

Quantifizierung rehabilitativer Belastungen mit dem Therapieband

Thomas M¹, Grünert J², Müller T², Busse MW²

¹Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität Leipzig (Direktor: Prof. Dr. med. G. von Salis-Soglio)

²Institut für Sportmedizin, Sportmedizinische Ambulanz und Rehabilitationszentrum der Universität Leipzig (Direktor: Prof. Dr. med. M.W. Busse)

Zusammenfassung

Fragestellung: Ein einfaches Hilfsmittel im Rahmen der muskulären Stabilisierung nach Gelenkoperationen ist das Therapieband. Die exakte Umsetzung der durch den Operateur vorgegebenen Belastungen bzw. Kräfte ist hierbei jedoch ein bislang ungelöstes Problem. Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung eines praxisrelevanten Verfahrens zur Quantifizierung der Maximalkräfte im Endpunkt von Therapiebandübungen.

Material und Methode: In der vorliegenden Studie wurde die Dehnungscharakteristik von Therapiebändern unterschiedlicher Fabrikate und Stärke in Abhängigkeit von der Ausgangslänge bestimmt. Aus diesen Daten wurden Isokraftkurven (Kurven gleicher Kräfte errechnet).

Ergebnisse:

1. Die errechneten Isokraftkurven ermöglichen eine einfache und zugleich präzise Festlegung der auftretenden Kräfte für beliebige Dehnung.
2. Die Auswahl des korrekten Belastungsniveaus unter Berücksichtigung des individuellen therapeutischen Bewegungsumfangs erfolgt dann lediglich durch Vorgabe der zugehörigen *Ausgangslänge* des Therapiebandes.

Fazit: Bei konsequenter Anwendung der vorgestellten Isokraftkurven erfüllt das Therapieband die Quantifizierungskriterien wesentlich aufwendigerer trainingsmedizinischer Geräte (isokinetische Systeme), ist aber mit der gleichen Genauigkeit auch im Rahmen eigenaktiver Übungsprogramme des Patienten einsetzbar. Zusammenfassend erlaubt das vorgestellte Verfahren für Therapiebänder damit erstmalig:

- die exakte Umsetzung der Belastungsvorgaben des Operateurs
- die kontinuierliche Objektivierung bewegungstherapeutischer Maßnahmen

Schlüsselwörter: Therapieband-Rehabilitation-muskuläre Stabilisierung

Einleitung

Vorgaben für die Belastungsgrenzen der postoperativen und rehabilitativen Therapie werden zum einen durch den Operateur, zumeist in kp, definiert oder ergeben sich aus Erfahrung und Eindruck des jeweiligen Physiotherapeuten. Verbunden sind hiermit u.a. die folgenden Probleme:

- Eine exakte Umsetzung der Vorgaben des Operateurs ist oft schwer oder gar nicht möglich
- Eine auch nur semiquantitative Messung der postoperativen Entwicklung gelingt nicht
- Eine individuell auf das aktuelle Behandlungsergebnis ausgelegte Variation der Belastungsintensität ist nur bedingt möglich

Die genannten Probleme gelten umso mehr für die dringend erforderliche eigenaktive Arbeit des Patienten. Die Gefahren überwiegen dabei unter Umständen die möglichen positiven Ergebnisse, wenn dem Patienten nicht eindeutig und ohne Fehlermöglichkeit Art und Intensität der gewünschten Belastungsformen vermittelt werden.

Mögliche Formen einer quantifizierenden Kraftbestimmung im Rahmen der rehabilitativen Therapie sind

- Vorgabe von Kraft, Bewegungsumfang und Bewegungsfrequenz am therapeutischen Gerät (z.B. Sequenztrainingsgerät)
- therapiebegleitende Kraftmessungen: neuere kleine Kraftmeßeinheiten erlauben grundsätzlich eine therapiebegleitende Messung, die allerdings aus Praktikabilitätsgründen in der Regel nur experimentellen Charakter haben kann
- die Therapie mit isokinetischen Geräten (aufgrund der Computersteuerung zumeist automatische Quantifizierung)

Die Therapie mit elastischen Bändern zur muskulären Stabilisierung ist allgemein akzeptiert und die wohl häufigste postoperative „geräteunterstützte“ Therapieform. Untersuchungen zur Quantifizierung der Effektivität finden sich allerdings nur vereinzelt [4, 12, 19]. Die unbedingt erforderliche Kraftfestlegung erfolgt bei Therapiebändern zumeist gefühlsmäßig oder grob durch Zuordnung der Begriffe z.B. leicht, mittel, schwer zu bestimmten Farben. Genaue, für den Therapeuten unkompliziert anwendbare Angaben über die in Abhängigkeit von Ausgangslänge und Dehnung auftretenden Kräfte sind anhand der Herstellerangaben oder der Literatur zu Übungen mit Therapiebändern [10, 16, 17] nicht möglich. Eine

quantitative Darstellung der mechanischen Eigenschaften unterschiedlicher elastischer Bandtypen ist z. B. von Verdonk und Franke [20] vorgestellt worden. Soweit in der Literatur zu Übungen mit solchen Bändern Stellung genommen wird, geschieht dies mit einer Ausnahme [9] ohne relevante quantifizierende Hinweise [5, 6, 7, 8, 11, 13, 15]. Im Rahmen der postoperativen Weiterbehandlung bei Schulter- und Knieverletzungen ist eine definitive Festlegung der auftretenden Kräfte bzw. ein sicherer Ausschluß von Überbelastungen jedoch zwingend erforderlich.

Im vorliegenden Manuskript werden Konzepte für eine Objektivierung der Rehabilitation mit dem Therapieband aufgezeigt. Schwerpunkt ist hierbei die Vorstellung einer exakten, in der Praxis zugleich aber auch problemlos anwendbaren Quantifizierungsmöglichkeit anhand von Isokraftkurven.

Methodik

Die Zuordnung bestimmter Farben zu den Schweregraden der Therapiebänder wurde nach den Firmenvorgaben übernommen. Hierbei gilt:

Gelb = sehr leicht, rot = leicht, grün = mittel, blau = schwer, schwarz = extra schwer

Es wurden für Therapiebänder der Firmen Hygenic („Thera-Band“, Hadamar, Deutschland) und Cando („Cando“, Fabrication Enterprises Incorporated, White Plains, New York 10602, USA) Kraftkurven in Abhängigkeit von Ausgangslänge und Dehnung erstellt. Die Ausgangslänge wurde hierbei im relevanten, therapeutischen Bereich zwischen 10- und 100 cm in Abständen von 10 cm variiert; zusätzliche Messungen erfolgten bei 1,5 und 2 m Ausgangslänge. Beispielhaft ist dies für eine Ausgangslänge von 40 cm (beide Bandtypen, rotes bzw. „leichtes“ Band) in Abb. 1 bzw. für unterschiedliche Ausgangslängen in Abb. 2 dargestellt (Thera-Band, rot bzw. „leicht“). Die Kraftmessung wurde mit einer einfachen Meßanordnung mit Kraft-Meßverstärker zur Bestimmung statischer Kräfte („Digimax“, Mechatronik, Hamm) durchgeführt. In einer Voruntersuchung wurde abgesichert, daß *statische* Kräfte mit diesem Equipment reproduzierbar gemessen werden können (die Messung dynamischer Kräfte verursacht hier erhebliche, nicht behebbare Probleme). Vor jeder Messung wurde das System durch Anhängen abgestufter Gewichte geeicht. Die Messungen wurden als Dreifachmessungen durchgeführt.

Aus den Ergebnissen der Länge-Kraft-Beziehung wurden für beliebige Ausgangslängen und jede Bandstärke bzw. -farbe Isokraftkurven errechnet. Die Erstellung einer Isokraftkurve soll in Abb. 2 dargestellt werden. Es handelt sich hierbei um Kurven gleicher Kräfte, unabhängig von Ausgangslänge, Dehnung und Bandfarbe. Ermittelt werden die Werte aus den gemessenen Kraft-Dehnungskurven (Abb. 2), indem für Bänder unterschiedlicher Ausgangslänge die für das Erreichen einer bestimmten Kraft erforderliche Dehnung abgelesen wird (Abb. 2: Parallelen zur x- bzw. y-Achse). Die auf der x-Achse resultierenden Band-Dehnungswerte werden in einer weiteren Grafik den entsprechenden Ausgangslängen (x-Achse) zugeordnet (Isokraftkurven, Abb. 3, 4a-d). Aus den Isokraftkurven kann die Ausgangslänge des Therapiebandes abgelesen werden, die mit der durch den Operateur vorgegebenen Maximalkraft korreliert (s. auch Diskussion).

Ergebnisse

1. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die typische Kraft-Dehnungskurve für zwei Fabrikate („Thera“ und „Cando“). Die Unterschiede zwischen den Bandtypen („Theraband“ bzw. „Cando“) werden bei starker Dehnung zum Teil größer, sind allerdings klinisch ohne Relevanz.

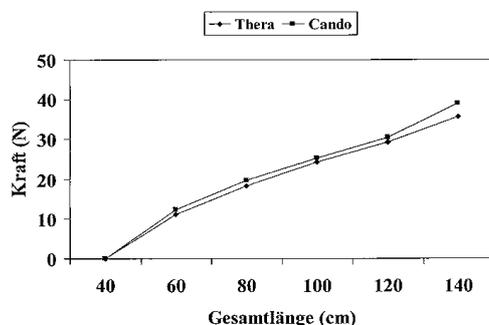


Abbildung 1 Kraft-Dehnungs-Kurven der roten Therapiebänder der Fabrikate „Theraband“ und „Cando“

2. In Abbildung 2 ist die Dehnungs-Kraftbeziehung für das „leichte“ bzw. rote „Thera-Band“ in Abhängigkeit von der Ausgangslänge (beispielhaft 40, 60, 80 und 100 cm) dargestellt.

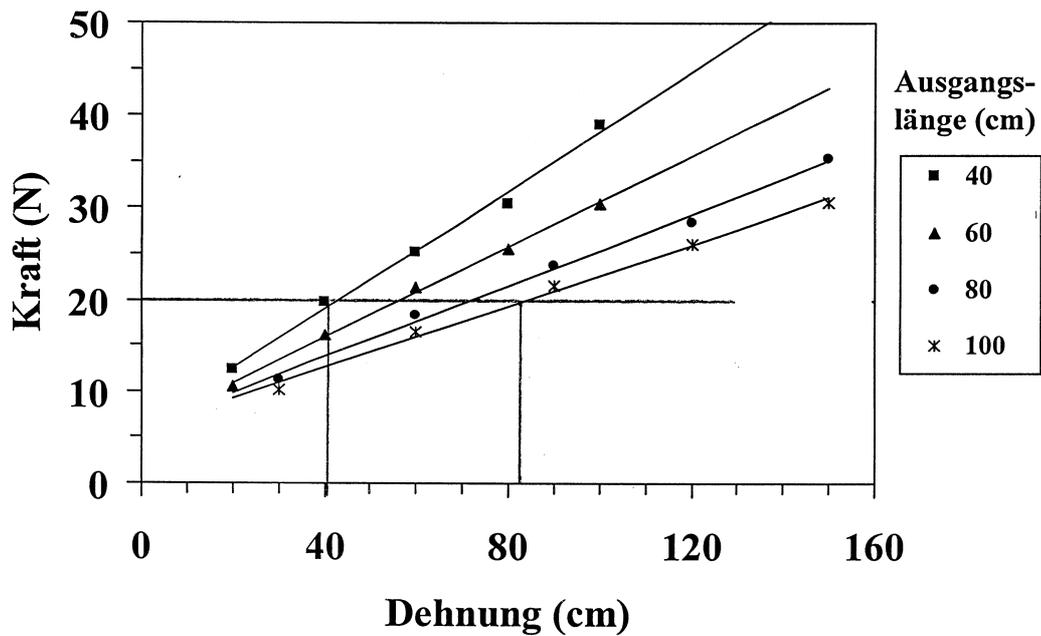


Abbildung 2 Kraft-Dehnungs-Kurven des roten Therapiebandes („Cando“) unterschiedlicher Ausgangslänge.
Konstruktion von Isokraftkurven: In Abhängigkeit von der Ausgangslänge wird jeweils die Dehnung ermittelt, die für eine bestimmte gleiche Kraft erforderlich ist. Um z.B. eine Kraft von 20 N zu erreichen, muß das Band bei Ausgangslängen von 40- bzw. 100 cm um 40- bzw. 80 cm gedehnt werden.

Abbildung 3 zeigt die Isokraftkurven für grüne Bänder des Fabrikats „Theraband“.

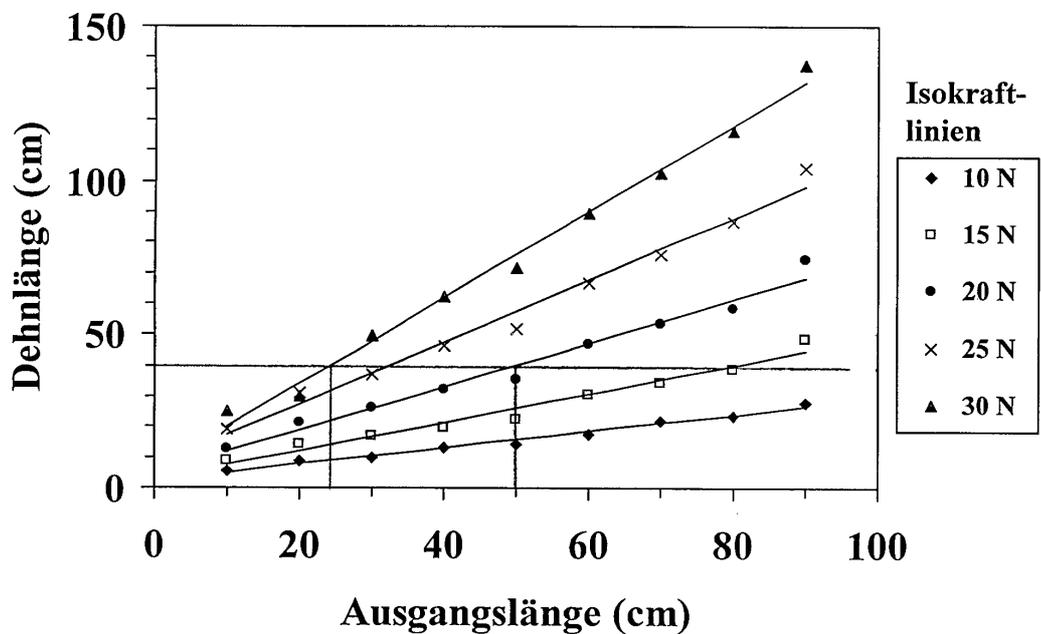


Abbildung 3 Isokraft-Kurven des grünen Therapiebandes („Theraband“).
 Um z.B. eine angeordnete Maximalkraft von 30 N bei einem maximalen Bewegungsausmaß von ca. 40 cm einzuhalten, muß in der Grafik lediglich der für diese Vorgaben gültige x-Wert (hier ca. 25 cm) abgelesen werden. Für eine Maximalkraft von z.B. 20 N bei einem Bewegungsumfang von ca. 40 cm ist z.B. eine Ausgangslänge von 50 cm erforderlich.

4. In Abbildung 4 a-d sind die für den therapeutischen Bereich relevanten Dehnlängen bei 10-100 cm Ausgangslänge für die Bandfarben gelb, rot, blau und schwarz dargestellt.

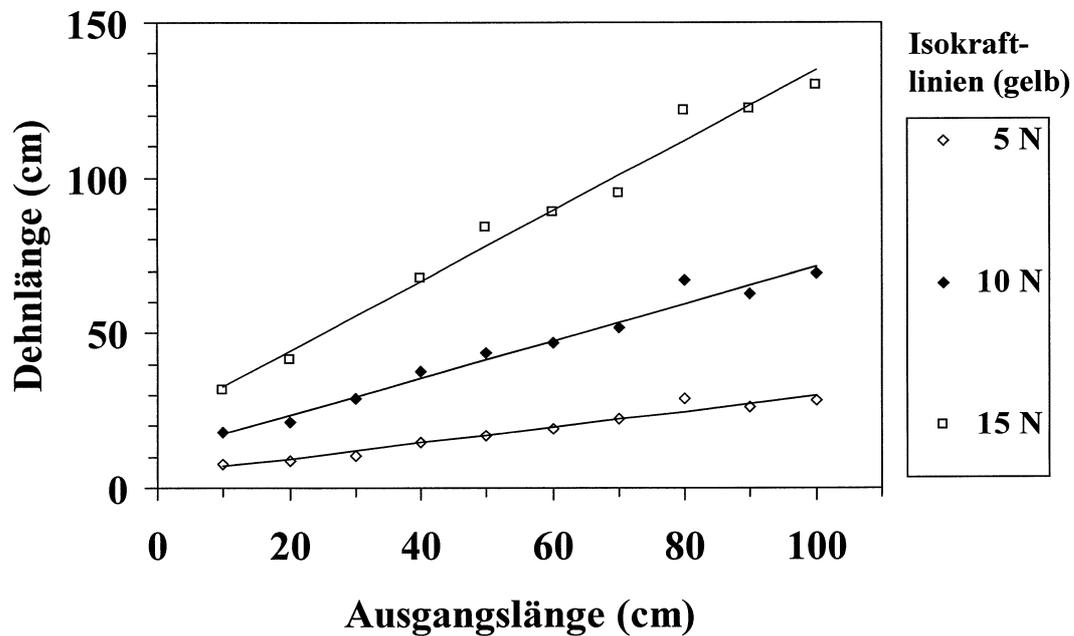


Abbildung 4 a Isokraft-Kurven des gelben Therapiebandes („Cando“).

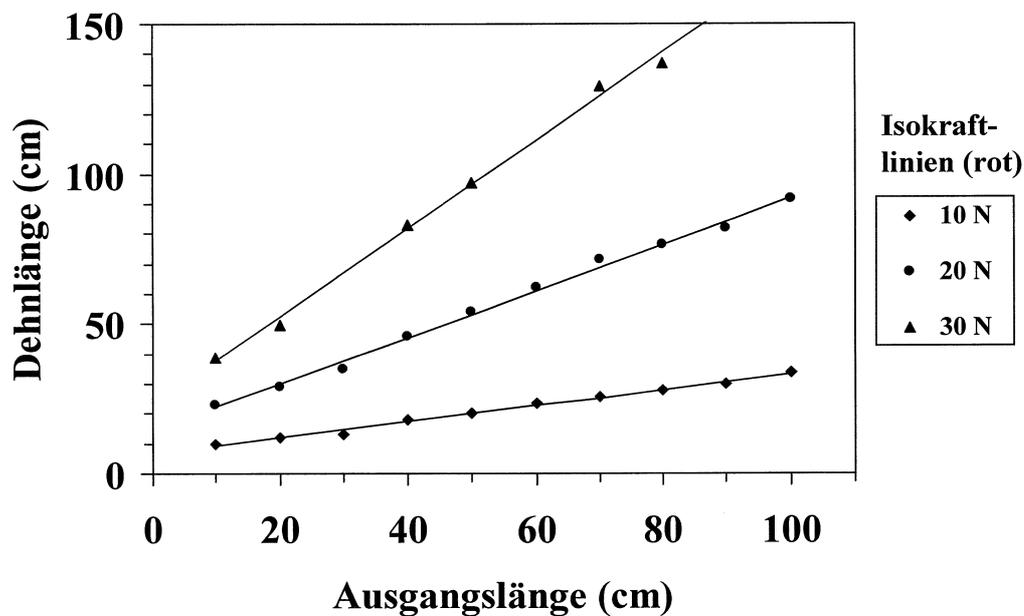


Abbildung 4 b Isokraft-Kurven des roten Therapiebandes („Cando“).

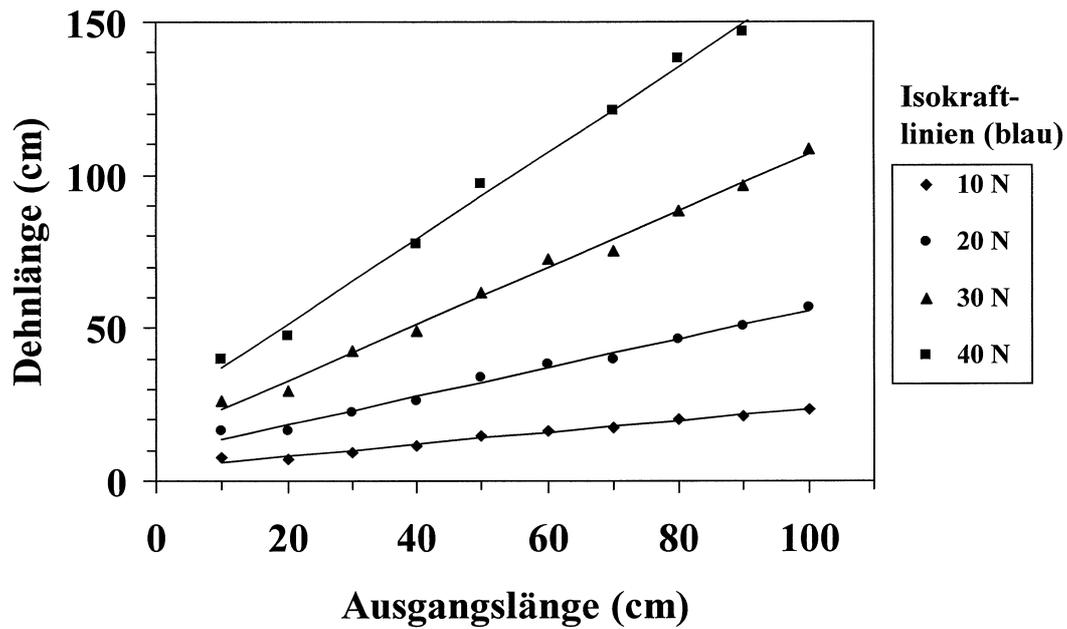


Abbildung 4 c Isokraft-Kurven des blauen Therapiebandes („Cando“).

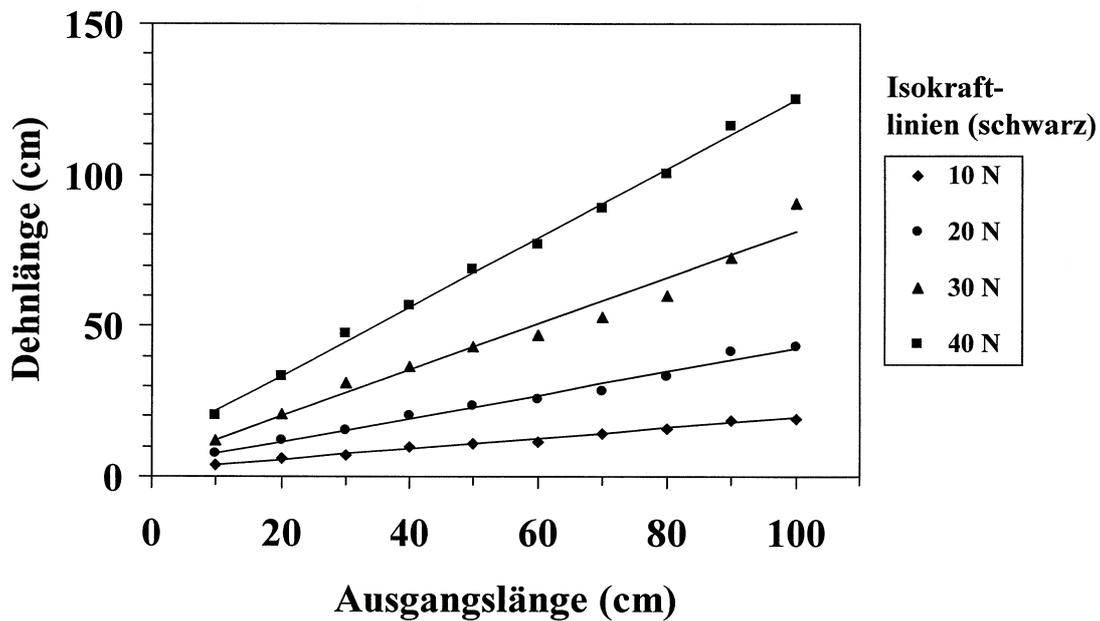


Abbildung 4 d Isokraft-Kurven des schwarzen Therapiebandes („Cando“).

Diskussion

Obwohl der Einsatz von Therapiebändern bei der Schulterrehabilitation weit verbreitet [3, 14, 20, 21] und in allen Rehabilitationsstadien üblich ist, existieren nur wenige Publikationen zur Quantifizierung der auftretenden Kräfte [1,9]. Nicht möglich ist nach den bislang vorliegenden Untersuchungen eine exakte Angabe der für ein vorgegebenes Bewegungsausmaß auftretenden Kraft.

Hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften nehmen Therapiebänder eine komplementäre Position zu isokinetischen Trainingsgeräten und Sequenztrainingsgeräten ein. Ein Vorteil gegenüber letzteren ist die Unabhängigkeit von Beschleunigungskräften (Abb. 5 a-c).

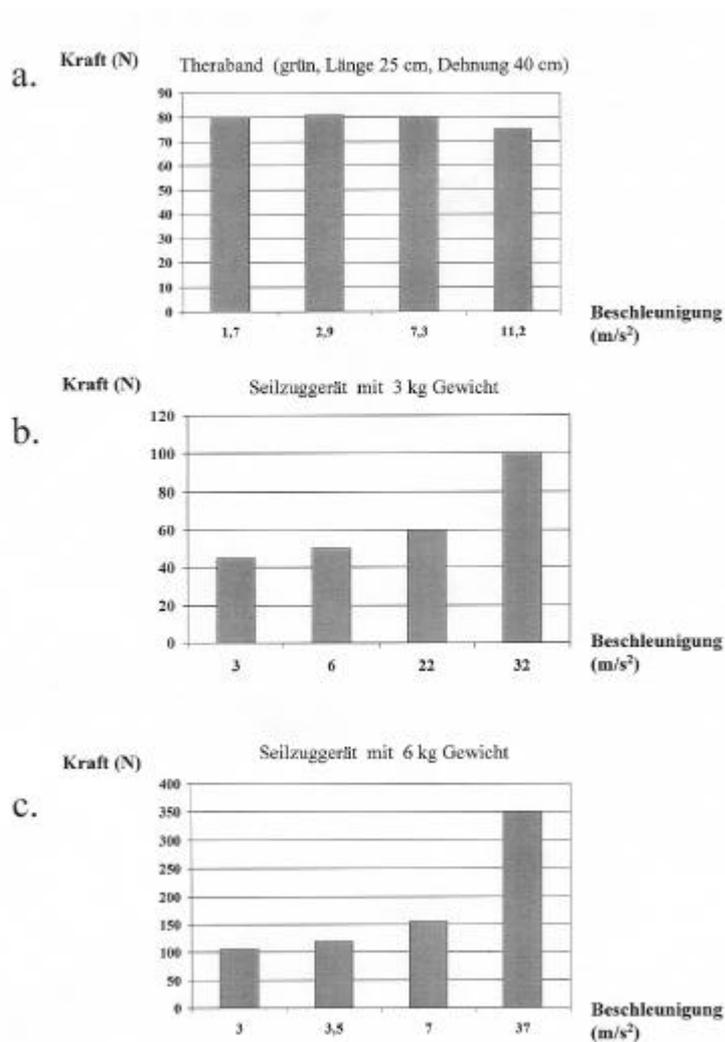


Abbildung 5 a-c Beziehung zwischen Beschleunigung und Kraft bei Dehnung eines Therapiebandes (a) und dem Anheben eines Gewichtes im Seilzugerät (b,c). Die Abbildung verdeutlicht, daß Beschleunigungskräfte eine Funktion des beschleunigten Gewichts sind. Beschleunigungskräfte treten daher bei Therapiebändern naturgemäß nicht auf, dynamische Kräfte entsprechen hier im Unterschied zu Seilzugeräten grundsätzlich der für jede Dehnung geltenden statischen Kraft.

Für den routinemäßigen Einsatz von Therapiebändern im Rahmen der Rehabilitation insbesondere am Schultergelenk ist eine genaue Kenntnis der auftretenden Kräfte in Abhängigkeit von Ausgangslänge und Dehnung zwingend erforderlich. Nur so kann das vom Operateur festgelegte Belastungsniveau eingehalten werden. Es darf nie außer acht gelassen werden, daß Therapiebänder, im Gegensatz zu isokinetischen- und Seilzugeräten, die größte Kraft im Endpunkt der Bewegung aufweisen. Der Einsatz der Bänder muß daher streng die jeweiligen Gelenkcharakteristika berücksichtigen. So darf bei zunehmender Streckung im Kniegelenk die jeweils vertretbare Maximalkraft kontinuierlich steigen, so daß bei vollständiger Streckung zugleich auch die größte Kraft erreicht werden kann. Theoretisch wäre hier das Therapiebänder dem Isokinetikgerät in Ungefähr gleichzusetzen, bei deutlichen Nachteilen des Seilzugerätes. Im Gegensatz hierzu nimmt die Kraft bei bestimmten Schulterbewegungen (Außenrotation, Abduktion oberhalb 90°) bereits physiologischer Weise ab; zusätzlich ist bei verschiedenen postoperativen Zuständen die zulässige Maximalkraft der genannten Bewegungen (soweit sie überhaupt erlaubt sind) in der jeweiligen Endstellung am niedrigsten. Für Therapiebänder bedeutet dies, daß am Bewegungsbeginn nur sehr niedrige, möglicherweise therapeutisch ineffektive Kräfte möglich sind, da sich die Kraftentwicklung an der für die Gelenkendstellung zulässigen Maximalkraft zu orientieren hat. Im Gegensatz zu isokinetischen Trainingsgeräten, die für jede Gelenkstellung die jeweilige optimale Kraft zulassen, auch im Gegensatz zu Seilzugeräten mit konstantem Gewicht haben Therapiebänder für die o.g. Bewegungsformen der Schulter eine eher nachteilige Charakteristik. Umso eindeutiger muß aufgrund des hierdurch bedingten Gefahrenpotentials die Maximalkraft des Bandes bei jeder individuellen Bewegungsform festgelegt werden. Für einen effektiven und zugleich risikofreien Einsatz von Therapiebändern ist daher die genaue Kenntnis der jeweiligen Bandcharakteristika unentbehrlich.

Abduktions- und Außenrotationsbewegungen mit größerem Bewegungsumfang sollten vermieden werden; dies gilt umso mehr für „Bewegungsdiagonalen“, die in der Regel in deutlicher Adduktion und Innenrotation beginnen und in maximaler

Außenrotation und Abduktion enden. Hier wäre bei therapeutisch unbedeutender Anfangskraft eine u.U. deutliche Überlastung am Bewegungsende zu erwarten. Als Konsequenz sollten alle Bewegungsformen in kleineren, therapie-relevanten Teilbewegungen ausgeführt werden, deren jeweilige Maximalkraft im Vorfeld exakt bestimmt werden muß. Dies ist mit Therapiebändern für alle therapeutisch relevanten Bewegungsformen erstmalig auf der Basis der vorliegenden Isokraftkurven möglich. Grundlage dieses Verfahrens ist die Überlegung, daß bei vorgegebener Maximalkraft und vorgegebenem Bewegungsumfang die Kraftsteuerung nur durch Variation der Ausgangslänge des ungedehnten Bandes erfolgt. Es wird hier somit ein Verfahren vorgestellt, das es dem Operateur oder Therapeuten innerhalb weniger Sekunden ermöglicht, für jeden therapeutischen Bewegungsumfang die korrekte Bandstärke und Bandausgangslänge zu bestimmen.

Erläuterung zur Nutzung der Isokraftkurven (Beispiel Abb. 3)

Beabsichtigte Übungsbewegung: Innenrotation aus Neutralstellung bis Bauchwand (entspricht einem Bewegungsausmaß von 40 cm). Vom Operateur vorgegebene Daten: maximale Kraft 30 N, Bewegungsausmaß 40 cm (s.o.); Beispiel : Grünes „Theraband“

- | | | |
|--|-----------------|---|
| 1. Vorgebene Kraft: | 30 N - | → Aufsuchen der 30 N-Isokraftlinie |
| 2. Bewegungsausmaß: | 40 cm - | → Aufsuchen der Dehnlänge 40 cm (y-Achse) |
| 3. Ablesen der zutreffenden Ausgangslänge: | 25 cm (x-Achse) | |

Fazit

- Die spezielle Charakteristik von Therapiebändern (mit zunehmender Dehnung zunehmende Kraft, Maximalkraft am Bewegungsende) kann bei fehlender Kenntnis der genauen Werte bei bestimmten Bewegungsformen sowohl zu fehlender Effektivität wie auch erheblicher Überlastung führen. Diese Probleme lassen sich bei Beachtung der vorgestellten Isokraftkurven sicher vermeiden.
- Die vorgestellten Isokraftkurven erlauben, bei vorgegebenem therapeutischen Bewegungsumfang (Dehnlänge), eine exakte Kraftbestimmung ohne Kraftmeßgerät, lediglich anhand der Ausgangslänge. Die bislang übliche, lediglich qualitative und unzureichende Kraftfestlegung anhand der Bandfarbe entfällt hiermit.
- Genau quantifizierte, eigenaktive Programme sind bei entsprechenden Vorgaben auch zu Hause möglich.
- Die exakte Kenntnis der therapeutisch wirksamen Kräfte erlaubt mit Therapiebändern erstmals eine therapiebegleitende, tägliche quantitative Erfassung des Rehabilitationsprozesses.

Literatur

1. Anderson L, Rush R, Shearer L, Hughes, CJ (1992) The effects of a Theraband® exercise program on shoulder internal rotation strenght.. Phys Ther 72: 40
2. Andrews JR, Wilk KE (1994) The athlete's shoulder. Churchill Livingstone, New York-Edinburgh-London
3. Brewster C, Moynes-Schwab DR (1993) Rehabilitation of the shoulder following rotator cuff injury or surgery. J Orthop Sports Phys Ther 18: 422-426
4. Bynum EB, Barrack RL, Alexander AH (1995) Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. Am J Sports Med 23: 401-406
5. Brotzman BS (1996) Handbook of orthopedic rehabilitation. Mosby, St Louis
6. Felder H, Deubel G, Merkel M (1998) Ambulante Rehabilitation. Thieme, Stuttgart - New York
7. Gustavsen R, Streeck R (1997) Trainingstherapie im Rahmen der manuellen Medizin: Prophylaxe und Rehabilitation. Thieme, Stuttgart - New York
8. Haaker R (1996) Sportverletzungen - was tun? Prophylaxe und sportphysiotherapeutische Behandlung. Springer, Berlin - Heidelberg - New York
9. Hughes CJ, Hurd K, Jones A, Sprigle S (1999) Resistance properties of Thera-Band® tubing during shoulder abduction exercise. J Orthop Sports Phys Ther 29: 413-420
10. Kempf H-D, Schmelcher F, Ziegler C (1996) Trainingsbuch Thera-Band. Rowohlt, Reinbeck bei Hamburg
11. Marone PJ (1993) Schulterverletzungen im Sport. Deutscher Ärzteverlag, Köln
12. Mikesky AE, Topp R, Wigglesworth JK, Harsha DM, Edwards JE (1994) Efficacy of a home-based training program for older adults using elastic tubing. Eur J Appl Physiol 69: 316-320
13. Nicholas JA, Hershman EB, Posner MA (1990) The upper extremity in sports medicine. Mosby Company, St Louis - Baltimore - Philadelphia - Toronto
14. Page PA, Lamberth J, Abadie B, Boling R, Collins R, Linton R (1993) Posterior rotator cuff strengthening program using Theraband in a functional diagonal pattern in collegiate baseball pitchers. J Athl Train 28: 346-354
15. Radlinger L, Bachmann W, Homburg J, Leuenberger U, Thaddey G (1998) Rehabilitative Trainingslehre. Thieme, Stuttgart - New York

16. Schäfer E (1995) Fitneßtraining mit dem Thera-Band. Pohl-Verlag, Celle
17. Schmid C, Geiger U (1997) Rehatraining mit dem Theraband. Fischer
18. Spring H, Dvorak J, Dvorak V, Schneider W, Tritschler T, Williger B (1997) Theorie und Praxis der Trainingstherapie. Thieme, Stuttgart - New York
19. Treiber FA, Lott J, Duncan J, Slavens G, Davis H (1998) Effects of theraband and lightweight dumbbell training on shoulder rotation torque and serve performance in college tennis players. Am J Sports Med 26: 510-515
20. Verdonk A, Franke J (1994) Elastische Trainingsbänder und ihr Dehnungsverhalten. KG 46: 755-762
21. Ward K, Paolozzi S, Maloon J, Stanard H, Bell A (1997) A comparison of strength gains in shoulder external rotation musculature trained with free weights versus Thera-Band. Section on Research Newsletter 30: 21
22. Wilk KE, Arrigo C (1993) Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. J Orthop Sports Phys Ther 18: 365-378

Korrespondenzadresse: Dr. med. Michael Thomas
Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität Leipzig
Simmelweisstraße 10, D-04103 Leipzig
e-mail: <http://www.Drmtho@aol.com>; Fax: -49341-9723109; Tel.: -49341-9723103