

3 Motorik

Bewegung heisst, dass die Masse des Körpers in eine bestimmte Richtung beschleunigt werden muss. Es muss Kraft ausgeübt werden, ohne die weder Arbeit noch Leistung erbracht werden kann.

Kraft (in Newton) = Masse*Beschleunigung | $1\text{N} = \text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Arbeit (Joule) = Kraft*Weg

Leistung (Watt) = Arbeit/Zeit

Der Mensch erzeugt die Kraft in einigen Körperteilen und wirkt von da aus auf die Umgebung, die wiederum nach den Gesetzen der Mechanik zurückwirkt und so eine Lokomotion (Ortsveränderung) erlaubt.

Willkürmotorik (Skelettmuskulatur)

Bewegungen die grundsätzlich willentlich beeinflussbar sind. Besteht aus *gestreifter Muskulatur*. Die Muskeln sind über Sehnen am Skelett befestigt und bewegen einzelne Knochen.

Unwillkürliche Motorik

Glatte Muskulatur, welche Bewegungen in den Blutgefäßen oder Magen-Darm-Trakt ermöglicht

Motorische Koordination

Reibungslose, aufeinander abgestimmte Durchführung von Bewegungen. Die zeitliche Koordination von Anfang und Ende des Kontraktionsgrads verschiedener Muskelanteile ist Voraussetzung für jede komplexe Bewegung. Verantwortlich für die motorische Koordination ist das Kleinhirn.

3.1 Muskelzellen & Muskulatur

Muskelzellen können wegen Aktin-/ Myosinfilamenten (verschieben sich gegeneinander) ihre Form ändern.

Zellen der quergestreiften Muskulatur

Überträgt Kräfte über Sehnen auf Knochen. Antagonistische Arbeitsweise.

Muskel --> gebündelte Muskelfasern --> 0,1-0,01mm breite Myofibrille (quergestreifte Bänderung) --> Aktin-/ Myosinfilamente

Motorische Einheiten

Muskelfasern werden *durch Motoneurone innerviert*. Ein Motoneuron kann nur eine, aber auch bis zu 1000 Muskelfasern versorgen. Je weniger Fasern ein Motoneuron versorgt, desto feiner ist die Bewegung. Eine *Motorische Einheit* beschreibt die Gesamtheit, aller Muskelfasern die von einem Motoneuron versorgt werden.

Die *Synapse des Motoneurons* auf der Muskelfaser ist die *motorische Endplatte*.
Transmitter: Acetylcholin.

Muskelzellen der glatten Muskulatur

Die Muskelzellen hier sind *kurz und spindelförmig*, die Anordnung ist netzartig. Die Muskelzellen können lange anhaltend kontrahieren, wodurch sie plastisch formbar werden.

Glatte Muskelzellen weisen auch ohne exogene Reizung einen *eigenständigen Kontraktionsrhythmus* auf (myogener Rhythmus/ Eigenrhythmik). Die glatte Muskulatur ist auch über vegetative Nerven aktivierbar (neurogener Tonus)

3.2 Steuerung und Steuerungsmechanismen

Afferenzen:

- wichtige Voraussetzung für die Steuerbarkeit des Muskelsystems
- geben Infos über Zustand der Skelettmuskeln & Körperhaltung
- sind beteiligt an der Planung der Bewegung und Kontrolle der Ausführung

Afferenzen werden über zwei Wege vermittelt:

- *Muskelspindeln*, als spezielle Muskelfasern, die zwischen den Muskelfasern der gestreiften Muskulatur liegen. Reagieren sensibel auf Dehnung des Muskels und können durch Vordehnung in ihrer Empfindlichkeit gesteuert werden
- *Golgi-Sehnenapparate*, die am Übergang vom Muskel zur Sehne liegen und Infos übermitteln bezüglich des Spannungszustandes des Muskels.

Reafferenz:

Afferenzen, die im Zuge der Bewegungsausführung entstehen.

--> *Reafferenzprinzip* (Funktionsprinzip der Bewegungsablaufkontrolle): Die Bewegungsplanung, die geplanten Efferenzen und die tatsächliche Bewegungsausführung werden verglichen. Die Ausführung wird rückgemeldet (Feedback) und mit dem Bewegungsplan (Efferenzkopie) verglichen.

Steuerungsmechanismen auf spinaler Ebene:

Reflexe/ Fremdrelexe	
reziproke Hemmung	<i>Steuerung antagonistisch</i> arbeitender Muskeln --> Erregung des Armbeugers --> Armstrecker wird reziprok gehemmt (spinale Verschaltung mittels Interneuron)
Rückwärtshemmung	Interneurone wirken auf Motoneuron --> <i>Reduktion der Muskelaktivität.</i>

3.3 Koordination durch das ZNS

Motorkortex	primär-motorischer Kortex	sehr <i>direkte Bewegungssteuerung</i> durch kortikospinale Verbindung mit Effektororgane. <i>Feinmotorische</i> Bewegungssteuerung der Finger
	supplementär-motorischer Kortex	<i>Vorbereitung</i> willkürlicher Bewegungssequenzen. Koordination der beidhändigen Bewegung

prämotorischer Kortex	Rolle bei der <i>Startphase der Bewegung & Bewegungen</i> die durch sensorische Informationen gesteuert werden. Wissen über Objekte wird mit Bewegungsplänen integriert
-----------------------	---

Kleinhirn

erhält Afferenzen aus dem Rückenmark und kann ausgehende Motorikbefehle mit den Konsequenzen abgleichen

Kleinhirn	Nucleus ruber	empfängt Afferenzen aus Kleinhirn. Wirkt über Tractus rubrospinalis auf motorische Neurone des RM. <i>Aktivierung der Beugemuskeln & Hemmung der Strecker</i>
	Vestibularkerne	Aufrechte <i>Körperhaltung</i> . Infos aus Vestibularorgan --> Weitergabe an RM/ Augenmuskeln/ Thalamus/ Kleinhirn
	Basalganglien	Afferenzen vom Kortex --> Thalamus --> Kortex. Abstimmung Befehle zur Bewegungsausführung. Verbindung mit <i>Emotion & Motivation</i>
	Hirnstamm (Formatio reticularis)	<i>Integration von Infos</i> aus Muskeln/ Gelenken / Vestibularorgan/ Augen

Absteigende Bahnen

Leiten Informationen vom Gehirn an das Rückenmark (von dort Weiterleitung zu den Effektorganen)

Absteigende Bahnen	Tractus corticospinalis	<i>Pyramidenbahn</i> . Zieht paarig von Hirnrinde zum RM. lange Nervenfasern (Kortex --> Motoneurone). <i>Muskelaktivierung der distalen Extremitäten</i>
	Medulla oblongata	hier kreuzen 80% der Fasern auf gegenüberliegende Seite und ziehen im Seitenstrang des RM nach unten
	rubrospinaler Trakt	aus Nucleus ruber. Aktiviert <i>distale Flexoren</i>
	vestibulospinaler Trakt	Aufrechterhaltung des <i>Gleichgewichts</i>
	<i>vestibulospinaler + retikulospinaler + tektospinaler Trakt.</i>	Versorgung der <i>Rumpfmuskulatur & proximaler Muskeln</i>