

In der Statik liegt die Kraft

© Bojan/stock.adobe.com – Stock Photo. Posed by a model

Isometrisches Training in Prävention und Rehabilitation Beim Krafttraining in der Reha denken viele an dynamisches Training. Oft sind dessen Effekte besser auf alltägliche und sportliche Aktivitäten übertragbar – das zeigt die aktuelle Forschungslage. Doch es gibt auch Gründe, die für die isometrische Trainingsform sprechen. Zum Einsatz kommt es beispielsweise dann, wenn Trainierende wegen einer Verletzung nur in bestimmten Gelenkwinkeln üben dürfen.

➔ Alexander hat sich vor zwei Wochen eine Meniskusverletzung beim Fußballspielen zugezogen. In der Reha empfiehlt ihm sein Therapeut deshalb, isometrische Übungen zu absolvieren. So kann der junge Hobbyfußballer schmerzfrei in einem bestimmten Gelenkwinkel seine Kraft langsam wieder steigern. Dass gerade in dieser frühen Phase einer Verletzung neben dynamischem Training das isometrische zum Einsatz kommen kann, zeigt beispielsweise das systematische Review des australischen Sportwissenschaftlers Dustin Oranchuk aus dem Jahr 2019 [1]. In ihrer Forschungsarbeit untersuchten die Wissenschaftler 26 Studien auf mittel- bis langfristige Anpassungen von isometrischem Training auf morphologischer und neurologischer Ebene.

Isotonische versus auxotonische Muskelanspannung → Zunächst lohnt ein Blick auf die einzelnen Kontraktionsformen der Muskulatur, wie sie bei dynamischem und statischem Krafttraining auftreten.

Ein dynamisches Krafttraining erfolgt mit isotonischer oder auxotonischer Kontraktion, ein statisches mit isometrischer Kontraktion der beteiligten Muskulatur. Die rein isotonische Kontraktion existiert ausschließlich in der Theorie. Hier ändert der Muskel zwar seine Länge, aber nicht seine Spannung. Diese ändert sich jedoch bei jeder Bewegung, wenn auch gegen einen geringen Widerstand nur geringfügig. Am ehesten ist der Effekt eines isotonischen Trainings an geführten Krafttrainingsmaschinen zu erreichen. Diese sind mit einer speziellen Vorrichtung ausgestattet, die den Widerstand der Kraftfähigkeit der Muskulatur in den jeweiligen Gelenkstellungen anpasst. Dadurch bleibt während der Bewegung die Spannungsentwicklung der Muskulatur in etwa konstant.

Jedes andere dynamische Krafttraining, das nicht an geführten Maschinen stattfindet, ordnet man dem auxotonischen Training zu. Bei dieser Kontraktionsform verändern sich Muskellänge und -spannung gleichzeitig. Dies entspricht den meisten alltäglichen



© Bejan/stock.adobe.com – Stock Photo. Posed by a model

4,3%
mehr Maximalkraft
können untrainierte und
freizeitaktive Menschen
durch isometrisches
Training pro Woche
erlangen.

und sportlichen Aktivitäten. Ein Beispiel ist der Bizepscurl, bei dem der Ellenbogen mit einer Hantel in der Hand wiederholt gebeugt und gestreckt wird. Beugt man den Muskel (Konzentrik), nähern sich Ursprung und Ansatz des Bizeps an, streckt man ihn (Exzentrik), entfernen sich diese. Dadurch verändert sich stetig die Muskellänge. Wegen der unterschiedlichen Hebelverhältnisse in den verschiedenen Gelenkwinkeln und der unterschiedlichen Fähigkeit der Muskulatur, in diesen Kraft zu entwickeln, verändert sich auch kontinuierlich die Muskelspannung.

Isometrische Muskelanspannung → Bei der isometrischen Kontraktion verändert sich die Länge des Muskels nicht, jedoch dessen Spannung. Die maximale willkürliche Kraftentwicklung ist bei dieser Kontraktionsform höher als bei der konzentrischen, jedoch niedriger als bei der exzentrischen. Beispielsweise tritt die isometrische Kontraktionsform auf, wenn Trainierende eine Hantel in einer 90 Grad gebeugten Stellung des Ellenbogens gegen die Schwerkraft halten (☞ ABB. 1, S. 44).

Isometrisches Training kann die Kraft steigern, und der Muskelquerschnitt nimmt zu. Das zeigt auch das Review von Oranchuk und Kollegen [1]. Darin spielt zusätzlich eine Rolle, welche Trainingsparameter wichtig sind, um eine optimale Anpassung zu erreichen. Das Forscherteam schloss ausschließlich Studien ein, die das isometrische Krafttraining an großen Muskeln, wie zum Bei-

spiel dem M. quadriceps femoris oder dem M. biceps brachii, untersuchten. Zudem mussten die jeweiligen Trainingsprogramme über mindestens drei Wochen stattfinden. Die Wissenschaftler fanden 26 Studien mit insgesamt 713 Probanden (463 männlich/250 weiblich). Das durchschnittliche Alter betrug rund 24 ± 3 (19–32) Jahre. Auffällig war, dass alle Probanden untrainiert oder freizeitaktiv waren. Keine der eingeschlossenen Studien untersuchte gut trainierte oder Wettkampfsportler. Die durchschnittliche Dauer der Trainingsprogramme betrug $8,4 \pm 3,6$ (3–14) Wochen und die Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche $3,5 \pm 0,96$ (2–7). Insgesamt absolvierten die Probanden im Durchschnitt $28,6 \pm 13,2$ (15–56) Trainingseinheiten.

23 der 26 Studien untersuchten das isometrische Training mittels Übungen, die primär auf eine einzelne Muskelgruppe abzielten: Kniestrecker, Ellenbogenbeuger, Ellenbogenstrecker und Plantarflexoren. Demnach ist wenig bekannt, wie sich das isometrische Training auswirkt, wenn Trainierende komplexe Übungen, wie zum Beispiel Kniebeugen oder Kreuzheben, durchführen.

Maximalkraft pro Woche um rund vier Prozent gesteigert → In den jeweiligen Trainingsprogrammen der eingeschlossenen Studien nahm die Maximalkraft um 8,0–60,3% zu, pro Woche durchschnittlich um 4,34%. In allen Gelenkwinkeln, in denen die Probanden ein isometrisches Krafttraining durchführten, konnten sie ihre Kraft vergleichbar steigern.

Ein Training in einem Gelenkwinkel, in dem sich der Muskel in einer langen Muskellänge befand, führte dazu, dass sich die Kraft in mehreren Gelenkwinkeln erhöhte. Absolvierten die Probanden das Training hingegen in einem Gelenkwinkel, in dem sich der Muskel in einer kurzen Muskellänge befand, zeigte sich die Kraftsteigerung vorwiegend in dem trainierten Gelenkwinkel. Das bedeutet, wenn beispielsweise der Quadrizeps in einer 90-Grad-Kniebeugung isometrisch trainiert wird, dann verbessert sich die Kraft in dieser Gelenkstellung und auch in streckungsnahen Winkeln. Wird der Quadrizeps hingegen in einer 30-Grad-Kniebeugung trainiert, so verbessert sich die Kraft zwar in dieser Gelenkstellung, jedoch kaum in beugungsnahen Winkeln. Möchten Trainierende demnach die Kraft durch ein isometrisches Training über ein möglichst großes Bewegungsausmaß verbessern, so müssen sie den Muskel in einer Gelenkstellung trainieren, in der er sich in einer langen Länge befindet.

Kontraktionsdauer wichtiger als Trainingsintensität → Außerdem zeigte das systematische Review, dass unterschiedliche Trainingsintensitäten zu einer ähnlichen Kraftsteigerung führten, vorausgesetzt sie betrug mindestens 50% der isometrischen Maximalkraft. Das bedeutet, ein Kraftzuwachs kann sowohl mit niedriger als auch mit hoher Intensität erzielt werden.

Eine allmählich ansteigende Kontraktion, bei der zum Beispiel innerhalb von 1 Sekunde 75% der maximalen isometrischen Kraft erzeugt und 3 Sekunden gehalten werden sollen, zeigte innerhalb eines Trainingsprogramms eine deutlichere Kraftzunahme als eine

plötzlich ansteigende Kontraktion auf mindestens 90% der maximalen isometrischen Kraft für 1 Sekunde. Der Unterschied betrug beispielsweise 8,7%. Eine weitere Studie zeigte, dass Probanden ihre Kraft durch ein isometrisches Krafttraining mit allmählich ansteigender Kontraktion um 1,3–7,0% pro Woche steigern konnten. Mit einer plötzlich ansteigenden Kontraktion waren es nur 0,7–1,3% pro Woche. Hingegen nimmt die Explosivkraft (die Kraft, die innerhalb der ersten 100–150 Millisekunden einer Kontraktion entwickelt werden kann) durch ein Training mit plötzlich ansteigender Kontraktion stärker zu.

Die Studienergebnisse von Dustin Oranchuk decken sich mit der narrativen Übersichtsarbeit von Lum und Barbosa in Bezug auf einen Kraftanstieg durch isometrisches Krafttraining [2]: Um die isometrische Maximalkraft durch ein isometrisches Training zu steigern, sollten Trainierende es mit 80–100% der isometrischen Maximalkraft durchführen. Die einzelnen Kontraktionen sollten sie 1–5 Sekunden halten und die Gesamtkontraktionszeit sollte 30–90 Sekunden pro Trainingseinheit betragen. Idealerweise wird in mehreren Gelenkwinkeln trainiert oder spezifisch in dem Gelenkwinkel, in dem Trainierende ihre Maximalkraft besonders steigern möchten. Ein Training mit plötzlich ansteigender Kontraktion verbessert vor allem die Kraftentwicklungsrate [2].

Muskelmasse um fast ein Prozent pro Woche gesteigert → In den jeweiligen Trainingsprogrammen der 26 Studien von Oranchuk nahm die Muskelmasse um 5,0–19,7% zu, pro Woche durchschnittlich um 0,84%. Wie bei der Steigerung der Maximalkraft spielten die Gelenkwinkel, in denen Trainierende ein isometrisches Krafttraining durchführten, eine bedeutende Rolle für das Ausmaß der Zunahme des Muskelquerschnitts. Je mehr sich der Muskel während des Trainings in einer langen Länge befand, desto stärker ausgeprägt war der Hypertrophieeffekt und umgekehrt. Das bedeutet beispielsweise, wenn Trainierende den Quadrizeps in einer 90-Grad-Kniebeugung isomet-

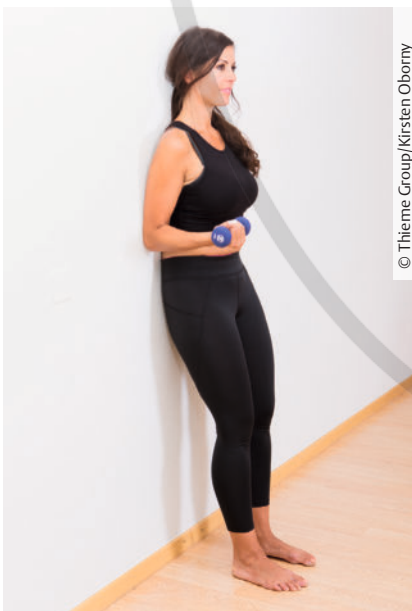
risch trainieren, dann führt dies zu einer deutlicheren Muskelmassenzunahme, als wenn sie ihn in einer 30-Grad-Kniebeugung trainieren. Soll demnach der Muskelquerschnitt durch ein isometrisches Krafttraining vergrößert werden, so muss der Muskel in einer Gelenkstellung trainiert werden, in der er sich in einer langen Länge befindet – zumindest um die stärkste Anpassung zu erzielen.

Muskelmasse: Trainingsvolumen entscheidend → Unterschiedliche Trainingsintensitäten führten, ähnlich wie bei einem Training zur



Isometrisches Krafttraining in einer langen Muskellänge steigert die Kraft in einem großen Bewegungsausmaß. Wird in einer kurzen Muskellänge trainiert, verbessert sich die Kraft vorwiegend um den trainierten Gelenkwinkel.

Steigerung der Maximalkraft, zu einer vergleichbaren Zunahme der Muskelmasse. Dies galt jedoch nur, wenn die Gesamtbelastung von unterschiedlichen Trainingsprogrammen (Serien x Wiederholungen x Widerstand) gleich war. Dann spielte es eine untergeordnete Rolle, ob die isometrische Kontraktion 100% der maximalen isometrischen Kraft über 1 Sekunde oder 60% über 20 Sekunden betrug. In einer anderen Studie war die Kontraktionsdauer entscheidend für den Hypertrophieeffekt [3]. Schott und Kollegen zeigten, dass 1 Serie mit 4 Wiederholungen à 30 Sekunden zu einer stärkeren Hypertrophie führt als 4 Serien mit jeweils 10 Wiederholungen à 3 Sekunden. Die Gesamtdauer, in der sich der Muskel unter Spannung befand, war dagegen in beiden Programmen gleich. Verglichen mit anderen Studien ist das Ergebnis von Schott und Kollegen etwas überraschend. Andererseits ist bekannt, dass gerade anhaltende Kontraktionen beispielsweise den Blutfluss reduzieren oder sogar unterbinden, die Sauerstoffsättigung reduzieren und die metabolische Last im Muskel erhöhen [4, 5]. Durch lokale und systemische Mechanismen tragen diese Faktoren zur Hypertrophie bei [6, 7]. Sicher ist jedoch, dass es zu einer deutlicheren Trainingsanpassung kommt, wenn das Trainingsvolumen (Serien x Wiederholungen) höher ist. So erzielte beispielsweise ein Trainingsprogramm, bei dem Übende 20x6 Sekunden pro Trainingseinheit trainierten, eine deutlichere Muskelmassezunahme als ein Training mit 3x6 Sekunden. Das galt auch, wenn sie 40x3 Sekunden mit 75% der maximalen isometrischen Kontraktionskraft trainierten, im Vergleich zu 40x1 Sekunde mit 80%. Die Zunahme der Muskelmasse hängt also größtenteils vom Trainingsvolumen ab. Die Übersichtsarbeit von Lum und Barbosa fasst den Effekt des isometrischen Training zusammen: Um die Muskelmasse zu erhöhen, führen Trainierende es mit 70–75% der isometrischen Maximalkraft durch. Die einzelnen Kontraktionen halten sie 3–30 Sekunden und die Gesamtkontraktionszeit beträgt mehr als 80–150 Sekunden pro Trainingseinheit. Dabei sind mehr als 36 Trainingseinheiten ideal [3].



© Thieme Group/Kristen Oberny

ABB. 1 Isometrische Kontraktion des Bizeps beim Halten einer Hantel gegen die Schwerkraft

Isometrisches Training und die dynamische Leistungsfähigkeit → Immer wieder wird darüber diskutiert, ob sich die durch ein isometrisches Krafttraining hinzugewonnene Kraft auf dynamische Leistungen übertragen lässt. Hierzu gibt es gegensätzliche Studienergebnisse. Womöglich kommt es auf die Muskellänge an, in der Üben trainieren. Beispielsweise wurde festgestellt, dass ein isometrisches Krafttraining in langer Muskellänge die konzentrische Kraft bei unterschiedlichen mittleren Bewegungsgeschwindigkeiten erhöht, jedoch nicht in kurzer Muskellänge. Es wurde aber auch gezeigt, dass isometrisches Krafttraining die dynamische Kraft bei sehr schnellen Bewegungsgeschwindigkeiten nicht verbessert. Bei sehr langsamen Bewegungsgeschwindigkeiten kommt es jedoch zur Verbesserung, unabhängig von der Muskellänge, in der isometrisch trainiert wurde.

Es gibt Nachweise, dass ein isometrisches Krafttraining die Maximalkraft bei einer Kniebeuge beispielsweise um 11,9% erhöht (bei langer Muskellänge) und nur um 9,6%, wenn in kurzer Muskellänge trainiert wurde. Ähnlich verhält es sich mit der Leistung beim Countermovement Jump. Die Sprunghöhe verbesserte sich beim Training in langer Muskellänge um 8,4%, beim Training in kurzer Muskellänge dagegen nur um 7,2%. Eine Erklärung für beide Beispiele könnte sein, dass durch das Training in langer Muskellänge der Hypertrophieeffekt größer war und dies zu der höheren Leistung beitrug.

Fazit → Gegenüber dem dynamischen Krafttraining können dem isometrischen Krafttraining einige Vorteile zugesprochen werden [1] (👁️ ÜBERSICHT). Wie ein dynamisches Krafttraining steigert auch ein isometrisches Krafttraining die Maximalkraft und die Muskelmasse, wenn man entsprechende Trainingsparameter berücksichtigt. Entgegen der häufigen Annahme, dass vorwiegend die Trainingsintensität die Effektivität des Krafttrainings bestimmt, kommt es beim isometrischen Krafttraining vor allem auf Kontraktionsdauer, Trainingsvolumen und Muskellänge an. Besonders in der Reha können Trainierende das isometrische Krafttraining anwenden, um in früheren Phasen mit noch bestehenden Beweglichkeitseinschränkungen oder segmentalen Belastungseinschränkungen in bestimmten Gelenkwinkeln schmerzfrei zu trainieren. Aber auch zu späteren Zeitpunkten, bei denen es noch Kraftdefizite in bestimmten Gelenkwinkeln gibt, kann ein isometrisches Krafttraining diese gezielt beseitigen. Man sollte jedoch bedenken, dass die Verbesserung der Kraft im Allgemeinen sehr spezifisch ist, weshalb mit der neu erworbenen Kraft dynamische Bewegungsmuster angeschlossen werden sollten. Im sportlichen Bereich lässt sich ein isometrisches Krafttraining vor allem dann sinnvoll einsetzen, wenn isometrische Kraftleistungen leistungsbestimmend sind oder wenn spezifische Schwächen der Kraftentwicklung bei einer Bewegung beseitigt werden sollen.

Patrick Hartmann

📖 **Literaturverzeichnis**
www.thieme-connect.de/products/physiopraxis > „Ausgabe 6/21“

📖 **Originalveröffentlichung**
Dieser Artikel basiert auf der Originalveröffentlichung des Autors in der Zeitschrift RehaTrain (Hrsg.: DIGOTOR) 2020; 4: 21–27.

➡ Übersicht

Vorteile des isometrischen Trainings

Gegenüber dem dynamischen Krafttraining können dem isometrischen Krafttraining einige Vorteile zugesprochen werden [1].

Isometrisches Krafttraining ist einfach und gut kontrollierbar segmental durchführbar. Dies kann von Bedeutung sein, wenn Trainierende aufgrund von Schmerz oder Pathologie (wie zum Beispiel einer Meniskusverletzung) nur in bestimmten Gelenkwinkeln üben dürfen.

Isometrisches Krafttraining führt zu einer guten gelenkspezifischen Kraftentwicklung, wodurch es Defizite der Kraftentwicklung in bestimmten Gelenkwinkeln gezielt beseitigen kann. Dies ist einerseits bedeutend für die volle Leistungsentfaltung im Sport, zum Beispiel bei vertikalen Sprüngen, andererseits für die Prävention. Gerade nach einem Muskelfaserriss kommt es häufig zu einem anhaltenden Kraftdefizit der Hamstrings in einer langen Muskellänge, wie zum Beispiel in der Schwungphase des Sprints, wenn die Hüfte gebeugt und das Knie gestreckt ist.

Isometrisches Krafttraining führt zu einer besseren gelenkwinkel-spezifischen Kraftentwicklung als dynamisches Krafttraining. Isometrisches Krafttraining zeigt einen schmerzlindernden Effekt, weshalb Trainierende es beispielsweise vor einem dynamischen Training nutzen können, um dieses schmerzfreier durchzuführen. Isometrisches Krafttraining führt zu einer höheren Kraftentwicklung als ein rein konzentrisches Training.

Die isometrische Kraftmessung lässt sich reliabel zur Kraftdiagnostik heranziehen.

📖 Gewinnen

Athletiktraining in der Sportphysiotherapie

Wer mehr zu isometrischen und dynamischen Übungen erfahren will, kann eines von zwei Exemplaren des neuen Buches „Athletiktraining in der Sportphysiotherapie“ gewinnen. Klicken Sie bis zum 6.7.2021 unter www.thieme.de/physiopraxis > „Gewinnspiel“ auf das Stichwort „Athletiktraining“. Viel Glück!



✍️ Autor



Patrick Hartmann, MSc Sports Injury Management, ist Physiotherapeut, Sport- und Gymnastiklehrer/ Sporttherapeut, Fachlehrer für KGG, DIGOTOR-Referent für Kurse in den Bereichen Training, Trainingstherapie und Sportphysiotherapie und Fachautor. Zudem arbeitet er selbstständig in eigener Praxis.