

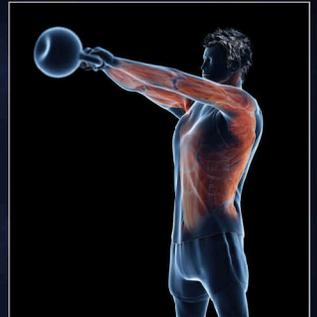
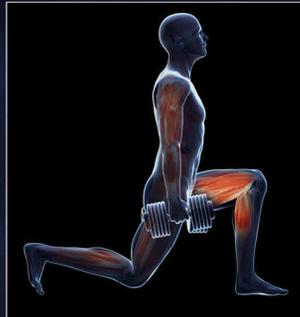
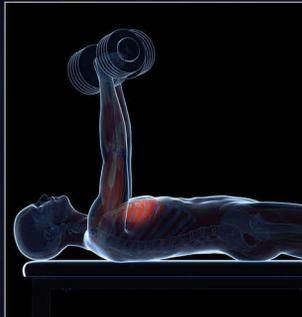
Patrick Meinart

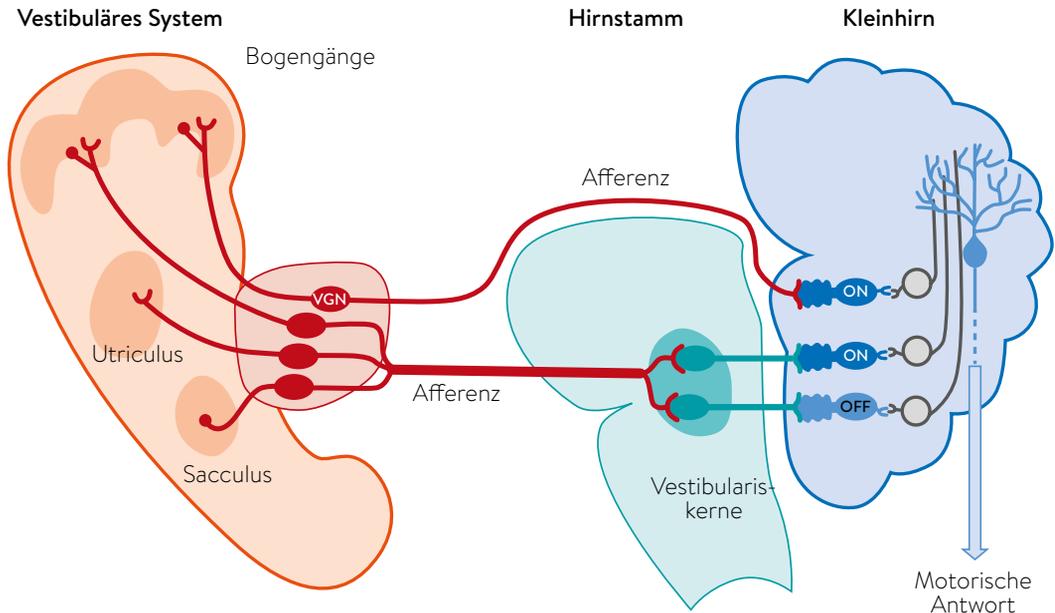


# DAS NEUE KRAFTTRAINING

Wie du mit **neurozentriertem** Training  
Gehirn und Muskeln optimal stimulierst,  
um deine Performance zu steigern

riva





Das Kleinhirn steuert die Motorik auf Basis von Informationen aus dem Gleichgewichtssystem.

aus, was wiederum übergeordnete kortikale Strukturen aktiviert. Dies führt zu einer größeren Kraft und mehr Mobilität. Vor allem eine Blickstabilisierung geradeaus führt über das Kleinhirn zu einer vergrößerten axialen Stabilität. In der Praxis lasse ich meine Sportler Kreuzheben mit einem gerade nach vorn gerichteten Blick und mit einem Blick zur Seite ausführen und vergleichen. Der Blick nach vorn sollte mehr Maximalkraft erzeugen können als der Blick zur Seite, da hierdurch die axiale Stabilität verbessert wird. Gleichzeitig ist der Wechsel der Blickrichtung eine gute Methode, selbst herauszufinden, wie die Blickrichtung unsere Kraft beeinflussen kann. Das Kleinhirn besitzt einen Homunkulus genauso wie der Kortex. Bestimmte Bewegungen aktivieren unterschiedliche Bereiche im Kleinhirn.<sup>4</sup>

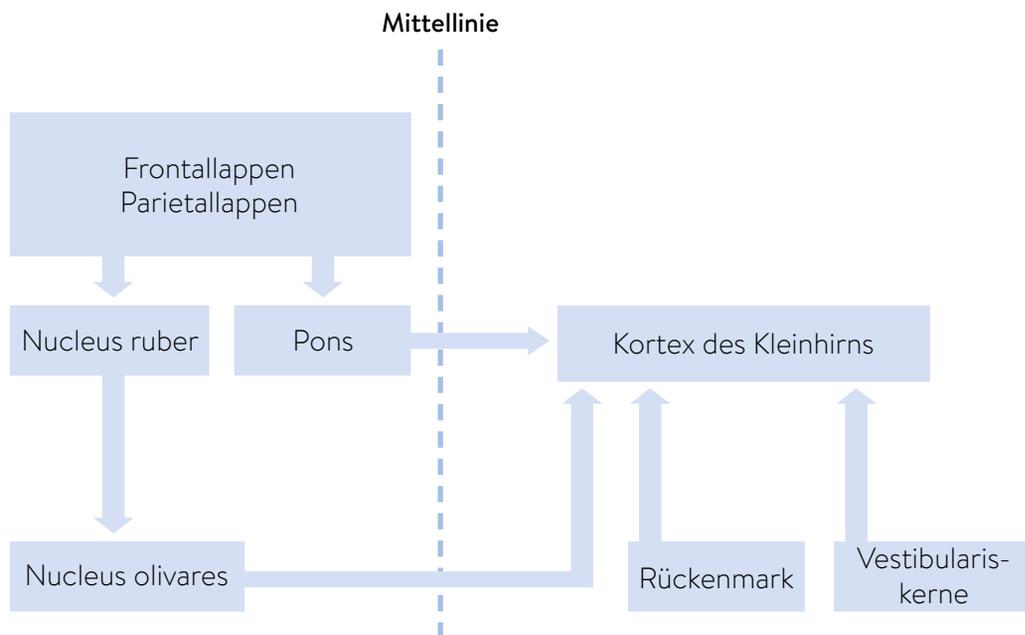
Das Kleinhirn sorgt also für unsere axiale Stabilität. Es ist verbunden mit dem vestibulären System, den Augen, dem Kiefer, der Zunge, dem Beckenboden und dem Zwerchfell (Diaphragma). In Zusammenarbeit mit dem vestibulären System dient das

Kleinhirn hauptsächlich der Aufrechterhaltung unseres Körpers. Neben der bereits genannten funktionellen Gliederung des Kleinhirns besitzt es drei Lappen, die in zwei Hemisphären aufgeteilt werden:

- ▶ Anterior
- ▶ Posterior
- ▶ Flocculonodular

Vertikal betrachtet kann das Kleinhirn in folgende Regionen unterteilt werden:

- ▶ Vermis in der Mittellinie
- ▶ Paravermis (intermediärer Bereich)
- ▶ Laterale Hemisphäre (lateralen Bereich)



Das Kleinhirn erhält Informationen vom kontralateralen Kortex und von Teilen des Hirnstamms.

Jede der vertikalen Regionen ist mit Bewegungen in verschiedenen Körperpartien verknüpft. Dabei kontrolliert der Vermis primär die Stabilität unserer Körpermitte, der Paravermis die Muskelbewegungen und Bewegungskontrolle in den proximalen Gelenken wie Schulter und Hüfte und die laterale Hemisphäre die Feinmotorik des Gesichts und der Sprache. Wie der Motorkortex besitzt auch das Kleinhirn einen Homunkulus, in dem die jeweiligen Körperareale repräsentiert sind.

### Vestibulocerebellum

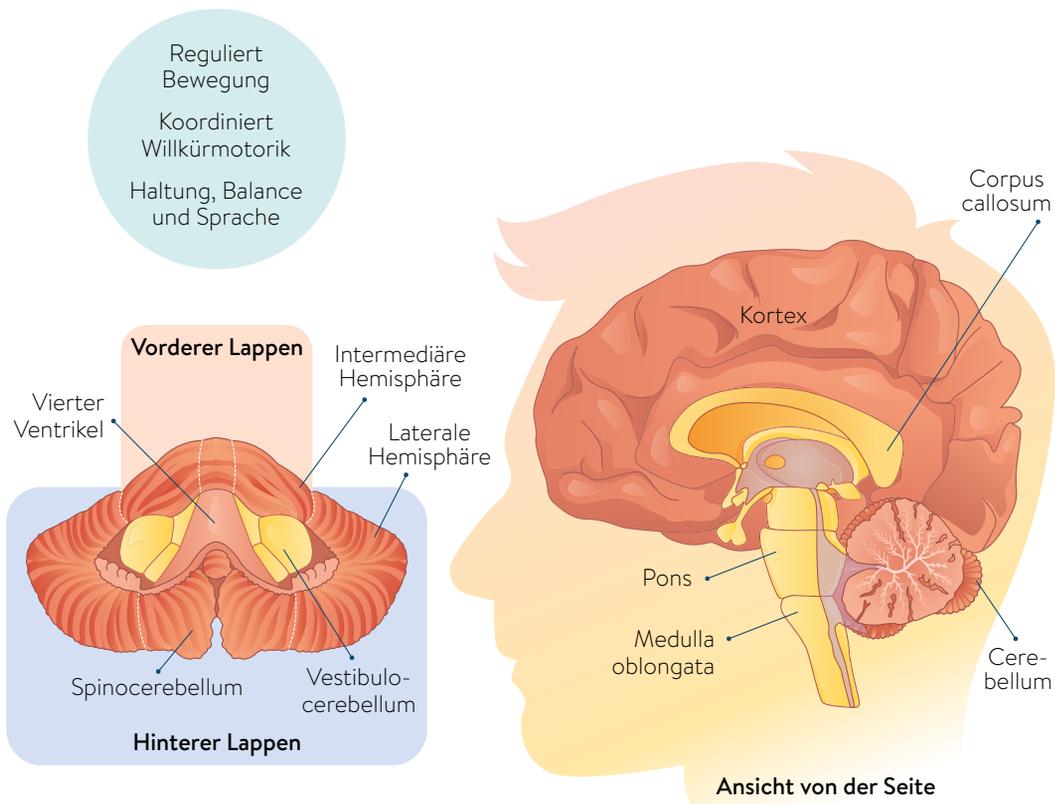
Wie der Name bereits andeutet, ist das Vestibulocerebellum mit dem vestibulären System verbunden, reguliert das Gleichgewicht und ist der funktionelle Name für den flocculonodularen Lappen. Hier werden visuelle und vestibuläre Informationen integriert, um Motorikoaktivitäten für die spinale Haltung, die Kopfposition und die Augenbewegungen zu kontrollieren. Efferenzen aus dem Vestibulocerebellum projizieren zu den Vestibulariskernen und haben von dort aus Einfluss auf die Muskelspannung über den medialen und lateralen vestibulospinalen Trakt. Das Vestibulocerebellum ist daher hauptsächlich für die Haltungskontrolle verantwortlich.

### Spinocerebellum

Das Spinocerebellum (funktioneller Name der Vermis und Paravermis) besitzt eine Verbindung mit dem Rückenmark und koordiniert die Bewegungen der Extremitäten. Hier entstehen hauptsächlich Bewegungskorrekturen basierend auf Informationen der Propriozeption. Antizipatorische Bewegungen und Reaktionen auf Bewegungsstörungen wirken direkt auf das Spinocerebellum. Perturbationstraining, wie auf Seite 174 vorgestellt, ist eine gute Möglichkeit, um das Spinocerebellum zu aktivieren. Das Spinocerebellum koordiniert die Bewegung der Extremitäten, um die gesamte Koordination des Körpers zu verbessern und dadurch die Haltung dynamisch anzupassen.

## Cerebrocerebellum

Das Cerebrocerebellum (funktioneller Name für die laterale Hemisphäre) ist mit dem zerebralen Kortex verbunden und koordiniert präzise distale Willkürbewegungen. Dieser Bereich ist für akkurate Bewegungen, Planung von Bewegungen und für das Timing zuständig. Es ist der größte Teilbereich des Kleinhirns und erhält die meisten Informationen aus kortikalen Bereichen. Es sorgt für die Planung und Ausführung von komplexen dreidimensionalen Bewegungen. Das Cerebrocerebellum ist hauptsächlich für die feinmotorische Steuerung und das Timing verantwortlich.



Das Kleinhirn wird unter anderem anatomisch gegliedert.

Das Zusammenspiel dieser drei Kleinhirnbereiche ermöglicht die Summe an feinmotorischer Steuerung, genauer Handlungsausführung, Balance, Koordination und Fehlerkorrektur. Störungen in der Bewegung lassen sich aufgrund der einzelnen Funktionen konkreten Kleinhirnarealen zuordnen. Dabei müssen Störungen nicht pathologisch sein, sondern können auch nur in Form einer mangelnden Aktivität vorliegen.

### Kleinhirnpfad Tractus pontocerebellaris

Der Tractus pontocerebellaris (TPC) ist an der Fehlerkorrektur von Bewegungen beteiligt und erzeugt mit dem Pons die reaktive Stabilität. Perturbationstraining (Seite 174) wirkt sich aktivierend auf den Tractus pontocerebellaris aus. Ich bin bereits darauf eingegangen, dass jede Bewegung ein spezifisches Ziel benötigt. Ohne Ziel oder konkrete Bewegungsplanung sind keine Bewegungskorrekturen möglich. Zielvorgaben führen zu einer erhöhten Aktivität des corticopontocerebellaren Pfades und ermöglichen somit die gleichzeitige Fehlerkorrektur während der Bewegungsausführung. Beim Bewegungslernen können grundsätzlich zwei allgemeine Methoden im Coaching unterschieden werden:

- ▶ Die konstante Korrektur seitens des Trainers, zum Beispiel verbal.
- ▶ Die Korrektur durch den Trainer am Ende der Bewegungsausführung, ebenfalls verbal.

Die konstante Korrektur führt zwar zu einer direkten Verbesserung der Bewegungsqualität im Vergleich zu der Korrekturstrategie am Ende der Bewegungsausführung, doch zeigen Untersuchungen, dass sich das Bewegungsverhalten in der nächsten Trainingseinheit bei der konstanten Bewegungskorrektur stärker verschlechtert als bei der Bewegungskorrektur am Ende der Bewegungsausführung.<sup>5</sup> Dies legt nahe, dass dem Sportler die Möglichkeit gegeben werden sollte, seine Bewegungen eigenständig zu korrigieren – sofern er seiner Fehler nach der Ausführung bewusst gemacht wird. Neben dem verbalen Coaching nach der Bewegungsausführung ist

auch das nonverbale Coaching sinnvoll, indem zum Beispiel die korrekten Bewegungen vorgemacht werden. Dies erfordert nicht nur theoretisches Wissen seitens des Coaches, sondern auch die praktische Umsetzung der relevanten Bewegungsmuster. Eine Schulung von optimalen Bewegungsmustern ist nicht möglich, wenn diese vom Coach selbst nicht eigenständig beherrscht werden können.

## Kleinhirnpfad Tractus olivocerebellaris

Der Tractus olivocerebellaris (TOC) ist verstärkt für das Timing von Bewegungen verantwortlich und trägt zum motorischen Lernen und zur motorischen Funktion des Kleinhirns bei.<sup>6</sup> Das olivocerebellare System liefert dem Kleinhirn nicht nur Input, es ist auch für dessen Output mit verantwortlich. Dabei steht sowohl das Timing als auch das Ausführen von anhaltenden motorischen Befehlen im Vordergrund. Ähnlich wie die Basalganglien hilft ein konstanter Rhythmus, den TOC zu stimulieren. Wenn es um bestimmte Leistungen oder Funktionen geht, die in verschiedenen Arealen gesteuert werden, besteht das Ziel nicht in dem Versuch, die jeweiligen Areale isoliert, sondern integriert zu stimulieren beziehungsweise zu trainieren. Das Training mit einem Rhythmus wird daher genauso die Funktion der Basalganglien einfordern wie die Funktion des TOC. Es ist daher nicht als Entweder-oder, sondern als Sowohl-als-auch zu betrachten.

## Die Assessments

Das Kleinhirn kann mit spezifischen Tests auf seine Funktion geprüft werden. Die folgenden Assessments stammen aus der neurologischen Examination und decken motorische Störungen auf, die ihre Ursache im Kleinhirn haben können. In erster Linie sollte auf eine Symmetrie zwischen rechts und links sowie auf schnelle und akkurate Bewegungen geachtet werden. Koordinative Defizite deuten auf eine Fehlleistung des Kleinhirns hin, die verschiedene Ursachen haben kann.

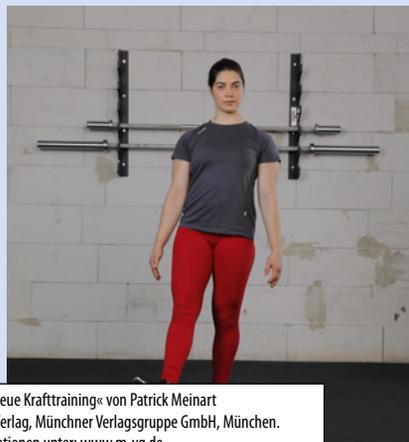
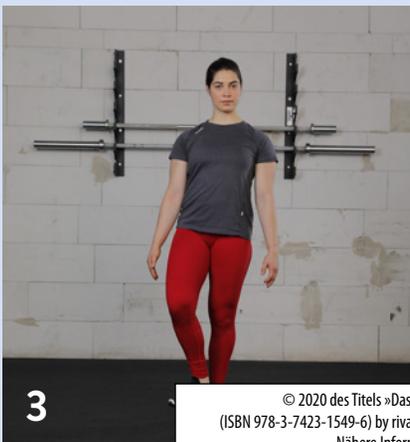
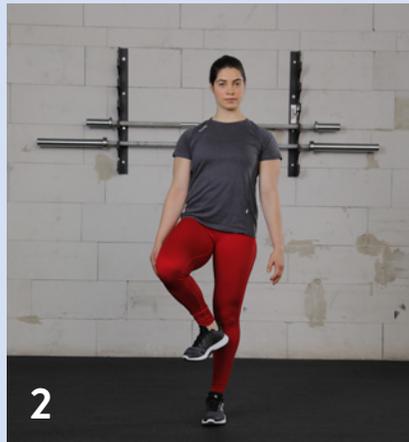
## ► Kleinhirnassessmet: Unterarmrotation

1. Führe den Ellenbogen an den Körper heran und beuge die Arme in einem rechten Winkel. Halte die Handflächen nach oben gerichtet.
2. Rotiere nun die Unterarme gleichzeitig so schnell wie möglich, dass die Handflächen abwechselnd nach oben und unten zeigen. Führe diese schnelle Rotation etwa zehn Sekunden aus und prüfe das Tempo und deine koordinative Fähigkeit.



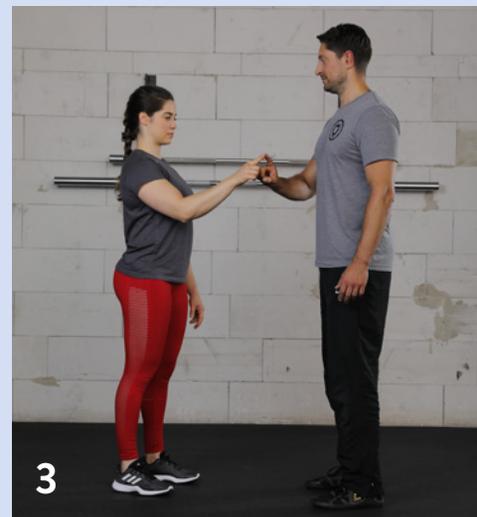
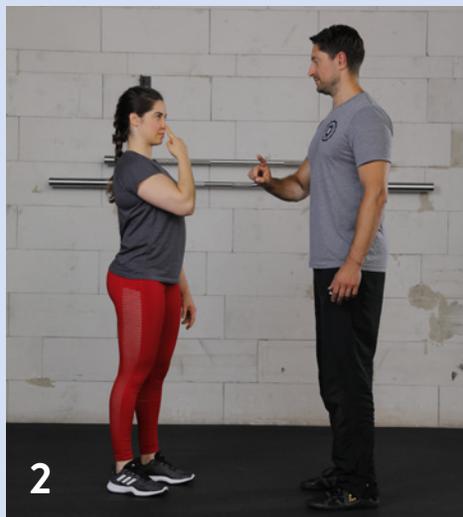
## ► Kleinhirnassessament: Ferse zu Schienbein

1. Stelle dich aufrecht hin und hebe ein Bein auf der zu testenden Seite an.
2. Berühre mit der Ferse die Stelle unterhalb der Kniescheibe.
3. Ziehe nun sanft mit einer rhythmischen Bewegung die Ferse senkrecht am Schienbein entlang über den Fußrücken und schließlich über den großen Zeh.
4. Nachdem sich die Ferse über den großen Zeh bewegt hat, streckst du das Bein aus und wiederholst Schritt 1, bis du diese Übung fünfmal ausgeführt hast. Beobachte dabei die Genauigkeit der Bewegung und prüfe dein Gleichgewicht während der Ausführung.



## ► Kleinhirnassessmet: Finger–Nase–Finger

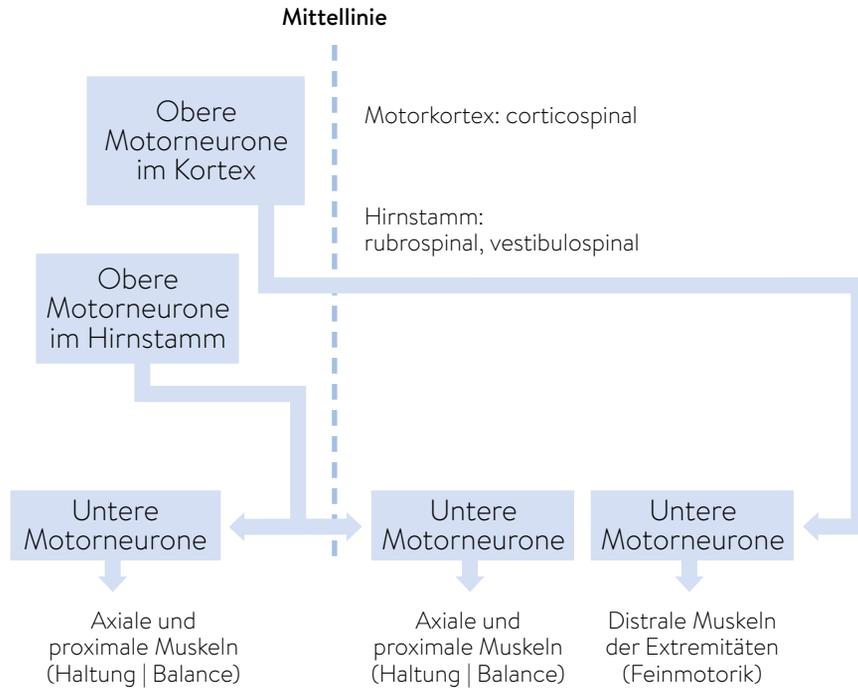
1. Stelle dich mit einem Partner gegenüber. Solltest du keinen Partner haben, kannst du dir auf Augenhöhe ein großes Blatt Papier an die Wand hängen, in das du in die Mitte und an die Ecken Kreise als Markierung einzeichnest. Diese ersetzen den Finger des Partners. Berühre mit dem rechten oder linken Zeigefinger den Zeigefinger deines Partners.
2. Bringe nun deinen Finger so schnell wie möglich auf deine Nasenspitze und beobachte dabei, ohne den Kopf zu bewegen, den Finger des Partners, der seine Position wechselt, während du deine Nase berührst.
3. Führe nun deinen Zeigefinger an die neue Position des Fingers deines Partners und berühre diesen wieder so akkurat wie möglich. Der Partner darf immer nur dann seine Position ändern, wenn dein Finger auf deine Nase zusteuert. Wiederhole diese Bewegung etwa zehnmal, während der Partner konstant die Position seines Fingers verändert.



## Bedeutend für die Motorik: das Stammhirn

Der Hirnstamm besteht aus dem Mesencephalon, dem Pons und der Medulla oblongata. Hier werden sowohl die Motorik koordiniert, als auch über Hirnstammreflexe Anpassungen vorgenommen. Das Nervengeflecht zwischen Pons und Medulla reguliert unter anderem den Muskeltonus und ist für die Schmerzempfindung zuständig. Das Nervengeflecht innerhalb des Hirnstamms wird als *Formatio reticularis* bezeichnet. Dieses Geflecht integriert das Rückenmark, den Kortex und die Basalganglien mit dem Kleinhirn. Es erhält konstant Input aus den umliegenden Bereichen und inhibiert oder aktiviert daraufhin andere Nervenzellen über unterschiedliche Pfade.

Muskeln befinden sich niemals in einer absoluten Ruheposition, sondern sind immer zumindest teilweise kontrahiert. Sogar scheinbar entspannte Muskeln haben permanent ein Mindestmaß an Spannung. Dies wird als Ruhetonus bezeichnet. Der Muskeltonus wird häufig auch als Widerstand einer Extremität gegenüber passiven Bewegungen definiert. Die Festlegung des Ruhetonus ist unter anderem durch die propriozeptiven Informationen aus der Peripherie bedingt. Daher ist der Muskeltonus immer abhängig von den sensorischen Reizen und derer kortikaler Verarbeitung. Ein bestimmtes Maß an Muskeltonus ist notwendig, um jederzeit Bewegungen ausführen zu können. Daher befinden wir uns immer in einer Art »Ready State« und sind permanent bereit, unsere Muskeln in Aktion zu bringen. Würde sich der Muskel in einem komplett entspannten Zustand befinden, würde die Initiierung einer Bewegung zu lange dauern und bei explosivkräftigen Bewegungen die Verletzungswahrscheinlichkeit erhöhen. Daher achte ich in meiner Arbeit immer auf einen ausreichend hohen Muskeltonus. Eine zu schlaffe Muskulatur deutet auf eine fehlerhafte Steuerung des Muskeltonus hin und sollte genauer betrachtet werden. Ein chronisch reduzierter Muskeltonus liegt zum Beispiel bei Störungen des Kleinhirns vor. Häufig sind diese begleitet von einem subtilen Muskelzittern. Ein zu großer Muskeltonus schränkt die



Die Haltungskontrolle wird von Kortex und Hirnstamm über verschiedene Bahnen gesteuert.

Bewegungsfähigkeit und die Zusammenarbeit mit Antagonisten und Synergisten ein und verbraucht zudem zu viel Energie. Sympathikoniker haben häufig einen zu hohen Muskeltonus und können daher nicht optimal relaxieren. Während des Trainings verbrauchen sie zu schnell Energie und fühlen sich häufig nach dem Training müde und ausgelaugt.

Der Hirnstamm erhält Informationen aus höheren Hirnregionen und sendet diese teilweise weiter ans Rückenmark. Über verschiedene Bahnen, die von seinen Kerngebieten ausgehen, werden Motoneurone im Rückenmark aktiviert oder gehemmt. So werden ebenfalls im Hirnstamm die Beuger und Strecker unserer Muskulatur reguliert beziehungsweise der jeweilige Muskeltonus bestimmt. Dabei sind die wichtigsten motorischen Gebiete im Hirnstamm:

- ▶ Nucleus ruber
- ▶ Vestibulariskerne
- ▶ Ponto-medulläre Formatio reticularis

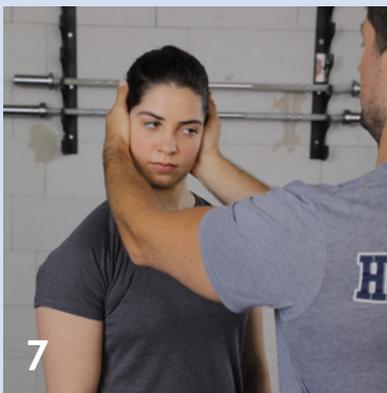
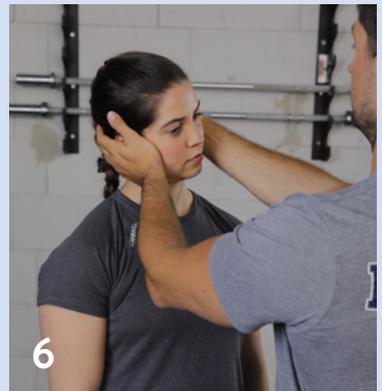
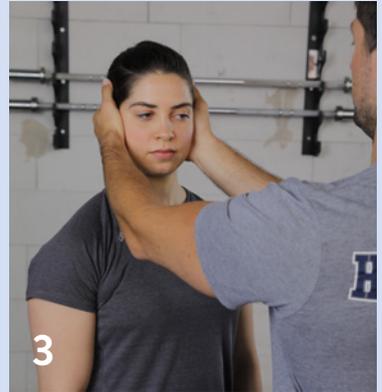
Die wichtigsten Afferenzen des Hirnstamms kommen aus dem Motorkortex, aus dem Kleinhirn und dem vestibulären System. Der Nucleus ruber inhibiert aus dem Mittelhirn heraus unser vestibuläres System, wenn es überaktiv ist oder zu stark feuert. Er gilt daher als Gegenspieler zum vestibulären System und bewirkt dadurch eine stärkere Aktivierung der Beugemuskulatur, um einer zu starken Streckermuskulatur entgegenzuwirken.

Die ponto-medulläre Formatio reticularis stellt für die Festsetzung des jeweiligen Muskeltonus die im Hirnstamm wichtigste Struktur dar. Unter anderem findet hier auch die Steuerung der bipedalen Fortbewegung statt. Dabei werden verschiedene muskuläre Rhythmen erstellt, die als sogenannte »central pattern generator« gelten. Es handelt sich um neuronale Schaltkreise, die die Fortbewegung steuern. Das Ziel der Festsetzung des Muskeltonus ist, unsere Bewegung in Abhängigkeit von der Erdanziehung gewährleisten zu können, um eine Balance unseres Körpers in unterschiedlichen Situationen zu ermöglichen. Haltungskontrolle bezieht sich dabei immer auf die Aufrechterhaltung der dynamischen Stabilität des Körpers während der Fortbewegung in unterschiedlichen Positionen in Abhängigkeit von der Umgebung und der auf den Körper einwirkenden Kräfte.<sup>7</sup> Ein wichtiger Hirnstammreflex, der auf eine Funktion des visuellen und vestibulären Reflexes hindeutet, ist der vestibulookuläre Reflex. Diesen kann man selbstständig mit einem Fixpunkt auf Augenhöhe ausführen oder mit einem Partner. Der Partner muss hierbei allerdings vorsichtig vorgehen, um die Halswirbelsäule nicht zu überlasten.

### ▶ Vestibulookulärer Reflex

1. Stelle dich vor einen Partner und fixiere auf Augenhöhe einen Punkt auf dem Oberkörper des Partners. Dieser greift nun deinen Kopf und prüft dabei, ob deine Augen während der Kopfbewegung fixiert bleiben. Eine Bewegung der Augen deutet auf eine mangelnde Reflexreaktion hin.
2. Der Partner rotiert den Kopf mit einem kurzen schnellen Impuls nach links. Dies prüft die Verbindung des linken horizontalen Bogengangs des Gleichgewichtssinns mit einer Augenbewegung nach rechts.
3. Der Partner rotiert den Kopf mit einem kurzen schnellen Impuls nach rechts. Dies prüft die Verbindung des rechten horizontalen Bogengangs des Gleichgewichtssinns mit einer Augenbewegung nach links.
4. Der Partner rotiert den Kopf mit einem kurzen schnellen Impuls nach links oben. Dies prüft die Verbindung des linken hinteren Bogengangs des Gleichgewichtssinns mit einer Augenbewegung nach rechts unten.
5. Der Partner rotiert den Kopf mit einem kurzen schnellen Impuls nach rechts oben. Dies prüft die Verbindung des rechten hinteren Bogengangs des Gleichgewichtssinns mit einer Augenbewegung nach links unten.
6. Der Partner rotiert den Kopf mit einem kurzen schnellen Impuls nach links unten. Dies prüft die Verbindung des rechten vorderen Bogengangs mit einer Augenbewegung nach rechts oben.
7. Der Partner rotiert den Kopf mit einem kurzen schnellen Impuls nach rechts unten. Dies prüft die Verbindung des linken vorderen Bogengangs mit einer Augenbewegung nach links oben.

Haltungs- und Muskeltonus erfordern das gemeinsame Zusammenarbeiten verschiedener Strukturen, unter anderem der Formatio reticularis und des Kleinhirns. Dabei wird die Haltungskontrolle auch über die Gleitfilamenttheorie und viskoelastische Eigenschaften der Muskulatur erzeugt.<sup>8</sup> Bei der Gleitfilamenttheorie handelt es sich um eine Theorie aus dem Jahr 1954 über die Hintergründe einer Muskelkontraktion. Entsprechend diesem Modell müssen zwei Filamente (Aktin und Myosin) übereinan-



dergleiten, um Kraft zu erzeugen. Um jedoch Haltung für eine längere Zeit aufrecht erhalten zu können, ist nicht nur die Bewegung der Filamente relevant, sondern auch die Muskelelastizität und Konservierung der Energie, um so effizient wie möglich arbeiten zu können. Der Muskeltonus wird in der Praxis unter anderem über den Widerstand relaxierter Muskeln gegenüber passiver Manipulation bestimmt. Eine zu hohe Rigidität der Bewegung entsteht bei langsamen und bei schnellen passiven Bewegungen und ist ein Anzeichen für einen zu hohen Muskeltonus. Ein zu geringer Muskeltonus geht häufig mit einer geringen Kraftleistung einher.

## Schaltzentrale Inselrinde

Die Inselrinde (Insula) ist ein Teil des Großhirns und zählt zu den Großhirnlappen. Dabei ist sie in das autonome Nervensystem mit eingebunden und steht über mehrere Bahnen mit verschiedenen Systemen mit dem sensorischen oder motorischen System in Verbindung. Darüber hinaus interagiert die Insula auch mit dem Thalamus und dem Hypothalamus. Die Inselrinde ist somit an vielen verschiedenen Prozessen in unserem Körper beteiligt. Man kann sie auch als »Schaltzentrale der Integration« bezeichnen, da sie als Bindeglied zwischen den genannten Arealen fungiert. Grob wird die Insula dabei in folgende Bereiche unterteilt:

- ▶ Vorderer Bereich: Verarbeitung von Emotionen, viserosensible Informationen und Geruch
- ▶ Mittlerer und hinterer Bereich: Sensomotorik, Schmerzverarbeitung und Kognition

Die Insula arbeitet jedoch immer vollständig und niemals in Teilen und integriert ständig scheinbar unabhängige Wahrnehmungen und emotionale Zustände. Dies ist auch der Grund, wieso bestimmte Gerüche mit Emotionen verbunden werden oder Ekelgefühl Schmerzen auslösen kann. Die Insula erhält viele Informationen über den

aktuellen physiologischen und emotionalen Zustand. Diese werden zum Beispiel als Durst, Atemnot, erhöhter Blutdruck oder Schmerzen identifiziert. Die Aufgaben der Inselrinde können dabei wie folgt zusammengefasst werden:

- ▶ Bewertung der Stärke von Schmerz<sup>9</sup>
- ▶ Beteiligung am motorischen Lernen
- ▶ Regulation des autonomen Nervensystems und Körpergefühl im Allgemeinen
- ▶ Ausprägung der Körpersensibilität

Der vordere Anteil der Inselrinde wird häufig mit Defiziten in der Kognition, physischer Inaktivität und Schmerzintoleranz in Verbindung gebracht.<sup>10</sup> Dabei spielt jedoch auch eine reduzierte Kommunikation zwischen dem vorderen und dem hinteren Anteil der Insula eine wichtige Rolle. Defizite in der Kommunikation und der Verarbeitung von inneren (Interozeption) und äußeren Informationen (Exterozeption) können daher zur Entwicklung von Schmerzen beitragen. In der Praxis erlebe ich immer wieder, dass bestimmte Sportler trainingsinduzierte Schmerzen schlecht aushalten und dadurch verfrüht ihr Training abbrechen müssen. Sie kommen immer wieder an ihre körperlichen Grenzen, weil das Training zu einem zu starken Unbehagen oder gar zu Schmerzen führt. Vor allem, wenn das Training stark emotional bewertet wird, deutet dies für mich häufig auf ein Problem in der Insula hin. Meist wird dies noch von Verdauungsproblemen begleitet, die einen weiteren Hinweis auf mögliche Verarbeitungsdefizite in der Inselrinde geben, da die Inselrinde über den Vagusnerv mit dem Darm kommuniziert. Erfahrungsgemäß handelt es sich hierbei um Serotonin Typen (Seite 271), die teilweise andere Trainingsstrategien benötigen als andere Sportler. Ab Seite 272 gehe ich darauf ein, wie in diesem Fall trainiert werden sollte. Natürlich leiden auch häufig Schmerzpatienten unter Defiziten in der Inselrinde. Personen, die an Fibromyalgie erkrankt sind, leiden häufig unter einer Überaktivität in der Inselrinde. In diesem Fall sind Sport und Training oft nur schwer umsetzbar, da Bewegungen schnell zu einem Schmerzschub führen. In diesem Fall sollte man sich weniger auf anstrengendes Krafttraining, sondern mehr auf eine Verbesserung der Körperwahrnehmung und Interozeption konzentrieren.