

## Muskelermüdung



Bildquelle: Fotolia

Klassenstufe	Thema	Niveau	Vorbereitungszeit
Sek II	Bau des menschlichen Körpers	••	unterschiedlich

## Aufgabenstellung

Die Schüler untersuchen die Veränderung der Greifkraft jeder Hand vor und nach isotonischen und isometrischen Training mit Hilfe von PASCO-Sensoren.

## Einleitung

### Was ist Muskulatur?

Die Muskulatur ist ein Organsystem in Gewebetieren und bezeichnet die Muskeln. Der Begriff bezieht sich z. B. bei den Bezeichnungen Bauchmuskulatur oder Rückenmuskulatur auf die Muskelgruppen des jeweiligen Körperabschnitts und ihre Wechselwirkung.

Ein Muskel (lateinisch *musculus* ‚Mäuschen‘ – ein angespannter Muskel sieht unter der Haut wie eine Maus aus) ist ein kontraktiles Organ, welches durch die Abfolge von Kontraktion und Relaxation innere und äußere Strukturen des Organismus bewegen kann. Diese Bewegung ist sowohl die Grundlage der aktiven Fortbewegung des Individuums und der Gestaltveränderung des Körpers als auch vieler innerer Körperfunktionen.

Die grundlegende Einteilung der Muskulatur bei Säugetieren einschließlich des Menschen erfolgt über den histologischen Aufbau und den Mechanismus der Kontraktion. Demnach unterscheidet man glatte Muskulatur und quergestreifte Muskulatur. Letztere lässt sich weiter in die Herzmuskulatur und die Skelettmuskulatur unterteilen. Weitere Unterscheidungsmöglichkeiten ergeben sich durch die Form, die Fasertypen und funktionelle Aspekte (siehe unten). Das einem Muskel zugrundeliegende Gewebe ist das Muskelgewebe, welches aus charakteristischen Muskelzellen besteht. Beim Skelettmuskel werden die Muskelzellen als Muskelfasern bezeichnet.

### Unterschiedliche Muskeltypen

Es gibt drei Muskeltypen für unterschiedliche Anforderungen in unserem Körper: quergestreifte Muskulatur, glatte Muskeln und Herzmuskulatur.

- Glatte Muskulatur: Die Muskeln unserer Eingeweide, z.B. des Darms. Wir können sie nicht bewusst steuern und dennoch arbeiten sie Tag für Tag unermüdlich im „Hintergrund“.
- Herzmuskulatur: Der Herzmuskel besteht zwar aus quergestreiften Muskeln, ist aber ansonsten komplett separat gesteuert. Außerdem bringt er eine weitere wichtige Eigenschaft mit: Er kann nicht krampfen – auch nicht bei Magnesiummangel.
- Quergestreifte Muskulatur („Skelettmuskulatur“): Das sind die Muskeln, die uns interessieren. Wir können sie bewusst an- und entspannen und sind – wie der Name sagt – mit unseren Knochen verbunden.

Wir interessieren uns für den Muskeltyp, den wir bewusst steuern können, die quergestreifte Muskulatur.

## Unterschiedliche Muskelfasertypen / Feinstruktur des Muskels

Muskeln bestehen nicht nur aus einem Fasertyp. Es gibt drei Fasertypen mit unterschiedlichen Eigenschaften. Diese sind für verschiedene sportliche Disziplinen von großer Bedeutung.

Der Anteil schneller und langsamer Muskelfasern ist von Muskel zu Muskel unterschiedlich und individuell. Die Verteilung der einzelnen Muskelfasertypen scheint genetisch festgelegt zu sein (Sprintertyp/Ausdauerertyp). Innerhalb eines Muskels lagern sich Muskelfasern vom gleichen Typ in variabler Zahl in Gruppen zusammen.

Untersuchungen zeigen, dass Athleten, die Sportarten mit zeitlich begrenzter und schneller Muskularbeit betreiben, mehr schnelle weiße Zuckungsfasern haben, während Sportler mit Ausdauersportarten vermehrt rote Zuckungsfasern besitzen.

Es ist kein Muskel bekannt, in dem ausschließlich ein Fasertyp vorkommt. So sind im äußeren Oberschenkelstreckmuskel etwa gleich viele schnelle und langsame Fasern vorhanden, während in Haltemuskeln, wie dem Rückenstrecker, der Anteil der langsamen Fasern bis zu 95 Prozent betragen kann.

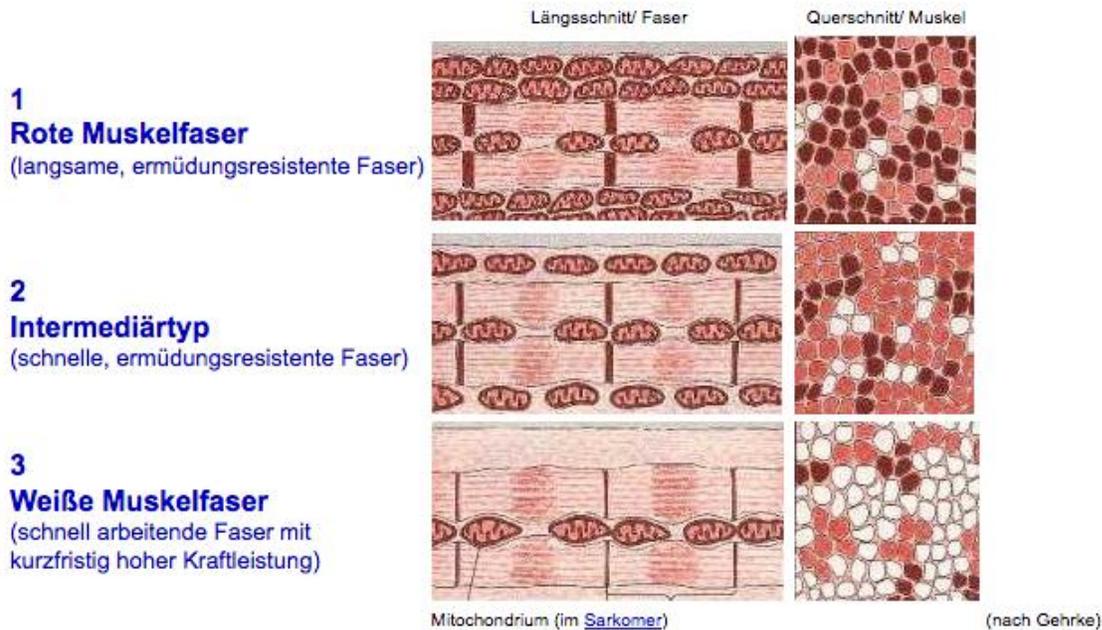
Bis heute ist nicht bekannt, ob durch spezielles Training eine Umwandlung von einem Fasertyp in den anderen möglich ist. Offenbar kann nur der Entwicklungsgrad der beiden extremen Fasertypen beeinflusst werden. Die Umwandlung des Intermediärtyps in die eine oder andere Richtung wäre eine mögliche Erklärung für spezielle Trainingswirkungen.

Man hat festgestellt, dass die Faserverteilung eng mit der jeweiligen Nervenversorgung korreliert. Nach Trennung eines Nervs von schnell zuckenden Fasern und Anbindung an langsam zuckende Fasern ändert sich der Fasertyp schnell entsprechend der Nervenversorgung.

Der helle (weiße) Muskelfasertyp (fast twitch oder FT Faser/FTG-Faser) kann sehr schnell reagieren und ermöglicht kräftige Kontraktionen. Er ermüdet aber schnell.

Der dunkle (rote) Muskelfasertyp (slow twitch oder ST Faser) spricht auf Reize langsamer an, hat dabei eine längere Kontraktionszeit, aber er ermüdet sehr viel langsamer.

Der dritte Muskelfasertyp ist der Intermediärtyp (FTO), der in seinen Eigenschaften zwischen heller und dunkler Muskulatur angesiedelt ist. Es scheint so, dass sich gerade dieser Typ durch Training tendenziell in die eine oder andere Richtung beeinflussen lässt. Allerdings liegen hierzu noch zu wenige wissenschaftliche Untersuchungen vor.



Bildquelle: [www.sportunterricht.de](http://www.sportunterricht.de)

Viel spricht dafür, dass der Anteil der verschiedenen Muskelfasertypen erblich vorgegeben ist. Der amerikanische Springer und Sprinter Carl Lewis soll 90% FT-Fasern gehabt haben.

Im Gegensatz zum schnellen Muskelfasertyp, der kaum vermehrt werden kann, spricht vieles für die Umwandlung der FT-Fasern in ST-Fasern bzw. FTO-Fasern durch Ausdauertraining.

## Muskelfunktion und Energieumwandlung

Muskeln wandeln chemische Energie in eine mechanische Kraft um, die den Muskel kürzer zieht und zu Bewegung führt. Alle Muskeln arbeiten paarweise durch Ziehen und Entspannen zusammen; sie können nicht schieben.

Die Skelettmuskulatur wird freiwillig kontrolliert. Sie sind die am häufigsten vorkommende Gewebeart beim Menschen. Die mikroskopische Untersuchung dieses Muskeltyps zeigt abwechselnd helle und dunkle Streifen, weshalb er auch manchmal als gestreifter Muskel bezeichnet wird. Diese Muskeln sind in der Regel durch Sehnen an den Knochen befestigt und ziehen sich zusammen, wenn sie vom Gehirn Nervenimpulse erhalten und Knochen oder Knorpel sich bewegen lassen. Muskeln können sich auch mit der Haut verbinden, was durch die Ausführung von Gesichtsausdrücken demonstriert werden kann.

Zwei Arten von Kontraktionen sind isotonisch und isometrisch. Die meisten Muskelbewegungen beinhalten eine Kombination aus beiden Arten von Kontraktionen. Isotonische (gleiche Spannung) Kontraktionen werden erzeugt, wenn schwere Gegenstände angehoben werden. Die meisten Körperbewegungen verwenden diese Art der Kontraktion, da der Muskel verkürzt und eine konstante Spannung aufrechterhalten werden muss. Isometrische (gleich lange) Kontraktionen entstehen, wenn ein Muskel sich nicht verkürzen darf und die Muskelspannung steigt. Das Drücken gegen ein festes Objekt und das Tragen des Körpergewichts sind zwei Beispiele für isometrische Kontraktionen.

Muskelermüdung ist die Folge einer unermüdlichen Arbeit der Muskeln. Unter dieser Bedingung nimmt die erwartete Kraft, die zur Aufrechterhaltung der Aktivität erforderlich ist, ab und die Muskelleistung wird beeinträchtigt.

### **Muskelermüdung**

Muskuläre Ermüdung tritt infolge zentraler und peripherer Ermüdung auf. Bei der zentralen Ermüdung spielen psychische Faktoren neben einer Dysbalance und Verarmung an Aminosäuren eine Rolle. Bei der peripheren Ermüdung kommt es zu einem Überwiegen der Stoffwechselabbauprozesse. Die energiereichen Verbindungen werden verbraucht, der Muskel verarmt an Glykogen, es kommt zur Anhäufung von Laktat, der pH-Wert verschiebt sich zum azidotischen Bereich, intrazellulär nimmt das Kalium ab. Zusätzlich kann eine Transmitterermüdung auftreten. Zeichen der Ermüdung sind nachlassende Muskelleistung bzw. Aufrechterhaltung einer Leistung nur unter Einsatz von zusätzlichen Leistungsreserven, Veränderungen des motorischen Programms, Abnahme der Koordination, Konzentration und Aufmerksamkeit.

### **Material & Methoden**

Für jeden Schüler oder jede Gruppe werden folgende Materialien benötigt:

- Datenerfassungssystem
- Gummiball, Tennisball oder gleichwertig (ca. 7 cm Durchmesser)
- Kraftsensor
- Timer (Stoppuhr oder gleichwertig)

## Sicherheit

*Stoppen Sie die Datenerhebung, wenn das Zusammendrücken des Balls schmerzhaft oder besonders unangenehm wird.*

## Durchführung

Starten Sie ein neues Experiment auf dem Datenerfassungssystem und schließen Sie einen Kraftmesser an das System an.

Stellen Sie das Datenerfassungssystem so ein, dass die Kraft gegen die gemessene Zeit dargestellt wird.

Passen Sie die Skalierung der Darstellung so an, dass alle Daten gezeigt werden.

### Teil 1 – Vor der Übung (Kontrolle)

Welches ist die dominante Hand?

---

---

---

---

- Stecken Sie den Mittel- und Ringfinger Ihrer dominanten Hand durch die Grifflöcher am hinteren Ende des Kraftsensors.
- Drücken Sie die Taste "Null" am Kraftsensor.
- Legen Sie Ihren Daumen auf die Gummipuffer.
- Warum ist es notwendig, den Kraftsensor auf Null zu setzen?

---

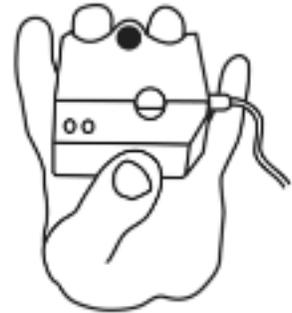
---

Starten Sie die Datenaufzeichnung.

Versuchen Sie, eine Kraft von 40 N für die gesamten 60 Sekunden aufrechtzuerhalten.

Wenn 40 N eine zu große Kraft ist, um sie aufrechtzuerhalten, wenden Sie während des gesamten Experiments eine geringere Kraft (z.B. 30 N) an.

**Hinweis:** In diesem Versuch erlauben Sie dem Probanden, auf den Bildschirm zu schauen, um zu versuchen, die 40 N Kraft aufrechtzuerhalten. Drücken Sie nicht mit dem Zeigefinger oder dem kleinen Finger, sondern nur mit dem Daumen, Ring- und Zeigefinger auf die Gummipuffer, die sich in den Grifföffnungen des Sensors befinden.



- Stoppen Sie die Datenaufzeichnung nach 60 Sekunden
  - Benennen Sie diesen ersten Datenlauf "Dominant"
  - Welche ist Ihre nicht-dominante Hand?
- 
- 

- Wechseln Sie zu Ihrer nicht-dominanten Hand und wiederholen Sie die vorherigen Schritte
  - Benennen Sie diesen ersten Datenlauf "Nicht dominant"
  - Speichern Sie auch diesen Teil Ihres Experiments
  - Was ist der experimentelle Zweck der Messung der Griffkraft vor dem Training?
- 
- 
- 
-

**Teil 2 – Nach der isotonischen Übung**

Was ist ein Beispiel für eine isotonische Übung?

---



---



---



---

- Greifen Sie einen Tennisball zwischen Mittel- und Ringfinger und Daumen Ihrer dominanten Hand
- Wird Ihre Griffstärke nach der isotonischen Übung gleichbleiben, abnehmen oder steigen?

---



---



- Drücken Sie alle 2 bis 4 Sekunden und lassen Sie danach wieder los
- Drücken Sie für 60 Sekunden und versuchen Sie, die gleiche Kraft erneut aufzubringen  
Drücken Sie nicht mit dem Zeigefinger oder dem kleinen Finger
- Nach 60 Sekunden stecken Sie die mittleren beiden Finger Ihrer dominanten Hand schnell durch die Grifflöcher am hinteren Ende des Kraftsensors
- Drücken Sie wie bisher die Taste "Null" am Kraftsensor und legen Sie dann Ihren Daumen auf den Gummipuffer

**Hinweis:** Schauen Sie nicht auf die Datenaufzeichnung. Versuchen Sie, 40 N Kraft (oder die gleiche Kraft, die zuvor verwendet wurde) über den gesamten Zeitraum aufrechtzuerhalten. Drücken Sie nicht mit dem Zeigefinger oder dem kleinen Finger, sondern nur mit dem Daumen, Ring- und Zeigefinger auf die Gummipuffer, die sich in den Grifföchern des Sensors befinden.



- Starten Sie die Datenaufzeichnung und passen Sie die Skalierung der Grafik an, um alle Daten anzuzeigen
- Drücken Sie während der Datenaufzeichnung, ohne den Bildschirm zu beobachten, mit dem Daumen und zwei Mittelfingern für 60 Sekunden und versuchen Sie, eine konstante Kraft von 40 N aufrechtzuerhalten
- Beenden Sie die Datenaufzeichnung nach 60 Sekunden
- Benennen Sie diesen Datenlauf "dominante Isotonie".
- Wechseln Sie zu Ihrer nicht dominanten Hand und wiederholen Sie das Experiment
- Benennen Sie diesen Datenlauf "nicht-dominante isotonische"
- Speichern Sie auch diesen Teil Ihres Experiments

---

---

---

---

**Teil 3 – Nach der isometrischen Übung**

Was ist ein Beispiel für eine isometrische Übung?

---

---

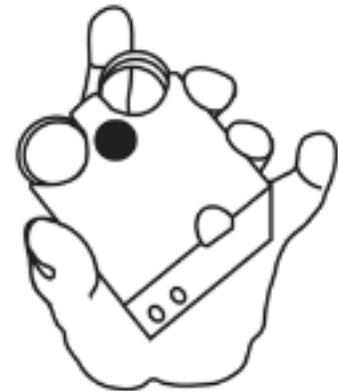
---

---

- Greifen Sie die Seiten des Kraftsensors zwischen Mittel- und Ringfinger, sowie Daumen Ihrer dominanten Hand
  - Stecken Sie sie nicht wie bisher durch die Grifflöcher und legen Sie ihre Finger nicht auf den Gummipuffer
  - Inwiefern unterscheidet sich isometrisches Training von isotonischem Training?
- 
- 

- Wird Ihre Griffstärke nach dem isometrischen Training gleich bleiben, abnehmen oder steigen?
- 
- 

- Drücken Sie mit dem Daumen und zwei Mittelfingern für 60 Sekunden, um eine konstante Kraft von 40 N aufrechtzuerhalten
- Nach Ablauf von 60 Sekunden stecken Sie die mittleren beiden Finger Ihrer dominanten Hand schnell durch die Grifflöcher am hinteren Ende des Kraftsensors
- Drücken Sie wie bisher die Taste "Null" am Kraftsensor und legen Sie dann Ihren Daumen auf den Gummipuffer
- Starten Sie die Datenaufzeichnung und passen Sie die Skalierung der Grafik an, um alle Daten anzuzeigen
- Drücken Sie während der Datenaufzeichnung, ohne den Bildschirm zu beobachten, mit dem Daumen und zwei Mittelfingern für 60 Sekunden und versuchen Sie, eine konstante Kraft von 40 N aufrechtzuerhalten
- Drücken Sie nicht mit dem Zeige- oder kleinen Finger
- Beenden Sie die Datenaufzeichnung nach 60 Sekunden
- Benennen Sie diesen Datenlauf "dominante Isometrie"
- Wechseln Sie zu Ihrer nicht dominanten Hand und wiederholen Sie den gleichen Vorgang
- Benennen Sie diesen Datenlauf, "nicht-dominante Isometrie"



- War Ihre Vorhersage richtig?

---

---

- Was ist mit Ihrer Griffstärke nach 60 Sekunden passiert?

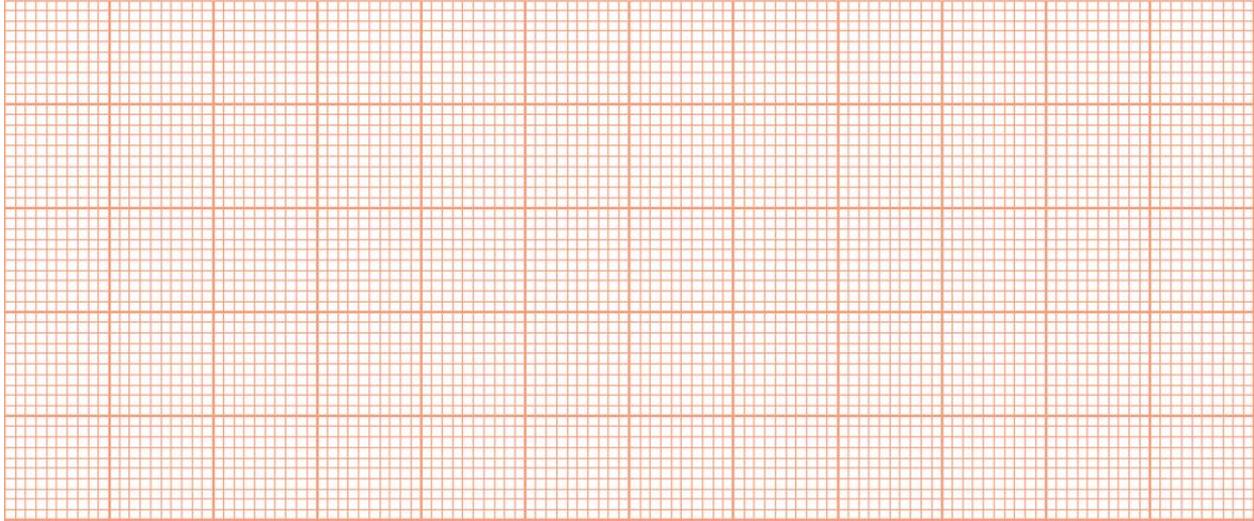
---

---

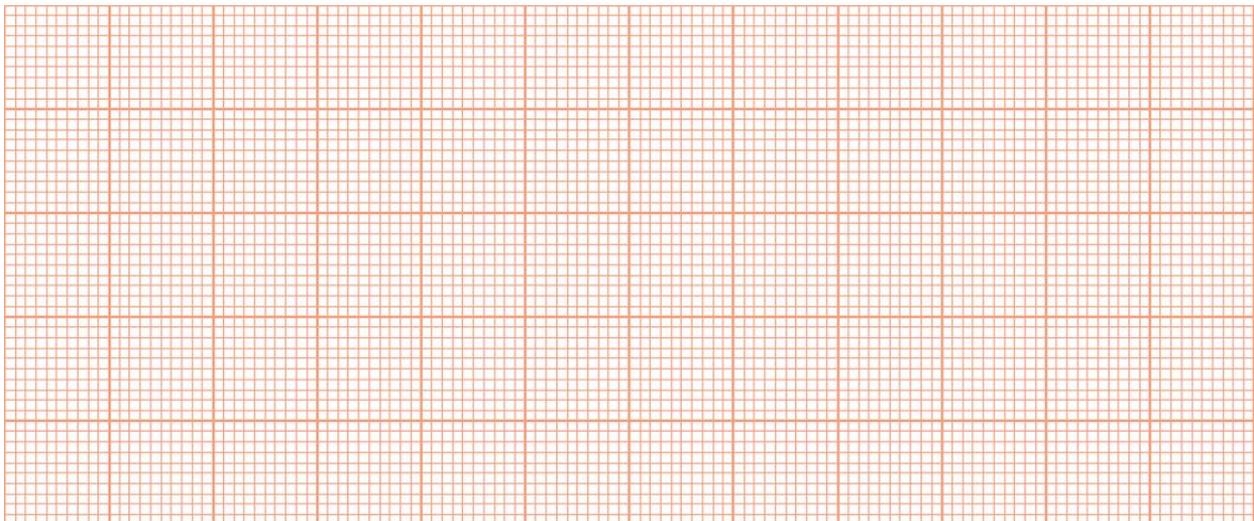
- Speichern Sie Ihr Experiment und reinigen Sie den Sensor gemäß den Anweisungen Ihres Lehrers

## Dokumentation

Erstellen Sie eine Skizze aller 3 Datenreihen für Kraft versus Zeit für die dominante Hand. Beschriften Sie das Gesamtgraphen, die x-Achse, die y-Achse und tragen Sie die Einheiten auf den Achsen ein.



Erstellen Sie eine Skizze aller 3 Datenreihen für Kraft versus Zeit für die nicht-dominante Hand. Beschriften Sie das Gesamtgraphen, die x-Achse, die y-Achse und tragen Sie die Einheiten auf den Achsen ein.



Tragen Sie die Werte in Tabelle 1 ein: Anfangs-, End- und Durchschnittskraft mit der dominanten Hand

Lauf	Greifkraft – Dominate Hand	Anfangskraft (N)	Endkraft (N)	Mittlere Kraft (N)
#1	Dominante Hand, vor der Übung			
#2	Dominante Hand, nach der isotonischen der Übung			
#3	Dominante Hand, nach der isometrischen der Übung			

Tragen Sie die Werte in Tabelle 1 ein: Anfangs-, End- und Durchschnittskraft mit der nicht-dominanten Hand

Lauf	Greifkraft – nicht-dominate Hand	Anfangskraft (N)	Endkraft (N)	Mittlere Kraft (N)
#1	Nicht-dominante Hand, vor der Übung			
#2	Nicht-dominante Hand, nach der isotonischen der Übung			
#3	Nicht-dominante Hand, nach der isometrischen der Übung			

## Auswertung und Fragen

Was ist mit der Griffkraft nach dem Training passiert?

---

---

---

---

Wie hat sich Ihre Griffkraft bei der isotonischen Übung im Vergleich zur isometrischen Übung verändert?

---

---

---

---

Waren die Ergebnisse für die dominante und die nicht-dominante Hand nach 60 Sekunden unterschiedlich? Warum?

---

---

---

---

Beschreiben Sie eine Aktivität, bei der Ihr Körper die Fähigkeit verliert, den Muskeln ausreichend Sauerstoff zuzuführen:

---

---

---

---

Ein anderes Wort für "ohne Sauerstoff" ist "anaerob". Welches Produkt sammelt sich während dieses Zyklus der Sauerstoffverschuldung im Muskelgewebe an? Was passiert mit den Muskeln, wenn sich dieses Produkt ansammelt?

---

---

---

---

Denken Sie, dass häufig benutzte Muskeln schneller oder langsamer ermüden würden als Muskeln, die nicht so oft benutzt werden? Warum?

---

---

### Multiple-Choice-Fragen

Welche Art von Muskelkontraktion beinhaltet nicht die Verkürzung oder Verlängerung des Muskels?

- A. Ermüdung
- B. Isotonisch
- C. Isometrisch
- D. Isometrisch und isotonisch

Welcher Begriff bezieht sich auf die meiste Kraft, die ein Muskel erreichen kann und ist direkt proportional zur Muskelgröße?

- A. Leistung
- B. Ausdauer
- C. Stärke
- D. Leistung

Welche Art von Muskelkontraktion ist beteiligt, wenn schwere Gegenstände angehoben werden?

- A. Isotonisch
- B. Isometrisch
- C. Isometrisch und isotonisch
- D. Unfreiwillige

Welche Säure bildet sich, wenn Muskeln eine anaerobe Schwelle überschreiten?

- A. Milchsäure
- B. Essigsäure
- C. Zitronensäure
- D. ATP

**Lückentext (verwenden Sie zum Füllen die unten genannten Schlüsselbegriffe)**

Aktive Muskeln benötigen Energie und damit eine kontinuierliche Versorgung mit \_\_\_\_\_ und Nährstoffen. Für den Treibstoff verlassen sich die Muskeln auf \_\_\_\_\_ aus dem Blutkreislauf, Glykogen, das in den Muskelfasern gespeichert ist, oder Fettmoleküle während eines kräftigen, langen Trainings. Wenn die Energieverfügbarkeit nicht mit den Anforderungen an den Muskel Schritt hält, verliert der Muskel aufgrund des ATP-Abbaus seine physiologische Fähigkeit, \_\_\_\_\_ kontrolliert zu erreichen. Auch wenn der Muskel möglicherweise noch eine Nervenstimulation zur Bewegung erhält, tritt \_\_\_\_\_ auf.

\_\_\_\_\_ Kontraktion ist eine Kontraktion, bei der der Muskel aktiviert wird, aber anstatt ihn verlängern oder verkürzen zu dürfen, wird sie bei \_\_\_\_\_ gehalten. Ein Beispiel für eine isometrische Kontraktion wäre das Tragen eines Objekts vor Ihnen.

Alle Hebeübungen erfordern \_\_\_\_\_ Kontraktionen. Dies geschieht, wenn der Muskel \_\_\_\_\_ wie er \_\_\_\_\_. Ein Beispiel für isotone Kontraktion ist zu sehen, wenn wir den Bizepsmuskel beugen.

**Schlüsselbegriffe**

Kontraktion / verminderte Muskelmasse / erweitern / Glukose / Muskelermüdung / Sauerstoff / Wasser / konstante Länge / Übung / erweitert / erhöhte Dicke / isometrisch / isotonisch / zitternd / Kontraktionen / Übungen / erweitert / isometrisch / isotonisch / verkürzt

**Literaturverzeichnis:**

<https://de.wikipedia.org/wiki/Muskulatur>

<https://www.marathonfitness.de/muskelfasertypen-tabelle-bestimmen/>

<http://www.sportunterricht.de/lksport/abtrain5.html>

<http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=01476>

**Bilder:**

<https://www.fotolia.com>