

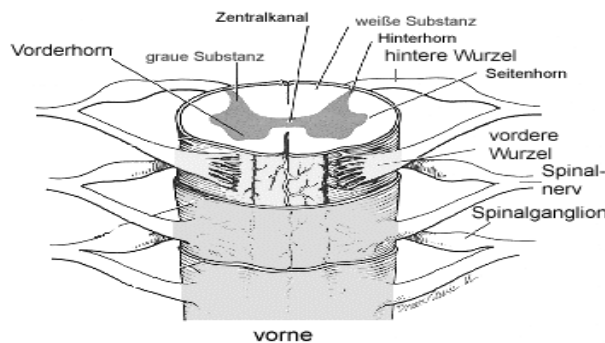
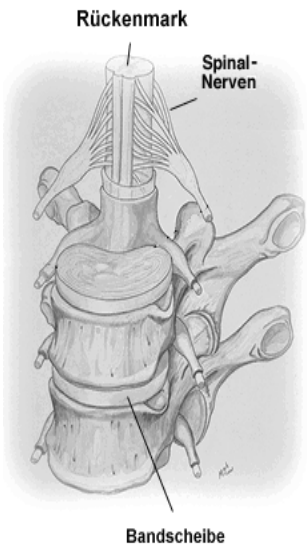
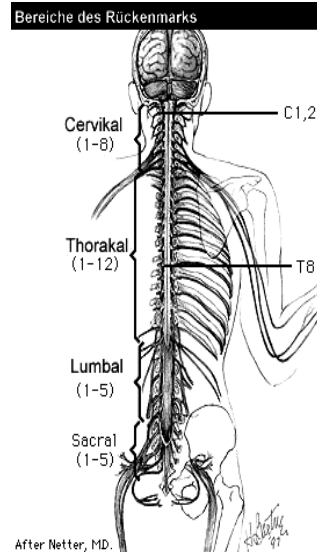


AUFGABENSTELLUNG: Erläutern Sie die Reizweiterleitung des Reflexbogens möglichst unter Verwendung aller bislang gelernten Fachbegriffe! Wie Dehnungsrezeptoren und die Aktivierung der Muskeln über die motorische Endplatte funktionieren, wollen wir an dieser Stelle nicht thematisieren.

1. Das Rückenmark Aufbau des Rückenmarks, unbedingte Reflexe, Reflexbogen, Eigen-, Fremdrelex

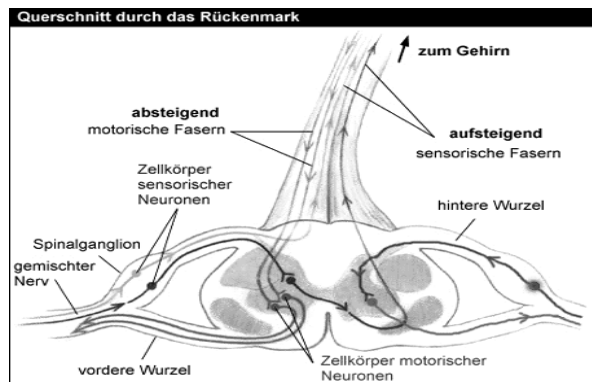
Das Zentralnervensystem des Menschen und aller Wirbeltiere umfasst das Rückenmark und das Gehirn. Hier laufen alle Informationen aus dem Körper und aus der Umwelt zusammen, werden verarbeitet und Reaktionen in Form von Bewegungen, Verhalten oder Organtätigkeit erzeugt.

Das Rückenmark ist das zentrale Nervenbündel, das die Information von und zum Gehirn und in den Körper bringt. Es ist beim Erwachsenen mittlerer Größe ca. 45 cm lang und verläuft im Wirbelkanal der Wirbelsäule, die durch 30 Wirbel: 7 Hals-(cervikal-), 12 Brust-(thorakal-), 5 Lenden-(lumbal-), 5 Kreuz-(sacral-) und 1-2 Coccygealsegmente (Coccygeal = ‚zum Steißbein gehörend‘) gebildet wird. Dieser Wirbelkanal wird durch eine Öffnung in jedem Wirbel gebildet. Zwischen jedem Wirbel befinden sich links und rechts 31 Abzweigungen, die man Spinalnerven nennt. Die Spinalnerven enthalten das Spinalganglion. Ein Ganglion ist ein knotenförmiges Gebilde des Nervensystems außerhalb des ZNS, in dem Zellkörper von Nervenzellen angehäuft sind. Ganglien werden auch als Nervenknotten bezeichnet. Die Spinalnerven verlaufen weiter in alle Körperbereiche.



Das Rückenmark ist wie das Gehirn durch Knochen geschützt (Wirbel), aber auch durch die cerebrospinale Flüssigkeit und spezielle Häute (Meninges - bekannt ist „Meningitis“ = Hirnhautentzündung). Man kann innen einen H-förmigen oder Schmetterlings-förmigen Bereich, die graue Substanz erkennen. Der äußere Bereich heißt weiße Substanz. Die graue Substanz enthält vornehmlich Zellkörper und Interneurone, die weiße Substanz aufsteigende und absteigende Nervenfasern (Axone).

- Untersuchungen zum Nervenverlauf zeigten Folgendes:
- a) Sensorische Nervenbahnen kommen von den Sinnesorganen und treten über die hintere Wurzel in das Rückenmark ein.
 - b) Motorische Fasern gehen vom ZNS zu den Muskeln und treten über die vordere Wurzel aus dem Rückenmark aus.
 - c) Die Zellkörper der sensorischen Fasern befinden sich im Spinalganglion, die Zellkörper der motorischen Fasern sind in der grauen Substanz.



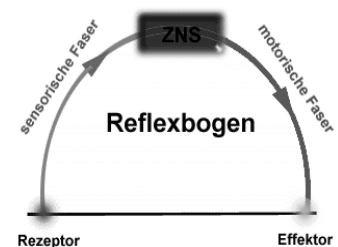
Die langen Dendriten der sensorischen Fasern bringen Information über Berührung, Temperatur, Körperposition und Schmerz aus dem Körper zum ZNS. Manche sensorische Fasern werden über Interneurone in der grauen Substanz verschaltet. Die Axone der motorischen Fasern treten über die vordere Wurzel aus und innervieren die Skelettmuskeln in Armen und Beinen usw. und kontrollieren somit die bewusste Bewegung des Körpers.

2. Reflexe und Reflexbogen

Es gibt Nervenverschaltungen, bei denen eine sensorische Faser direkt mit einer motorischen Bahn verschaltet ist. Oft ist hier noch ein Interneuron dazwischen geschaltet, jedoch erfolgt keine Verbindung mit dem Gehirn. Solche Verschaltungen dienen nicht willentlich kontrollierbaren Reaktionen wie z. B. den Kniesehenreflex oder andere Dehnungsreflexe der Muskulatur. Man nennt eine solche Verschaltung einen Reflexbogen und den Reiz bzw. Reaktionsablauf nennt man unbedingten Reflex.

Ein Reflex ist eine stereotypische Reaktion des Organismus auf einen Reiz, die beim Überschreiten einer Reizschwelle unausweichlich wird. Die meisten Reflexe laufen unbewusst ab wie z.B. der Hustenreflex, Patellarsehnenreflex (Kniesehenreflex) oder Achillessehnenreflex. Die Funktion von Reflexen liegt im Ausführen schneller Routineaufgaben, die kein langes Nachdenken erfordern dürfen (z.B. Schutzreflexe oder die Haltung und Stellung des Körpers im Raum). Auslöser für Reflexe sind die bekannten Reize, die durch Rezeptoren wahrgenommen werden. Reize können Druck, Zug, Beschleunigung, Licht, Schall, Temperatur, oder chemische Substanzen sein. Effektoren für Reflexe sind Muskeln und Drüsen.

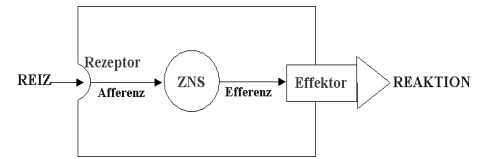
Die Reflexzeit ist die Zeit vom Reizbeginn bis zur Kontraktionsauslösung des Muskels durch ein Aktionspotenzial.





3. Der Reflexbogen - allgemein

Das Reflex-Verhalten von Tier und Mensch kann auf einfache Weise nach dem S-R-Modell (Stimulus-Response-Modell) beschrieben werden, wonach ein bestimmter Reiz eine bestimmte Reaktion auslöst. Beim Reflex ist die Nervenverschaltung (Reflexbogen) von Stimulus bis Response leicht nachzuvollziehen. Ein Reflexbogen besteht grundsätzlich aus den Elementen: Rezeptor (Sinnesorgan), sensorische (afferente) Nervenfaser, Zentralnervensystem (ZNS, Gehirn/ Rückenmark), motorische (efferente Faser) und Effektor (Muskel oder Drüse). Gibt es zwischen sensorischer und motorischer Faser nur eine Synapse spricht man von monosynaptischem Reflex, existieren mehrere Synapsen nennt man das polysynaptischer Reflex. Wenn die Rezeptoren und Effektoren eines Reflexes im gleichen Organ liegen, spricht man von einem Eigenreflex. Beim monosynaptischen Dehnungsreflex liegen Muskelspindeln und Muskelfasern im selben Muskel. Der Kniesehnenreflex ist also ein monosynaptischer Eigenreflex. Reflexe, bei denen Rezeptor und Effektor nicht im gleichen Organ liegen nennt man Fremdrelexe. Polysynaptische Fremdrelexe sind beispielsweise Husten- und Würgereflex.



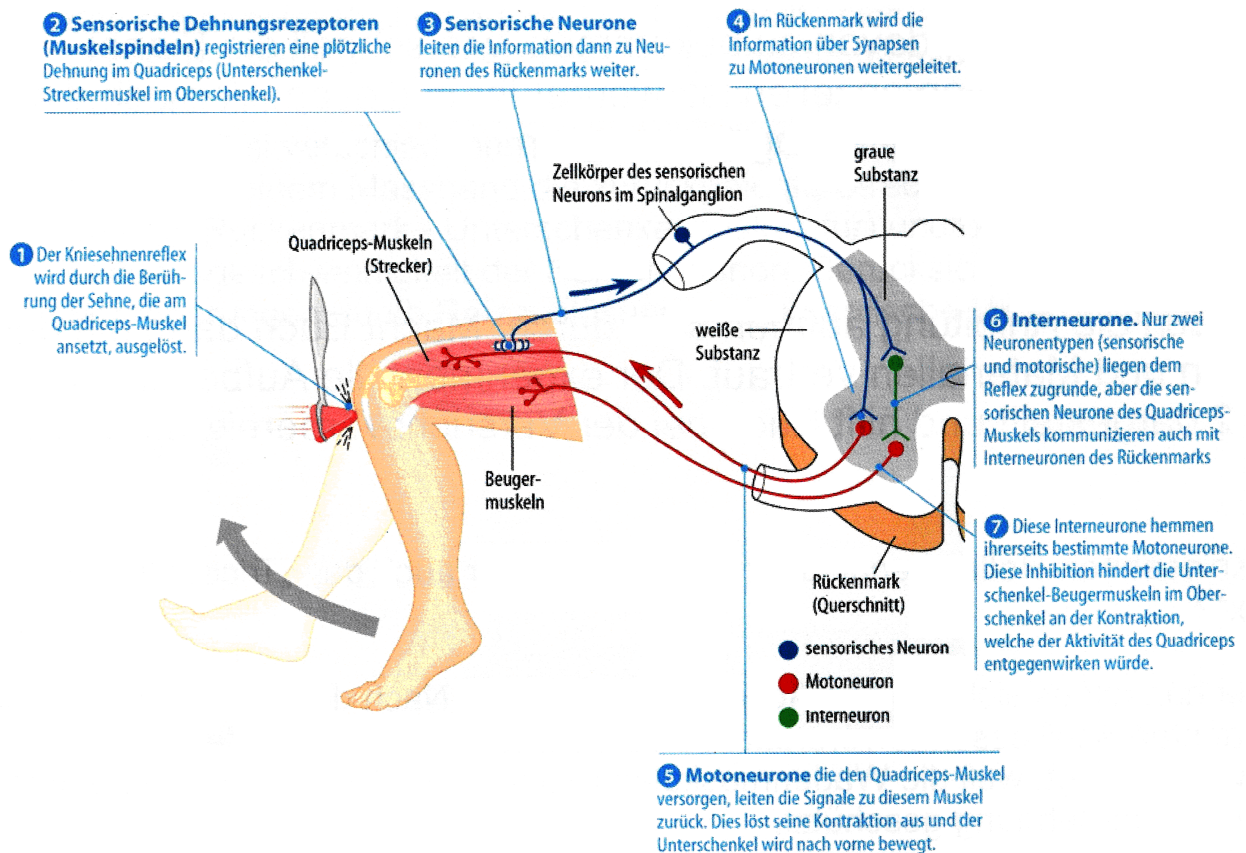
Schema des S-R-Modells

4. Der Reflexbogen am Beispiel Patellarsehnenreflex (Kniesehnenreflex)

Eine Überdehnung der Kniebänder kann durch Strecken des Beines verhindert werden. Daher hat sich die Natur den Kniesehnenreflex einfallen lassen. Hier liegt eine Rezeptorzelle den Bändern und Muskeln an, die sich mit den Kniebändern mitdehnt. Ausgehend von einem Signal der Rezeptornervenzelle muss nun eine Anspannung des Streckermuskels erfolgen, um die Bänder zu verkürzen. Gleichzeitig muss aber auch dafür gesorgt werden, dass sich der Beugermuskel auf keinen Fall anspannen kann, denn der Beuger ist der Antagonist des Streckers und wirkt der Bewegung des Streckers entgegen. Es müssen also Erregungen und Hemmungen ausgelöst werden.

Das Prinzip der reziproken antagonistischen Hemmung:

Während eines Reflexes, der zu einer Muskelkontraktion führt, muss der antagonistische Muskel gehemmt werden, um die Ausführung der Kontraktion sicherzustellen. Innerhalb einer Seite des Rückenmarks bilden die Afferenzen der Muskelspindeln neben ihrer monosynaptischen Verbindung zum Motoneuron des Dehnungsreflexbogens noch eine weitere Verbindung: Eine Verzweigung (Kollaterale) der Afferenz führt mit einer Synapse zu einem hemmenden Interneuron, das den antagonistischen Muskel hemmt. Die am selben Gelenk angreifenden Antagonisten werden also gehemmt. Dieser Mechanismus erhielt den Fachausdruck „reziproke antagonistische Hemmung“, was bedeutet, dass die gegenspielenden Muskeln wechselseitig gehemmt werden. Die Beuger hemmen also die Strecker und umgekehrt.



Fachbegriffe: Monosynaptischer Eigenreflex, Rückenmark, reziproke antagonistische Hemmung, Rezeptor, sensorisches (afferentes) Neuron, Zentralnervensystem, motorisches (efferentes) Neuron, Effektor (Muskel), vordere Wurzel, hintere Wurzel, graue Substanz, weiße Substanz, Interneuron, unipolares Neuron, multipolares Motoneuron, afferent, efferent, IPSP, EPSP, saltatorische Erregungsleitung, Gliazellen, Myelinscheide, markhaltige Nerven, Schwannsche Zellen, Ranviersche Schnürringe, Dendriten, Soma, Axonhügel, synaptisches Endk(n)öpfchen, Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Schwellenpotenzial, Kalium-Natrium-Pumpe, Diffusion, chemisches Potenzial/ Gradient, elektrisches Potenzial, spannungsgesteuerte Ionenkanäle, rezeptorgesteuerte Ionenkanäle, Spike, Alles-oder-Nichts, Neurotransmitter, Acetylcholin, Synapse, postsynaptische Membran, präsynaptische Membran, Kaliumkationen, Natriumkationen, Chloridanionen, Depolarisierung, Repolarisierung, Refraktärzeit, Hyperpolarisierung, Aktivierungstor, Inaktivierungstor, Kaliumkanal, Natriumkanal, Chloridkanal, Axolemm, ...