

Muskelphysiologie

Andreas Schmid

Medizinische Universitätsklinik Freiburg

Abt. Präventive und Rehabilitative Sportmedizin

DER SPIEGEL

Nr. 5/30.1.06
Deutschland: 3,40 €



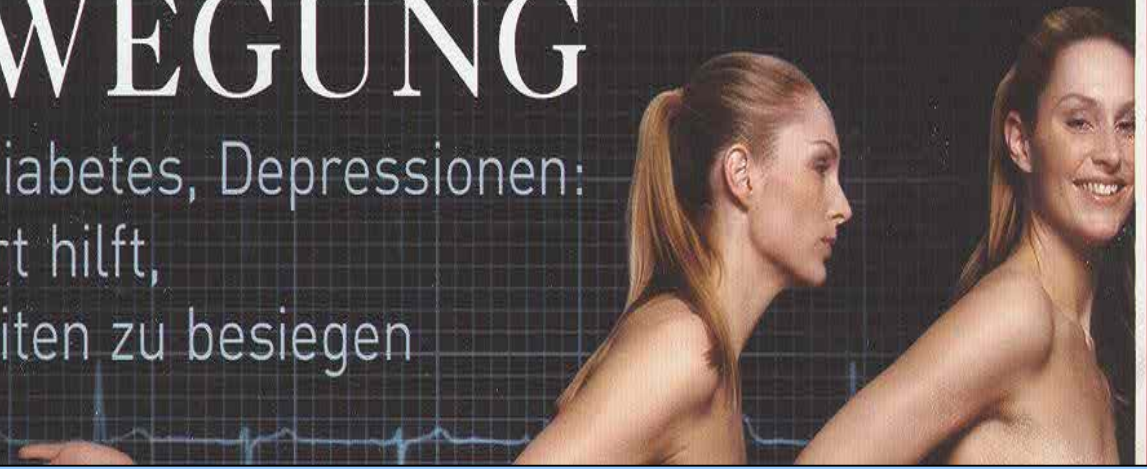
PRINTED
IN GERMANY

Ungarn Ft. 1.130,-
Zypern Cyp. 3,10

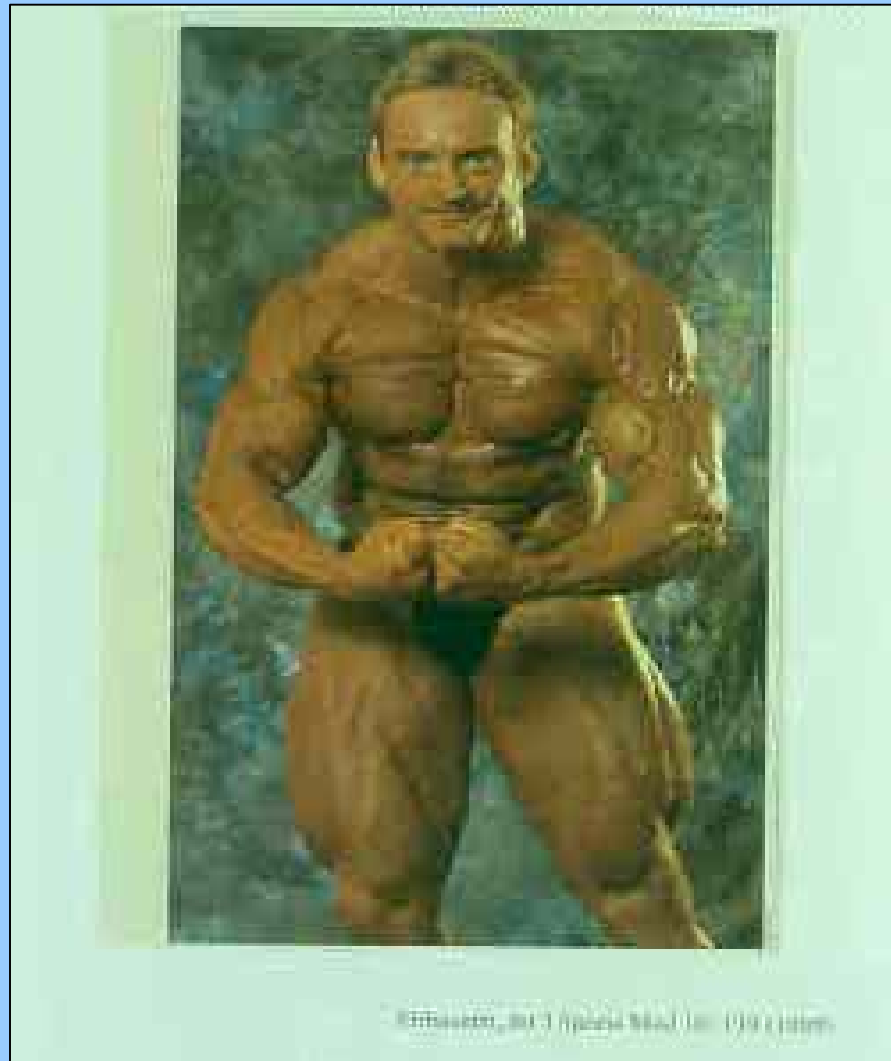
Frankreich, Republik Kc. 160,-
Türkei Trk. 9.200.000,- (YTL 9,2)

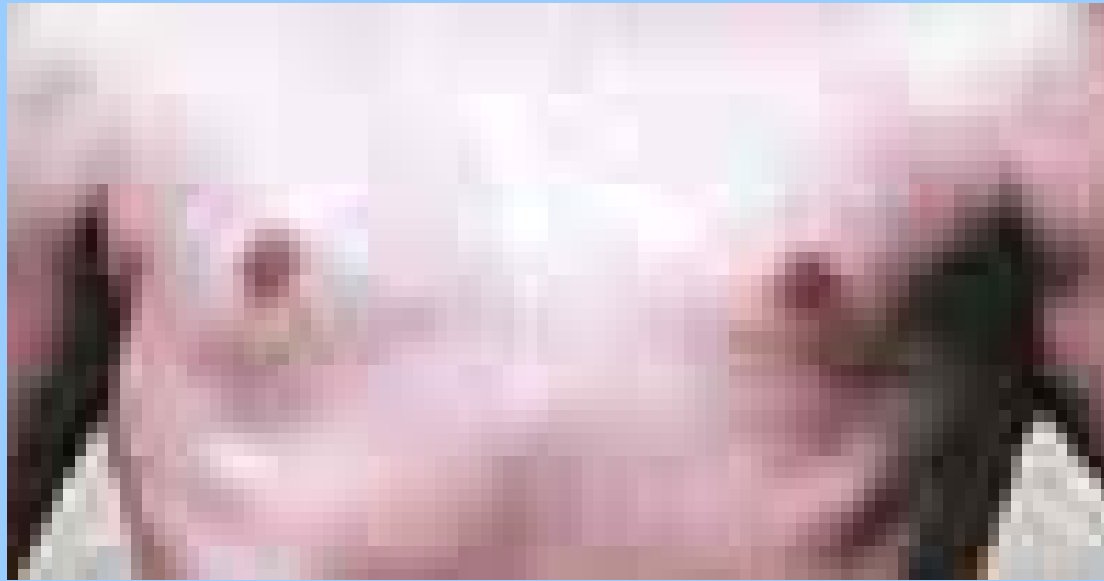
DIE *Heilkraft* DER BEWEGUNG

Krebs, Diabetes, Depressionen:
Wie Sport hilft,
Krankheiten zu besiegen



Die Heilkraft der Bewegung !!??





Muskulatur

Muskeln haben die **Fähigkeit zur Kontraktion** (aktive Elemente des Bewegungsapparates)

Muskeln bestehen aus -zellen (-fasern), in deren Zellplasma (Sarkoplasma) **kontraktile Eiweißfäden, sog. Myofibrillen**, eingelagert sind.



Hammer- Klitschko

Von GEORG NOLTE
Hart, härter, Klitschko...
Wladimir Klitschko (30) ist wieder auf dem Box-
Thron. In 102 Ländern war live im
TV zu sehen, wie der jüngere
der Klitschko-Brüder Chris
Byrd (35) mit seinen fürch-
terlichen Fäusten ins
Krankenhaus prügelte.
Sein 41. K.o.-Sieg. Nur
fünfmal mußte er bis-
lang über die Run-
den gehen.

Der Hammer-
Klitschko!
Keiner
kennt den
Junggesel-
len so gut
wie sein er-
ster Profi-Trai-
ner Fritz
Sdunek
(59).

Der begleitet ihn über 10 Jahre lang. Sdunek: „Er hat
spezielle Muskelfasern, die kaum ein anderer hat.
Er braucht nur Hanteln anzuschauen und schon
wachsen die Muskeln.“

Wie legt Klitschko die Gegner flach?

Wladimir: „Du kannst einen K.o.-
Schlag nicht antrainieren, der kommt
automatisch. Du trainierst bestimm-
te Kombinationen und hoffst
dann, daß ein Treffer im
Schwarzen landet.“

Sein Hamburger Sport-
arzt Prof. Dr. Bernd Kabel-
ka: „Wladimirs Muskeln
sind besonders ausge-
prägt.“ BILD erklärt
die K.o.-Muskeln
von Dr. Stahl-
hammer
Klitschko.

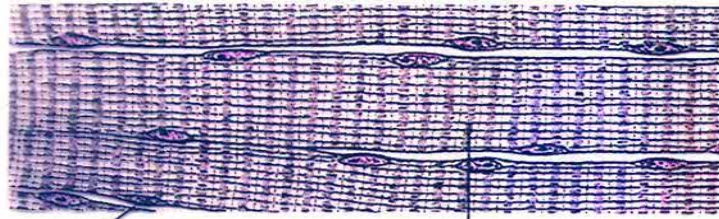
BILD erklärt
seine
K.o.-

Muskeln



35 Millionen
unte

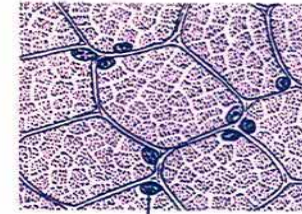
Quergestreifte Muskulatur



Zellkern

große, lange,
vielkernige Zellen

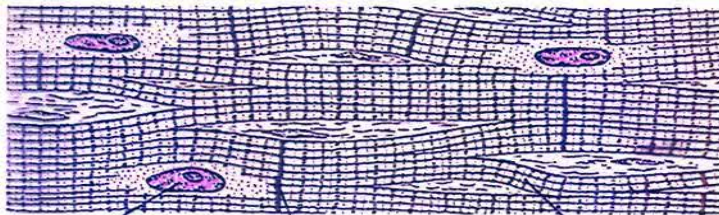
Querschnitt



Randständige
Zellkerne

Herzmuskulatur

Längsschnitt

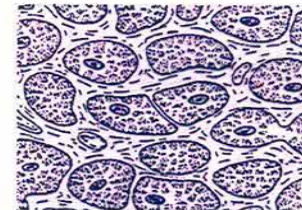


Zellkern

Glanzstreifen

unregelmäßig
verzweigte
Muskelzellen

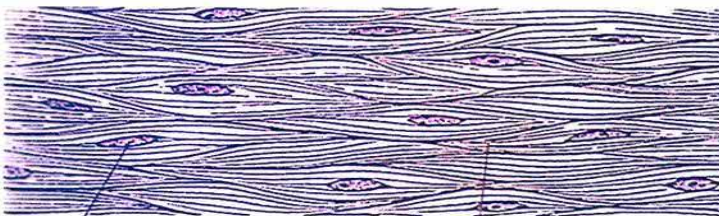
Querschnitt



Mittelständige
Zellkerne

Glatte Muskulatur

Längsschnitt



Zellkern

spindelförmige und
verzweigte Muskelzellen

Querschnitt



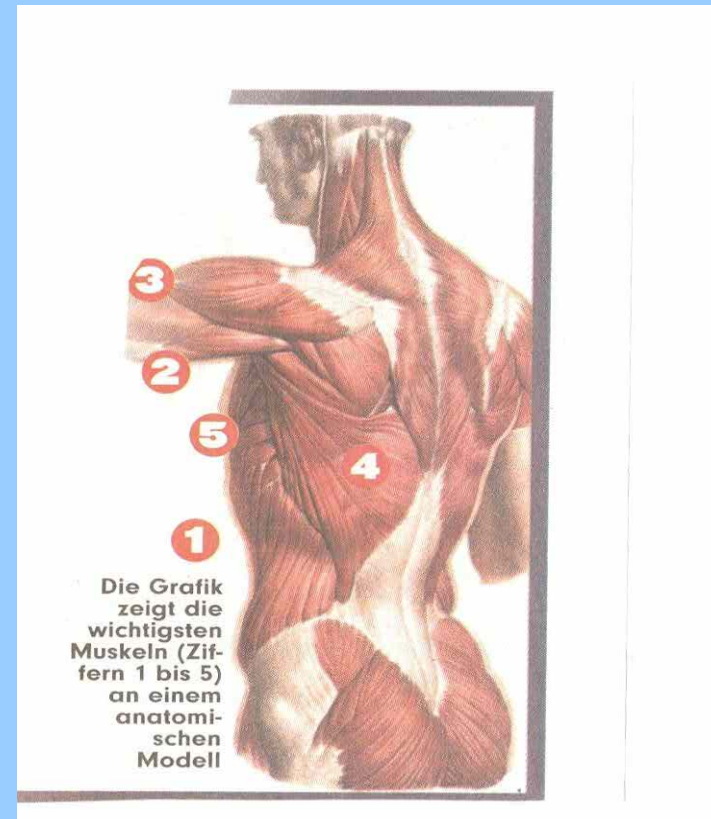
Mittelständige
Zellkerne

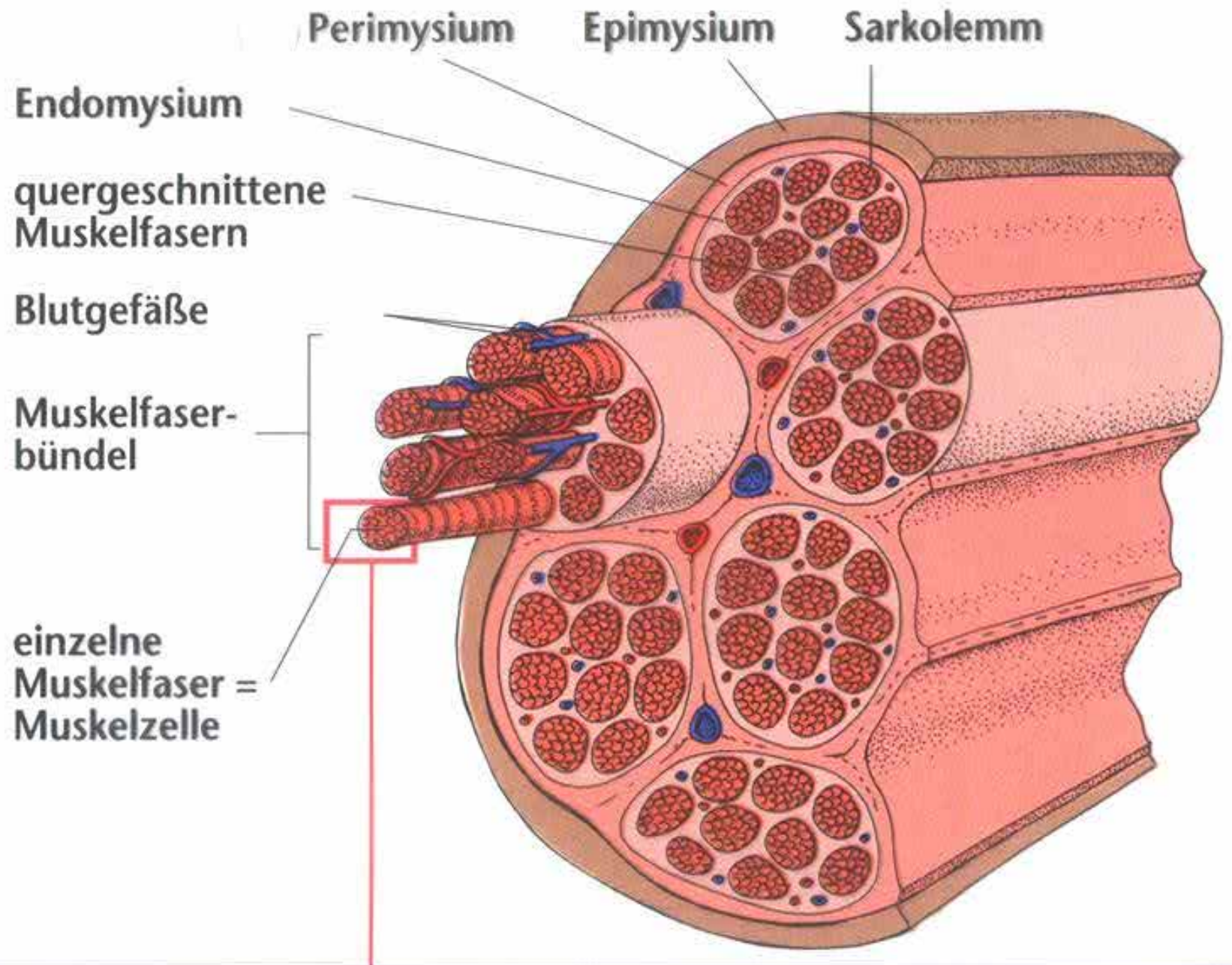
Kinetisches Element

- Muskel
 - Ursprung
 - Ansatz
- Sehne
- Gelenk



Bewegung des Knochens





Perimysium

Epimysium

Sarkolemm

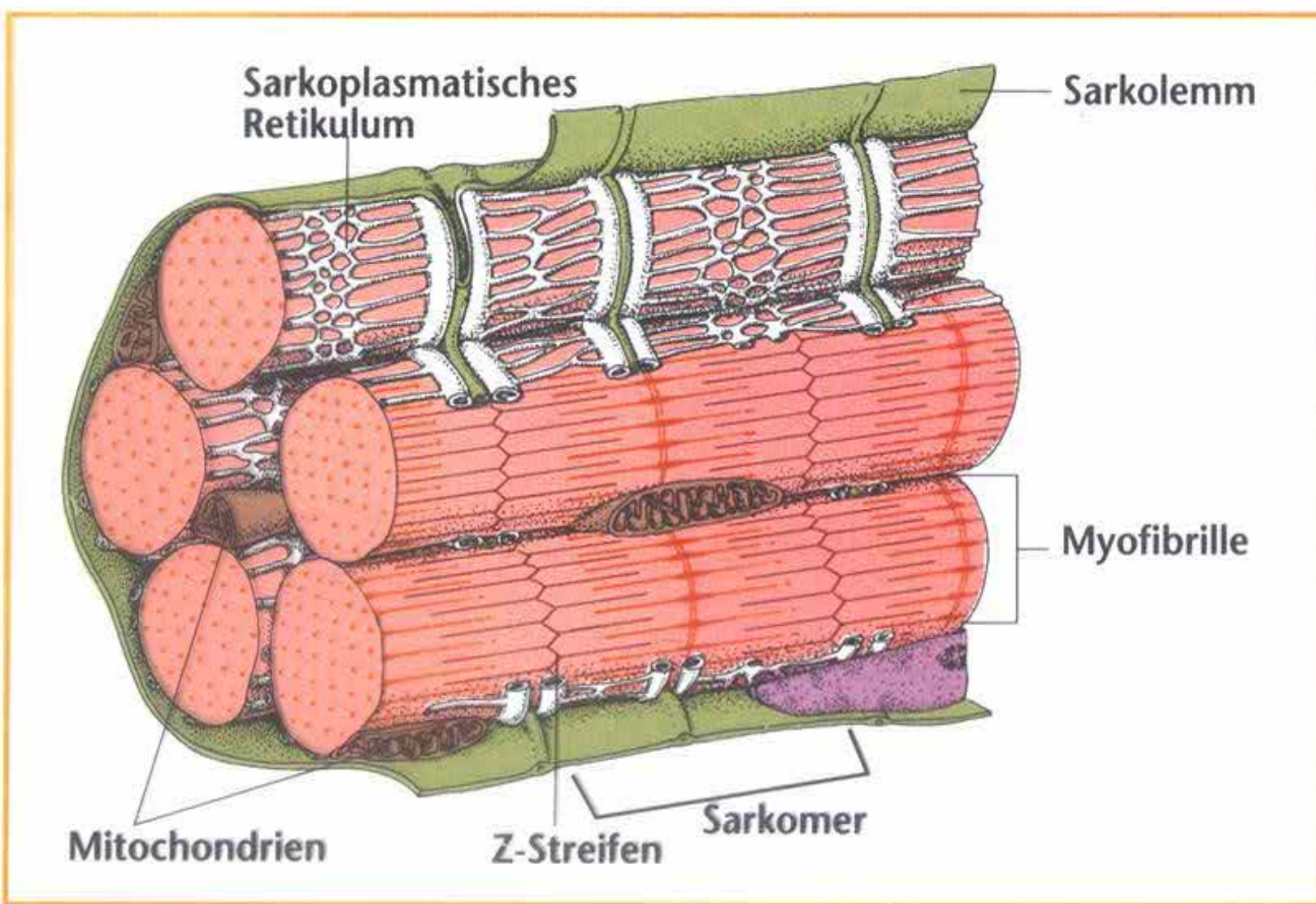
Endomysium

quergeschnittene Muskelfasern

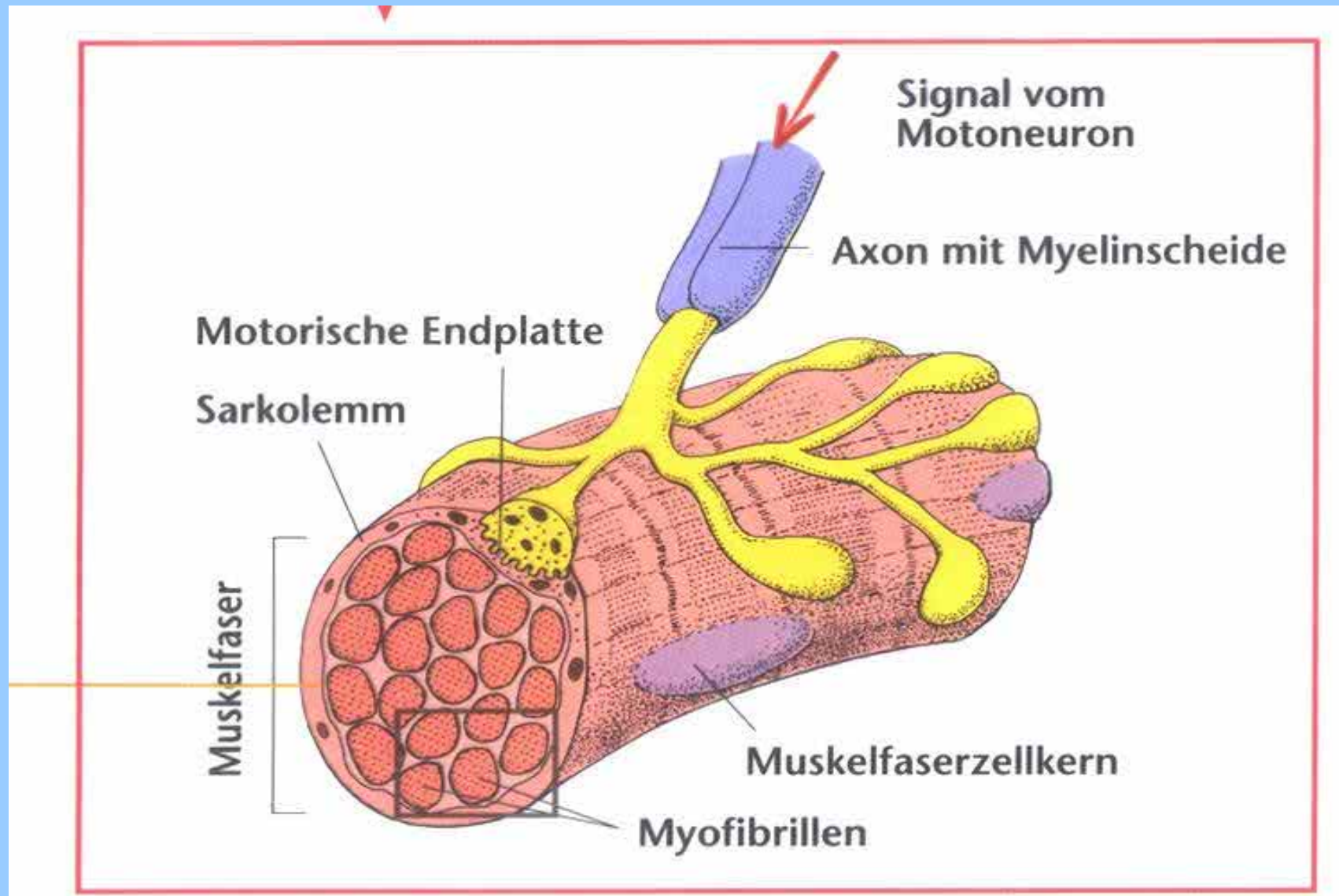
Blutgefäße

Muskelfaserbündel

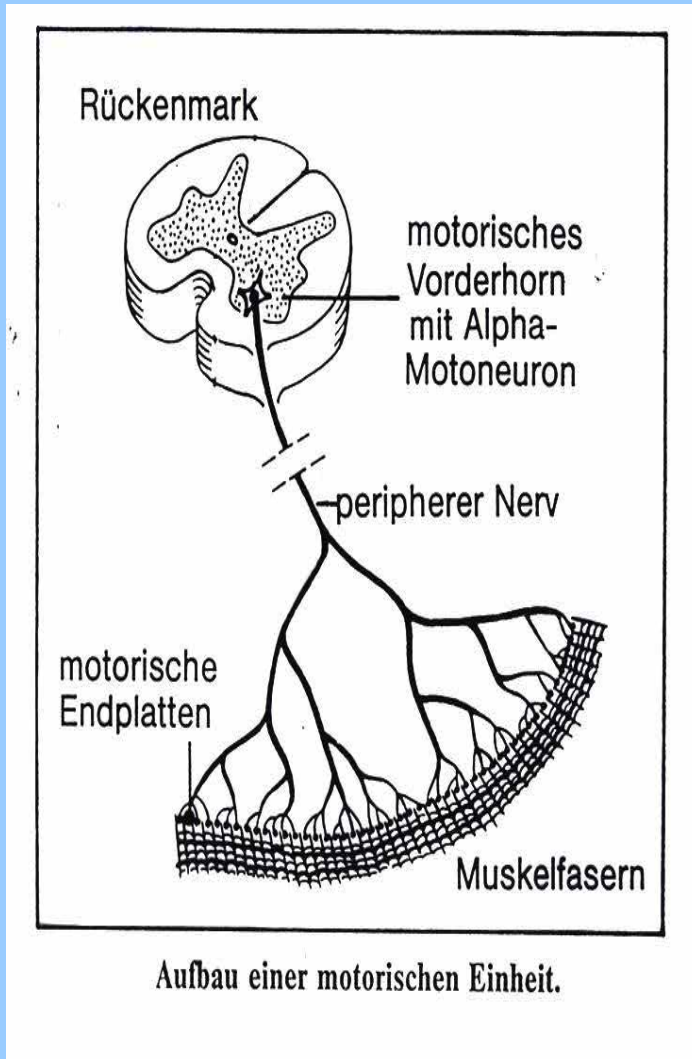
einzelne Muskelfaser = Muskelzelle



Muskelkontraktion



Muskelkontraktion



Transmitter zwischen Nerv und Muskelfaser: **Acetylcholin**

Antwort der Zelle auf diesen Reiz mit Änderung der Ionenleitfähigkeit und des Membranpotentials): **Aktionspotential**

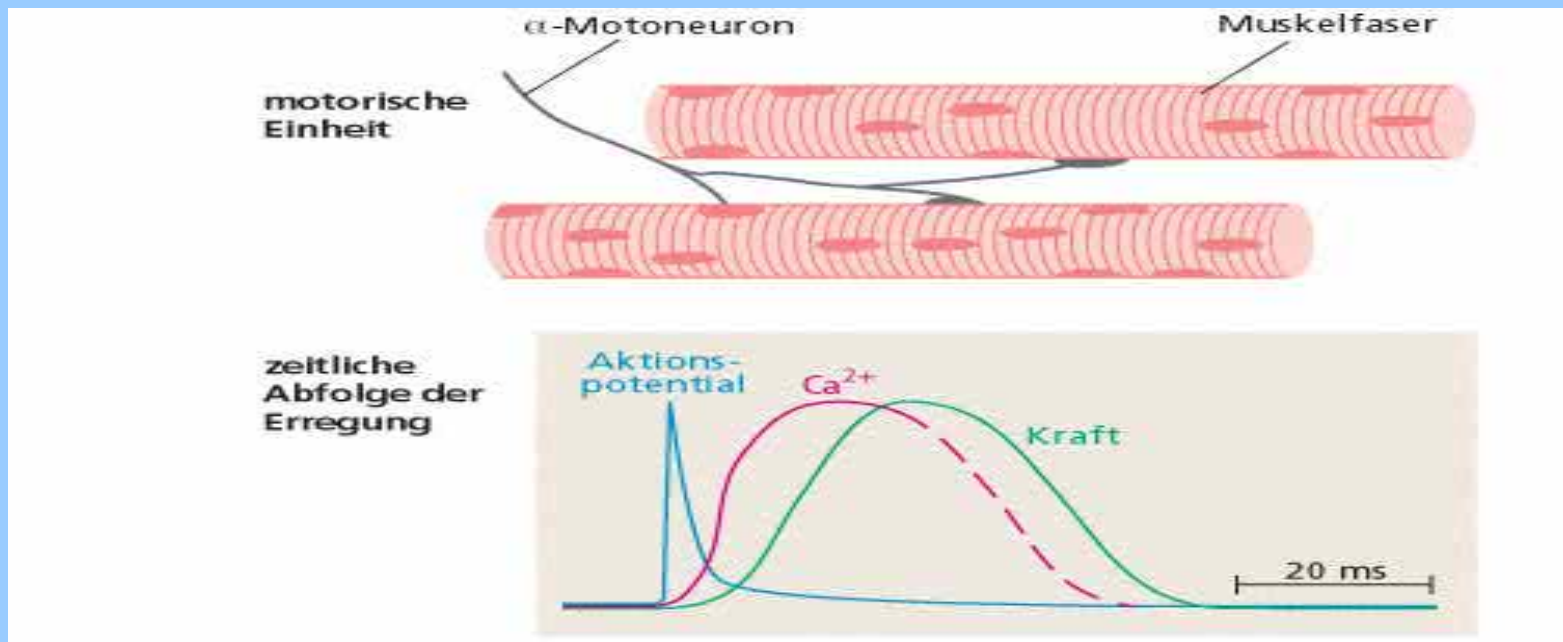
unabhängig von der Größe des Reizes: **Alles-oder-Nichts-Gesetz**

in der Muskelzelle sind erforderlich: **Ca⁺, ATP**

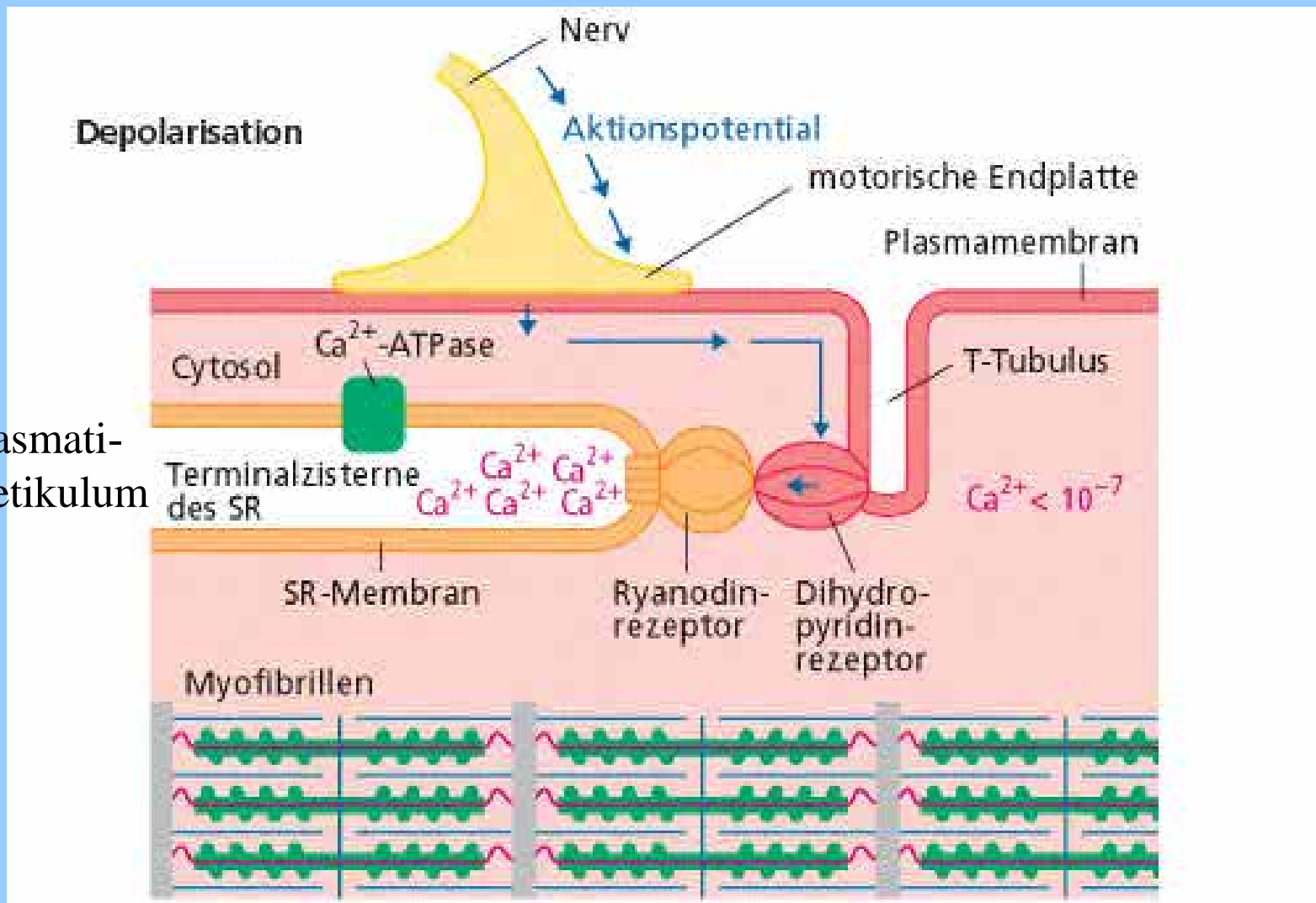
Muskelkontraktion - Aktionspotential

Aktionspotential besteht aus

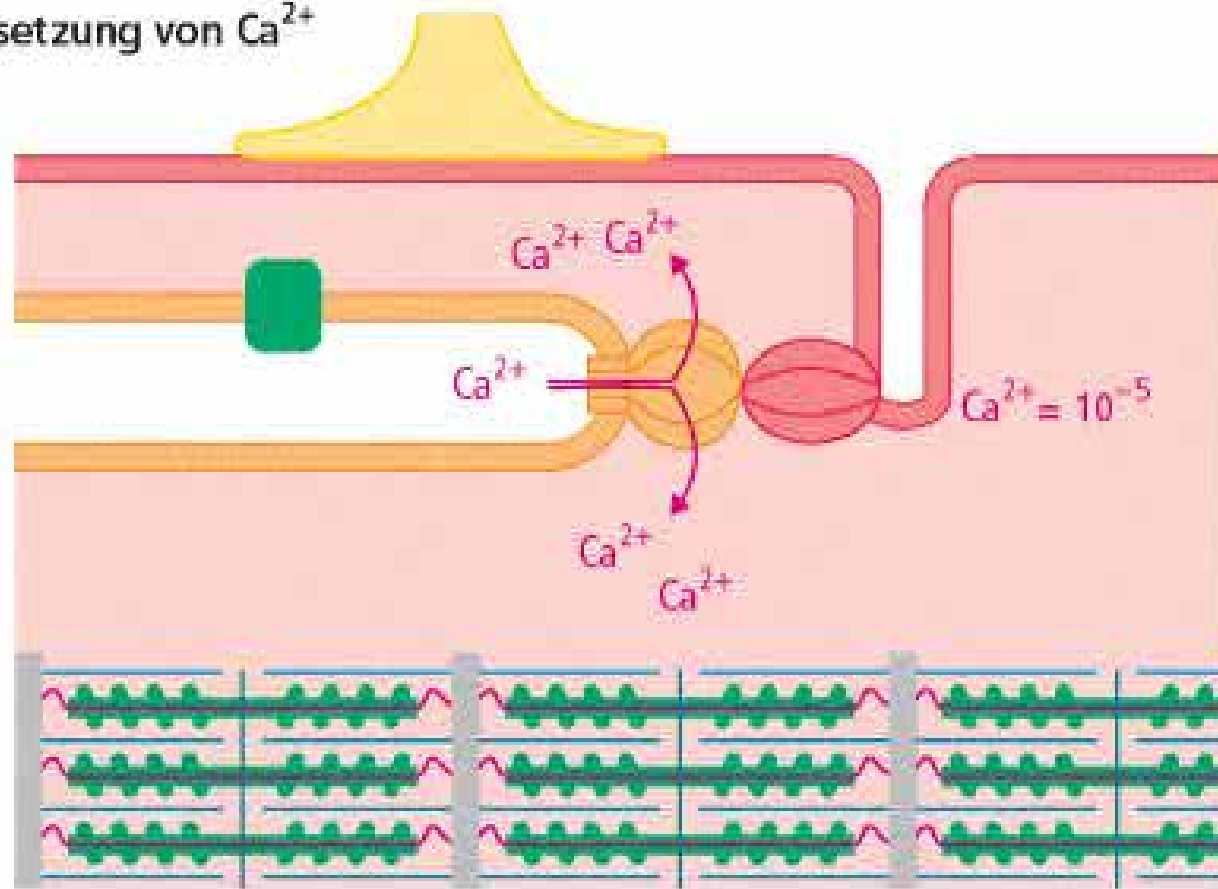
- Depolarisationsphase: Schneller Na^+ -Einstrom in die Zelle (0,1 ms, z.B. +60 mV)
- Repolarisation: Zunahme der K^+ -Leitfähigkeit



Sarkoplasmatisches Retikulum

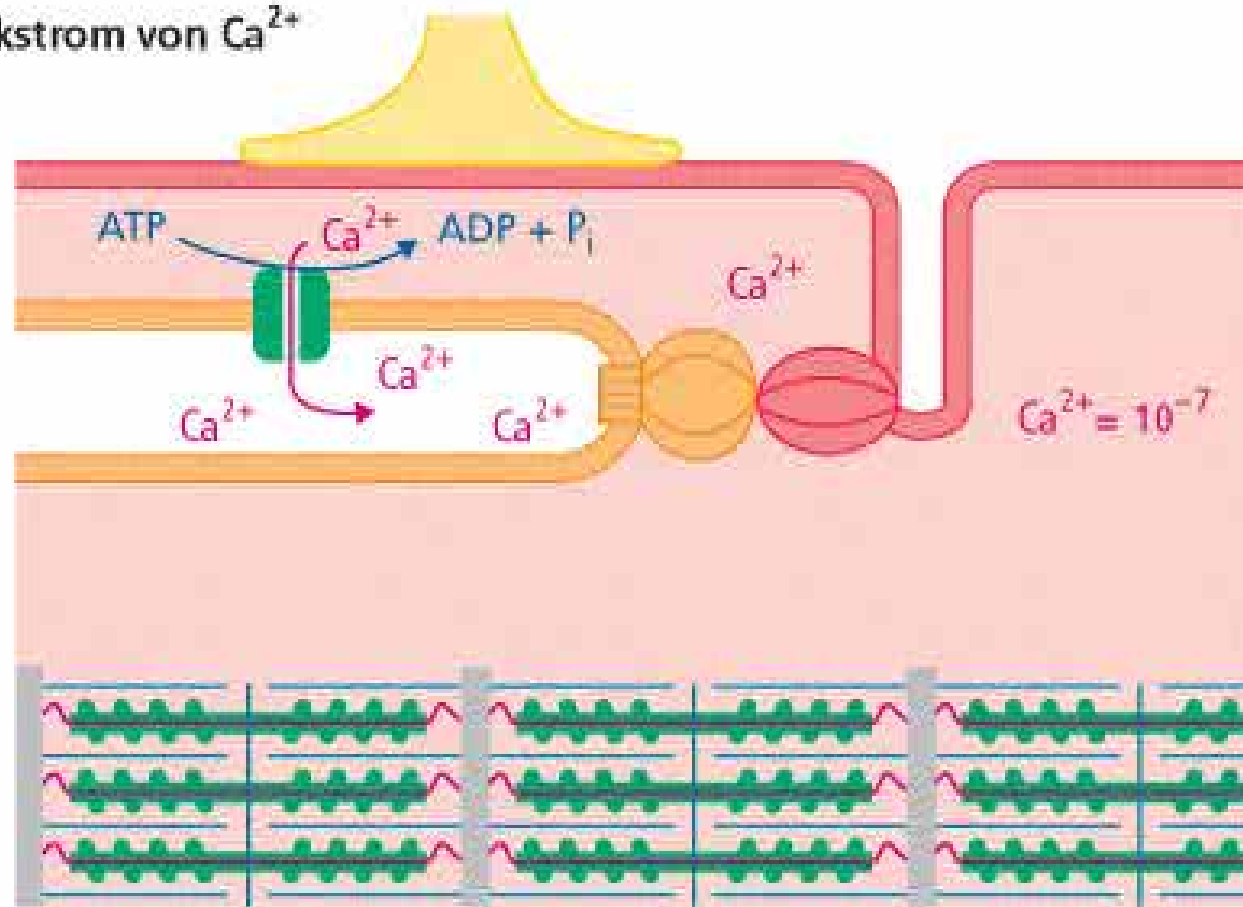


Freisetzung von Ca^{2+}



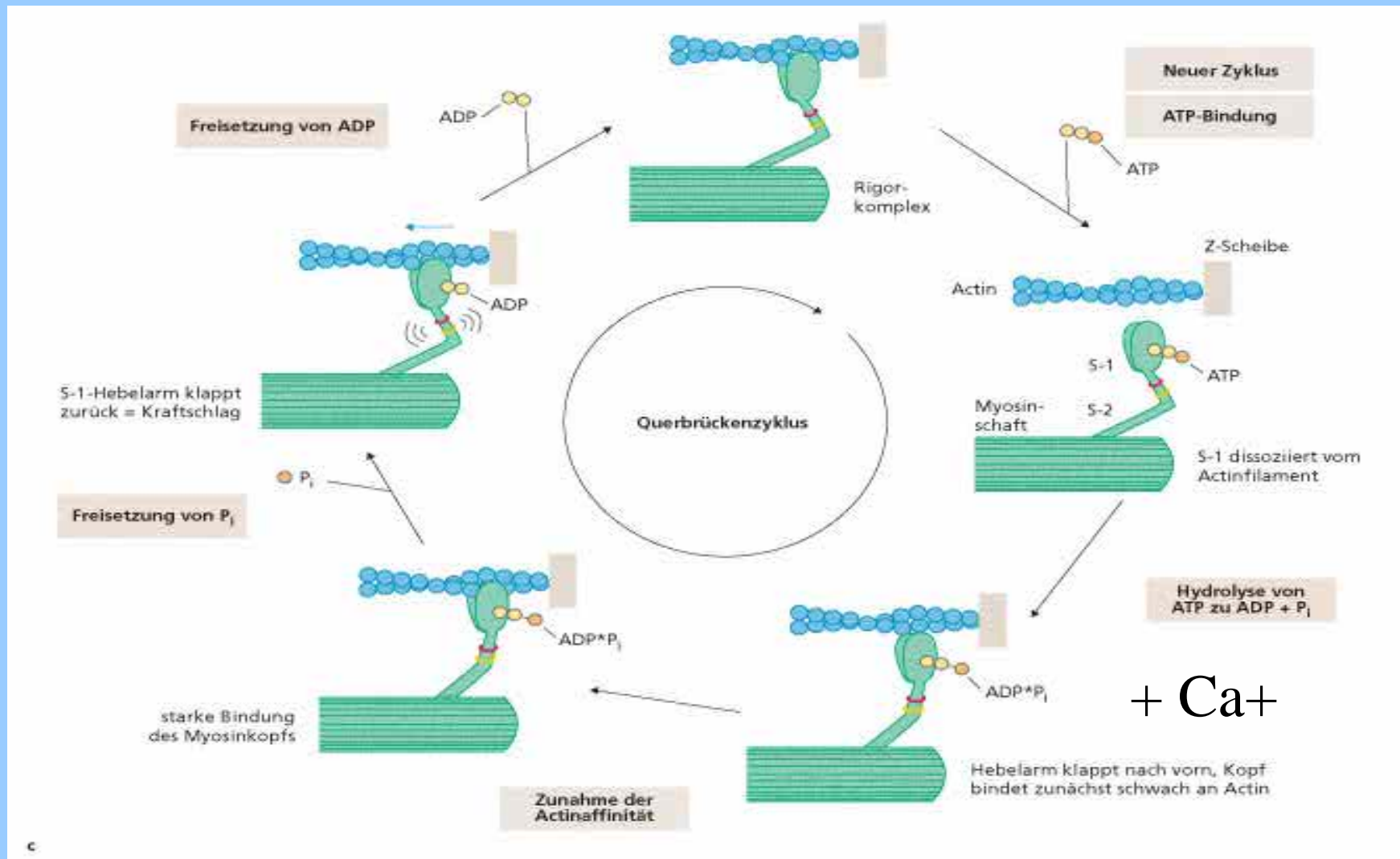
Kontraktion

Rückstrom von Ca^{2+}

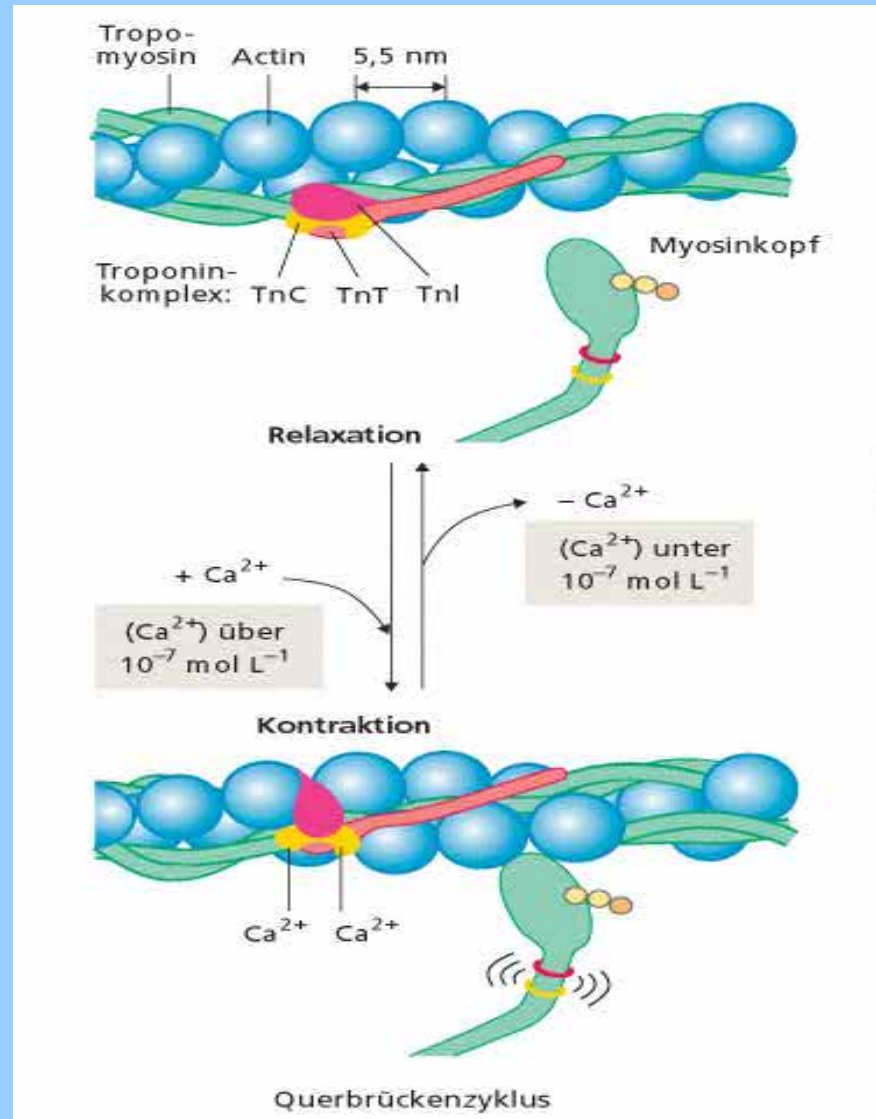


Relaxation

Muskelkontraktion - Querbrückenbindung



Muskelkontraktion - Querbrückenbindung

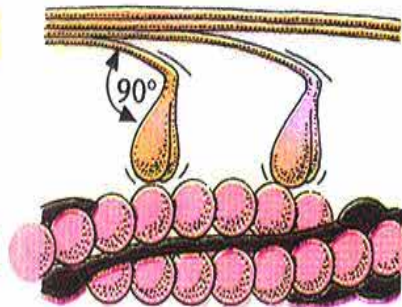


Muskelkontraktion - Querbrückentheorie

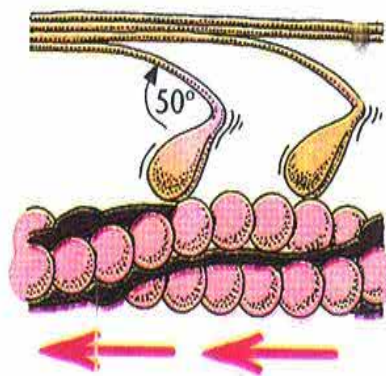
Aktin und Myosin verbinden sich...

Myosin

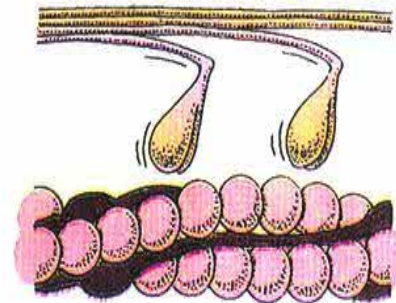
Aktin



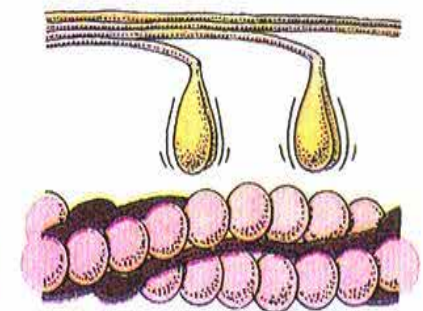
die Myosinköpfchen kippen um und gleiten so an den Aktinfilamenten vorbei.



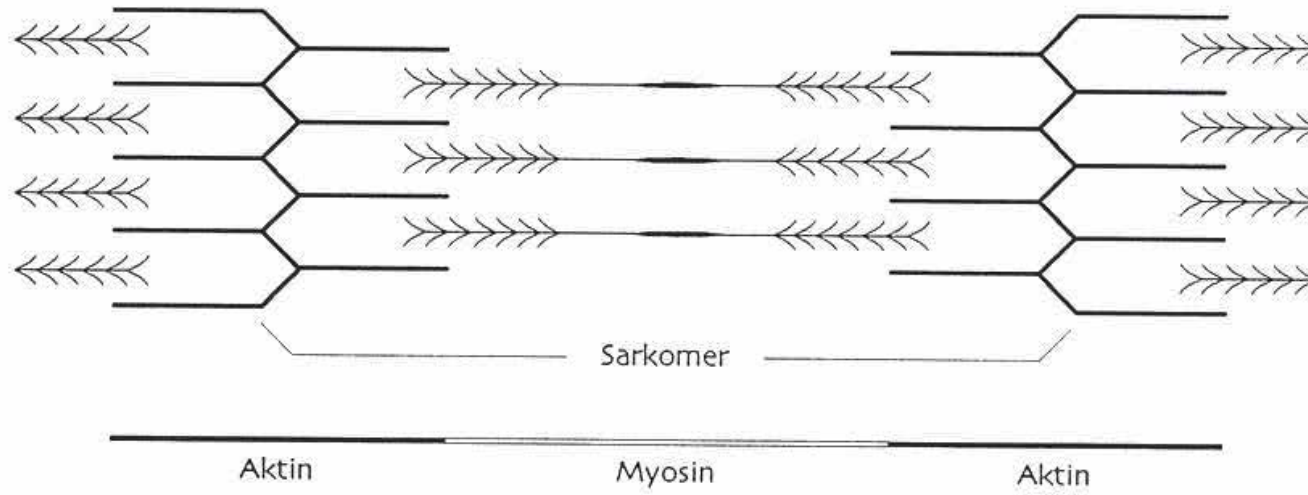
Die Aktin-Myosin Verbindung wird wieder gelöst...



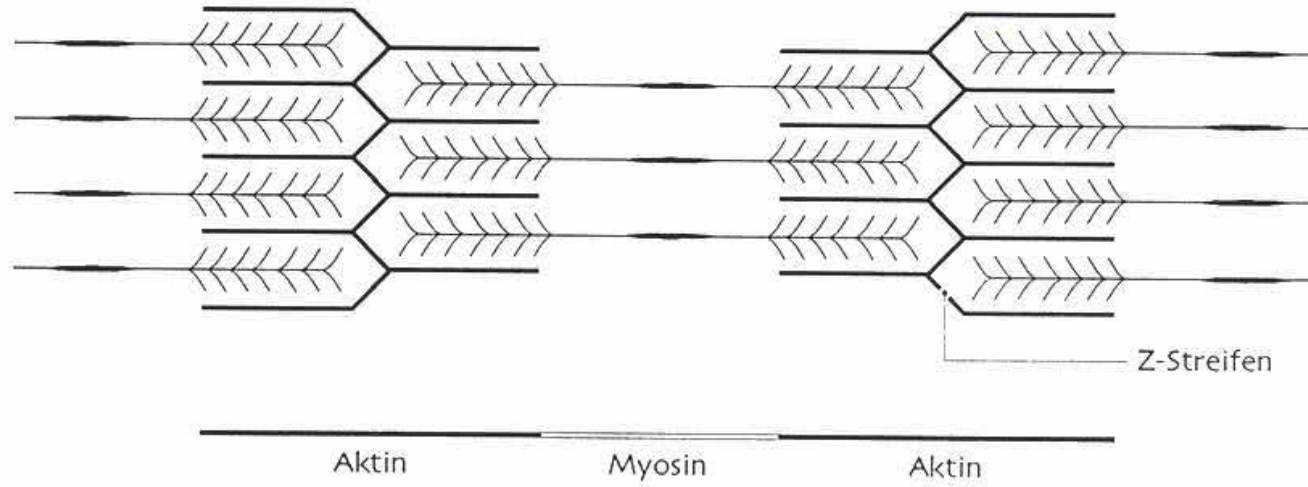
und die Myosinköpfchen richten sich auf, um sich erneut mit dem Aktin zu verbinden

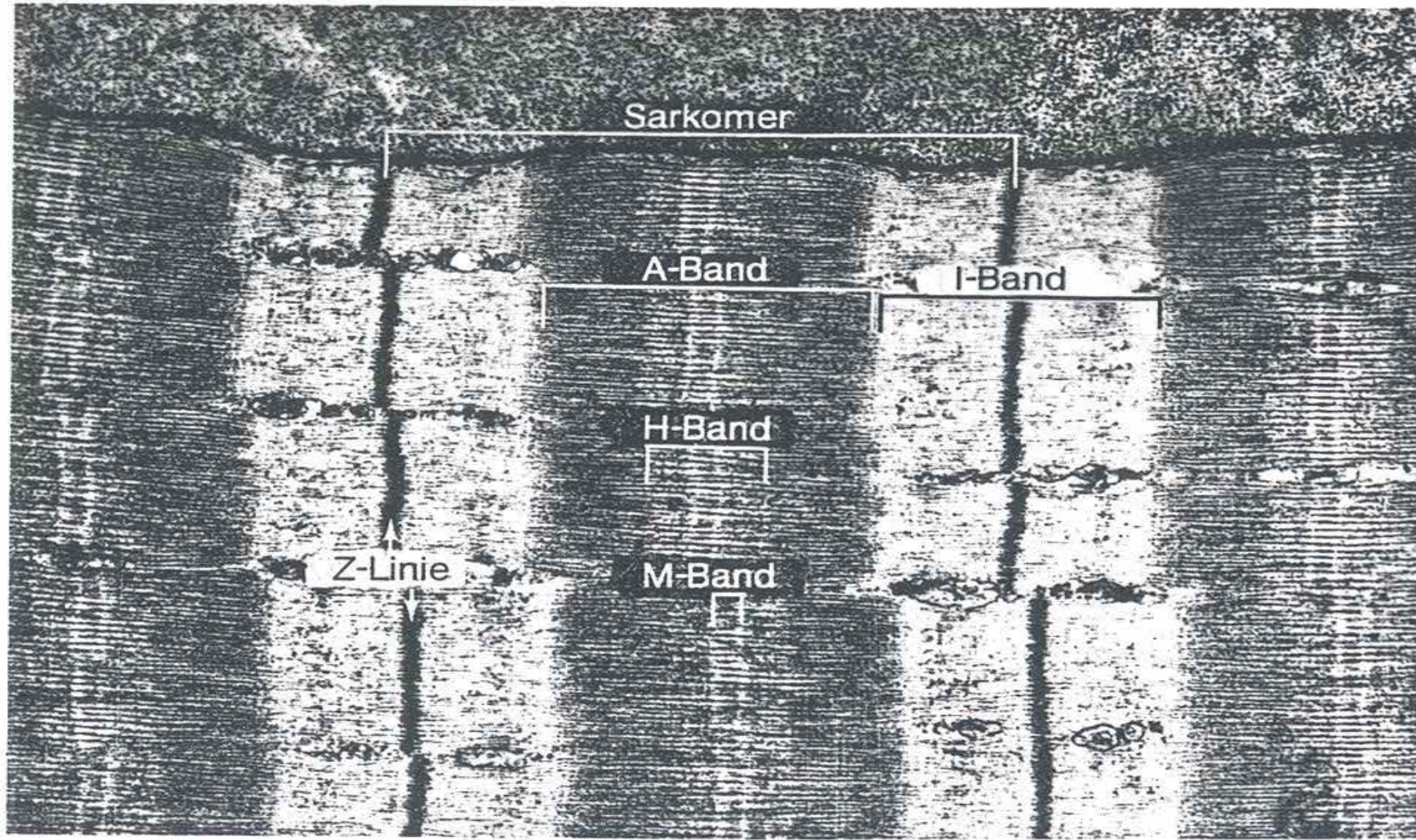


Entspannung



Kontraktion



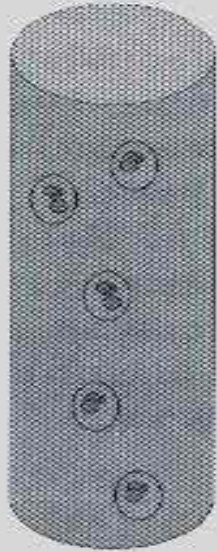


Sarkomer = Funktionseinheit der Muskelkontraktion

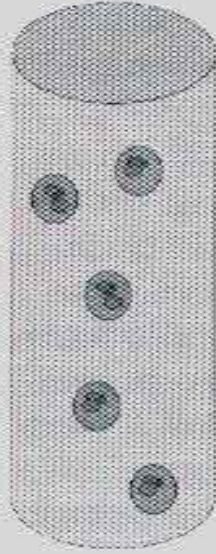
Leistungsbestimmende Faktoren

- Muskelfaserart
- Formen der Muskelarbeit
- Energiebereitstellung
- Muskelquerschnitt und –kraft
- Ausgangslänge
- Lastwiderstand und Verkürzungsgeschwindigkeit

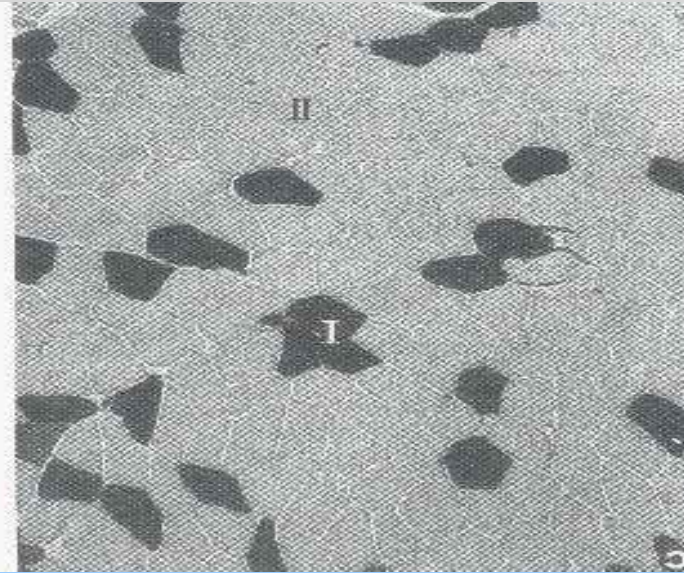
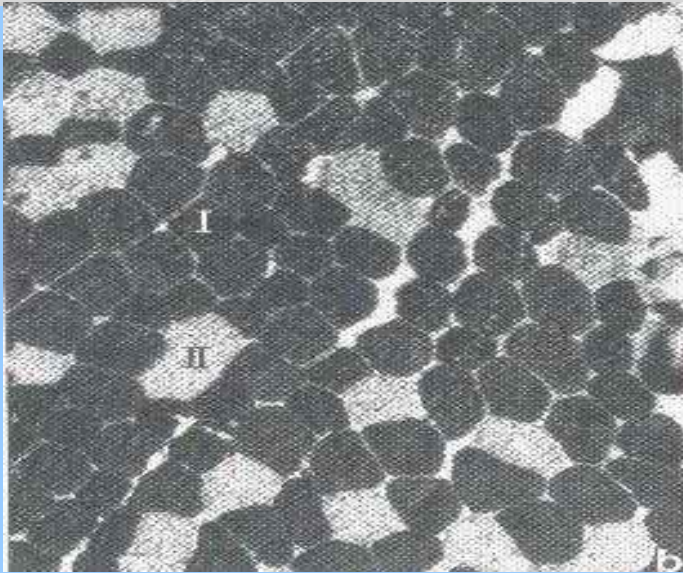
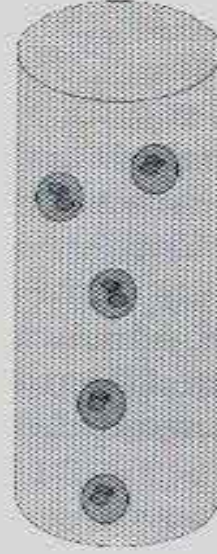
Fasertyp I
langsam



Fasertyp IIA
schnell oxidativ



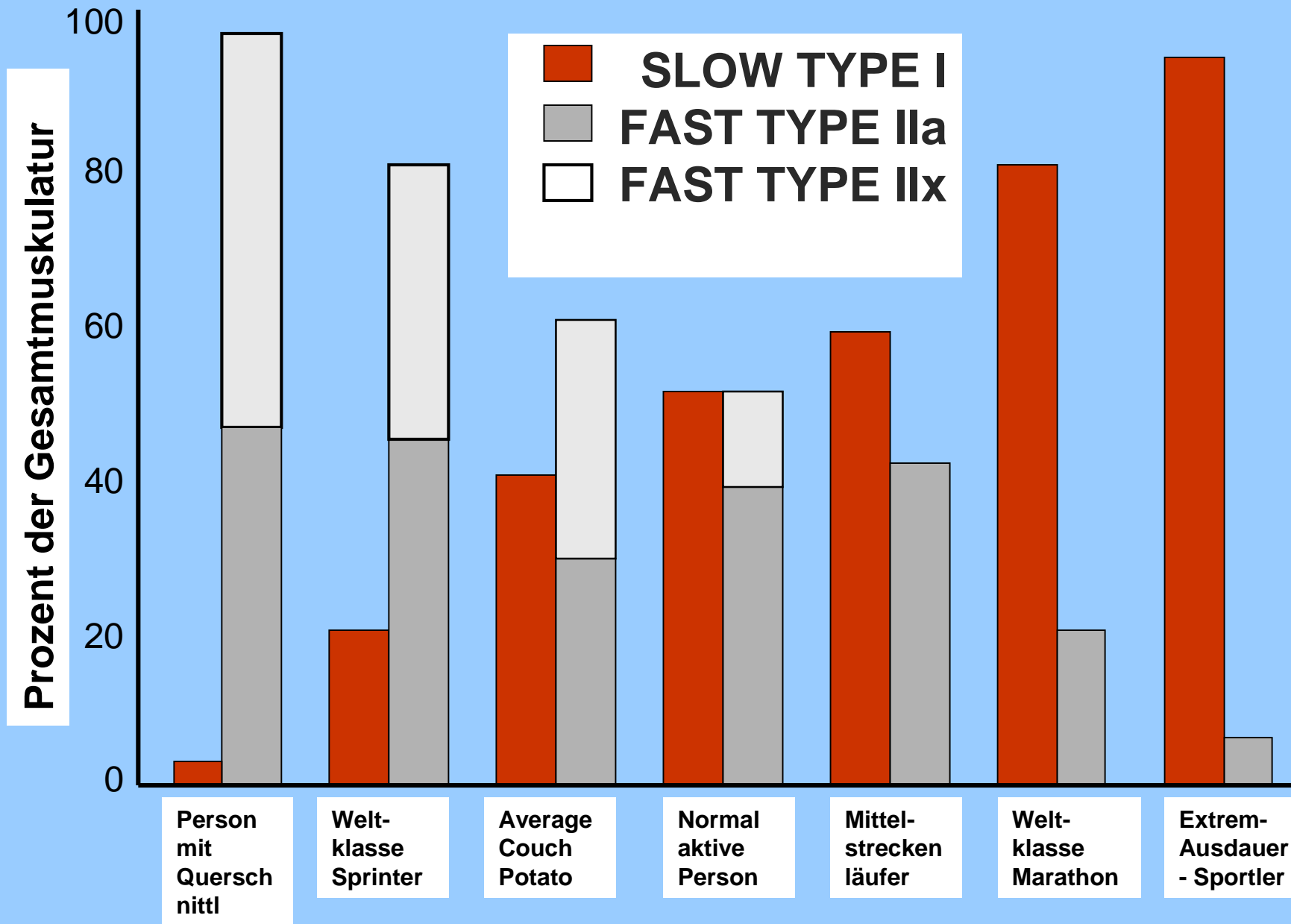
Fasertyp IID
schnell

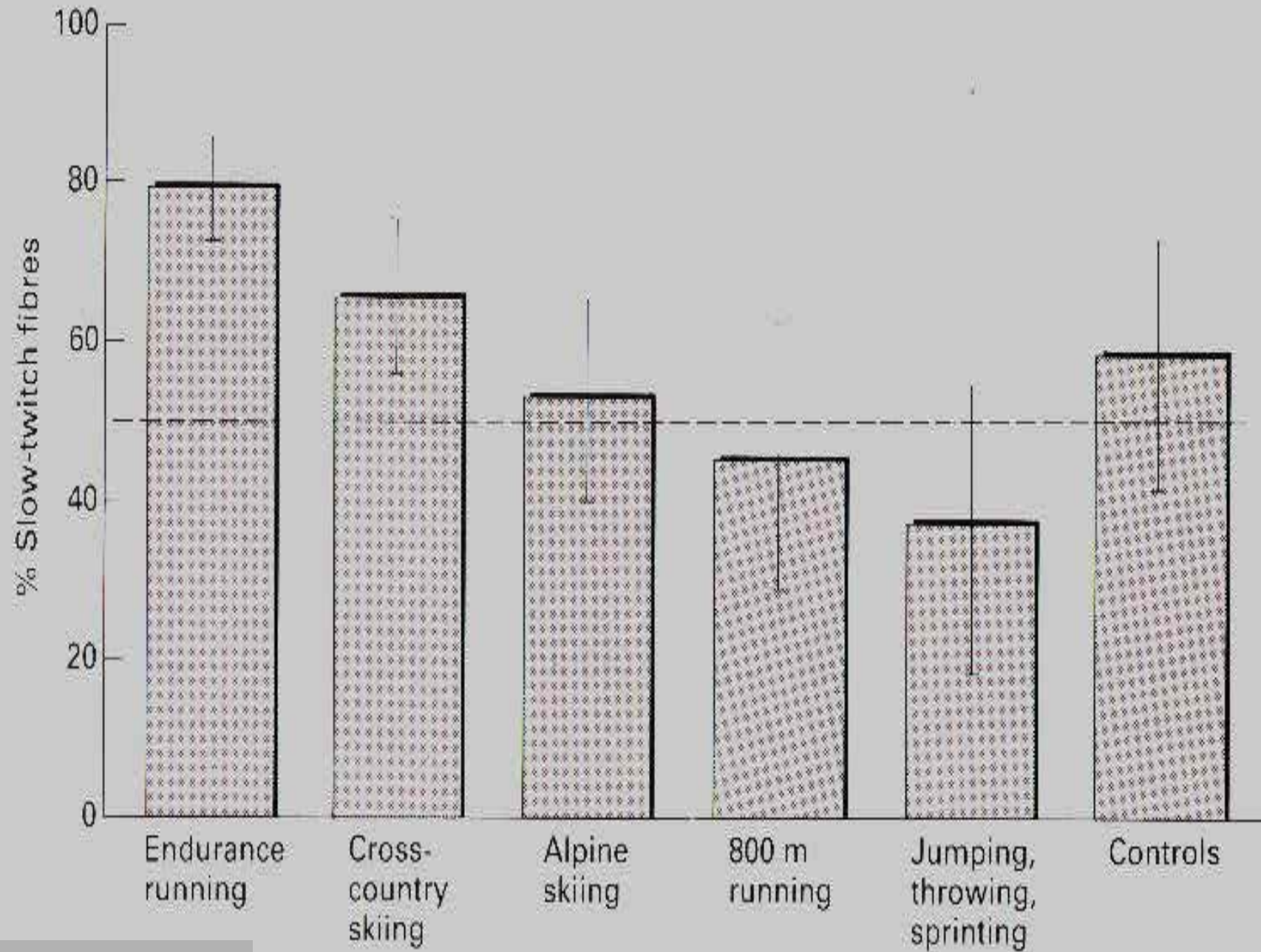


Skelettmuskelfasertypen - Eigenschaft

Fasertyp	I	IIA	IIX(B)
Form	lang, dünn		
Kontraktion	langsam	schnell	schnell
Ermüdbarkeit	gering	mittel	rasch
Myofibrillen	wenig	mittel	viel
Max. Kraft	gering		hoch
Stoffwechsel	aerob	aerob/an-	anaerob
Mitochondrien	viel		wenig
Myoglobin	viel		wenig
Brennstoff	Fett		Glykogen

Physiologie der menschlichen Leistungsfähigkeit





n. Komi 1988

Muskularbeit - Arbeitsbedingungen



Muskelarbeit - Arbeitsbedingungen



dynamische Arbeit

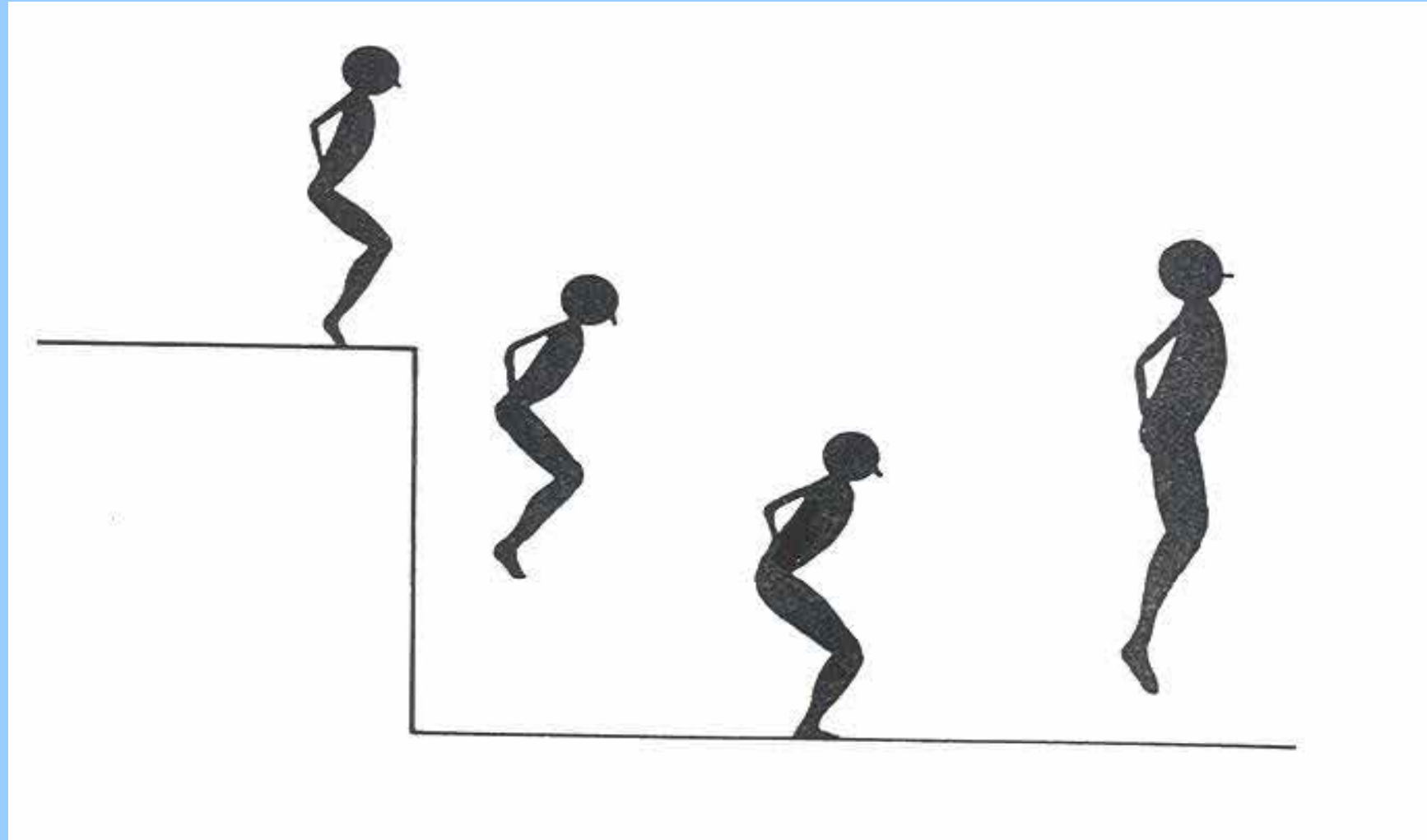
- konzentrisch (Muskel kürzer)
- exzentrisch (Muskel länger)



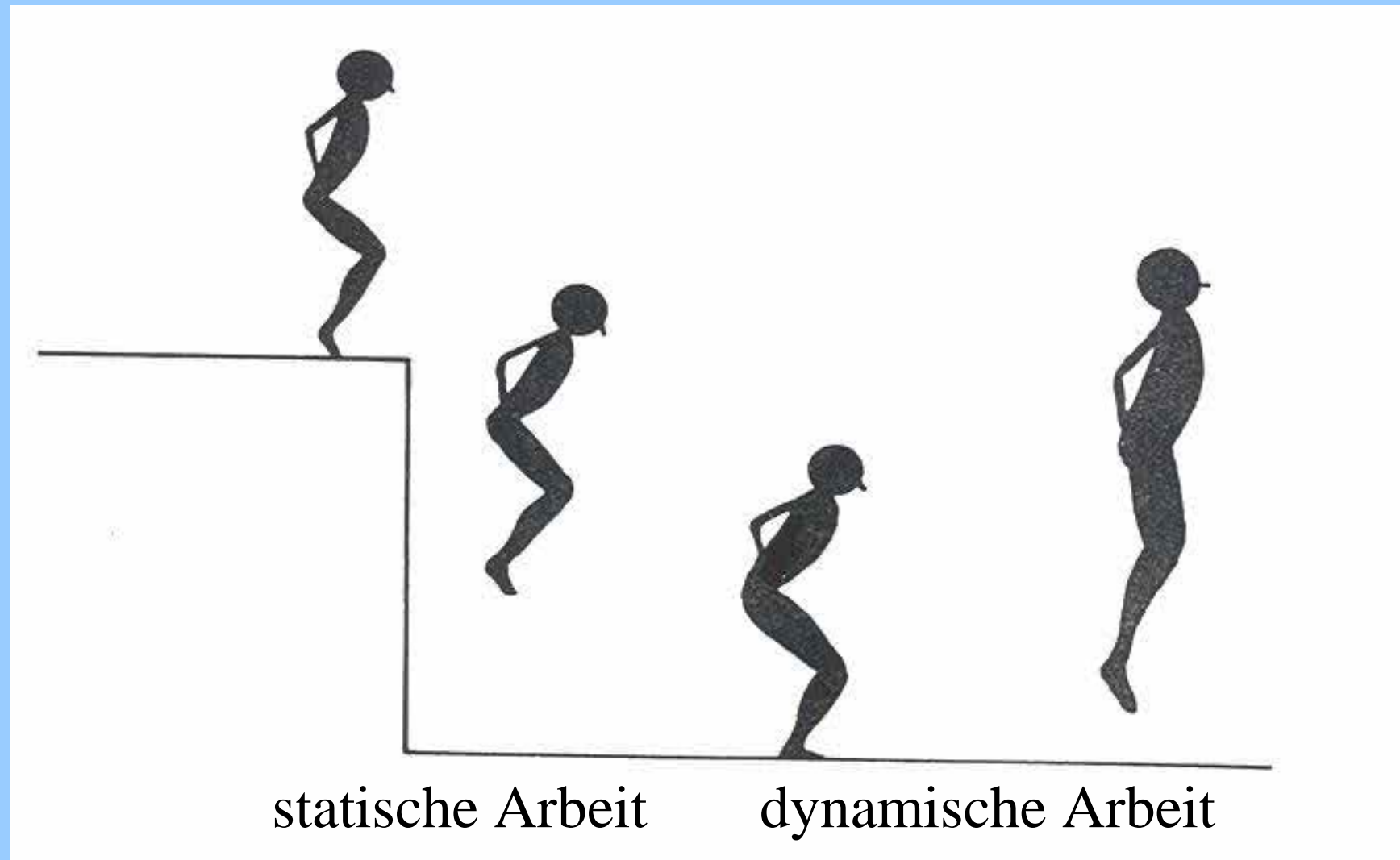
statische Arbeit

- Haltearbeit, keine Längenänderung
- Kraft = Last
- Druck \uparrow , Durchblutung \downarrow

Muskularbeit



Muskelarbeit



statische Arbeit

dynamische Arbeit

exzentrisch

konzentrisch

Muskel - Funktion

1

Foto: WITERS



BAUCH

Das Zentrum der Schlagkraft

Musculus rectus, zu deutsch großer, flacher Bauchmuskel. Oder auch der berühmte Waschbrettbauch. Klitschkos Vertrauensarzt, der Orthopäde **Prof. Bernd Kabelka erklärt**: „Dieser Muskel ist ein eher defensiver Muskel. Er dient zur Abwehr von Leberhaken. Aber du kannst damit auch die Drehung in den Schlag verstärken. Das bringt den Schwung und die Schlagkraft.“

Fritz Sdunek: „Das Zentrum des Boxers ist der Bauchnabel. Alle Schläge kommen aus der Hüfte. Ich habe Wladimir beigebracht, tief zu stehen und aus der Hüfte zu boxen. Boxen ist ein koordinativer Sport, da spielen viele Muskeln zusammen. So auch der Bauch.“

Training: Klitschko trainiert diesen Muskel durch klassische Situps. Oder die Trainer werfen dicke Medizin-Bälle auf den Bauch.

Deckung und Aufwärtshaken in einem Muskel

Foto: ACTION PRESS



BIZEPS

3

Musculus biceps brachii. Der zweiköpfige Oberarm-Beuger. Er ist der beeindruckendste Arm-Muskel. Bei Klitschko sind auf ihm dicke Adern zu sehen. Er braucht viel Blut.

Prof. Kabelka: „Er ist wichtig für die Deckung. Wladimir hält mit seiner Hilfe die Hände fest vors Gesicht. Zusammen mit dem Trizeps hat der Gegner dann Beton vor sich. Außerdem ist er für den wirkungsvollen Aufwärtshaken zuständig. Mike Tyson schickte seine Gegner mit dem Kinnhaken sehr gern auf die Bretter.“

Sdunek: „Klitschko be-

nutzt ihn schon sehr häufig. Aber er bereitet den K.o. lieber mit der Linken vor und vollstreckt dann mit der rechten Geraden. So war es auch gegen Byrd.“

Training: Klassisches Hanteltraining. Der Arm wird mit dem Gewicht von der Streckung in die Beugung gebracht.

2



TRIZEPS

Dieser Muskel macht 80 Prozent der Schlagkraft aus

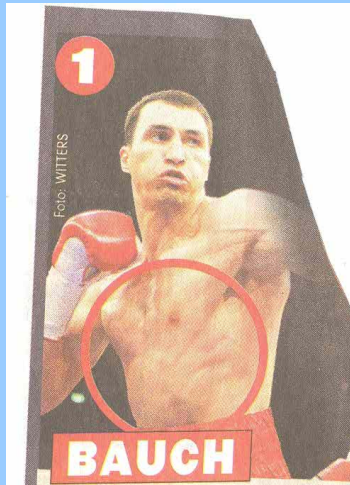
Musculus triceps brachii. Der dreiköpfige Streckmuskel zwischen Ellbogen- und Schulter-Gelenk. Einer der kleinsten Muskeln mit der größten Wirkung. **Prof. Bernd Kabelka**: „Er macht 80 Prozent von Wladimirs Schlagkraft aus.“ Besonders wichtig ist er bei seiner Führungshand, dem Jab. Das ist der Schlag, der vor allem von Boxern mit langen Armen angewendet wird. Der Gegner wird erst mit dem gestreckten Arm auf Distanz gehalten.

Fritz Sdunek: „Wladimir ist für seinen Jab berühmt. Das macht sein Triceps aus.“

Training: Durch Sparring, Bankdrücken, Schattenboxen mit Hanteln (4 Kilo) und eine Spezial-Übung: Wladimir stößt einen Medizinball aus 2m gegen die Wand. Wichtig ist nicht die Größe des Muskels, sondern wie austrainiert er ist. Wladimir: „Es kommt auf Schnelkraft und Kraftausdauer an, nicht auf Maximalkraft.“

- Hauptbewegungsmuskel (Agonist)
- Antagonist
- Synergist
- Haltemuskel

Muskel - Funktion



- **Haltemuskel:** ermöglichen den gezielten Einsatz der Agonisten, fixieren Gelenke



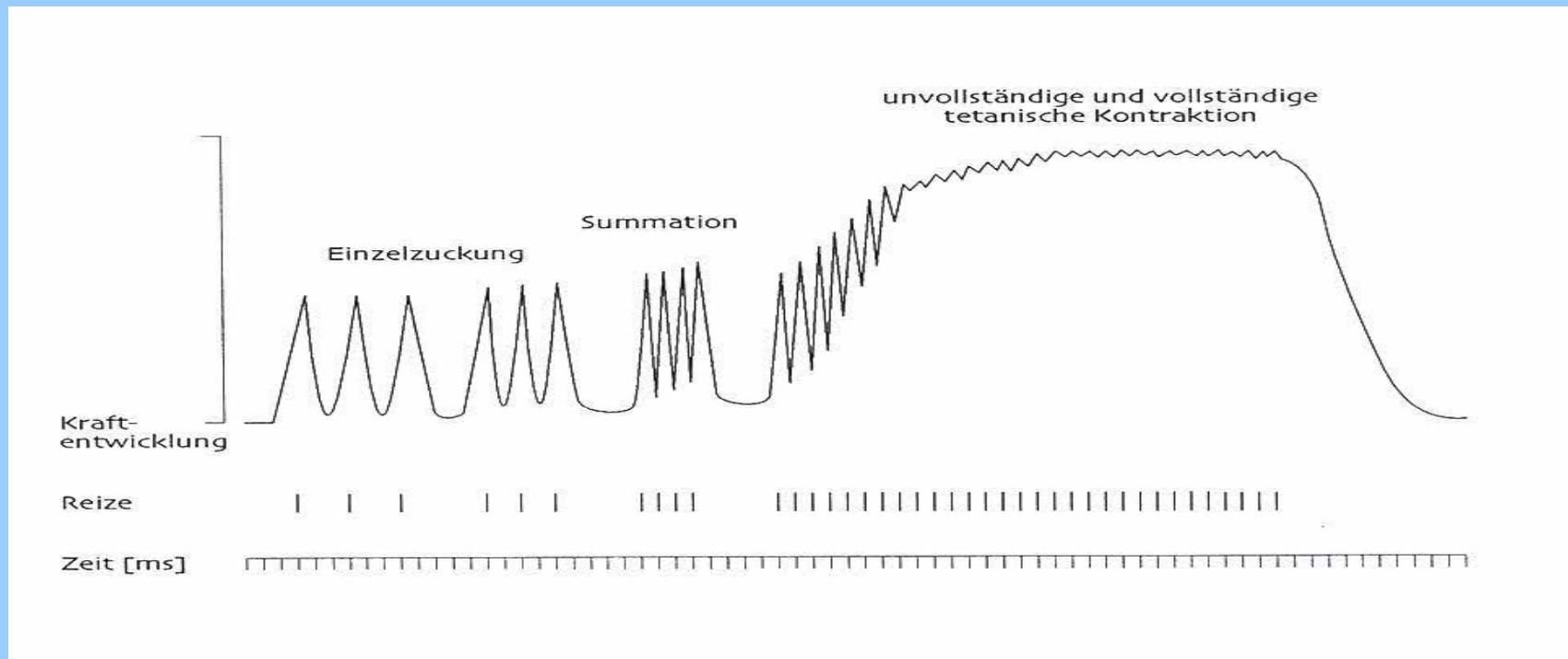
- **Synergist:** unterbindet bei zweigelenkigen Muskeln unerwünschte Mitbewegungen

- **Agonist:** führt primär die Bewegung aus
- **Antagonist:** gegensätzliche Bewegung zur Hauptbewegung, sorgt für dosierte Bewegung und Abbrfemsen

Muskelkontraktion – Dimensionen der Kraft

- **Isometrische Kontraktion:** Keine Längenänderung, Kraft und Spannung steigen an
- **Isotonische Kontraktion:** Muskel verkürzt sich bei unveränderter Kraft
- **Auxotonische Kontraktion:** Muskel verkürzt sich, Kraft nimmt zu
- **Isokinetische Kontraktion:** Bewegungsgeschwindigkeit (Winkel-) während des gesamten Bewegungsausmaßes bleibt konstant

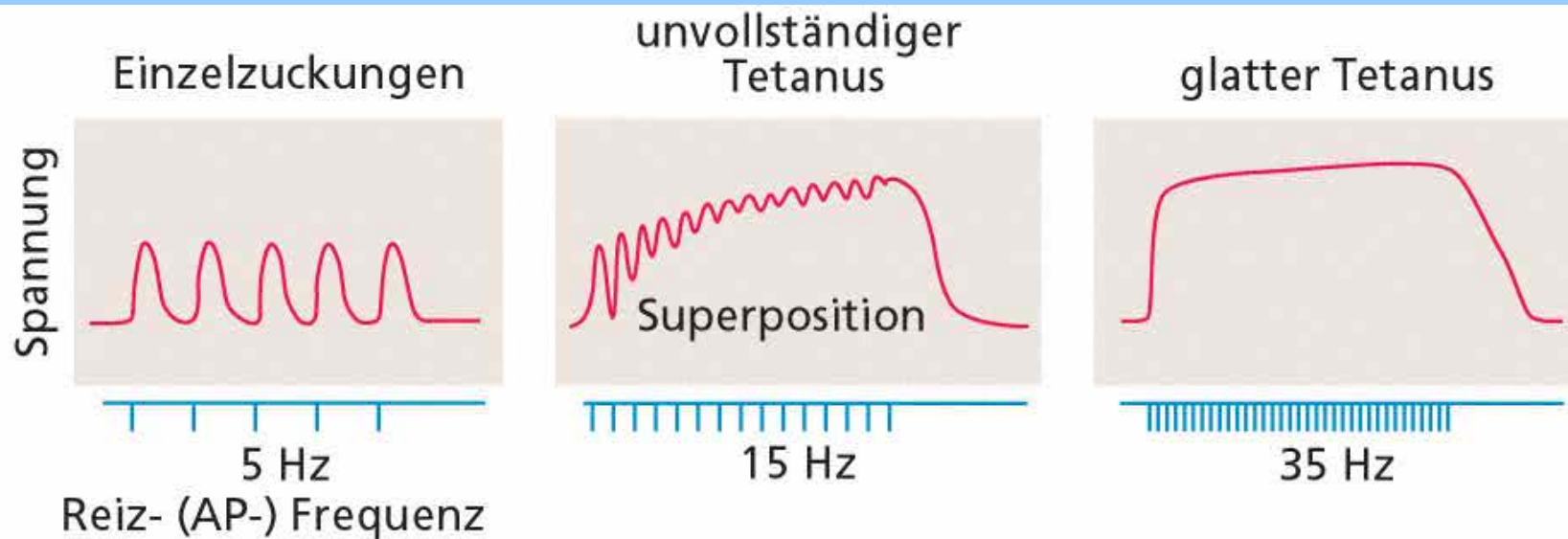
Muskelkontraktion - Kraftabstufung



erfolgt durch die Anzahl der aktivierten Muskelzellen

“Rekrutierung”

und Zunahme der Zahl der Erregungen “Frequenzierung”

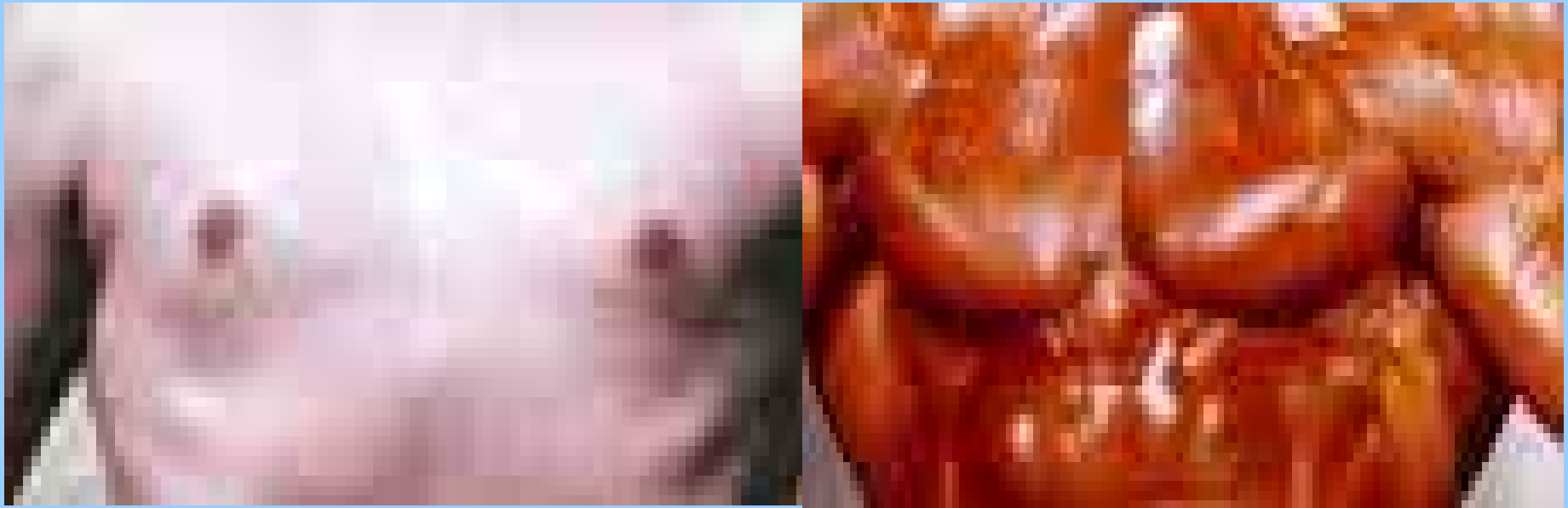


a Einzelzuckungen und tetanische Kontraktionen



b Ableitung der Aktionspotentiale motorischer Einheiten im EMG

Adaptation – Muskel



Adaptation Muskel - Training

- **Hypertrophie**
 - Bildung von Myofibrillen mit der Folge eines größeren Muskelquerschnitts und Muskelmasse ohne Zellvermehrung
- **Hyperplasie**
 - Neubildung von Muskelzellen (Ausdifferenzierung von Satellitenzellen und Verschmelzung)

Adaptation Muskel - Immobilisation

- **Atrophie**
 - Abnahme von Myofibrillen mit der Folge eines geringeren Muskelquerschnitts und Muskelmasse mit entsprechender Kraftabnahme (bis zu 20 % in 4 Wochen)

Adaptation - Muskelmasse



Adaptation - Muskel



20 %



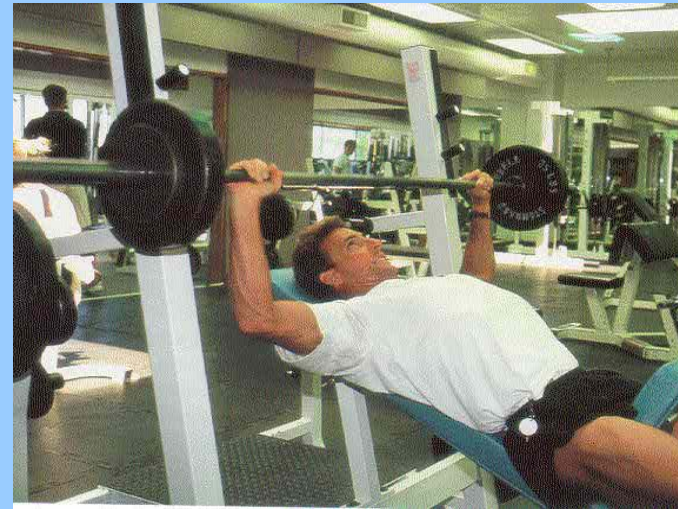
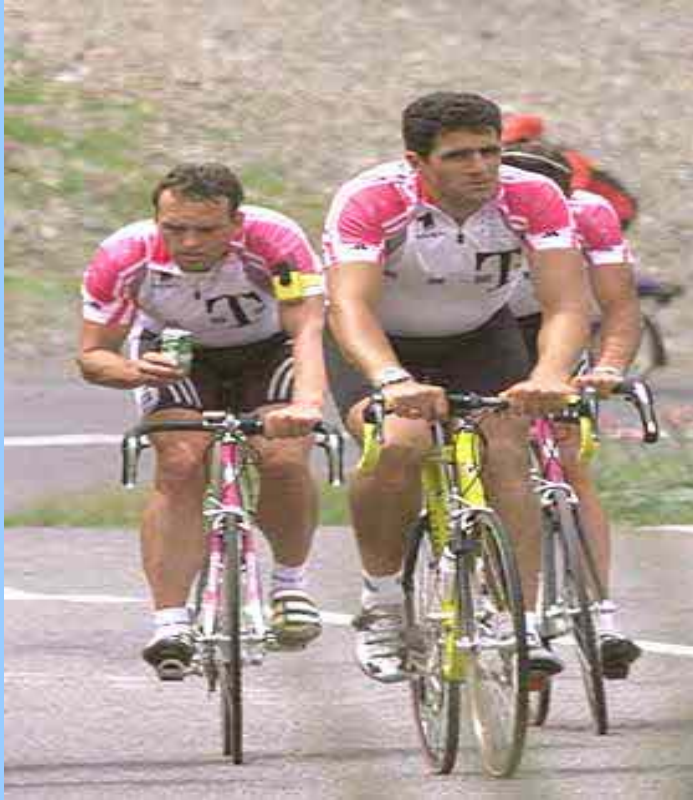
44 %



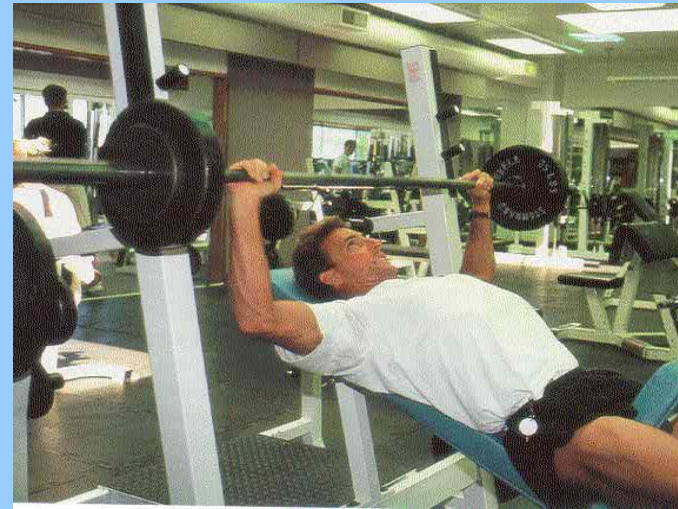
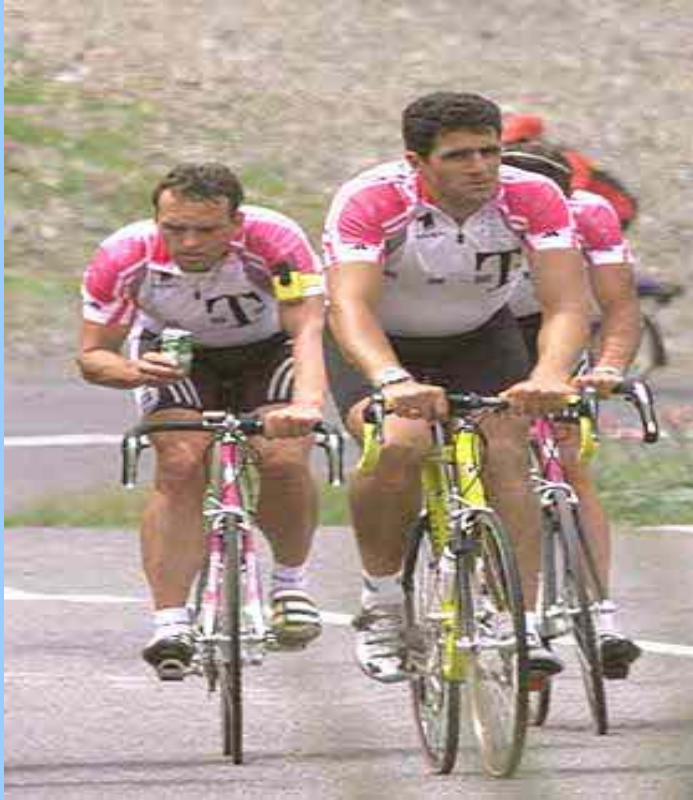
65 %

Anteil der Muskelmasse am Gesamtkörpergewicht

„Muskelkater“ - Ursache



„Muskelkater“ - Ursache

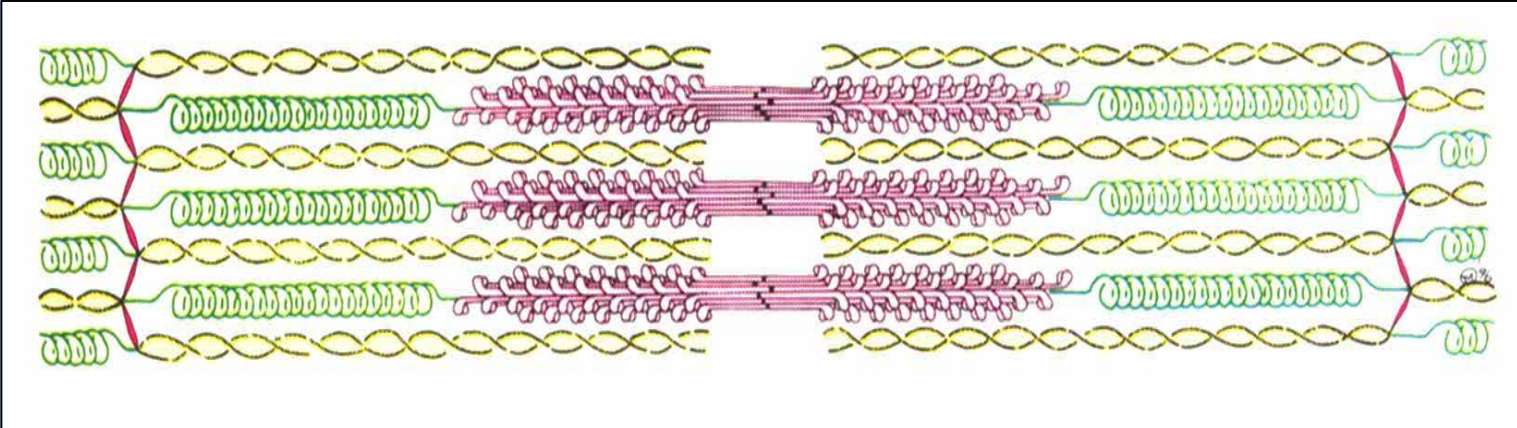


Mikrotraumata, d.h. strukturelle Veränderungen z.B. im Bereich der Z-Streifen mit reaktiver Entzündung

Adaptation – Sehne

- Hypertrophie, größerer Durchmesser
- erhöhter Stoffwechsel
- vermehrte Dämpfung





Fasertyp	I	IIA	IID (2X)	IIB
Vorkommen	Mensch / Nagetier	Mensch / Nagetier	Mensch / Nagetier	nur Nagetiere
Vorherrschende MHC-Isoform	I	Ila	Ild (2x)	Ilb
Kontraktionstyp	langsam	schnell	schnell	sehr schnell
Ermüdbarkeit	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
Blutfluss	hoch	hoch	niedrig	niedrig
Stoffwechsel				
ATPase Aktivität	niedrig	mittel	hoch	hoch
Spiegel energiereicher Phosphate	niedrig	mittel	hoch	hoch
Glykolytische Kapazität	niedrig	mittel	hoch	hoch
Oxidative Kapazität	hoch	hoch	mittel	niedrig
Fettstoffwechsel	hoch	mittel	niedrig	niedrig

Muskelkontraktion - Rekrutierung

