

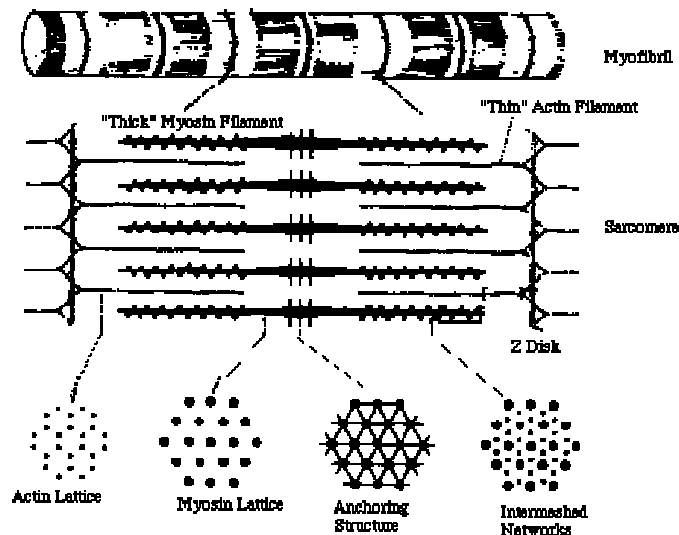
Nerv-Muskel

Vorbemerkungen

Muskeln bewegen und halten Gelenke, Organe und den ganzen Körper von Tieren und Menschen. Die notwendige Kraft erzeugt primär die Zug-Wirkung ihrer ineinander-gleitenden Filamente aus Actin und Myosin in den Muskelfasern. Nach jeder Kontraktion müssen die Filamente durch Gegenkraft (z.B: antagonistische Muskeln oder Schwerkraft) wieder auseinandergezogen werden um erneut Bewegung erzeugen zu können. Muskelfasern übertragen ihre mechanische Spannung auf die Ansatzflächen des gesamten Muskels. Wenn dort die gesamte Kraft aller gleichzeitig aktiven Muskelfasern nicht den mechanischen Widerstand überwindet, so erzeugen sie nur statisch wirkende Haltekraft (*isometrisch*). Bewegung entsteht bei nachgebendem mechanischen Widerstand: der Muskel verkürzt sich (*isotonische* Komponente).

Im (quergestreiften) Skelettmuskel wird die Muskelspannung über Serien von Aktionspotentialen gesteuert, erzeugt von Motoneuronen aus dem Zentralnervensystem (ZNS), von deren Perikaryon (Soma, Zellkörper) ein langes Axon ins periphere Nerven (-system) letztlich zum Zielmuskel zieht. Auf und in dem Muskel erreicht jedes Motoneuron mit Verzweigungen des Axons eine bestimmte Anzahl von Muskelfasern und versorgt sie mit jeweils einer neuromuskulären Synapse (bei Wirbeltieren) oder vielen neuromuskulären Synapsen (z.B. bei Insekten). In beiden Fällen gilt: was an Muskelfasern von einem Motoneuron innerviert wird, gehört zu einer motorischen Einheit.

Die Frequenz der einlaufenden Aktionspotentiale an neuromuskulären Synapsen steuert deren Ausschüttung von Transmitter-Substanzen, die ihrerseits erregende postsynaptische Potentiale (EPSP) an der Oberfläche der Fasern erzeugen. Diese erzeugen bei Wirbeltieren erneut Aktionspotentiale, die über die gesamte Faseroberfläche und in die tubulären Einstülpungen fortgeleitet werden. Bei Insekten und anderen Evertebraten werden nur EPSPs ausgelöst und direkt für die Auslösung zellinterner Ausschüttung von Ca^{2+} genutzt, die in der näheren Umgebung der Synapse Kontraktion auslöst. Die EPSPs breiten sich elektrotonisch aus, daher nimmt ihre Stärke (Amplitude) mit dem Abstand zur Synapse ab. *EPSP-Ausbreitung:*



Um trotzdem auf der gesamten Länge gleichmäßige Muskelkontraktion zu erreichen, liegen auf jeder Muskelfaser viele Synapsen regelmäßig verteilt (polyterminal): Das Axon verzweigt sich vielfach und jedes Aktionspotential erreicht alle Synapsen.

Die Kontraktionskraft eines Muskels wird meistens durch zwei Mechanismen erhöht:

1. Frequenzerhöhung in den einzelnen motorischen Einheiten.
2. Gleichzeitige Aktivierung (=Rekrutierung) zusätzlicher motorischer Einheiten eines Muskels.

Bei Wirbeltieren erhält jede Muskelfaser ihre Synapse durch eine einzige motorische Einheit.

Komplikation: Bei Insekten und anderen Arthropoden kann eine Muskelfaser von mehreren Motoneuronen gleichzeitig synaptisch aktiviert werden (also praktisch zu mehreren motorischen Einheiten gehören!) und deren Wirkung kann auf derselben Faser jeweils verschiedene Kontraktionsformen auslösen („slow“ >> schwächere Zuckung und Dauerspannung; „fast“>> kräftige, schnelle Zuckungen). Diese Formen der Aktivierung und ihr Zeit- und Kraftverlauf sollen in den folgenden Experimenten untersucht werden.

Experiment

A. Vorbereitung und Präparation:

1. Eine durch Kühlung vollkommen narkotisierte Heuschrecke wird zu einem geeigneten Thorax-Präparat reduziert (siehe Film) und mit der Ventralseite nach oben auf dem Präparattisch mit feinen Nadeln (Minutiennadeln) befestigt.

Ringer-Lösung (isotonisch) soll immer nur die Innenseite (=Unterseite) des Präparates ausfüllen und benetzen.

2. Mit Rasierklingensplitter und Schere wird in den Metathorax mit sehr flach in die Kutikula verlaufenden Schnitten ein rechteckiges Fenster geschnitten (siehe Abb.nächste Seite!).

3. Die darunterliegenden Tracheensäcke werden mit der Feinpinzette vorsichtig angehoben und mit der Feinschere abgetrennt.

4. In die Öffnung werden 2-3 Tropfen Ringerlösung gegeben (Pipette), ohne daneben die intakte Kutikula zu benetzen. Das gelbliche Metathorakalganglien mit seinen caudal wegziehenden Nerven wird sichtbar

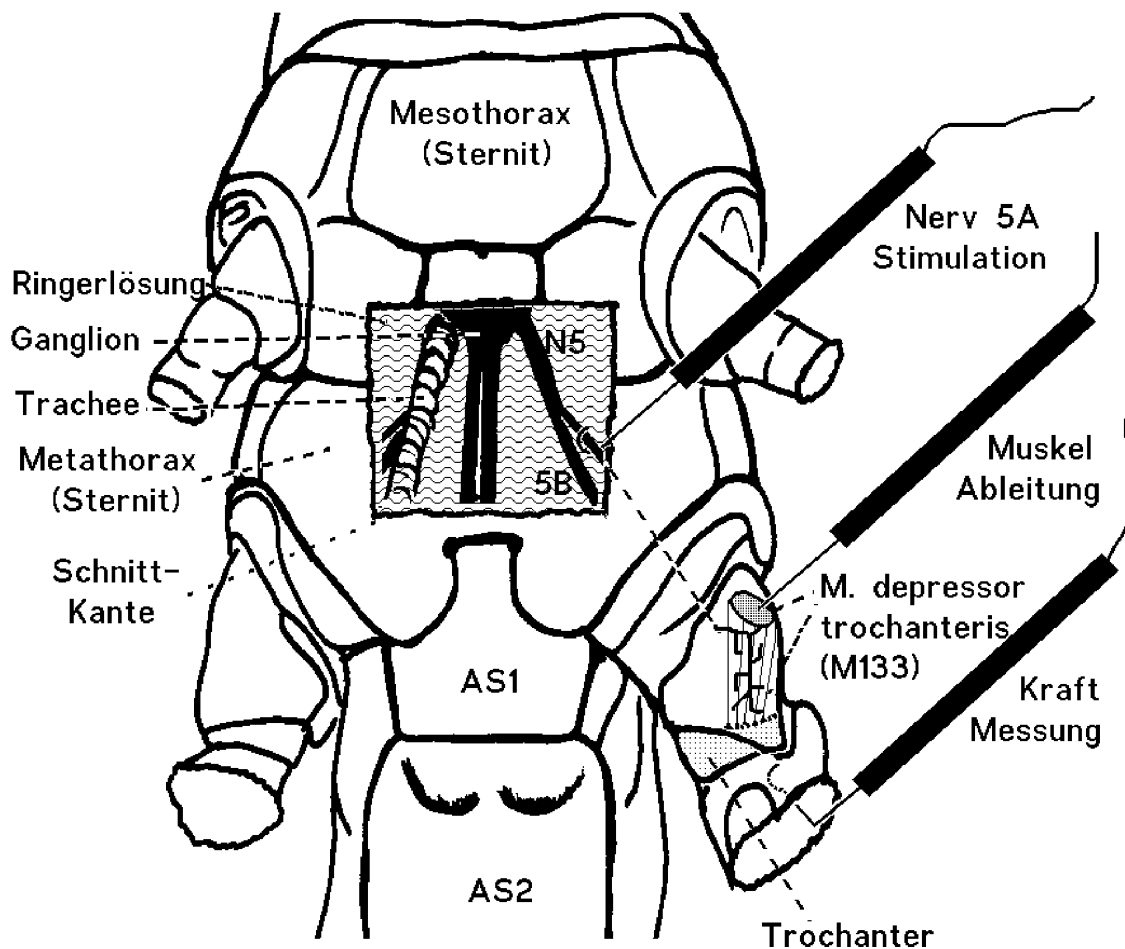


hier >> Kursbetreuer zur „Qualitätskontrolle“ herbeirufen!!!

B. Anlegen der Messanordnung

5. Unter der schräg nach hinten verlaufenden großen, silbrigen Trachee liegt der Haupt-Beinnerv (N5). Von ihm entspringt etwa auf der Hälfte der Strecke der dünnere Abzweig Nerv 5A, unser „Ziel“. Wir trennen auf

derselben Seite des Ganglions alle anderen Nerven ab und zuletzt auch Nerv 5 proximal (ganglionwärts) vom Abzweig N5A.



6. Die Erdung des Präparates mit einem Draht in der Badflüssigkeit schafft ein 0-Potential. Gegenüber diesem werden später die Depolarisationen (APs und EPSPs) am Muskel gemessen (monopolare Ableitung). Erdungs-Verbindungen gehen von der Erdungsbuchse am Oszilloskop aus und müssen sternförmig auch zu den Vorverstärkern und den Abschirmungen führen.

7. Die für die Reizung vorgesehene Hakenelektrode wird mit dem Mikromanipulator unter den Nerv 5A bewegt (nur unter den wesentlich dünneren 5A!! unter Sichtkontrolle mit Binokular) und bis auf Höhe der Kutikula angehoben.

8. Die Hakenstelle mit intaktem, darübergelagertem Nerv wird mit Vaseline(-Spritze) unterschichtet und anschließend von Vaseline dicht eingeschlossen, also vollständig gegenüber der Badflüssigkeit (Ringerlösung) isoliert. Es darf keine leitende Verbindung außer zum Vorverstärker verbleiben!

9. Der Haken des Kraftmessers wird in ein vorbereitetes Loch in der Kutikula des Trochanters knapp außerhalb der Muskelansatzstelle des Trochanter-Depressor-Muskels (M133) eingehängt.

10. In die coxale Ansatzstelle des M133 („glasiger“ als Umgebung) wird mit Hilfe des Mikromanipulators die Muskel-Ableitelektrode zur Ableitung der EPSPs eingestochen. Spitze dabei nur ganz knapp durch die Kutikula schieben!!

C. Messungen:

11. Einzelreize

a) Vom Reizgerät werden mit zunächst schwacher Reizstärke einzelne Rechteckpulse im 1Hz-Takt auf die Reizelektrode gegeben und die Reizstärke langsam erhöht, bis schwache Muskelzuckungen (erste motorische Einheit aktiviert) in diesem Takt sichtbar werden und auch als Ausschläge der Kraftmesser-Spur am Oszilloskop (Zeitablenkung 2ms/Div.) zu registrieren sind. In der Spur der Muskelableitung sollte auch das auslösende EPSP (und das vorausgehende AP) sichtbar werden. Die Triggerung jedes Durchlaufes am Oszilloskop (extern getriggert) erfolgt mit den Reizpulsen (mindesten 5Sekunden Reizintervalle!).

b) Die Reizstärke wird langsam erhöht bis plötzlich die Amplitude des Muskelpotentials und der Muskelzuckung (ausgelöst durch eine zweite motorische Einheit) erhöht ist. Reizstärke nicht viel weiter erhöhen!

Datenaufnahme:

1. Beispiele der beiden Signale in a) und b) werden auf dem Bildschirm gespeichert und auf Transparentpapier abgezeichnet. Messgrößen Amplitude und Zeit immer mit einzeichnen!

2. Zeitmessung zwischen auslösendem elektrischem Reiz und dem folgenden AP vor EPSP am Muskel. Geschwindigkeit mit der Laufstrecke im Nerven von der Reizelektrode zur Ableitelektrode (??mm) errechnen.

12. Reizung in Serien

a) Nur die erste, schwächere motorische Einheit wird mit der geringen Reizstärke (wie in 11. ermittelt) in Serien (Dauer: höchstens 5 Sekunden) mit zunehmender Frequenz gereizt (1/ 2/ 5/ 10/ 25/ 40/ 80/ 100 Hz) bis keine Veränderung der Reizwirkung mehr eintritt.

b) Die zweite, stärkere motorische Einheit wird mit der erhöhten Reizstärke(wie in 11. ermittelt) in Serien wie in 12a) gereizt.

Datenaufnahme: Beispiele der beiden Signale in a) und b) werden von Anfang bis Ende der Reizserie, auch mit Abfall der Muskelspannung, auf dem Bildschirm gespeichert und auf dort aufgelegte Klarsichtfolie abgezeichnet. Messgrößen Amplitude und Zeit immer mit einzeichnen!