

# Medizinische Trainingstherapie

Krankengymnastik am Gerät (KGG)



**FORTBILDUNGSZENTRUM  
LANGENHAGEN GbR**



**THERAPIEZENTRUM  
LANGENHAGEN**

**Kai Stimpel, MSc, PT-OMT(DGOMT), Osteopath**  
National Instructor Kaltenborn OMT  
Fachlehrer für KGG

## Agenda

- Richtlinien zur Krankengymnastik am Gerät (KGG)
- Anforderungen Erweiterte Ambulante Physiotherapie (EAP)
- Anwendungsfelder und Ziele von Training/ Krafttraining
- Grundlagen der MTT
- Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie
- Krafttrainingsmethoden
- Leistungsdiagnostik
- Gerätekunde
- Sensomotorik
- Mobilisation und Stabilisation der Wirbelsäule
- Dehnen
- Behandlungs-/ Trainingspläne
- Literatur



## Richtlinien zur Krankengymnastik am Gerät (KGG)

### Anforderungen Erweiterte Ambulante Physiotherapie (EAP)



## Richtlinien zur Krankengymnastik am Gerät (KGG)

- Gemeinsame Empfehlung der Spitzenverbände der Krankenkassen zur Mindestausstattung für die Zulassung zur Abgabe der gerätegestützten Krankengymnastik:

- **Raumvoraussetzungen:**

Trainingsfreiraum von 30 m<sup>2</sup>

- **Gerätevoraussetzungen & Zubehör:**

- 2 Universalzugapparate  
( müssen in 1m Abstand voneinander angebracht sein, damit beide Körperhälften gleichzeitig trainiert werden können).
- 1 Vertikalzugapparat (Latzug)
- 1 Trainingsbank
- 1 Funktionsstemma
- 1 Winkeltisch oder hinterer Rumpfheber
- Zubehör pro Zugapparat: Fuß-/ Handmanschette



- **Medizinproduktegesetz (MPG):**

Sämtliche Geräte müssen den Anforderungen des MPG entsprechen( MPBetreibV, [www.bmggesundheits.de](http://www.bmggesundheits.de))



# Anforderungen Erweiterte Ambulante Physiotherapie (EAP)



**Anforderungen der gesetzlichen Unfallversicherungsträger  
für die Beteiligung von Einrichtungen an der  
Erweiterten Ambulanten Physiotherapie (EAP)**  
(in der Fassung vom 1. Juli. 2014)



## 1. Grundsätzliches

- Die Unfallversicherungsträger stellen eine umfassende medizinische Rehabilitation sicher. Für spezielle Verletzungen/Berufskrankheiten kann eine EAP in beteiligten Therapieeinrichtungen erforderlich werden. Bei diesen Therapien handelt es sich um die Kombination von Behandlungselementen aus:
  - Physiotherapie/Krankengymnastik
  - Medizinischer Trainingstherapie
  - Elektrotherapie
  - Hydro- und Thermotheapie
  - Mechanotheapie (z. B. Manuelle Lymphdrainage und Massage)



- Ergotherapie (auch in Kooperation, nach Möglichkeit in den Räumen der EAP-Einrichtung)
- Die verschiedenen Behandlungselemente sind isoliert oder ggf. kombiniert einzusetzen.
- Die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung und die von ihnen beteiligten Einrichtungen bekennen sich zu den Zielen der UN-Behindertenrechtskonvention und verpflichten sich zu einer umfassenden Inklusion von Menschen mit Behinderung einschließlich einer umfassenden Barrierefreiheit beim Zugang zu Leistungen der Heilbehandlung und Rehabilitation.



- **2. Personelle Voraussetzungen**
- **2.1 Ärztliche Beteiligung**

Die Therapieeinrichtung hat eine enge Kooperation mit einem:

- Facharzt für „Orthopädie und Unfallchirurgie“, einem Facharzt für „Chirurgie“ mit Schwerpunktbezeichnung „Unfallchirurgie“ oder einem Facharzt für „Orthopädie“ vertraglich zu regeln. Dieser hat über praktische Erfahrungen in der EAP und der physikalischen Therapie sowie in der unfallmedizinischen Behandlung zu verfügen, z. B. durch Nachweis der Weiterbildungskurse zum Erwerb der Zusatzbezeichnung „Physikalische Therapie und Balneologie“

**oder**

- Facharzt für „Physikalische und Rehabilitative Medizin“ vertraglich zu regeln. Weiterhin gefordert ist hier der Nachweis einer vollschichtigen Tätigkeit von mindestens zwei Jahren in einer Abteilung zur Behandlung Schwer-Unfallverletzter eines zum Verletzungsartenverfahren zugelassenen Krankenhauses. Dies ist durch ein qualifiziertes Zeugnis des für diese Abteilung verantwortlichen Arztes nachzuweisen.



### **Die schriftlich zu regelnde Kooperation muss u. a. die folgenden Vereinbarungen enthalten:**

- Beratung der Therapieeinrichtung allgemein kurzfristig in allen medizinischen Fragen.
- Mitwirkung bei der Aufstellung des jeweiligen Therapieplans bzw. Rehakonzeptes.
- Verfügbarkeit bei notwendig werdenden ärztlichen Leistungen.
- Unterstützung der Therapieeinrichtung bei der Beschaffung notwendiger medizinischer Unterlagen unter Beachtung des Datenschutzes.
- Allgemeine Beratung der Therapieeinrichtung in speziellen Fragen der Indikation für die EAP

In der Therapieeinrichtung steht dem Arzt ein geeigneter Raum entsprechend seinen Aufgaben zur Verfügung. Der Kooperationsvertrag mit dem verantwortlichen Arzt ist dem regional zuständigen Landesverband der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) vorzulegen.



### **2.2 Behandlungsteam**

- Die EAP wird regelmäßig von einem Team in einer geeigneten Therapieeinrichtung erbracht, in der der Arzt nach Ziffer 2.1 sowie Physiotherapeuten, Ergotherapeuten, Sportlehrer, Masseure und med. Bademeister gemeinsam tätig sind. Die personelle Ausstattung muss die Umsetzung des Rehabilitationskonzeptes ermöglichen.
- Das Behandlungsteam besteht aus mindestens 5 Personen, davon mindestens 2 Physiotherapeuten,
- 1 Masseur und med. Bademeister, 1 Sportlehrer sowie einer weiteren Person der vorgenannten Berufsgruppen.



- Zusätzlich ist das Behandlungsteam durch einen Ergotherapeuten zu ergänzen. Dieses kann auch durch eine Kooperation erfolgen.
- Die Therapeuten nach Ziffer 2.2 müssen die Qualifikationsanforderungen der nachfolgenden Ziffern
- 2.2.1-2.2.4 erfüllen.



### **2.2.1 Physiotherapeuten/Krankengymnasten**

- staatliche Anerkennung als Physiotherapeut/Krankengymnast
- mindestens zweijährige Tätigkeit nach der staatlichen Anerkennung mit Schwerpunkt in der Behandlung Unfallverletzter, davon mindestens 6 Monate Tätigkeit in einer Unfallklinik, unfallchirurgischen/orthopädischen Abteilung eines Krankenhauses/einer Rehabilitationsklinik oder Einrichtung der „Erweiterten Ambulanten Physiotherapie - EAP“; diese Tätigkeit darf nicht länger als drei Jahre zurückliegen



- abgeschlossene anerkannte Aus-/Weiterbildung  
(nach § 124 Abs. 4 SGB V) in:
  - Manueller Therapie (von mindestens 250 Stunden) und
  - neurophysiologischen Behandlungstechniken mit mindestens 150 Stunden
- abgeschlossener Grundkurs „Medizinische Trainingstherapie in der EAP“ oder „Medizinische Aufbautherapie“ oder „Krankengymnastik am Gerät“ von 40 Stunden



## 2.2.2 Masseur und med. Bademeister

- staatliche Anerkennung als Masseur und med. Bademeister
- mindestens zweijährige Tätigkeit nach der staatlichen Anerkennung mit Schwerpunkt in der Behandlung Unfallverletzter, davon mindestens 6 Monate Tätigkeit in einer Unfallklinik, unfallchirurgischen /orthopädischen Abteilung eines Krankenhauses/einer Rehabilitationsklinik oder Einrichtung der „Erweiterten Ambulanten Physiotherapie - EAP“; diese Tätigkeit darf nicht länger als drei Jahre zurückliegen
- abgeschlossener Fortbildungskurs „Manuelle Lymphdrainage“ oder „Komplexe Physikalische Entstauungstherapie (KPE)“

Statt der staatlich anerkannten Masseur und med. Bademeister können staatlich anerkannte Physiotherapeuten eingesetzt werden, wenn sie die Anforderungen nach Ziffer 2.2.2 erfüllen. Sie werden nicht auf die Zahl der Physiotherapeuten nach Ziffer 2.2.1 angerechnet.



### 2.2.3 Sportlehrer

- wissenschaftliche Ausbildung zum Sportlehrer mit Abschluss Diplom, Master oder Magister.
- medizinisch-rehabilitative Ausrichtung der Ausbildung oder Abschluss des DVGS-Lehrgangs.
- „EAP Orthopädie/Sporttherapie“ (Nachweis der Absolvierung der Stufen II, III und IV).
- mindestens zwei Jahre vollzeitige Berufserfahrung als Sportlehrer in einer Rehabilitationseinrichtung mit spezieller Erfahrung im Umgang mit medizinischer Trainingstherapie; diese Tätigkeit darf nicht länger als drei Jahre zurückliegen.
- Abgeschlossene Weiterbildung in der Medizinischen Trainingstherapie mit mindestens 100 Stunden (soweit nicht bereits im Rahmen des DVGS-Lehrgangs vermittelt).



### 2.2.4 Ergotherapeuten

- staatliche Anerkennung als Ergotherapeut
- Die Qualifikation des Ergotherapeuten richtet sich nach § 2 der Vereinbarung zwischen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e. V. (DGUV), Berlin, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forst und Gartenbau (SVLFG), Kassel, einerseits und dem Deutschen Verband der Ergotherapeuten e. V. (DVE), Karlsbad, sowie dem Bundesverband für Ergotherapeuten in Deutschland e. V. (BED), Bad Oeynhausen andererseits; diese Tätigkeit darf nicht länger als drei Jahre zurückliegen.



### 3. Sachliche Voraussetzungen

#### 3.1 Räumliche Ausstattung

- Die Therapieeinrichtung soll barrierefrei und muss insbesondere für nicht gehfähige Unfallverletzte zugänglich und entsprechend ausgestattet sein.
- Sie hat die folgende räumliche Ausstattung nachzuweisen:
- 3.1.1 Therapieraum mit
  - einer Fläche für Physiotherapie von mindestens 40 qm
  - einer Fläche für MTT von mindestens 80 qmwerden beide Therapiearten räumlich zusammengefasst, so ist eine Mindestgröße von 110 qm erforderlich.
- 3.1.2 Behandlungskabinen (Mindestgröße 6 qm) mit Behandlungsliegen



- 3.1.3 Raum für den Arzt, der auch für die Erste Hilfe (BGV A 5) geeignet ist
- 3.1.4 Ruheraum/ Aufenthaltsraum
- 3.1.5 Warteraum
- 3.1.6 Toiletten, Duschen und Umkleieräume, getrennt für weibliche und männliche Patienten
- 3.1.7 Raum für „Dritte oder Besprechungen“ (z. B. Ergotherapeuten, Reha-Manager der Unfallversicherungsträger)
- Die Größe der Räume hat der geplanten Zahl der Patienten, die in die Behandlung aufgenommen werden sollen, angemessen zu entsprechen. Als Mindestgröße sind 300 qm erforderlich.



### 3.2 Apparative Ausstattung

Die Therapieeinrichtung hat mindestens die folgenden apparativen Einrichtungen und dafür ausgebildetes Personal bereit zu halten:

- Isokinetisches System einschließlich Computerdiagnose und Aufzeichnungsgerät oder andere Analysegeräte zur Messung von Kraft und Leistung an oberen Extremitäten, unteren Extremitäten und Rumpf.
- Eine ausreichende Anzahl von medizinischen Trainingsgeräten für untere Extremitäten, obere Extremitäten und Rumpf (mindestens jeweils zwei).
- Zugapparat.
- Deckenschlingengerät (Schlingentisch) oder Bewegungsbad.
- Höhenverstellbare Therapieliegen.



- Fahrradergometer und Oberkörperergometer.
- Weichbodenanlage mit einer Mindestaufpolsterung von 30 cm und einer Mindestgröße von 1,5 x 2 Meter.
- Apparative Ausstattung zur Koordinationsschulung (z. B. Trampolin, Posturomed).
- Sprossenwand.
- Gehbarren.
- Spiegel für die Therapie.
- Laufband.
- Einrichtung und Geräte für Kryotherapie.
- Aufbereitungsanlage für Wärmebehandlungen.
- Elektrotherapiegeräte für nieder-, mittel- und hochfrequente Behandlung (insbesondere Tens, Elektromyostimulation, Ultraschalltherapiegerät).
- Motorbewegungsschiene für Schulter und Knie

Die Geräte müssen den jeweils gültigen Sicherheitsbestimmungen entsprechen – Medizinprodukte!



#### 4. Pflichten

- 4.1 Unterstützung der gesetzlichen Unfallversicherungsträger bei der Durchführung ihrer gesetzlichen Aufgaben.
- 4.2 Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen und Teilnahme an Qualitätssicherungsprogrammen.
- 4.3 Beachtung der „Handlungsanleitung zur Verordnung, Durchführung und Kontrolle der KG/EAP/BGSW“ (Berufsgenossenschaftliche Stationäre Weiterbehandlung).



- 4.4 Erstellung eines Therapieplans bei Beginn der Therapie nach erfolgter und dokumentierter Befundaufnahme. Aktualisierung des Therapieplans aus gegebenem Anlass während des Therapieverlaufs. Auf Anforderung Übersendung an den Unfallversicherungsträger.
- 4.5 Durchführung der Behandlung nur durch die unter Ziffer 2.2.1 - 2.2.4 aufgeführten Berufsgruppen mit staatlich anerkannten Abschlüssen sowie den geforderten Zusatzqualifikationen. Zur Abgabe der Leistungen sind die Therapeuten im Rahmen ihrer fachlichen Eignung berechtigt.



- 4.6 Zur Wiederherstellung der funktionalen Gesundheit wird die EAP im Bedarfsfall, in Abstimmung mit dem Unfallversicherungsträger, um die:
  - Ernährungs- und Diätberatung
  - Patientenschulung
  - Psychologische Betreuung
  - Hilfsmittelberatung, -versorgung und –gebrauchsschulung ergänzt.
  
- 4.7 Die Behandlung muss hinsichtlich ihrer Ausführung, Art und Dauer den wissenschaftlich anerkannten Erfahrungsgrundsätzen entsprechen. Nicht in Anspruch genommene Leistungen dürfen nicht abgerechnet werden. Behandlungen die vorzeitig beendet wurden, dürfen nur in dem tatsächlich erbrachten Umfang abgerechnet werden.



- 4.8 Die Angehörigen nach Ziffer 2.2 haften für die Leistungen derjenigen an der Behandlung beteiligten Personen, die nicht die Voraussetzungen nach Ziffer 2.2 erfüllen in gleichem Umfang wie für sich selbst.
  
- 4.9 Die Mitarbeiter der Therapieeinrichtung sind hinsichtlich der personenbezogenen Daten oder Geschäftsgeheimnisse, die ihnen durch ärztliche Verordnung oder in anderer Weise bekannt werden, zum Schweigen verpflichtet. Die Bestimmungen der Datenschutzgesetze in der jeweils geltenden Fassung sind zu beachten. Es wird auf § 203 Abs. 1 Ziff. 1 StGB Bezug genommen. Die Leitung der Therapieeinrichtung hat ihre Mitarbeiter über die Schweigepflicht zu belehren und dies zu dokumentieren.



- 4.10 Die Therapieeinrichtung verpflichtet sich, die Behandlungsmaßnahmen für jede Einheit zu dokumentieren. Aus der Dokumentation muss hervorgehen, an welchen Tagen und in welcher Zeit eine Behandlung stattfand und welche Behandlungsmaßnahmen jeweils in dieser Zeit erfolgten.
- 4.11 Ärztliche Unterlagen und Röntgenaufnahmen über EAP-Patienten sind mindestens 15 Jahre aufzubewahren.



## **5. Beteiligung**

### **• 5.1 Prüfung der Voraussetzungen**

- Die notwendige Prüfung zur Erfüllung aller geforderten Voraussetzungen erfolgt durch den regional zuständigen Landesverband der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV).
- Dem Landesverband sind von der Therapieeinrichtung alle erforderlichen Angaben mit den persönlichen Unterlagen der Mitwirkenden nach Ziffer 2.2 einschließlich deren Qualifikation mit Zusatzausbildung vorzulegen.
- Der Landesverband überprüft die Therapieeinrichtung durch Besichtigungen.



- **5.2 Wechsel der Therapeuten**

- Bei Wechsel der Therapeuten nach Ziffer 2.2 ist dies dem Landesverband anzuzeigen. Gleichzeitig sind die neuen Therapeuten mit deren besonderer Qualifikation unter Vorlage der entsprechenden Unterlagen zu benennen.



- **5.3 Erlöschen der Beteiligung**

- Die Beteiligung erlischt, wenn:
  - die Anforderungen ganz oder teilweise nicht mehr erfüllt werden,
  - Therapeuten wechseln oder ausscheiden,
  - Therapeuten nicht mehr über die geforderten Qualifikationen verfügen,
  - die ärztliche Beteiligung nicht mehr sichergestellt ist oder
  - die Einrichtung vertraglich eingegangene Verpflichtungen nicht einhält.

- **5.4 Kündigung**

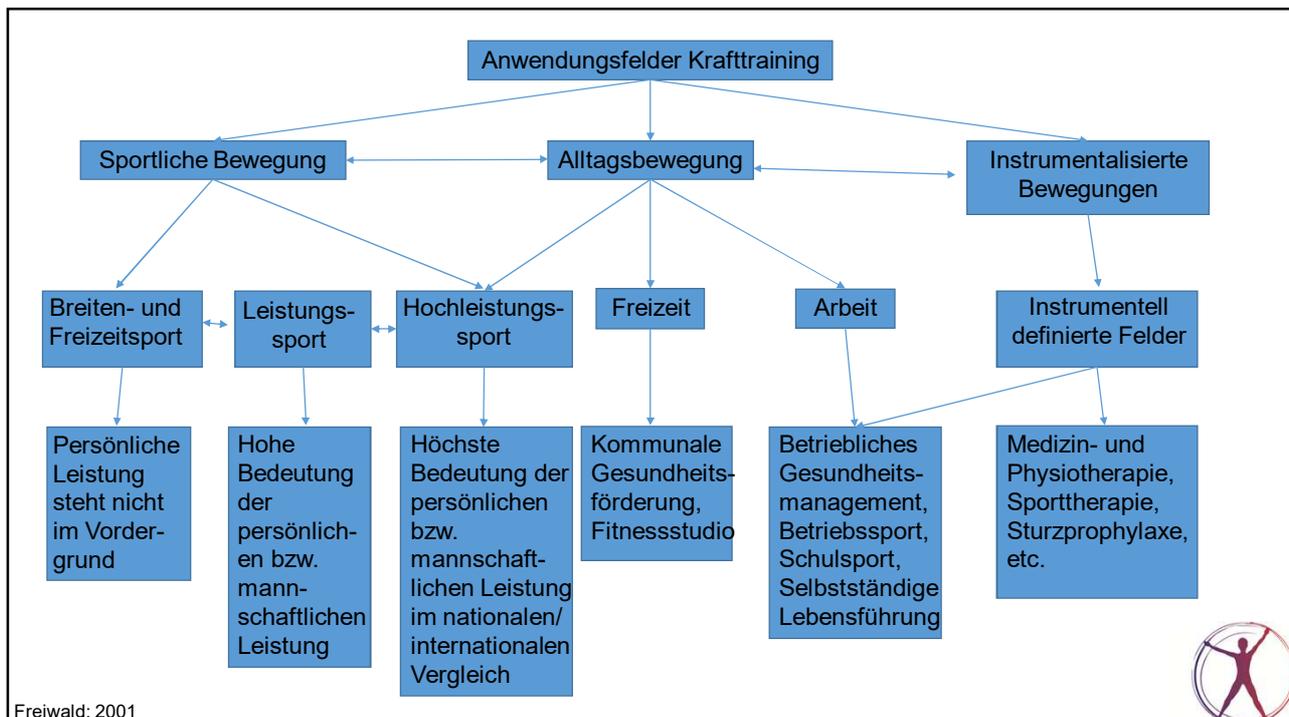
- Die Beteiligung endet bei Kündigung nach Maßgabe des § 59 SGB X.

- **6. Vergütung der Leistungen**

- Die Vergütung der Leistungen richtet sich nach dem jeweils gültigen Gebührenverzeichnis.



# Anwendungsfelder und Ziele von Training/ Krafttraining



## Ziele von Krafttraining im Sport:

- Verbesserung der Leistung in der jeweils betriebenen Sportart, insbesondere in den Sportarten, die durch hohe Kraft und Schnelligkeit gekennzeichnet sind.
- Vergrößerung der Energiespeicher.
- Verbesserung der Beweglichkeit.
- Verbesserung der Ausdauerleistung.
- Verbesserung der Schnelligkeit.
- Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination.
- Verbesserung der Regenerationsfähigkeit nach hohen Belastungen.
- Unterstützung kompensatorischer Bewegungsstrategien.



## Ziele von Krafttraining im Alltag:

- Aufbau von Muskelmasse, Körperformung (Bodybuilding-/shaping).
- Veränderung der Körperzusammensetzung.
- Veränderung des Körpergewichts.
- Verringerung des altersbedingten Krafrückgangs.
- Beitrag zur selbstständigen Lebensführung im Alter.
- Sturzprophylaxe, insbesondere im hohen Alter.



## Ziele von Krafttraining im instrumentellen Bereich:

- Unterstützung medizinischer und physiotherapeutischer Maßnahmen.
- Verletzungsprophylaxe.
- Verbesserte Wiederherstellung nach Verletzungen.
- Sturzprophylaxe.
- Osteoporoseprophylaxe.



## Präventive Ziele von Krafttraining:

- Gezielter Erhalt und Anpassung von Muskeln und Bindegewebe an die Krafttrainingsreize sowie die Erhöhung der Reizfestigkeit.
- Gezielter Erhalt und Anpassung von Knochengewebe.
- Gezielter Erhalt und Anpassung der aktiven Beweglichkeit.
- Verletzungs- und Erkrankungsprophylaxe. (auf alle medizinischen Fachrichtungen zutreffend)
- Präventiver Aufbau von konditionellen Ressourcen und erhöhter Leistungsfähigkeit.



## Rehabilitative Ziele von Krafttraining:

- Bestandteil und Unterstützung multimodaler Therapien bei Rückenschmerz.
- Durch Krafttraining reduzierte Medikamenteneinnahme, Arztbesuche und physikalische Behandlungen. (Sowohl bei internistischen wie auch bei orthopädischen Erkrankungen.)
- Durch Krafttraining als Bestandteil eines multimodalen Therapieansatzes können die Fehlzeiten durch Arbeitsunfähigkeit und die Aufenthaltsdauer im stationären Bereich reduziert werden.
- Krafttraining führt zu einer Verbesserung der selbst wahrgenommenen Lebensqualität.
- Durch gezieltes Krafttraining können erkrankungs- oder verletzungsbedingte neuromuskuläre Dysbalancen beeinflusst werden.
- Durch gezieltes Krafttraining kann die Belastbarkeit von geschwächtem Bindegewebe sowie deren Insertionsstellen optimiert werden. Dies gilt für die Seite des Stoffwechsels sowie die biomechanische Belastbarkeit.



Rehabilitative Ziele von Krafttraining:

- Reduziert den Körperfettanteil und erhöht die Magermasse
- Verbessert die mentale Gesundheit, z.B. Selbstwertgefühl, reduzierte Ängste, Depression und verbessert die kognitive Leistungsfähigkeit
- Revidiert den Muskelkraftverlust (Sarkopenie)
- Reduziert den Blutdruck in Ruhe
- Verbessert die Schlafqualität
- Erhöht den Grundumsatz
- Westcott (2012)  
Shaw et al (2015)  
Strickland (2014)  
Ciccolo & Kraemer (2013)  
Kovacevic et al (2018)
- Reduziert Symptome bei Rückenschmerzen, Gelenkschmerzen, Fibromyalgie, etc.
- Verbessert das Blut-Lipidprofil: LDL + Triglyceride | HDL |
- Verlangsamt den Alterungsprozess (mitochondriale Struktur und Funktion)
- Verbessert die Alltagsfunktion (motorische Kontrolle, physische und funktionelle Leistungsfähigkeit)
- Verbessert die Knochendichte
- Reduziert das Risiko für metabolische Störungen und verbessert die metabolische Situation bei Typ2-Diabetikern (Insulinsensitivität, glykämische Kontrolle)
- Wirkt therapeutisch bei Krebs, Nierenversagen, COPD, Parkinson, MS, nach Schlaganfall, etc.
- Verbessert die kardiovaskuläre Gesundheit

## Bewegung ist das beste Schmerzmittel der Welt! – Adrian Louw 2016

- Die Endorphinfreisetzung eines Laufes über 6 Meilen entspricht der von 10mg Morphinen.

### Trainingsinduzierte Hypoalgesie durch Folgende Belastungsparameter

Ausdauertraining:

50-70% der Herzfrequenz-Reserve (Naugle et al. 2014)

Ca. 62% der max. HF oder frei gewählte HF (ca. 45%), Newcomb et al. (2011)

Krafttraining:

Geringe bis moderate isometrische Kontraktionen langer Dauer (5-9 min), 10 Wh mit 75% 1 Whmax und andere (?) im dynamischen Training

Geringe bis moderate isometrische Kontraktionen, z.B. mit 10% der Maximalkraft bei Fibromyalgie, nach 120 sec isometrischem Sörensen-Test (Rücken, Gaijsar et al 2016). Bei Tendinopathien höhere Intensität mit 5 x 45 sec (Moseley et al. 2018, Rio et al. 2015, Malliaras et al. 2015)

Janal MN, Colt EW, Clark WC, Glusman M. Pain sensitivity, mood and plasma endocrine levels in man following long-distance running: effects of naloxone. *Pain*. 1984;19(1):13-25.

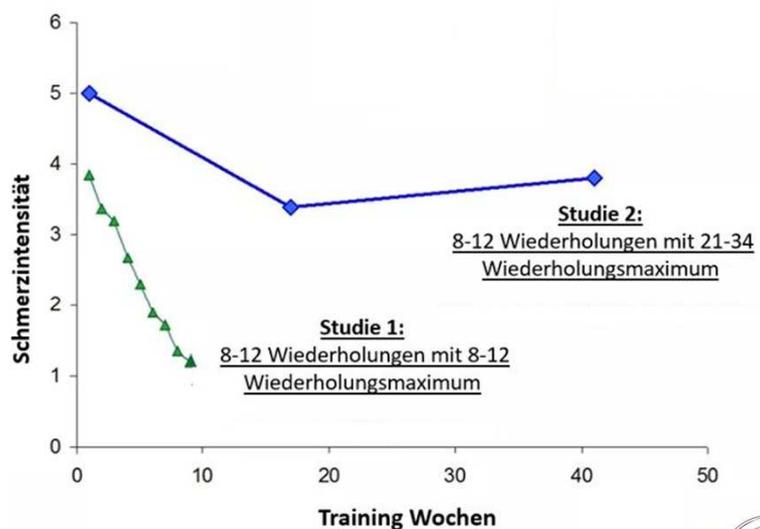
Naugle KM, Fillingim RB, Riley JL. A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. *J Pain*. 2012;13(12):1139-50.



### Trainingsintensität bei Nackenschmerzen am Arbeitsplatz

„Es besteht bei Menschen mit chronischen Nackenschmerzen keine Notwendigkeit mit Krafttrainingsintensitäten herumzualbern - der Hals wird nicht brechen, er wird stärker werden“

Prof. Lars L. Andersen  
-NSCA Kongress 2018, Spanien-



Andersen et al. (2008), *Med Sci Sports Exerc*. Andersen et al. (2008), *Arthr Rheum*



# Bewegungs und Schmerzrezeption

## Kraftsport vs. Ausdauer

**Ausdauerathleten (19 Triathleten) vs. Kraftsportler (17 Gewichtheber u. Werfer) vs. geringer aktive Kontrollgruppe**

**Outcome:** Quantitative, sensorische Testung:

- **Schmerzschwelle und – toleranz** gegenüber Hitze
- **Schmerzangabe** bei Kältereiz
- **Temporale Summation** („Aufschaukeln von wiederholten, nozizeptiven Reizen“)
- **Konditionierte Schmerzmodulation** (Fähigkeit der endogenen Schmerzhemmung auf nozizeptive Reizung an anderer Stelle)
- **Angst vor Schmerz und Katastrophisierung**

The type of sport matters: Pain perception of endurance athletes versus strength athletes  
Tal Assa-Nirit Geva-Yoni Zarkh-Ruth Defrin - European Journal of Pain - 2018



- ✓ **Höhere Hitzeschmerzschwellen bei Kraftsportlern und Hitzeschmerztoleranz bei Ausdauerathleten im Vergleich zu Nicht-Sportlern** deuten darauf hin, dass **Athleten weniger empfindlich auf Schmerzen reagieren** und/oder diese **besser tolerieren als Nicht-Sportler**. (Vgl. auch Ord & Gijsbers, 2003; Freund et al. 2009; Johnson et al. 2012; Geva & Defrin, 2013; Vaegter et al. 2015; Thornton et al. 2017)



- ✓ **Ausdauertraining verbessert die endogene Schmerzhemmung („top down“-Mechanismen) und steigert die Schmerztoleranz.** Ausdauerathleten zeigten **geringere Angst vor Schmerz**. Ausdauertraining könnte die Therapie der Wahl zur **Verbesserung der endogenen Schmerzmodulationsfähigkeit** sein.



- ✓ **Krafttraining reduziert die Schmerzschwelle** und könnte die Therapie der Wahl bei einer **Hypersensitivität** sein.



## Pharmakologische Interventionen bei unspezifischen Rückenschmerzen

Pharmacotherapy for chronic non-specific low back pain: current and future options

Bart W. Koes, Daan Backes & Patrick J. E. Bindels

### Effekte von Pharmakologie auf Schmerz/Funktion

● Paracetamol/Acetaminophen	→ unsicher/unsicher
● NSAR	→ gering/gering
● Muskelrelaxanzien	→ unsicher/unsicher
● Benzodiazepine	→ gering/unsicher
● Antidepressiva	→ keine/keine
● SSRI*	→ keine/keine
● Duloxetin	→ gering/gering
● Antikonvulsiva	→ keine/keine
● Tramadol	→ gering/gering
● Buprenorphin	→ gering/unsicher
● Starke Opioide	→ gering/gering
● Tanezumab	→ gering-moderat/gering
● Botulinumtoxin	→ gering/gering
● Melatonin	→ gering/gering



\*Selektive Serotonin-Wiederaufnahme-Hemmer

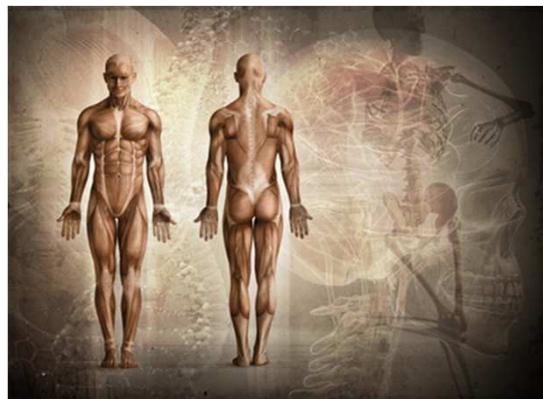
### Fazit

Die verfügbaren Systematischen Reviews und Meta-Analysen kommen zu dem Schluss, dass bei den **meisten pharmakologischen Behandlungen die Wirkungen auf die Schmerzlinderung und die Behinderung im Vergleich zu Placebo - wenn überhaupt - gering und nur kurz andauernd sind. Zudem ist das Nebenwirkungsprofil vieler Medikamententypen nicht unbedenklich (gilt selbst für Paracetamol, Risiko von Leberschäden).**

Die Leitlinien (US, GB, NL) für Rückenschmerzen betonen die **Bedeutung einer nicht-pharmakologischen Behandlung („first-line treatment“), bevor mit pharmakologischen Optionen begonnen wird.**



## Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie



## Muskulatur

- Die Muskulatur ist das Hauptzielorgan des Krafttrainings.
- Durch elektrochemische Prozesse produziert die Muskulatur mechanische und thermische Energie und ist das größte Stoffwechselorgan des menschlichen Körpers.
- Krafttraining führt im Rahmen der genetischen Disposition zur zielgerichteten Anpassung der Muskulatur.
- Die Muskulatur darf jedoch nicht als isoliertes Organ betrachtet werden, da Krafttraining nicht nur die Muskulatur, sondern auf alle am Training beteiligten Gewebe wirkt.
- Der Muskelanteil bei Frauen macht etwa 36% und bei Männern ca. 42% des Körpergewichtes aus.
- Durch Krafttraining kann der Muskelanteil auf bis zu ca. 65% angehoben werden



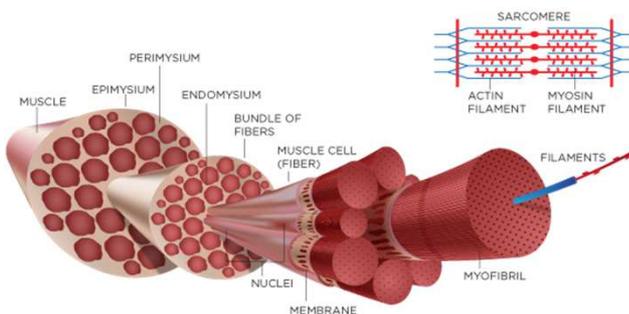
## Funktion der Muskulatur

- Die Kraftentwicklung wird durch das Nervensystem gesteuert und findet auf der Grundlage chemischer Prozesse durch die Kopplung und Entkopplung von Aktin und Myosin statt.
- Der Kraftbeitrag einzelner Muskelzellen ist äußerst gering. Erst die Aktivierung vieler Muskelfasern bewirkt eine von außen messbare Kraftentwicklung.
- Muskeln können sich nicht nur aktiv kontrahieren, sondern auch in die Länge gezogen werden (Dehnung).
- Der Bereich der durch aktive Kontraktion erreichten Verkürzung und der maximalen Dehnung beträgt über 200% Längenänderung. Im Ruhezustand beträgt die Länge des Sarkomers ca.  $2,2\mu\text{m}$ , bei maximaler Kontraktion ca.  $1,8\mu\text{m}$  und bei maximaler Dehnung ca.  $3,8\mu\text{m}$ .
- Skelettmuskeln bilden gemeinsam mit Knochen und Gelenken Hebel sowie Drehpunkte des muskuloskelettalen Systems und überziehen die ca. 220 gelenkigen Knochenverbindungen.



## Aufbau der Muskulatur

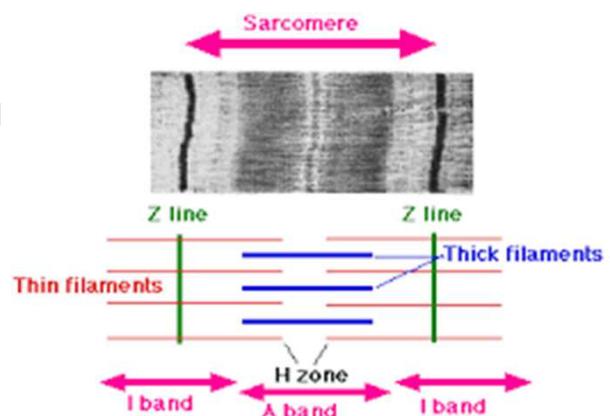
- Die quergestreifte Skelettmuskulatur besteht aus Skelettmuskelfasern, die sich aus parallel und seriell angeordneten Sarkomeren zusammensetzen.
- Sie bilden die kleinste, kontraktile Einheit.
- Die Sarkomere bestehen vor allem aus den Proteinen Aktin und Myosin.



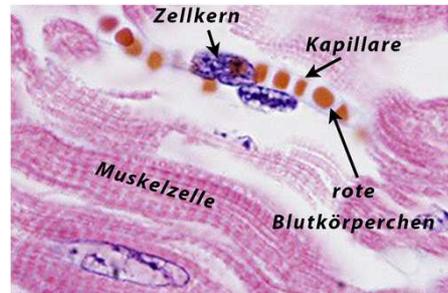
- Sie können sich unter nervöser Aktivierung mittels chemischer Substanzen koppeln und sind unter anderem für die kontraktile Eigenschaften der Muskeln verantwortlich.



- Die Sarkomere sind in Längsrichtung durch Z-Scheiben begrenzt, die im polarisierten Licht als Querstreifung erscheinen.
- Die Sarkomere bilden die Muskelfaser, die wiederum in Muskelbündeln angeordnet sind.
- Muskelfasern sind große zylindrische Zellen mit einer Länge von bis zu 10cm und einem Querschnitt von ca. 50µm.
- Skelettmuskelfasern haben eine Länge von wenigen Millimetern bis zu mehreren Zentimetern (bis zu 40cm) und sind über Sehnen mit den Knochen verbunden.
- Bei einer Muskelfaser von 100mm Länge, wie die des M. brachioradialis, besteht jede Myofibrille aus 40000 in Serie angeordneten Sarkomeren. Bei einer ca. Querschnittsfläche von 1µm<sup>2</sup> und einer Querschnittsfläche der Muskelfaser von 5000µm<sup>2</sup> enthält sie ca. 200 Millionen Sarkomere.
- Die Myofibrillen machen etwa 80% der Masse einer Muskelfaser aus.



- Skelettmuskelfasern sind mehrkernig und verfügen über jeweils ca. 50 bis 100 Kerne.
- Die Zellkerne liegen meist dicht an der Zellmembran der Muskelzelle (Sarkolemm).
- Jeder Zellkern versorgt einen begrenzten Bereich der Muskelzelle – die myonuclear domain-.



Brenner; 2010  
Blotter; 2010



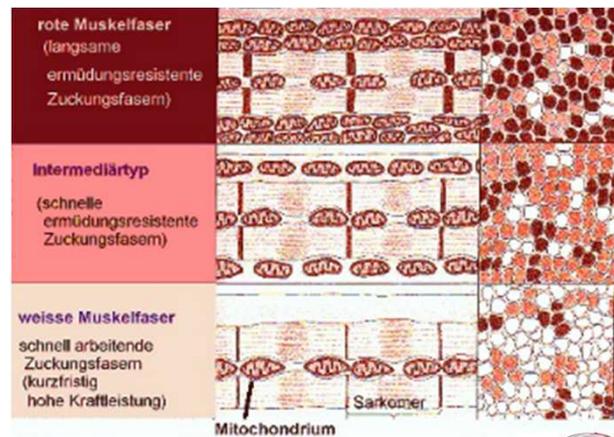
## Muskelfasertypen

- Die Muskelfasertypen werden in die Typen I, IIa und IIx differenziert.
- Die Kontraktionseigenschaften einer Muskelfaser werden maßgeblich durch den jeweiligen Anteil an Myosin-Schwerketten-Isoformen (Proteine mit gleicher Funktion) bestimmt.
- Folgende Klassifizierungen sind üblich:
  - Klassifikation nach roten und weißen Muskelfasern.
  - Klassifikation nach biomechanischen Kriterien in langsam und schnell zuckende Muskelfasern.
  - Klassifikation nach Stoffwechsellaspekten.



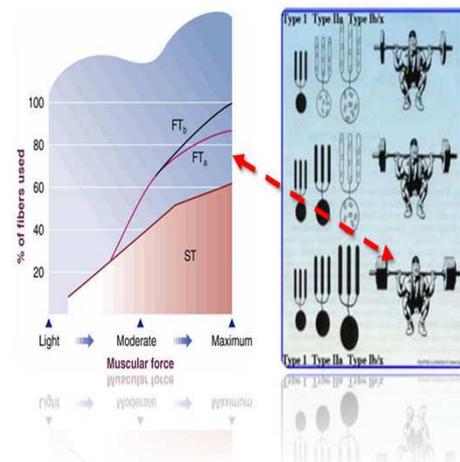
## Klassifikation nach roten und weißen Muskelfasern

- Ist eine optische Beobachtung der Muskelfaserfärbung.
- Der Gehalt an Myoglobin bestimmt das rötliche (hoher Gehalt) oder weiße (geringer Gehalt) Erscheinungsbild.



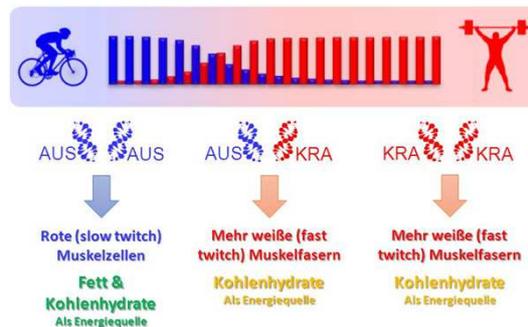
## Klassifikation nach biomechanischen Kriterien – in langsam und schnell zuckende Muskelfasern

- Ist eine Einteilung in langsam zuckende ST = Slow Twitch und schnell zuckende FT = Fast Twitch Muskelfasern.
- Die Geschwindigkeit der Muskelzuckung ist bei schnell zuckenden Fasern (Typ IIa und IIx) schneller und zeigen einen steileren Kraftanstieg, ermüden dafür allerdings schneller.
- Die Geschwindigkeit der Muskelzuckung ist bei langsam zuckenden Fasern (Typ I) langsamer, der Kraftanstieg ist weniger steil und sie ermüden langsamer.



## Klassifikation nach Stoffwechselaspekten

- Die Einteilung erfolgt zum einen in Primär Oxidativen- oder Glykolytischen- Stoffwechselltypen.
- Und zum anderen in die Eigenschaften der oxidativen und glykolytischen Enzyme (Myosin-ATPase; glykolytische Enzyme, oxidative Enzyme).



## Beachte:

- In der Praxis wird oftmals behauptet, dass Muskelfasertypen mit sogenannten „Abschwächungen“ oder „Verkürzungen“ verbunden wären.
- Der Typ der Muskelfaser hat jedoch keinen Einfluss darauf, ob Muskeln abschwächen oder verkürzen.
- Daher sind die darauf aufbauenden Trainingskonzeptionen nicht haltbar!



## Muskelfasertypen

- Die Kenntnisse bezüglich der Einteilung ist aus trainingspraktischer Sicht äußerst bedeutsam, da die unterschiedlichen Fasertypen auch über unterschiedliche Stoffwechsel und eine differenzierte Trainierbarkeit verfügen.
- Während Menschen beiderlei Geschlechts über eine annähernd ausgeglichene Faserverteilung verfügen, ist dies bei Sportlern je nach Sportart nicht der Fall.
- Je nach Sportart sind nicht nur die prozentualen Anteile der Muskelfasertypen unterschiedlich, sondern auch die Querschnitte der Fasern. So sind die Querschnitte bei Trainierenden deutlich größer.
- Unklar ist jedoch wie groß dabei der Anteil der Genetik und wie groß der Anteil der Trainingseinflüsse auf die Verteilung der Muskelfasern ist.

Kenney et al.; 2012  
Spurway et al.; 2006  
Bear, Connors; 2014

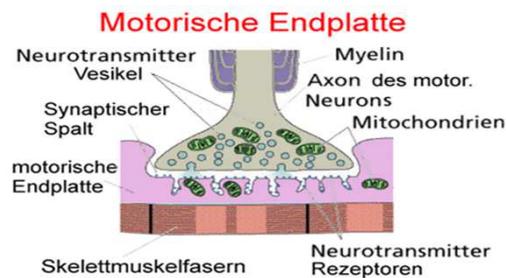


## Die Motorische Einheit

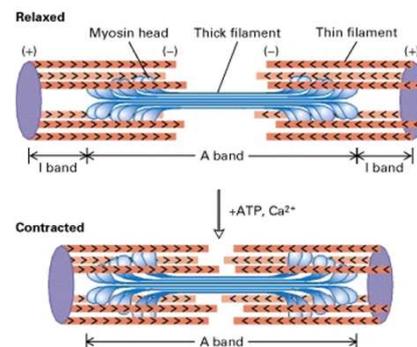
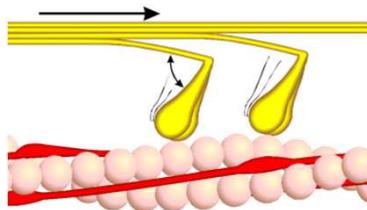
- Nerven und Muskeln bilden eine Einheit
- Beim Krafttraining wird die Muskulatur, sowohl bei willkürlichen als auch bei unwillkürlichen Bewegungen oder auch bei Reflexen über Nervenzellen aktiviert.
- Die jeweils zusammen gehörigen Nerven- und Muskelzellen werden als motorische Einheit bezeichnet, die jeweils aus einem alpha-Motoneuron und den von ihm innervierten Muskelfasern als kleinste Motorische Einheit besteht.



- Die Anzahl der in einer Motorischen Einheit zusammengefassten Muskelfasern unterscheiden sich je nach Funktion der Muskulatur:
  - Muskeln, die für besonders fein abgestimmte Bewegungen zuständig sind verfügen über wenige Fasern pro Motorischer Einheit (z.B.: die äußere Augenmuskulatur – ca. 5-10 Fasern je Nerv)
  - Muskeln, deren Kraftentwicklung gröber abzustufen ist, verfügen über eine Relation von ca. 750 Fasern je Motorischer Einheit (M. biceps brachii) und in den Rumpfmuskeln bis zu über 1000 Muskelfasern je Nerv.



- Die muskuläre Kraftentwicklung entsteht durch die Bindung der Myosinköpfe an die Aktinfilamente und durch eine „Peitschenschlagbewegung“ die Energie benötigt.
- Diese Energie wird durch Spaltung von ATP unter Abspaltung eines Phosphatrestes zur Verfügung gestellt.
- Es findet eine gleitende Bewegung zwischen Myosin und Aktin statt.



- Bei einer willkürlichen Kontraktion werden zunächst nicht alle Fasern aktiviert.
- Bei einer willkürlichen, langsam ansteigenden Kontraktion erfolgt die Aktivierung der motorischen Einheiten nach dem Größenordnungsprinzip.
- Bei geringer Kraftanforderung werden zunächst die kleinen motorischen Einheiten mit einer niedrigeren Rekrutierungsschwelle aktiviert (ST-Fasern), welche durch oxidativen Stoffwechsel besonders ökonomisch arbeiten.
- Bei höheren Anforderungen werden immer größere motorische Einheiten zugeschaltet.
- Bei ca. 50% der Maximalkraft sind etwa 80% der motorischen Einheiten rekrutiert.
- Erst bei über 40% der Maximalkraft werden die FTa-Fasern rekrutiert und erst bei über 70% der Maximalkraft werden die FTx-Fasern aktiviert.
- Diese arbeiten sehr unökonomisch und verbrauchen viel Energie leisten jedoch die höchsten Kraftbeiträge.

Henneman et al.; 1965/ Sale;1988; 2003/ Enoka; 1988/ Hoppeler; 2015/ Duchateau et al.; 2006

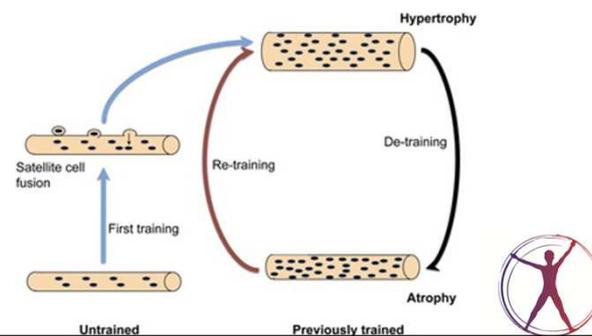
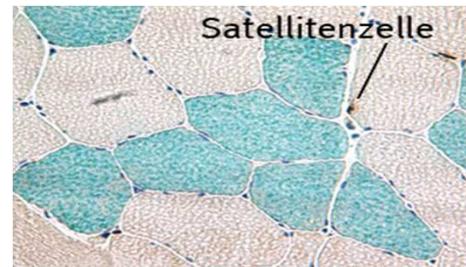


## Anpassungen an das Krafttraining



## Anpassung der Muskulatur

- Grundsätzlich ist die Muskulatur sehr anpassungsfähig. Zwar sind adulte Skelettmuskelfasern als enddifferenzierte Zellen nicht mehr in der Lage sich zu teilen, dennoch besitzen sie eine ausgeprägte Anpassungsfähigkeit an gezielte Reize.
- Die Anpassung der Muskeln an das Krafttraining werden im Zusammenhang mit der Aktivierung von Satellitenzellen diskutiert.
- Satellitenzellen sind „Muskelvorläuferzellen“.
- Werden diese durch Krafttrainingsreize aktiviert, können sie sich teilen und teilweise mit den Muskelzellen verschmelzen.



- Die Aktivierung der Satellitenzellen erfolgt durch eine mechanische Beschädigung der Muskelzelle durch Krafttraining oder Verletzung, aber auch durch andere Faktoren, wie z.B.: metabolische und nervöse Faktoren, wobei die genauen Abläufe der Aktivierungsmechanismen nicht vollständig aufgeklärt sind.
- Es sind ebenfalls noch nicht alle Details darüber bekannt, welche Reize bzw. welche Kombination von Reizen zum Wachstum von Muskulatur führen.
- Diskutiert werden u.a. mechanische Spannungsreize sowie metabolischer Stress. Durch neuere Forschungen sind in den letzten Jahren auch die genetischen Aspekte in den Vordergrund gerutscht.



Wackerhage et al.; 2011/ Baar, Wackerhage; 2014



## Warum wachsen Muskeln?

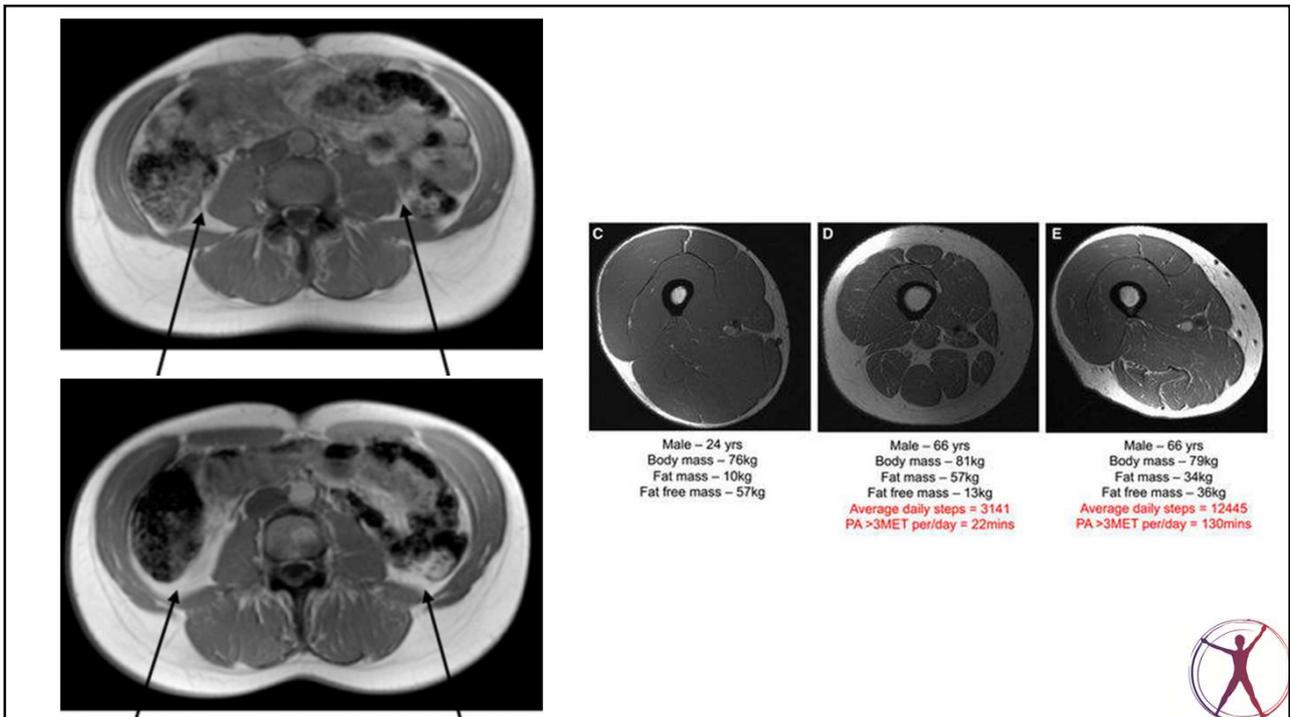
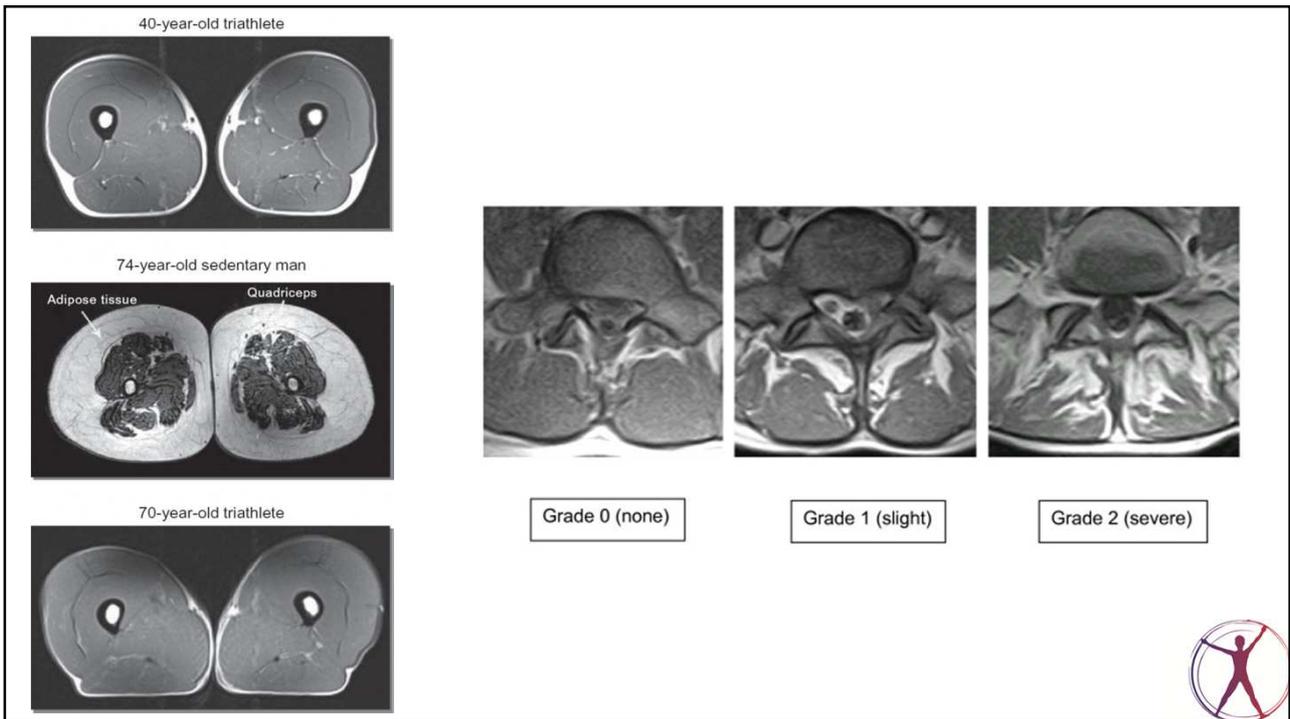
- Das Wachstum der Skelettmuskulatur basiert auf einer Veränderung des Fließgleichgewichtes zwischen Proteinaufbau und Proteinabbau.
- Die Halbwertszeit der kontraktilen Proteine der Skelettmuskulatur liegt etwa bei ca. 7 bis 15 Tagen; demnach werden alle 7 bis 15 Tage die Hälfte der Proteine der Muskulatur im Rahmen von Stoffwechselprozessen erneuert.
- Krafttraining führt sowohl zu einem Anstieg der Proteinsynthese als auch zu einem Anstieg der Proteindegradation (Proteolyse).
- Studien konnten zeigen, dass drei Stunden nach einer Krafttrainingsintervention ein Anstieg der Proteinsynthese von 100% und ein Anstieg der Proteindegradation von 50% vorliegt.



- In einem Zeitfenster von 1 bis 7 Stunden nach Training kommt es zu einer maximalen Steigerung der Proteinsyntheserate, welche sich dann verringert aber bis zu 48 Stunden messbar erhöht bleibt.
- Der ständige Auf- und Abbau von kontraktilen Proteinen ermöglicht eine optimale Anpassung an Zerstörungen des Muskelgewebes oder auch an Trainingsreize.
- Aber auch das Fehlen von Stimuli, wie z.B.: durch Immobilisation oder Schwerelosigkeit bewirkt eine Anpassung des Muskelgewebes in negative Richtung!

Biolo et al.;1995/ Rennie et al.;2004/ Wagenmarkers;2006/ Antonio, Gonyea; 1993



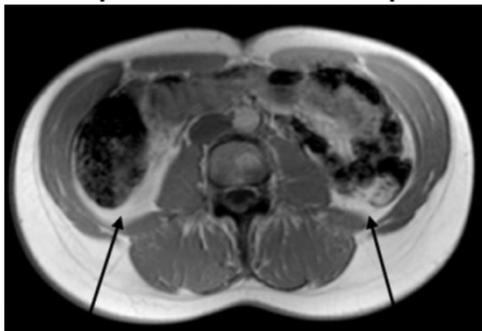
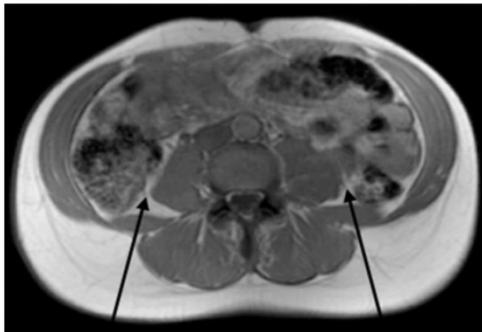


**Eine Gruppe von gesunden jungen Männern hat für 2 Wochen ihr Aktivitätsniveau von etwa 10.000 Schritten auf 1.500 Schritte pro Tag reduziert.**

**Die Folgen:**

- 7 % Abnahme der Sauerstoffaufnahme (Leistung)
- Merkllich gestörte Zucker-Toleranz
- Herabsetzung der Fettverarbeitung nach dem Essen
- 7 %iger Anstieg der Bauchfettmasse
- Abnahme der fettfreien Körpermasse (Muskeln)
- Abnahme des BMI
- Merklicher Abfall der Ansprechbarkeit auf das Zucker-senkende Hormon Insulin

*Olson et al.; 2008/ Pedersen, Biol; 2011*



- Übergewicht stellt nicht automatisch ein erhöhtes Gesundheitsrisiko dar.
- Kranke Personen haben deutlich erhöhtes viszerales Fettgewebe.
- Gesund oder ungesund entscheidet das innere "viszerale Fett" (inneres Bauchfett). Es ist hochgradig krankmachend – 30%.
- Genetische Disposition, ob man krank oder gesund ist.
- Das Körpergewicht ist ein relativ schlechter Risikomarker für Herz-Kreislauferkrankungen und körperliche Beschwerden.
- Es gibt auch schlanke Kranke (mit viel ungesundem inneren Bauchfett).
- Daher Bauchumfang messen (Frauen >80cm und Männer > 94 cm gelten als Risikogruppen).



## Beachte:

- Die strukturelle Umwandlung beginnt bereits nach wenigen Tagen der Immobilität. (z.B.: M. vastus lat. nach zwei Tagen, M. vastus med. nach drei Tagen)
- Ab dem 50. Lebensjahr etwa nur noch 50% der Kapillarisation, Beginn der Stoffwechsellumstellung und Degeneration mit dem 20. Lebensjahr.
- Sensomotorisches Training kann die strukturelle Umwandlung und Verfettung nicht verhindern bzw. ihr entgegenwirken.
- Die Strukturumwandlung ist nur dann reversibel, wenn das Training eine ausreichend hohe Intensität hat! „Die Muskeln müssen brennen!!!“
- Beta- Blocker hindern den Körper an der Fettverbrennung. Der Körper greift auf den Zucker zurück.



Rank	Cause of Death	Percent of Deaths
1	High Blood Pressure	12.8%
2	Tobacco Use	8.7%
3	High Blood Glucose	5.8%
<b>4</b>	<b>Physical Inactivity</b>	<b>5.5%</b>
5	Overweight & Obesity	4.8%
6	High Cholesterol	4.5%
7	Unsafe Sex	4.0%
8	Alcohol Use	3.8%
9	Childhood Underweight	3.8%
10	Indoor Smoke Solid Fuels	3.3%

Source: WHO 



# Hypertrophie und Hyperplasie

## • Hypertrophie:

- Die Massezunahme findet hauptsächlich durch eine Vergrößerung des Myofibrillenquerschnitts, als auch der Myofibrillenzahl der einzelnen Fasern statt.
- Die Spannungsentwicklung zweier benachbarter Sarkomere bewirkt eine schräge Zugwirkung der Aktinfilamente auf die Z-Scheiben.
- Sobald der Querschnitt der Myofibrillen eine kritische Größe überschreitet, erfolgt longitudinale Aufspaltung der Myofibrillen.

MacDougall; 1994/ Folland, Williams; 2007



## • Hyperplasie:

- Es wird seit mehreren Jahren kontrovers diskutiert, ob es durch Krafttraining zu einer Vermehrung von Muskelfasern kommt.
- Wenn im Krafttraining extreme Trainingsintensitäten und/ oder Trainingsumfänge über einen längeren Zeitraum zum Einsatz kommen, gibt es Hinweise auf Vermehrung von Muskelfasern, insbesondere unter der Einnahme von Medikamenten zur Unterstützung des Krafttrainings.
- Allerdings, selbst wenn es zu einer Hyperplasie kommt, beträgt diese am gesamten Muskelwachstum maximal 3-5%.

Fleck, Kraemer; 2014/ Hubal et al.; 2005



# Krafttraining als Verletzungsprävention im Sport...

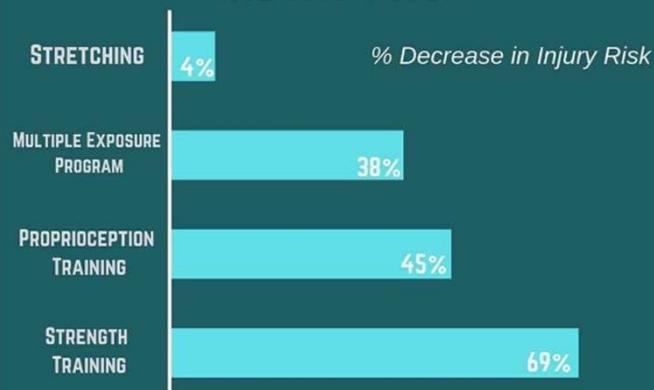
**6 Studien** in der Meta-Analyse mit **7738 Teilnehmern** (12-40 Jahre), insgesamt 177 akute Verletzungen bzw. Überlastungsbeschwerden. **Geringes BIAS-Risiko** nach Cochrane Collaboration, **geringe statistische Heterogenität** der Ergebnisse.

## Fazit

**Krafttraining reduziert das Verletzungsrisiko um 66%**. Es zeigte sich ein **Dosis-Wirkungszusammenhang**: Ein **10% höherer Krafttrainingsumfang** reduziert das **Verletzungsrisiko um 4%**. Die Autoren empfehlen eine vorgeschaltete „Technik-Schulungsphase“, Supervision, kurze Periodisierungsphasen, langfristige Variation, eine Individualisierung der Last (%Wh-max) und adäquate Ruheperioden (72 h bei Beginnern). Einschränkung: Es fehlen Studien für die obere Extremität.



## CAN TRAINING REDUCE YOUR INJURY RISK?



### AUTHORS' CONCLUSION:

Consistently favorable estimates were obtained for all injury prevention measures, **except for stretching**. Strength training reduced sports injuries to less than 1/3 and overuse injuries could almost be halved. (Lauersen et al, 2014)



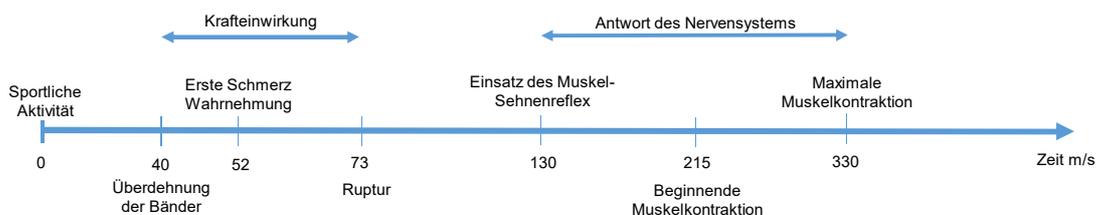
## Muskulatur- Krafttraining- Reflexe und Verletzungsprophylaxe

- Das Training der Muskelkraft wird als Prävention vor Unfällen und Verletzungen durchgeführt und hat sich in vielen Bereichen als wirksam erwiesen.
- Insbesondere die Kombination von Krafttraining und koordinativen Anteilen, hat sich in der Prävention bewährt. (bei nur 2 Einheiten pro Woche, über 6 Wochen gibt es signifikant weniger Verletzungen!)
- Frühere Annahmen, dass Muskelkraft per se vor Verletzungen schützt, haben sich jedoch als nicht haltbar erwiesen. Zum Einen sind die Befunde widersprüchlich, ob es überhaupt einen reflexauslösenden Mechanismus als Voraussetzung zum Kräfteinsatz gibt und zum Anderen ist die Zeit vom mechanischen Verletzungseinfluss bis zur reflexhaften Anspannung der Muskulatur viel zu lang.

Hewett et al.; 2012/ McBain et al.; 2012/ Schwenk et al; 2012/ Kirkendall et al.; 2010/ van Beijsterveldt; 2011/ Krist et al.; 2013/ Freiwald et al.; 2007/ Jöllenbeck et al.; 2013/ GOTS; 2010/



- z.B.: Riss des VKB innerhalb von 40-73 ms – Reflexantwort der Muskulatur, sofern sie überhaupt vorhanden ist, von 130-330 ms. Somit kann kein Schutz der Bänder gewährt werden.
- Es zeigte sich ebenfalls in Studien, dass mono- und polysynaptische Reflexe nur sehr eingeschränkt trainierbar sind.
- Es zeigt sich als dass der Schutz vor Verletzungen durch Muskelkraft in unerwarteten Situationen nicht möglich ist.



Barrack, Munn; 2000/ Schmidt, Wrisberg; 2008/ Tillmann; 2003



**New study**

Journal of Strength & Conditioning Research;  
February 2016

## Proprioceptive Training and Injury Prevention in a Professional Men's Basketball Team : A Six-Year Prospective Study

Study: Louis-Solal Giboin, Markus Gruber, Andreas Kramer

**YEARS 1-2**

Significant reduction  
in ankle sprains  
by 81%

**YEARS 3-4**

Significant reduction  
in low back pain  
by 77.8%

**YEARS 5-6**

Reduction in knee  
sprains pain  
by 64.5%

**Improvements in proprioceptive control  
may be a key factor for an effective  
reduction in ankle sprains,  
knee sprains,  
and low back pain.**

@EMsportsscience

## Management von akuten Weichteilverletzungen

**Peace**

**P**rotection  
Belastungsreduktion und/oder ROM-Einschränkung in den ersten 3 Tagen nach Verletzung

**E**levate  
Lagern der verletzten Extremität höher als das Herzniveau

**A**void  
Entzündungshemmende Medikamente können sich negativ auf die langfristige Heilung des Gewebes auswirken

**C**ompression  
Kompression mittels Bandagen hilft, intraartikuläre Ödeme und Gewebsblutungen zu minimieren

**E**ducate  
Über die Vorteile eines aktiven Ansatzes zur Genesung sollte aufgeklärt werden

**Love**

**L**oad  
Eine optimale Belastung fördert die Reparatur, den Umbau, die Gewebetoleranz und die Leistungsfähigkeit von Sehnen, Muskeln und Bändern

**O**ptimism  
Psychologische Faktoren, wie Katastrophisierung, Depression und Angst können die Erholung behindern

**V**ascularisation  
Kardiovaskuläres Training ist ein Eckpfeiler der Behandlung von MSK-Verletzungen

**E**xercise  
Übungen können helfen, Beweglichkeit, Kraft und Propriozeption frühzeitig wiederherzustellen

Dubois & Josculler (2019) Soft tissue injuries simply need PEACE & LOVE.

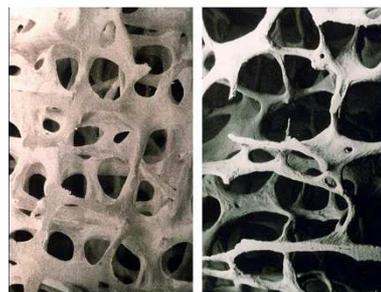
## Anpassung der Knochen

- Die Form der Knochen ist genetisch festgelegt, jedoch können Bau und Funktion durch mechanische Reize z.B. durch Krafttraining, stark beeinflusst werden.
- Die Anpassungen geschehen auf zweierlei Weise:
  1. Durch Anpassung in Menge und Verteilung von Gewebe.
  2. Durch trajektorielle Ausrichtung der Substantia Spongiosa.
- Die Knochenfestigkeit ist bei Frauen geringer als bei Männern, nimmt bei beiden Geschlechtern im Alter aber ab.
- Dieser Abbau im Alter kann durch gezieltes Krafttraining, Ernährung und Medikamente verlangsamt werden.



Smith et al.; 2009/ Tillmann; 2003/ Jozsa et al.; 1990

- Bei Osteoporose muss ein Kompromiss zwischen der Brüchigkeit der Knochensubstanz und den Belastungen durch Krafttraining gefunden werden, der nur individuell auf der Basis biomechanischer Kenntnisse und in Rücksprache mit den behandelnden Ärzten zu finden ist.
- Knochen verfügen über eine ausgeprägte arterielle, venöse und kapilläre Blutversorgung, was zu einer guten Anpassungsfähigkeit beiträgt.



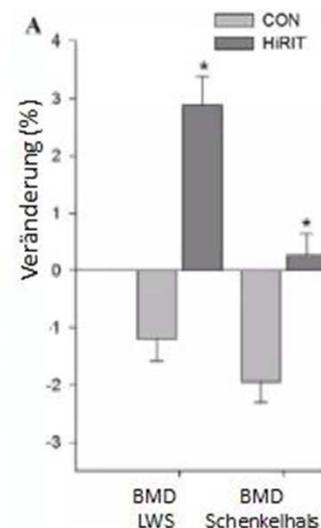
## Hochintensives Kraft- und Impact Training (HiRIT) verbessert die Knochendichte und die körperlichen Funktionen bei postmenopausalen Frauen mit Osteopenie und Osteoporose...

- 49 Patientinnen in der HiRIT-Gruppe
- 52 in der Kontrollgruppe mit Heimübungsprogramm (10-15 Wh. mit <60% des Einwiederholungsmaximums, 2x Woche über 8 Monate, z.B. mit Lunges, Fersenheber, Shrugs, Frontheben, Dehnungen)
- Trainingsprotokoll HiRIT: Deadlift, Squat, „eingesprungener Klimmzug mit „Drop-Landung“, „Hanteldrücken über Kopf“
- 5 Sätze a 5 Wh. (80-85% Einwiederholungsmaximums), Trainingsdauer: 30 min.
  - 2 x Woche über 8 Monate



### Ergebnisse

- Compliance für die Programme war in beiden Gruppen hoch (HiRIT 92 +/-11%; CON 85 +/-24%).
- Beide Programme waren sicher.
- Das HiRIT führte zu signifikant stärkerer Verbesserung der Knochendichte (BMD) in der LWS (LWS, Abb. re.) und Schenkelhals (SH, Abb. re.).
- Auch die Steigerungen der Ergebnisse in den funktionellen Tests (Maximalkraft, timed up-and-go, sit-to-stand, functional reach test, Vertikalsprung) waren in der HiRIT-Gruppe signifikant höher als in der Kontrollgruppe.

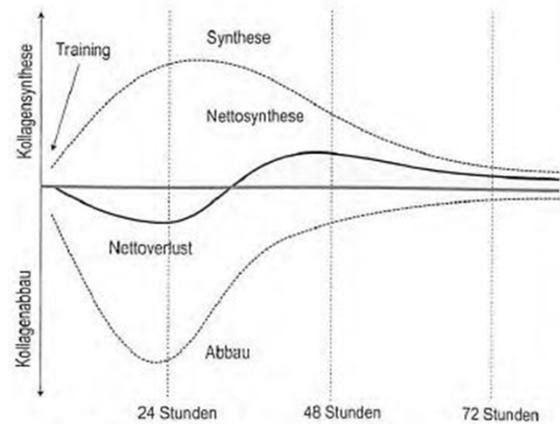


High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women With Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial; Steven L Watson Benjamin K Weeks Lisa J Weis Amy T Harding Sean A Horan Belinda R Beck; 2018



## Anpassung des Bindegewebes

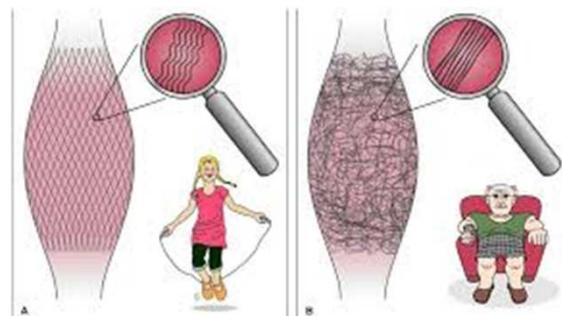
- Nach dem Krafttraining überwiegt in den ersten ein bis zwei Tagen der Kollagenabbau (Nettoabbau) den Aufbau von Kollagen (Nettosynthese).
- Erst nach einigen Stunden, abhängig von Alter, Trainingszustand und anderen Faktoren, überwiegt der Aufbau von Kollagen.
- Aus diesen Kenntnissen lässt sich ableiten, dass ein zweimaliges Training pro Woche für den Erhalt von Kollagensubstanzen optimal ist.



Müller, Schleip; 2012



- Während jüngere und trainierte Personen eine belastungsgerechte und eher gewellte Ausrichtung des Bindegewebes zeigen, ist bei älteren inaktiven Personen eine weniger belastungsabhängige Ausrichtung mit höherer intrafasziärer Spannung zu verzeichnen.
- Krafttraining bewirkt eine bessere Ausrichtung des Bindegewebes und eine erhöhte biomechanische Belastbarkeit.
- Bewegungsmangel oder Immobilisation nach Verletzung bewirken hingegen das Gegenteil.
- Sehnen passen sich, ebenso wie der Muskel, an mechanische Beanspruchung an. Durch ihren jedoch langsameren Stoffwechsel, im Vergleich zur Muskulatur, nehmen die Anpassungsprozesse längere Zeit in Anspruch, was bei der Trainingsplanung berücksichtigt werden muss.



Purslow; 2002/ Diekstatt et al.; 1995



## Anpassung der Faszien

- Die Kollagenstruktur der Faszien ist in der Lage, sich an funktionelle Reize anzupassen.
- Faszien verfügen ebenso wie Muskelgewebe über eine genetisch angelegte Qualität, die durch epigenetische Reize, wie z.B.: durch Krafttraining, eine Anpassung erfahren.
- In welchem Ausmaß und unter welchen Bedingungen sich Faszien an gezieltes Krafttraining anpassen, ist bisher jedoch unklar.
- Sicher ist, dass durch Training der Umsatz von Kollagen aktiviert wird, was sowohl den Auf- als auch den Abbau betrifft.
- Inwieweit sich die mechanischen Eigenschaften z.B.: durch Krafttraining nach einer Schädigung im Sinne einer erhöhten Reißfestigkeit anpassen, ist bisher ebenfalls unklar.



## 7 Dinge die Ihr über Faszien wissen müsst

Es gibt **keine einheitliche Definition des Begriffs „Faszie“**. Es besteht Uneinigkeit darüber, welche Strukturen dazugehören und welche nicht. (Schleip et al. 2012, Freiwald et al. 2016, Thalhamer 2017)

**Faszien haben folgende Eigenschaften:** Sind Hüllschichten und zusätzliche Ansatzpunkte für Muskeln, unterstützen die Muskelpumpe, schützen Gefäße, sind eine Barriere gegen Infektionen, übertragen muskuläre Kräfte, können sich entzünden, haben Nozizeptoren, spielen eine Rolle bei der Propriozeption. (Benjamin 2009, Fry 2013, Huijing 2009, Bednar et al. 1995, Mense et al. 2016, Yahia et al. 1992, Tesarz et al. 2011, Stecco et al. 2007, 2008, 2009, 2013, Staubesand et al. 1996, Bhattacharya et al. 2010)

**Mechanische Mechanismen** (Adhäsionen, Thixotropie, Piezoelektrizität, Entzündung der Faszien, gestörter Fluss der Gewebsflüssigkeiten in den Faszien), die **die Wirksamkeit der Faszientherapie erklären sollen, sind wissenschaftlich nicht haltbar**. (Chaudhry et al. 2008, Schleip 2003, O'Connell 2003, Findley et al. 2012, Schleip et al. 2013)



## 7 Dinge die Ihr über Faszien wissen müsst

**Neurophysiologische Mechanismen scheinen die Funktionsweise der Faszientherapie besser zu erklären.** Jedoch gibt es momentan keine Beweise, dass diese Mechanismen bei der Faszientherapie greifen. (Morelli et al. 1990, 1991, 1998, Sullivan et al. 1991, Goldberg et al. 1992, Schleip 2003)

**Für die Diagnose einer Faszienproblematik gibt es keine evaluierten Tests.** Dadurch gibt keine sichere Möglichkeit nachzuweisen, ob überhaupt Faszien gezielt gefühlt werden können (Remvig et al. 2008). Eine manuelle Palpation ist aufgrund der geringen Reliabilität fraglich (Seffinger et al. 2004, Stockendahl et al. 2006, Wilke et al. 2018).

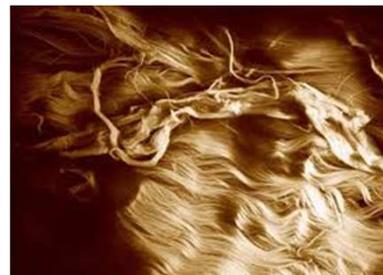
Durch die mangelnden diagnostischen Tests sind **alle Wirksamkeitsstudien der Faszientherapie zumindest als fragwürdig anzusehen**, da man nicht unbedingt davon ausgehen kann, dass **die Intervention spezifische Effekte aufweist**. (Remvig et al. 2008, Thalhamer 2017).

Übersichtsarbeiten (Remvig et al. 2008, McKenzie et al. 2013, Ajimsha et al. 2015, Katri Laimi et al. 2017) zeigen eine **ungenügende Beweislage für die Empfehlung einer Faszientherapie**.



## Anpassung der Sehnen

- Sehnen sind wie alle lebenden Gewebe in der Lage, sich an Belastungen oder Minderbelastungen anzupassen.
- Einflussfaktoren sind die genetische Anlage, das Alter, das Geschlecht, die Ernährung und weitere Faktoren wie z.B. Immobilität und Remobilisation sowie medikamentöse und entzündliche Einflüsse.
- Zu beachten ist der langsamere Stoffwechsel und die geringere Durchblutung der Sehne.
- Bei gut geplantem Krafttraining kommt es zur strukturellen Anpassung, jedoch dauern diese Anpassungen länger. Wochen bis Monate.
- Krafttraining kräftigt besonders den Muskel- Sehnen-Übergang, insbesondere ein dosiertes exzentrisches Krafttraining scheint für die Kräftigung des Muskel- und Sehnenbereiches wirksam zu sein.
- Exzentrisches Training hat sich insbesondere bei Achillessehnenbeschwerden bewährt, wobei der genaue wissenschaftliche Hintergrund für dessen Wirksamkeit noch offen ist.



Jozsa, Kannus; 1997/ Allison, Purdam; 2009/ Grigg et al.; 2009/ Knobloch; 2009/ Rees et al.; 2009/ Gardin et al.; 2010



## 10 Dinge, die du über Tendopathien wissen solltest...

- **Mit Ruhe kannst du eine Tendopathie nicht verbessern:**
  - Schmerzen mögen sich besser werden, welche durch Belastung wiederkommen werden.
- **Training ist die wichtigste Behandlung der Tendopathie:**
  - Training hat die beste Evidenz. In einer Vielzahl von Fällen wird sich die Tendopathie ohne Belastungsreize nicht verbessern.
- **Die Belastung zu modifizieren ist extrem wichtig:**
  - Ist wichtig damit sich der Schmerz beruhigen kann. Dazu ist es häufig notwendig, zumindest temporär, exzessive Belastungen zu reduzieren. Sehnen müssen progressiv belastet werden, so dass sie eine höhere Toleranz gegenüber der Belastung entwickeln.
- **Das Training muss individualisiert werden:**
  - Das Training hängt von der individuellen Schmerzpräsentation ab. Progressive Steigerung der Belastung bei gleichzeitigem respektieren des Schmerz.



- **Eine Tendopathie reagiert sehr langsam auf Training:**
  - Geduld beim Training und der Therapie
- **Eine Tendopathie verbessert sich nur selten durch passive Behandlungen:**
  - Massagen, US, Stoßwelle, etc. sind lediglich Ergänzung zum Training. Besonders zu vermeiden sind multiple Injektionen, da sie oft mit schlechteren Therapieergebnissen im Zusammenhang stehen.
- **Eine Tendopathie ist keine inflammatorische Reaktion:**
  - Auch wenn wenige inflammatorische- biochem. Zellen bei Tendopathien vorkommen, kann man nicht von einer klassischen inflammatorischen Reaktion sprechen. Entzündungshemmer können bei hohen Schmerzleveln hilfreich sein. Jedoch ist es momentan unklar, wie sie sich auf zellulärer Ebene bzw. auf die Pathologie auswirken.
- **Ursachen für Tendopathien sind multifaktoriell:**
  - Hauptfaktor ist eine plötzliche Veränderung bestimmter Aktivitäten: z.B.: Laufen, Springen, etc.(Energiespeicherung und Kompression). Biomechanische- und systemische Faktoren wie: geringe Muskelleistung oder Kraftausdauer, Alter, Menopause, erhöhte Cholesterinwerte, erhöhte Schmerzsensibilität.



- **Pathologien auf Bildern sind nicht mit Schmerzen gleichzusetzen:**

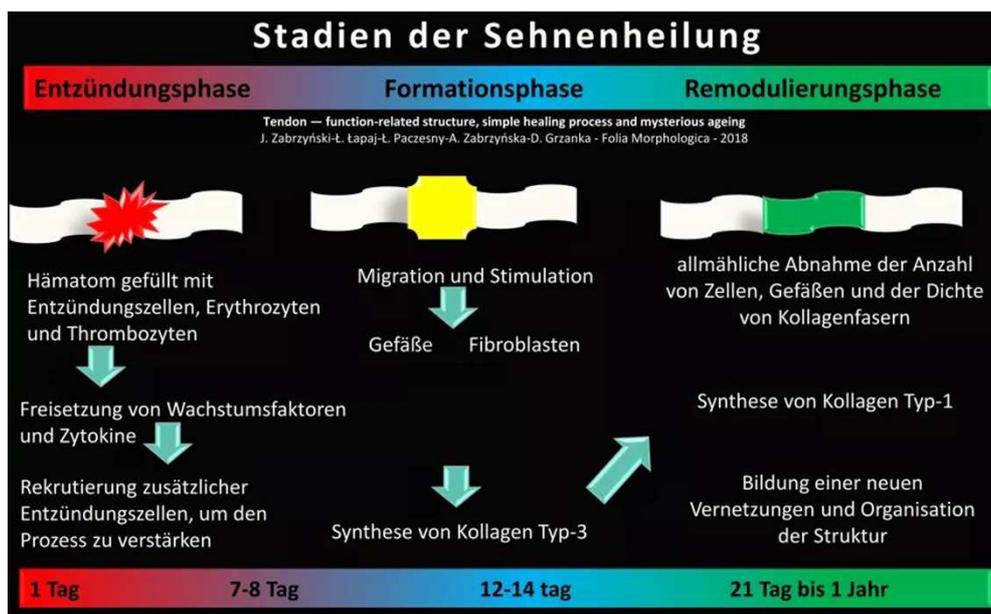
- Pathologische Veränderungen sind auch bei Menschen ohne Beschwerden zu erkennen. Das Kommunizieren von „massiven“ Pathologien hat häufig einen schlechteren Verlauf zu Folge.

- **Die Pathologie wird sich in den meisten Fällen nicht zurückbilden:**

- Auch bei den besten Interventionen wird sich in einigen Fällen die Pathologie nicht zurück bilden

Bedenke bitte, dass das generelle Prinzipien sind und es Fälle gibt, wo Zusatzbehandlungen, inklusive Injektionen und Operationen für das Management von Tendinopathien angemessen sind

Abate et al 2009, Cook et al 2012, Littlewood et al 2013 Malliaras 2018



Aspenberg 2007



## Isometrie, Exzentrik oder Heavy-Slow Resistance Training (HSR) bei patellarer Tendinopathie: Ein Systematischer Review

Lim HY, Wong SH (2018) Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy. Physiotherapy Research International

Grad der Empfehlung nach NHMRC	Isometrie (3 Studien)	Exzentrik (10 Studien)	HSR (2 Studien)
Evidenzgrundlage	A	B	C
Konsistenz	A	B	B
Klinischer Impact	A	B	B
Generalisierbarkeit	B	B	B
Anwendbarkeit	A	B	C
Generelle Empfehlung	A	B	C

Bewertung der Evidenz nach den Kriterien des National Health and Medical Research Councils (NHMRC)

A = Empfehlung für die Praxis  
B = Empfehlung bei den meisten Fällen  
C = Empfehlung für manche Fälle



**Isometrie**  
5 Sätze a 45 sec.  
mit 70-80% der  
Maximal-  
kontraktion bei ca.  
60° Knieflex.

(Rio et al. 2015,  
2016), van Ark et  
al. 2016)



### Fazit

Bei patellarer Tendinopathie werden auf der Grundlage der besten Evidenz isometrische Übungen (Grad A), dicht gefolgt von exzentrischen Übungen (Grad B) empfohlen. Heavy-Slow Resistance Training, HSR (Grad C) sollte unter Berücksichtigung der individuellen klinischen Gegebenheiten (z.B. Geräteverfügbarkeit) Anwendung finden.

- ✓ Isometrische Übungen haben bessere Kurzzeiteffekte, die insbesondere in der Wettkampfzeit nutzbar sind.
- ✓ Exzentrisches und HSR Training sind eher für eine langfristige Schmerzlinderung und Verbesserung der Kniefunktion geeignet.
- ✓ Da Sehnenpathologien auf einem Kontinuum mit unterschiedlichen Schweregraden und Irritierbarkeiten anzusiedeln sind (Cook & Purdam 2009, sollte die Entscheidung für eine Belastungsprogramm von der individuellen klinischen Präsentation des Patienten und seinen sportlichen Anforderungen bzw. Zielen abhängen.

EVIDENZINFORMIERTES CLINICAL REASONING SATT  
„KOCHBUCH-ANSATZ“



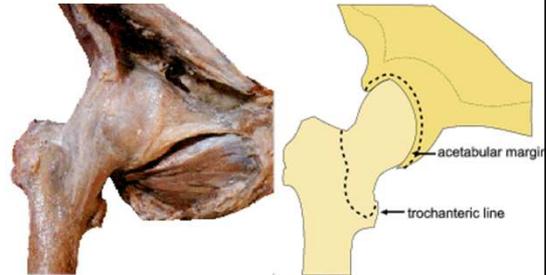
(oben) Exzentrik: 3x 15 Wh., moderater Schmerz (VAS ≤ 5); von 2x täglich bis 2x wöchentlich, Dauer: 4-24 Wochen (Biernat et al. 2014, Cannell et al. 2001, Frohm et al. 2007 u.a.)

(unten) HSR: 6-15 konz. + exz. Wiederholungen zwischen 90° Flex. und voller Ext.; 2-3 x/Woche über 6-12 Wochen (Kongsgaard et al. 2010, Romero - Rodriguez et al. 2011)



## Anpassung der Kapsel

- Auch die Kapsel ist in der Lage, sich an Zugbelastungen anzupassen.
- Kapseln sind vielfach durch Bandstrukturen verstärkt und es kommt zu Einstrahlungen der Muskulatur in das Kapselgewebe.
- Die Innenhaut der Gelenkkapsel verfügt bis ins hohe Alter über die Fähigkeit zur Regeneration, die äußere fibröse Schicht der Gelenkkapsel bildet bei Verletzungen Narben, die sich unter dosierter mechanischer Belastung in Belastungsrichtung ausrichten.



Purslow; 2002/ Videman; 1987/ Willams et al.; 1988



## Anpassung der Bänder

- Bänder haben ein belastungsabhängiges Anpassungs- und Regenerationspotential, das während der frühfunktionellen Rehabilitation und im begleitenden Krafttraining genutzt wird.
- Die Fähigkeit sich an gezielte Beanspruchungen anzupassen stellt die Grundlage der Sporttherapie und des Krafttrainings in der posttraumatischen und postoperativen Phase dar.
- Auch hier ist das Ausmaß der Beeinflussung durch Bewegung nicht eindeutig, da viele Faktoren die Regeneration von Bandmaterial beeinflussen.
- Immobilitätseffekte finden innerhalb weniger Wochen statt und die ligamentären Strukturen verlieren an Zugfestigkeit und die Verformbarkeit nimmt zu.
- Die Wiederherstellung durch Remobilisation benötigt jedoch Monate und es ist bis heute nicht eindeutig geklärt, ob und in welchem Ausmaß die Bänder sich nach Schädigung regenerieren und wieder ihre vorherige Zugfestigkeit gewinnen.



Miyamoto et al.; 2014/ Zantop et al.; 2010/ Noyes; 1977



## Anpassung des Knorpels

- Schädigungen des hyalinen Gelenkknorpels können mechanisch durch z.B.: Über- und Fehlbelastungen oder chemisch durch die Veränderung der Zusammensetzung der Gelenkflüssigkeit verursacht werden.
- Isolierte traumatische Verletzungen sind selten, meist kommt es bei Kontusionen oder Distorsionen zu Knorpelschädigungen.
- Weitere Ursachen für Knorpeldefekte sind die Summationen von Mikrotraumen durch Über- oder Fehlbelastung, häufig auf der Basis von Fehlstellungen des Skeletts, Schädigungen anderer Gelenkstrukturen, nach Kapsel- Band-Verletzungen mit Instabilitäten oder genetische Faktoren.



Ergelet; 2004



- Die Turnover- Zeit zur Erneuerung liegt beim gesunden Erwachsenen bei etwa 800 bis 1000 Tagen.
- Dies macht deutlich, dass nur in langen Zeiträumen Einfluss auf den Knorpel genommen werden kann.
- Bereits ab dem vierten Lebensjahr, altert auch gesunder Knorpel durch den Rückgang der knorpelbildenden Chondrozyten und der quantitativen und qualitativen Veränderung der knorpelernährenden Synovialflüssigkeit.
- Mit zunehmendem Alter verlängert sich die Turnover- Zeit und kann auch vollständig zum Erliegen kommen.
- Kompetent geplantes Training kann im Kontext von Anpassung und Regeneration einen bedeutsamen Beitrag leisten.
- Durch falsches Krafttraining kann jedoch auch eine Schädigung des hyalinen Gelenkknorpels entstehen.

Erggelt; 2004/ Drakos, Allen; 2007/ Ostermeier; 2009/ Siebert et al.; 2009/ Jagodzinski, Krettek; 2009/ Williams 2007/ Buckwalter, Mankin; 1998



*Das Konstrukt der Knorpelkonditionierung für die Gelenkgesundheit lässt sich methodisch nur schwer testen, hat jedoch eine überzeugende indirekte Unterstützung:*

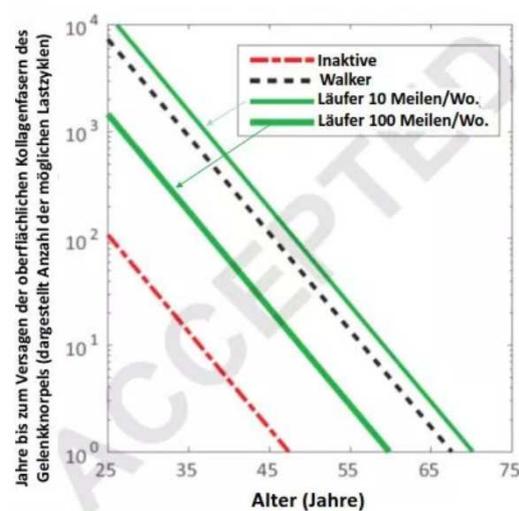
- Das OSG erfährt weitaus größere Gelenkbelastungen als das Kniegelenk, eine Arthrose des OSGs ist dagegen deutlich seltener (Seedhom 2006).
- Gesunder Gelenkknorpel ist in gewichtstragenden Gelenkregionen dicker (Andriacchi et al 2009).
- Der Glykosaminoglykan-Gehalt des Gelenkknorpels im Kniegelenk, der die Schmierung (Lubrikation) und die Stoffdämpfung beeinflusst, ist bei körperlich aktiven Menschen höher als bei Inaktiven und bei Menschen mit höheren Laufumfängen wiederum höher als bei Freizeitläufern (Tiderius et al 2004).
- Ein nachfolgendes Lauftraining reduziert den Anstieg von COMP („cartilage oligometric protein“, einem Biomarker für die Kollagen-Netzwerkstabilität und das Auftreten sowie die Progression einer Osteoarthritis) nach einem Walking-Programm (Celik et al 2013).
- Eine Langzeitimmobilisation reduziert bei Menschen nach einer Beinfraktur Qualitätsparameter des Knorpels in der Bildgebung (Hinterwimmer et al 2004, Owman et al 2014)
- Laufen hat bei Gesunden einen chondroprotektiven Effekt: Ein Lauf über 30 min. reduziert die Konzentration von proinflammatorischen Zytokinen im Gelenk und begünstigt den Transport von „Cartilage Oligomeric Matrix Protein“ (COMP, einem Marker des Knorpelstoffwechsels) aus dem Gelenk in das Blut! Eine 30 minütige Inaktivität verändert die Zytokin-Konzentration dagegen nicht, während COMP im Gelenk zu und im Blutserum abnimmt! (Hyl Dahl et al. 2018)

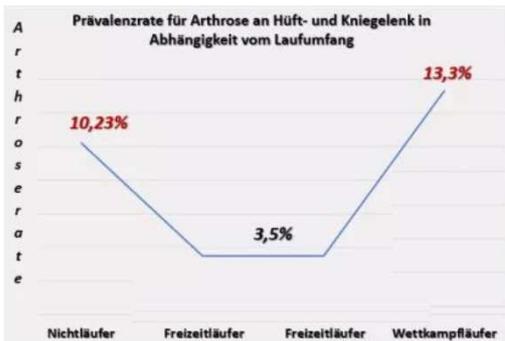
Miller (2017), „Exercise & Sport Sciences Review“



### Joint Loading in Runners Does Not Initiate Knee Osteoarthritis

Ross Miller - Exercise and Sport Sciences Reviews - 2017





Eduard Alentorn-Geli-Kristian Samuelsson-Volker Musahl-Cynthia Green-Mohit Bhandari-Ión Karlsson - Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy - 2017

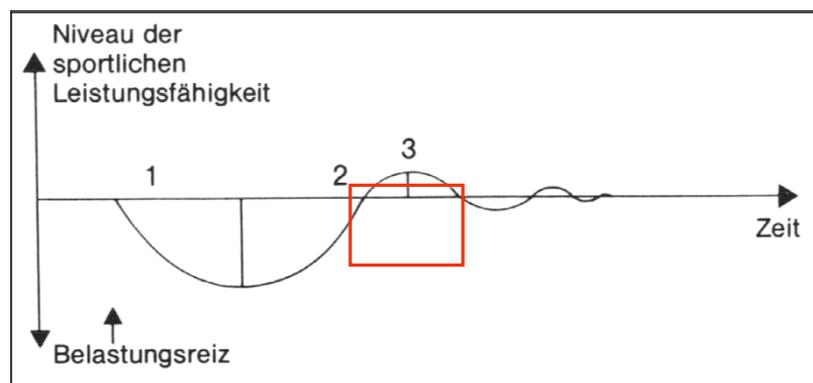
### Meta-Analyse von 17 Studien mit 114 829 Teilnehmern

#### Ergebnisse

**Freizeitläufer** mit einer Laufhistorie von bis zu 15 Jahren weisen ein **deutlich reduziertes Arthroserisiko** im Vergleich zu **inaktiven Nichtläufern** bzw. **Wettkampfläufern** auf. **Moderate Laufbelastung** scheint nach den Ergebnissen dieser Meta-Analyse eine **protektive Funktion** für die **Gelenkgesundheit** der **unteren Extremität** zu haben.



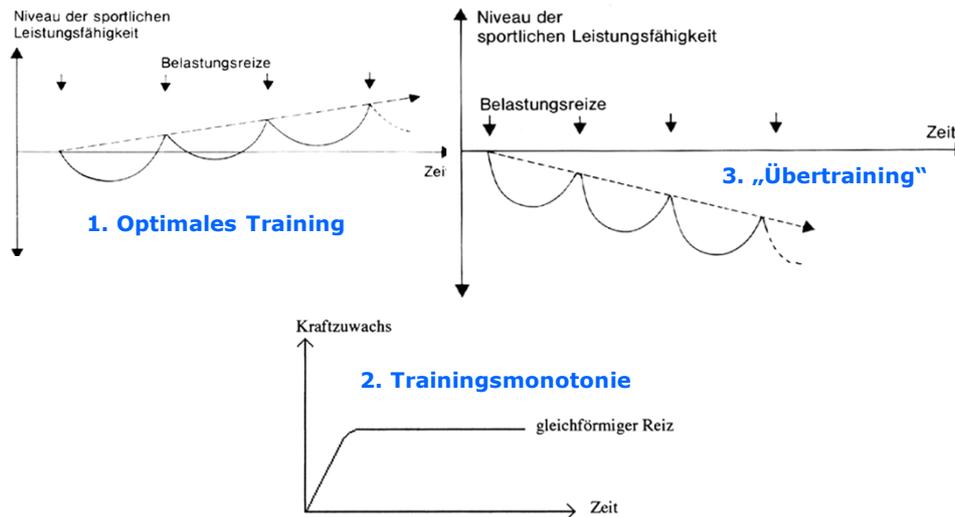
## Superkompensation



Ändern der **Homöostase** um **biologische Anpassung** auf **metabolischem, morphologischem, zentralnervösem** und **kognitivem** Niveau zu erreichen.

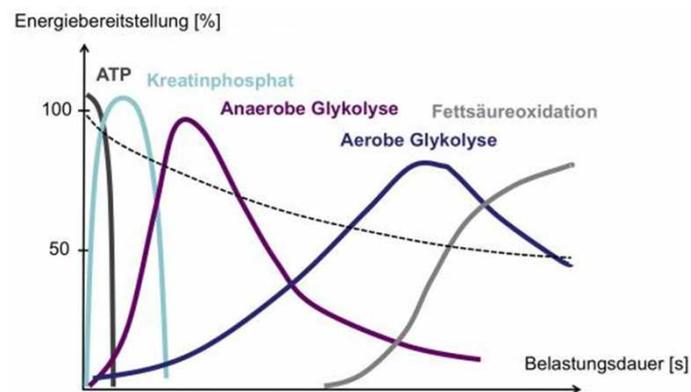


## Superkompensation



## Muskelstoffwechsel und Energiebereitstellung

- Es liegen verschiedene Energiesysteme zu Grunde:
  - Anaerob- alaktazid
  - Anaerob- laktazid
  - Aerobe



- **Anaerob- alaktazide Energiebereitstellung:**
    - Es werden ausschließlich Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (KP) zur Energieproduktion genutzt.
    - Speicherkapazität und Belastungsdauer: <15sec
  - **Anaerob- laktazide Energiebereitstellung:**
    - Es werden zur Energiegewinnung Kohlenhydrate im Rahmen der Glykolyse verstoffwechselt.
    - Die anaeroben glykolytischen Stoffwechselprozesse gehen immer mit einem Anstieg der Laktatkonzentration einher.
    - Speicherkapazität und Belastungsdauer: ~1 bis maximal 4min
  - **Aerobe Energiebereitstellung:**
    - Es werden zur Energiegewinnung Kohlenhydrate, Fette und Proteine unter Oxidation verstoffwechselt.
    - Speicherkapazität und Belastungsdauer:
      - Oxidation Kohlenhydrate: ~90 bis 100min
      - Oxidation Fette: Tage
- Obwohl alle Energiesysteme zu jeder Zeit an der Bereitstellung beteiligt sind, ändert sich in Abhängigkeit von der Belastungsdauer und Intensität der jeweilige prozentuale Anteil.



# Leistungsdiagnostik



## Agenda

- Definition
- Diagnostische Verfahren:
  - Gleichgewicht, Koordination, Posturale Kontrolle
  - Lokale Stabilität der Hals- und Lendenwirbelsäule
  - Sportrehabilitation
  - Schnellkraft und Schnelligkeit
  - Ausdauer



## Definition

- Mit Hilfe der Leistungsdiagnostik wird die Leistungsfähigkeit einzelner Personen oder Gruppen erfasst.
- In der Regel erfolgt dies über quantitative Parameter wie: Scores, Zeitmessung, Distanzmessung, Arbeit, Leistung, Herzfrequenz oder Laktat.
- Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, müssen wissenschaftliche Kriterien eingehalten werden.
- Werden bestimmte Standardisierungen eingehalten, können auch einfache Tests zuverlässige Resultate liefern.

Haas, Schmidtbleicher; 2011



## Ziele:

- Feststellung und Darstellung des Ist-Zustandes der Leistungsfähigkeit von Organsystemen.
- Feststellung der Entwicklung über bestimmte Zeiträume.
- Feststellung und Darstellung der Effektivität der Intervention.
- Empfehlungen für weitere Trainings- oder Therapiegestaltung.
- Pre-Injury Testing, um Referenzwerte für die Rehabilitationsziele nutzen zu können.
- Motivationsaspekt.

Haas, Schmidbleicher;2011



## Diagnostische Verfahren



# Gleichgewicht, Koordination, Posturale Kontrolle



## Einbeinstand- Test

- Wird ein Sollwert von 30 sec nicht erreicht, so ist ein Koordinationstraining indiziert.
- Mögliche Variationen:
  - Von stabiler zur labiler AGST.
  - Offene oder geschlossene Augen.



## Romberg- Stehversuch

- Romberg
- Semi- Romberg re/li
- Tandem- Romberg re/li
- Ist ein neurologisches Verfahren zur Untersuchung von Störungen des Gleichgewichtssinnes auf zerebellarer, spinaler oder vestibulärer Ebene.
- Der Patient wird in verschiedenen AGST, mit jeweils geöffneten und geschlossenen Augen getestet. Für jede AGST gibt es drei Versuche, bei denen der beste Wert notiert wird. Es gilt 30 sec zu erreichen.



K. F. Masuhr, M. Neumann; 1998

## Functional- Reach- Test

- Motorischer Funktionstest zur Erfassung des funktionsbezogenen (alltagsbezogenen) Gleichgewichts.
- Der "Functional Reach"-Test wurde als einfacher, klinischer Test zur Beurteilung des funktionsbezogenen Gleichgewichts entwickelt. Bei dem Test wird gemessen, wie weit die Person dazu in der Lage ist, über die Länge ihrer Arme hinaus nach vorne zu reichen ohne das Gleichgewicht zu verlieren.
- Dazu steht die Versuchsperson seitlich zu einer Wand an der auf Schulterhöhe ein Maßstab waagerecht angebracht ist. Die Person wird dazu aufgefordert, eine Faust zu bilden und mit dem nach vorne ausgestreckten Arm soweit wie möglich nach vorne zu reichen, ohne das Gleichgewicht zu verlieren.
- Die Messdaten werden aus drei von fünf Versuchen abgelesen und gemittelt.
- Bewertung:
  - 0cm => 8-fach erhöht
  - 1cm- 15cm => 4-fach erhöht
  - 16cm- 25cm => 2-fach erhöht
  - >25cm => nicht erhöht



Duncan P.W., Weiner D.K., Chancler J., Studenski S.; 1990

## Timed up and go- Test

- Der Proband sitzt auf einem Stuhl mit Armlehne (ca. 46 cm hoch).
- Er darf gegebenenfalls ein Hilfsmittel für den Test (z.B. Stock) benutzen.
- Die Arme des Probanden liegen auf der Stuhllehne und der Rücken befindet sich an der Rücklehne des Stuhles.
- Der Untersucher darf nicht helfen.
- Auf Kommando soll der Proband mit einem normalen und sicheren Gang bis zu einer Linie (auf dem Boden) in drei Meter Entfernung laufen, sich dort umdrehen, wieder zurück zum Stuhl gehen und in die Ausgangsposition hinsetzen.
- Die benötigte Zeit bei dem Test wird in Sekunden notiert.
- Der Proband darf den Bewegungsablauf einmal vor dem eigentlichen Test ausprobieren.
- Alternativ kann der Bewegungsablauf vom Untersucher demonstriert werden.

D. Podsiadlo, S. Richardson; 1991



Durchführung des TUG möglich?

- 1    nein
- 2    ja

1. Patient hat  Sekunden gebraucht.

2. Hat der Patient eine Gehhilfe benutzt?

- a.            1    nein
- 2    ja

b. wenn ja: Patient hat folgende Gehhilfe benutzt:

.....



### • Bewertung:

- < 10 Sekunden - keine Mobilitätseinschränkungen
- 11-19 Sekunden - leichte, i.d.R. irrelevante Mobilitätseinschränkung
- 20-29 Sekunden - abklärungsbedürftige, relevante Mobilitätseinschränkung
- > 30 Sekunden - starke Mobilitätseinschränkung



## Tinetti- Tests

- Der Mobilitätstest nach Tinetti gehört zum geriatrischen Assessment. Beurteilt wird die Mobilität des (älteren) Patienten und damit insbesondere das Sturzrisiko.
- **Evaluation:**
  - 20 - 27 Punkte: Mobilität leicht eingeschränkt, Sturzrisiko evtl. erhöht
  - 15 - 19 Punkte: Mobilität leicht eingeschränkt, Sturzrisiko mäßig erhöht
  - 10 - 14 Punkte: Mobilität mäßig eingeschränkt, Sturzrisiko deutlich erhöht
  - 0 - 09 Punkte: Mobilität massiv eingeschränkt, Sturzrisiko massiv erhöht
- **Wichtig** Unter 20 Punkten ist das Sturzrisiko signifikant erhöht.

Tinetti ME; 1986



### I. Balancetest

Punkte	0	1	2	3	4
Gleichgewicht im Sitzen	unsicher	sicher, stabil			
Aufstehen vom Stuhl	nicht möglich	nur mit Hilfe	diverse Versuche; rutscht nach vorn	braucht Armlehne oder Halt (nur 1 Versuch)	in einer fließenden Bewegung
Balance in den ersten 5 Sek.	unsicher	sicher, mit Halt	sicher, ohne Halt		
Stehsicherheit	unsicher	sicher, aber ohne geschlossene Füße	sicher, mit geschloss. Füßen		
Balance mit geschl. Augen	unsicher	sicher, ohne Halt			
Drehung 360° mit offenen Augen	unsicher; braucht Halt	diskontin. Beweg; bd. Füße am Boden vor dem nächsten Schritt	kontin. Bewegung; sicher		
Stoß gegen die Brust (3x leicht)	fällt ohne Hilfe oder Halt	muß Füße bewegen, behält aber Gleichgewicht	gibt sicheren Widerstand;		
Hinsetzen	läßt sich plumpsen; braucht Lehne; unzentriert	flüssige Bewegung			

Punkte Balancetest: ..... /15 Punkten



**II. Gehprobe**

Punkte	0	1	2
<b>Schrittauslösung (Patient wird aufgefordert zu gehen)</b>	Gehen ohne fremde Hilfe nicht möglich	zögert; mehrere Versuche; stockender Beginn	beginnt ohne Zögern zu gehen; fließende Bewegungen
<b>Schritthöhe (von der Seite beobachtet)</b>	kein selbständiges Gehen möglich	Schlurfen, oder übertriebenes Hochziehen	Fuß total vom Boden gelöst, max. 2-4 cm über Boden
<b>Schrittlänge (von Zehen des einen bis Ferse des anderen Fußes)</b>		weniger als Fußlänge	mindestens Fußlänge
<b>Schrittsymmetrie</b>	Schrittlänge variiert, Hinken	Schrittlänge bds. gleich	
<b>Gangkontinuität</b>	kein selbständiges Gehen möglich	Phasen mit beiden Füßen am Boden; Diskontinuierlich; Pausen	beim Absetzen des einen wird der andere Fuß gehoben, keine Pausen
<b>Wegabweichung</b>	kein selbständiges Gehen möglich	Schwanken, einseitige Abweichung	Füße werden entlang einer imaginären Linie abgesetzt
<b>Rumpfstabilität</b>	Abweichung, Schwanken, Unsicherheit	Rücken u. Knie nicht flektiert, kein Schwanken des Rumpfes, Arme werden nicht zur Stabilisierung abgewinkelt	
<b>Schrittbreite</b>	Gang breitbeinig oder über Kreuz	Füße berühren sich beinahe	

**Punkte Gehprobe: ..... /13 Punkten**

**Welche Hilfsmittel wurden benutzt?**



## 30 Second Chair Rise Test

- Der Patient soll von einem ca. 46 cm hohen Stuhl 30 sec lang aufstehen und sich wieder hinsetzen.
- Die Arme sind dabei vor der Brust verschränkt.
- Beurteilt wird die Kraft der UEX.

Age	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94
<b>Women</b>	15	15	14	13	12	11	9
<b>Men</b>	17	16	15	14	13	11	9



Jones et al, 1999



## Ballumgreifen

- Ballumgreifen: Der Patient hält im Grätschstand einen Volley- oder Gymnastikball mit einer Hand von vorne und mit der anderen Hand von hinten zwischen den Beinen fest.
- Er soll den Ball loslassen und umgreifen, d. h. die hintere Hand greift nach vorne und die vordere Hand greift nach hinten.
- Der Ball darf nicht auf den Boden fallen. Die Übung ist gelöst, wenn der Patient dreimal hintereinander umgreifen kann, ohne dass der Ball den Boden berührt.
- Testziel ist die Aufdeckung von Störungen der interozeptiv regulierten ballistischen Koordination.



Bös, Wydra, Karisch; 1992

## Achterkreisen

- Der Patient beschreibt, im seitlichen Stand eine Acht um beide Keulen.
- Der Patient führt einen Versuch mit offenen und einen Versuch mit geschlossenen Augen durch.
- Die Übung ist gelöst, wenn der Patient mit offenen und geschlossenen Augen eine Acht um beide Keulen beschreibt, ohne dass er das Gleichgewicht verliert oder dass eine Keule umfällt.
- Testziel ist die Aufdeckung von Störungen des statischen Gleichgewichts.



Bös, Wydra, Karisch 1992

## An der Wand entlang

- Der Patient stützt sich mit den Händen gegen die Wand.
- Die Füße sind etwa 50 cm von der Wand entfernt. Er soll im Kreuzgang an der Wand entlanggehen.
- Es beginnen die linke Hand und gleichzeitig der rechte Fuß. Es folgen die rechte Hand und gleichzeitig der linke Fuß.
- Die Hände werden stets überkreuzt. Die Beine werden nicht überkreuzt.
- Die Übung ist gelöst, wenn die Bewegungsfolge fünfmal richtig wiederholt wird.
- Testziel ist die Aufdeckung von Störungen der exterozeptiv regulierten feedback-kontrollierten Koordination.

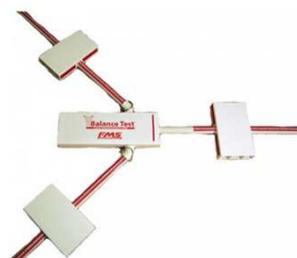


Bös, Wydra, Karisch 1992



## Star- Excursion- Balance- Test

- Der Patient stellt sich mit in die Hüften gestützten Händen einbeinig auf die Mitte des Y und versucht das Spielbein soweit wie möglich nach vorne zu führen.
- Dabei darf die Ferse des Standbeines nicht abheben und beide Hände müssen über die gesamte Testzeit an der Hüfte fixiert bleiben.
- Danach wird das Spielbein, gemäß Markierung, so weit wie möglich hinter dem Körper nach rechts und links geführt.
- Dann wird das Standbein gewechselt.
- Nach jeder gemessenen Richtung darf das Spielbein abgesetzt werden, sodass der Patient die folgende Messung aus einer stabilen Gleichgewichtsposition beginnen kann.
- Gemessen wird jeweils der Punkt, der am weitesten vom Kreuzmittelpunkt entfernt ist und dessen Position drei Sekunden lang gehalten werden kann.
- Es werden keine Referenzwerte angegeben, sondern die Beurteilung erfolgt im Seitenvergleich (max. 5% Differenz).



Plisky P et al., 2009



## Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test

Phillip A. Gribble, PhD, ATC, FNATA\*; Sarah E. Kelly, BAppSci†; Kathryn M. Refshauge, PhD†; Claire E. Hiller, PhD†

\*University of Toledo, OH; †University of Sydney, Australia

**SUBJECTS:** 29 healthy participants

**KEY POINTS:**

- **When multiple raters in different settings were trained by an experienced rater, the Star Excursion Balance Test had excellent reliability.**
- Whether the chosen outcome was average or maximum scored and used raw or normalized data, the anterior, posteromedial, and posterolateral directions had excellent reliability.

Other reliability studies:

- Hertel, Miller, and Denezer (2000), the reliability of the SEBT ranges between  $r = 0.85-0.96$
- Plicky et al (2006), the reliability of this test ranges between 0.82-0.87 and scores 0.99 for the measurement of limb length
- Kinezey et al (1998) and Hardy et al (2008), the reliability of the SEBT was determined as having intra-class correlation coefficients ranging from 0.67-0.87



IJSPT

## ORIGINAL RESEARCH RELATIONSHIP BETWEEN THE Y BALANCE TEST SCORES AND SOFT TISSUE INJURY INCIDENCE IN A SOCCER TEAM

Alfonso Calvo Gonell, MsN<sup>1</sup>  
José Aurelio Pina Romero, MsN<sup>2</sup>  
Loreto Maciá Soler, PhD<sup>3</sup>

**SUBJECTS:** 74 male soccer players

**KEY POINTS:**

- **>4cm reach difference** between limbs in the PM direction had a **3.86x greater risk of sustaining a non-contact soft tissue injury**

Original Research Article

International Journal of Physiotherapy and Research,  
Int J Physiother Res 2017, Vol 5(1):1863-71; ISSN 2251-2822  
DOI: <https://dx.doi.org/10.16965/ijpr.2016.208>

### THE VALIDITY OF THE MODIFIED STAR EXCURSION BALANCE TEST AS A PREDICTOR OF KNEE EXTENSOR AND HIP ABDUCTOR STRENGTH

Lee Shimwell <sup>1\*</sup>, Francis Fatoye <sup>2</sup>, James Seffe <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Extended Scope Physiotherapist, Integrated Musculoskeletal, Pain and Rheumatology Service, East Lancashire Hospitals NHS Trust (United Kingdom).

<sup>2</sup> Professor of Health Economics and Outcomes, Department of Health Professions, Faculty of Health, Psychology and Social Care, Manchester Metropolitan University (United Kingdom).

<sup>3</sup> Professor of Physiotherapy, Department of Health Professions, Manchester Metropolitan University (United Kingdom).

**KEY POINTS:**

- No statistically significant association between either knee extension or hip abduction strength with the modified SEBT.
- **Strength is unlikely to be a primary construct of the test and the SEBT is not a useful replacement for the HHD when testing strength.**



Contents lists available at ScienceDirect

Manual Therapy

journal homepage: [www.elsevier.com/math](http://www.elsevier.com/math)

Original article

The Star Excursion Balance Test: Criterion and divergent validity on patients with femoral acetabular impingement

Ann-Christin Johansson <sup>1,\*</sup>, Hillevi Karlsson <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physiotherapy, School of Health, Care and Social Welfare, Mälardalen University, Box 403, SE-721 23 Västerås, Sweden

<sup>2</sup> Department of Orthopedics, Hospital of Västermanland County, SE-721 89 Västerås, Sweden

**SUBJECTS:** 15 bilateral / 15 unilateral / 15 control

**KEY POINTS:**

- SEBT in **posterolateral and posteromedial direction** has good criterion validity in relation to pain and other symptoms.
- In the posterolateral and posteromedial directions, SEBT had divergent validity.



## Lokale Stabilität der Hals- und Lendenwirbelsäule



## Craniocervicaler Flexions- Test (CCFT)

- **Pressure Feedback Unit (PFU)**
- Der Patient liegt auf dem Rücken und die HWS befindet sich in einer neutralen Position.
- Die PFU wird auf 20mmHg aufgeblasen.
- Der Patient soll die HWS „entlordosieren“. Der Druck steigt hierbei an.
- Es ist eine Druckerhöhung um 2mmHg erwünscht.
- Mit dieser Intensität sollen dann 10 Wdh. je 10 sec trainiert werden.
- Der Druck soll dann bis auf 30mmHg erhöht werden.



## TEST



Test isometrische Kraft der tiefen Flexoren

127

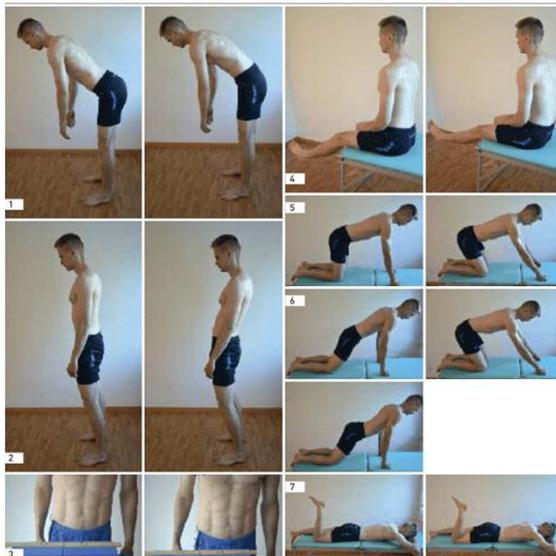


## Aktivierung und Test des M. transversus abdominis

- Der Patient befindet sich auf dem Bauch, die Arme liegen neben dem Körper, der Kopf ist in Mittelstellung.
- Die PFU schließt unten mit den SIAS ab.
- Die PFU wird auf 70mmHg aufgeblasen und der Patient soll den Bauchnabel nach innen und oben hochziehen.
- Variationen: aus RL oder verschiedene Positionen der Extremitäten.



## Spezifische Test LWS für globale Stabilität



### Testbatterie für die Bewegungskontrolle der LWS:

1. Kellnerbeuge
2. Pelvic Tilt
3. Einbeinstand
4. Sitting knee extension
5. Rocking
6. Prone knee bend



## Spezifische Test LWS für globale Stabilität

### Testbatterie für Bewegungskontrolle der LWS

Zuerst jeweils Test korrekt (Resultat negativ), und dann nicht korrekt (Test positiv). 1. «Waiters bow»: vorwärts beugen von der Hüfte, ohne die LWS zu flektieren. 2. «Pelvic tilt»: das Becken nach hinten kippen, LWS geht in die Flexion. 3. Einbeinstand: Standard: Spurbreite ein Drittel von Trochanterbreite, Norm: 8 cm Ausweichen lateral (Test positiv, wenn laterales Ausweichen mehr als 10 cm). 4. «Sitting knee extension»: das Knie so weit strecken wie möglich ohne Bewegung vom Rücken. 5. «Rocking all fours»: das Becken nach hinten verschieben, ohne dass der Rücken flektiert; das Becken nach vorne bringen, ohne dass der Rücken extendiert (gibt insgesamt einen Punkt, wenn eine oder beide Seiten positiv). 6. «Prone knee bend»: das Knie beugen, ohne dass der Rücken extendiert oder rotiert. (Bilder mit freundl. Genehmigung des Autors)

Je mehr Tests positiv sind, desto schlechter ist die Bewegungskontrolle. Die Zuverlässigkeit der Testbatterie wurde für sehr gut befunden (1); sie differenziert sehr gut zwischen Gesunden und Patienten mit Rückenschmerzen (2). Bei 2 positiven Tests aus 6 beträgt die Odds Ratio 8; das heisst bei 2 positiven Tests ist die Chance 8-mal höher, dass diese Person Rückenschmerzen hat.

1. Luomajoki H et al.: Reliability of movement control tests in the lumbar spine. BMC Musculoskelet Disord 2007; 8: 90.

2. Luomajoki H et al.: Movement control tests of the low back; evaluation of the difference between patients with low back pain and healthy controls. BMC Musculoskelet Disord 2008; 9: 170.



# Sportrehabilitation



## Agonistische- und Antagonistische Kraftbalance

- Ist das funktionelle Gleichgewicht zwischen Agonist und Antagonist.
- Agonist und Antagonist stehen in einem bestimmten Kraftverhältnis zueinander, welches nicht auf Gleichgewicht, sondern auf physiologischen Funktionen beruht.
- Bei neuromuskulären Dysbalancen kommt es zu einer Verschiebung dieser Kraftverhältnisse.
- Weitere beeinflussende Faktoren sind: Alter, Immobilität, Verletzung, OP und Schmerzen.



	HWS	Schulter	BWS/LWS	Hüfte	Knie	Fuß
<b>Extension</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>40</b>
<b>Flexion</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>70-80</b>	<b>85-95</b>	<b>60-70</b>	<b>100</b>
<b>Add</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		
<b>Abd</b>		<b>40-60</b>		<b>70-80</b>		
<b>IRO</b>		<b>100</b>		<b>10-20</b>		
<b>ARO</b>		<b>50</b>		<b>100</b>		
<b>Supi</b>						<b>100</b>
<b>Pro</b>						<b>40-50</b>

Pölzer, 2014



## Diagnostik der neuromuskulären Koordination und Balance



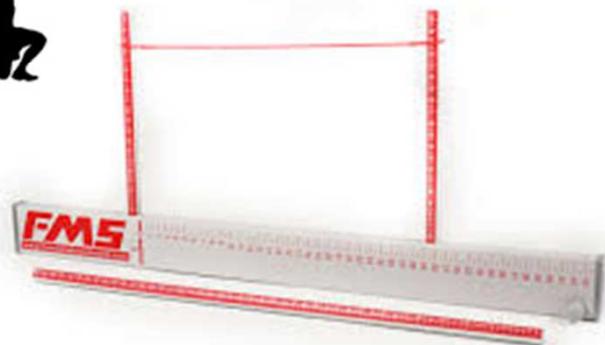
## FMS (Functional Movement System)

- Die Philosophie, die hinter dem Konzept steckt, sieht den gesamten Körper als Einheit und nicht nur in einzelnen Körperpartien.
- Dabei wird ein einfaches Punktesystem eingesetzt.
  - Drei Punkte gibt es, wenn die Übung perfekt durchgeführt werden kann und
  - zwei, wenn die Übung zwar durchgeführt werden kann, aber nur mit Kompensations-/Ausweichbewegungen.
  - Kann die Übung nicht durchgeführt werden, gibt es einen Punkt und
  - wenn sie Schmerzen verursacht null Punkte.
  - Maximal können also 21 Punkte erreicht werden.
- Man hat heraus gefunden, dass sich das Verletzungsrisiko um mindestens das 2- bis 3-fache erhöht, wenn nur 14 oder weniger Punkte erzielt wurden. Dies gilt ebenfalls bei einer auftretenden Asymmetrie. Eine Asymmetrie liegt vor, wenn unabhängig von der Gesamtpunktzahl eine Punktedifferenz zwischen der linken und rechten Seite besteht.

(1. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 2007, Bd. 2 (3), S. 1–9; 2. Journal of Strength and Conditioning Research, 2010, Bd. 24 (2), S. 479–486; 3. Cook Gray, Movement assessment: The Functional Movement Screen, 1998, Athletic Testing Service)



**FMS**  
Functional Movement Systems™





FMS

SSN \_\_\_\_\_ HEIGHT \_\_\_\_\_ WEIGHT \_\_\_\_\_ AGE \_\_\_\_\_ GENDER \_\_\_\_\_

PRIMARY SPORT \_\_\_\_\_ PRIMARY POSITION \_\_\_\_\_

HAND/LEG DOMINANCE \_\_\_\_\_ PREVIOUS TEST SCORE \_\_\_\_\_

TEST	RAW SCORE	FINAL SCORE	COMMENTS
DEEP SQUAT			
HURDLE STEP	L		
	R		
INLINE LUNGE	L		
	R		
SHOULDER MOBILITY	L		
	R		
IMPINGEMENT CLEARING TEST	L		
	R		
ACTIVE STRAIGHT-LEG RAISE	L		
	R		
TRUNK STABILITY PUSHUP			
PRESS-UP CLEARING TEST			
ROTARY STABILITY	L		
	R		
POSTERIOR ROCKING CLEARING TEST			
TOTAL			

**Raw Score:** This score is used to denote right and left side scoring. The right and left sides are scored in five of the seven tests and both are documented in this space.

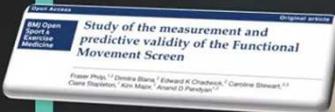
**Final Score:** This score is used to denote the overall score for the test. The lowest score for the raw score (each side) is carried over to give a final score for the test. A person who scores a three on the right and a two on the left would receive a final score of two. The final score is then summarized and used as a total score.

TRIAL MODE - Click here for more information

69

## Gegenstimmen....?

### Functional Movement Screen (FMS)




24 Teilnehmer führten das FMS durch (Echtzeitbewertung), während gleichzeitig ihre Leistung mit einem objektiven Foto/Video-System erfasst wurde

**Fazit**

FMS kann als klinisches Screening-Tool im Sinne eines Bewertungsinstruments nicht eingesetzt werden, da er die tatsächliche Leistung der Teilnehmer im Vergleich zum objektiven Bewertungssystem nicht genau wiedergeben kann. Er ist nicht dazu geeignet, Muskelkraft, Bewegungsumfang, Asymmetrie, Gleichgewicht und kinästhetische Leistung zu bewerten bzw. valide zu messen (keine Quantifizierung). Der FMS ist darüber hinaus nicht in der Lage, das Verletzungsrisiko zu prädikieren.

Der Rahmen des FMS ist für einen **einzelnen Gutachter zu komplex**. Darüber hinaus überschätzen die vom Echtzeitassessor gescorten Ergebnisse die motorischen Kapazitäten der bewerteten Teilnehmer.

**Kritisch zu sehen sind...**

- ▶ die unrealistischen und undefinierten, anatomischen und biomechanischen Schwellenwerte, multiple Variabel in der Erfassung, fehlende Standardisierung.
- ▶ keine valide, trennscharfe Kategorisierung der Score-Ergebnisse (Mehrdeutigkeit), Probleme des Skalenniveaus (keine Intervall- bzw. Verhältnisskalierung der Testung).



## Diagnostik der Rumpfkraft



## Diagnostik der Rumpfkraft („core stability“)

- Der Grundkrafttest Rumpf besteht aus 3 Übungen.
- Getestet werden die ventralen, dorsalen und lateralen Muskelketten.
- Die Testdurchführung ist einfach, man arbeitet mit dem Körpereigengewicht und es ist gut standardisierbar.
- Eine gut ausgeprägte Rumpfkraft hat einen präventiven sowie leistungsentwickelnden Charakter und gilt als Voraussetzung für das Training mit freien Gewichten.

Tschopp, M.; 2003



## Ventrale Rumpfkette (Prone Bridge Test)

- Der Sportler stützt sich auf den schulterbreit aufgestellten Unterarmen sowie den Zehen auf.
- Er bildet mit seinen Schultern, Hüften und Sprunggelenken eine gerade Linie
- Die Haltezeit wird mit einer Stoppuhr erfasst.
- Beurteilung:
  - Mittelwert: 152 sec
  - Gut: > 115 sec
  - Befriedigend: 89-115 sec
  - Ungenügend: < 89 sec
  - Personen mit Rückenschmerzen: 76,7 +/- 48,9 sec



Tschopp, M.; 2003



## Ventrale Rumpfkette (Endurance of Abdominal Muscle Test)

- Misst die Kraftausdauer der Bauchmuskeln in sitzender Position in 60° zur Liegefläche.
- Die Haltezeit wird mit einer Stoppuhr erfasst.
- Beurteilung:
  - Bei gesunden: 147 +/- 90 sec
- Nach 8 Wochen sehr gut reproduzierbar.



McGill, S.M.; 1999



## Ventrale Rumpfkette (Abdominal Dynamic Endurance Test)

- Misst die dynamische Kraftausdauer der Bauchmuskeln in Rückenlage mit aufgestellten Beinen.
- Der Oberkörper wird angehoben, bis die Hände der gestreckten Arme die Kniegelenke von oben umfassen und wieder abgesenkt.
- Bewegungstempo: 1 sec für den Auf- und 1 sec für die Abwärtsbewegung.
- Beurteilung:
  - Frauen: 19 Wdh.
  - Männer: 27 Wdh.



Alaranta et al.; 1994



## Dorsale Rumpfkette (Extension Endurance)

- Der Sportler befindet sich in Bauchlage auf einer Liege oder ähnlichem, mit freischwebendem Oberkörper.
- Die Arme sind vor der Brust verschränkt.
- Die Füße sind unter einer Querstange oder einer anderen Haltevorrichtung fixiert.
- Der Oberkörper wird in horizontaler Position gehalten.
- Misst die Kraftausdauer der Rumpfstrecker (Rücken-, Gesäß-, und hintere Oberschenkelmuskulatur)
- Beurteilung:
  - Frauen: 89 +/- 60 sec
  - Männer: 146 +/- 51 sec



McGill, S.M.; 1999

## Dorsale Rumpfkette (Extensor Dynamic Endurance Test)

- Misst die dynamische Kraftausdauer der Rückenstrecker.
- Der fixierte Sportler wird mit freischwebendem Oberkörper positioniert, der um 30° abgesenkt wird und anschließend bis zur waagerechten Position wieder angehoben wird.
- Bewegungstempo: 1sec für den Auf- und 1 sec für die Abwärtsbewegung.
- Beurteilung:
  - Frauen: 24 Wdh.
  - Männer: 28 Wdh.



Alaranta et al.; 1994

## Laterale Rumpfkraft (Side Bridge)

- Misst die Kraft der lat. Rumpfmuskulatur.
- Der Sportler befindet sich im Ellenbogenstütz in der Seitlage.
- Das Becken wird seitlich abgehoben bis der Rumpf in der Nullstellung gestreckt ist.
- Beurteilung:
  - Mittelwert: 89 sec
  - Gut: > 57 sec
  - Befriedigend: 44-57 sec
- Die Testung erfolgt im Seitenvergleich.



Tschopp, M.; 2003

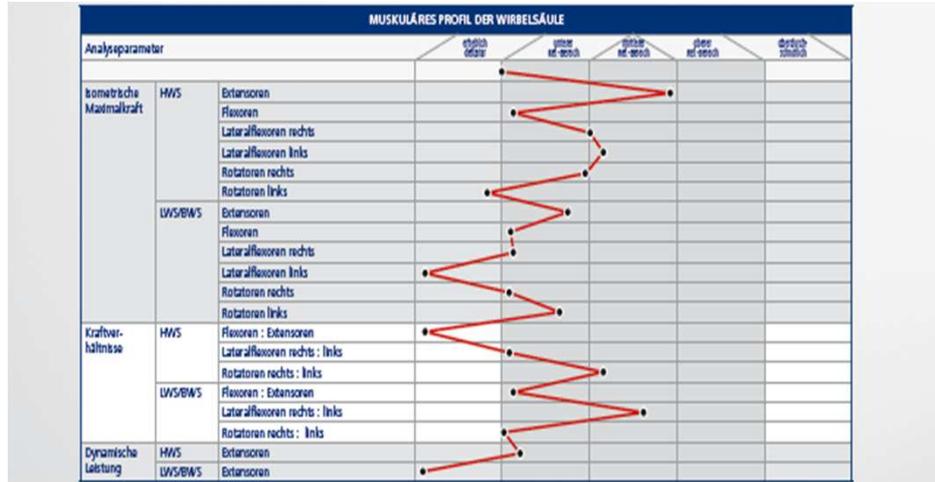


## Apparative Biomechanische Funktionsanalyse

- Messen der Beweglichkeit mit folgender isometrischer Maximalkraftmessung.
- Ziel ist es, Dysbalancen zu erfassen.
- Vorab erfragen der Handdominanz.
- Bei Seitenunterschieden von > 15% liegt eine neuromuskuläre Dysbalance vor.



Grafische Bewertung - EKG - der Wirbelsäule im Vergleich zur passenden Referenzgruppe:



## Diagnostik der Beinkraft



## Diagnostik der Beinkraft

- Zur Diagnostik der Beinkraft stehen zahlreiche Verfahren zur Verfügung.
- Die bedeutsamsten Übungen zur Diagnostik der Beinkraft sind Krafttestungen an der Beinpresse, die einbeinige Kniebeuge sowie die beidbeinige Kniebeuge.
- In Abhängigkeit der Sportarten existieren spezielle und spezifische Testverfahren.



## Beinpresse

- Besonders im Freizeit- und Fitnesssport sollten zur Minimierung des Verletzungsrisikos die Krafttests zunächst an Geräten durchgeführt werden.
- Während der Testungen sollten die Einstellungen der Beinpresse notiert werden, um Folgetests unter identischen Bedingungen zu ermöglichen.
- Die Bewegungs-/ Testausführung entspricht der Übungsausführung an der Beinpresse.
- Sehr gute Reproduzierbarkeit.



Miller, T.; 2012



1RM dividiert durch das Körpergewicht in kg

%- Rang	20- 29 Jahre M/F	30- 39 Jahre M/F	40- 49 Jahre M/F	50- 59 Jahre M/F	60+ Jahre M/F
90	2,27 / 2,05	2,07 / 1,73	1,92 / 1,63	1,80 / 1,51	1,73 / 1,40
80	2,13 / 1,66	1,93 / 1,50	1,82 / 1,46	1,71 / 1,30	1,62 / 1,25
70	2,05 / 1,42	1,85 / 1,50	1,74 / 1,35	1,64 / 1,24	1,56 / 1,18
60	1,97 / 1,36	1,77 / 1,47	1,68 / 1,26	1,58 / 1,18	1,49 / 1,15
50	1,91 / 1,32	1,71 / 1,32	1,62 / 1,19	1,52 / 1,09	1,43 / 1,08

He



## Einbeinige Kniebeuge (Lunges)

- Misst die einbeinige, funktionelle Kraft, neuromuskuläre Kontrolle und dynamische Beweglichkeit der UEX.
- Patient führt einen Ausfallschritt aus, wobei das hintere Knie den Boden berühren muss.
- Hände müssen dabei in die Hüfte gestützt und der Rumpf aufrecht bleiben.
- Sollwert: 20 Wdh., bei Sportlern mit einer Zusatzlast von 20% des Körpergewichtes.



Miller, T.; 2012



## Beidbeinige Kniebeuge (Squat)

- Ist die zentrale Übung zur Bestimmung der Beinkraft.
- Ist als Krafttestübung allerdings nur für fortgeschrittene Sportler geeignet.
- Zur Testung werden zusätzlich zum Material noch ein bis zwei weitere Personen als Sicherung benötigt.
- Der Testablauf entspricht der Übungsausführung der Kniebeuge.



Miller, T.; 2012

Klassifikation	Männer/ Frauen
Exzellent	2,0- faches Körpergewicht
Überdurchschnittlich	1,7- faches Körpergewicht
Durchschnittlich	1,4- faches Körpergewicht
Unterdurchschnittlich	1,0- faches Körpergewicht

Allgemein gilt, dass 20%- 30% des eigenen Körpergewichts als zusätzliche Last bewältigt werden sollte.

Stoppani, J. PhD; 2016



# Diagnostik der Oberkörperkraft



## Diagnostik der Oberkörperkraft

- Zur Diagnostik stehen auch hier zahlreiche Verfahren zur Verfügung.
- Sinnvoll ist auch eine Instrumentierung der Sportler bzw. der Geräte, um neben dem Gewicht und den Wiederholungszahlen weitere kinematische Parameter (z.B.: Winkel, Geschwindigkeit oder Beschleunigung) und dynamische Parameter (z.B.: Druck, Kraft oder Drehmoment) zur optimalen Erfassung und Trainingssteuerung zu erheben.
- Die bedeutsamsten Übungen zur Kraftdiagnostik der Oberkörperkraft sind:
  - Liegestütze
  - Bankdrücken
  - Klimmzüge/ Latziehen

Freiwald, J. Prof., Greiving, A. Dr.; 2016



## Liegestütze

- Liegestütze haben den Vorteil, dass sie überall und ohne Geräte durchgeführt werden können.
- Je nach Leistungsfähigkeit können zwei verschiedene Ausführungen gewählt werden:
  - Hände und Fußspitzen sind auf dem Boden.
  - Hände und Kniegelenke liegen auf dem Boden.
- Bei beiden Varianten ist der Rumpf gestreckt und der Oberkörper wird soweit abgesenkt bis die Brust den Boden leicht berührt.
- Sehr gute Reliabilität.
- Bewegungstempo: 1sec für die Auf- und 1 sec für die Abwärtsbewegung.



%- Rang	20- 29 Jahre M/F	30- 39 Jahre M/F	40- 49 Jahre M/F	50- 59 Jahre M/F	60+ Jahre M/F
90	57 / 42	46 / 36	36 / 28	30 / 25	26 / 17
80	47 / 36	39 / 31	30 / 24	25 / 21	23 / 15
70	41 / 32	34 / 28	26 / 20	21 / 19	21 / 15
60	37 / 30	30 / 24	34 / 18	19 / 17	18 / 12
50	33 / 26	27 / 21	21 / 15	15/ 13	15/ 8
40	29 / 23	24 / 19	18 / 13	13 / 12	10 / 5
30	26 / 20	20 / 15	15 / 10	10/ 9	8 / 3



## Bankdrücken

- Bankdrücken kann als Testübung zur Ermittlung der 1RM oder des Mehrwiederholungsmaximums eingesetzt werden.
- Sehr gute Reliabilität.
- Die Testausführung entspricht der Übungsausführung des Bankdrückens.
- Bei der Ermittlung des 1RM und des Mehrwiederholungsmaximums wird eine weitere Person zur Hilfestellung benötigt.
- Bewegungstempo: 1 sec für die Auf- und 1 sec für die Abwärtsbewegung.



Freiwald, J. Prof., Greiwing, A. Dr.; 2016

- Bewertung:

Klassifikation	Männer/ Frauen
Exzellent	1,2- faches Körpergewicht
Überdurchschnittlich	1,1- faches Körpergewicht
Durchschnittlich	1,0- faches Körpergewicht
Unterdurchschnittlich	0,9- faches Körpergewicht



## Klimmzüge

- Analog zum Klimmzug kann auch der Latzug eingesetzt werden.
- Latzug ist bei weniger trainierten günstig, da eine Abstufung des Gewichts möglich ist. Für Trainierte günstig zur Ermittlung des 1RM.
- Die Testausführung entspricht der Übungsausführung des Klimmzugs bzw. des Latzug.
- Bewegungstempo: 1sec für den Auf- und 1 sec für die Abwärtsbewegung.
- Bei Erwachsenen keine Datenlage zur Reproduzierbarkeit der Tests. Bei Schulkindern ist die Reliabilität gut.



Freiwald, J. Prof., Greiwing, A. Dr.; 2016

- Bewertung:

Klassifikation	Wiederholungen
Exzellent	15+
Überdurchschnittlich	12- 14
Durchschnittlich	8- 11
Unterdurchschnittlich	5- 7
Schlecht	0- 4



Freiwald, J. Prof., Greiwing, A. Dr.; 2016

# Diagnostik der Sprungkraft



## Diagnostik der Sprungkraft

- Ist in fast allen Sportarten von Bedeutung und einerseits von einer guten Technik und andererseits von den Krafftigkeiten der Beine abhängig.
- Je nach Sportart soll das Krafttraining die Sprintfähigkeit, Sprunghöhe, Sprungweite oder die explosive Kraftentwicklung optimieren.
- Mögliche Systeme: Markierungen, Ultraschallmessungen, Kontaktmatten oder Kraftmessplatten, mit oder ohne Videounterstützung.
- In der sportlichen Leistungsdiagnostik haben sich folgende Sprungkrafttestverfahren etabliert:
  - Squat Jump
  - Counter Movement Jump
  - Drop Jump
  - Jump and Reach- Test

Herbert-Losier et al; 2014



## Squat Jump

- Wird aus der Hockposition aus ca. 90° Knieflexion ohne Ausholbewegung durchgeführt.
- Ziel ist es, maximal hoch zu springen.
- Sehr gute Reproduzierbarkeit.



Markovic et al.; 2004

Squat Jump	Männer	Frauen
1	50	40
2	40	30
3	30	20
4	20	10
5	10	<10
6	<10	

Die durchschnittliche Sprunghöhe bei Fußballern der 1. Bundesliga 32,9- 37,3cm



Freiwald, J. Prof., Greiwing, A. Dr.; 2016

## Counter Movement Jump

- Ist ein Hocksprung mit Ausholbewegung.
- Aus dem aufrechten Stand wird eine Ausholbewegung vollzogen und sofort maximal hoch gesprungen.
- Die Zielmuskulatur arbeitet exzentrisch und anschließend konzentrisch im langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) 200ms-250ms
- Sehr gute Reproduzierbarkeit.
- Die Sprunghöhe sollte 8% höher sein als beim Squat Jump.
- Die durchschnittliche Sprunghöhe bei Fußballern der 1. Bundesliga 39,4- 44,7cm



Markovic et al.; 2004



## Drop Jump

- Ist eine Nieder-/Hochsprungbewegung und wird mit einem Kasten ausgeführt.
- Der Bodenkontakt soll möglichst kurz sein und trotzdem in möglichst kurzer Zeit ein maximaler Kraftimpuls erzeugt werden.
- Berücksichtigt werden die Sprunghöhe und die Kontaktzeit. Aus beiden Messgrößen wird der Reaktivindex gebildet. (Sprunghöhe<sup>2</sup> in cm/Kontaktzeit in ms)
- Die Reproduzierbarkeit ist allerdings nur bei koordinativ gut ausgebildeten Athleten gut.



Voss, G. et al.; 2007/ Flanagan, E.P. et al.; 2007



Drop Jump	Reaktionsquotient
1	2,0
2	1,8
3	1,6
4	1,4
5	1,2
6	1,0

Voss, G. et al.; 2007/ Flanagan, E.P. et al.; 2007



## Jump and Reach-Test

- Wird zur Messung der max. Sprunghöhe verwendet.
- Ist sehr gut reproduzierbar.
- Wird aus der Differenz zwischen der max. Reichhöhe im Stand und der max. Sprunghöhe berechnet.



	Gesunde Studenten	Studenten/ Freizeitsportler	Studenten/ Wettkampfsportler
Miller, T.; 2012/ Hoffman, J.; 2006			



## Maximaler horizontaler Einbeinsprung (Maximal Controlled Leap)

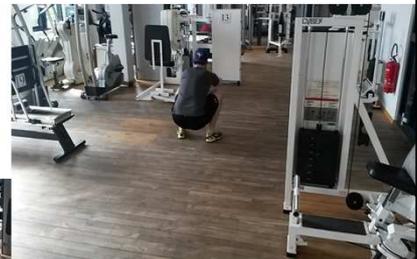
- Ist ein einbeiniger Sprung mit Absprung von einem und Landung auf dem anderen Bein.
- Das Landungsbein wird vor dem Absprung in einem 90° Knie- und Hüftwinkel gehalten und die Hände in die Hüfte gestützt, sodass kein Schwung geholt werden kann.
- Der Endwert setzt sich aus dem Mittelwert von drei Sprüngen zusammen.
- Bewertung:
  - Frauen: 80-90% der Körpergröße
  - Männer: 90-100% der Körpergröße



Juris, P.M. et al.; 1997

## Beidbeiniger Horizontalsprung (Standing Long Jump)

- Ist ein beidbeiniger Standweitsprung der die Kraft sowie neuromuskuläre Kontrolle der UEX erfasst.
- Drei Sprünge werden gemittelt und ergeben den Endwert.
- Es soll mit oder ohne den Einsatz der Arme gesprungen werden.
- Die Reproduzierbarkeit ist sehr gut.



Reiman, M.P., et al.;2009/ Markovic et al.; 2004

	Männer	Frauen	Bewertung mit Armeinsatz:
<b>Ausgezeichnet</b>	<b>&gt;250 cm</b>	<b>&gt;200 cm</b>	
<b>Sehr gut</b>	<b>241- 250 cm</b>	<b>191- 200 cm</b>	
<b>Überdurchschnittlich</b>	<b>231- 240 cm</b>	<b>181- 190 cm</b>	
<b>Durchschnittlich</b>	<b>221- 230 cm</b>	<b>171- 180 cm</b>	
<b>Unterdurchschnittlich</b>	<b>211- 220 cm</b>	<b>161- 170 cm</b>	
			<b>165,1 cm</b>
<b>Schlecht</b>	<b>191- 210 cm</b>	<b>141- 160 cm</b>	<b>154,9 cm</b>

Miller, T.; 2012/ Hoffman, J.; 2006



## Einbeiniger Horizontalsprung (Single- Leg Hop- Jump for Distance)

- Ist ein einbeiniger Standweitsprung zur Erhebung der Sprungdistanz als auch der Kniefunktionalität.
- Bei Sportlern korreliert die Sprungleistung mit der Sprintfähigkeit über 5, 10 und 30 Meter.
- Die Reproduzierbarkeit ist sehr gut (Sport und Orthopädie).
- Bewertung:
  - Frauen: 70-80% der Körpergröße
  - Männer: 80-90% der Körpergröße



Tschopp, M.; 2003/ Gokeler, A. et al.; 2009



## 6 Meter Einbeinsprung auf Zeit (6-Meter Timed Hop Test)

- Ist ein einbeiniger Sprung, der die Fähigkeit bewertet, Schnellkraft, Gleichgewicht und neuromuskuläre Kontrolle über eine spezielle Distanz zu erzielen.
- Aufgabe des Sportlers ist es, mit Einbeinsprüngen eine Distanz von 6m möglichst schnell zu überwinden.
- Die Reproduzierbarkeit ist gut.



Ross, M. D. et al.; 2002



## Force Production: Horizontal VS Vertical

### Horizontal Task- Hop for distance

– Small amount force generated from knee?



Hip = 46%

Knee = 4%

Ankle = 50%

### Vertical Task – vertical jump



Hip = 28%

Knee = 49%

Ankle = 23%



# Diagnostik der OEX

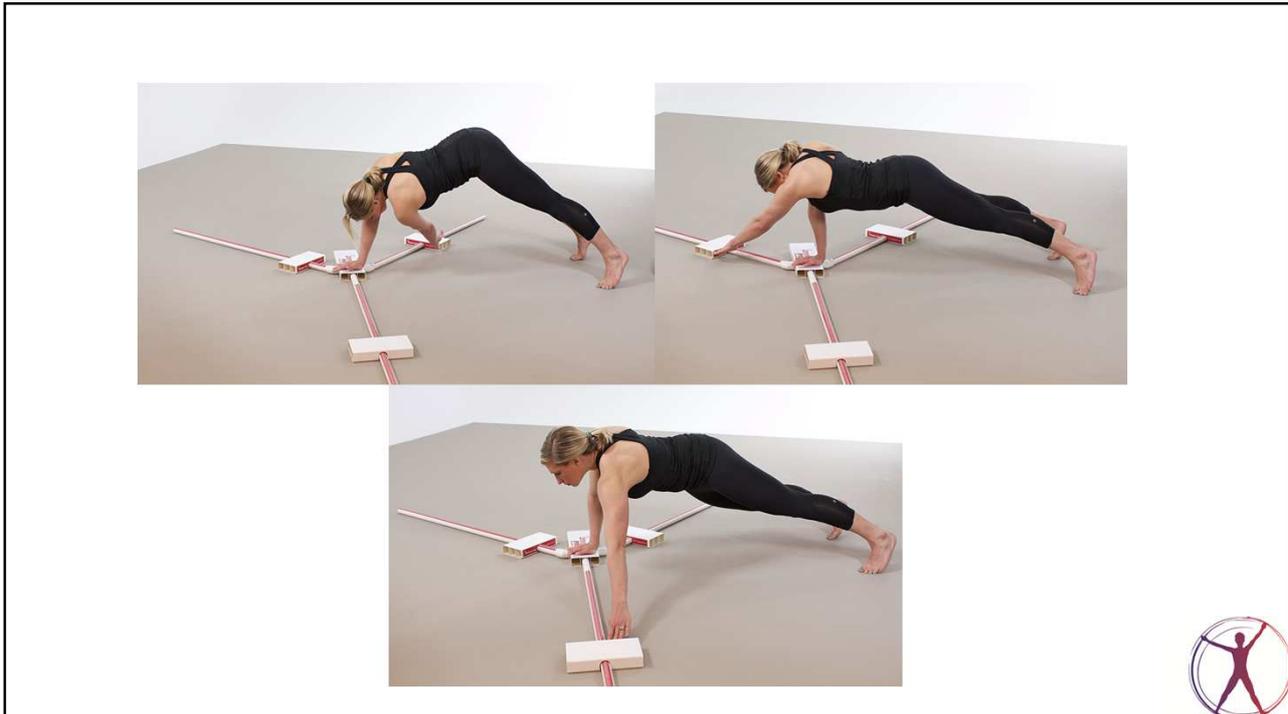


## Testung der OEX nach Ellenbecker

- Der Sportler befindet sich im stabilen Liegestütz oder Kniestütz.
- Die Hände werden jenseits zweier Markierungen platziert, die in einem 1,5 fachen ACG-Abstand positioniert werden.
- Binnen von 15 sec versucht der Sportler, so oft wie möglich mit den Händen Kontakte außerhalb dieser Markierungen zu schaffen.
- Bewertung:
  - Frauen: 23 Kontakte
  - Männer: 21 Kontakte



Ellenbecker; 2006



## Zielwurfstest nach Ellenbecker

- Der Sportler steht in einer Entfernung von 4,5 Metern vor einer Wand.
- Auf der Wand befindet sich ein 30 cm x 30 cm großes Ziel, 120 cm über dem Boden.
- Es soll versucht werden, innerhalb von 30 sec das Ziel mit dem Ball zu treffen.
- Es werden 3 Sätze durchgeführt.
- Es werden die absolute Anzahl der realisierten Würfe und der Quotient zwischen den absoluten und akkuraten Würfungen errechnet.
- Bewertung:
  - Frauen: 13 absolute/ 4 akkurate
  - Männer: 15 absolute/ 7 akkurate
  - Eine Abweichung von mehr als 20% gilt als defizitär.



Ellenbecker; 2006



# Diagnostik der Schnelligkeit



## Tapping

- Registrierung der zyklischen Schnelligkeit.
- Gemessen wird die Frequenz der Kontakte am Boden pro Sekunde.
- Frequenzen über 12 Hz gelten als perspektivisch günstig.

Tapping	Hz
Hervorragend	15-17
Sehr gut	13-15
Gut	12-13
Mittelmäßig	10-12
Unterdurch-	7-10



Voss, G., M. et al.; 2007



## Sprintschnelligkeit

- Antritt
- Beschleunigung
- Max. Laufgeschwindigkeit
- 5m, 10m, 20m, 30m Sprint aus dem Hochstart, mit dem Start 1m vor der Zeitmessung.
- Oder „fliegender“ Start mit frei wählbarer Antrittslänge

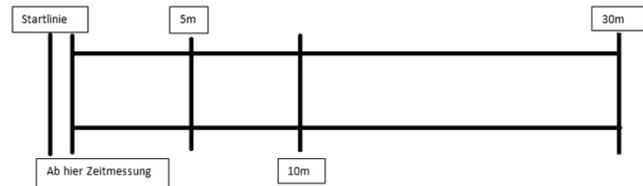


Abb. 3: Kindermännchentest



### • Bewertung:

Sprint aus dem Hochstart	5m	10m	20m	30m
Männer	<1 sec	<1,7 sec	<2,9 sec	< 4,1 sec
Frauen	1,2- 1,3 sec	1,9- 2 sec	3,4- 3,6 sec	
Sollzeit DFB Nationalmannschaft	<0,97- 1,01 sec	<1,68- 1,72 sec		4- 4,11 sec

Voss, G., M. et al.; 2007



# Diagnostik der Ausdauer



## Ergometer Test

- Der Sportler oder Patient absolviert auf dem Ergometer in der Regel einen Stufen oder Rampen Test.
- Man beginnt bei einer niedrigen Intensität.
  - Trainierte: 100- 150 W
  - Untrainierte: 25- 50 W
- Die Belastungsdauer pro Stufe beträgt zwischen 2 bis 6 Minuten (Standard: 2-3 min)
- Die Belastungssteigerung beträgt 25-50 W oder wird individuell berechnet:
  - 0,2- 0,3 W pro kg Körpergewicht pro Belastungsminute.
  - 0,4- 1 W pro kg Körpergewicht pro Stufe.
- Sehr gut reproduzierbar.
- Erweiterbare Diagnostik durch EKG, Blutdruck, etc.



Völker, K.; 2011



- Beurteilung: Die erreichte Wattzahl wird durch das Körpergewicht geteilt. Der errechnete Quotient wird zur Beurteilung herangezogen.



**PWC Wert: - Physical Working Capacity**

Zeit	Watt	Puls
<b>Ausgang</b>	...	
2 min	25	
4 min	50	
6 min	75	
8 min	100	
10 min	125	
12 min	150	
14 min	175	
16 min	200	



Frauen	PWC 130	PWC 150	PWC 170
1	> 2,0	> 2,5	3,0
2	1,6- 2,0	2,0- 2,5	2,5- 3,0
3	1,25- 1,6	1,6- 2,0	2,0- 2,5
4	1,0- 1,25	1,25- 1,6	1,6- 2,0
5	< 1,0	< 1,25	< 1,6
Männer	PWC 130	PWC 150	PWC 170
1	>2,5	>3,0	>3,5
2	2,0- 2,5	2,5- 3,0	3,0- 3,5
3	1,5- 2,0	2,0- 2,5	2,5- 3,0
4	1,0- 1,5	1,5- 2,0	2,0- 2,5

Völker, K.,; 2011



## Cooper- Test

- Bekannteste Vertreter von Zeit- Distanztest.
- Laufstest über 12 min, wobei die zurückgelegte Strecke als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit gewertet wird.
- Ausführung meist auf einer 400m Rundbahn.



- Bewertung:

Männer	Bis 30 Jahre	30- 39 Jahre	40- 49 Jahre	50 Jahre
Sehr gut	2800	2650	2500	2400
Gut	2400	2250	2100	2000
Frauen	Bis 30 Jahre	30- 39 Jahre	40- 49 Jahre	50 Jahre
Sehr gut	2600	2500	2300	2150
Gut	2150	2000	1850	1650
Befriedigend	1850	1650	1500	1350

Ulrich, G.; 2006



# Handkraft und Finger Tapping



## Handkraft und Finger Tapping als Diagnostik der ZNS Erschöpfung

rating*	MALES		FEMALES	
	(lbs)	(kg)	(lbs)	(kg)
excellent	> 141	> 64	> 84	> 38
very good	123-141	56-64	75-84	34-38
above average	114-122	52-55	66-74	30-33
average	105-113	48-51	57-65	26-29
below average	96-104	44-47	49-56	23-25
poor	88-95	40-43	44-48	20-22
very poor	< 88	< 40	< 44	< 20



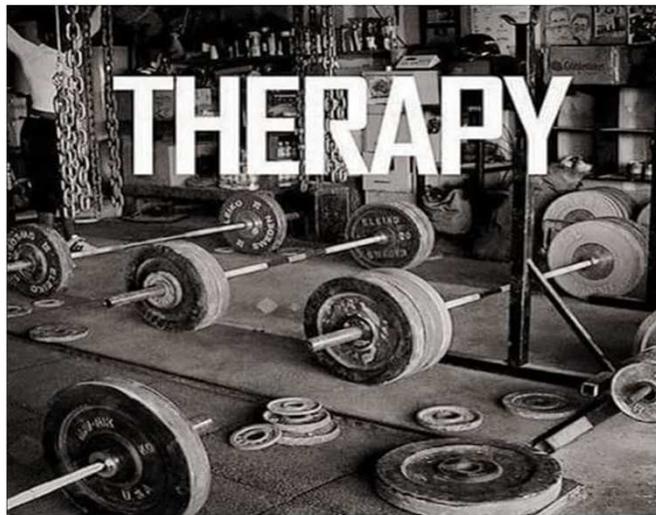
- Man vermutet, dass auf Grund der großen kortikalen Repräsentation der OEX, vor allem der Finger und der Hand, sich der Erschöpfungsgrad des ZNS ableiten lässt.
- Wird häufig zur Trainingssteuerung sowie Ausbelastung im Leistungssport verwendet.



Helen C. Roberts et al., 2011



## Grundlagen der MTT



# Grundlagen der Medizinischen Trainingstherapie

- Trainingstherapie ist der Einsatz von Methoden und Elementen aus dem Bereich des sportlichen Trainings zur planmäßigen Rehabilitation:
  - Trainingslehre
  - Biomechanik
  - Individuelle physiolog. Anatomie
  - Bewegungslehre
- Wichtig: es sollte keine Unterscheidung zum Leistungssport gemacht werden, es muss lediglich der Gewebszustand differenziert betrachtet werden.

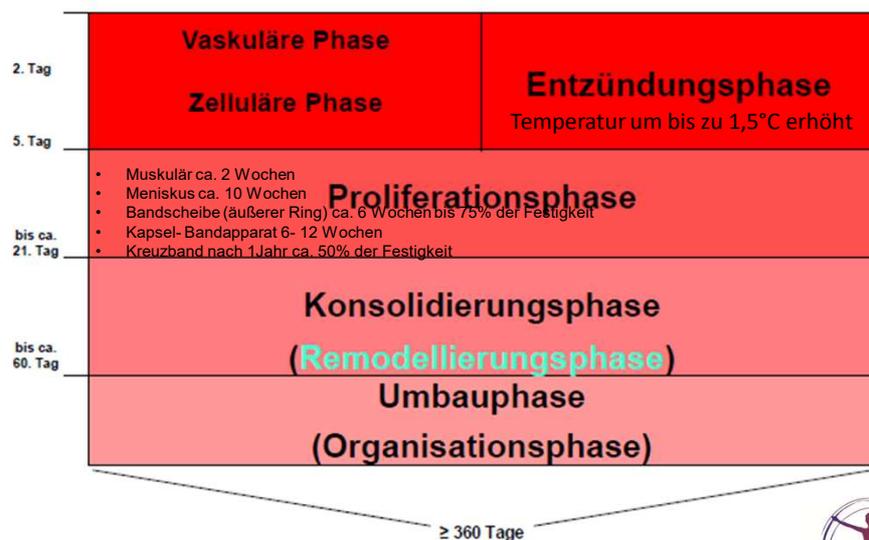


## Wundheilungsphasen

- KEIN TRAINING in dieser Zeitspanne!!!
- Makrophagenaktivität hoch.
- Strukturumwandlung.

- Das Gewebe muss nun beansprucht werden.
- Keine überschweligen Reize.
- Keine Schmerzprovokation.
- Keine metabolische Ausbelastung.

- Jetzt metabolischen und mechanischen Stress steigern!



## Heilungszeiten

### Rehabilitation After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction

*Terrence G. McGee, PT, DScPT,\* Andrew J. Cosgarea, MD,†  
Kevin McLaughlin, PT, DPT,\* Miho Tanaka, MD,† and Ken Johnson, PT\**

### Bänderheilung

- **Bis 72 Std.:** Entzündungsprozess
- **Ab Tag 2:** Beginn der Proliferation
- **1-2 Woche:** Zufällige Kollagenausrichtung und schwaches vaskuläres Granulationsgewebe
- **2 Tag bis 6 Woche:** Proliferationsphase
- **6 Woche bis 12 Monat:** Makrophagen und Fibroblasten verringern sich
- **Bis 12 Monat:** Erhöhung der Kollagenkonzentration

### Sehnenheilung

- **1 bis 3 Tag:** Zellen stammen aus Gewebe
- **5 Tag:** Wundlücke ist gefüllt
- **10 Tag:** Kollagensynthese maximal
- **3 Woche:** Fibroblasten Proliferation, Revaskularisierung
- **4 Woche:** Zunahme des Kollagens entlang der Sehne
- **35 Tag:** Kollagensynthese abgeschlossen
- **2 Monat:** Reifung des Kollagen
- **4 Monat:** Maturation vollständig
- **6 Woche bis 6 Monat:** Kontraktionsfähigkeit 90% normal je nach Schweregrad



### Muskelheilung:

- **6 Std.:** Zersplitterung
- **1 bis 4 Tag:** Fibroblasten Proliferation, verminderte Muskelspannungsproduktion
- **1 Woche:** Narbengewebe, fast normale Muskelspannung
- **7 bis 11 Tag:** Normale Zugfestigkeit
- **6 Woche bis 6 Monat:** Kontraktionsfähigkeit 90% normal je nach Schweregrad

### Knochenheilung:

- **0 Std.:** Entzündungsprozess
- **3 bis 4 Tag:** Hämatom, gebrochene Ränder nekrotisch, Mastzellen, Trümmerbeseitigung
- **3 bis 4 Woche:** Osteoklasten Proliferation, harte Kallus
- **4 bis 6 Woche:** Externe Blutversorgung
- **6 bis 10 Woche:** Die medulläre Zirkulation wurde wiederhergestellt
- **3 bis 4 Monat:** Fraktur geheilt, Remodulierung



Heilungszeiten im Überblick	
<b>Muskelverletzung</b> (Slider et al. 2008, Brotzman & Wilk 2003)	<b>Grad 1:</b> 2-8 Wochen <b>Grad 2:</b> 2-4 Monate <b>Grad 3:</b> 9-12 Monate
<b>Bänderverletzung</b> (Hauser & Dolan 2011, Frank et al. 1992, Hubbard & Hicks-Little 2008, Kannus 1998, Nagelli & Hewett 2017)	<b>Grad 1:</b> 2-8 Wochen <b>Grad 2:</b> 2- 6 Monate <b>Grad 3:</b> 6-12 Monate <b>Transplantat (z.B. ACL):</b> 12 Monate +
<b>Sehnenverletzung</b> (Khan et al. 2002, Bass 2012, Brotzman & Wilk 2003)	<b>Akut:</b> 2-6 Wochen <b>Subakut:</b> 2-4 Monate <b>Chronisch:</b> 3-9 Monate <b>Riss, chirurgische Wiederherstellung oder Ruptur:</b> 4-12 Monate +
<b>Knochen/Fraktur</b> (Bennel & Kannus 2003)	6-12 Wochen +
<b>Gelenknorpel-Repair</b> (Musumeci et al. 2014)	9-24 Monate
<b>Meniskusrepair</b> (de Albornoz & Forriol 2012)	3-12 Monate
<b>Viele Gewebe zeigen auch 1-2 Jahre nach Verletzung noch Zeichen eines Umbaus!</b>	



### Faktoren, die die Wundheilung beeinflussen

- **Ausdehnung, Form und Lokalisation der Verletzung:** Stärkeres Ausmaß der Verletzung bedingt längere Heilungsdauer (De Morree 2013).
- **Belastung:** Adäquate Belastung ist essentiell für die Heilung (Glasgow et al. 2015).
- **Medikation: Kortikosteroide, Zytostatika, NSAR** (De Morree 2013, Wheatley et al. 2018,
- **Ernährung:** Verstärkter Proteinbedarf während der Gewebeheilung (Demling 2009).
- **Lebensstilfaktoren und Inflammation:** Systemische Entzündung durch schlechte Ernährung, Stress, Übergewicht Schlafmangel, Alkoholismus oder andere Faktoren können die Heilung verzögern (Christian et al. 2006; Guo & DiPietro 2010). Schlaf ist essentiell für die Gewebe-/Zellheilung und die Kontrolle der Entzündungsprozesse.
- **Kardiovaskuläre und metabolische Gesundheit:** Adäquate Zirkulation/Perfusion (Guo & DiPietro 2010, De Morree 2013).
- **Zustand des ZNS:** Wundheilungsstörungen bei zentraler Sensibilisierung (Kim et al. 2018).
- **Rauchen** (McDaniel & Browning 2014)
- **Infektionen** (De Morree 2013)
- **Bestrahlung, Chemotherapie** (Anderson & Hamm 2012)



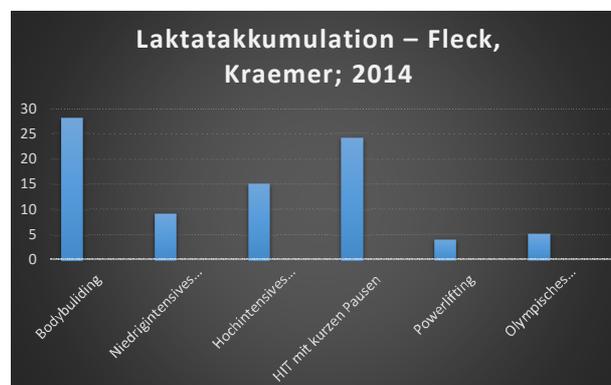
## Voraussetzungen an den Trainer/ Therapeuten

- Fähigkeit, den Patienten spezifisch zu untersuchen.
- Fähigkeit, den Patienten beim Sporttreiben anzuleiten – weniger/ besser keine Verbote, mehr Aufklärung!!! (Vermitteln, Beraten und Trainieren).
- Verständnis für biomechanische Vorgänge haben.
- Kenntnisse der funktionellen Anatomie.
- Selbständig mit den Trainingsgeräten trainiert haben.
- An den Geräten, mit denen er arbeitet, ausgebildet sein und deren mechanische Eigenschaften verstehen.



## Belastungsnormative beim Krafttraining

- Sind die Grundlage der Trainingsbelastung und der Trainingsmethode.
- Die Belastungsnormative konstituieren die Trainingsmethodik und je nach Vorgehen richten sich die Anpassungsprozesse aus.



- Wenn die Belastbarkeit für ein Krafttraining nicht gegeben ist, müssen die Belastungsnormative an die jeweilige Situation angepasst werden.
- Es muss die konkrete Zielsetzung definiert werden, z.B. nach einer Verletzung oder Operation die Muskulatur wieder aufzubauen.
- Demnach müssen bei dieser Zielsetzung die Belastungsnormative so gestaltet werden, dass bei geringer Gelenkbelastung eine maximale Proteinsynthese bewirkt wird, was durch ein umfangbetontes Krafttraining problemlos möglich ist.

Burd et al., 2011  
Burd, 2012  
Kumar et al., 2009



<b>Belastungsintensität</b>	%; SSE; EWM; MWM
<b>Belastungsgeschwindigkeit</b>	m/s
<b>Belastungsart – Muskelaktionsformen</b>	Konzentrisch, exzentrisch, isometrisch, auxoton, isokinetisch, isoinertial. 1. Bewegungsphase: Gewicht heben 2. Bewegungsphase: Bewegungsumkehr 3. Bewegungsphase: Gewicht zurückführen

Freiwald, 2016



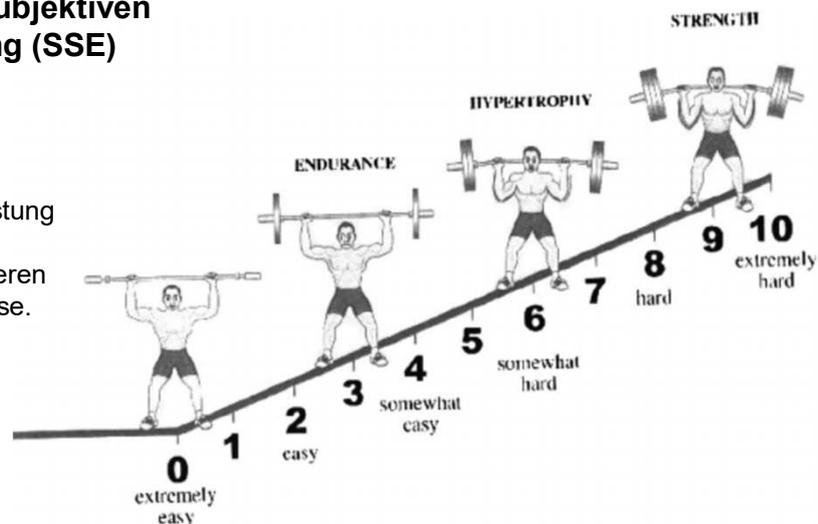
<b>Belastungsumfang</b>	Anzahl und Dauer der neuromuskulären Aktivierungen, Sätze
<b>Akzentuierter Stoffwechselbereich</b>	ATP, KP, anaerob- laktazid
<b>Belastungsdichte</b>	Pausen zwischen den Sätzen
<b>Belastungsfrequenz</b>	Trainingsfrequenz – Tage – Wochen
<b>Regenerationszeiten zwischen den Einheiten</b>	s, min, h, Tage



## Die Belastungsintensität

### Omni- Scale der subjektiven Selbsteinschätzung (SSE)

- 5- 6 als moderate Belastung zur Einführung in das Training und zum trainieren in der Proliferationsphase.
- 7- 10 zur maximalen Ausbelastung.



## Gemessen an der konzentrischen Maximalkraft

Prozentwert der maximalen Leistung	Mögliche Wiederholungsanzahl
61,08	15
63,86	14
66,64	13
69,42	12
72,20	11
74,98	10
77,76	9
80,54	8
83,32	7
86,10	6
88,10	5
91,66	4
94,44	3
97,22	2
100,00	1

Wiederholungen	Prozentualer Anteil der Maximalkraft
1	100%
2	95%
3 bis 4	90%
5 bis 6	85%
7 bis 8	80%
etc.	etc.
25	55%



## Trainingsanamnese

- Evtl. ärztliche Diagnose.
- Körperstatus.
- Durchführen einer Eignungsfeststellung.
- Verletzungs- bzw. Schädigungsanamnese.
- Anamnese der bisher betriebenen Trainings- oder Sportarten.
  - Mit Hilfe der Anamnese erfolgt eine Einteilung in Anfänger, Fortgeschrittene und Leistungssportler.
    - Erst nach drei Jahren Training ist ein Trainierender als Fortgeschrittener zu bezeichnen.
- Arthromuskuläre Überprüfung (manuell oder apparativ).
- Zielsetzung!

Zatsiorsky, Kraemer; 2006



## Planung von Krafttraining

- Definition Trainingssteuerung:
  - **Trainingssteuerung im Krafttraining ist die planmäßige und systematische Einflussnahme auf den Trainingszustand des Menschen unter Berücksichtigung der Trainingsziele sowie der personen- und umweltbezogenen Einflussfaktoren.**
- Das Training muss in kurzen, zeitlichen Abständen an die Leistungsfähigkeit des Trainierenden angepasst werden.
- Zu beobachten ist, dass sich nicht alle Personen gleichermaßen an Trainingsreize anpassen und Trainingspläne daher immer individuell zu erstellen und an die Entwicklung anzupassen sind.
- Es empfiehlt sich daher, den Ausgangszustand des Trainierenden zu erfassen und die Trainingsfortschritte durch wiederkehrende Leistungsüberprüfungen zu erheben.



### Zieldefinition: **SMART**

- S** = spezifisch (spezifisch)
- M** = measurable (messbar)
- A** = attainable (erreichbar)
- R** = relevant (relevant)
- T** = time bound (zeitlich festgelegt)

### Goal setting:

- S** = höherer Sprung
- M** = mehr Rebounds
- A** = durch ein gezieltes Training realisierbar
- R** = wichtige Qualität in der Sportart
- T** = Komplettes Training während der off-season



Locke E., Latham G. 1984

212



## Trainingsplanerstellung

### Anfänger

- Anfänger verfügen über keine bis nur wenig Erfahrung.
- Sie müssen intensiver betreut werden und zunächst mit der Technik und den Trainingsformen vertraut gemacht werden.
- Das Training sollte zunächst die großen Muskelgruppen, insbesondere die Rumpfmuskulatur, umfassen und an Krafttrainingsgeräten erfolgen.
- Es muss zu Beginn erst die Technik erlernt und verfeinert werden.
- Die Belastungsintensitäten sind eher gering und der Belastungsumfang im mittleren Bereich angelegt.
- Die Bewegungen sollten langsam und gleichmäßig erfolgen und überwiegend mehrgelenkig geplant und durchgeführt werden.

### Fortgeschrittener

- Sind Trainierende die ein kontinuierliches Krafttraining mit einer Frequenz von mindestens zwei Einheiten pro Woche durchführen.
- In der Regel nach einem Zeitraum von sechs Monaten.
- Fortgeschrittene können in allen Belastungsnormativen höher belastet werden und müssen dieses auch.
- Das Training umfasst sowohl die großen Muskelgruppen als auch kleinere.
- Die Übungen werden nun sowohl mehr- als auch einelenkig durchgeführt.
- Es wird in der offenen und geschlossenen kinetischen Kette trainiert.

### Leistungssportler

- Leistungssportler sind durch ein langjähriges und leistungsorientiertes Training gekennzeichnet.
- Im Rahmen des bisherigen mehrjährigen Trainings stellt Krafttraining einen integralen Bestandteil dar.
- Die gesamte Trainingsplanung ist auf die Steigerung der Kraftleistungen ausgerichtet.
- Bei Sportlern die Krafttraining als ergänzende Maßnahme einsetzen, wird die Planung des Krafttrainings mit sportartspezifischen Übungen primär auf die Steigerung der Leistungsfähigkeit ausgerichtet.



## Festlegung und Periodisierung von Trainingszielen

- als Erstes müssen die zu erreichenden Ziele definiert werden.
- Typische Zielesetzungen im Krafttraining sind:
  - Verbesserung differenzierter Krafftigkeiten z.B. Maximalkraft, Schnellkraft, etc.
  - Muskelmassezunahme.
  - Entwicklung und Unterstützung der Leistungsfähigkeit innerhalb einer Sportart.
- Nach der Festlegung der Ziele muss im nächsten Schritt eine Periodisierung der Trainingsziele und der Maßnahmen erfolgen.



## Periodisierung des Krafttrainings

- Unabhängig von der Dauer und des Ziels eines Krafttrainings ist es sinnvoll, Trainingsphasen zeitlich zu strukturieren.
- Dies ist notwendig, da es im Laufe eines Krafttrainings zur Verringerung oder Stagnation der Kraftverbesserung kommen kann.
- Mit Hilfe von Mikro-, Meso-, und Makrozyklen werden Trainingsinhalte und Belastungsnormative innerhalb eines Trainingsjahres variiert.
- Es dient der Schwerpunktsetzung auch über mehrere Trainingsjahre hinweg.



- **Mikrozyklus:** dauert eine Woche. Zwölf Mikrozyklen setzen sich zu einem Mesozyklus zusammen.
- **Mesozyklus:** setzt sich aus zwölf Mikrozyklen zusammen.
- **Makrozyklus:** umfasst ein Trainingsjahr mit 52 Mikrozyklen bzw. vier Mesozyklen.
  
- Während in Mikrozyklen kurzfristige Ziele mit konkreten Trainingsvorgaben (sowie auch Ernährungs- und Regenerationsvorgaben) im Vordergrund stehen, werden die Ziele in den Meso- und Makrozyklen abstrakter formuliert und das Erreichen der Zielsetzungen durch Leistungskontrollen immer wieder überprüft.



## Möglichkeiten der Periodisierung

- Durch eine zeitliche Strukturierung des Krafttrainings mit der Einteilung in verschiedene Trainingsperioden wird der Stagnation der Trainingsanpassung vorgebeugt bzw. entgegengewirkt.
- Im Krafttraining sind das lineare und das wellenförmige Periodisierungsmodell die gebräuchlichsten Modelle.

Lineare Periodisierung	Wellenförmige Periodisierung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Belastungsnormative im Rahmen von Mesozyklen ändern sich.</li> <li>• Das Festlegen der zeitlichen Abfolge bestimmter Trainingsmethoden je nach Zielsetzung oder Wettkampftermin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Variationen der Belastungsnormative betreffen jeweils die Mikrozyklen.</li> <li>• Wechseln der Belastungsintensitäten- und Normative innerhalb einer oder mehrerer Wochen.</li> <li>• z.B.: Montag 40%-50%</li> </ul>



- Beide Modelle führen zu größeren Kraftgewinnen als ein nicht periodisiertes Training.
- Obwohl es Hinweise für eine Überlegenheit des wellenförmigen Modells gibt, beziehen sich diese Vorteile ausschließlich auf die Verbesserung der Maximalkraft.

*Lineare Periodisierung.* (Fröhlich et al 2009, S. 308).

	Hypertrophy	Strength	Power	Peaking	Active rest
Sets	3-5	3-5	3-5	1-3	Light physical activity
Reps/set	8-12	2-6	2-3	1-3	
Intensity	Low	Moderate	High	Very high	
Volume	Very high	High	Moderate	Low	

*Wellenförmige Periodisierung.* (Fröhlich et al 2009, S. 308).

Weeks	1-2	3-4	5-6	7-8	8-10	11-12
Reps	10-12	4-6	8-10	3-5	5-7	2-3
Sets	3	5	4	5	4	6
Intensity	70-75 %	82-88 %	75-78 %	85-90 %	80-85 %	90-95
Volume (total reps)	30-36	20-30	32-40	15-25	20-28	12-18

Fleck;Kraemer; 2014

## Festlegung der Trainingsübungen

- Die Auswahl der Übungen und die Festlegung der Belastungsnormative ist für die Effektivität des Trainings entscheidend.
- Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Kategorisierung von Krafttrainingsübungen:
  - Krafttraining an Geräten
  - Krafttraining mit Freigewichten
  - Krafttraining mit Hilfsmitteln z.B. Bändern
  - Krafttraining der Rumpfmuskulatur (Core Exercises)
  - Krafttraining der Extremitäten (Extremity Exercises)
  - Krafttraining der Hauptmuskelgruppen (Primary Mover)
  - Krafttraining der Hilfsmuskelgruppen (Sekondary Mover)
  - Krafttraining in offener oder geschlossener kinetischen Kette (open or closed kinetic chain)
  - Eingelenkige- oder Mehrgelenkige Kraftübungen (Single or Multiple Joint Exercises)

Stone et al.; 2007



## Festlegung der Hilfsmittel

- Für Anfänger hat das gerätegestützte Training neben dem hohen Aufforderungscharakter einige weitere **Vorteile**:
  - Vorgegebene Freiheitsgrade – Bewegungsführung.
  - Gezielte Wirkung.
  - Sehr sicher! Auf 1000h Training, weniger als eine Verletzung.
  - Exakte Einstellung des Bewegungsbereichs mit Aussparen schmerzhafter oder schädlicher Bewegungen.
  - Exakte und angepasste Feststellung des Trainingsgewichtes.
  - Bei gleichmäßiger Bewegungsausführung wirkt die Last über den gesamten Bewegungsbereich.
  - Die Bewegung ist leicht reproduzierbar.
  - Das Trainingsgewicht ist schnell und leicht anpassbar.
  - Möglichkeit des (isolierten) Trainings einzelner Muskeln.
  - Je nach Geräteausstattung kann das Training leicht gesteuert und analysiert werden (Biofeedback)
- **Nachteile**:
  - Höherer apparativer Aufwand und somit Kosten.



- **Vorteile** von Krafttraining mit dem eigenen Körpergewicht oder Freigewichten:

- Das Training ist überall durchführbar und verursacht nur geringe Kosten.
- Kein apparativer Aufwand.
- Große Freiheitsgrade daher koordinativ anspruchsvoller.
- Bewegungen sind alltags- und sportartenspezifischen Bewegungen ähnlicher.

- **Nachteile:**

- Durch hohe Freiheitsgrade ist die Übungswirkung nicht eindeutig.
- Durch weitgehend subjektive Belastungsteuerung ist die Trainingssteuerung schwieriger (OMNI-Skala, Schmerz, muskuläres Spannungsgefühl)



## Forschungslage:

- Bezüglich der Effektivität von Übungen an Maschinen gegenüber einem Freihanteltraining zur Steigerung der Kraftfähigkeiten oder des Muskelzuwachses sind nicht eindeutig. Bisher kann keine generelle Überlegenheit der einen oder der anderen Übungsform aufgezeigt werden.



Stone et al.; 2007



## BARBELLS



BEST FOR STRENGTH  
BUILDS STABILIZERS

---

## DUMBBELLS



HELPS IMBALANCES  
EASIEST ON YOUR JOINTS

---

## MACHINES



GREAT FOR DROP SETS  
GREAT FOR SAFELY TRAINING TO FAILURE



## Injury Rates in Strength Sports

**Strongman - 4.5 to 6.1**

**Powerlifting - 1.0 to 4.8**

**Olympic Weightlifting -  
2.4 to 3.3**

**Bodybuilding - 0.24 to 1**

**Crossfit - 3.1**

**American Football - 9.6**

\*\*\*All injuries per 1000  
hours of training

The Epidemiology of Injuries Across the Weight-Training Sports Sports  
Med. 2017



## Festlegung der Übungsreihenfolge

- Die Reihenfolge der Übungen beeinflusst ebenfalls die Effektivität eines Krafttrainings.
- Folgendes gilt es zu beachten:
  - Maximal- und Schnellkraftübungen vor allen anderen Übungen.
  - Koordinativ anspruchsvolle Kraftübungen vor weniger anspruchsvollen.
  - Mehrgelenkige vor eingelenkigen Übungen.
  - Große Muskelgruppen vor kleinen Muskelgruppen.
  - Druck- und Zugübungen abwechseln (bei Ganzkörpertraining).
  - Oberkörper- und Beinkraftübungen abwechseln (bei Ganzkörpertraining).
- Im Einzelfall, insbesondere im Leistungssport, kann die Reihenfolge abweichen. So können dann koordinativ anspruchsvolle Kraftübungen auch am Ende einer Einheit stehen, da auch im Wettkampf hohe und koordinierte Kraftbelastungen im ermüdeten Zustand bedeutsam sind.

Zatsiorsky, Kraemer; 2006



## HOW TO EXERCISE WHEN IN PAIN

@dr.caleb.burgess

### 1 Pain DURING Exercise:

0 = no pain 10 = worse pain imaginable



Try to stay **HERE**, but **HERE** is okay too

**MODIFY** one of the following variables if needed:

- |                    |                 |               |
|--------------------|-----------------|---------------|
| ⌚ Range of Motion  | ⌚ Body Position | ⌚ Duration    |
| ⌚ Exercise         | ⌚ Rest Time     | ⌚ Weight/Load |
| ⌚ Contraction Type | ⌚ Frequency     | ⌚ Speed       |

### 2 Pain/symptom response AFTER Exercise:

- ✓ Pain/symptoms should settle quickly back to **BASELINE** levels after exercise (within 24 hours)
- ✓ You should not feel an **INCREASE** in **STIFFNESS** the following morning



# Muskelaktionsformen



# Muskelaktionsformen

- **Grundsätzlich werden folgende Muskelaktionsformen unterschieden:**
  - Statische (isometrische) Muskelaktionsformen.
  - Dynamische Muskelaktionsformen:
    - Konzentrische Muskelaktionsformen.
    - Exzentrische Muskelaktionsformen.
    - Auxotone Muskelaktionsformen (kombinierte konzentrische, isometrische und exzentrische Muskelaktionsformen).
  - Sonderformen:
    - Isokinetische Muskelaktionsformen.
    - Isotonische Muskelaktionsformen.
    - Isoinertiale Muskelaktionsformen.
    - Isoaccelerative Muskelaktionsformen.



### • **Isometrische Muskelaktionsformen:**

- Es verändern sich Gelenkwinkelstellung und Muskellänge nicht.
- Obwohl äußerlich keine Bewegung erkennbar ist, finden mikroskopisch kleine Bewegungen innerhalb der Muskulatur statt.
- Die Muskulatur verkürzt sich auch bei statischer Kontraktion geringfügig und das Bindegewebe innerhalb der Muskulatur sowie Sehnen und Faszien werden gedehnt.



### • **Konzentrische Muskelaktionsformen:**

- Bei konzentrischen Muskelaktionsformen wird Kraft entwickelt, die höher als der zu überwindende Widerstand ist.



### • Exzentrische Muskelaktionsformen:

- Bei exzentrischen Muskelaktionsformen erfolgt eine Kraftentwicklung während der Muskel nachgibt und sich verlängert.
- Der äußere Widerstand ist größer als die willkürlich aufgewandte Muskelkraft.



### • Isokinetische Muskelaktionsformen:

- Bei isokinetischen Muskelaktionsformen werden wechselnde Widerstände mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit überwunden.
- Sie stellt eine Sonderform des dynamischen Trainings dar, bei der mittels apparativer Hilfe sowohl konzentrische als auch exzentrische Arbeit möglich ist.
- Zur Durchführung dieser Test- und Trainingsformen sind spezielle Geräte notwendig, die die Bewegungsgeschwindigkeit bei wechselnden Kraftentwicklungen (Drehmomenten) konstant halten.



- **Auxotone Muskelaktionsformen:**

- Bei der auxotonen Muskelaktionsform ändern sich ständig sowohl die Kraftentwicklung als auch die Gelenkwinkel und somit die Länge der Muskulatur.
- Sie sind der häufigste Kontraktionstyp bei Alltagsbewegungen.

- **Isoinertiale Muskelaktionsformen:**

- Eine isoinertiale Muskelaktionsform liegt dann vor, wenn eine konstante, äußere Zusatzlast oder Körperteile durch Muskelkraft beschleunigt oder abgebremst wird. (Sprünge und Würfe)



## Krafttrainingsmethoden



## Grundkrafttrainingsmethoden

- Kraftausdauertraining
- Hypertrophietraining
- Maximalkrafttraining/ Intramuskuläres Koordinationstraining
- Schnellkrafttraining
- Reaktivkraft/ Dehnungsverkürzungszyklus
- Mischmethoden



## Kraftausdauer

### KAD (als Kapillarisation)

- Serien  $\geq 3$
- WDH  $\geq 20$
- Int. SSE: 7-10
- Int. des EWM:  $\sim 60\%$
- Serienpause:  $\leq 0,5-1'$
- Pause zw. den WDH: keine
- Geschwindigkeit der Bewegung: langsam; mind. 2-0-2
- TE/Woche/Muskel: 3-4
- Erholungsdauer: 24-48h
- Sättigungstrend nach: 6-8 Wo.
- Als Kapillarisationstraining.
- Erweiterung der aeroben/ anaeroben Kapazität.
- Hypertrophieeffekte sind möglich.
- Trainiert vorrangig die ST-Fasern.

### KAD (als Mobilisation)

- Serien:  $\geq 3$
- WDH:  $\geq 20$
- Int. SSE:  $\leq 5-6$
- Int. des EWM:  $\leq 40\%$
- Serienpause:  $\leq 0,5-1'$
- Pause zw. den WDH: keine
- Geschwindigkeit der Bewegung: langsam; 2-0-2
- TE/Woche/Muskel: 3-4
- Erholungsdauer: 24h
- Sättigungstrend nach: ?
- Als Mobilisationstraining
- Training in der Proliferationsphase
- Wundheilung nicht stören
- Trainiert vorrangig die ST-Fasern
- Hypertrophieeffekte sind bei der niedrigen Intensität nicht zu erwarten.



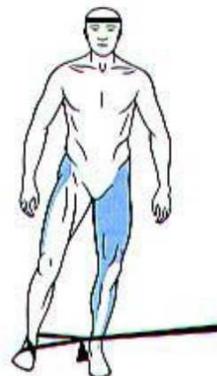
## Nachteile eines Kraftausdauertrainings in der Rehabilitation:

- **starke Übersäuerung**
- **zusätzlicher Schmerz**
- **Desensibilisierung der Rezeptoren**
- **erhöhte Verletzungsgefahr**
- **Beeinträchtigung der zentralnervösen Lern- und Leistungsfähigkeit**
- **kann zu Immundepression führen**
- **erhöhter Sauerstoffverbrauch im Herzen**



## Übungsbeispiel Kraftausdauer

Kraftausdauer	
Sätze	3
Wiederholungen	20
SEE	7-10
Serienpause	<0,5-1'
Pausen zw. den Wdh.	keine
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine gute Evidenz.</li> <li>• Sehr gut zum Einstieg und zur Mobilisation geeignet.</li> <li>• Kaum metabolischer Stress.</li> </ul>
Geschwindigkeit der	Langsam



# Hypertrophie

## HY (als Kapillarisation)

- Serien:  $\geq 3$
- WDH:  $\geq 8-12$
- Int. SSE: 7-10
- Int. des EWM:  $\sim 70-75\%$
- Serienpause:  $\leq 0,5-1'$
- Pause zw. den WDH: keine
- Geschwindigkeit der Bewegung: langsam(bis zügig); mind. 2-0-2
- TE/Woche/Muskel: 3
- Erholungsdauer: 48h
- Sättigungstrend nach: 10-12 Wo.
- Als Kapillarisationstraining
- Erweiterung der aeroben/ anaeroben Kapazität
- Muskelfaserverdickung (Hypertrophie)
- Rekrutierung der ST und FTO-Fasern

## HY (als Mobilisation)

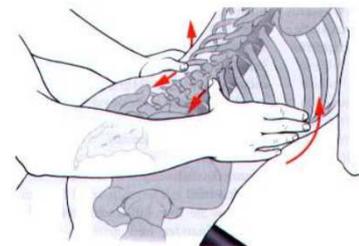
- Serien:  $\geq 3$
- WDH:  $\geq 8-12$
- Int. SSE:  $\leq 5-6$
- Int. des EWM:  $\leq 50\%$
- Serienpause:  $\leq 0,5-1'$
- Pause zw. den WDH: keine
- Geschwindigkeit der Bewegung: langsam
- TE/Woche/Muskel: 3-4
- Erholungsdauer: 24h
- Sättigungstrend nach: ? Wo.
- Als Mobilisationstraining
- Training in der Proliferationsphase
- Wundheilung nicht stören
- Hypertrophieeffekte sind nicht zu erwarten
- Aufgrund der niedrigen Intensität werden verstärkt die ST-Fasern trainiert



# Übungsbeispiel Hypertrophie

Hypertrophie	
Sätze	3
Wiederholungen	8-12
SEE	7-10
Serienpause	<0,5-1'
Intensität des EWM	70-75%
Pausen zw. den Wdh.	keine

Gottlob; 2001



- keine
- Sehr gute Evidenz.
- Wirkt sehr gut der Verfettung entgegen.
- Hoher metabolischer Stress => Hypertrophie



## Sinn von Bewegungsgeschwindigkeit und Anzahl der Serien

- **Bewegungsgeschwindigkeit:**
  - Bei kontrollierten Bewegungen mit moderatem Tempo kommt es bei jeder Wiederholung zu einem entsprechenden gleichmäßigen EMG-Ausschlag.
  - Bei hoher Bewegungsgeschwindigkeit, kommt es zu hohen EMG-Ausschlägen (Peak), jedoch mit Lücken in der Innervation.
- **Anzahl der Serien:**
  - Die Anzahl der Serien spielt eine nur sehr untergeordnete Rolle.
  - Entscheidend ist die „time under tension“ und ist somit auch Grundbedingung für die Anpassungen.



## Maximalkrafttraining/ Intramuskuläres Koordinationstraining

- Serien: 1-3
- WDH: 1-3 (5)
- Int. SSE: 9-10
- Int. des EWM: 90-100 % bis  $\geq 100\%$
- Serienpause:  $\geq 5'$
- Pause zw. den WDH: s-min
- Geschwindigkeit der Bewegung: explosiv
- TE/Woche/Muskel: 2-3
- Erholungsdauer: 72h
- Sättigungstrend nach: 6-8 Wo.
- Gesteigerte synchrone Rekrutierung motorischer Einheiten
- Gesteigerte intra-und intermuskuläre Koordination
- Verbesserte neuronale Aktivierung bei behindertem Feedback-System (Antagonistentraining)
- Maximale Kontraktionen gegen maximale bzw. supramaximale Widerstände
- Hoher Kraftgewinn ohne Hypertrophieeffekt (Hypertrophie nur durch Muskelkaterreiz)
- Rekrutierung der ST-FTO-und FTG-Fasern



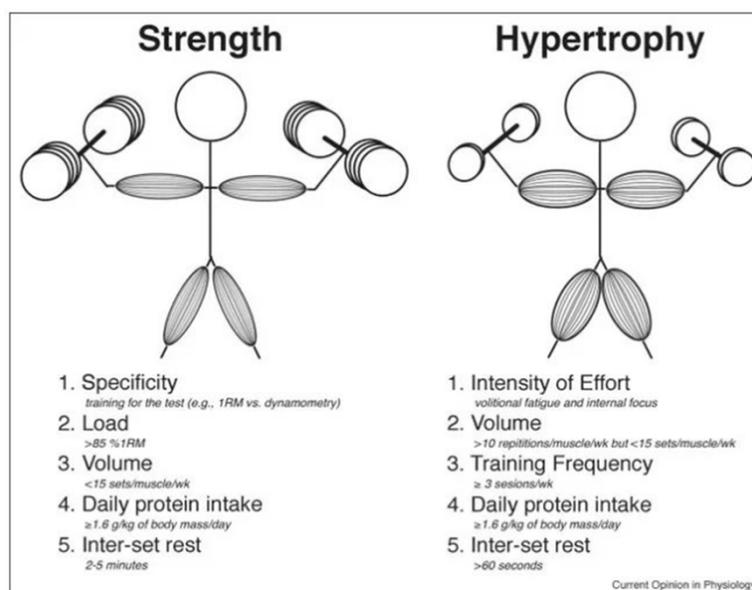
## Übungsbeispiel Maximalkrafttraining/ Intramuskuläres Koordinationstraining

Maximalkraft	
Sätze	1-3
Wiederholungen	1-3 (5)
SEE	9-10
Serienpause	>5'
Intensität des EWM	90-100->100%
Pausen zw. den Wdh.	Sec- min



SIDELYING LEG RAISE

- Sehr gute Evidenz.
- Maximale Rekrutierung aller Fasern.
- Keinen Einfluss mehr auf das Blutgefäßsystem – nur noch auf das Nervensystem.
- Relative Kontraindikation für kardiovaskuläre – und Apoplexpatienten.



# Schnellkraft

- Serien: 1-3
- WDH: 1-6
- Int. SSE: 7-8
- Int. des EWM: ~ 40-70 %
- Serienpause: 1-2'
- Pause zw. den WDH: keine
- Geschwindigkeit der Bewegung: zügig und explosiv
- TE/Woche/Muskel: 2-3
- Erholungsdauer: 72h
- Sättigungstrend nach: 6-8 Wo.
- Ziel ist es einen möglichst großen Impuls pro Zeit zu produzieren.
- Schnellkrafttraining verbessert die inter- und intramuskuläre Koordination.
- Die Größe des Impulses richtet sich nach der Start- Explosiv- und Maximalkraftfähigkeit
- Es gibt zwar isolierte Schnellkrafttrainingsmethoden, jedoch werden alle Schnellkrafteigenschaften deutlich durch die Maximalkraft verbessert.
- Schnellkrafttraining ist Sturzprohylaxetraining.
- Nicht für Einsteiger.



Hvid LG, Strotmeyer ES, Skjødt M, Magnussen LV, Andersen M, Caserotti P. Voluntary muscle activation improves with power training and is associated with changes in gait speed in mobility-limited older adults - A randomized controlled trial. *Exp Gerontol.* 2016;80:51-6.

Byrne C, Faure C, Keene DJ, Lamb SE. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Med.* 2016;46(9):1311-32.

PHYSIO SCIENCE

„Go hard and fast... or go home“

Trainingsparameter „Schnellkrafttraining für Ältere“	
<b>Geschwindigkeit</b>	max. intendiert konzentrisch, kontrolliert exzentrisch (langsamer, z.B. 2 Sek.)
<b>Intensität</b>	gering (40%) bzw. hoch (70-80%)
<b>Trainingsmittel</b>	Gerätetraining, Sprünge, Freihanteln, Gewichtsvesten
<b>Trainingsumfang</b>	1-2 Übungsformen, mehrere Sätze (initial auch Einsatz-Training) erfolgreich
<b>Trainingshäufigkeit</b>	2-3 x pro Woche
<b>Trainingsdauer</b>	16 Wochen oder länger

www.physiomeetsscience.com





Eine Vielzahl von Studien zeigt die enorme Bedeutung der Schnellkraft für die ALLTAGSFUNKTION älterer Menschen. Die Effekte sind dem eines traditionellen Krafttrainings min. vergleichbar, zum Teil überlegen (Miszko et al 2003, Bottaro et al 2007, Review von McKinnon et al 2016)

Demgegenüber steht oft eine massive Unterforderung älterer Menschen in der Therapie. Schnellkrafttraining wird seltenst integriert.

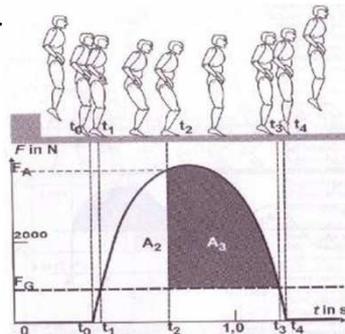
Bottaro M, Machado SN, Noqueira W, Scales R, Veloso J (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol* 99, 257-264. doi:10.1007/s00421-006-0343-1.  
 McKinnon NB, Connelly DM, Rice CL, Hunter SW, Doherty TJ (2016). Neuromuscular contributions to the age-related reduction in muscle power: mechanisms and potential role of high velocity power training. *Ageing Res Rev* doi: 10.1016/j.arr.2016.09.003.  
 Miszko TA, Cress ME, Slade JM, Covey CJ, Agrawal SK, Doerr CE (2003). Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58, 171-175. doi: 10.1093/gerona/58.2.M171.

82yr old granny deadlifts 153lbs.



## Reaktivkraft/ Dehnungsverkürzungszyklus

- Serien: 3-5
- WDH: 10-12
- Int. SSE: 1-10
- Int. des EWM: >100 %
- Serienpause: s-min
- Pause zw. den WDH: keine oder 6-8 s
- Geschwindigkeit der Bewegung: explosiv



- Exzentrisch-konzentrische Reaktivkraft.
- Kürzest mögliche Kopplung beider muskulären Arbeitsphasen.
- Einteilung in einen schnellen DVZ (< 250 ms) und langsamen (>250 ms) DVZ.
- Einteilung in hohe und niedrige Dehnbelastungen.
- Speicherung und Nutzung elastischer Energie des tendomuskulären Systems.
- Optimierung der Vorinnervation.
- Hohe und schnelle Faserrekrutierung.
- Optimierung der Umkehrphase im DVZ.
- Verstärkte Rekrutierung der FTG-Fasern.
- Hoher Kraftgewinn ohne Hypertrophieeffekt.



## Mischmethoden nach Boeck-Behrens, Buskies

- **Methodenvariante nach Boeck-Behrens, Buskies**
  - Teilbewegungen
  - Mehrfache Endkontraktionen
  - Kombinationen von Teilbewegungen und Endkontraktionen
- Ziel: Nutzung der Bewegungsphasen mit hoher Muskelaktivierung:
  - Ganze Amplitude zur Gelenkmobilisation
  - Teilbewegungen für höhere Muskelaktivierung
  - Mehrfache Endkontraktionen zur maximalen Muskelaktivität
- Die Kombination von allen Formen erzielt den bestmöglichen Erfolg!

- 3/4/7 über die ganze Amplitude
- 3/4/7 halbe Amplitude
- 3/4/7 Endkontraktionen



## Mischmethoden nach Hatfield

- Kombination von drei Grundkrafttrainingsmethoden

	IK	Hypertrophie	Kraftausdauer
Serien	2	2	2
Wiederholungen	2-3-4-5-6	8-9-10-11-12	20-21-22-23-24
Pause	10 Sek-1 Minute	30 Sek-1 Minute	30 Sek-1 Minute
SSE	9-10	7-10	7-10

Nervensystem  
triggern



Alle Zellen  
ansprechen

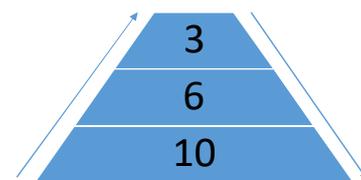
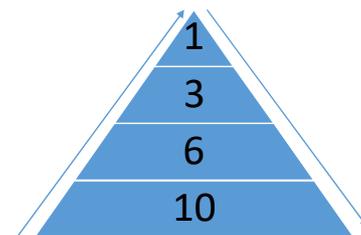


Maximale  
metabolische  
Ausbelastung



## Mischmethoden - Pyramidentraining

- Beim Pyramidentraining werden systematisch sowohl die Intensität als auch die Wiederholungszahl variiert.
- Man unterscheidet grundlegend in „normale“ und „abgestumpfte“ Pyramiden.
  - Durch abgestumpfte Pyramiden werden hohe Belastungsintensitäten vermieden und sie endet bei Lasten deutlich unter dem Einwiederholungsmaximum.
- Durch Variationen der Krafttrainingsreize erfolgen höhere Anpassungen der Muskulatur.
- Es kann innerhalb einer Einheit z.B. ein Maximalkraft- mit einem Hypertrophietraining kombiniert werden.



- Formen des Pyramidentrainings:
  1. Leicht zu schwer (halbe Pyramide)
  2. Schwer zu leicht (halbe Pyramide)
  3. Leicht zu schwer und schwer zu leicht (ganze Pyramide)
  4. Schwer zu leicht und leicht zu schwer (ganze Pyramide)
  5. Mehrgipflige Pyramiden (es werden mehrere Pyramiden in Folge trainiert)
- Im Vordergrund des Pyramidentrainings steht die Variation der Trainingsreize und die Abwechslung für den Trainierenden.
- Die Befundlage zeigt jedoch keine Überlegenheit gegenüber anderen Krafttrainingsformen.

Fleck;Kraemer; 2014



## Do You Need to Lift Heavy to Build Muscle and Strength ? Studienlage:

- Both groups lifted to the point of failure, but the first group lifted lighter weights (up to 50% of maximum strength) for 20-25 repetitions per set, while the second group lifted heavier weights (up to 90% of maximum strength) for 8-12 repetitions per set for 12 weeks.
- Analyzing muscle and blood samples from the lifters, researchers found that the gains in muscle fiber size and mass in the two groups were almost identical. Even though popular gym dogma holds that heavy weights are the key to increasing muscle size, these findings suggest that you can achieve the same degree of muscle development by using lighter weights, as long as you pump iron until reaching absolute muscle failure.
- First of all, as it turns out, building muscle is not so much about the amount of weight that you lift as it is about reaching the point of muscular fatigue, so you are free to drop the heavy weights once in a while without worrying that your gains will be at risk. However, the essential way to maximally stimulate the post-training muscle growth response is by lifting until failure.

Phillips,S. Prof.Journal of Applied Physiology;2017



## Sättigungstrend der verschiedenen Grundkraftmethoden

Methode	Erholungsdauer	TE/ Woche	Sättigungstrend
Kraftausdauer	24-48h	3-4	6-8 Wochen
Hypertrophie	48h	2-3	10-12 Wochen
Maximalkraft	72h	2-3	6-8 Wochen
Schnellkraft	72h	2-3	6-8 Wochen

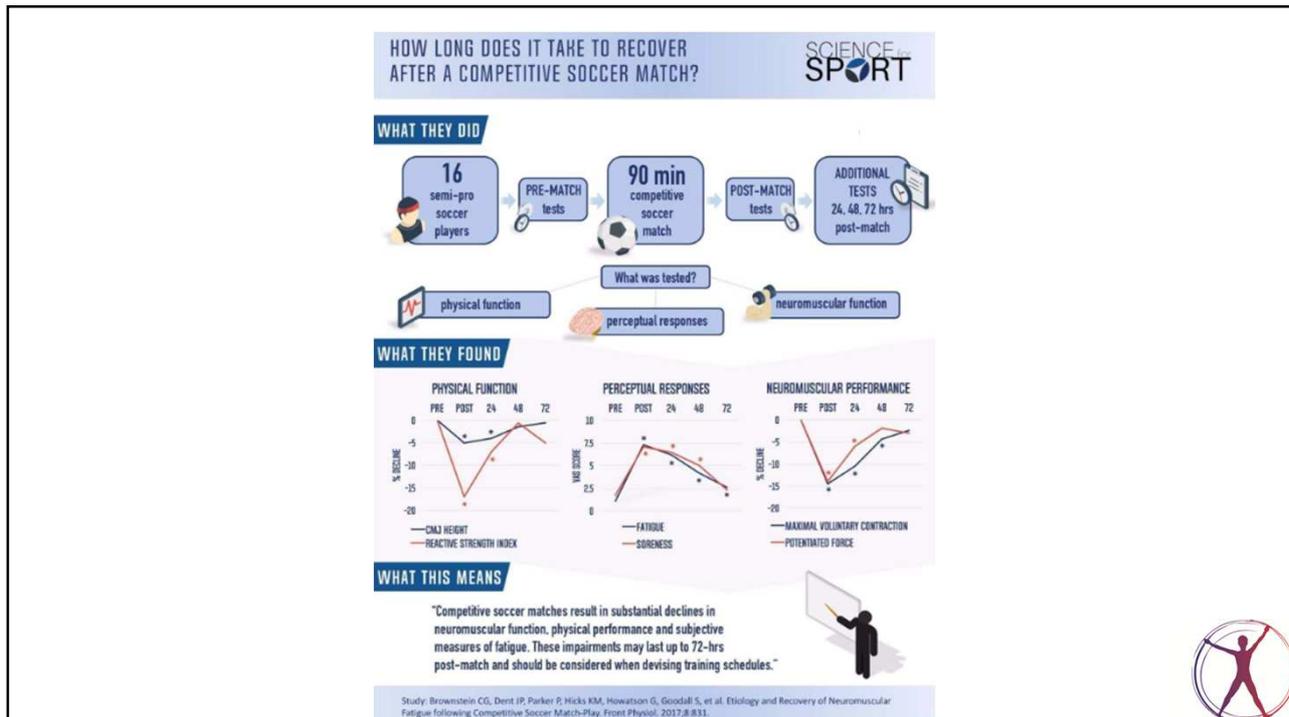


## Die erforderliche Regenerationszeit nach entsprechender Belastung

Muskeln	KAD 20 WDH	Hy 8-12 WDH	IK 3-6 WDH	
Bauch	01	1,5	02	schnell
Nacken	01	1,5	02	
Unterarm	01	1,5	02	
Waden	01	1,5	02	
Schultern	02	2,5	03	mittel
Bizeps	02	2,5	03	
Triceps	02	2,5	03	
Brust	02	03	04	
Oberer Rücken	02	03	04	langsam
Hinterer OS	03	3,5	04	
Hüfte/Gesäß	03	3,5	04	
Vorderer OS	03	3,5	04	
Unterer Rücken	03	04	05	



Pölzer, 2014



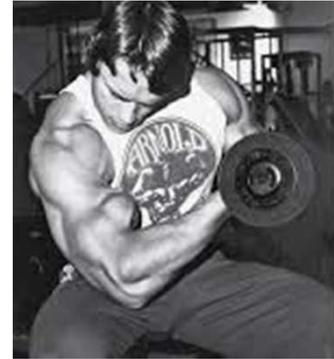
## Biomechanische Aspekte des Krafttrainings



## Eingelenkige, isolierte und mehrgelenkige komplexe Krafttrainingsübungen

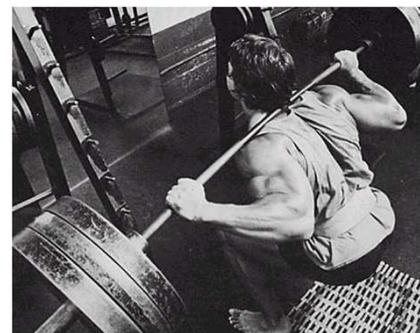
### • Eingelenkige, isolierte Krafttrainingsübungen:

- Werden in erster Linie im Bodybuilding zur Entwicklung eines oder mehrerer Muskeln eingesetzt sowie im Bereich der Rehabilitation zur gezielten und isolierten Erhaltung oder Aufbau eines Muskels.
- Nachteile von eingelenkigen Übungen ist die spezifische koordinative Ansteuerung, die jedoch nicht der Ansteuerung des Nerv- Muskel- Systems im Alltag und Sport entspricht.
- Bei maximaler Aktivierung werden bei eingelenkigen Übungen die Muskel- Sehnen- Systeme und Gelenke hoch belastet.



### • Mehrgelenkige, komplexe Krafttrainingsübungen:

- Diese Übungen werden sowohl im Fitness und Leistungssport als auch in der Rehabilitation eingesetzt.
- Sie können mit oder ohne Geräte erfolgen.
- Gegenüber den eingelenkigen Übungen ist bei den mehrgelenkigen Übungen die Aktivierung der Zielmuskulatur geringer ausgeprägt, die koordinativen Anforderungen sind hingegen verstärkter.



Freiwald et al.; 2007

Sports Medicine, September 2016

REVIEW ARTICLE

## A Review of the Acute Effects and Long-Term Adaptations of Single- and Multi-Joint Exercises during Resistance Training

Paulo Gentil<sup>1</sup> · James Fisher<sup>2</sup> · James Steele<sup>2</sup>

### Review Krafttrainingseffekte: Single Joint vs. Multi Joint



„... für optimales Muskelwachstum musst du eingelenkige Supersätze machen.“  
 „... für Gains und mehr Kraft musst du den Muskel nochmal richtig platt machen.“  
 „... wenn du keine Zeit hast, mach einfach das 4min TABATA- Beinprogramm. Das reicht völlig.“



## Ist das so?

Review mit 23 Studien

**Einschlusskriterien:** experimentelle Untersuchungen mit Vergleich von Effekten von MultiJoint (MJ), SingleJoint (SJ) und MJ+SJ auf abhängige Variablen

**Ausschlusskriterien:** nur Reviews oder Abstracts, klinische Gelenk-/Muskelbeschwerden, andere klinische Diagnosen



Sports Medicine, September 2016

REVIEW ARTICLE

A Review of the Acute Effects and Long-Term Adaptations of Single- and Multi-Joint Exercises during Resistance Training

Pauilo Gentil<sup>1</sup> · James Fisher<sup>2</sup> · James Steele<sup>3</sup>

**Ergebnisse:** SJ- Übungen haben keine höhere Aktivierung motorischer Einheiten gegenüber MJ- Übungen

keine zusätzlichen Gewinne von Kraft oder Muskelmassenzuwachs bei Ergänzung von SJ- Übungen in ein MJ- Training bei Oberer Extremität (keine Studie zur Unteren Extremität gefunden)

Ausnahme: lumbale Extensoren (höhere Kraftentwicklung bei SJ)

Erschöpfung und wahrgenommene Anstrengung bei SJ höher (trotz ausbleibendem Mehrgeinn)

**Wann macht SJ Sinn?**

Bodybuilding (Symmetrie der Muskulatur), in der Reha (bei dekonditionierter Muskulatur, zBsp. Rotatorische Schultermuskulatur, Gluteen), Ischiocrurale Muskulatur (nach Verletzung), bei LBP (lumbales Extensorentaining)



## Krafttraining in der offenen und geschlossenen Kette

- Beide Trainingsformen, ob in der offenen oder geschlossenen Kette, haben ihre Berechtigung.
- Früher wurde der Einsatz von Krafttraining in der offenen Kette kontrovers diskutiert und vielfach wurde behauptet, dass Krafttraining in der offenen weniger „funktionell“ sei als das Training in der geschlossenen Kette, was mittlerweile deutlich widerlegt ist.
- Tatsache ist, dass Krafttraining in der offenen Kette die Muskulatur tendenziell höher aktiviert als Training in geschlossener Kette.

Freiwald et al.; 2007/ Fukuda et al.; 2013/ Wright et al.; 2008/ Beynnon et al.; 1997/Fitzgerald; 1997



## Krafttraining mit konstanten und variablen Widerständen

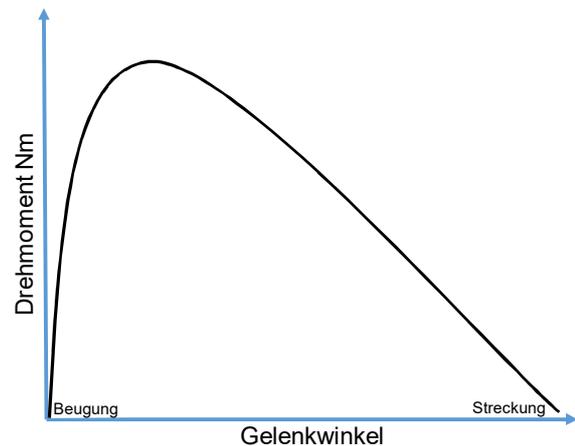
### • Krafttraining mit konstanten Widerständen:

- Es wird über den gesamten Bewegungsumfang ein gleichbleibender Widerstand durch das jeweilige Trainingsmittel erzeugt.
- Es erfolgt jedoch keine Anpassung des Gewichtes an die Drehmomentkurve, die der Trainierende erzeugt.



### • Krafttraining mit variablem Widerstand:

- Bei Übungen mit variablen Widerständen erfolgt die Veränderung des Widerstands/ der Drehmomentkurve während der Übungsdurchführung.
- Ziel ist eine möglichst optimale Anpassung der Drehmomentkurve an die menschlichen- biomechanischen Voraussetzungen.
- Die technische Umsetzung erfolgt meist über Kurvenscheiben in den Geräten auch CAM genannt. Durch diese Konstruktion wird versucht, den Widerstand an die Biomechanik des Gelenks anzupassen und einen höheren Trainingseffekt zu erzielen.
- Bänder erzeugen ebenfalls einen variablen Widerstand über das Bewegungsausmaß. Jedoch steigt dieser fortlaufend an.



Cabell, Schragar, 1999

## Bedeutung des Krafttrainings für die Gelenke

- Krafttraining wird in unterschiedlichen biomechanischen Settings durchgeführt, die zu unterschiedlichen Belastungen und Beanspruchungen des muskuloskelettalen Systems führen.
- Krafttraining belastet immer die Gelenke. Ziel ist es daher nicht, durch die Entwicklung von Muskelkraft Gelenke zu entlasten (Annahme der Entlastung ist falsch), sondern die Gelenke für innere und äußere Kräfte belastbar zu machen.



### • Fallbeispiel Hüftgelenk:

Bewegungsaktivität	Körpergewicht in %
Zweibeinstand	60-80
Hinsetzen (Stuhlhöhe)	156
Aufstehen (Stuhlhöhe)	190
Kniebeuge	143
Einbeinstand	231
Gehen bei 4km/h	238
Treppe aufsteigen	251

Diemer, Sutor; 2014



- **Fallbeispiel Kniegelenk:**

Bewegungsaktivität	Körpergewicht in %
Zweibeinstand	107
Hinsetzen (Stuhlhöhe)	225
Aufstehen (Stuhlhöhe)	245
Kniebeuge (80° - 105°)	252
Einbeinstand	259
Gehen bei 4km/h	261
Treppe aufsteigen	316

Diemer, Sutor; 2014



## Aufbau einer KG- Gerät- Einheit



## Aufbau einer KG- Gerät- Einheit/ einer Trainingseinheit

- Aufwärmprogramm- mindestens 15 min
- Spezielles Stabilisationsprogramm (Training der lokalen Muskulatur)
- 6-8 Trainingsübungen (Training der globalen Muskulatur, Ganzkörpertraining)
- Sensomotorik als Utilisation
- Cool Down



## Aufwärmen

- Körperkerntemperatur ↑
- Muskeltemperatur ↑
- Elastizität und Plastizität der Weichteile ↑
- Stoffwechsel ↑
- Herz-Kreislauf-System ↑
- Synoviaproduktion ↑
- Absorbtionsfähigkeit des hyalinen Knorpels ↑
- Rezeptorensensibilität ↑
- Reizleitungsgeschwindigkeit ↑
- Aktivierung zentraler Strukturen ↑



## Aufwärmen

- Minstdauer 15 Minuten, bei Arthrose 15- 20 Minuten, besser 30 Minuten.
- Ein „Aufwärmen“ ist beim Gewichtheben und Bodybuilding nicht zwingend erforderlich, da die Bewegungsqualität im Vordergrund steht und eine Voreremüdung nicht erwünscht ist.
- Intensitäten:
  - Senioren: 60- 70 U/min bei < oder = 50- 75 Watt
  - Jüngere: > 100 U/min bei < 150 Watt
  - Kardiologische Patienten: 60- 70 U/min bei 25- 40 Watt



## Stufenmodell zum Krafttraining



## Stufenmodell zum Krafttraining

**5. Entwicklung vielfältiger und situationsabhängiger Kraftqualitäten:**  
- Alltagsmotorik/Training/Wettkampf

**4. Steigerung der neuromuskulären Kraftqualitäten :**  
- Schnellkraft- und Explosivkraftqualitäten  
- Reaktivkrafttraining (DVZ)

**3. Muskelaufbautraining:**  
- Vergrößerung des Muskelquerschnittes

**2. Lokal aerobes Muskelausdauertraining:**  
- Belastungsgewöhnung...  
**Grundlagentraining II**

**1. Grundlagentraining I :**  
- Aktivierung/Bahnung /Sensorik/Proprio/  
Intermuskuläre Koordination

nach :  
-Froböse/Lagerström `03  
-Radlinger et.al `98  
-Schmidtbleicher `94  
-Grimby/Thoméé `89



## Trainingsaufbauprogramm

### Grundlagentraining STUFE I

- Aktivierung, Bewegungsökonomisierung
- Schulung der Innervation (Wiederaufbau der afferenten Nervenbahnen)
- Propriozeption, intermuskulären Koordination, Körperwahrnehmung

Intensität: bis 30 %  
Wiederholungen: > 5 (max. 45 sec.)  
Serien: 1 – 8  
Pausen: ≈ 90 sec.  
Trainingseinheiten: 4 – 8 (2-3Wochen)



## Trainingsaufbauprogramm

### Grundlagentraining STUFE II

- lokales Muskelausdauertraining
- Steigerung der Belastungstoleranz
- erhöhte Trainierbarkeit

Intensität:	30 – 40 %
Wiederholungen:	20 - 40
Serien:	1 – 6
Pausen:	30 sec – 3 min
Trainingseinheiten:	6 – 10(2-4Wochen)



## Trainingsaufbauprogramm

### Muskelaufbautraining

Vergrößerung des Muskelquerschnitts  
und der Muskelmasse

Intensität:	40 – 85 %
Wiederholungen:	20 - 6
Serien:	2 – 6
Pausen:	15sec. – 3 min
Trainingseinheiten:	8 – 15(3-5Wochen) und mehr



## Trainingsaufbauprogramm

### Steigerung der neuromuskulären Kraftqualitäten

- Rasche und erhöhte Rekrutierung der motorischen Einheiten
- Schnellkraft- und Explosivkraftqualitäten werden verbessert
- Reaktivkrafttraining (DVZ)

Intensität:	75 – 100 %
Wiederholungen:	6 - 1
Serien:	3 – 6
Pausen:	15sec.-10min.
Trainingseinheiten:	8 – 14(3-5Wochen)



## Trainingsaufbauprogramm

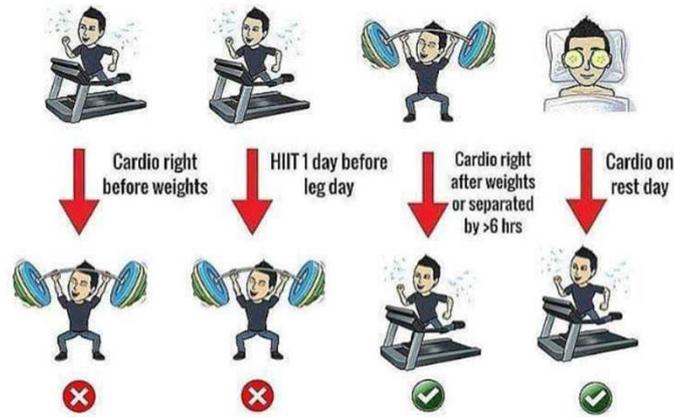
### Entwicklung vielfältiger und situationsabhängiger Kraftqualitäten

Alltagsspezifische Belastungen  
Komplexe Übungsformen (Sportspezifisch)

Intensität:	> 30 %
Wiederholungen:	> 5
Serien:	> 3
Pausen:	30 sec – 5 min
Trainingseinheiten:	???



# THE IDEAL TIMES TO DO CARDIO



## Do We Need a Cool-Down After Exercise?

Reference: B. Van Hooren • J. M. Peake, Sports Med 2018

Designed by eYLMsportScience

	+	No significant difference or Inconclusive effect	-
<b>SPORTS PERFORMANCE</b>	<i>Number of studies</i>		
Same-day performance		4	
Next day performance		14	
<b>PHYSIOLOGICAL EFFECTS</b>			
Blood lactate	>18	1	1
Muscle tissue lactate	2	1	1
Delayed onset muscle soreness	2	14	
Indirect markers of muscle damage	2	6	
Neuromuscular function and contractile properties	2	3	
Stiffness and range of motion		7	
Muscle glycogen resynthesis		3	5
Immune system	2	2	
Cardiovascular and respiratory system	5	2	2
Sweat rate and thermoregulation		6	
Hormone concentrations		4	
<b>PSYCHOLOGICAL EFFECTS</b>			
Mood state, self-perception and sleep		12	1
<b>LONG-TERM EFFECTS</b>			
Injury prevention	1	6	
Adaptive response	1		

Although there are many proposed benefits of an active cool-down compared with a passive cool-down, only a few of these benefits are supported by research



## Krafttrainingsteil

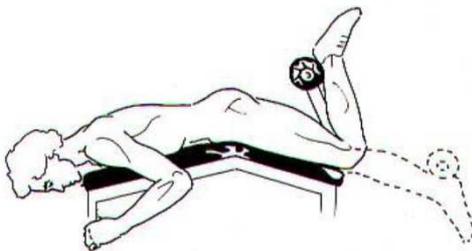


## Gerätekunde



## Beinbeuger

liegend



sitzend



- Auch in „halber Bauchlage“ möglich.
- Wenn erwünscht, kann der Trainierende auch ins Hohlkreuz gehen um die gesamte Synergistenkette zu nutzen.
- Nicht in die Überstreckung des Kniegelenks bewegen.
- Beim sitzenden Beinbeuger nicht die Zehenspitzen anziehen, um das Nervensystem vor zu starken Dehnungen zu schützen.



## Beinstrecker



- Beste Übung um den M. Quadriceps isoliert zu adressieren.
- Wenn keine Kontraindikationen vorliegen, bis in die volle Streckung bewegen.
- Fußstellung in Bezug auf IR oder AR spielt keine Rolle.
- Heranziehen der Fußspitze in Abhängigkeit des Nervensystems.

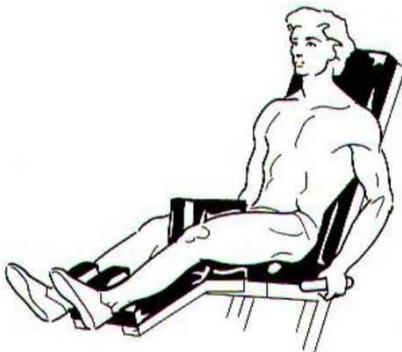
**CAVE!!!** Bei der Streckung an dem Gerät bringt der Zug des M. Quadriceps die Tibia nach ant., mit der Folge, dass es Zug am VKB gibt.

Lösung:

- Antagonisten anspannen.
- Oberkörper vorlehnen – Hohlkreuz, Sternum raus



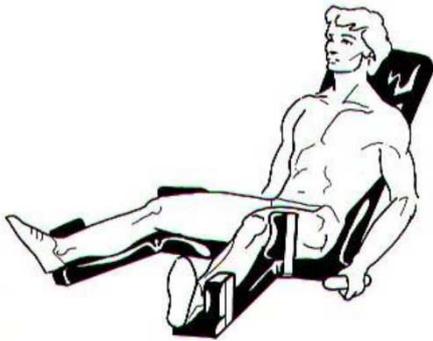
## Adduktoren



- In der sitzenden Position wird M. Add mag. Nicht trainiert. Für ihn bedarf es eine Extension und Innenrotation im Hüftgelenk.



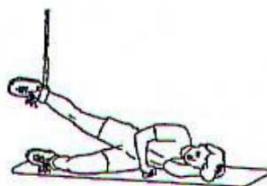
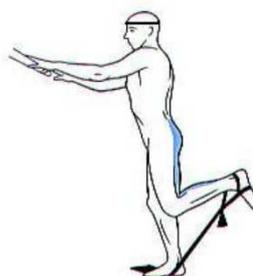
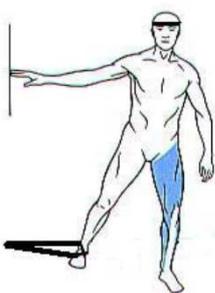
## Abduktoren



- Mit zunehmender Abduktion verstärkt sich auch die Lordose der Lendenwirbelsäule.
- Wenn keine Beschwerden bestehen ist das problemlos; sonst soll die LWS bewusst an das Polster drücken.

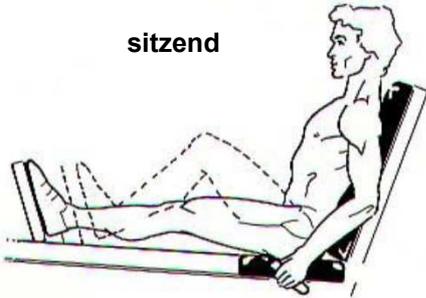


## Beinbeuger, Abduktoren und Adduktoren Varianten am Seilzug oder dem Theraband

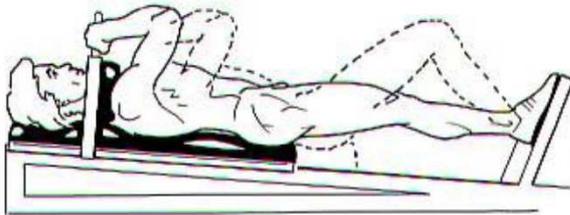


## Beinpresse

sitzend



liegend

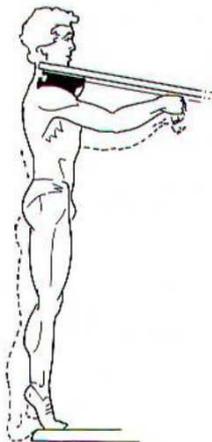


- Bei H-TEP Patienten erst nach dem Ausheilen der Kapsel und des Bandapparates.
- Füße neutral oder leicht nach außen rotiert.
- ROM bis 120° um Alltagsbeweglichkeit zu erreichen.
- Für maximale Muskelmantelspannung der UEX, wird der Kontakt auf der Ferse betont und bei voller Streckung die Fußspitze heran gezogen.
- Sehr gut zur Mobilisation geeignet (SSE 5-6)
- Sensomotorische Variationen möglich sowie auch Sprünge.
- Bei kardiologischen Patienten auf eine sehr breite Beinstellung achten.
- Biomechanisch sinnvoller ist die sitzende Ausführung
- Je nach Position der Beine auf der Platte wird eher der untere Rücken und die Glutealmuskulatur adressiert (Hohe Position der Füße) oder verstärkt der M. Quadriceps (Tiefe Position der Füße).

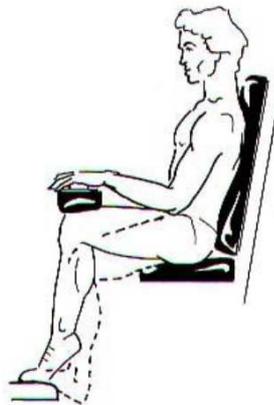


## Wadenmuskulatur

gestreckt



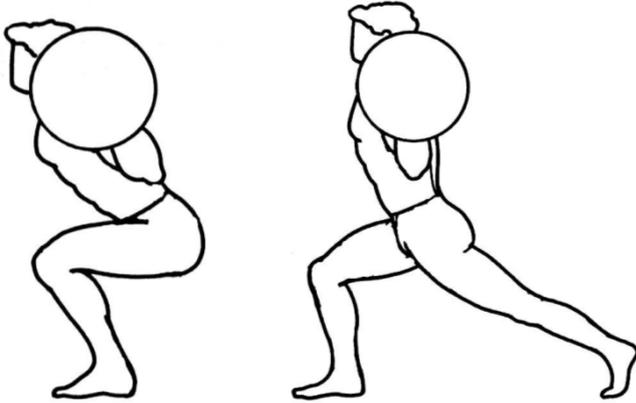
gebeugt



- Als exzentrisches Training sehr wichtig bei Achillodynie.
- Sehr wichtige Übung für Rücken- und Hüftpatienten, da diese deutliche Trophikänderungen der Wade mit sich bringen.



## Kniebeuge, Schrittkniebeuge



- Sehr wichtige Übung für die UEX und den Rumpf.
- Füße stehen schulterbreit oder breiter bei kardiologischen Patienten.
- In der Standardausführung soweit beugen, bis Oberschenkel parallel zum Boden sind.
- Viele Variationen in Bezug auf Ausführung und Sensomotorik möglich.



## SQUAT STANCES

**CANNONBALL**



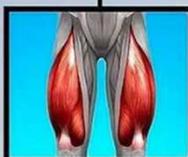
**NARROW STANCE**



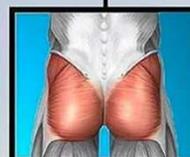
**SUMO SQUATS**



**INNER SWEEP (VMO)  
FOCUSED**



**FULL QUAD FOCUSED**

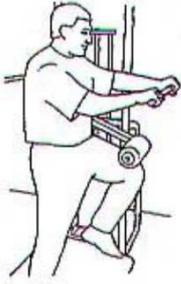


**GLUTE FOCUSED**

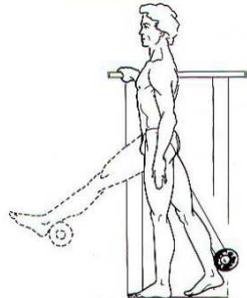


## Hüftpendel

**Flexion**



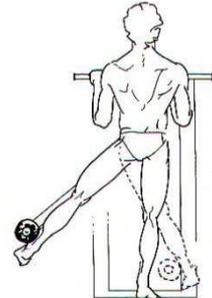
**Extension**



**Adduktion**



**Abduktion**



## „Topübungen“ M. quadriceps fem.

- Leg extension in der Maschine
- Horizontale Beinpresse
- Kniebeuge mit Langhantel
- 45° Beinpresse
- Einbeinkniebeuge

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. Gluteus max.

- Leg curl in Bauchlage in der Maschine
- Hüftextension am Hüftpendel
- Kreuzheben
- Beinpresse
- Bein heben aus Bauchlage

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ Ischiocrurale

- Leg curl im liegen an der Maschine
- Inverse Legcurl
- Beckenlift mit Fersenzug

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ Abduktoren

- Abd im Sitz an der Maschine
- Abd am Hüftpendel
- Seitlicher Unterarmstütz
- Seitliches Rumpfheben

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ Adduktoren

- Add im Sitz an der Maschine
- Add am Hüftpendel
- Isometrie Add - Unterarmklemme

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. gastrocnemius

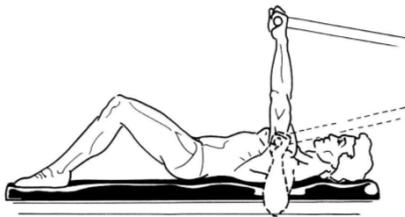
- Fersenheben im Stand mit 90° Vorbeugung
- Fersenheben im Stand
- Fersenheben im Sitz

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## Bankdrücken

liegend



sitzend



- (Je nach Beschwerdebild der LWS stehen die Beine auf dem Boden oder der Bank.)
- 90° Abd der Schulter vermeiden, da dies in der Ausführung eine subacromiale Enge verursacht.
- Sehr gut als Gleitmobilisation für die Scapula geeignet. Es muss dann unterlagert werden und mit geringer SSE trainiert werden.
- Bei weitem Griff wird eher der vordere Delta und M. pectoralis maj. adressiert. Bei engem Griff Triceps brachii.
- Wichtige Übung, da M. pec. maj. den Humeruskopf caudalisiert.



## Butterfly



- Auf die ventro- craniale Position des Sternums achten.

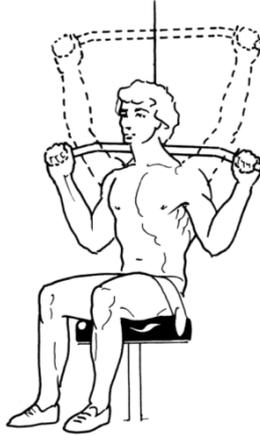


## Butterfly reverse

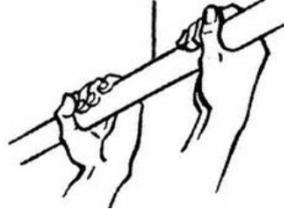


## Lat.- Zug

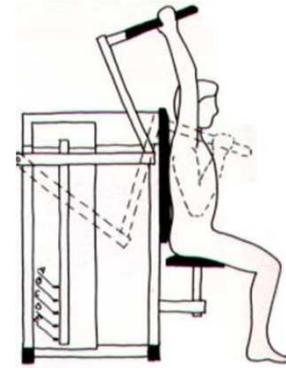
**Ristgriff**  
(vor oder hinter dem Körper)



**Kammgriff**  
(vor oder hinter dem Körper)



**Neutralgriff**  
(vor oder hinter dem Körper)



- Wichtig ist das Widerlager der Oberschenkel, da so M. Iliopsoas die LWS stabilisiert.
- Ellenbogen leitet die Bewegung ein.
- Wichtige Übung zum spannen der Faszie thoracolumbalis und zum caudalisieren des Humeruskopfes.
- Gut geeignet zur Mobilisation des Schultergürtels mit dem Kammgriff und einer engerem Griff.



## Überzüge



## Dips - Schultergürtel



- Sehr gute Schultergürtelmobilisation.
- Bewegungsausführung mit leichter Adduktionstendenz.
- Schafft größtmöglichen subacromialen Raum.



## Dips - Triceps



- Sehr gute Aktivierung des Triceps.
- Nicht für Schulterpatienten geeignet, da hohe Kräfte ventral auf die Schulter einwirken.



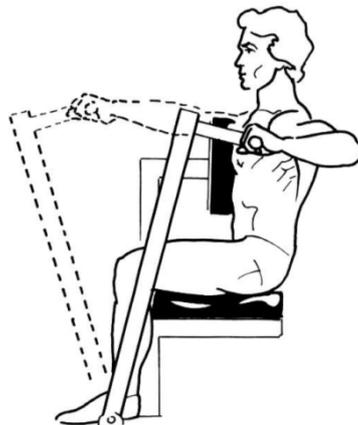
## Biceps



- Um den M. Biceps brachii isoliert zu adressieren, muss der Delta ausgeschaltet sein. Dazu den Arm auf einer Unterlage widerlagern.



## Rudern



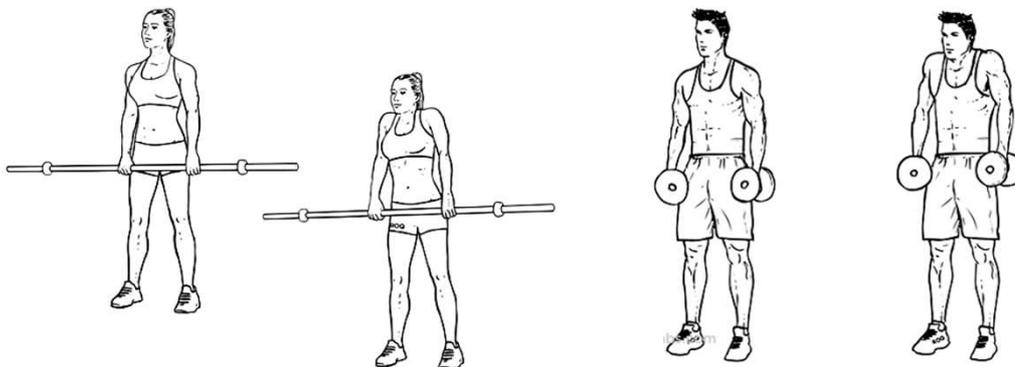
## Schulterpresse



- Bei intakter Rotatorenmanschette sehr gute Übung für den Delta und Trapezius. Ist die Rotatorenmanschette nicht suffizient, sollte die Übung vermieden werden.

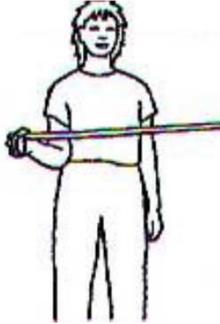


## Schulterheben

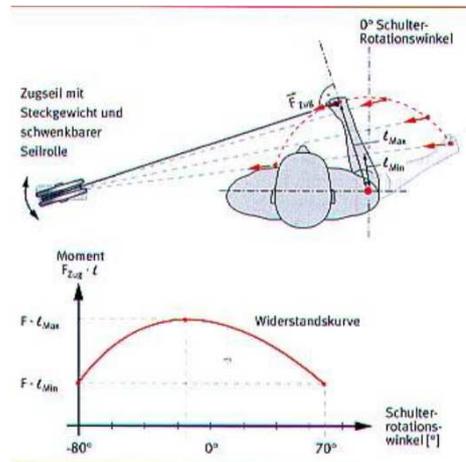
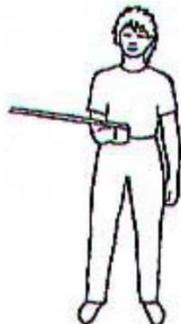


## Schulterrotationen

**Außenrotation**



**Innenrotation**



## „Topübungen“ M. Lat.- dorsi

- Latzug mit engem Kamgriff zur Brust
- Rudern einarmig vorgebeugt
- Klimziehen zum Nacken mit weitem Griff
- Latziehen mit weitem Ristgriff zum Nacken
- Rudern sitzend

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. Trapezius

- **Pars descendens:**

- Shrugs
- Frontziehen
- Kreuzheben

- **Pars transversa:**

- Reverse Flys in der Maschine bei 90° Abd in der Schulter
- Reverse Flys im Liegen
- Rudern vorgebeugt mit Langhantel

- **Pars ascendens:**

- Reverse Flys an der Maschine bei 120° Abd in der Schulter
- Arme heben aus der Bauchlage mit AR in Schulter
- Trapez- Dips

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. pec. Maj.

- Kabel Flys über Kreuz
- Butterfly an der Maschine
- Bankdrücken (negativ, flach, positiv)
- Flys mit Kurzhanteln
- Dips
- Liegestütze

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. triceps brachii

- Tricepsdrücken am Kabelzug
- French- press mit  $\beta$ -Hantel
- Dips zwischen zwei Bänken
- Dips im Barren
- Triceps- Kickbacks

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. biceps brachii

- Concentration curls im Sitz
- Scott/ Preacher curls
- Curls am Kabelzug

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ Schulter Außenrotatoren

- Türsteher – Isometrische Kontraktion
- AR mit Kurzhantel in Seitlage
- AR in Rückenlage am Kabelzug

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ Schulter Innenrotatoren

- Türsteher – Isometrische Kontraktion
- IR Sitzend am Kabelzug
- IR in Rückenlage am Kabelzug

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## „Topübungen“ M. deltoideus

- Nackendrücken mit der Langhantel vor dem Kopf
- Nackendrücken mit der Langhantel hinter dem Kopf
- Seitheben mit Kurzhanteln
- Reverse Flys an der Maschine

Boeck-Behrens, Buskies; 2016



## Sensomotorik



## Definitionen:

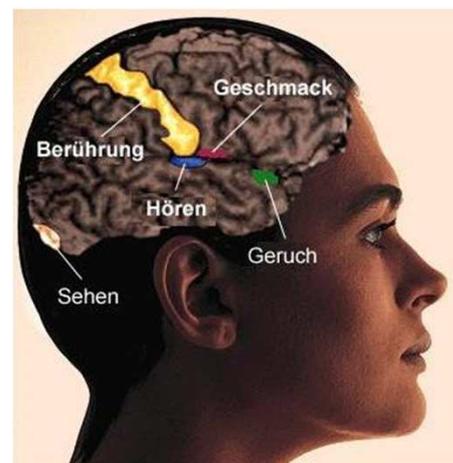
- **Sensorik:** Ist die Fähigkeit zur Wahrnehmung verschiedener Reize, die durch Rezeptoren über afferente Nerven- und Rückenmarksbahnen zur sensiblen Hirnrinde vermittelt und auf dieser Strecke moduliert werden.
- **Motorik:** Ist die Bewegung, die an der Peripherie des Körpers als Ortsveränderung der menschlichen Körpermasse in Raum und Zeit in Erscheinung tritt.
- **Sensomotorik:** Mit Sensomotorik wird die Wechselbeziehung zwischen Sensorik und der Motorik als Resultat verarbeitender Prozesse und efferenter Ansteuerung der peripheren Muskeln bezeichnet. Die Prozesse der Sensomotorik finden auf peripherer, spinaler und zentralnervöser Ebene statt.

Kandel et al.; 1996/ Freiwald et al.; 2007



## Sinnesmodalitäten

- Es werden fünf klassische Sinnesmodalitäten unterschieden:
  - Sehen
  - Hören
  - Tasten
  - Schmecken
  - Riechen
- Neben den fünf klassischen Sinnesmodalitäten werden noch weitere beschrieben:
  - Der Schmerzsinne
  - Der Temperatursinn
  - Gleichgewichtssinn



Bierbaum, Schmidt; 2010

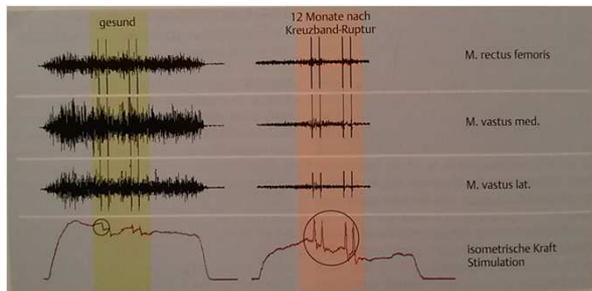


- Die Aufnahme der Reize erfolgt durch spezielle Rezeptoren:
  - Exterozeptoren, die Reize aus der Umwelt aufnehmen.
  - Enterozeptoren, die Vorgänge aus dem Viszerum vermitteln.
  - Propriozeptoren, die Lage und Bewegung des Körpers registrieren.
- Rezeptoren werden über mechanische und/ oder chemische Prozesse erregt.
- Dies ist von besonderer Bedeutung, da sich während des Krafttrainings ständig in allen Geweben sowohl die mechanische Spannung als auch das chemische Milieu verändert.

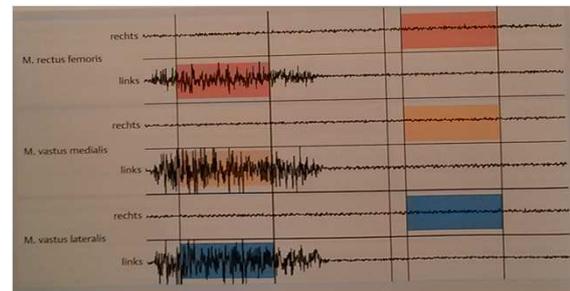


- Besonderen Einfluss auf das chemische Milieu hat dabei der Arbeits- und Entzündungsstoffwechsel, der die Rezeptorwellen der Rezeptoren und somit die Rezeption beeinflusst.
- Somit ist jede Schädigung die dem Trainierenden, entweder bewusst oder nicht bewusst ist und auch jeder operative Eingriff, eine Veränderung des sensorisch- afferenten Zustroms. Auf diesem Wege werden ebenfalls die Alpha und Gamma Efferenzen und damit die Muskulatur beeinflusst.
  - **Es verbleibt eine „Funktionelle Narbe“**

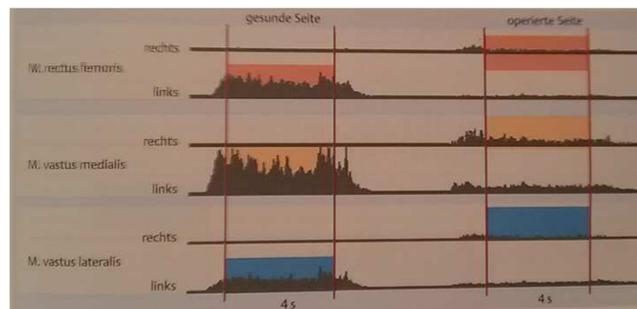




- Funktionelle Teilparese nach VKB- Ruptur



- Z.n. HTO re



Laube; 2009

- Z.n. Femur fx vor sechs Monaten sowie Verletzung des lig. Collaterale lat.



## Somatoviszerale Sensibilität

- Als somatoviszerale Sensibilität werden alle Sinnesmodalitäten zusammengefasst, deren somatische Sensoren in der Haut oder in den Skelettmuskeln, ihren Sehnen und Gelenken liegen.
- Setzt sich zusammen aus:
  - Dem Tastsinn der Haut mit den vier Qualitäten:
    - Druckempfindung
    - Berührungsempfindung
    - Vibrationsempfindung
    - Kitzelempfindung

Birbaumer et al.; 2010

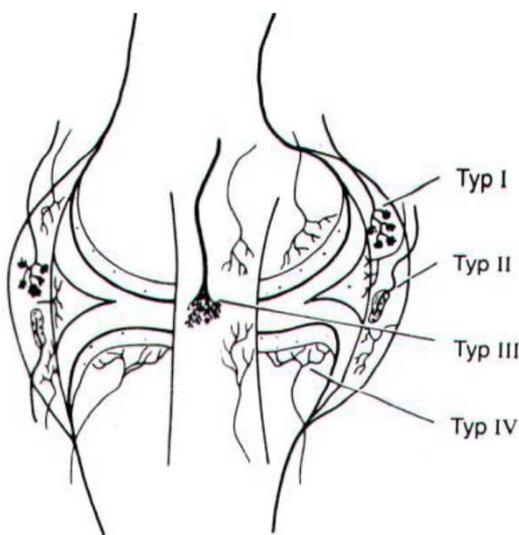


- Der Propriozeption mit den drei Qualitäten:
  - Stellungssinn- Stellung der Gliedmaßen untereinander, Stellung des Körpers im Raum.
  - Bewegungssinn- Richtung und Geschwindigkeit der Gelenkbewegungen.
  - Kraftsinn- Muskelkraft die benötigt wird, um eine Bewegung durchzuführen oder eine Gelenkstellung zu halten.
- Dem Temperatursinn mit den zwei Qualitäten:
  - Kältesinn
  - Wärmesinn
- Dem viszerale Sinn mit den sympathischen und parasympathischen Anteilen:
  - Erfassen des inneren Milieus und dem Abweichen vom Sollwert.
  - Beim Abweichen vom Sollwert, Einleitung von Korrekturmaßnahmen.

Birbaumer et al.; 2010



## Gelenkrezeptoren



### • Typ I Rezeptoren (Ruffini)

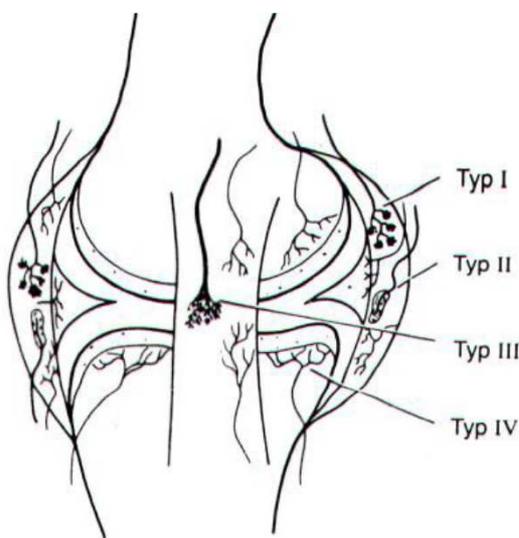
#### Lokalisation:

- Haut
- Äußere Kapsel
- Ligamente peripherer Gelenke
- Dura mater
- in Geweben, die auf regelmäßige Dehnung angelegt sind.

#### Funktion:

- Langsam adaptierend
- Registrieren die Kapselspannung (äußere Schicht)





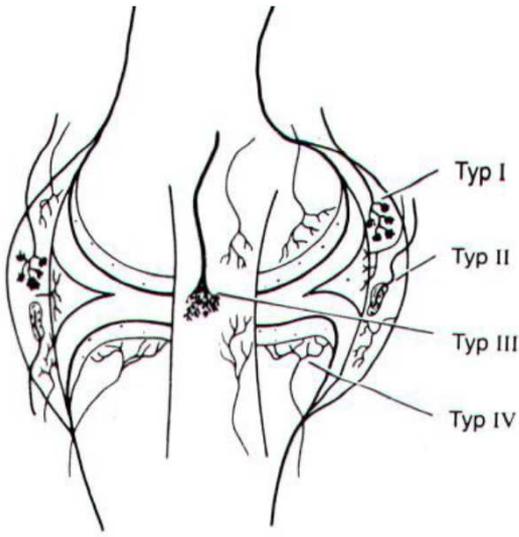
**• Typ II Rezeptoren (Pacini)**

**Lokalisation:**

- Tiefere Kapselschichten
- Muskel- Sehnen- Übergang
- Spinale Ligamente
- Muskelfaszien
- Muskelsepten

**Funktion:**

- Dynamische Funktion
- Schnell adaptierend
- Registrieren Bewegungs-und Druckveränderungen der Kapsel

**• Typ III Rezeptoren (ähnlich Golgi)**

**Lokalisation:**

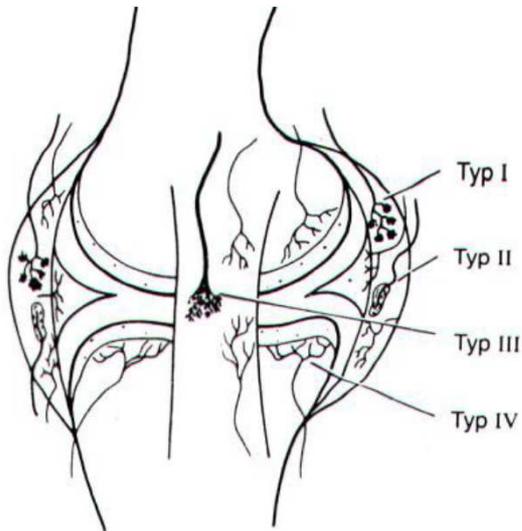
- Gelenkkapsel
- Muskel-Sehnen-Übergang
- Sehnen
- Ligamente peripherer Gelenke

**Funktion:**

- Langsam adaptierend
- Hemmend auf Motoneurone

**• CAVE:** werden durch Kälte gehemmt! Problem: Sehnenrupturen, da die Schutzspannung wegfällt.





### • Typ IV Rezeptoren (Nozizeptoren)

#### Lokalisation:

- Fibröse Kapsel
- Subsynovialer Bereich
- Ligamente
- Gefäße
- Fettkörper

#### Funktion:

- Reagieren auf mechanische und chemische Reize
- Auslösung von Schmerzempfindungen
- Wirken tonisch auf die Muskulatur



## Regelmechanismen :

- ▶ **Augen**
- ▶ **Vestibularapparat**
- ▶ **Hautrezeptoren (taktil)**
- ▶ **Ohr (akustisch)**
- ▶ **periphere Rezeptoren**
  - **Gelenkrezeptoren**
  - **Muskelspindel**
  - **Golgiapparat**



## Die wichtigen Zentren zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts sind:

- Füße
- Becken
- **Propriozeption**
- Gleichgewichtsorgan
- Obere Kopfgelenke
- Augen
- Kiefergelenk



Besonders gestörte propriozeptive Information aus den Schlüsselregionen der Wirbelsäule scheint eine große Rolle zu spielen.

(J. Buchmann et al 2009 **Manualmedizinische Differentialdiagnose des Schwindels und des Tinnitus unter Einbeziehung osteopathischer Anschauungen** MM 47:23-32)



## Regelmechanismen :

### ► Augen

Beim stabilen Stehen gewichtet das ZNS die Informationen etwa wie folgt: 70 % Somatosensorik, 20 % Vestibularorgane und 10 % Visus. Beim Stehen auf einer labilen Unterstützungsfläche verschob sich hingegen die sensorische Gewichtung zugunsten des vestibulären und des visuellen Inputs (10 % Somatosensorik, 60 % Vestibularorgane und 30 % Visus).



Als Fazit lässt sich zusammenfassen, dass Therapeuten das Training auf einer labilen Unterstützungsfläche nicht unbedingt als „propriozeptives“ Training ansehen sollten, sondern beispielsweise als „Training der sensorischen Gewichtung“ oder „Training der Reaktionsgeschwindigkeit/Geschicklichkeit der distalen Muskeln“.



## Empfehlungen zur Durchführung sensomotorischer Übungen in der MTT

- Sensomotorisches Training nicht nur im ausgeruhten Zustand.
- Berücksichtigung der individuell-physiologischen Beinachse.
- Steigerung des Anforderungsniveaus in allen statischen und dynamischen Formen.
- Ständig die Anforderungen variieren.
- Angemessenes, motivierendes und zielorientiertes Üben bzw. Trainieren.



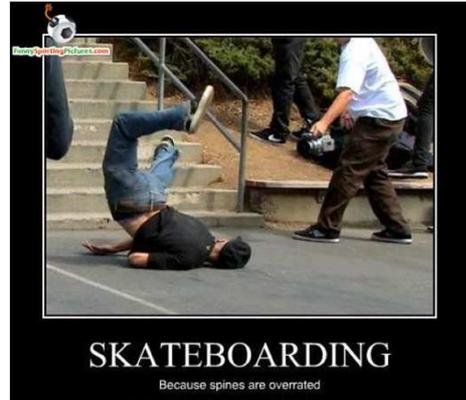
## Grundprinzipien zum Training sensomotorischer Übungen auf instabilen Unterlagen

- Vor dem Training ist die Gleichgewichtsfähigkeit des Patienten zu überprüfen.
- Das Training auf instabilen Unterlagen ist der Gleichgewichtsfähigkeit des Patienten anzupassen.
- Das Training auf instabilen Unterlagen ist den Wundheilungsprozessen der jeweiligen Gewebe anzupassen.
- Voraussetzung für ein Training auf instabilen Unterlagen ist das Vorhandensein eines ausreichenden Grundkraftniveaus.
- Relative Schmerzfreiheit.
- Methodisches Grundprinzip: „Vom Einfachen zum Schweren“.



## Verschlechterung der sensomotorischen Leistungsfähigkeit

- Schmerz
- Instabilität
- Hypomobilität
- Hypermobilität
- Immobilisation
- Ermüdung
- (Wachstumsphasen bei Kindern)



## Praxis Sensomotorik



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



# Übungsbeispiele



# Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



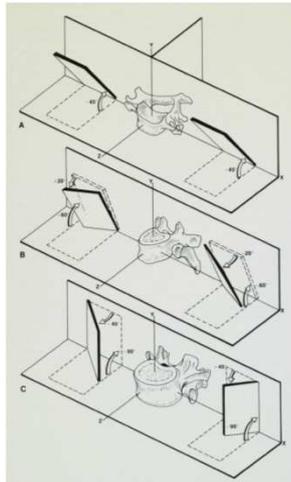
## Übungsbeispiele



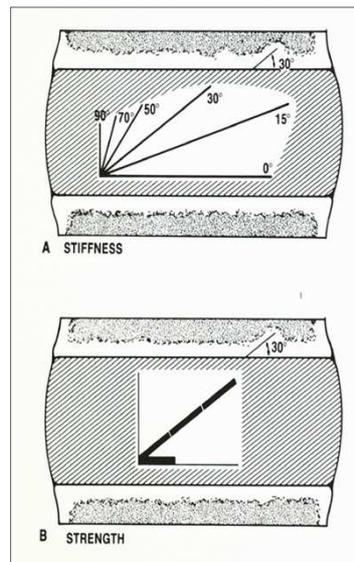
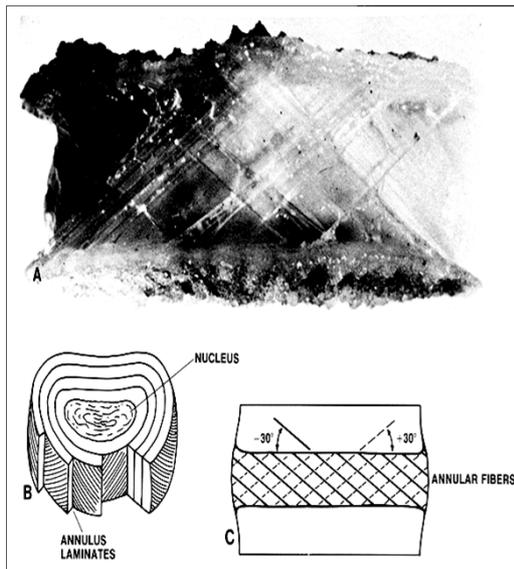
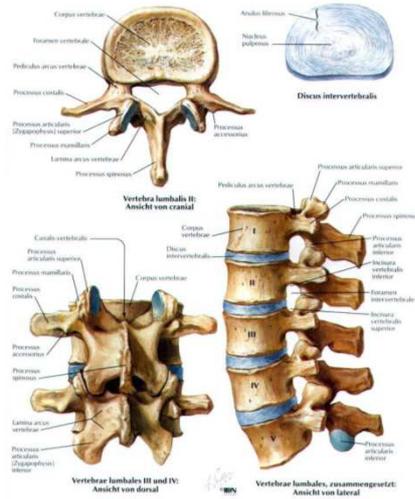
## Mobilisation und Stabilisation der Wirbelsäule

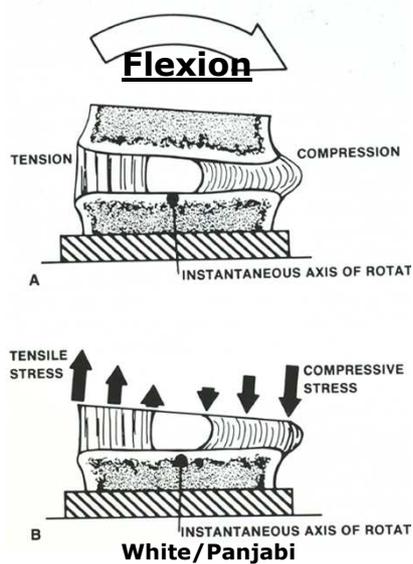


# Berücksichtigung der Anatomie und Biomechanik



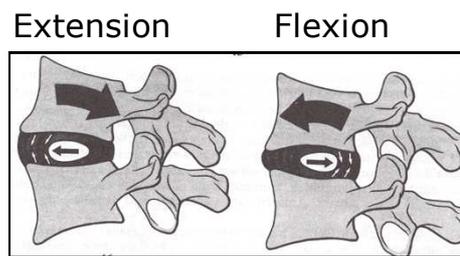
White&Panjabi, Clinical Biomechanics of spine/ Netter; 2000





### ► Bandscheibe :

- Bewegungsverhalten



Kapandji



### ► Bandscheibe :

Spannungsverhältnisse bei :

- Traktion
- Kompression
- SN
- FL/ROT/SN





### ► Bandscheibe :

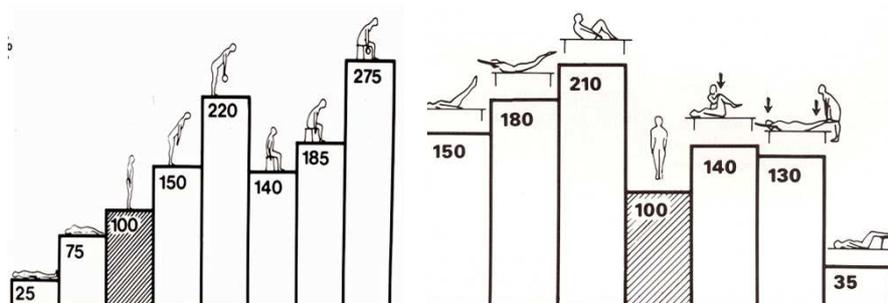
Veränderungen  
bei Degeneration :

- Bewegungs -  
steuerung
- Wundheilung

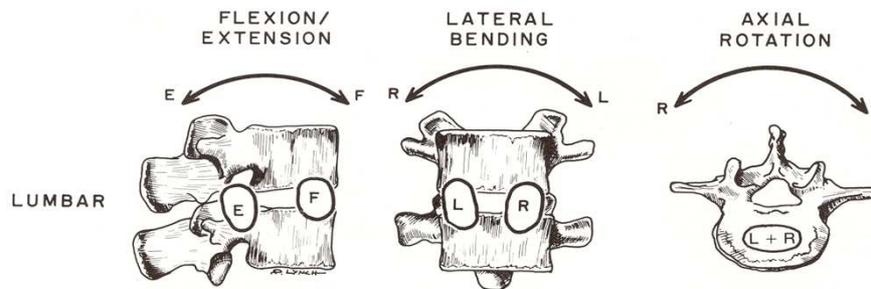


### Intradiscscale Druckmessungen :

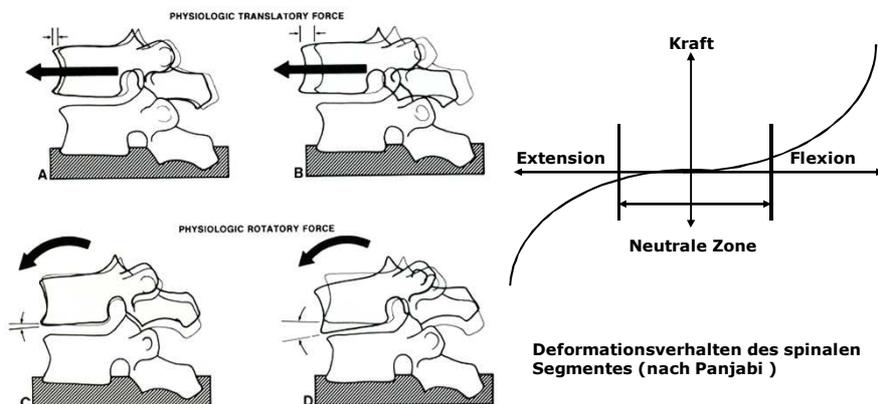
- Nachemson 1965
- Neef/Caimi 1999



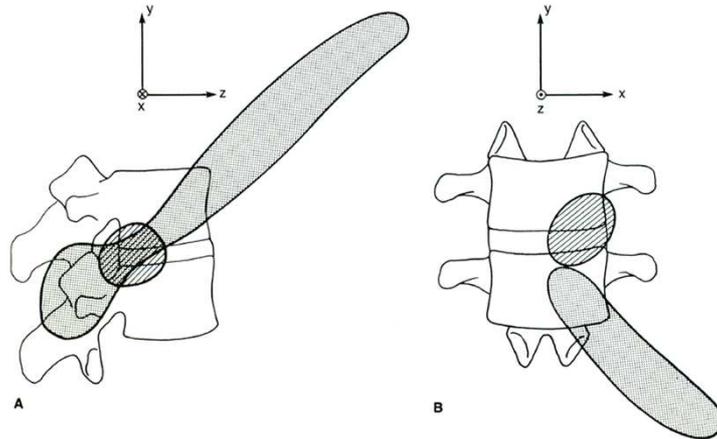
## Segmentale Bewegung / Bewegungsachsen :



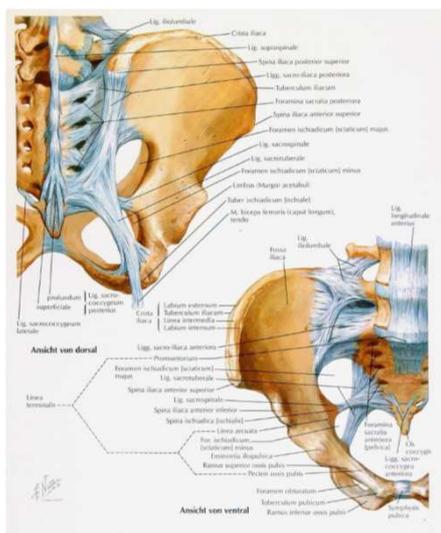
## Segmentale Bewegung



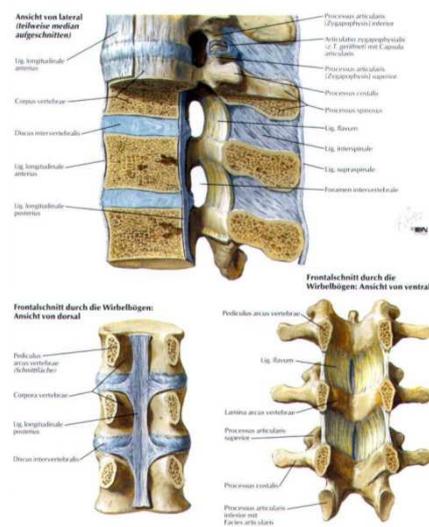
## Bewegungsachsen bei Bandscheibendegeneration und nachfolgender Hypermobilität :



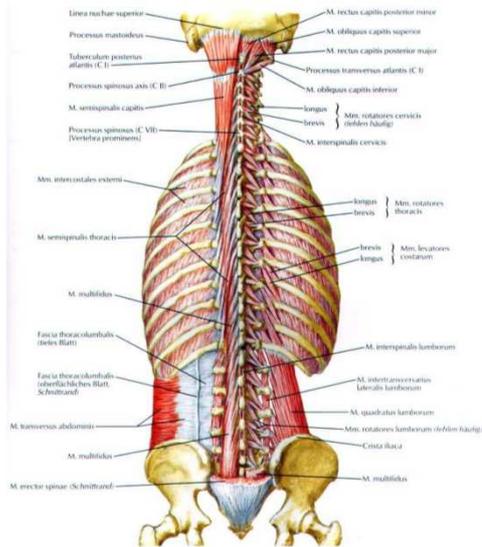
## Ligamentäre Stabilität



Netter; 2000



# Aktive Stabilität



## Aktive Stabilität:

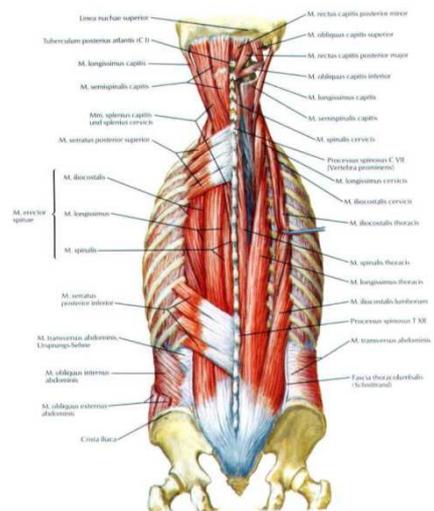
### Tiefe Schicht:

- M. multifidus
- M. rotatores
- M. transversus abdominis
- M. interspinalis
- M. quadratus lumborum

Netter; 2000



# Aktive Stabilität



## Aktive Stabilität:

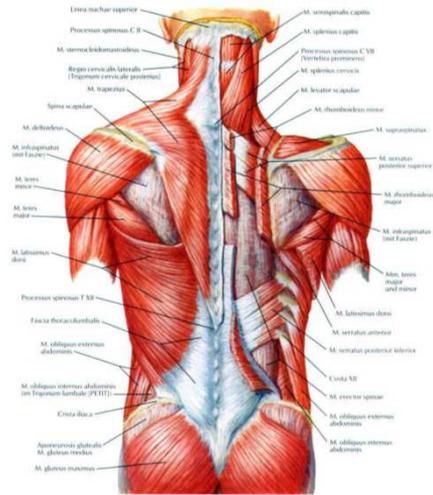
### Mittlere Schicht:

- M. spinales
- M. longissimus
- M. iliocostalis
- M. serratus posterior/ inferior

Netter; 2000



# Aktive Stabilität



## Aktive Stabilität:

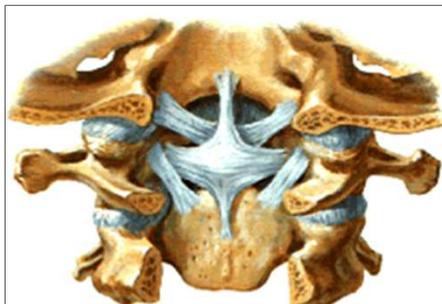
### Oberflächliche Schicht:

- M. latissimus dorsi
- M. gluteus maximus

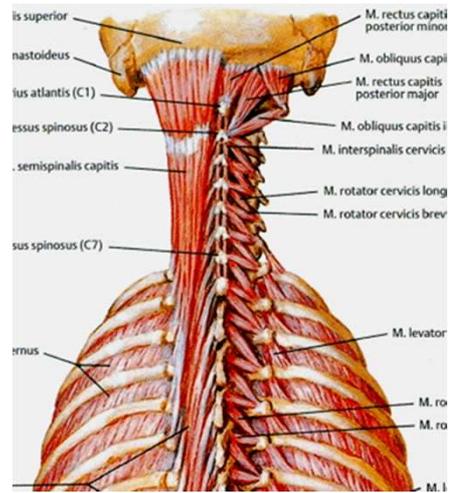
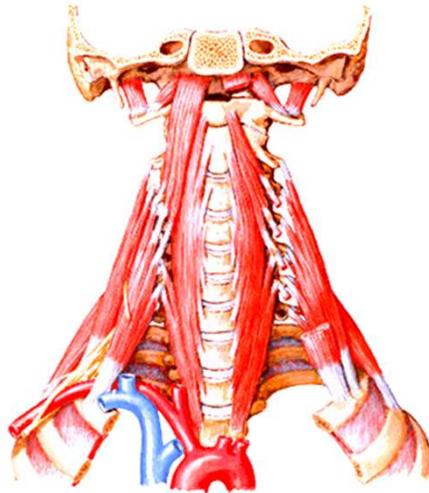
Netter; 2000



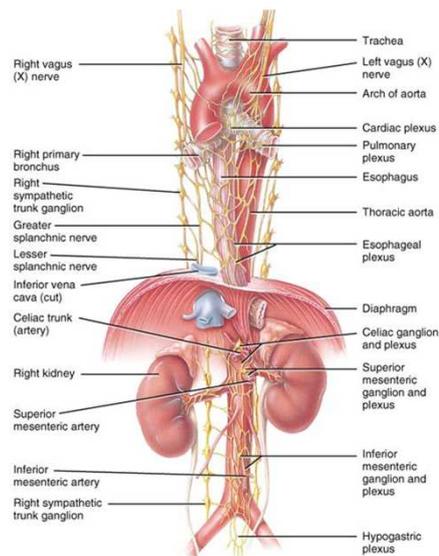
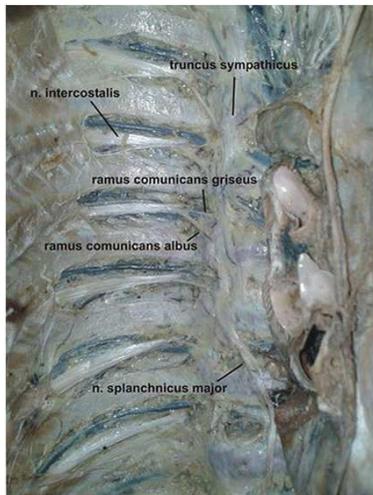
# Kopfgelenke



## Tiefe Muskulatur mittlere HWS



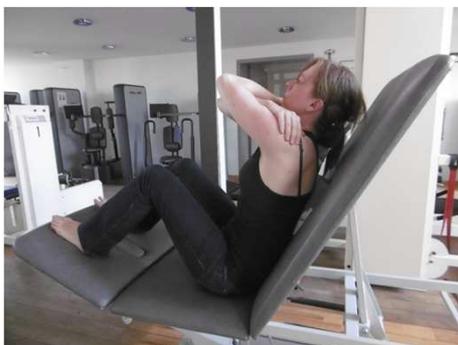
## Sonderfall BWS und das vegetative Nervensystem



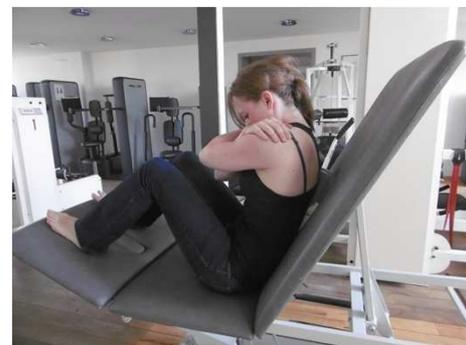
Sympathikus	
Organ	Segment
Kopf, Hals, Gesicht	C6-th3
Schulter, obere Extremität	Th3-th8
Becken, untere Extremität	th10-L2
Herz	th1-th4
Bronchien, Lunge	th1-th5
Magen	th6-th10
Dünndarm	th10-th11
Proximales Kolon	th12-L1
Leber, Gallenblase	th6-th9
Milz, Pankreas	th6-th10
Nieren, Nebenniere	th10-L2
Blase, Prostata, Uterus, Genitalien	th12-L2
Parasympathikus	
Segment/Hirnnerv	Innervationsgebiet
N. oculomotorius (III)	Augen
N. facialis (VII)	Gesichtsdrüsen
N. glossopharyngeus (IX)	Gesichtsdrüsen
N. vagus (X)	Bauch- Brustorgane, erste Colonehälfte (bis li. Flexur)
S2-4 (Nn. splanchnici pelvici)	Beckenorgane, 2. Colonehälfte
S1-2, S3-4	Defäkation, Erektion, Blase (Miktion)



## Übungsbeispiele



Facettentraktion in Extension



Facettentraktion in Flexion



## Übungsbeispiele



Traktion auf Bandscheibenebene



## Übungsbeispiele



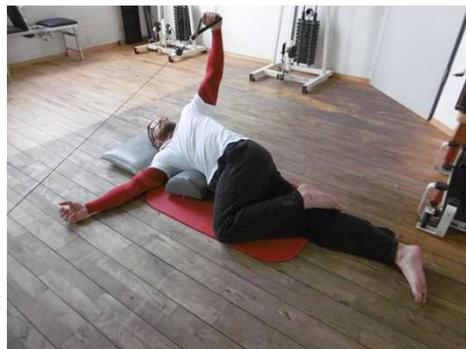
## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



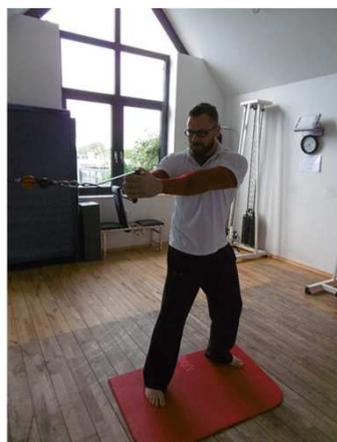
## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



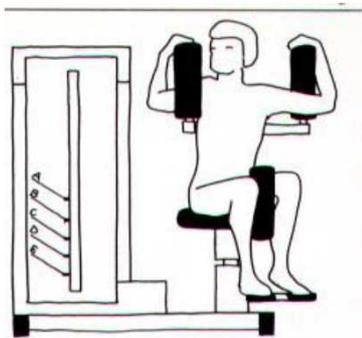
## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



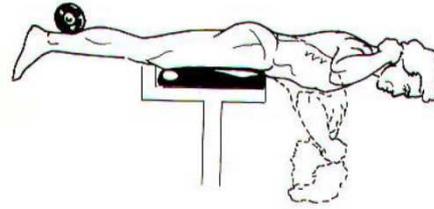
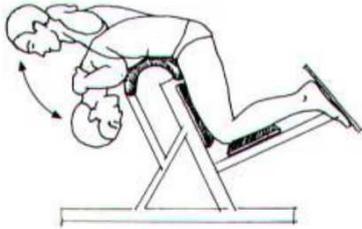
## Rumpfrotator



- Stabilisation des Beckenrings über die Adduktion der Beine.
- Rumpfspannung aufrechterhalten über Transversusspannung.



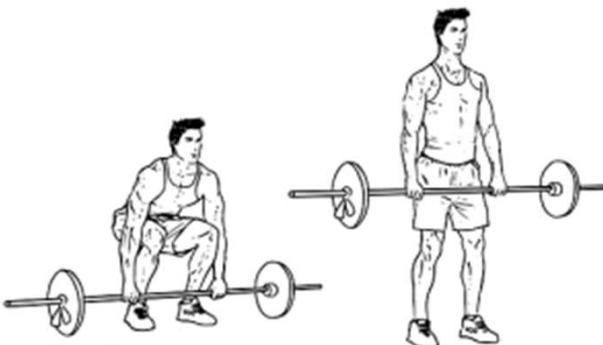
## Rückenstrecker



- Druck mit den Füßen auf die Platte um so die gesamte dorsale Kette zu aktivieren.



## Kreuzheben

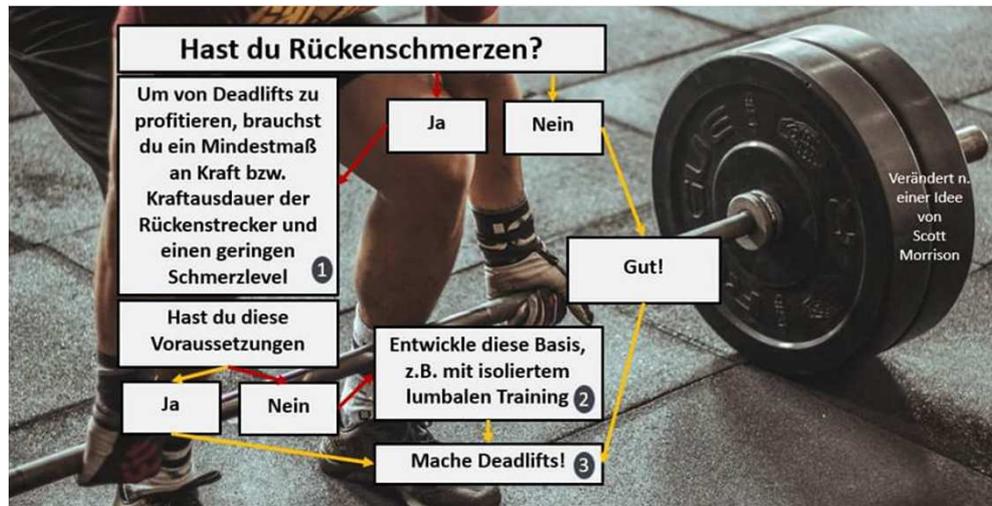


### DID YOU KNOW?



Deadlifts build nearly every muscle in your body. They strengthen your core, burn more calories than most other exercises, and they help you run faster and jump higher





1. Berglund L, Aasa B, Hellqvist J, Michaelson P, Aasa U. Which Patients With Low Back Pain Benefit From Deadlift Training?. J Strength Cond Res. 2015;29(7):1803-11.
2. Fisher J, Bruce-low S, Smith D. A randomized trial to consider the effect of Romanian deadlift exercise on the development of lumbar extension strength. Phys Ther Sport. 2013;14(3):139-45.
3. Michaelson, Peter; Holmberg, David; Aasa, Björn; Aasa, Ulrika (2016): High load lifting exercise and low load motor control exercises as interventions for patients with mechanical low back pain: A randomized controlled trial with 24-month follow-up. In: Journal of rehabilitation medicine 48 (5), S. 456–463. DOI: 10.2340/16501977-2091.



## Übungsbeispiele



## Übungsbeispiele



## Übungsrangliste Rückenstrecker – Pars Lumbalis

- **Rangfolge der Kraftübungen nach ihrer durchschnittlichen EMG Aktivität:**
  - Kreuzheben
  - Kniebeuge mit Langhantel
  - Beinpresse
  - Kreuzheben mit gestreckten Beinen
  - Beckenlifting/ Hip-Thrust
  - Hyperextension
  - Reverse Flys an der Maschine

Boeck- Behrens, Buskies: 2016



## Übungsrangliste Bauchmuskulatur – oberer Anteil

- **Rangfolge der Kraftübungen nach ihrer durchschnittlichen EMG Aktivität:**

- gerader Crunch – Arme gestreckt nach hinten
- Twisted Crunch – Hände an den Ohren
- Beine heben im Hang
- Twisted Crunch – mit getreckten Armen
- Gerader Crunch – mit getreckten Armen
- Planking

Boeck- Behrens, Buskies: 2016



## Übungsrangliste Bauchmuskulatur – unterer Anteil

- **Rangfolge der Kraftübungen nach ihrer durchschnittlichen EMG Aktivität:**

- Beine heben im Hang
- gerader Crunch – Arme gestreckt nach hinten
- Twisted Crunch – Hände an den Ohren
- Planking
- Gerader Crunch – mit getreckten Armen
- Twisted Crunch – mit getreckten Armen

Boeck- Behrens, Buskies: 2016



## Übungsrangliste Bauchmuskulatur – schräge Bauchmuskeln

### • Rangfolge der Kraftübungen nach ihrer durchschnittlichen EMG Aktivität:

- Rumpfseitheben
- Seitstütz
- Beine heben im Hang
- Twisted Crunch – Hände an den Ohren
- Planking
- gerader Crunch – Arme gestreckt nach hinten
- Gerader Crunch – mit getreckten Armen
- Twisted Crunch – mit getreckten Armen

Boeck- Behrens, Buskies: 2016



30 cm  
500 N  
5 cm  
 $F_m \cdot 5 = 500 \text{ N} \cdot 30$   
 $F_m = 3000 \text{ N}$

### Hebetechniken In FL o. EXT?

20 cm  
500 N  
5 cm  
 $F_m \cdot 5 = 500 \cdot 20$   
 $F_m = 2000 \text{ N}$

## Hebetechniken In FL o. EXT?



- **Hochintensive Hebemanöver, in Kombination mit Rotation** gelten als Risikofaktor für Rückenschmerzen (Waddel 2004)
- **keine Hinweise vorhanden für EINE korrekte, biomechanisch überlegene Hebetechnik** (Straker 2003)



## Hebetechniken In FL o. EXT?



### Flexion:

- **gleichmäßige Druckverteilung im Diskus.**
- **vergrößertes Foramen intervertebrale.**
- **Verlagerung der FL/EXT-Achse nach ventral = besserer Kraftarm für dorsale Strukturen** (Denner 1995, Gracovetsky 1980).
- **Vordehnung der der passiven dorsalen Strukturen, die somit Energie speichern können** (Dolan, Mannion, Adams 1994).
- **durch Beckenaufrichtung kann die Hüfte besser flektieren (Voraussetzung für tiefes Heben) und die Hangabtriebskraft für die untere LWS reduziert sich.**
- **auch wenn die LWS vermeintlich in Lordose gehalten wird kommt es zu einer FL von etwa 57% der aktiven FL** (Dolan, Mannion, Adams 1994).



## Hebetechniken In FL o. EXT?



### Extension:

- **Federungseigenschaften der LWS sind gerade oder in FL geringer**
- **wiederholte, dauerhafte FL führt zur Verlängerung der dorsalen Weichteile (Creep). So entsteht eine deutlich größere Bewegungsamplitude segmental (Solomono et al. 1999).**
- **während bei kurzer FL ein neurophysiologische Bahnung der stabilisierenden Muskulatur festzustellen ist, kommt es bei dauerhafter FL zur Hemmung dieser und zum Spasmus der oberflächlichen Muskeln (Solomono et al. 1999, LaBry et al. 2004, Williams et al. 2000).**
- **durch die Lordose können die Facetten als gewichttragende Struktur mit einbezogen werden**



## Empfehlungen für Hebetechniken

(mod. Nach Graveland et al. 2003)

- **Variabel, individuell und realistisch bleiben (in Abhängigkeit von möglichem ROM, Arbeitsplatz und Pathologie)**
- **Stabile Ausgangsposition wählen**
- **Möglichst kurzer Lastarm**
- **Konzentration**
- **Leichte FL in allen Gelenken**
- **Keine segmentale Bewegungen bei der Beschleunigung zulassen**
- **Hebevorgang durch Bahnung der Streckerkette beginnen(HWS-BWS EXT)**



## Spezifische Stabilisation : über DF von C2



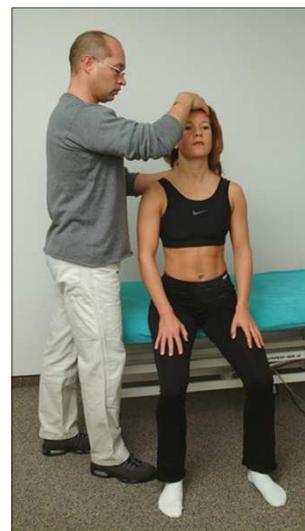
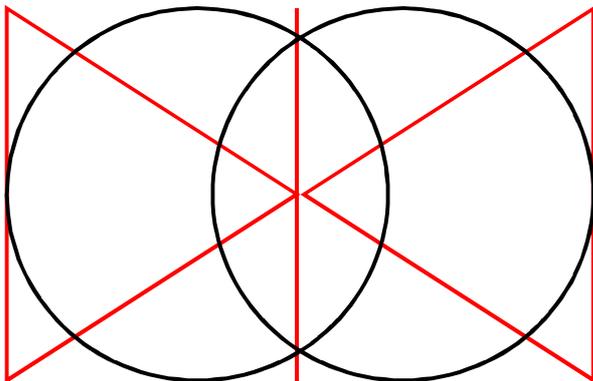
Jull GA, Vincenzo B, Hodges PW The Effect of Therapeutic Exercise on Aktivation of Deep Cervical Flexor Muscles in People with Chronic Neck Pain. Manual Therapy 2009 14: 696-701

N=46 mit länger als 3 Monaten Nackenschmerzen

-Reduktion der Schmerzintensität, Bessere Aktivierung der tiefen Nackenmm.



## Spezifische Stabilisation/Propriozeption



## Training nach Bandscheiben OP?

- **22% der Patienten bei einer Langzeit Betrachtung nach einer Bandscheibenoperation weisen immer noch Symptome und stufen die Ergebnisse der Operation als unbefriedigend ein.**
- **Oosterhuis (2014) Systematic review mit 18 RCT's**



Oosterhuis T. et al. **Rehabilitation after lumbar disc surgery**. Cochrane Database Syst Rev. 2014 Mar 14



## Training nach Bandscheiben OP?

- **Choi et al., 2005 zeigte dass bei überwachten Trainingsprogrammen mehr Teilnehmer innerhalb von vier Monaten die Arbeit wieder aufnahmen in der überwachten Trainingsgruppe (87%) als in der Heimübungsgruppe (24%).**



Choi G, Raiturker PP, Kim MJ, Chung DJ, Chae YS, Lee SH. **The effect of early isolated lumbar extension exercise program for patients with herniated disc undergoing lumbar discectomy**. *Neurosurgery* 2005;57(4):764-72



## Training nach Bandscheiben OP?

Es gibt eine niedrige Evidenz über die Studien von Danielsen et al., 2000 und Filiz et al., 2005, mit einer Versuchsgruppe von insgesamt N=103, dass hochintensive Übungsprogramme in Vergleich zu niedrigintensiven mehr effizient sind in Bezug auf Schmerz und funktionellen Status nach einer kurzen Messperiode.

Filiz et al., 2005 Unterschied von hochintensiven zu niedrigintensiven Übungsprogrammen in Bezug auf schnellere Arbeitsfähigkeit.  
Bei hochintensiven lag der Durchschnitt bei 56 Tagen und bei niedrigintensiven bei 75 Tagen.



Filiz M, Cakmak A, Ozcan E. **The effectiveness of exercise programmes after lumbar disc surgery.** *Clinical Rehabilitation* 2005;19:4-11



## Training nach Bandscheiben OP?

### Übungen und Aufklärung versus nur Aufklärung

Es gibt eine niedrige Evidenz über die Studie von Kulig et al., 2009, mit einer Versuchsgruppe von N=98, dass der Funktionsstatus kurz nach der Behandlung signifikant besser war bei der Übungsgruppe mit Aufklärung als nur Aufklärung alleine



Kulig K, Beneck GJ, Selkowitz DM, Popovich JM Jr, Ge TT, Flanagan SP, et al. **An intensive, progressive exercise program reduces disability and improves functional performance in patients after single-level lumbar microdiscectomy.** *Physical Therapy* 2009;89(11):1145-57.



## Training nach Bandscheiben OP?

- Übungstherapie scheint **nicht schädigend** zu sein und man die Notwendigkeit einer **Empfehlung zur Schonung nach Bandscheibenoperationen überdenken muss**. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der Studie von Carragee et al., 1996 wo festgestellt wurde das durch lockern der postoperativen Schonung ein verkürzter Krankheitsausfall ohne zusätzliche Komplikationen entstand
- **Aber eine deutliche Empfehlung für eine bestimmte Art von Trainingstherapie kann nicht gemacht werden.**
- **Übungsprogramme die nach vier bis sechs Wochen** starten führen zu einer schnelleren Verbesserung von Schmerz und Einschränkung im Verhältnis zu keiner Therapie
- **hochintensive Übungsprogramme** führen zu einer leicht schnelleren Verbesserung von Schmerz und Einschränkung im Vergleich zu niedrigintensiven
- **Auch gibt es keine Hinweise darauf dass aktive Übungsprogramme die Rezidiv Rate erhöhen und daher gibt es keinen Grund für Patienten nach einer Bandscheibenoperation kein aktives Leben zu führen.**



## Lumbale Instabilität

Die Stabilität der Wirbelsäule ist schwer zu eruieren und nicht mit Bewegungskontrolle gleichzusetzen. Zudem ist chronischer low back pain auf Grund von LWS- Instabilität ein komplexes biopsychosoziales Phänomen. Es ist demnach nahezu unmöglich, einen direkten Zusammenhang zwischen Instabilität und Rückenschmerz zu ziehen.



Kriese, M. et al. (2010) 'Segmental stabilization in low back pain: a systematic review' Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin, 24(1), pp. 17–25.



## Spezifisches Training bei Instabilität der Lendenwirbelsäule?

Es haben Rackwitz et al. 2006 in einem größeren Review gezeigt, dass mit spezifischer Stabilisation keine bessere Effektivität zu erreichen ist als mit allgemeiner Physiotherapie und Training [Luomajoki 2012, Rackwitz et al. 2006].



May, Stephen (2012) `Sieben Reviews. Wie nützlich sind Stabilisationsübungen für Patienten mit unspezifischen Rückenschmerzen? Manuelle Therapie 2012; 16:209-214.



## Spezifisches Training bei Instabilität der Lendenwirbelsäule?

### Voraussetzungen:

1. **Posturale Kontrolle:**  
Kontrolle des Körperschwerpunkts
2. **axiale Kontrolle:**  
Kontrolle der Lordose und Kyphose oder axiale Haltung
3. **arthrokinematische Kontrolle:**  
Kontrolle intraartikulärer Bewegungen, wie Scherkräfte



Hamilton, Christine M. Pty (Q) `Elf Fragen und Antworten rund um die motorische Kontrolle bei lumbaler Instabilität.` Manuelle Therapie 2012; 16: 215-219



## Training lumbaler Spinalkanalstenose?

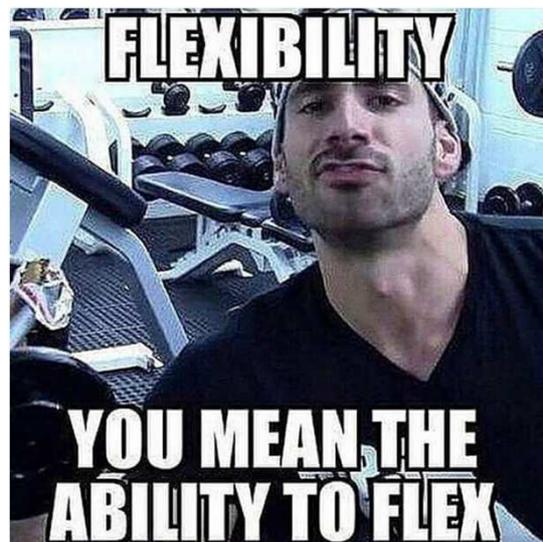
- Aufgrund der bisherigen Studienlage ist die operative Therapie der konservativen deutlich überlegen, dies ist allerdings auch stark von der Symptomatik und dem Beschwerdeverlauf abhängig

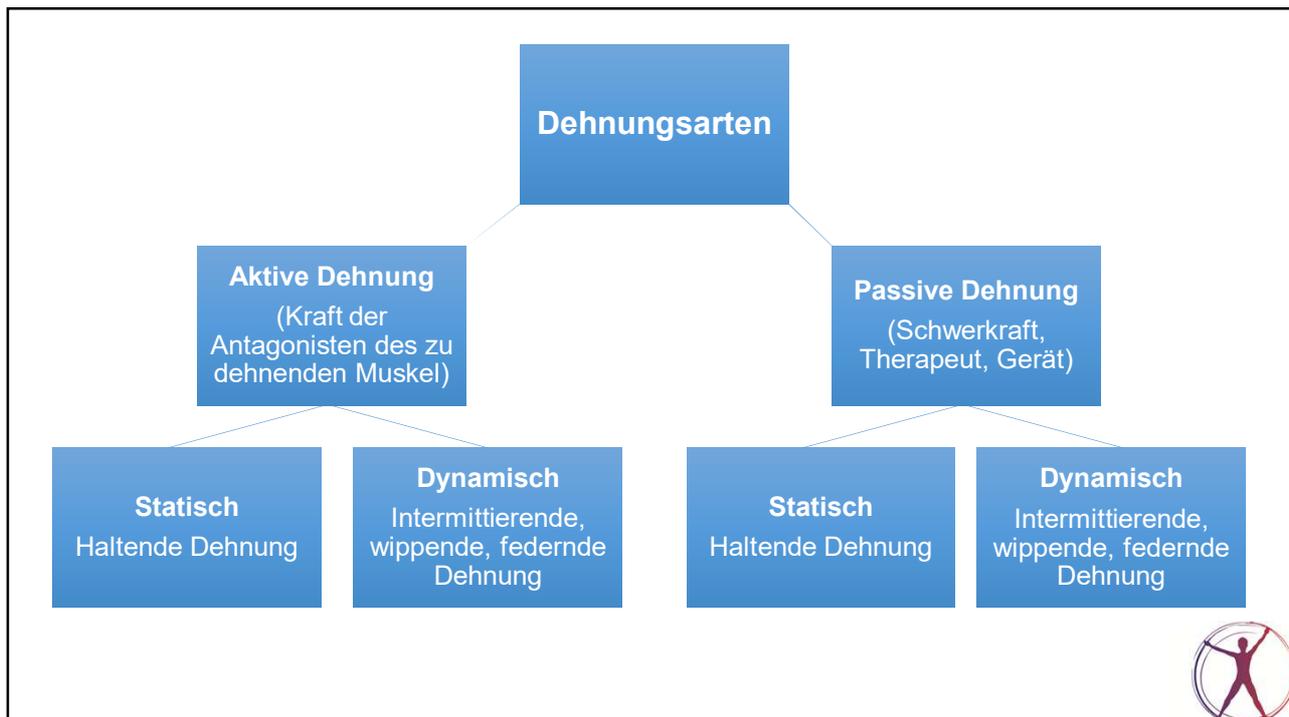


Oka H, Matsudaira K, Takano Y, Kasuya D, Niiya M, Tonosu J, u. a. A comparative study of three conservative treatments in patients with lumbar spinal stenosis: lumbar spinal stenosis with acupuncture and physical therapy study (LAP study). BMC Complement Altern Med. 19. Januar 2018;18(1):19.



## Dehnen





## Dehnmethoden

### • Aktive Dehnungen:

#### • Statisch:

- **Antagonistische Kontraktion (AC)** in der Endposition (<10 Sek. halten)
- **AC mit vorgeschalteter isometrischer Kontraktion des Agonisten (CR-AC)**

#### • Dynamisch:

- **Dynamisches Dehnen (DS)**
- 5-15 federnde Bewegungen im endgradigen Bereich
- Kontrolliert rhythmisch, geringe Bewegungsgeschwindigkeit
- Dehnungsintensität: zunehmend
- Variationsmöglichkeiten:
  - Amplitude und Frequenz des Federns variieren



## Dehnmethoden

- **Passive Dehnung:**

- **Statisch:**

- **Statisches Dehnen(SS)**
    - **Typ I:** 5-15 Sek.
    - Elastische Verformung
    - **Typ II:** 15-60 Sek
    - Kurzzeitige plastische Verformung
    - **Typ III:** >60 Sek
    - Therapeutische Dauerdehnung
  - **CHRS/ (CR)**
    - 2-10 Sek submaximal - maximal anspannen
    - Anschließend Typ I /II Dehnung



## Dehnmethoden

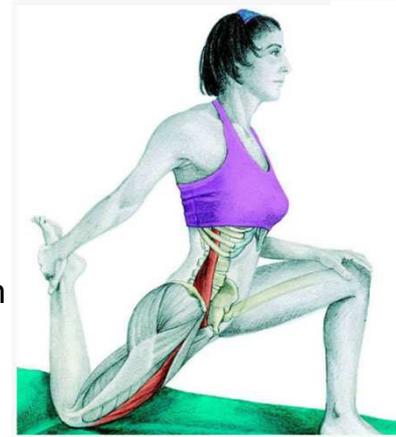
- **Dynamisch:**

- **Dynamisches Dehnen(DS)**
  - 5-15 federnde Bewegungen im endgradigen Bereich
  - Kontrolliert rhythmisch, geringe Bewegungsgeschwindigkeit
  - Dehnungsintensität: zunehmend
  - Variationsmöglichkeiten:
    - Amplitude und Frequenz des Federns variieren



## Dehnen

- Krafttraining ist eine Dehnmethode.
- Gezieltes Krafttraining (Training über die gesamte Bewegungsamplitude) verbessert die Beweglichkeit.
- Krafttraining hat keinen negativen, sondern einen positiven Einfluss auf die Beweglichkeit.
- Krafttraining macht die Muskulatur nicht kurz.
- Ein Kontraktionsrückstand in der Muskulatur durch Krafttraining findet nicht statt, also muss auch nach dem Krafttraining nicht zwangsläufig gedehnt werden.
- Ein zusätzliches Training der Beweglichkeit durch Dehnen ist nur dann indiziert, wenn die Beweglichkeit bedeutsam eingeschränkt ist



Freiwald, 2013

- Direkt nach dehnenden Maßnahmen (insbesondere Statisches Dehnen) besteht eine Einschränkung der Maximalkraft, Schnellkraft, Kraftausdauerfähigkeit und des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ).
- Nelsen 2005 konnte zeigen, dass statische Dehnungen die Kraftausdauerleistungen um bis zu 28% reduzieren.
- Übersäuerung der Muskulatur durch das Krafttraining erhöht kurzzeitig die Muskelspindelaktivität und kann zu reversiblen funktionellen Verkürzungen führen.
- Ein Dehntraining unmittelbar nach dem Krafttraining invertiert häufig die Zielsetzung.
- Dehnungen durch Krafttraining kann zu Muskelkater führen. In dieser Phase kommt es kurzfristig zur reparaturbedingten Verkürzung, die reversibel ist.

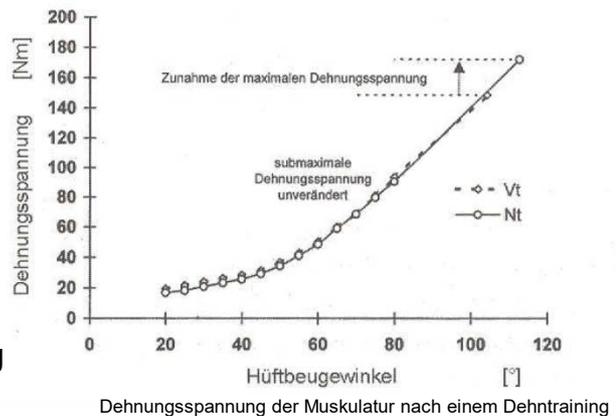
Freiwald, 2013/ Behm, Chaouachi; 2011/ Chtourou et al.; 2013



## Kurzfristige Effekte von Dehnungen auf die Beweglichkeit

### Kurzfristige Effekte:

- Nach Dehnungen erhöht sich durchgängig die Beweglichkeit.
- Ursache ist in erster Linie eine höhere subjektive Toleranz gegenüber Dehnungsreizen. Es erfolgt eine neurophysiologische Anpassung.
- Durch wiederholte Dehnungen erträgt der Sportler höhere Dehnungsbelastungen und es resultiert eine höhere Leistung durch strafferes Bindegewebe.
- Ein Nachlassen der Dehnungsspannung durch Verformung der gedehnten Gewebe findet beim kurzfristigen Dehnen nicht statt.

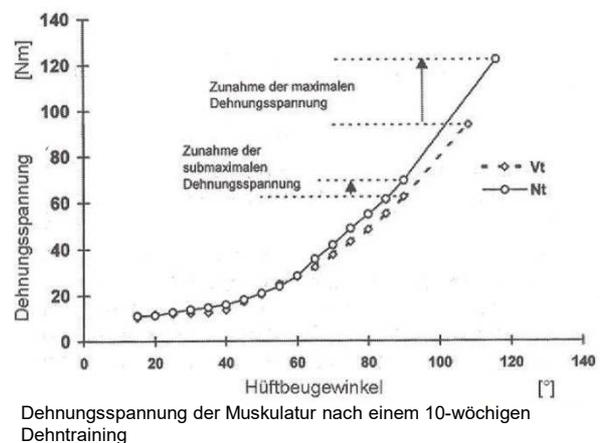


Freiwald, 2013/ Behm, Chaouachi; 2011/ Chtourou et al.; 2013/ Klee; 2003

## Mittel- und langfristige Effekte von Dehnungen auf die Beweglichkeit

### Mittel- und langfristige Effekte:

- Die Bewegungsamplitude erweitert sich (bis zu einem genetisch disponierten Maximum).
- Nach wochenlangen Dehnungseinheiten erhöht sich der Widerstand des Bindegewebes gegenüber Dehnungen.
- Es kommt zur Straffung des Bindegewebes (biologische Anpassung durch wiederholte mechanische Reize).
- Höhere Reißfestigkeit des Bindegewebes.
- Die Dehnspannung ist folglich erhöht.



Freiwald, 2013/ Behm, Chaouachi; 2011/ Chtourou et al.; 2013/ Klee; 2003

## Fakten zum Thema statisches Dehnen und sportliche Leistungen

- Sprintschnelligkeit ↓
- Schnellkraft ↓
- Explosivkraft ↓
- Reaktivkraft ↓
- Maximalkraft ↓
- Kraftausdauer ↓
- Vertikale und horizontale Sprungkraft ↓
- Bodenkontaktzeiten verlängern sich.
- Verletzungsprophylaxe findet nicht statt!!!

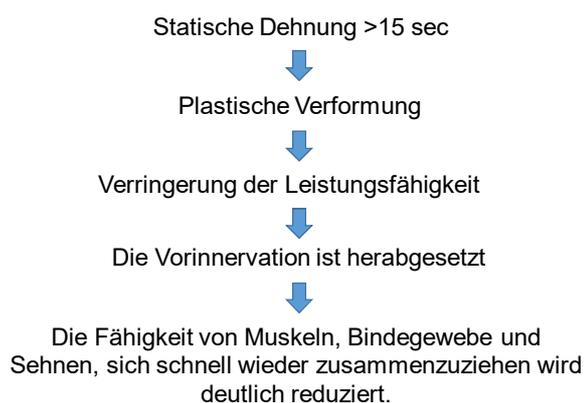


Das ist ebenfalls für jegliche Art von Faszientherapie gültig.

Henning & Podzielny; 1994/ Craib et al. 1996; Gleim & Hugh; 1997/ Wiemann & Klee; 2000/ Pope et al.; 2000/ Young & Elliot; 2001/ Herbert & Gabriel; 2002/ Jones; 2002/ Bret et al.; 2002/ Wiemeyer; 2002/ Begert & Hillebrecht; 2003/ Thacker et al.; 2004/ Andersen; 2005/ Bazett-Jones et al.; 2005/ Freiwald 2009



### • Folgekette des statischen Dehnens:



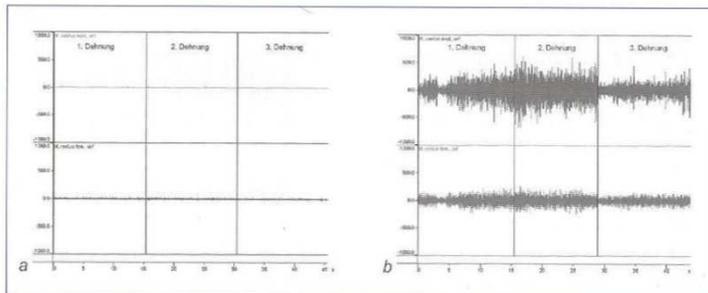
Dieser Zustand hält für ca. 30 -60 min

Wiemeyer; 2002/ Begert & Hillebrecht; 2003/ Freiwald; 2009



## Fallbeispiel:

- EMG Signale zweier Probanden beim Statischen Dehnen (3x15 Sek.) des M. vastus medialis und des M. rectus femoris:



### Passiv Statisches Dehnen:

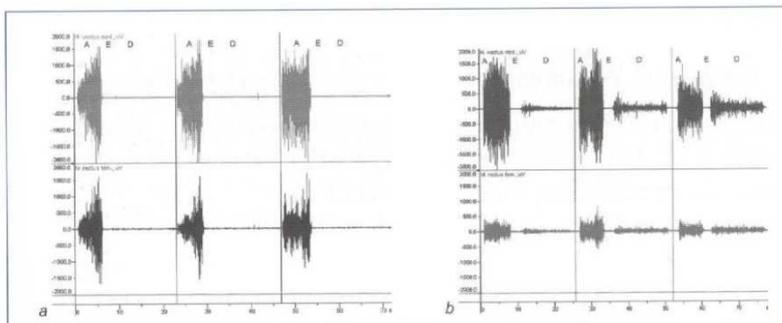
Wie auch beim passiv dynamischen Dehnen variiert die neuro-muskuläre Aktivierung intra- und interindividuell erheblich.

Die Aussage, dass beim statischen Dehnen keine Muskelaktivierung stattfindet ist nicht haltbar!



## Fallbeispiel:

- EMG Signale zweier Probanden beim Anspannen-Entspannen-Dehnen des M. vastus medialis und des M. rectus femoris (je 3x5-10 s Anspannen, 2s Entspannen und 15 s Dehnen):



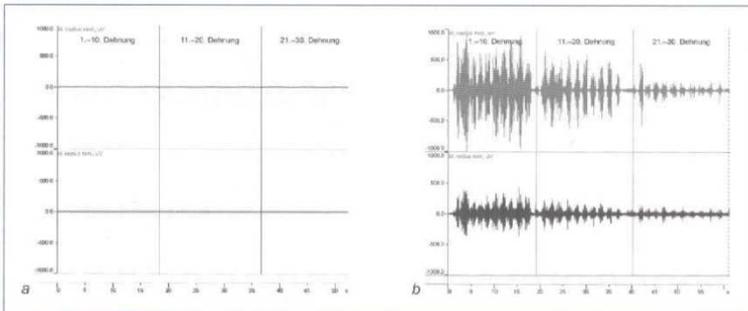
### Anspannen-Entspannen-Dehnen:

Eine postisometrische Hemmung nach vorgeschalteter isometrischer Kontraktion findet nicht statt!



## Fallbeispiel:

- EMG Signale zweier Probanden beim passiv Dynamischen Dehnen (3x10 WDH) des M. vastus medialis und des M. rectus femoris:



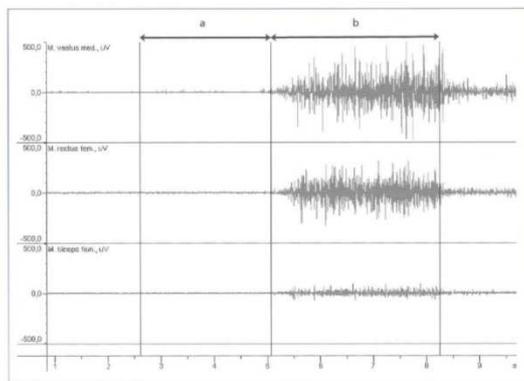
### Passiv Dynamisches Dehnen:

- Wie auch beim statischen Dehnen variiert die neuromuskuläre Aktivierung intra- und interindividuell erheblich.
- Durch dynamisches Dehnen werden keine Reflexe oder Verletzungen ausgelöst.



## Fallbeispiel:

- EMG Signale eines Probanden beim aktiv Dynamischen Dehnen (3x10 WDH) der ischiocruralen Muskulatur durch den Antagonisten (M. quadriceps femoris):



### Aktiv dynamisches Dehnen:

- Es findet keine Hemmung, sondern eine Mehraktivierung der gedehnten Muskulatur statt!
- Die Mantelspannung ist erhöht.
- Reflexe und Verletzungen werden nicht ausgelöst.



- Die ischiocrurale Muskulatur wird in Dehnstellung gebracht
- Anschließend wird durch Anspannen des Quadriceps die Dehnstellung erweitert



## Dehnen im Alter:

- Frauen sind im Durchschnitt beweglicher als Männer.
- Wachstum beeinflusst die Beweglichkeit insbesondere während der Pubertät.
- Das Alter hat einen bedeutenden Einfluss auf die Abnahme der Dehnfähigkeit /Gelenkigkeit.
- Ab dem 5. Lj. kommt es zur Abnahme der Beweglichkeit.
- Die Abnahme der Beweglichkeit im Alter ist durch Dehnen beeinflussbar.



Araujo; 2004/ Freiwald; 2009



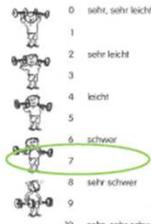
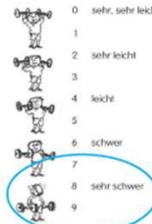
## Belastungsdosierung beim Krafttraining mit Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen



# Belastungsdosierung beim Krafttraining mit Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen

Belastungsdosierung innerhalb der Trainingseinheit			
	Präpubertät	Pubertät	Postpubertät/Erw.
Umfang	• 1-2 Serien x 15-20 WDH	• 2-3 Serien x 6-12 WDH • 2-3 Serien x 15-20 WDH	• ≥ 3 Serien x 20 WDH [KAD] • ≥ 3 Serien x 8-12 WDH [HY] • 1-3 Serien x 1-3 (5) WDH [IK] • 1-3 Serien x 1-6 WDH [SKr] • 3- 5 Serien x 10-12 WDH [DVZ]
Serienpause	• 1 min	• 2-3 min	• je nach Zielsetzung 30s-1 Min oder 3-5 Min

 <p>0 sehr, sehr leicht 1 2 sehr leicht 3 4 leicht 5 6 <b>schwer</b> 7 8 sehr schwer 9 10 sehr, sehr schwer</p>	 <p>0 sehr, sehr leicht 1 2 sehr leicht 3 4 leicht 5 6 <b>schwer</b> 7 8 sehr schwer 9 10 sehr, sehr schwer</p>	 <p>0 sehr, sehr leicht 1 2 sehr leicht 3 4 leicht 5 6 <b>Schwer</b> 7 8 sehr schwer 9 10 <b>sehr, sehr schwer</b></p>
--	--	--



## „Schwache jugendliche = Erwachsene mit Einschränkungen“

Muscular weakness in adolescence is associated with disability 30 years later: a population-based cohort study of 1.2 million men

Hanna Henriksson,<sup>1,2</sup> Pontus Henriksson,<sup>2,3</sup> Per Tynelius,<sup>4,5</sup> Francisco B. Ortega<sup>1,3</sup>

### Fazit:

- In dieser Kohortenstudie, die **Daten von 1.212.503** männlichen Jugendlichen umfasste, war eine **Muskelschwäche mit einem späteren Risiko einer Erwerbsunfähigkeitsrente assoziiert.**
- Die **stärksten Assoziationen** wurden zwischen Muskelschwäche und **psychiatrischen Ursachen bzw. Ursachen im Nervensystems als Grund für die Invalidität** gefunden. HR 1,47 - 1,68 (CI 95%: 1,41 - 1,88).
- **Gleichzeitig schwach, aerob unfit und fettleibig** bedeuteten ein **3,70-fach** (CI 95%: 2,99 - 4,58) höheres Risiko einer Invalidenrente etwa 30 Jahre später .

Muskelkraft und aerobe Fitness in der Jugend sind ein Invest in eine gesündere Zukunft!

„Teens can't go wrong, getting strong“



## Krafttraining in der kardiologischen Sporttherapie



## Krafttraining in der kardiologischen Sporttherapie

- **Konsequenzen für die Praxis (*nachSchwan2010*):**
  - Kraftbelastungen in der kardiologischen Sporttherapie sollten eine Beanspruchungszeit von 20 bis maximal 30 Sekunden (das entspricht 6-10 Wiederholungen) nicht überschreiten.
  - Es können Intensitäten von 60-80% der Maximalkraft benutzt werden.
  - Zur Festlegung der Maximalkraft kann eine Wiederholung mit beginnendem Pressdruck durchgeführt werden.
  - Zwei Serien mit 8-10 Wiederholungen pro Übung bzw. pro Trainingsgerät sind absolut ausreichend.
  - Zwischen den Serien sollte mindestens eine Pause von einer Minute liegen.



## Muskelaufbautraining in der kardiologischen Sporttherapie

- Hypertrophie (als Kapillarisation)
- Serien: 1-2
- Wiederholungen: 6-10
- Intensität: 60-80%
- SSE: 7-8
- Pause: 3 Sek. Zwischen den Wiederholungen
- SP:  $\geq 1'$

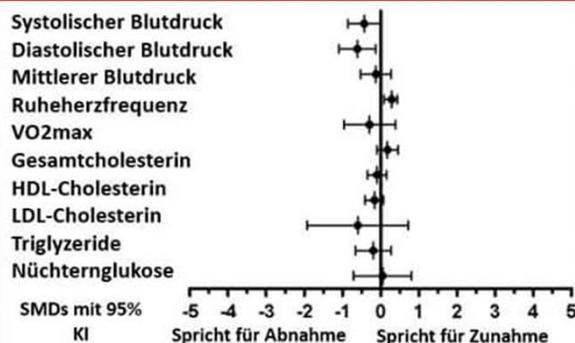
### Bedeutung für den Patienten:

- Reaktivierung der Mitochondrien (Zahl, Dichte und Funktion).
- Senkung der Nachlast.
- Bessere Regulation des peripheren Widerstandes.
- Hohe periphere Belastungsreize bei vergleichsweise geringer kardiovaskulärer Beanspruchung.

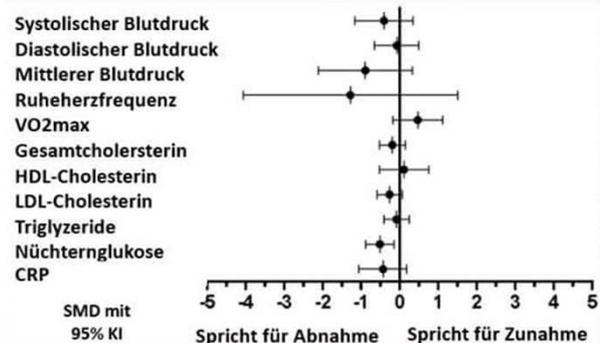


## Krafttraining und kardiometabolische Gesundheit

### Langzeiteffekte (> 24 Wochen)



### Kurzzeitige Effekte (< 6 Wochen)



Asthan et al.; British Journal of Sports Medicine; 2018



FITT Prinzip	Organisation									
	Joint National Committee, eighth Report (James, 2014) <sup>14</sup> and the AHA/ACC Lifestyle Work Group (Eckel, 2014) <sup>15</sup>	Joint National Committee, 7th Report (Chobanian, 2003) <sup>8</sup>	AHA (Brook, 2013) <sup>14</sup>	American College of Sports Medicine (Pescatello, 2004) <sup>17</sup>	European Society of Hypertension/ European Society of Cardiology (Mancia, 2014) <sup>18</sup>	Canadian Hypertension Education Program (Dasgupta, 2014) <sup>19</sup>	Taiwan Society of Cardiology (Chiang, 2010) <sup>20</sup>	Australian Association for Exercise and Sports (Sharma, 2009) <sup>21</sup>	ACC/AHA (Whelton, 2017) <sup>22</sup>	Brazilian Society of Cardiology (Malachias, 2016) <sup>23</sup>
Frequenz (Wie oft?)	3-4 Einheiten/w. Dauer ≥12 Wochen	Meisten Tag der Woche	Meisten Tage der Woche	Meistens, am besten alle Tage der Woche	5-7 Tage/Woche	4-7 Tage/Woche, zusätzlich zu normaler Aktivität	5 Tage/Woche	Bis zu 5 Tagen/Woche	NA	5-7 Tage/Woche
Intensität (Wie hart?)	Moderat bis intensiv*	Nicht spezifiziert	Moderat bis intensiv* >40%-60% Max.	Moderat * 40%-60% der VO <sub>2max</sub>	Moderat *	Moderat *	Moderat *	Moderat bis intensiv *	Moderat bis intensiv*	Moderat *
Zeit (Wie lang?)	40 min/Einheit	≥30 min/Tag	150 min/Woche	30-60 min kontinuierlich oder akkumul. in Blöcken >10 min jeder	≥30 min/Tag	Akkumuliert min/ Tag 30-60	30 min/Tag	20-30 min/Tag	90-150 min/Woche <sup>1</sup>	30 min/Tag
Art (Was primär)	Aerob	Aerob	Aerob	Aerob	Aerob	Dynamisches Training (aerob)	Aerob	Aerob	Aerob	Aerob
Evidenz Bewertung	Hoch 1 Grad B1, Klasse IIa level of evidence A1	NA	Klasse I level of evidence A1	Evidenzkategorie A5# Evidenzkategorie B5#	Klasse 1 level of evidence A-B**	Grad D1†	NA	NA	Klasse I level of evidence A1	Klasse I level of evidence A
Zusatz	NA	NA	Dynamisches KT	Dynamisches KT 2-3 Tage/Woche, moderat 60%-80% des 1-RM, 8-12 Wiederholungen	Dynamische KT, 2-3 Tage/Woche	Dynamisch, isometrisch, oder Greifkraft-KT	NA	Dynamisches KT ≥2 Tage/Woche, deutliche Ermüdung, 8-12 Wh., 8-10 Übungen	Dynamisches KT, 90-150 min/ Woche, 50%-80% 1-RM, 10 Wh., a 3 Sätze 6 Übungen; Isometrisch 4x2 min, 1 min Pause, 30%-40% MVC, 3 Einheiten/Woche für 8-10 Wochen	Dynamisches KT, 2-3 Tage/Woche, 1-3 Sätze, 8-10 Übungen, 10-15 Wh. bis zu moderatem Ermüden, lange Pausenintervall von 90-120sek
Evidenz Bewertung	NA	NA	Klasse IIa level of evidence B1	Evidenzkategorie B5++	NA	Grad D1†	NA	NA	Klasse I level of evidence A1	Grad IIIa level of evidence B
Blutdruckreduktion (mm Hg)	1-5	4-9		5-7 bei Erwachsenen mit Hypertonie	2-3 gesamt; 5-7 bei Erwachsenen mit Hypertonie		3-7 mm Hg	6-7 mm Hg aerob, 2-3 mm Hg dynamisches KT	5-8 mm Hg aerob, 4 mm Hg dyn. KT., 5 mm Hg Isometrisches KT	5-8 aerob, 0 mm Hg Dynamisches KT bei Erwachsenen mit Hypertonie; 2 mm Hg aerob, 4 mm Hg dynamisches KT bei Erwachsenen mit Hypertonie

**Trainingsempfehlung verschiedener Fachgesellschaften zur Behandlung einer Hypertonie**

Pescatello et al, 2015




# Training mit Schmerzpatienten



Training sollte Spaß machen und keine Bürde sein

Erkläre, dass Schmerz ≠ Schaden ist und mehr mit einer Übersensibilität des Nervensystems zu tun hat

Nutze aerobes Training und ein Training der motorischen Kontrolle als Einstieg

Sorge für längere Erholungspausen zwischen Sätzen und Übungen (2-5 min.)

Überwache länger anhaltende Symptomverstärkungen (flare-ups), besonders zu Beginn und bei Steigerungen der Belastung

Wähle adäquate Übungen aus und adaptiere sie individuell

Nutze einen zeitkontingenten Graded-Ansatz mit einer passenden Basislinie

Diskutiere die Inhalte des Trainingsprogrammes mit dem Patienten; sie sollten seinen Anforderungen und Bedürfnissen entsprechen

Erlaube eine Schmerzzunahme während und kurz nach dem Training

Setze eine konservative Basislinie, berücksichtige die Fähigkeiten des Patienten



Beginne nicht mit exzentrischen Belastungen bei muskulären Beschwerden

Fokussiere dich nicht nur auf trainingswissenschaftliche Prinzipien, wie z.B. 3 Sätze mit 10 Wh. Eindimensionale Ansätze sind selten die Lösung für komplexe Probleme

Steigere das Programm nicht, wenn es zu einem deutlichen flare-up kommt

Versuche nicht, Schmerz ganz zu vermeiden – Schmerz ist bei persistierenden Verläufen kein Maß für den Zustand des Gewebes

Verhindere eine kontinuierliche Zunahme der Schmerzintensität. Flare-ups sollte sich über die Dauer des Trainings eher reduzieren

Sorge dafür, dass der Patienten nicht „durch den Schmerz“, sondern „mit dem Schmerz“ arbeitet

Schreibe dem Patienten nichts vor, sehe ihn als Partner, begleite ihn und fördere sein Wissen/Verständnis

Trainiere nicht nur den betroffenen Körperbereich, sondern auch nicht-betroffene Bereiche. Gerade bei einer bewegungsinduzierten Hyperalgesie ist ein Training nicht-betroffener Areale häufig der Schlüssel für den Einstieg

Nijis et al 2012, Langermann 2019



# Krafttraining in Neurologie



# Krafttraining in Neurologie

Bobath (1979) war der Meinung, dass "schwere Widerstandsübungen bei Patienten mit Läsionen des oberen Motoneurons vermieden werden sollten, weil bei disinhibierten, spastischen Zuständen durch Anstrengung, Irradiation, Massenbewegungen und insbesondere tonischer Aktivierung zur Stärkung der Muskeln die vorhandenen abnorm erhöhten Reflexe sogar verstärkt werden und folglich die Spastik erhöht wird."

## Aber was sagt die Evidenz?



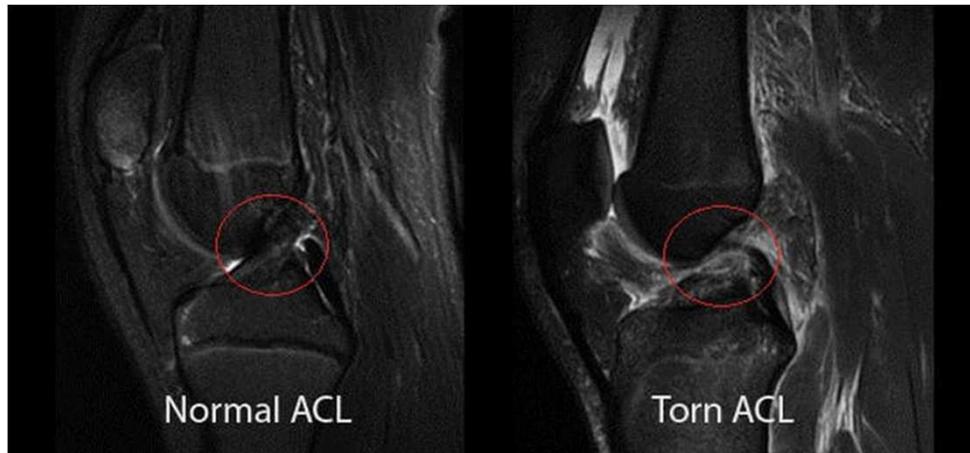
Studie	Indikation	Probanden	Intervention	Ergebnis	Muskeltonus (Basislinie)	Ergebnisse
Bye et al. (2016)	Rückenmarksläsion mit partieller Lähmung (Grad 3 oder 4 in MMT)	N=30, mittleres Alter 46 J., < 1 Jahr nach Läsion	Progressives Krafttraining, 4 Sätze a 10 Wh., 3x Woche über 12 Wochen	Ashworth-Skala	MAS< 1	Spastik nicht verstärkt
Fernandez-Gonzalo et al. (2014)	Schlaganfall	N=12, mittleres Alter von 63,3 J., 7,8 Jahre nach Schlaganfall	Flywheel leg press Training, 4 Sätze a 7 Wh., 2 Tage/Woche für 8 Wochen	Modifizierte Ashworth-Skala	Nicht angegeben	Spastik nicht verstärkt
Fowler et al. (2001)	Infantile Zerebralparese	N=24, mittleres Alter 11,6 J.	Training von Quadrizeps isometrisch, isotonisch, isokinetisch über je 5 Wiederholungen in einer Einheit	Pendeltest (EMG, kinematische Messung) Quadrizeps	Angegeben	Spastik nicht verstärkt
Pak & Patten (2008)	Schlaganfall	Systematischer Review	11 Studie zu Krafttraining			Spastik nicht verstärkt
Engsborg et al. (2006)	Zerebralparese	N=12, mittleres Alter 9,9 J., spastische Diplegie	Progressives Krafttraining 3 Tage/Woche für 12 Wochen	Modifizierte Ashworth-Skala	Nicht angegeben	Reduktion der Spastik
Scholtes et al. (2010)	Zerebralparese	N=49, mittleres Alter 10,4 J.	Krafttraining 3 Tage/Woche für 12 Wochen	Klinisch (ja/nein)	Nicht mehr als 1 Muskelgruppe	Spastik nicht verstärkt

**Fazit:**  
Die Aussage dass Krafttraining die Spastik erhöht ist nicht haltbar!

Studie	Indikation	Probanden	Intervention	Ergebnis	Muskeltonus (Basislinie)	Ergebnisse
Butefisch et al. (1995)	Schlaganfall	N=27, mittleres Alter 61,5 J., 3-19 Wochen nach Schlaganfall	Isometrie und isotonisches Krafttraining, 2x/Tag für 15 min. über 2 Wochen	Modifizierte Ashworth-Skala	Nicht angegeben	Reduktion der Spastik
Platz et al. (2005)	Schlaganfall	N=62, mittleres Alter 69,4 J., 6,4 Jahre nach Schlaganfall	Isotonisches, progressives Krafttraining über 20 zusätzliche Einheiten von 45 min. für 4 Wochen	Modifizierte Ashworth-Skala, Ellbogenflexoren	Nicht angegeben	Spastik nicht verstärkt
Teixeira-Selmela et al. (1999)	Schlaganfall	N=13, mittleres Alter 61 J., 4-6 Wochen nach Schlaganfall	Progressives Krafttraining 3x/Woche für 10 Wochen	Pendeltest	Nicht angegeben	Spastik nicht verstärkt
Flansbjerg et al. (2008)	Schlaganfall	N=24, mittleres Alter 61 +/- 5 J., 6-48 Monate nach Schlaganfall	Progressives Krafttraining 2 Tage/Woche für 10 Wochen	Modifizierte Ashworth-Skala, 7 Muskeln der oberen Extremität	Modifizierte Ashworth-Skala: 1-8/35	Spastik nicht verstärkt
Moreland et al. (2003)	Schlaganfall	N=24, mittleres Alter 61 +/- 5 J., 6-48 Monate nach Schlaganfall	Progressives Krafttraining zusätzlich zu Behandlung, 3 Tage/Woche	Modifizierte Ashworth-Skala	MAS< 1	Spastik nicht verstärkt



## Zum Trainingsplan VKB- Ruptur



## VKB Ruptur – konservativ vs. operativ

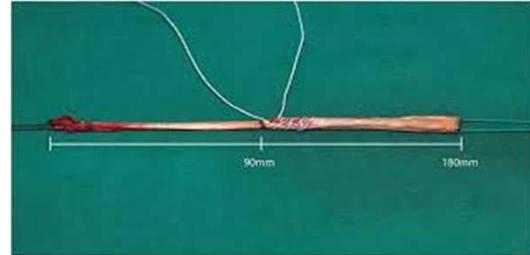
### Twenty-Year Follow-up Study Comparing Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in High-Level Athletes

Daan T. van Yperen,<sup>†</sup> MD, Max Reijnen,<sup>†</sup> PhD, Eline M. van Es,<sup>†</sup> MSc,  
Sita M.A. Bierma-Zeinstra,<sup>†</sup> PhD, and Duncan E. Meuffels,<sup>†</sup> MD, PhD  
Investigation performed at the Department of Orthopaedic Surgery,  
Erasmus University Medical Center, Rotterdam, the Netherlands



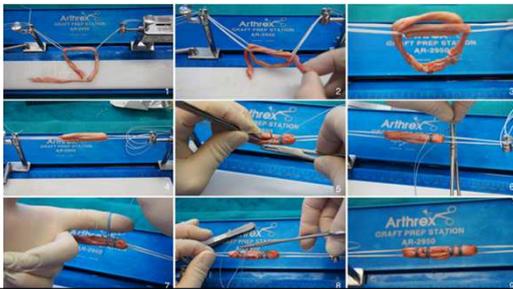
### Ergebnisse

- **Kein signifikanter Unterschied** in den **Arthroseraten** nach **20 Jahren**: **80%** in der **OP-Gruppe** vs. **68%** in der **konservativen Gruppen** ( $P = .508$ ).
- **Kein Unterschied** in den **funktionellen Ergebnissen** (Lysholm-Score bzw. IKDC subjektiver Teil, Tegner-Score) und für **Meniskus-OPs** ( $P = .057$ ).
- Die **passive Kniegelenkstabilität** (KT-1000, Pivot-shift Test, Lachman Test) war **erwartungsgemäß** in der **rekonstruierten Gruppe** **signifikant besser**, allerdings – wie oben beschrieben – **ohne funktionelle Konsequenzen**.
- Der **1-Bein-Sprungtest** war zwischen den Gruppen **nicht signifikant unterschiedlich**.



### Fazit:

Auch nach 20 Jahren zeigen sich keine Unterschiede bzgl. Kniegelenksarthrose, funktionellen Ergebnissen zwischen operativer und konservativer Versorgung. Für die Überlegenheit einer Rekonstruktion gegenüber einem konservativem Vorgehen gibt es auch bei Athleten keine Evidenz.

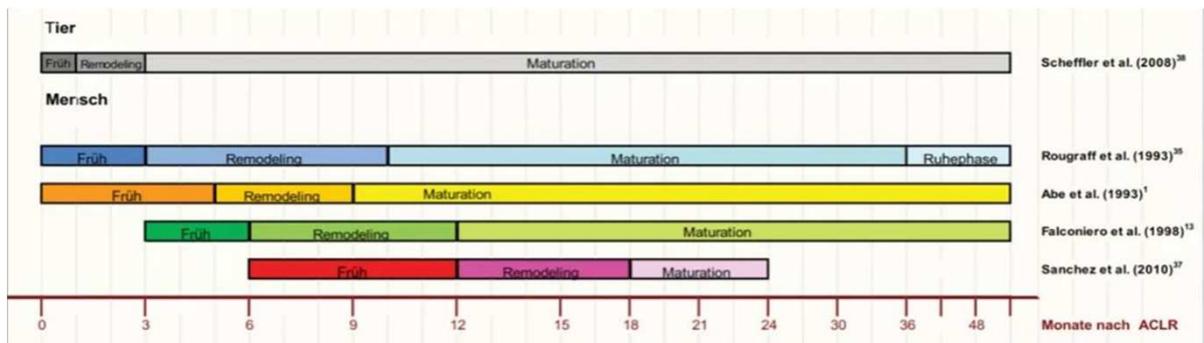


## • Phasen der Ligamentisierung:

- **1+2. Tag post OP**
  - Abnahme der Zellen im Implantat
- **14 Tage post OP**
  - Implantat in der Mitte zellfrei, wenige Zellen (Fibroblasten) in der Peripherie
- **3-8 Wo. post OP**
  - Einwanderung von Zellen im Implantat, beginnende Proliferation
- **ab 16 Wo. post OP**
  - Üppige Zellproliferation
- **24-26 Wo. post OP**
  - Proliferation nimmt ab
- **52 Wo. post OP**
  - Implantat erscheint histologisch als normales Band



## Zeittafel der Ligamentisierung



The "Ligamentization" Process in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction  
 Steven Claes-Peter Verdonk-Ramses Forsyth-Johan Bellemans - The American Journal of Sports Medicine - 2011



### • Festigkeit des Implantates:

- **0-2 Wo. post OP**
  - ca. 10% des ursprünglichen ACL
- **2-32 Wo. post OP**
  - ca. 20-30% des ursprünglichen ACL
- **30-52 Wo. post OP**
  - ca. 50% des ursprünglichen ACL
- Resultierend aus diesen Ergebnissen, ist ein sensomotorisches Training erst zu einem recht „späten“ Zeitpunkt sinnvoll!



The Effect of Open vs Closed Kinetic Chain Exercises on Anterior Tibial Laxity, Strength, and Function Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis (JOSPT 2018)

Authors: Alyssa Perriman, PT, BPT<sup>1,2</sup>, Edmund Leahy, PT, MPHTY<sup>2,3</sup>, Adam Ivan Semciw, PT, PhD<sup>4-7</sup>

**Der Effekt von Übungen in der offenen (OKC) und geschlossenen kinetischen Kette (CKC) auf die anteriore tibiale Laxität, Kraft und Funktion (nach ACL-Rekonstruktion: Ein Systematischer Review mit Meta-Analyse)**

**10 Studien mit 494 Teilnehmern** (mittleres Alter: 19-34 Jahre, 74% Männer).

- 5 Studien mit **Patellarsehnentransplantat**, 2 mit **Hamstrings-transplantat**, 2 mit beiden und eine Studien nicht-spezifiziert
- **PEDro-Skala** von 3-8 (mittlerer Score: **5,5**).
- **Unterschiedlichste Trainingsprotokolle**: In 7 Studien OKC vs. CKC, 3 mit CKC vs. einer Kombination aus OKC und CKC. 6 Studien mit **früherem postoperativen Beginn** (weniger als 6 Wochen), 4 mit **spätem Beginn** (mehr als 6 Wochen).



**Die Ergebnisse in der Übersicht...**

Laxität	Quadrizepskraft	Funktion (patienten-reportiert)
<b>Früher Beginn von OKC (vor 6 Wochen, 3 Studien mit n=203)</b>  Kein signifikanter Unterschied von OKC und CKC ( <i>Evidenzgrad gering bis moderat</i> ) zu allen Zeitpunkten (kurz-, mittel-, langfristig). Leicht höhere Laxitätswerte in der OKC-Gruppe, besonders bei Hamstringsplastik, aber in allen Studien unter 2 mm im Seitenvergleich (klinisch nicht relevant)  <b>Später Beginn von OKC (nach 6 Wochen, 2 Studien mit n=93)</b>  Kein signifikanter Unterschied von OKC und CKC zu allen Zeitpunkten (keine Meta-Analyse möglich)	<b>Früher Beginn von OKC (vor 6 Wochen, 2 Studien mit n=113)</b>  Kein signifikanter Unterschied von OKC und CKC für die Quadrizepskraft zu allen Zeitpunkten ( <i>geringe Evidenzgrad</i> )  <b>Später Beginn von OKC (nach 6 Wochen, 3 Studien mit n=102)</b>  Kein signifikanter Unterschied von OKC und CKC für die Quadrizepskraft im kurzfristigen und langfristigen follow-up. Mittelfristig in einer Studie ein statistisch signifikanter Vorteil für OKC (Hyungkyu et al 2012), keine Metanalyse möglich	<b>Früher Beginn von OKC (vor 6 Wochen, 4 Studien mit n=230)</b>  Kein signifikanter Unterschied ( $p>0.05$ ) von OKC und CKC für patienten-reportierte Funktion zu allen Zeitpunkten ( <i>geringer-moderater Evidenzgrad</i> )  <b>Später Beginn von OKC (nach 6 Wochen, 1 Studien mit n=49)</b>  Kein signifikanter Unterschied von OKC und CKC im mittelfristigen follow-up ( <i>geringer Evidenzgrad</i> )

**Fazit**

Ein Quadrizepsstraining im offenen System ist nach den Ergebnissen dieser Studie für **Patellarsehnentransplantate** sicher, unklarer ist die Situation dagegen für **Hamstringsplastiken**. Ein **Limitierung der Bewegung auf 60° (45°)-90°** wurde in der Frühphase in den meisten Studien durchgeführt. Allerdings zeigt ein **Training im OKC bzw. die frühe oder späte Integration von OKC-Training keinen Vorteil für Quadrizepskraft und Funktion**. In Abhängigkeit von der individuellen Anforderungssituation des Patienten, kann allerdings ein OKC-Training dennoch sinnvoll sein.



# Kontralaterales Quadrizepstraining nach ACL Rekonstruktion

**3 Gruppen nach ACL-Rekonstruktion, n= 48** (identisches postoperatives, progressives Rehabilitationsprogramm)

**1. Kontralaterale, konzentrische Gruppe:** Ab 4. Woche post OP für 8 Wochen isokinetisches Krafttraining; 3 Sätze a 12 Wiederholungen mit 60°/sec (90°-10° Flex.), 3 x Woche

**2. Kontralaterale, exzentrische Gruppe:** Ab 4. Woche post OP für 8 Wochen isokinetisches Krafttraining; 3 Sätze a 12 Wiederholungen mit 60°/sec (90°-10° Flex.), 3 x Woche

**3. Kontrollgruppe:** Alleinige Standardreha mit progressivem neuromuskulären Training, Krafttraining, Gleichgewicht, Rumpfkraft in der Hauptphase

Quadrizepskraft Nm/Kg	4 Woche	12 Woche	Effektstärke (Differenz)	12 Woche	24 Woche	Effektstärke (Differenz)
Konzentrisch (n=16)	1,2 ± 0,5	<b>2,5 ± 0,5</b>	2,5 (1,2)	2,5 ± 0,5	<b>2,9 ± 0,4</b>	0,6 (0,4)
Exzentrisch (n=16)	1,2 ± 0,3	<b>2,5 ± 0,4</b>	3,6 (1,3)	2,5 ± 0,4	<b>3,0 ± 0,5</b>	1,1 (0,5)
Kontrolle (n=16)	1,2 ± 0,4	2,1 ± 0,5	2,3 (0,9)	2,2 ± 0,5	2,4 ± 0,3	0,6 (0,3)

Harput,G. et al; Crosseducation improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction; 2018



## Fazit:

Die Normalisierung der Quadrizepskraft nach VKB-Rekonstruktion ist ein primäres Therapieziel (Schmitt et al. 2012, JOSPT; Tourville et al. 2014, AJSM; Wilk et al. 1994, AJSM). Zusätzliches kontralaterales exzentrische und konzentrisches Training verbessert die Quadrizepskraft des betroffenen Beines nach ACL-Rekonstruktion. Ein Training des nicht-betroffenen Beines sollte frühzeitig in die VKB-Rehabilitation integriert werden. Es konnte kein Unterschied der Kniegelenkfunktion (IKDC-Score bzw. des Einbeinsprungleistung) zwischen den Gruppen nach 24 Wochen festgestellt werden. Die Quadrizepskraft auf der betroffenen Seite war nach dem konzentrischen (+28%) und exzentrischen (+31%) kontralateralen Training im Vergleich zur Kontrollgruppe in der 12. und 24. Woche post OP signifikant höher ( $p < 0.05$ ).



## Biomechanik der Landung nach ACL Rekonstruktion und Konsequenz für die Therapie

**Signifikante Verringerungen** wurden beim maximalen Flexionswinkel des Knies bei der Landung auf einem Bein an der operierten Extremität beobachtet (Vorwärtssprung, Tiefsprung und Diagonalsprung).

**Signifikant reduziert** war das maximale Extensionsmoment des Knies (generiert über Quadrizeps) bei der Landung mit einem Bein an der operierten Extremität (Vorwärtssprung, Tiefsprung, Vertikalsprung)

**Keine signifikanten Unterschiede** im maximalen Flexionsmoment (Hüft- und Sprunggelenk) oder dem maximalen internen (= muskulär generiertem) Extensionsmoment (Hüftgelenk und Sprunggelenk).

Johnston et al. (2018) Lower Limb Biomechanics During Single-Leg Landings Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Sports medicine



## Fazit:

Eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes kann die Biomechanik der Landung auf der betroffenen Seite nicht wieder herstellen. Durch die steifere Landung entstehen höhere Kräfte, welche wiederum das Risiko von Retraumatisierung und degenerativen Veränderungen erhöht.

## Konsequenz:

- Screene und trainiere nicht nur die quantitative Sprungleistung (Sprungtests), sondern auch die Bewegungsqualität der betroffenen und der nicht betroffenen Seite.
- Verbessere die Knieflexion und Valguskontrolle bei Sprungbelastungen durch eine sehr gutes Grundkraftniveau, neuromuskuläres Training unter dem Gesichtspunkt des motorischen Lernens – z.B. Reduktion der visuellen Dominanz.

Grooms, Dustin R.; Page, Stephen J.; Nichols-Larsen, Deborah S.; Chaudhari, Ajit M. W.; White, Susan E.; Onate, James A. (2017): Neuroplasticity Associated With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. In: *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 47 (3), S. 180–189. DOI: 10.2519/jospt.2017.



## Warum die Messung der Einbeinsprungdistanz nach VKB- Ersatz als Return to Sport Kriterium nicht ausreicht, um Defizite der Kniefunktion zu bestimmen:

### Systematischer Review und Metaanalyse.

**Fragestellung:** Vergleich der kinematischen, kinetischen und elektromyographischen Differenzen im Einbeinsprung von betroffener und nichtbetroffener Seite (NBS) nach VKB-Rekonstruktion bzw. einer gesunden Kontrollgruppe (KG)

- 19 Studien in der Metaanalyse
- Ergebnisse

Geringere Absorption der Kniepower bei der Landung im Vergleich mit der nichtbetroffenen Seite (moderate Evidenz, hohe Effektstärke)



Geringe Knieflexion und Knieflexionsmomente bei der Landung im Vergleich zur nichtbetroffenen Seite bzw. zu einer gesunden Kontrolle (hohe Evidenz)

Andere Unterschiede in der Subgruppenanalyse:  
Geringe max. Knieadduktion, -Innenrotation im Vergleich zur NBS bzw. KG

Argyro Kotsifaki-Vasileios Korakakis-Rod Whiteley-Sam Rossom-Ilse Jonkers - British Journal of Sports Medicine - 2019

### Fazit:

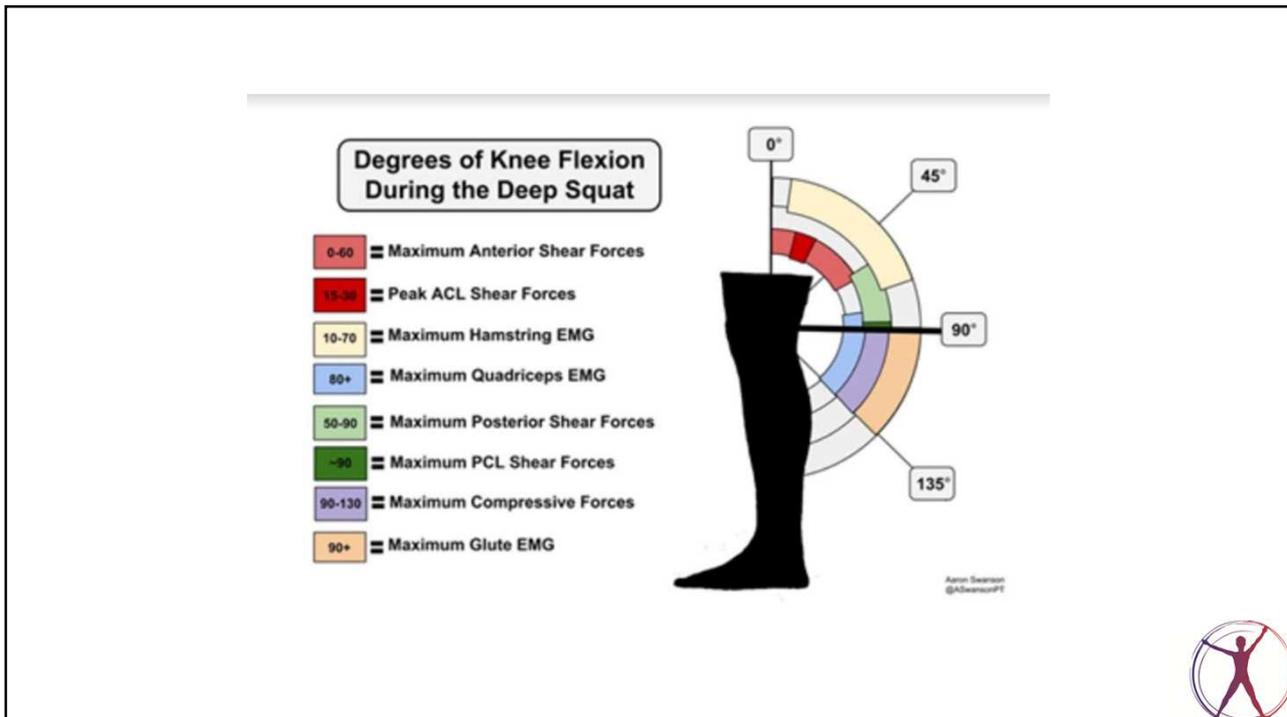
Obwohl der durchschnittliche Symmetrie-Index bei 85-95% lag, zeigen Patienten nach VKB-Rekonstruktion biomechanische Defizite im Vergleich zur NBS bzw. einer gesunden Kontrolle. Diese Defizite im Sinne einer „stiff landing-Strategie“ sind ein möglicher Grund für die hohe Rate an Rerupturen bzw. kontralateralen Rupturen (19-22% bei jungen Sportlern, Wiggins et al. 2016). Die Autoren sehen hier einen Auftrag für die Rehabilitation, diese Landestrategie vor dem RTS zu verbessern („soft landings“, „weiche Landestrategie“).



## Dehnung des VKB in vivo bei verschiedenen Übungen (nach Beynnon 1993, Flemming et al. 1999)

Bewegung/Übung	Elong.
Isometrische Quadricepsaktivität bei 15° Kniebeugung (bis 30 Nm)	5,7%
Lachmann-Test (150N Scherkraft bei 25° Kniebeugung)	3,7%
Aktives Durchbewegen ohne Sohlenkontakt	2,8%
Kokontraktion von Quadriceps und Hamstrings bei 15° Kniebeugung	2,8%
Vordere Schubladentest (150N Scherkraft bei 90° Kniebeugung)	1,8%
Kokontraktion von Quadriceps und Hamstrings bei 30° Kniebeugung	0,4%
Passives Durchbewegen ohne Sohlenkontakt	0,1%
Isometrische Quadricepsaktivität bei 60° und 90° Kniebeugung (30Nm)	0,0%
Kokontraktion von Quadriceps und Hamstrings bei 60° und 90° Kniebeugung	0,0%





## Return to sport

- Fünf wichtige Kriterien müssen erfüllt sein:
  1. 120 Prozent Vertrauen in das Knie (mentale Stabilität).
  2. Beschwerdefreiheit in Trainingsspielen.
  3. „alte“ Fitnesswerte sollten wieder erreicht sein.
  4. „Traumabewegung bzw. Situation“ sollte vielfach wiederholt worden sein.
  5. Es sollte nicht mehr als 10% Defizit zur unverletzten Seite vorhanden sein.



# Systematischer Review mit Meta- Analysen über den Zusammenhang des Erreichens von Return to Sport Kriterien und dem Risiko für eine zweite VKB-Verletzung.

## Komponenten der Return-to-Sport Kriterien in den 4 inkludierten Studien

Study	Isokinetic Testing*	Isometric Testing*	Single Hop	Triple Hop	Triple Crossover Hop	6m Timed Hop	Vertical Jump	Triple Jump	T-Test	Sport Specific Rehab	KOS-ADL <sup>†</sup>	GRSPF <sup>‡</sup>
Kyrtsis et al <sup>25</sup>	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-
Grindem et al <sup>22</sup>	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓
Nawasreh et al <sup>18</sup>	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓
Sousa et al <sup>20</sup>	✓	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-

The Association Between Passing Return-to-Sport Criteria and Second Anterior Cruciate Ligament Injury Risk: A Systematic Review With Meta-Analysis  
Justin Losciale-Rachael Zdeb-Leila Ledbetter-Michael Reiman-Timothy Sell - Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy - 2018

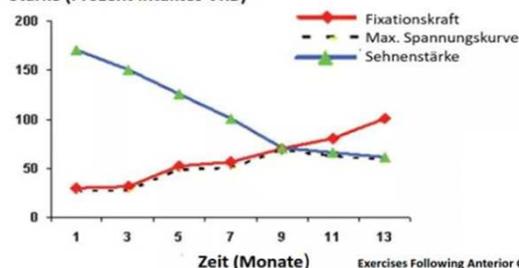


Insgesamt bestanden **42,7%** (95% CI 18%, 69%) der Patienten die RTS-Kriterien, wobei **14,4%** (95% CI 8%, 21%) eine **zweite ACL-Verletzung** (Transplantat-Ruptur oder kontralaterale ACL-Verletzung) erlitten. Es ergab sich ein **nicht signifikantes, 3% geringeres Risiko** für eine zweite ACL-Verletzung nach Erfüllung der RTS-Kriterien (RD= -3%, 95% KI -16% bis +10%, I<sup>2</sup> = 74%, p=.610, Figure 2). Das GRADE-Rating war aufgrund der Ungenauigkeit und Heterogenität der RD-Schätzung "von sehr geringer Qualität der Evidenz".

### Fazit der Autoren

Das Bestehen der RTS-Kriterien zeigte **keinen statistisch signifikanten Zusammenhang** mit dem Risiko einer zweiten ACL-Verletzung. Die Qualität der Evidenzbewertung verhindert einen endgültigen Schlussfolgerung und bietet Möglichkeiten für zukünftige Forschung.

### Stärke (Prozent intaktes VKB)

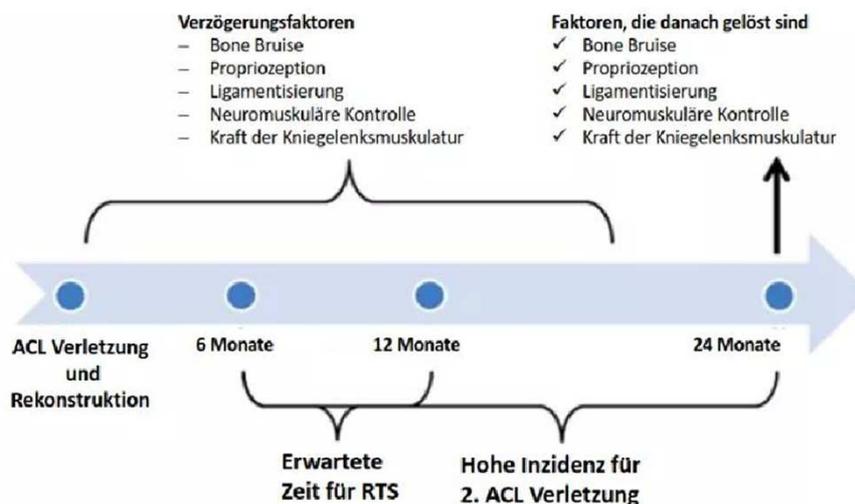


Exercises Following Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery: Biomechanical Considerations and Efficacy of Current Approaches  
Mark Grodzki-Ray Marks - Research in Sports Medicine - 2008

Konzeptionelles Modell der Beziehung zwischen Stärke des Transplantats, Fixation und max. Spannungskurve (ohne zusätzliche Schädigung) über die frühe Rehabilitationperiode. Die „Schwachstellen“ verlagern sich mit der Zeit von der Fixation zum Sehnenstrang.



## Wann ist die richtige für „return to sport“?



Nagelli CV, Hewett TE. Should Return to Sport be Delayed Until 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? Biological and Functional Considerations. Sports Med. 2017;47(2):221-232.



## Wann kann man wieder rennen?

CAVE: Kein allgemeingültiger Zeitrahmen, für die meisten wohl zwischen der 8. und 16. Woche post-OP, wobei folgende Kriterien am häufigsten genannt werden:

Kriterien	Quellen
Schmerz < 2 auf visueller Analogskala	Paulos et al. 1981, Sigward et al. 2016, Manske et al. 2012
95% des Knieflexions-ROMs der nichtbetroffenen Seite	Yabroudi et al. 2013, Hackney et al. 2010, Wilke et al. 1999, Manal & Synder-Mackler 1996, Anderson et al. 2002, Hartigan et al. 2010
Volle Extensionsfähigkeit des Kniegelenks (0° Extension)	Lentz et al. 2012, 2015, Waters 2012, Fitzgerald et al. 2003, Hartigan et al. 2010
Keine Schwellung, kein Mini-Erguss	Adams et al. 2012, Lentz et al. 2012, 2015, Waters 2012
Isometrische Hamstrings- und Quadrizepskraft von min. 70% der nichtbetroffenen Seite (Bein-Symmetrie-Index, LSI)	Shelbourne et al. 1990, Karasel et al. 2010, Lemiesz et al. 2010, De Carlo et al. 1994
Einbeinsprung-Test > 70% der nichtbetroffenen Seite (LSI)	Wilk et al. 1999, 2003
Einbein-Squat-Test bis 45° oder Step-up-Test ohne Zunahme des Knievalgus	Joreitz et al. 2016

Alexandre Rambaud-Clare Ardern-  
Patricia Thoreux-Jean-Philippe Regnaud-  
Pascal Edouard - British Journal of Sports  
Medicine - 2018



## HOP Tests

**Tab. 1** Übersicht über die Einteilung der Sport- und Aktivitätslevel modifiziert nach Daniel et al. 1994.

Level	Sportaktivitäten	Alltagsaktivitäten
I	Sportarten ohne Sprünge (Golf)	Alltagsbewegungen
II	dynamische Sportarten ohne Dreh- und Stoppbewegungen (Joggen und Rennen)	leichte körperliche Arbeit
III	seitliche Bewegungen und geringere Dreh- und Stoppbewegungen als Level IV (Tennis, Squash und Skisport)	harte körperliche Arbeit Klettern, unebener Boden
IV	Sprünge, schnelle Dreh- und Stoppbewegungen (Fußball und Basketball)	Aktivitäten wie Level IV Sport



M. Keller, E. Kurz, O. Schmidlein, G. Welsch, C. Anders **Interdisziplinäre Beurteilungskriterien für die Rehabilitation nach Verletzungen an der unteren Extremität: Ein funktionsbasierter Return to Activity Algorithmus** Sportverl Sportschad 2016; 30: 38-49

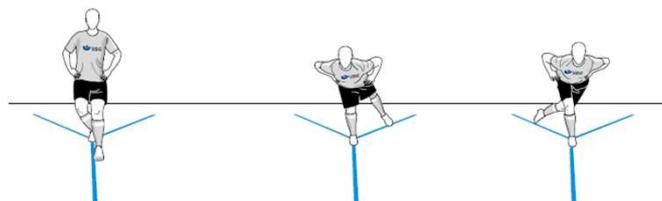


## HOP Tests Level I

**Qualitativ:  
Balance Squat**



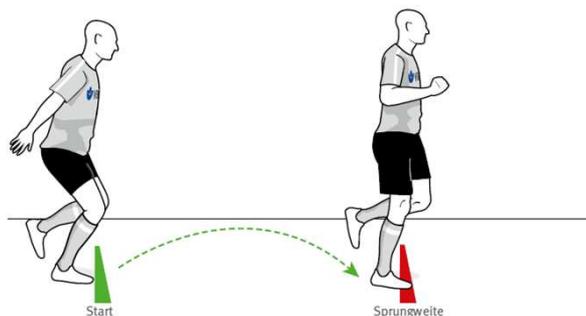
**Quantitativ:  
Y-Balance Test**



## HOP Tests Level II

**Qualitativ:**  
**Balance Front Hop**

**Quantitativ:**  
**Front Hop Test for  
Distance**



## HOP Tests Level III

**Qualitativ:**  
**Balance Side Hop**

**Quantitativ:**  
**Side Hop Test**



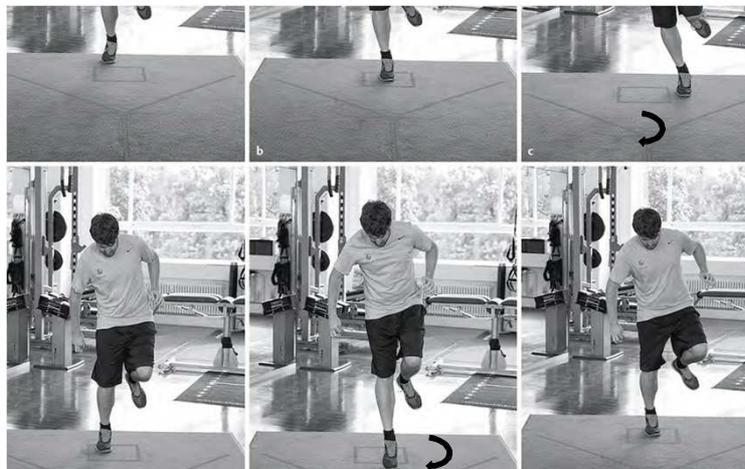
## HOP Tests Level IV

**Qualitativ:**  
90° Balance Hop, Rotation Hop (40cm mit 90° Drehung)



## HOP Tests Level IV

**Quantitativ:**  
Square Hop Test



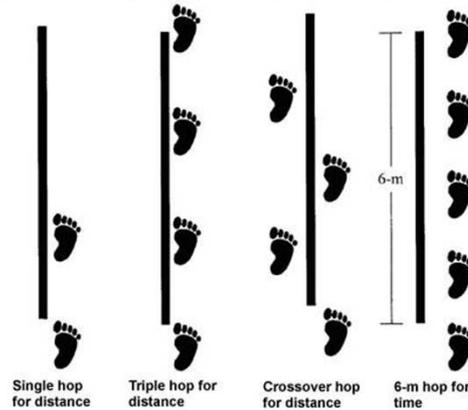
### III. TEST/ Training

#### Sprungtests: =TEST oder Training

1. Einbeinweitsprung
2. 3 Sprünge auf Distanz
3. Crossover for distance
1. 6 m auf Zeit

Ab 85% der Leistung der gesunden Seite ist Sport in vollem Umfang erlaubt.

Lower Limb Symmetry Index (from Ross, Langford, and Whelan, 2002 (3))



## VKB Rekonstruktion schützt nicht vor retropatellarem Knorpelverlust

121 Erwachsene (18-35 Jahre, 26% Frauen) mit **akutem vorderem Kreuzbandriss**. Ausschluss: Komplette Seitenbandruptur und Knorpelschaden über die gesamte Dicke („full thickness“)

**Frühe VKB-Rekonstruktion (fvKB-R)**, innerhalb von 10 Wochen nach Verletzung, gefolgt von **MTT (n=62)**

**MTT mit Option auf Rekonstruktion (ovKB-R)**, wenn „giving way“ aufgrund der Instabilität und positivem Pivot-Shift-Test (n=59)

MRT-Messung der Knorpeldicke im Patellofemorale-Gelenk (PFG) in der Basislinie, sowie **2 und 5 Jahren** nach Verletzung

#### Ergebnisse

Insgesamt kam es über **5 Jahre** zu einer **signifikanten Reduktion der Knorpeldicke im PF-Gelenk** (- 58  $\mu\text{m}$ , 95% KI -104 to -11  $\mu\text{m}$ ), besonders ausgeprägt war der Verlust in den ersten 2 Jahren trochlea-seitig.

**Teilnehmer der Gruppe mit früher VKB-Rekonstruktion** hatten einen **signifikant stärkeren Verlust** and PFG-Knorpeldicke nach **2** (-25  $\mu\text{m}$  (-52, 1  $\mu\text{m}$ ) vs +14  $\mu\text{m}$  (-6 bis 34  $\mu\text{m}$ ),  $p=0.02$ ) bzw. **5 Jahren** (-36  $\mu\text{m}$  (-78 bis 5  $\mu\text{m}$ ) vs +18  $\mu\text{m}$  (-7, 42  $\mu\text{m}$ ),  $p=0.02$ ) im Vergleich zu Teilnehmern der Gruppe mit MTT und optionaler Rekonstruktion.

#### Fazit

Die Ergebnissen der KANON-Studie zeigen bei jungen Erwachsenen einen **patellofemorale (insbesondere trochlearer) Knorpeldickenverlust** nach einer **akuten VKB-Ruptur**. Die frühe VKB-R war mit einem **größeren Verlust an patellofemorale (insbesondere patellare) Knorpeldicke** über **5 Jahre** im Vergleich zur **optionalen und verzögerten Rekonstruktion** assoziiert. Dies deutet darauf hin, dass eine **frühzeitige chirurgische Intervention** mit einer **stärkeren strukturellen Verschlechterung des patellofemorale Knorpels** im Vergleich zu einer **MTT mit optionaler Rekonstruktion** in Zusammenhang steht.



Loss of patellofemoral cartilage thickness over 5 years following ACL injury depends on the initial treatment strategy: results from the KANON trial  
Adam Culvenor-Felix Eckstein-Wolfgang Wirth-L Lohmander-Richard Frobell - British Journal of Sports Medicine - 2019

### Wie sollten man Patienten nach einer VKB-Rekonstruktion behandeln? Eine Übersicht internationaler Leitlinien

AAOS: American Academy of Orthopaedic Surgeons;  
 APTA: American Physical Therapy Association;  
 DOA: Dutch Orthopaedic Association; IKDC, International Knee Documentation Committee;  
 KNIGF: Royal Dutch Society for Physical Therapy;  
 MOON: Multicenter Orthopaedic Outcomes Network;  
 NZGG: New Zealand Guidelines Group;  
 in Klammern (.), der Empfehlungsgrad

Leitlinie	APTA	NZGG	DOA	MOON	AAOS	KNIGF
<b>Beabsichtigte Rehabilitation gegen Heimübungen</b> 	Ambulante Trainingsprogramme, die durch individuell konzipierte, überwachte Hausaufgabenprogramme ergänzt werden. (sollte)	In einigen Fällen kann intensive, überwachte Physiotherapie eingesetzt werden. (kann)	-	Rehabilitation zuhause bei motivierten Patienten. (kann)	-	Überwachte Rehabilitation im Vergleich zu Übungen zuhause. (unsicher) Minimal überwachte Rehabilitation bei Patientengruppen, die motiviert sind und weit weg von einem Physiotherapeuten leben. (kann)
<b>Beschleunigt Rehabilitation</b> 	Beschleunigte Rehabilitation, sofortige Kniemobilisation. (sollte)	Beschleunigte Rehabilitationsprogramme. (unsicher)	-	Beschleunigte Rehabilitationsprogramme. (unsicher)	Beschleunigte Rehabilitationsprogramme. (unsicher)	Prähabilitation und progressive zielorientierte Rehabilitation eher als zeitorientierte Reha. (sollte)
<b>Kontinuierliche passive Bewegung (CPM)</b>	Kontinuierliche passive Bewegung in der unmittelbaren postoperativen Phase. (kann)	-	-	Kontinuierliche passive Bewegung. (sollte nicht)	-	-
<b>ROM-Einschränkungen</b> 	Nach der ACL-Rekonstruktion eine sofortige Kniemobilisation. (innerhalb 1. Woche). (sollte)	-	-	Nach der ACL-Rekonstruktion sofortige Kniemobilisation. (sollte)	-	-
<b>Gewichtsbelastung</b> 	Frühe Gewichtsbelastung (innerhalb 1. Woche), soweit toleriert. (kann)	-	-	Sofortige vollständige Gewichtsbelastung nach der ACL-Rekonstruktion. (sollte)	-	Sofortige Gewichtsbelastung bei Erfüllung bestimmter Kriterien. (sollte)
<b>Funktionelle Brace-Versorgung</b> 	Sofortige postoperative Knieorthese nach Präferenz des Patienten oder Begleitverletzungen. (kann)	nein	nein	nein	Nicht routinemäßig	-

Andrade et al. (2019) How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction?



Leitlinie	APTA	NZGG	DOA	MOON	AAOS	KNIGF
<b>Offenes oder geschlossenes System</b> 	-	OKC-Übungen (90-45°) nach 4 Wochen. (kann)	Sowohl OKC als auch CKC Übungen während des Krafttrainings, aber CKC sollte in der frühen Phase der Rehabilitation Vorrang vor OKC-Übungen haben. (kann)	OKC-Übungen in früheren Phasen der Rehabilitation. (unsicher) OKC-Übungen nach der 6. postoperativen Wochen. (kann)	-	Sowohl OKC als auch CKC Übungen. OKC-Übungen (90-45°) bereits nach 4 Wochen. (kann)
<b>Kraft- und neuromuskuläres Training</b> 	Konzentrische und exzentrische Übungen mit bzw. ohne Gewichtsbelastung von 4.-6. postoperativen Woche (2-3x/Wo. für 6-10 Monaten). Training der neuromuskulären Kontrolle zusätzlich zu den Übungen zur Muskelkräftigung. (sollte)	-	Kombination aus Kraft- und neuromuskulärem Training in der postoperativen Rehabilitation. (sollte)	Das neuromuskuläre Training in den meisten Phasen der Rehabilitation. (sollte)	-	Isometrische Quadrizeps-Übungen ab der ersten postoperativen Woche. Exzentrisches (in CKC) und konzentrisches Quadrizeps-Training ab der 3. postoperativen Woche. Neuromuskuläre Übungen zusätzlich zum Krafttraining. (sollte)
<b>Neuromuskuläre Elektrostimulation (NMES)</b>	NMES in den ersten 6-8 postoperativen Wochen. (sollte)	-	-	NMES nach Wunsch des Arztes. (kann)	-	NMES zusätzlich zum isometrischen Krafttraining in den ersten postoperativen Wochen. (kann)
<b>Kryotherapie</b>	Eine sofortige Kryotherapie. (sollte)	-	-	-	-	Kryotherapie in der ersten postop. Woche. (kann)
<b>Outcome-Messungen und/oder Funktionstests</b> 	Kombination aus validierten patientenberichteten Outcome-Messungen (IKDC 2000 oder KOOS), Aktivitätsniveau-Tool (Tegner oder Marx) und psychologischem Fragebogen (ACL-RSI). Es sollte eine funktionelle Leistungsbeurteilung durchgeführt werden. (sollte)	-	Kombination aus Lachman-, Pivot-Shift-, Vorderem Schubladen- und patientenberichteten Tests. Outcome-Messungen (IKDC subjektiv und KOOS), Tegner-Score zur Messung der Aktivität. (sollte)	-	Messungen von Knieschmerzen, ADLs, Lebensqualität, Funktionsstatus, Aktivitätstoleranz und selbstberichteter Beurteilung der körperlichen Funktion. (sollte)	Messung von psychologischen Veränderungen während der Rehabilitation mit objektiven Instrumenten. (sollte)
<b>Return-to-Sport-Kriterien</b> 	Funktionstests zur Feststellung der Bereitschaft eines Patienten, zu Aktivitäten zurückzukehren. (sollte)	-	Mindestens 3 Monaten bis Wiederaufnahme schwerer körperlicher Aktivität in der Arbeit oder im Sport. (sollte)	-	Warten bis zu einem gewissen Zeitpunkt oder bis zum Erreichen eines bestimmten Funktionsziels vor der Rückkehr zum Sport. (unsicher)	Testbatterie zur Beurteilung von Quantität u- Qualität der Bewegung. Bein-Symmetrie-Index (LSI) von betroffenem/nicht-betroffenem Bein) von >90% als Cut-off für Kraft- u. Sprungtests. Für Dreh- u. Kontaktsportarten LSI von >100%. (sollte)



## Training bei und mit Arthrose

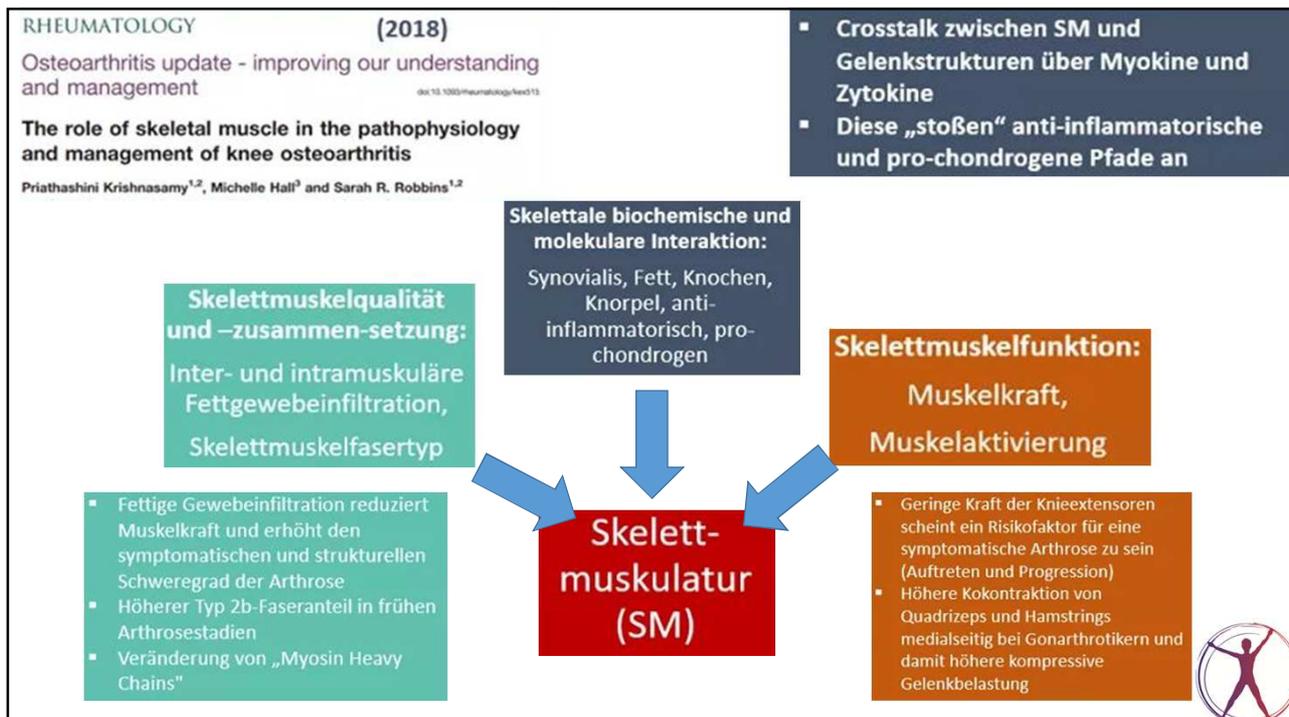
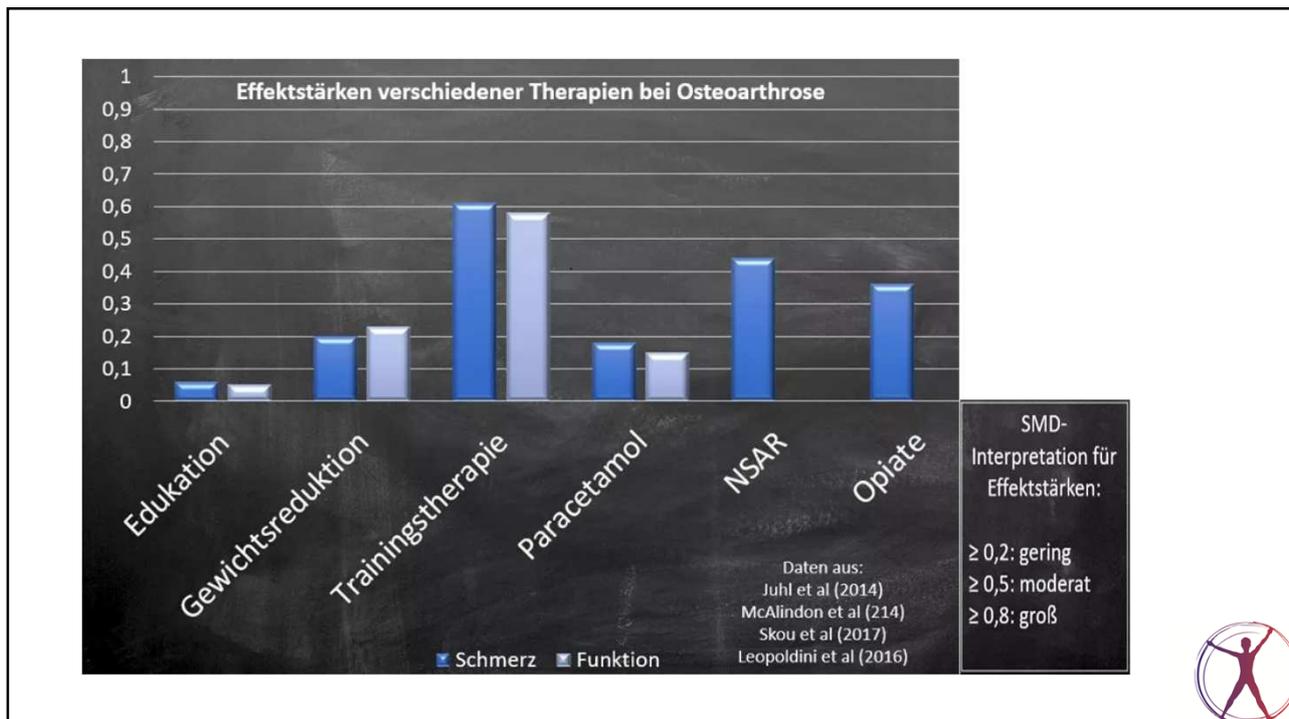


### Physiotherapie bei Arthrosen der unteren Extremität: Was empfehlen große, internationale Leitlinien?

Walsh et al (2017), „British Medical Bulletin“

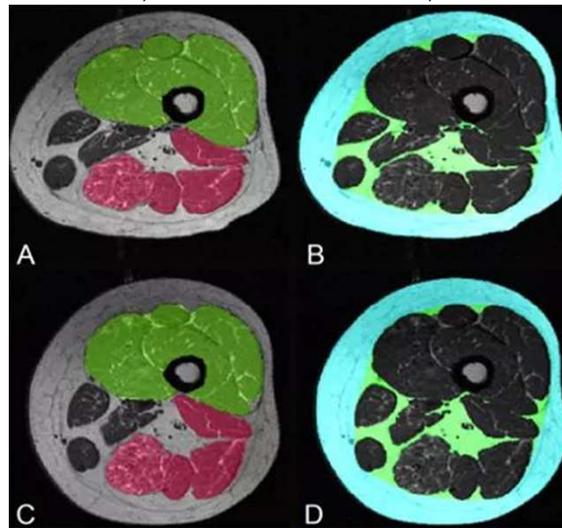
Intervention	NICE „National Institute of Health and Clinical Excellence“	OARSI „Osteoarthritis Research Society International“	EULAR „European League Against Rheumatism“
Training	<b>Hauptbehandlung</b> für Patienten mit Arthrose, unabhängig von Alter, Komorbidität, Schmerzniveau und Funktionseinschränkung. Training sollte beinhalten: <b>Muskelkräftigung</b> und generelles aerobes Training.	Empfehlung. 4 Meta-Analysen mit geringen, aber klinisch relevanten Kurzeffekten für Trainingsprogramme an Land bzgl. Schmerz und Kniegelenksfunktion. Meta-Analyse für Tai Chi mit hohen Effekten für Schmerz und Funktion bei Gonarthrose. Eine Kombination aus <b>Kraft-,</b> Mobilitäts- und Ausdauertraining wird empfohlen. Keine Überlegenheit eines spezifischen Programmes.	Menschen mit Hüft-und/oder Kniearthrose sollten in ein regelmäßiges (tägliches), individualisiertes Trainingsprogramm eingeführt werden, das folgendes enthält:  a) <b>Kräftigung für beide Beine, inkl. Quadrizeps und proximale Hüftmuskulatur</b> b) Aerobe Aktivität c) ROM-Übungen als Zusatz





## Die Rolle der Oberschenkelmuskulatur und des lokalen Fettgewebes für die Progression einer Arthrose des Kniegelenks

n= 739, Alter im Durschnitt 62 Jahre, weibl.



J Kemnitz, W Wirth, F Eckstein, AG Culvenor - Osteoarthritis and cartilage, 2018



Skou and Roos *BMC Musculoskeletal Disorders* (2017) 18:72  
DOI 10.1186/s12913-017-1439-y

BMC Musculoskeletal Disorders

RESEARCH ARTICLE

Open Access

Good Life with osteoArthritis in Denmark (GLA:D™): evidence-based education and supervised neuromuscular exercise delivered by certified physiotherapists nationwide



**GLAD:D – ein evidenzbasiertes, therapeutisch überwachtes Therapieprogramm mit**

- 2 Einheiten Patientenedukation (Wissen über Osteoarthrose und Behandlungen mit dem Schwerpunkt Bewegung, ihren positiven Auswirkungen auf die generelle Gesundheit bzw. die Symptome und Beratung bzgl. Selbstbehandlung)

+

- 12 Einheiten neuromuskulärem Training in der Gruppe (NEuroMuscular EXercise programme, NEMEX)

findet international immer größere Anerkennung als konservativer Therapieansatz bei Knie- und Hüftgelenkarthrose (Roos et al 2017).

### Ergebnisse

- An über 10000 Menschen mit Knie- und Hüftarthrose konnte gezeigt werden, dass sich die Schmerzintensität nach dem Programm um 25% reduziert (bei 2 Trainingseinheiten/Woche über 6 Wochen, Skou & Roos 2017).
- Auch bei Patienten mit hochgradiger Arthrose, die auf der Warteliste für einen Gelenkersatz standen, entschieden sich nach dem Programm 75% der Teilnehmer dafür, die OP zu verschieben (Skou et al 2015).



## „Lauf der Knie-TEP davon...“

### Assoziation von täglichem Gehen und dem Risiko eines Kniegelenkersatzes über 5 Jahre

1816 Teilnehmer

Bei **über 65-Jährigen** konnte gezeigt werden,

- dass sich das **Risiko einer Knie-TEP pro 1000 Schritte/Tag** um **12%** reduziert
- dass sich das **Risiko eines Kniegelenkersatzes** bei den Teilnehmern um ganze **52% reduziert**, die **mehr als 6000 Schritte/Tag gehen** (Referenz: Teilnehmer, die weniger als 6000 Schritte gehen)



Master, H. et al; Osteoarthritis and Cartilage; 2018

## Laufen reduziert die Konzentration von Zytokinen und COMP im Kniegelenk.

Es gibt immer mehr Hinweise darauf, dass **chronische, geringgradige Inflammationsprozesse in der Synovialflüssigkeit strukturellen Degeneration** - wie sie bei degenerativen Gelenkerkrankungen auftreten - **vorausgehen**.

#### MOTION IS LOTION:

Laufen hat bei Gesunden einen **chondroprotektiven Effekt**:

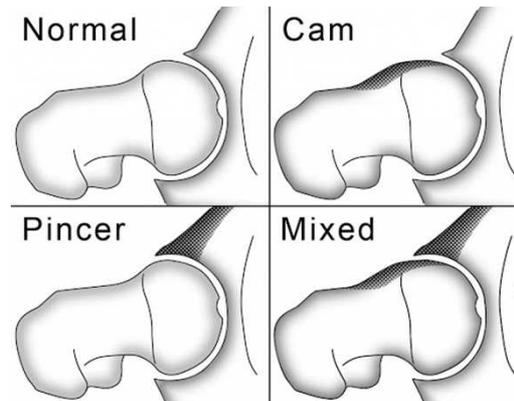
Ein Lauf über 30 min. **reduziert die Konzentration von proinflammatorischen Zytokinen** im Gelenk und **begünstigt den Transport** von „**Cartilage Oligomeric Matrix Protein**“ (COMP, einem Marker des Knorpelstoffwechsels) **aus dem Gelenk in das Blut!**

Eine 30 minütige Inaktivität verändert die **Zytokin-Konzentration** dagegen nicht, während COMP im Gelenk zu und im Blutserum abnimmt!



Hyldahl et al, European Journal of Applied Physiology, 2016

## Training bei FAI



## MTT bei FAI

### Delphi-Konsens Studie

- ein Trainingsprogramm welches mit Muskelkontrolle beginnt und zu Dehnungen und Krafttraining über geht in größerem ROM und vermehrtem Widerstand
- Muskelkontrolle / Stabilisierungsübungen (für Becken und Hüftstabilisierung, gluteal und abdominal Muskulatur)
- Kraft- und Widerstandstraining zuerst im schmerzfreien ROM für m. gluteus max., die kurzen Aussenrotatoren, m. gluteus med., Bauchmuskulatur
- Dehnübungen zur Verbesserung der Hüftinnenrotation und Abduktion in Extension und Flexion (aber keine starken, schmerzhaften Dehnungen und ohne festes Endgefühl)
- Trainingsprogression betreffend der Intensität, des Schwierigkeitsgrads und graduell steigernd zu Aktivitätstraining oder sport-spezifischem Training sind relevant
- ein personalisiertes und geschriebenes Trainingsprogramm, welches graduell steigert und in Behandlungen überwacht wird

Wall PD, Dickenson EJ, Robinson D, Hughes I, Realpe A, Hobson R, et al. **Personalised Hip Therapy: development of a non-operative protocol to treat femoroacetabular impingement syndrome in the FASHIoN randomised controlled trial.** Br J Sports Med. BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine; 2016 Oct;50(19):1217–23.



## MTT bei FAI

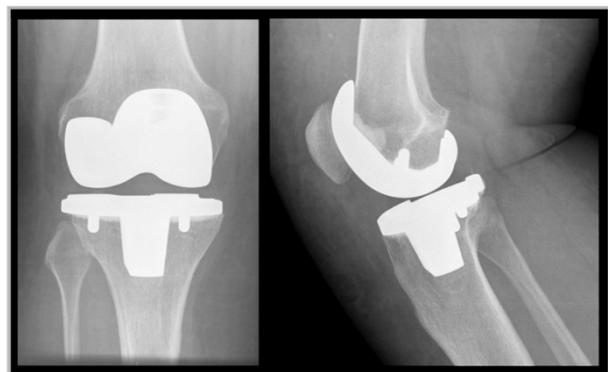
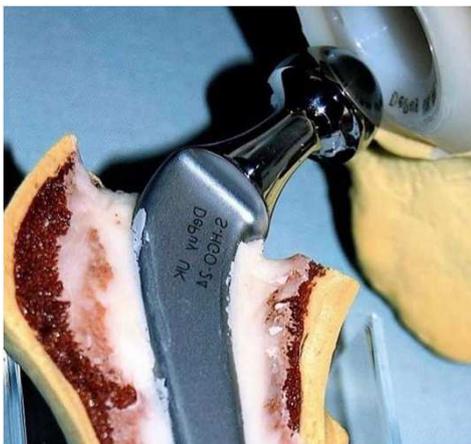
### Delphi-Konsens Studie (optional)

- Beispiele sind die Behandlung von Komorbiditäten wie z.B. LWS Schmerzen  
Patienten können auf biomechanische Abnormalitäten vom behandelnden Physiotherapeuten untersucht und behandelt werden
- Alternativ dazu können Patienten zu anderen z.B. Orthopädiotechnik überwiesen werden um angepasste Schuheinlagen anzufertigen.
- Kortikosteroid Injektionen können hilfreich sein bei Patienten die wegen starken Schmerzen kein Trainingsbasiertes Programm durchführen können
- Manuelle Therapie mit Hüftmobilisationen (z.B. Traktion, Traktion mit Flexion) oder Triggerpunktbehandlungen

Wall PD, Dickenson EJ, Robinson D, Hughes I, Realpe A, Hobson R, et al. **Personalised Hip Therapy: development of a non-operative protocol to treat femoroacetabular impingement syndrome in the FASHIoN randomised controlled trial.** Br J Sports Med. BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine; 2016 Oct;50(19):1217–23.



## Training mit TEP



## Progressives Krafttraining nach K-TEP



**Querschnittsanalyse von 205 Teilnehmern, die sich 12 Monate nach einer K-TEP einer klinischen Untersuchung unterzogen.**  
Gemessen wurden ADLs, (KOS-ADL), **Quadrizepskraft, ROM, Funktionstests** (Treppensteigttest, 6 min Gehstest, timed-up-and-go-Test)

### Verglichen wurden 3 Gruppen:

- ① Teilnehmer 12 Monate nach K-TEP, die ein progressive Krafttraining im Rahmen der Reha absolvierten
- ② Teilnehmer 12 Monate nach K-TEP, die sich einer Standard-Rehabilitation (Fokus: ROM-Übungen, Fahrrad-Ergometer, verschiedene SLR-Übungen) unterzogen hatten
- ③ Ältere Erwachsene ohne symptomatische Kniegelenkspathologie



Die K-TEP stellte die Funktionsfähigkeit nicht wieder auf das Niveau altersentsprechender Personen ohne Gelenkpathologie her. **Alle gemessenen Werte der K-TEP-Patienten lagen signifikant unten den Referenzwerten der gesunden Kontrollgruppe.**

### Aber....

Im Vergleich zur Standardrehabilitation (SOC) hatten ein **signifikant höherer Anteil der Patienten**, die ein **progressives Krafttraining (PKT) in der Reha absolvierte**, für

- die **aktive Kniestreckung** (PKT: 30%; SOC: 15%,  $p = 0.042$ )
- die **Quadrizepskraft** (PKT: 18%; SOC 5%,  $p = 0.032$ ) und
- und die **Leistung im Treppensteigttest** (PKT: 34%; SOC: 18%,  $p = 0.029$ ), Werte, die eher dem **Leistungsniveau älterer Gesunder entsprachen** (Kriterium: Überschreiten der unteren Grenze im 95%-KI der Gesunden).

**FAZIT:**  
**„YOU CANT GO WRONG GETTING STRONG!“**



## Wirkung MTT bei TEP

8 Studien mit 373 Patienten um die Steigerung der Aktivitäten nach Hüft TEP-Operationen fest zustellen

- Bis zu 6 Monaten post OP keine eindeutige Steigerung des Aktivitätsniveaus
- Nach einem Jahr konnte eine Steigerung des Aktivitätsniveaus im Vergleich zu nicht operierten festgestellt werden, wobei aber immer noch eine starke Lücke zu gesunden Probanden festzustellen war.

Arnold JB, Walters JL, Ferrar KE. **Does Physical Activity Increase After Total Hip or Knee Arthroplasty for Osteoarthritis?** A Systematic Review. J Orthop Sports Phys Ther.2016 Jun;46(6):431-42.



## Wirkung MTT bei TEP

Haben Patienten **Vorteile durch präoperatives Training** im Bezug auf Schmerz, Funktion und Lebensqualität?

- Eine Vorbehandlung unabhängig von der Dosis zeigte keinen Nutzen in der objektiven und selbstberichteten Funktion zu irgendeinem der postoperativen Zeitpunkte.
- Die Rehabilitation zeigte keine Vorteile in Bezug auf Lebensqualität oder Schmerzen.
- Es gab jedoch signifikante Hinweise, dass eine Vorbehandlungsdosis von mehr als 500 Minuten die Notwendigkeit einer postoperativen Rehabilitation verringerte.

Cabilan CJ, Hines S, Munday J. **The effectiveness of prehabilitation or preoperative exercise for surgical patients: a systematic review.** JBI Database Syst Rev Implement Rep. 2015;13(1):146-87.



## Wirkung MTT bei TEP

- Elf Artikel und neun RCTs mit der Frage welche Art von Bewegungstherapie nach Hüftendoprothetik wirksam ist.
- In der **frühen postoperativen Phase** waren günstige Ergebnisse auf Ergometer-Radfahren und Krafttraining zurückzuführen. Nicht schlüssige Ergebnisse wurden für Wasserübungen, Bettübungen ohne externen Widerstand oder ohne progressive Zunahme nach dem Überlastungsprinzip und Timing berichtet.
- In der **späten postoperativen Phase** (> 8 Wochen postoperativ) waren die Vorteile auf **belastende Übungen** zurückzuführen.

Di Monaco M, Castiglioni C. **Which type of exercise therapy is effective after hip arthroplasty? A systematic review of randomized controlled trials.** Eur J Phys Rehabil Med. 2013 Dec;49(6):893–907, NaN-923



## Wirkung MTT bei TEP

Lowe et al konstatierten nach der Auswertung von 11 RCTs hinsichtlich der Frage nach der Wirksamkeit von physio-therapeutischen Übungen nach Krankenhausentlassung nach Hüftendoprothetik bei Osteoarthritis das **mangels Evidenz keine Wirksamkeit physiotherapeutischer Übungen** bestimmt werden kann.

Lowe CJM, Davies L, Sackley CM, Barker KL. **Effectiveness of land-based physiotherapy exercise following hospital discharge following hip arthroplasty for osteoarthritis: an updated systematic review.** Physiotherapy. 2015 Sep;101(3):252–65.



## Wirkung MTT bei TEP

### Schlussfolgerung:

- Insgesamt lässt die aktuelle Evidenz **keine eindeutige Schlussfolgerung** zu, dass spezifisches Training bei Hüft-TEP Patienten einen deutlichen Mehrwert bietet.
- Da in keiner Studie Nachteile durch spezifisches Training festgestellt wurden und es eine eindeutige Evidenz gibt, dass sich Training **positiv auf die allgemeine Gesundheit** auch der von Gelenken auswirkt ist es durchaus möglich, dieses in die Rehabilitation nach Hüft –TEP Operationen zu integrieren um **subjektives Empfinden, Schmerz und Komorbiditäten** zu verbessern



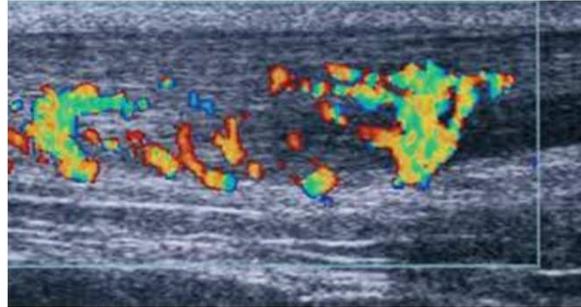
## Supinationstrauma

- **Bereits in der ersten posttraumatischen Woche begonnene, aktive Interventionen wie Kräftigungsübungen, propriozeptives Training und sportspezifische Übungen verbessern die Behandlungsergebnisse hinsichtlich Schmerz, Funktion und Schwellung** (Bleakley et al. 2010; Hultman et al. 2010, Martin et al. 2013; van Rijn et al. 2008).
- **Verschiedene randomisierte kontrollierte Studien wiesen nach, dass dies die Gefahr einer Retraumatisierung bis zu zwölf Monate lang verringerte (Evidenzlevel 2), während mittelfristig (sechs bis neun Monate) signifikante Effekte bezüglich des Gleichgewichts nicht gefunden werden konnten** (Kerkhoffs et al. 2012).
- **Als Fazit lässt sich zusammenfassen, dass Therapeuten das Training auf einer labilen Unterstützungsfläche nicht unbedingt als „propriozeptives“ Training ansehen sollten, sondern beispielsweise als „Training der sensorischen Gewichtung“ oder „Training der Reaktionsgeschwindigkeit/Geschicklichkeit der distalen Muskeln“.**



# Tendinopathien

- Achillodynie
- Tendinopathien der Patellarsehen



## Definition

- Bei der Tendinopathie handelt es sich um eine primär **nichtentzündliche, degenerative** Erkrankung der Sehnen und der Sehnenansätze, die Schmerzen und Bewegungseinschränkungen führen kann.



## Begriffsklärung

- **Tendinitis:** Unter einer Tendinitis versteht man die **Entzündung** einer Sehne, wie sie vor allem im Rahmen von degenerativen Veränderungen auftritt. Ist lediglich die Sehnenscheide betroffen, spricht man von einer "Tendovaginitis".
- **Tendinosis:** Unter einer Tendinosis versteht man die **Degeneration** einer Sehne. Diese kann auch **asymptomatisch** verlaufen. Im Rahmen dessen, kann es zu Kalkeinlagerungen in der Sehne kommen - Tendinosis calcarea.



## Epidemiologie

- Eine der häufigsten Überbelastungsverletzungen im Bereich des Fußes/ Sprunggelenks. (Sobhani 2013)
- Vor allem betroffen sind Läufer, Ballsportler, Rückschlagspieler und Tänzer.
- 9% der Läufer sind betroffen (Hong-Yun Li 2016)
- Prävalenz von 5,6% bei nicht Sportlern (4% Ansatz, 3,6% mid-portion und 1,9% beides) (Waldecker 2012)
- Chronische Achilles Tendinopathie häufiger bei Älteren als bei Jüngeren (Kvist 1991)
- Ansatzendinopathie häufiger bei aktiven, als bei älteren, nicht aktiven und übergewichtigen Menschen (Irwin 2010)



## Entstehung

- Ursachen sind abschließend nicht vollständig geklärt –  
kryptogen.
- Keine Entzündung der Sehne – normaler  
Prostaglandinspiegel (Alfredson et al. 1999)
- Neovaskularisierung der Sehne – mit einhergehender  
Invasion freier Nervenendigungen (Öhlberg et al. 2001)



### Interne Faktoren

„Sehne was hast Du?“

(Irwin 2010)  
(Mousavi et al. 2019)  
(Irwin 2010)  
(Strocchi 1991, Tuite 1997)  
(Holmes 2006)

### Externe Faktoren

- Trainingsfehler – schlechte  
Trainingssteuerung (Irwin 2010)
- Nicht angemessenes Schuhwerk
- Medikamente
- Belastungssyndrome (bis zu 6-  
faches Körpergewicht beim  
Laufen oder Belastung ; bei  
Unterbelastung schon durch  
kurze Spaziergänge) (Åström 1997)



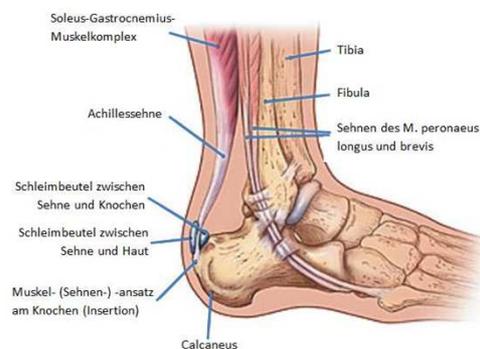
## Klinik:

- Morgendliche verstärkte Schmerzen und/oder Steifigkeit.
- Längere Vorgeschichte mit belastungsabhängigen Beschwerden.
- Häufige Empfindlichkeit an palpierbaren Aufquellungen.
- Verminderte Kraft und Ausdauer des M. triceps surae.
- Eventuell eingeschränkte Beweglichkeit im oberen und unteren Sprunggelenk.
- Schmerz beim Treppensteigen/ Bergaufgehen.



## Lokalisation

- Proximale Achillodynie – 2 bis 6 cm proximal vom Ansatz der Sehne.
- Insertionsachillodynie.

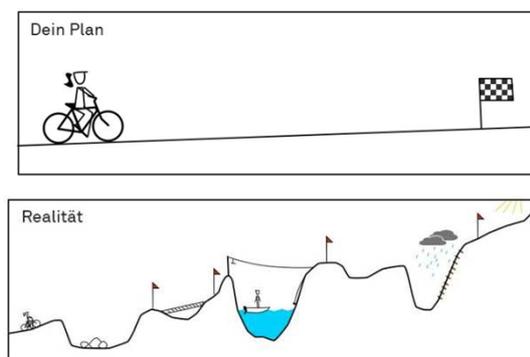


## Diagnostik

- Ausschluss von Partialrupturen!
  - MRT
  - Sonographie
- Neovaskularisierung durch Farbdoppler/ Powerdoppler-sonographie.



## Behandlung



## Konservative Behandlung - akut

- Pause bzw. Belastungsanpassung in der Akutphase
- Ultraschall, Laser, Stoßwelle
- Ionophorese
- Kryotherapie
- Einlagen/ Absatzerhöhung
- Lagerungsschiene (Nachts)
- Immobilisation
- Eventuell Injektionen mit Lokalanästhetika und NSAID
- Medikamente: Nitratpflaster, Nitrospray

(Knobloch 2007)



## Konservative Behandlung - chronisch

- Multifaktorielle Entstehung bedarf multifaktorieller

Manuelle Therapie



Trainingstherapie

Edukation



## Operative Behandlung

- Bei 24- 45% der Pat. ist die konservative Behandlung nicht erfolgreich (Mafulli et al. 2010)
- Operatives Verfahren nach mehr als 3-6 Monaten erfolgloser konservativer Behandlung
- Gründe (Sancha 2019):
  - Verwenden von Übungen, die nicht isoliert bzw. fokussiert genug sind.
  - Verwenden von Übungen, die nicht intensiv und schwer genug sind.
  - Keine bzw. zu schnelle Belastungsprogression.
  - Keine Beachtung der kinematischen Kette.
  - Behandlung der Pathologie, nicht der Person.
  - Zu wenig Invest in Patientenedukation.
  - Zu starkes Verlassen auf schnelle Lösungen (alternative Methoden, rein passive Behandlungsansätze, multiple Injektionen)



## Operative Behandlung

- In über 70% der Fälle erfolgreich (Mafulli et al. ; transversal longitudinal)
- Postoperative Komplikationsrate 4,7-11,6%.

- Spaltung/ Resektion des distalen Paratenons
- Resektion des „Sehnenkallus“
- Resektion intratendinöser Verkalkungen
- Resektion der Haglund-Exostose
- Retrokalkaneare Bursektomie (Testa et al. 2002)



## Isometrie, Exzentrik oder Heavy-Slow Resistance Training (HSR) bei patellarer Tendinopathie: Ein Systematischer Review

Lim HY, Wong SH (2018) Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy. Physiotherapy Research International

Grad der Empfehlung nach NHMRC	Isometrie (3 Studien)	Exzentrik (10 Studien)	HSR (2 Studien)
Evidenzgrundlage	A	B	C
Konsistenz	A	B	B
Klinischer Impact	A	B	B
Generalisierbarkeit	B	B	B
Anwendbarkeit	A	B	C
Generelle Empfehlung	A	B	C

Bewertung der Evidenz nach den Kriterien des National Health and Medical Research Councils (NHMRC)

A = Empfehlung für die Praxis  
B = Empfehlung bei den meisten Fällen  
C = Empfehlung für manche Fälle



**Isometrie**  
5 Sätze a 45 sec.  
mit 70-80% der  
Maximal-  
kontraktion bei ca.  
60° Knieflex.

(Rio et al. 2015, 2016), van Ark et al. 2016)



### Fazit

Bei patellarer Tendinopathie werden auf der Grundlage der besten Evidenz isometrische Übungen (Grad A), dicht gefolgt von exzentrischen Übungen (Grad B) empfohlen. Heavy-Slow Resistance Training, HSR (Grad C) sollte unter Berücksichtigung der individuellen klinischen Gegebenheiten (z.B. Geräteverfügbarkeit) Anwendung finden.

- ✓ **Isometrische** Übungen haben bessere Kurzeffekte, die insbesondere in der Wettkampfzeit nutzbar sind.
- ✓ **Exzentrisches und HSR Training** sind eher für eine langfristige Schmerzlinderung und Verbesserung der Kniefunktion geeignet.
- ✓ Da **Sehnenpathologien** auf einem **Kontinuum** mit unterschiedlichen Schweregraden und Irritierbarkeiten anzusiedeln sind (Cook & Purdam 2009, sollte die Entscheidung für eine Belastungsprogramm von der individuellen klinischen Präsentation des Patienten und seinen sportlichen Anforderungen bzw. Zielen abhängen.

EVIDENZINFORMIERTES CLINICAL REASONING SATT  
„KOCHBUCH-ANSATZ“



(oben) **Exzentrik:** 3x 15 Wh., moderater Schmerz (VAS ≤ 5); von 2x täglich bis 2x wöchentlich, Dauer: 4-24 Wochen (Biernat et al. 2014, Cannell et al. 2001, Frohm et al. 2007 u.a.)

(unten) **HSR:** 6-15 konz. + exz. Wiederholungen zwischen 90° Flex. und voller Ext.; 2-3 x/Woche über 6-12 Wochen (Kongsgaard et al. 2010, Romero - Rodriguez et al. 2011)



## Verletzungen der Hamstrings:

- Sowohl Hobbysportler als auch Profis betroffen
- Häufigste Verletzung im Fußball
- Hohe Wiederverletzungsrate (12-31%)
- Bis 90 Tage Ausfall
- **72% durch Sprints und hohe Laufumfänge (= meist MSÜ M. biceps), 28% durch starke Überdehnung (= meist Sehne von Semimembranosus oder semitendinosus)**
- Je proximaler die Läsion je länger der Ausfall
- Gehen nach 24h möglich?
- Risikogruppe: Ältere Sportler mit Vorverletzungen
- **Beste Prophylaxe: „long and strong“**



Podar S. **Verletzungen der Hamstrings im Sport vermeiden** pt Zeitschrift für Physiotherapeuten 07.2017

## Verletzungen der Hamstrings:

### Tests

- **Active straight leg raising – Test**
- **Single leg hamstring bridge (20 Wh)**
- **SLUMP Test**
- **Nordic Hamstring Test (NHST)**

### Therapie:

- **Exzentrisches Training (Protokoll nach Mjolsnes)**
- **NHST als Training**
- **Begleitfaktoren.....**



British Journal of Sports Medicine, März 2015

**Welches Rehaprogramm bei Hamstringverletzungen ?**

Prospektive RCT

56 schwedische professionelle Athleten  
(Sprint und Sprung)

Dg: Hamstringverletzung über MRT

**Längenprogramm**  
(Belastung bei Exzentrik; L-Protokoll)  
**VS****Konservatives Programm**  
(ohne Fokus auf Exzentrik; C-Protokoll)

Outcome: Return to Sports (Tage)

**Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols**Carl M Askling,<sup>1,2</sup> Magnus Tengvar,<sup>3</sup> Olga Tarassova,<sup>1</sup> Alf Thorstensson<sup>1</sup>**Ergebnis****Signifikant schnellerer Return to Sport mit exzentrischer Muskelarbeit der Hamstrings:****L- Protokoll (exz.): 49 Tage**  
**C-Protokoll (konservativ): 86 Tage**PHYSIO  
SCIENCE

www.physiomeetsscience.com



501

**Nordic Hamstrings Exercise: Rehabilitation nach Ischio-Verletzung**Sports Med  
DOI 10.1080/14017974.2014.963552

SYSTEMATIC REVIEW

**Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis**Wesam Saleh A. Al Attar<sup>1,2,3</sup>, Najeebullah Soomro<sup>1,4</sup>, Peter J. Sinclair<sup>1</sup>,  
Evangelos Pappas<sup>2</sup>, Ross H. Sanders<sup>1</sup>

Clinical analysis



OPEN ACCESS

**Hamstring injuries: prevention and treatment—  
an update**

Peter Brukner

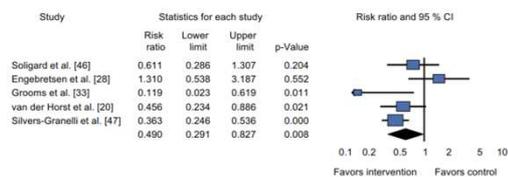


## Rezidiv-Risikofaktoren:

- Verletzung des M. Biceps Femoris
- Isometrisches Kraftdefizit bei 15° Knieflexion
- Menge vorangegangener Ischio-Verletzungen
- Kniestreckungsdefizit
- Lokaler Druckschmerz nach Return to Play (RTP)

## NHE

- Starke Evidenz, dass die NHE protektiv dem Verletzungsrisiko entgegen wirkt (Attar et al., 2016)
- Die Verletzungsinzidenz reduziert sich um 65% in Fußballteams, die NHE einsetzen. gegenüber denen, die kein Präventiv-Programm einsetzen. (Arnason et al., 2008)



503



## Rehabilitation

- Ischioverletzungen führen fast immer zu exzentrischem Kraftdefizit
- NHE wirkt protektiv dem Verletzungsrisiko entgegen
- Übungsinterventionen sollten in verlängerter Position durchgeführt werden um die maximale Aktivierung zu gewährleisten, z.B.
  - Nordic Hamstrings (NHE)
  - Romanian Deadlifts
  - Glider, Extender, Diver (Askling et al., 2013)



504



**Figure 1** L-1 'The Extender': the player should hold and stabilise the thigh of the injured leg with the hip flexed approximately 90° and then perform slow knee extensions to a point just before pain is felt. Twice every day, 3 sets with 12 repetitions (see online supplementary video 1).



**Figure 2** L-2 'The Diver': the exercise should be performed as a simulated dive, that is, as a hip flexion (from an upright trunk position) of the injured, standing leg and simultaneous stretching of the arms forward and attempting maximal hip extension of the lifted leg while keeping the pelvic horizontal angles at the knee should be maintained at 10-20° in the standing leg and at 90° in the lifted leg. Owing to its complexity, this exercise should be performed very slowly in the beginning. Once every other day, three sets with six repetitions (see online supplementary video 2).



**Figure 3** L-3 'The Glider': the exercise is started from a position with upright trunk, one hand holding on to a support and legs slightly split. All the body weight should be on the heel of the injured (here left) leg with approximately 10-20° flexion in the knee. The motion is started by gliding backwards on the other leg (broad the low friction sock) and stopped before pain is reached. The movement back to the starting position should be performed by the help of both arms, not using the injured leg. Progression is achieved by increasing the gliding distance and performing the exercise faster. Once every third day, three sets with four repetitions (see online supplementary video 3).



**Figure 4** C-1 Stretching—contract/relax. The heel of the injured leg is placed on a stable support surface in a high position (close to maximum) with the knee in approximately 10° flexion. The heel is pressed down for 10 s and then, after relaxation for 10 s, a new position is assumed by flexing the upper body slowly forwards for 20 s. Twice a day, three sets with four repetitions (see online supplementary video 4).



**Figure 5** C-2 Cable-pendulum: A stationary cable-machine or expander is used. With the uninjured leg as the standing leg, forward-backward hip motions are performed with the injured leg with the knee in approximately 20-30° flexion. This exercise involves the whole body and should be performed slowly in the beginning of the rehabilitation period. Once every other day, three sets with six repetitions (see online supplementary video 5).



**Figure 6** C-3 Pelvic lift: This exercise is started in a supine position with the body weight on both heels, and then the pelvis is lifted up and down slowly. Start with the knee in 90° of flexion. The load is increased by putting more of the body weight on the injured leg and by having a greater extension in the knee. Ultimately, only the slightly bent injured leg is carrying the load. Every third day, three sets with eight repetitions (see online supplementary video 6).



**VS**

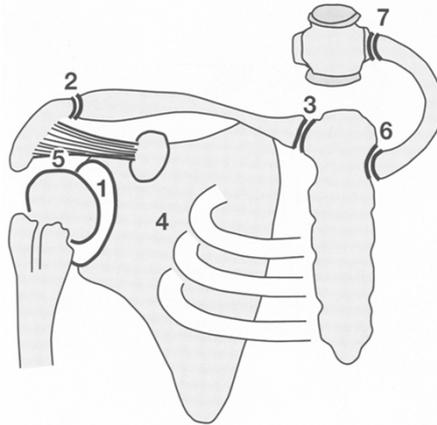


# Training bei Schulterpathologien





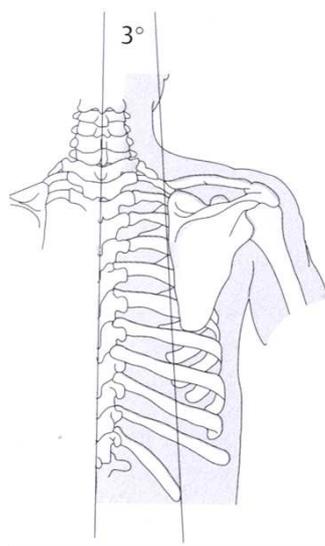
### Beteiligte Regionen :



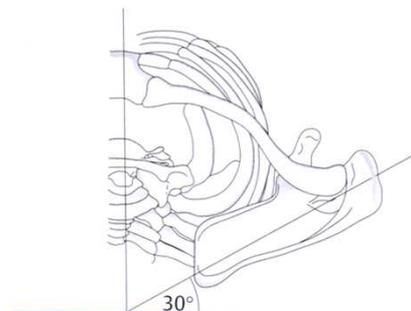
- Scapula
- Glenohumeralgelenk
- ACG
- SCG
- BWS (=Rumpf und UEX)
  - mechanisch
  - neuroreflektorisch
- CTÜ / Rippen
- HWS



### Scapula Normalposition :



- optimale Muskelinnervation der Rotatorenmanschette wenn Arm sich in Verlängerung der spina scapulae befindet
- optimaler Gelenkflächenkontakt
- weniger Scherkräfte



## Definition Scapuladyskinesie

**Definition:**

**Eine Änderung der normalen Kinematik der Scapula als Antwort auf verschiedene Schulterpathologien** (Kibler et al 2013)

**URSACHEN:**

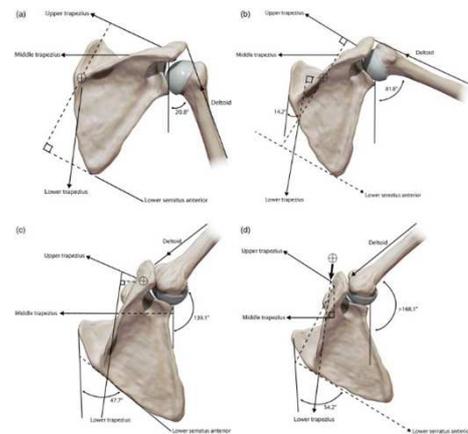
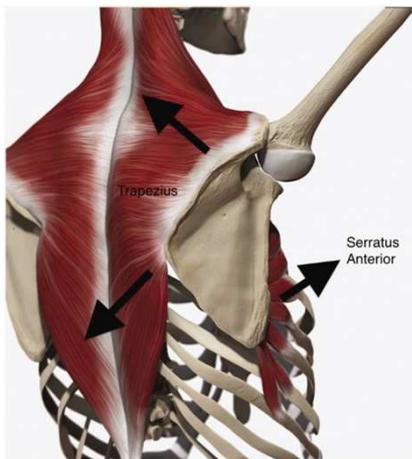
Wird oft im Zusammenhang mit unterschiedlichen Pathologien beobachtet:

- Impingement
- Verletzungen der Rotatorenmanschette
- Schulterinstabilität...

**Kann aber auch ohne Schulterpathologie vorliegen!**



## Biomechanik



Simon R., Lennard F., Aaron S., Kibler B. **Scapular dyskinesia: the surgeon's perspective.** *Shoulder and Elbow* 2015 Vol. 7(4) 289-297

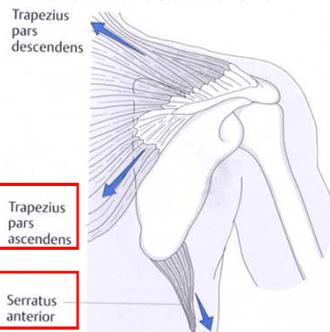


## Biomechanik

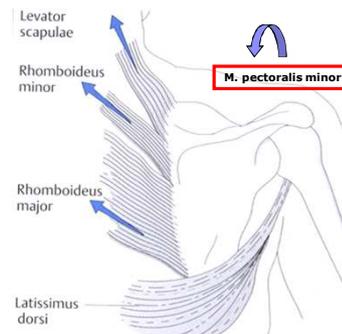
- 3:1 global?

- lokale Stabilität über M. serratus anterior und M. trapezius pars ascendens und transversa

**!Hohe Aktivität in Rhomboiden, Trapezius und Serratus anterior bei Überkopfarbeit (und höheren Lasten) = um Scapula in Retraction am Thorax zu stabilisieren.**



**Muskulatur für ARO (konzentrisch)**



**Muskulatur für ARO (exzentrisch)**



## Biomechanik - physiologisch



## Biomechanik

**54% der kinetischen Energie beim Wurf werden aus der unteren Extremität und dem Rumpf erzeugt (Kibler 1995)**



## Diagnostik - Statik

### - HALTUNG / STATIK:

- Körper gesamt
- Scapula an sich



## Diagnostik - Statik

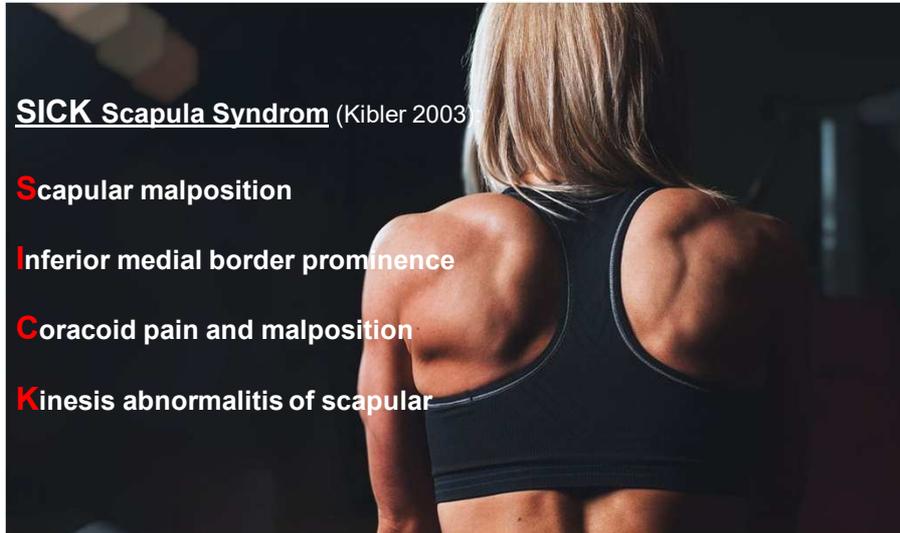
**SICK Scapula Syndrom** (Kibler 2003)

**S**capular malposition

**I**nferior medial border prominence

**C**oracoid pain and malposition

**K**inesis abnormalitis of scapular



## Diagnostik – Statik/Dynamik

Die Klassifikation der  
Dyskinesie erfolgt nach Kibler  
in 4 Grade:

**Grad 1: Inferior Angel-Typ**

= Abheben der inferiormedialen  
Skapulakante

**Grad 2: Medial Border-Typ**

Abheben der gesamten  
medialen Skapulakante

**Grad 3: Superior Border-Typ**

Abheben der gesamten Skapula

**Grad 4: Hängende Skapula**



© Ralf Kusch 2018

## Diagnostik - Dynamik

### WALL-PUSH-UP TEST

Kibler

Grad 1:

- Anheben der inferior medialen Scapulakante

Grad 2:

- Anheben der gesamten medialen Scapulakante

Grad 3

- Anheben der gesamten Scapula

alternativ

- Dyskinese der Scapula: ja/nein?

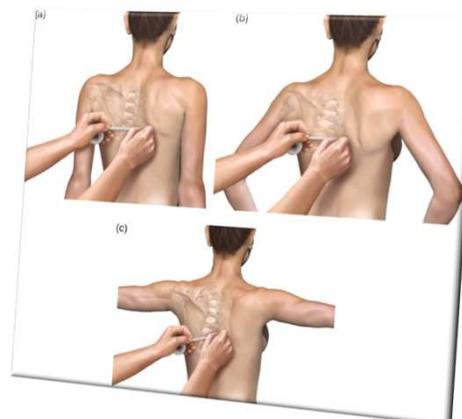


## Diagnostik - Dynamik

### LATERAL SCAPULAR SLIDE TEST

- Angulus inferior markieren
- Messung der Distanz in 3 verschiedenen Armpositionen:
  - Ruhestellung
  - Hände in die Hüfte
  - Arme in 90° ABD mit IRO

**Positiv bei > als 1,5cm Differenz**



## Diagnostik - Dynamik

Kibler

Grad 1:

- Anheben der inferior medialen Scapulakante

Grad 2:

- Anheben der gesamten medialen Scapulakante

Grad 3

- Anheben der gesamten Scapula

alternativ

- Dyskinese der Scapula: ja/nein?



## Diagnostik - Dynamik

### Scapula Retraction (SRT) and Assistance Test (SAT)



## Ursachen Pathologie

Neurologische Faktoren	z. B. Radikulopathie der HWS, Nervenlähmung des N. thoracicus longus oder N. accessorius
Gelenksstörungen	z. B. Labrumläsionen, AC-Instabilität und/oder Arthrose, glenohumerale Instabilität, Rotatormanschettenläsion, Impingement
Knöcherner Ursachen	z. B. Fraktur der Clavicula, BWS-Kyphose
Inflexibilität	z. B. Glenohumerales Innenrotationsdefizit (GIRD), »Verkürzung« des M. pectoralis minor
Muskuläre Ursachen	z. B. Schwäche des M. serratus anterior oder des M. trapezius pars ascendens
Störungen der kinetischen Kette	z. B. Defizite der Hüftmuskulatur, der unteren Extremität oder der Rumpfstabilität

Kopow C., Dixel J. Skapuladyskinesie Klinische Untersuchung und Therapiestrategie pt 9/2015



## Mögliche funktionelle Betrachtung

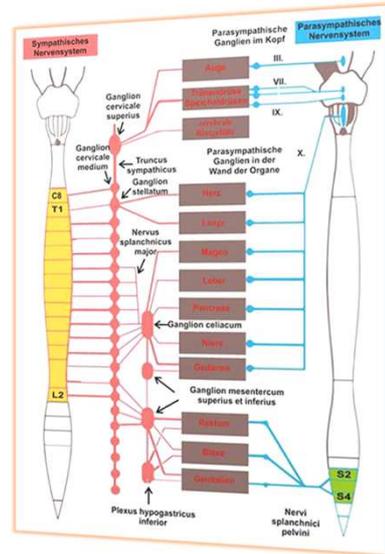
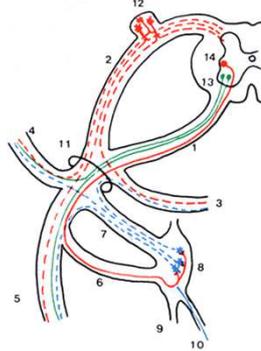
1. Beteiligte **GELENKE** funktionsgestört?  
Hier: th1-th9 incl. Rippen 1-9, ACG, SCG, GHG, „Scapulthoracales Gelenk“
2. Gestörte **INNERVATION**  
Hier: **Segment** HWS C5-7, **Nerv (periphere Irritation)** N. thoracicus longus (M. serratus anterior) und/oder N. accessorius (M. trapezius)
3. **Muskel/Faszienkette**  
Hier: z.B. Schlinge Serratus – rhomboiden
4. **Viszerale Einflüsse / VNS**  
Hier: Afferenzen innerer Organe von th1-9 (Herz, Lunge, Magen, Leber..)



## Mögliche funktionelle Betrachtung

### 4. Viszerale Einflüsse / VNS

Hier: Afferenzen innerer Organe von th1-9 (Herz, Lunge, Magen, Leber..)



## THERAPIE - Evidence



Format Abstract -

Send to -

Shoulder Elbow, 2015 Oct;7(4):289-97. doi: 10.1177/1758573215595949. Epub 2015 Jul 16.

### Scapular dyskinesis: the surgeon's perspective.

Roche SJ<sup>1</sup>, Funk L<sup>2</sup>, Sciascia A<sup>3</sup>, Kibler WB<sup>3</sup>.

#### Author information

#### Abstract

The scapula fulfills many roles to facilitate optimal function of the shoulder. Normal function of the shoulder joint requires a scapula that can be properly aligned in multiple planes of motion of the upper extremity. Scapular dyskinesis, meaning abnormal motion of the scapula during shoulder movement, is a clinical finding commonly encountered by shoulder surgeons. It is best considered an impairment of optimal shoulder function. As such, it may be the underlying cause or the accompanying result of many forms of shoulder pain and dysfunction. The present review looks at the causes and treatment options for this indicator of shoulder pathology and aims to provide an overview of the management of disorders of the scapula.

**KEYWORDS:** Dyskinesis; instability; scapula

**Trotz einiger noch unbeantworteter Fragen ist die Empfehlung:  
Scapulatrainung und Behandlung gehört in jedes  
physiotherapeutische Nachbehandlungskonzept (Kibler 2015)**



## THERAPIE - Evidence

Systematic review mit 6 inkludierten RCT's zu **Spezifischem oder allgemeinem Training** Bei subacromialen Schmerzsyndrome (SAPS)

- Fehlende Beweiskraft für die Überlegenheit nur einer bestimmten Trainingsform



NCBI Resources How To

PubMed.gov US National Library of Medicine National Institutes of Health

PubMed Advanced Search

Format Abstract - Send to -

BMC Musculoskelet Disord. 2017 Apr 17;18(1):158. doi: 10.1186/s12891-017-1518-0 [2]

**Specific or general exercise strategy for subacromial impingement syndrome-does it matter? A systematic literature review and meta analysis.**

Steen AB<sup>1</sup>, Steen TAB<sup>2</sup>, Oerter JP<sup>3</sup>, Gaastheim Dais LP<sup>4</sup>, Sjøerød Jacobsen P<sup>5</sup>, Harjuo Christiansen D<sup>6</sup>.

Author information

Abstract

**BACKGROUND:** Exercise is frequently suggested as a treatment option for patients presenting with symptoms of subacromial impingement syndrome. Some would argue implementing a specific exercise strategy with special focus on correction of kinematic deficits would be superior to general exercise strategy. There is however a lack of evidence comparing such exercise strategies to determine which is the most effective in the treatment of subacromial impingement syndrome. The aim of this review is to evaluate whether implementing specific exercise strategies involving resistive exercises are more effective than a general exercise strategy for the treatment of patients with subacromial impingement syndrome.

**METHODS:** Randomized controlled trials were identified through an electronic search on PubMed/MEDLINE, EMBASE, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science and PEDro. In addition, article reference lists and Clinicaltrials.gov were searched. Studies were considered eligible if they included interventions with resistive specific exercises as compared to general resistance exercise. Four reviewers assessed risk of bias and methodological quality guided by Cochrane recommendations. Results were synthesised qualitatively or quantitatively, where appropriate.

**RESULTS:** Six randomized controlled trials were included with 231 participants who experienced symptoms of subacromial impingement syndrome. Four studies evaluated the effectiveness of specific scapular exercise strategy and two studies evaluated the effectiveness of specific proprioceptive strategy. Five studies were of moderate quality and one study was of low quality. No consistent statistical significant differences in outcomes between treatment groups were reported in the studies. Standardized mean difference (SMD) for pain was SMD -0.19 (95% CI -0.61, 0.22) and SMD 0.30 (95% CI -0.16, 0.76) for function.

**CONCLUSIONS:** There is insufficient evidence to support or refute the effectiveness of specific resistive exercise strategies in the rehabilitation of subacromial impingement syndrome. More high quality research is needed to accurately assess this. This review provides suggestions on how to improve the methodological design of future studies in this area.

**KEYWORDS:** Function, Impingement, Pain, Physiotherapy, Shoulder, Subacromial, Training

PMID: 28416022 PMCID: PMC5300017 DOI: 10.1186/s12891-017-1518-0 [3]

[Indexed for MEDLINE] Free PMC Article

f t



## THERAPIE - Evidence

NCBI Resources How To

PubMed.gov US National Library of Medicine National Institutes of Health

PubMed Advanced Search

Format Abstract - Send to -

See 1 citation found using an alternative search:

Bri J Sports Med. 2016 Sep;50(18):1124-34. doi: 10.1136/bjsports-2015-095771 [2]. Epub 2016 Jun 10.

**Effectiveness of physical therapy treatment of clearly defined subacromial pain: a systematic review of randomised controlled trials.**

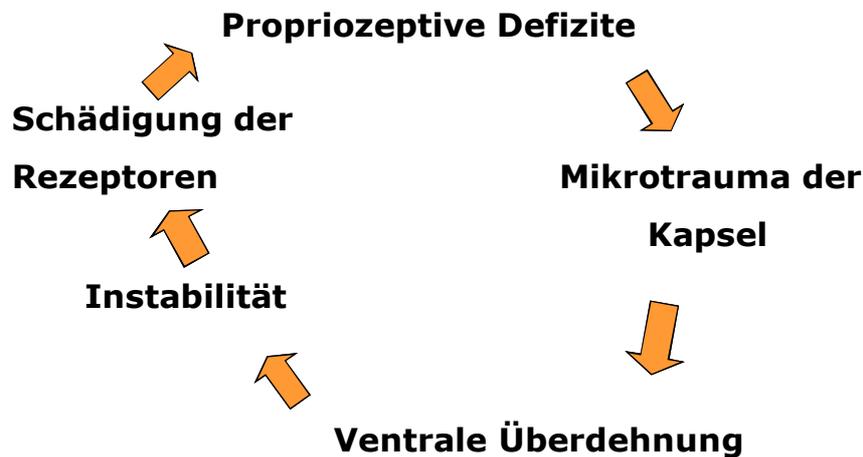
Hait MN<sup>1</sup>, Albuquerque-Serdin F<sup>2</sup>, Moreira RF<sup>3</sup>, Pires ED<sup>1</sup>, Camargo PR<sup>1</sup>.

Systematic review mit 64 inkludierten RCT's zu **Wirksamkeit von Physiotherapie/Manueller Therapie und Training** bei Subacromiale Schmerzsyndrome (SAPS)

- Hohe Beweiskraft für Scapula- und Mobilitätstraining kurz- mittel- und langfristig
- P. mit SAPS sollten zunächst konservativ mit **Manueller Therapie** und **Training** behandelt werden. Erst wenn der Erfolg ausbleibt sollte eine OP in Betracht gezogen werden.



## Schulter- (..... HWS, LWS,.....) Instabilität



## Instabilität der Schulter

### URSACHEN:

- **Übermäßige anteriore Kapsellaxität**
- **Dyskinese der Scapula**
- **Verspannte posteriore Kapsel**
- **Muskeldysbalance (IRO/ARO)**

### REHA:

- **Ruhigstellung 4-6 Wochen mit limitiertem Bewegungsprogramm**
- Gefolgt von aktiv- assistiv und passiven Bewegungsübungen ab der 4. Woche und volles Bewegungsausmaß



## Instabilität der Schulter



### REHA:

- **Mobilisation der dorsalen Gelenkkapsel**
- **gezieltes Training der Rotatorenmanschette zunächst in RL und SL dann mit Schwerkrafteinfluss und des M. biceps brachii mit leichten Gewichten in der offenen Kette**
- **Eine progressives Krafttraining kann ab der 22. Woche erfolgen, jedoch sollte für 7 bis 9 Monate auf Wettkämpfe verzichtet werden.**

Jaggi und Lambert: **Rehabilitation for shoulder instability**. B J Sports Med; 2010; 44: 333-340



## Aktive Stabilität der Schulter

### Muskulatur:

- **Skapulafixation (M. serratus und trapezius)**
- **Rotatorenmanschette**
- **M. deltoideus und M. supraspinatus + M. biceps brachii Große Muskeln (M. pectoralis major und M. latissimus)**
- **Muskeln der UEX und des Rumpfes**



## Nachbehandlung nach RM Ruptur



- Belastbarkeit der Sehnennaht und deren Verankerungen meist sehr gering
- Re-Rupturen meist innerhalb der ersten 3-6 Monate
- Kälte, LD
- Behandlung aller angrenzenden Regionen
- Steigerung nach Vorgaben (wiss. gesehen besteht kein Unterschied zw Frühmobilisation und 6 Wochen strikter Ruhigstellung)
- Alter, Knochendichte, Rissgröße, Sehnenqualität.. = **REHAprozess**

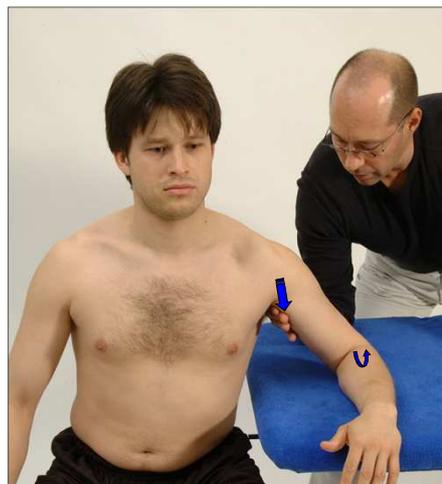
Shen C, Tang Z-H, Hu J-Z, Zou G-Y, Xiao R-C, Yan D-X. Does immobilization after arthroscopic rotator cuff repair increase tendon healing? A systematic review and meta-analysis. Arch Orthop Trauma Surg [Internet]. 2014 Sep 11 [cited 2018 Mar 9];134(9):1279-85



## Spezifische Stabilisation



**Traktionsimpulse in Ruhestellung**



**Scapulastabilität und Caudalgleiten**



## Gleitimpulse



ventral



dorsal

In Ruhestellung



## Dynamisch unter Traktion



FL/EXT



ROTATION

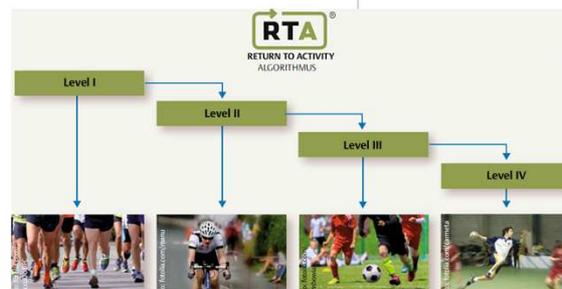


## Dynamisch unter Traktion



Tab. 1 Übersicht über die Einteilung der Sport- und Aktivitätslevel (nach Daniel et al. 1994 [1]), modifiziert für die obere Extremität.

Level	Sportaktivitäten	Alltagsaktivitäten
I	geringe Arm- und Schulterbelastung, kein Sturzrisiko <b>Walken und Joggen</b>	Alltagsaktivitäten mit geringer Arm- und Schulterbelastung
II	Schwung- und Stützbelastungen der oberen Extremität, niedriges Sturzrisiko <b>Radspport und Skilanglauf</b>	leichte körperliche Arbeit, auch über 90 Grad Abduktion/ Elevation
III	Kontaktsportarten mit geringer Armbelastung, hohes Sturzrisiko <b>Fußball und Skifahren</b>	harte körperliche Arbeit, komplexe Schulterbewegungen
IV	Schlag- Stoß- und Wurfbelastungen, hohes Sturzrisiko <b>Handball, Volleyball, Boxen, Tennis, Eishockey</b>	Aktivitäten wie Level IV Sport



## Funktionelle Tests - RTA

### TESTS LEVEL I



Keller M. & Kurz E. (2017) [Zurück zum Pre Injury Level - der RTA Algorithmus für die obere Extremität](#)  
 Manuelle Therapie (21)3 113-121



## Funktionelle Tests - RTA

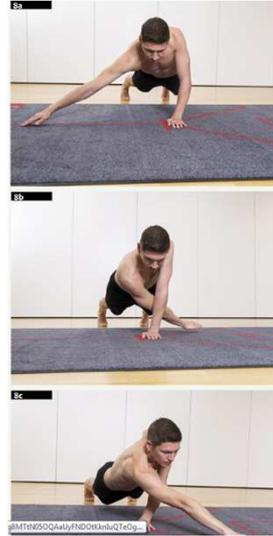
### TESTS LEVEL II



Keller M. & Kurz E. (2017) [Zurück zum Pre Injury Level - der RTA Algorithmus für die obere Extremität](#)  
 Manuelle Therapie (21)3 113-121



## Funktionelle Tests - RTA



Keller M. & Kurz E. (2017) [Zurück zum Pre Injury Level - der RTA Algorithmus für die obere Extremität](#)  
Manuelle Therapie (21)3 113-121



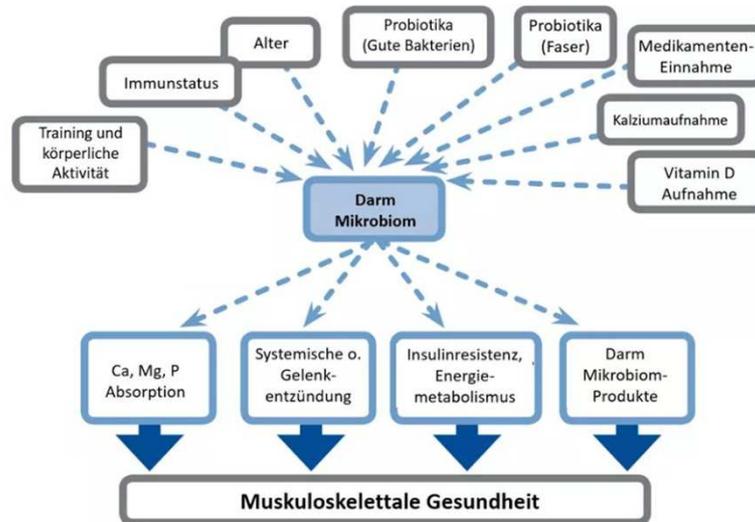
## Funktionelle Tests - RTA



Keller M. & Kurz E. (2017) [Zurück zum Pre Injury Level - der RTA Algorithmus für die obere Extremität](#)  
Manuelle Therapie (21)3 113-121



## Training alleine macht es auch nicht....



Gohir, S., & Valdes, A. M. (2019). The role of the gut microbiome in musculoskeletal rehabilitation. *InTouch*, 4-9.



Das **Darm-Mikrobiom** besteht aus **300 Billionen Bakterien** innerhalb des menschlichen Gastrointestinaltrakts (Bull & Plummer 2014, Rath & Dorrestein 2012) und beherbergt grob **1000 mikrobielle Spezies** (meist streng Anaerobe (Harris et al. 1976), wovon die meisten den Darm besiedeln.

Es hat einen **wichtigen Einfluss auf die Gesundheit des muskuloskeletalen Systems** und könnte daher potenziell eine wichtige praktische Bedeutung für die muskuloskeletale Reha haben.

Das Darm Mikrobiom hat eine Wirkung auf den **Fettsäurenmetabolismus** (Matey-Hernandez et al. 2018), die **angeborene Immunität** (Thaiss et al. 2016) und **Entzündungsprozesse** (Buford 2017).

Darüber hinaus beeinflusst es die generelle Gesundheit und hat einen Einfluss auf

- **Übergewicht** (Lin et al. 2012, Frost et al. 2014)
- **Muskelfunktion und-komposition** (Chen et al. 2016, Buigues et al. 2016),
- **Knochenmetabolismus, Knochendichte und-masse** (Britton et al. 2014, Ohlsson et al. 2014, Tack et al. 2018, Whisner & Castello 2018, Nillson et al. 2018)
- **Gelenkentzündungen** (Horta-Baas et al. 2017, Babaie et al. 2018, Chimenti et al. 2018)
- **Knorpelmetabolismus** (Guss et al. 2019)

**Erst sehr wenige Studien** haben die Wirkung von **Prä- bzw. Probiotika am Menschen** untersucht (Shing et al. 2014, Salarkia et al. 2013, Buigues et al. 2016), wecken allerdings nach Ansicht der Autoren die Hoffnung, dass hierdurch das **MSK-System als Zusatz zu einer aktiven Rehabilitation positiv beeinflusst werden kann**.

Gohir, S., & Valdes, A. M. (2019). The role of the gut microbiome in musculoskeletal rehabilitation. *InTouch*, 4-9.



## Trainings und Behandlungspläne

- **MTT Schulter**

- Schulterpatient, Rotatorenmanschetteninsuffizienz, schmerzhafte Bewegungen: ARO; ABD

- **MTT Wirbelsäule**

- BSV (konservativ), Facettenhypertrophie, Verfettung erector spinae lumbalis, schmerzhafte Bewegung: Ext (Hyperlordose)

- **MTT Knie**

- VKB-Ruptur, Patella-oder Semitendinosusimplantat, 4 Wochen post OP

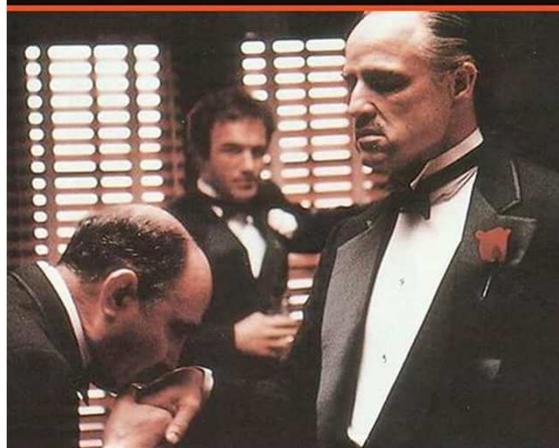
- **MTT Hüfte**

- Coxarthrose, zusätzlich Schmerzen LWS und auf der betroffenen Seite Knie



## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

That feeling when someone comes to you for gym advice...



## Literaturverzeichnis

- Engelhard, M., Freiwald, J.; Neuromuskuläre Dysbalance-Hindernis oder Vorteil im Leistungssport;1995
- Engelhard, M., Freiwald, J.; Neuromuskuläre Dysbalance in der Medizin;1995
- Klee, A.; Haltung, muskuläre Balance und Training;1995
- Janda, V.; Manuelle Funktionsdiagnostik;1976/1994
- Schomburg, E.D.; Afferenzen- Weiterleitung und Verschaltung; Neuromuskuläre Dysbalancen; 1997
- Hermann et all.; Psychologisches Aufbautraining nach Sportverletzungen;1994
- Israel, S.; Muskelaktivität und Menschwerdung;1995
- Schildt-Rudloff, K.; Manuelle Medizin und Krankengymnastik;1995
- Simons, D.; Myofascial pain syndrome due to trigger points;1988
- Janda, V.; Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik;1994
- Asmussen et all.; Form and function of the erect human spine;1962
- Johnson et all.; Data on the distribution of fibre types in human muscles; autopsy study;1973
- Spring,H.;Muskelfunktionsdiagnostik;1981
- Lovejoy, C.; Evolution of human walking
- Freiwald, J.; Neuromuskuläre Veränderungen des M. quadriceps femoris nach akuten und chronischen Kniegelenksschädigungen;1996
- K. F. Masuhr, M. Neumann: *Neurologie*. 4. Auflage, Hippokrates Verlag, Stuttgart 1998



- Duncan P.W., Weiner D.K., Chancler J., Studenski S.; 1990
- D. Podsiadlo, S. Richardson: *The Timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons*. In: *Journal of the American Geriatrics Society*. 39 (2), 1991
- Tinetti ME: *Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients*. J Am Geriatr Soc. 1986
- Bös, Wydra, Karisch 1992
- The Reliability of an Instrumented Device for Measuring Components of the Star Excursion Balance Test. Plisky P et al. Am J Sports Phys Ther. 2009
- Cook Gray, Movement assessment: The Functional Movement Screen, 1998
- Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 2007, Bd. 2 (3), S. 1–9; 2. Journal of Strength and Conditioning Research, 2010
- Tschopp, M.; Leistungsdiagnostik Kraft; Swiss Olympic Medical Centers; 2003
- McGill, S.M.; Endurance times for lowback stabilization exercise;1999
- Alaranta et al.; Non- dynamic trunk performance tests; 1994
- McGill, S.M.; Endurance times for lowback stabilization exercise;1999
- Miller, T.; NSCA's Guide to tests and assesments. Science of strength an conditioning series;2012
- Haff, G., Dumke, C.; Laboratory Manual for Exercise Physiology; 2012
- Stoppani, J. PhD; Kraftsportzyklopädie ;2016
- Freiwald, J. Prof., Greiwing,A. Dr.; Optimales Krafrtraining;2016
- Herbert-Losier et al.; Jumping and Hopping in Elite and Amateur Orienteering Athletes and Correlations to Sprinting and Running; 2014
- Physio meets sciens



- Markovic et al.; Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests; 2004
- Voss, G. et al.; Herausforderung Schnelligkeitstraining; 2007
- Flanagan, E.P. et al.; Muscle Dynamics Differences between legs in healthy adults; 2007
- Hoffman, J.; Norms for Fitness, Performance and Health; 2006
- Juris, P.M. et al.; A Dynamic Test of Lower Extremity Function Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Rehabilitation; 1997
- Reiman, M.P., et al.; Functional testing in human performance; 2009
- Gokeler, A. et al.; Abnormal landing strategies after ACL reconstruction; 2009
- Ross, M. D. et al.; The relationship between participation, restriction and selected clinical measures following ACL reconstruction; 2002
- Ellenbecker; Reaktive Testung; 2006
- Völker, K.; Leistungsphysiologie; 2011
- Ulrich, G.; Evaluation des Cooper Test aus leistungsphysiologischer Sicht; 2006
- Flanagan, E.P. et al.; Muscle Dynamics Differences between legs in healthy adults; 2007
- Hoffman, J.; Norms for Fitness, Performance and Health; 2006
- Juris, P.M. et al.; A Dynamic Test of Lower Extremity Function Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Rehabilitation; 1997
- Reiman, M.P., et al.; Functional testing in human performance; 2009
- Gokeler, A. et al.; Abnormal landing strategies after ACL reconstruction; 2009
- Ross, M. D. et al.; The relationship between participation, restriction and selected clinical measures following ACL reconstruction; 2002
- Ellenbecker; Reaktive Testung; 2006
- Völker, K.; Leistungsphysiologie; 2011
- Ulrich, G.; Evaluation des Cooper Test aus leistungsphysiologischer Sicht; 2006



- Birbaumer, N. and R.F. Schmidt, Biologische Psychologie 7 ed 2010
- Laube, W., Das Sensomotorische System; 2009
- Purslow, P.P., The structure and functional significance of variations in the connective tissue within muscle, Elsevier Science Inc 2002
- Videman, T., Connective tissue and immobilization, Key factor in musculoskeletal degeneration? Clin Ortop. 1987
- Williams, P.E., et al., The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. J. Anat. 1988
- Gardin, A., et al., The long-term clinical and MRI results following eccentric half muscle training in chronic Achilles tendinosis, Skeletal Radiol 2010
- Ees, J.D., R.L. Wolman and A. Wilson, Eccentric exercises; why do they work, what are the problems and how can we improve them? Br J Sports Med 2009
- Knobloch, K., Eccentric training and the science behind. Med Sci Sports exerc. 2009
- Grigg, N.L., S.C. Wearing, and J.E. Smeathers, Eccentric calf muscle exercise produces a greater acute reduction in Achilles tendon thickness than concentric exercise. Br. J. Sports med 2009
- Allison, G.T. and C. Purdam, Eccentric loading for Achilles tendonopathy- strengthening or Stretching? Br J Sports Med 2009
- Freiwald, J., Optimales Dehnen, Sport- Prävention und Rehabilitation 2013
- Müller, D.G. and R. Schliep, Fascial fitness, in Fascia: The Tensional Network of the Human Body 2012
- Tillmann, B. Binde- und Stützgewebe des Bewegungsapparates, in Anatomie des Menschen, H. Leonhardt, et al., Editors 2003
- Schmidt, R.A. and C.A. Wrisberg, Motor learning and performance 4 ed a situation- based learning approached 2008



- Hewett, T.E. S.L Di Stasio and G.D. Myer, Current Concepts for injury Prevention an Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Am J Sports med 2012
- McBain, K., et al., Prevention of sport injury 2: a systematic review of applied biomechanics and physiologic outcomes research Br J Sports Med 2012
- McBain, K., et al., Prevention of sport injury 2: a systematic review of applied biomechanics and physiologic outcomes research Br J Sports Med 2012
- Schwenk, M., et al., Definitions and methods of measuring and reporting on injurious falls in randomized controlled fall prevention trials a systematic review, BMC med Res Methodol 2012
- Kirkendall, D.T. and J.Dvorak, Effective injury prevention in soccer, Phys Sportsmed 2010
- van Beijsterveldt, A.M. et al Effectiveness and cost-effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: design of a cluster randomized controlled trial Inj. Prev 2011
- Krist, M.R. et al Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster randomized trial. J.Physiother, 2013
- Freiwald, J., Jöllenbeck, and C Baumgart Obere Sprunggelenksverletzungen, Prävention und Rehabilitation unter der Perspektive der modernen Motorikforschung, MOT 2007
- Jöllenbeck, T. Et al, Prävention von Kreuzbandverletzungen, in GOTS Expertenmeeting GOTS, Editor 2010
- Jöllenbeck, T., et al Prävention und Verletzungen -Review zu Strategien und Evident, Sport Othop. Traumatol 2013
- GOTS ed GOTS Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband, ed .G.-G.f.O.-T. Sportmedizin 2010
- Fleck, S. and M.h. Kraemer, Designing resistance training programmes 4 ed 2014
- MacDougall, J.D., Hypertrophie und/ oder Hyperplasie, in Kraft und Schnellkraft im Sport, Eine Veröffentlichung des IOC in Zusammenarbeit mit der FIMS, P.V. Komi, Editor 1994



- Hubal, M.J., et al., Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training Med Sci Sports Exerc. 2005
- Folland, J.P. and A.G. Williams, The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength Sports Med 2007
- Rennie, M.J. et al., Control of the size of the human muscle mass. Annu Rev Psychol 2004
- Wagenmakers, A.J.M., The Metabolic Systems : Protein and Amino Acid Metabolism in Muscle, in American college of sports medicine-ACSM's advanced exercise physiology,C.M. Tipton, Editor 2006
- Antonio, J. and W.J. Gonyea, Skeletal muscle fiber hyperplasia. Med Sci Sports Exerc. 1993
- Wackerhage H., et al., Genetic and Signal Transduction Aspects of Strength and Conditioning-Biological Principles and Practical Applications, M. Cardinale R.P. Newtown, and K. Nosaka Editors 2011
- Baar, K. and H. Wackerhage, Molecular adaptation to resistance exercise in Molecular exercise physiology- an introduction, H. Wackerhage, Editors 2014
- Henneman, E., G. Somjen, and D.O.Carpenter Functional significance of cell size in spinal motoneurons. J. Neurophysiol 1965
- Sale,D.G. Neural adaptation to strengthtraining, Strength and power in sports. An IOC medical commission Publication in collaboramedicine, The Encyclopedia of Sports Medicine 3, P.C. Komi, Editor 2003
- Enoka, R.M. Muscle strength and its development, Sport Med. 1998
- Hoppeler, H. Eccentric Exercise, Physiologie and Application in Sport and Rehabilitation, Routledge Research in Sport and Exercise Science Vol. 8, 2015
- Duchateau, J., J.G. Semmler, and R.M. Enoka, Training adaptations in the behavior of human motor unitz. J. Appl Physiol. 2006
- Sale, D.G. Neural adaption to resistance training. Med Sci Sport exerc. 1988
- Kenney, W.L. J.H- Wilmore, and D.L. Costill Physiologie of Sport and Exercise 5.ed 2012



- Brenner, B., Physiologische Grundlagen und sportphysiologische Aspekte, in Muskelverletzung im Sport. H.W. Müller-Wohlfahrt, P. Ueberlacker, and L. Hänsel, Editors 2010
- Blottner, D., Funktionelle Anatomie der Skelettmuskulatur, in Muskelverletzungen im Sport, H.W. Müller-Wohlfahrt, P. Ueberlacker, and L. Hänsel, Editors 2010
- Leon Hardt, H., et al., eds. Anatomie des Menschen.3 ed. VEL.1.2003
- Freiwald, J.C Buamgart, and P. Konrad, Einführung in die Elektromyographie. Sport – minus- rehabilitaiton. 2007
- Fleck, S. and M.h. Kraemer, Designing resistance training programmes 4 ed 2014
- Tatsiorsky, V.M. and W.J. Kraemer, Science and Practice of Strength Training 2 ed 2006
- Fleck, S. and M.h. Kraemer, Designing resistance training programmes 4 ed 2014
- Freiwald, J.,S. Pieper, and Baumgart, Prävention, Rehabilitation und Sport. Output 2009
- Chtourou, H., et al., Effects of static and dynamic stretching on the diurnal variations of jump performance in soccer players. PLoS One 2013
- Behm, D.G. and A. Chaouachi, A Review of the Acute Effects of Static and Dynamic Stretching on Performance. Eur. J Appl. Physiol. 2011
- Ostermeier, S., Auswirkungen von Krafttraining auf den Gelenkknorpel, Unfallchirurg. 2009
- Siebert, C.H., et al., Konservative Therapiemöglichkeiten bei Arthrose, SportorthoTrauma 2009
- Jagodzinski, M., C. Haasper, and C. Krettek, Schäden am patellafemorale Gelenk durch Krafttraining. Unfallchirurg.2009
- Freiwald, J. and M. Engelhardt, Vordere ´Kreuzbandruptur
- Williams, R.J., ed Cartilage Repair Strategies 2007

