

Die „Berliner Methode“

Praktische Empfehlungen für ein Sehnentraining zur Leistungssteigerung, Prävention und Therapie

Inhalt

Hintergrund	3
Sehnentraining	5
Praktische Übungsempfehlungen gemäß der „Berliner Methode“	7
Patellarsehne	7
(A) Training in der Halle / zu Hause	7
1 Kniebeugen	7
2 Ausfallschritte	9
3 Einbeiniges Aufsteigen auf eine Bank	9
4 Kniestreckung mit Schlinge	10
(B) Im Krafraum	10
1 Beinpresse	10
2 Extensionsgerät	12
3 Kniebeuge mit Langhantel	13
Achillessehne	14
(A) Training in der Halle / zu Hause	14
1 Fußstreckung mit Schlinge	14
2 Fersenheben	14
4 Fußstreckung im Türrahmen	15
(B) Im Krafraum	15
1 Beinpresse	15
Impressum	16

Hintergrund

Sehnen übertragen die Kraft des Muskels auf das Skelett und haben damit eine wichtige Funktion für alle Arten menschlicher Bewegung. Die Eigenschaften der Sehnen, d.h. ob sie besonders widerstandsfähig bzw. zugresistent oder eher nachgiebig sind, haben dabei einen direkten Einfluss auf die Arbeitsweise und damit auf das Kraftpotential des Muskels. Vor allem eine hohe Widerstandsfähigkeit (Steifigkeit) wird hierbei mit verbesserten Schnellkraftleistungen, wie beim Sprint oder Sprung, sowie mit der Ökonomie des Laufens, der Gleichgewichtssicherungsfähigkeit und der Prävention und Rehabilitation von Sehnenkrankungen in Verbindung gebracht (Abb. 1).

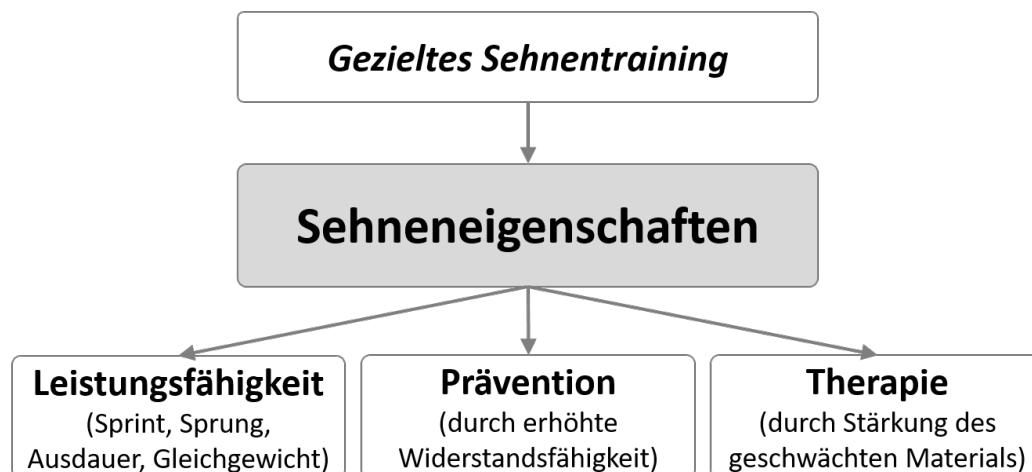


Abbildung 1: Relevanz der Sehneneigenschaften für die körperliche Leistungsfähigkeit und gezielte Verbesserung durch ein spezielles Sehnentraining.

Sehnen sind dabei kein unveränderbares Bindegewebe, sondern passen sich, wie man heute weiß, an mechanische Belastungen (z.B. durch Training) an. Der entscheidende Stimulus für die Sehne ist die Dehnung, die sie infolge kräftiger Kontraktionen des zugehörigen Muskels erfährt. Diese Deformation wirkt über verschiedene Wege der Mechanotransduktion auf die Sehnenzellen und hemmt gewebeabbauende bzw. fördert gewebeaufbauende Prozesse. Anpassungsreaktionen zeigen sich in Form von veränderten Materialeigenschaften (z.B. Kollagengehalt und molekulare Vernetzung) und/oder einer Zunahme des Querschnittes (Hypertrophie), wobei letzteres vor allem im langfristigen Prozess zu beobachten ist. Beide biologischen Anpassungen haben eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Sehne zur Folge. Die Zunahme der sogenannten Steifigkeit ist physiologisch sinnvoll, da eine Zunahme der Muskelkraft ansonsten das Ausmaß der bei Muskelanspannung erzeugten Dehnungen in der Sehne so stark erhöht, dass Schädigungen des Gewebes ausgelöst werden könnten, die den Ausgangspunkt von Entzündungen und Verletzungen bedeuten können (Abb. 2). Vor diesem Hintergrund ist folgerichtig eine ausgewogene Anpassung von Muskel und Sehne anzustreben.

Dabei ist wichtig zu wissen, dass Muskeln und Sehnen sich auf unterschiedliche Weise an Belastung anpassen. Vergleicht man Muskel- und Sehngewebe, fällt auf, dass Letzteres

eine vergleichsweise schlechtere Durchblutung und einen langsameren Stoffwechsel aufweist. Das ist der Grund für eine langsamere Anpassung der Sehne im Vergleich zum Muskel. Darüber hinaus sind auch die anpassungswirksamen Belastungsformen für Muskeln und Sehnen unterschiedlich. Während der Muskel bspw. Anpassungen (Kraftsteigerungen) als Reaktion auf plyometrisches Training (z.B. Sprungtraining) und Krafttraining im mittleren Intensitätsbereich zeigt, führt diese Form der Belastung nur zu verhältnismäßig geringen Anpassungsreaktionen der Sehnen. Diese beiden Besonderheiten der Sehnenanpassung müssen im Trainingsprozess also berücksichtigt werden, wenn beide Strukturen optimal und ausgewogen entwickelt werden sollen (Abb. 2).

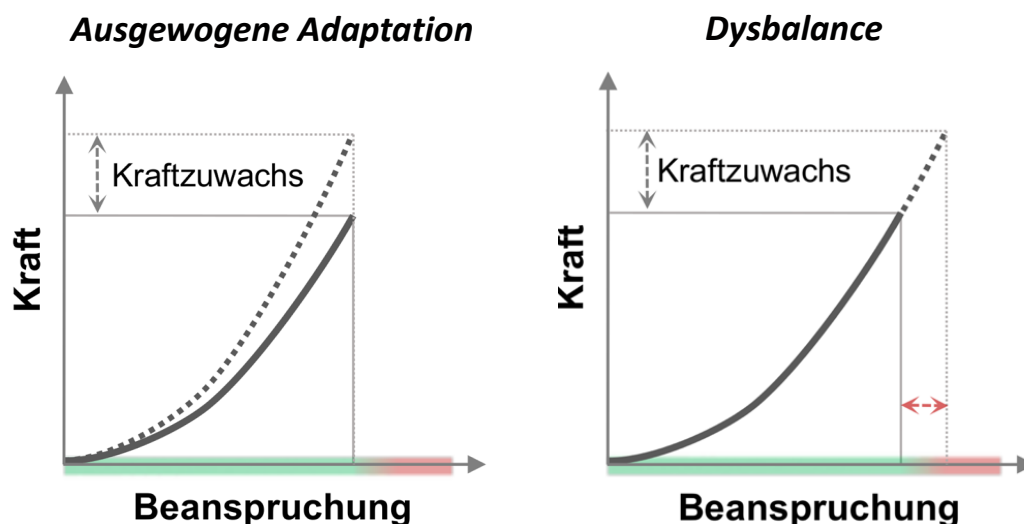


Abbildung 2: Ausgewogene und nicht-ausgewogene Anpassungsreaktionen (Dysbalance) von Muskel und Sehne. Bei einer ausgewogenen Anpassung geht die Zunahme der Muskelkraft mit einer Zunahme der Sehnensteifigkeit einher (steilerer Anstieg bei der gestrichelten Kurve), sodass die Beanspruchung (Dehnung) der Sehne auch bei höherer Kraft in physiologischen Bereichen gegeben bleibt. Im Fall einer nicht-ausgewogenen Entwicklung, ohne adäquate Anpassung der Sehne, verursacht der Kraftzuwachs latente Beanspruchungen über das normale Maß hinaus.

Die damit verbundene erhöhte Beanspruchung scheint das Risiko für Sehnenbeschwerden entsprechend zu steigern (Abb. 2), denn es treten eben insbesondere bei Athleten der Sprint- und Sprungsportarten sowie Ausdauerathleten (z.B. Volleyball, Basketball, Leichtathletik) Beschwerden mit schmerzhaften und funktionseinschränkenden Veränderungen gehäuft auf. Um eine pathologische Symptomatik als Folge einer unausgewogenen Anpassung von Muskel und Sehne vorzubeugen, ist entsprechend ein ergänzendes und frühzeitiges Sehnentraining mit dem Ziel der Kräftigung der Sehne (Erhöhung der Steifigkeit) präventiv für alle Altersbereiche unbedingt zu empfehlen. Ein gezieltes Training der Sehnen ist auch in der Rehabilitation von Sehnenbeschwerden (Tendinopathie, Ruptur, Partialruptur) von Bedeutung. Infolge von chronischen Beschwerden und nach der Akutphase von Verletzungen ist das Sehnenewebe geschwächt

und vergleichsweise schlecht belastbar. Eine Wiederherstellung der Widerstandsfähigkeit der Sehne ist entsprechend anzustreben. Es kann basierend auf Literaturbefunden argumentiert werden, dass ein Sehnentraining hier gegenüber einer medikamentösen Therapie und reinen passiven Physiotherapiemaßnahmen entscheidende Vorteile hat und deshalb als Therapie nach der Wundheilungsphase zur Rehabilitation geeignet ist.

Sehnentraining

Entscheidend für die Anpassung der Sehne ist die wiederholte Zugbelastung, hervorgerufen durch die Kontraktion des jeweils zugehörigen Muskels. Die resultierende Dehnung der Sehne wird durch die vier Faktoren Magnitude (Höhe der Dehnung), Frequenz (Anzahl der Wiederholungen der Belastung pro Zeitintervall), Dauer (zeitliche Dauer der einzelnen Reizapplikationen) und Rate (Dehnungszunahme pro Zeiteinheit) bestimmt. Durch unsere systematische Forschung konnte folgende Belastungskonfiguration als ein „optimales“ Sehnentraining identifiziert werden (Abb. 3).

Trainingskonzept „Berliner Methode“:

1. Trainingsprotokolle sollten durch hohe Muskelkräfteeinsätze gekennzeichnet sein, d.h. $\geq 85\%$ des *isometrischen willkürlichen Kraftmaximums*. Dadurch kann die zur Adaptation notwendige hohe Dehnung der Sehne erzeugt werden. Die Form der Muskelkontraktion (exzentrisch, isometrisch oder konzentrisch) spielt keine entscheidende Rolle.
2. Die *Dauer* der Muskelkontraktion und die damit verbundene Dehnung der Sehne, sollte für *ca. 3 Sekunden* gehalten werden. Die Dauer ist essenziell für eine effektive Übertragung der Dehnung auf die Sehnenzellen, die für die Anpassungsreaktionen verantwortlich sind.
3. *Wiederholende Belastungen* sind geeigneter als konstant gehaltene längere Belastungen. Höhere Dehnungsraten durch beispielsweise plyometrisches Training sind nicht so wirksam für die Sehnenadaptation.
4. Die *Winkelstellung des Gelenks* sollte berücksichtigt werden, um der Kraft-Längen-Relation des Muskels gerecht zu werden. Für die Achillessehne empfehlen sich ca. 90° im Fußgelenk bei gestrecktem Knie, das Training der Patellarsehne sollte bei ca. 70° Kniegelenkwinkel stattfinden.
5. Eine hohe Trainingswirksamkeit zeigt sich bei *5 Serien* mit jeweils *4-maligen Wechsel aus 3 Sekunden Belastung und 3 Sekunden Entspannung*. Zwischen den Serien sollte *1 bis 2 Minuten Pause* gegeben werden.
6. Um deutliche Effekte auf die Widerstandsfähigkeit der Sehne zu erzielen, ist eine Durchführung des Trainings über *mindestens drei Monate* zu empfehlen. Nach einer *Eingewöhnungsphase* mit zwei Einheiten pro Woche lässt ein *vier Mal wöchentlich durchgeführtes Training* die größten Trainingserfolge erwarten.

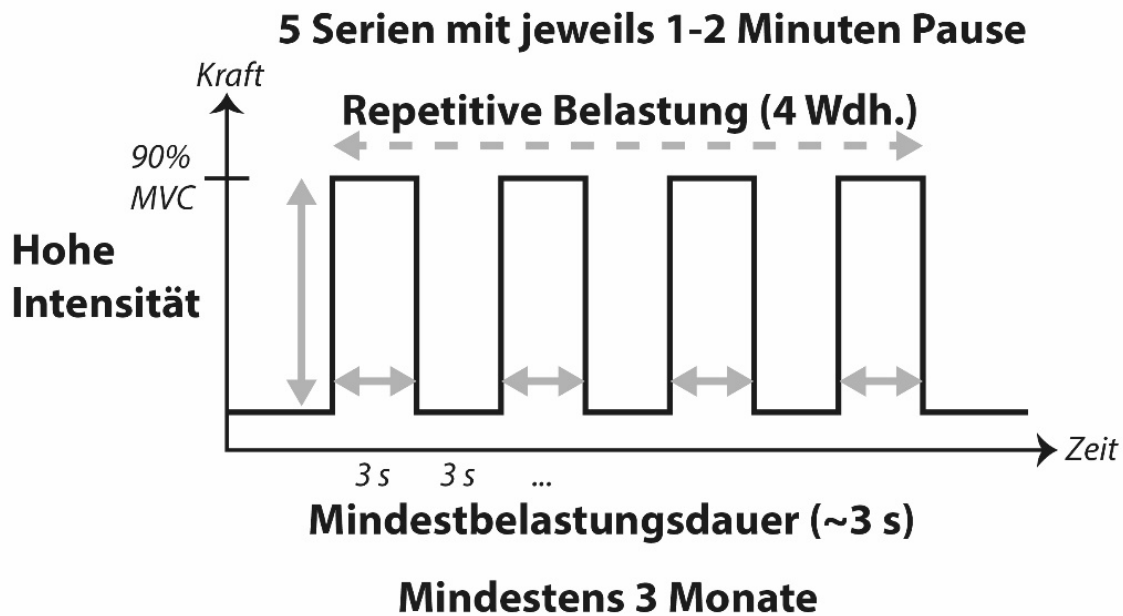


Abbildung 3: Evidenzbasierte Empfehlungen für einen effektiven Trainingsreiz zur Sehnenanpassung. Hohe Belastungen durch kräftige Muskelkontraktionen sollten in fünf Sätzen mit vier Wiederholungen bei einer Be- und Entlastungsdauer von je ca. drei Sekunden und Pausen von ein bis zwei Minuten appliziert werden. Wir empfehlen ein Training viermal pro Woche über mindestens drei Monate.

Das Einbringen in bestehende Krafttrainingspläne oder reguläre Trainingseinheiten kann problemlos vorgenommen werden, der zeitliche Umfang einer Sehnenanpassungseinheit liegt bei insgesamt ca. 15 Minuten (je nach Pausenlänge) wenn beide Seiten (wechselseitig in der jeweiligen Pause) trainiert werden. Aufgrund der kontrollierbaren Trainingsbedingungen ist die Durchführung an Kraftmaschinen unter statischen Bedingungen von Vorteil, jedoch nicht zwingend. Eine schrittweise Steigerung der Belastung sollte innerhalb der ersten drei bis vier Wochen berücksichtigt werden, um Überlastungen zu vermeiden. Stehen keine Maximalkraftwerte zur Berechnung des individuellen Trainingswertes von $\sim 85\%$ zur Verfügung kann auf subjektiv empfundene maximale Kontraktionen zurückgegriffen werden. Ist eine entsprechende Trainingsperiode erfolgreich absolviert, sollte ein reduziertes Trainingsvolumen (2x Woche) ausreichen, um die Anpassungen zu erhalten, obgleich hierzu noch keine gesicherten Erkenntnisse existieren. Allgemein gilt, dass der Wirkungsmechanismus des Trainingskonzeptes (Abb. 3) auf andere Sehnen, wie beispielsweise am Schultergelenk, übertragbar ist.

Praktische Übungsempfehlungen gemäß der „Berliner Methode“

Im Folgenden sind einige Übungsbeispiele für die Achilles- und Patellarsehne zusammengetragen. Vor dem Hintergrund der Prinzipien des Trainingskonzeptes lassen sich weitere Übungen schnell selbst ableiten. Bei dynamischen Übungen ist vor der Belastung im hohen Intensitätsbereich unbedingt die technische Ausführung zu schulen.

Die Intensität der Übungen, bei welchen mit dem eigenen Körpergewicht gearbeitet wird, lässt sich durch Zusatzgewichte weiter steigern. Je nach Ausstattung können Kurzhanteln, Kettlebells, Medizinbälle o.ä. genutzt werden. In Sporthallen ist es zudem möglich, eine Turnbank mit einem Ende vor der Brust zu halten (ggf. mit Partner*in auf der Bank) oder eine Bank zu zweit anzuheben. Nicht zuletzt kann auch ein/e Partner*in als Zusatzgewicht Huckepack getragen werden.

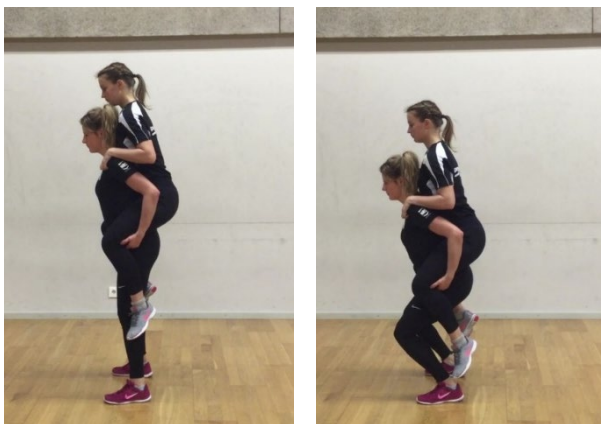
Patellarsehne

(A) Training in der Halle / zu Hause

1 Kniebeugen

1.1 Beidbeinige Kniebeugen

Ausgangsposition ist ein ungefähr hüftbreiter Stand. Die Beine werden langsam bis zu einem Kniewinkel von etwa 70° gebeugt. Der Rücken bleibt gerade, der Oberkörper leicht nach vorne gebeugt. Die Position wird 3 Sekunden gehalten und dann langsam wieder nach oben aufgelöst.



1.2 Beidbeinige Kniebeugen mit Anheben eines Beines

Ausgangsposition ist ein ungefähr hüftbreiter Stand. Die Beine werden langsam bis zu einem Kniewinkel von etwa 70° gebeugt. Der Rücken bleibt gerade, der Oberkörper leicht nach vorne gebeugt. Das Gewicht wird auf ein Bein verlagert und das andere Bein angehoben. Die Position wird 3 Sekunden gehalten, danach wird das freie Bein wieder

abgestellt und die Position langsam nach oben aufgelöst. Nach 4 Wiederholungen wird das Bein gewechselt.

Variation:

In der gebeugten Position (ca. 70° Kniewinkel) wird abwechselnd erst das eine Bein angehoben und die Position 3 s gehalten, dann wird das andere Bein angehoben und die Position 3 s gehalten. Danach wird das freie Bein wieder abgestellt und die Position langsam wieder nach oben aufgelöst.



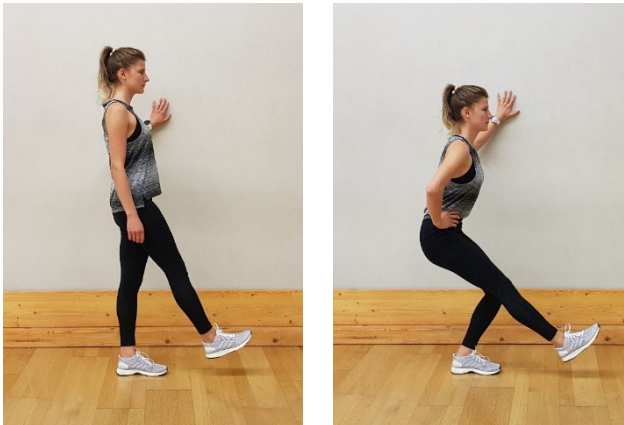
1.3 Kniebeuge mit Schlinge

Ausgangsposition ist ein ungefähr hüftbreiter Stand. Ein Schlingentrainer (o.ä.) wird mit der einen Seite an der Wand befestigt, die andere Seite wird um die Unterschenkel kurz unterhalb des Knies geschlungen. Der Schlingentrainer sollte in der Ausgangsposition unter Spannung stehen. Die Beine werden langsam bis zu einem Kniewinkel von etwa 90° gebeugt. Der Rücken bleibt gerade, der Oberkörper sollte möglichst aufrecht bleiben (etwa 90° Hüftwinkel). Die Position wird 3 Sekunden gehalten und dann langsam wieder nach oben aufgelöst.



1.4 Einbeinige Kniebeugen

Ausgangsposition ist ein Einbeinstand (ggf. mit der Hand an der Wand als Gleichgewichtshilfe). Das freie Bein wird nach vorn gestreckt, das Standbein wird langsam bis zu einem Kniewinkel von etwa 70° gebeugt. Die Position wird 3 Sekunden gehalten, danach wird das Standbein wieder getreckt, um in die Ausgangsposition zurückzukehren.



2 Ausfallschritte

Ausgangsposition ist ein weiter Ausfallschritt. Der Oberkörper wird in aufrechter Position abgesenkt, bis das hintere Knie knapp über dem Boden ist, bzw. das vordere Knie etwa 90° gebeugt ist. Diese Position wird 3 Sekunden gehalten und dann nach oben aufgelöst.



3 Einbeiniges Aufsteigen auf eine Bank

Ausgangsposition ist ein Bein auf einer Turnbank (o.ä.), das andere Bein dahinter auf dem Boden. Das Gewicht wird auf das vordere Bein verlagert. Das vordere Bein wird leicht gesteckt (in eine Position von ca. 90°), bis das hintere Bein vom Boden abhebt. Diese Position wird 3 Sekunden gehalten, danach wird das hintere Bein wieder auf dem Boden abgestellt.



4 Kniestreckung mit Schlinge

Ausgangsposition ist eine Bauchlage mit Blick zur Wand. Ein Bein wird bis ca. 70° Kniewinkel gebeugt. Ein Schlingentrainer (o.ä.) wird mit der einen Seite an der Wand befestigt, die andere Seite wird kurz über dem Fußgelenk um den Unterschenkel des gebeugten Beins geschlungen. Das Bein wird gegen den Widerstand des Schlingentrainers gestreckt (der Kniewinkel sollte sich dabei nicht verändern und der Oberschenkel sollte auf dem Boden bleiben).



(B) Im Kraftraum

1 Beinpresse

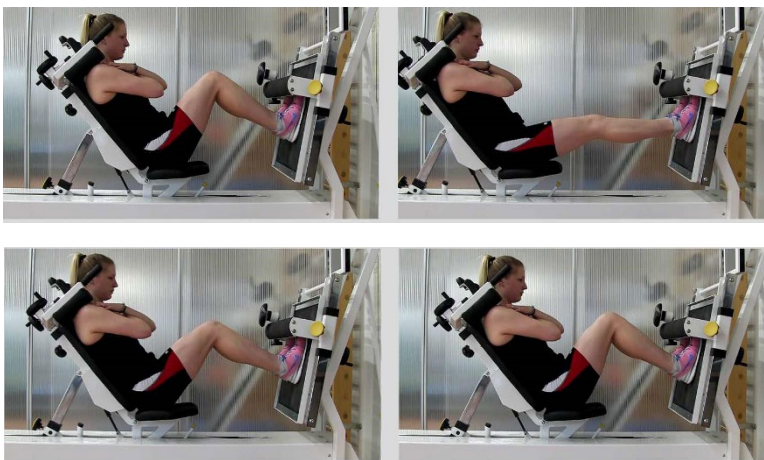
1.1 Isometrisch

Die Beinpresse wird festgestellt und es erfolgt eine Kniestreckung gegen den Widerstand bei etwa 70° Kniewinkel (0° = Knie gestreckt). Die Spannung wird 3 Sekunden gehalten, dann langsam gelöst.



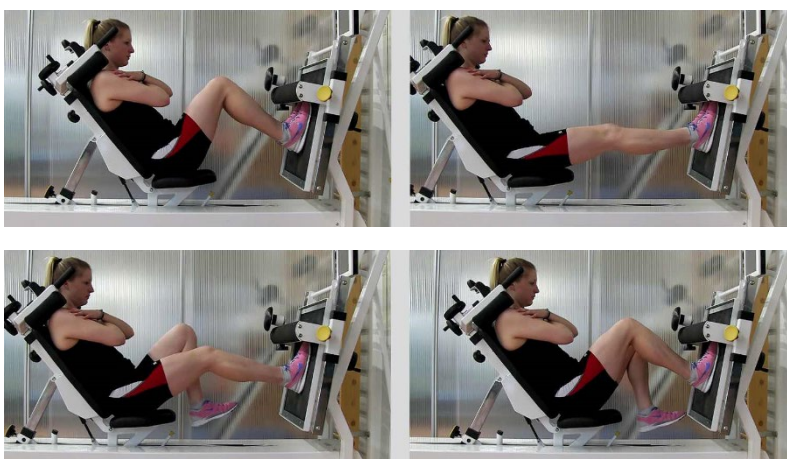
1.2 Dynamisch, Konzentrik-Exzentrik

Beide Beine werden langsam gestreckt und dann langsam wieder gebeugt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.



1.3 Dynamisch, Betonung auf exzentrischer Kontraktion

Beide Beine werden gleichzeitig gestreckt. Danach wird ein Bein gelöst, das andere Bein wird langsam gebeugt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.



2 Extensionsgerät

2.1 Isometrisch

Das Gerät wird festgestellt und es erfolgt eine Kniestreckung gegen den Widerstand bei etwa 70° Kniewinkel (0° = Knie gestreckt). Die Spannung wird 3 Sekunden gehalten, dann langsam gelöst.



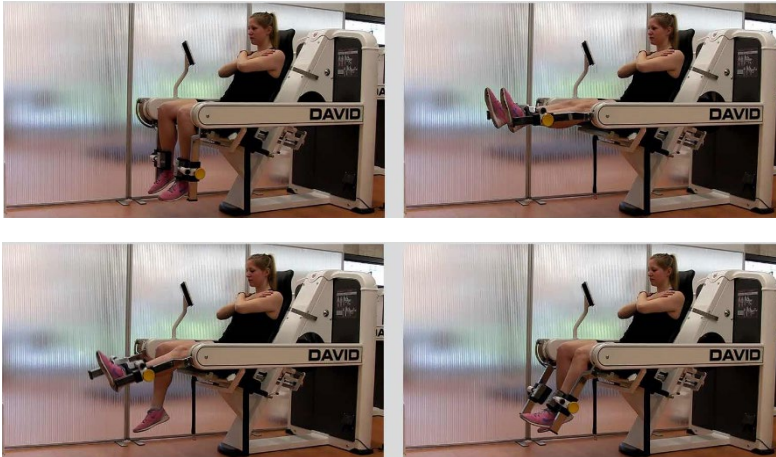
2.1 Dynamisch, Konzentrik-Exzentrik

Beide Beine werden langsam gestreckt und dann langsam wieder gebeugt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.



2.3 Dynamisch, Betonung auf exzentrischer Kontraktion

Beide Beine werden gleichzeitig gestreckt. Danach wird ein Bein gelöst, das andere Bein wird langsam gebeugt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.



3 Kniebeuge mit Langhantel

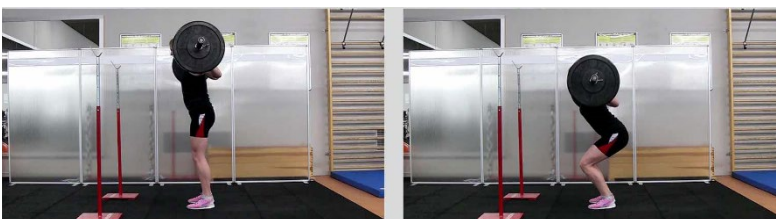
3.1 Isometrisch

Ausgangsposition ist sitzend auf einem Kasten, der Kniewinkel beträgt etwa 70° (0° = Knie gestreckt), die Hantel befindet sich hinter dem Kopf. Das Gesäß wird leicht nach vorne vom Kasten abgehoben. Die Position wird für 3 Sekunden gehalten, dann wird die Ausgangsposition wieder eingenommen.



3.2 Dynamisch

Ausgangsposition ist ein ungefähr hüftbreiter Stand. Die Beine werden langsam bis zu einem Kniewinkel von etwa 90° gebeugt und dann langsam wieder gestreckt. Der Rücken bleibt gerade, der Oberkörper wird leicht nach vorne gebeugt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.



Achillessehne

(A) Training in der Halle / zu Hause

1 Fußstreckung mit Schlinge

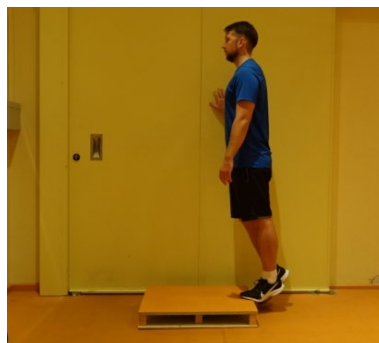
Ausgangsposition ist sitzend mit gestreckten Beinen. Der Schlingentrainer wird um den unteren Rücken gelegt oder alternativ an einer Wand befestigt, die Schlaufen werden um die Fußballen befestigt, sodass der Schlingentrainer bei 90° Fußwinkel und gestreckten Beinen leicht unter Spannung steht. Ein Fuß wird gegen den Widerstand der Fußschlaufe gestreckt (der Fußwinkel sollte sich dabei möglichst wenig verändern). Die Spannung wird für 3 Sekunden gehalten.



2 Fersenheben

2.1 Isometrisch

Ausgangsposition ist ein Einbeinstand, bei welchem das Standbein mit dem Fußballen auf der Kante einer Bank oder Stufe steht (die Ferse ist in der Luft). Der Fuß des Standbeins wird gestreckt, die Position wird für 3 Sekunden gehalten und dann wieder abgesenkt.



2.2 Dynamisch

Ausgangsposition ist ein Einbeinstand, bei welchem das Standbein mit dem Fußballen auf der Kante einer Bank oder Stufe steht (die Ferse ist in der Luft). Der Fuß des Standbeins wird langsam gestreckt und dann langsam wieder abgesenkt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.

4 Fußstreckung im Türrahmen

Ausgangsposition ist sitzend mit einem gestreckten Bein im Türrahmen (o.ä.). Die Breite sollte so gewählt werden, dass sowohl der untere Rücken als auch der Fuß bei gestreckten Beinen Kontakt zur Wand / zum Rahmen haben. Der Fuß wird gegen die Wand / den Rahmen gestreckt (der Fußwinkel sollte sich dabei möglichst wenig verändern). Die Spannung wird für 3 Sekunden gehalten.

(B) Im Kraftraum

1 Beinpresse

1.1 Isometrisch

Die Beinpresse wird so festgestellt, dass der Fußballen bei gestrecktem Bein festen Kontakt zur Auflagefläche hat (der Fußwinkel sollte etwa 90° betragen). Der Fuß wird gegen den Widerstand gestreckt (der Fußwinkel sollte sich dabei möglichst wenig verändern). Die Spannung wird für 3 Sekunden gehalten.



1.2 Dynamisch, Betonung auf exzentrischer Kontraktion

Beide Füße werden gleichzeitig gestreckt. Danach wird ein Fuß gelöst, der andere Fuß wird langsam gebeugt. Die Gesamtdauer der Übung sollte ca. 6 Sekunden betragen, damit eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel gewährleistet ist, in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken.



Impressum

Autoren

Univ.-Prof. A. Arampatzis

Dr. F. Mersmann

Dr. S. Bohm

Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaften

Institut für Sportwissenschaft

Philippstr. 13, Haus 11, 10115 Berlin

Homepage: www.tbw.hu-berlin.de

Humboldt-Universität zu Berlin

Unter den Linden 6

10099 Berlin

Stand: 10.03.2021