 38(6):329–334
 35. Kopp S, Seebald WG, Plato G (2000) Kranio-mandibuläre Dysfunktion. Eine Standortbestimmung. *Man Med* 38(6):335–341
 36. Hatcher DC, Faulkner MG, Hay A (1986) Development of mechanical and mathematic models to study temporomandibular joint loading. *J Prosthet Dent* 55(3):377–384
 37. Magoun HI Sr. (1974) The temporal bone: trouble maker in the head. *J Am Osteopath Assoc* 73(10):825–835
 38. Plato G, Kopp S (2008) Der Weg zur Chronifizierung der kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD). *Man Med* 46:384–385
 39. Bernatek M, Fischer MJ (2008) Störfähigkeit des kranio-mandibulären Systems. *Man Med* 46:407–411
 40. Plato G, Kopp S (1999) Kiefergelenk und Schmerzsyndrome. *Man Med* 37(3):143–151
 41. Kobayashi S, Hansson TL (1988) Auswirkung der Okklusion auf den menschlichen Körper. *Phillip J Restaur Zahnmed* 5:255–261
 42. Ridder PH (1998) Kieferfunktionsstörungen und Zahnfehlstellungen mit ihren Auswirkungen auf die Körperperipherie. *Man Med* 36:194–212
 43. Fink M et al (2003) Kranio-mandibuläres System und Wirbelsäule. *Man Med* 41:476–480
 44. Kopp S et al (2003) Beeinflussung des funktionellen Bewegungsraumes von Hals- Brust- und Lendenwirbelsäule durch Aufbissbehelfe. *Man Med* 41:39–51
 45. Schupp W et al (2009) Okklusionsveränderungen und deren Auswirkungen auf den Halte- und Stützapparat. *Man Med* 47:107–111
 46. Böhni U, Lauper M, Locher H (2015) *Manuelle Medizin 1*. Thieme, Stuttgart
 47. Ohlendorf D et al (2008) Können experimentell herbeigeführte Veränderungen der Okklusion das menschliche Gleichgewicht beeinflussen? *Man Med* 46:412–417
 48. Beyer L (2009) Das tonische motorische System als Zielorgan manueller Behandlungstechniken. *Man Med* 47(2):99–106
 49. Schupp W et al (2015) Diagnostische Verfahren im kranio-mandibulären System. *Man Med* 53:47–59
 50. Bumann A, Lotzmann U (Hrsg) (2000) *Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien*. Thieme, Stuttgart New York
 51. Marx G (2000) Über die Zusammenarbeit mit der Kieferorthopädie und Zahnheilkunde in der manuellen Medizin. *Man Med* 38:342–345
 52. Kopp S, Seebald WG (2008) Kranio-mandibuläre Dysfunktion- Versuch einer bewertenden Übersicht. *Man Med* 46:389–392

Neues Online-Tool für Schmerzpatienten

Mit „mein-Schmerz.de“ gibt es jetzt eine neue Plattform für chronische Schmerzpatienten, auf der die individuellen Beschwerden online erfasst und die Infos ausgedruckt werden können. Mit dem Bericht könne der Patient zu seinem Arzt gehen, um gemeinsam mit ihm weitere Schritte zu besprechen, so die Deutsche Gesellschaft für Schmerzmedizin e.V. (DGS) in einer Mitteilung zum Start der neuen Plattform. Der Bericht gewähre einen schnellen Überblick über die verschiedenen bio-psycho-sozialen Aspekte der zugrunde liegenden Schmerzerkrankung und erleichtere die Auswahl einer geeigneten Therapie sowie zusätzlich sinnvoller Begleitmaßnahmen. Sowohl Datenrückverfolgungen als auch Identifizierungen personenbezogener Angaben und/oder Krankheitsverläufe seien absolut ausgeschlossen und damit der Schutz individueller Daten gewährleistet, betont die Gesellschaft. Das neue Online-Portal ist ein kostenloses Angebot der DGS und der Patientenorganisation Deutsche Schmerzliga, und stellt neben dem Online-Dokumentationsdienst für Ärzte iDocLive® eine Ergänzung des Schmerzregisters DGS-PraxisRegister Schmerz dar. Damit wird die Autonomie der Schmerzpatienten gestärkt. Sie werden zum aktiven Partner in der differenzialdiagnostischen Evaluation und Therapie ihrer Beschwerden und können so dem Therapeuten auf Augenhöhe begegnen, fasst die Deutsche Schmerzliga die Kernidee des neuen Konzepts zusammen.

Weitere Infos unter:
www.mein-Schmerz.de

Quelle: Ärzte Zeitung
www.aerztezeitung.de