Sling Exercise Therapy (S-E-T) : ein ganzheitliches Konzept für eine aktive Behandlung und ein aktives Training bei Beschwerden im Muskel- und Skelettsystem

Autor(en): **Kirkesola, Gitle**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Physiotherapie = Fisioterapia**

Band (Jahr): **37 (2001)**

Heft 1

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-929143

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

PRAXIS

Sling Exercise Therapy (S-E-T)

Ein ganzheitliches Konzept für eine aktive Behandlung und ein aktives Training bei Beschwerden im Muskel- und Skelettsystem

Gitle Kirkesola, B.Sc., Physiotherapeut MNFF (Mitglied des Verbandes norwegischer Physiotherapeuten), Spezialist in manueller Therapie, Sportphysiotherapeut FFI (Mitglied der NFF-Fachgruppe für Sportphysiotherapie)

Sling Exercise Therapy (S-E-T) ist ein ganzheitliches Konzept für eine aktive Behandlung und aktives Training mit dem Ziel, zur langfristigen Besserung von Beschwerden im Muskel- und Skelettsystem beizutragen. Unter ganzheitlich wird verstanden, dass das Modell auf Grundelementen basiert, die heute im Bereich des aktiven Trainings und der aktiven Rehabilitation als die wichtigsten gelten (und die in diesem Artikel beschrieben und dokumentiert werden). Das in den vergangenen acht Jahren in Norwegen entwickelte Konzept kommt auch bei der Behandlung von Schlaganfallpatienten und anderen neurologischen Zuständen, bei der Stimulation von Kindern und beim Training von Gesunden zur Anwendung. In diesem Artikel wird das Augenmerk auf die Behandlung von Beschwerden im Muskel- und Skelettsystem gelenkt.

Das S-E-T-Konzept besteht aus einem System zur Diagnose und Behandlung. Das Diagnostiksystem schliesst die Ermittlung der Belastungsfähigkeit der Muskeln bei progressiver Belastung in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette ein und wird zusammen mit konventionellen Untersuchungen bei der Diagnose von Beschwerden, die durch Belastung verursacht sind, angewendet. Das Behandlungssystem enthält Elemente wie Entspannung/Entlastung, Vergrösserung der Bewegungsamplitude, Traktion, Training der stabilisierenden Muskulatur, sensomotorisches Training, Training in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette, dynamisches Training der Bewegungsmuskulatur, Konditionstraining, Gruppentraining, häusliches Eigentraining, das über einen längeren Zeitraum begleitet wird, sowie ein EDV-Programm zum Zusammenstellen und Anpassen von Übungen. Das Konzept wurde auf der Grundlage der heutigen Kenntnisse über eine aktive Behandlung und ein aktives Training bei Erkrankungen im Muskel- und Skelettsystem entwickelt. Die klinischen Erfahrungen mit dem S-E-T-Konzept sind gut, aber die wissenschaftliche Dokumentation ist im Augenblick noch unzureichend. Deshalb wird besonderer Nachdruck auf die Forschung gelegt. Es wurde eine randomisierte Studie über die Wirkung von häuslichem Eigentraining bei lang anhaltenden Rückenbeschwerden sowie eine Pilotstudie über die Wirkung von aktiver Behandlung und aktivem Eigentraining in zwei Betrieben in Norwegen veröffentlicht. 1999 ist eine randomisierte Studie über die Behandlung von Schleudertraumen in Auftrag gegeben worden. In diesem Jahr werden Studien über das Training von älteren Menschen, über die Wirkung von aktiver Behandlung bzw. aktivem Training am Arbeitsplatz, kombiniert mit einem Training zu Hause, über das Training instabiler Schultern und das Training von Sportlern in Angriff genommen.

Geschichtlicher Rückblick

Schlingen sind schon seit langem bei der Behandlung und beim Training von Patienten gebräuchlich. Der Vorläufer des deutschen «Schlingentischs» wurde in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen von Professor Thomsen aus Bad Homburg entwickelt und erhielt den Namen «Thomsen-Tisch». Während des Zweiten Weltkrieges wurden solche dem Schlingentisch ähnelnden Geräte bei der Behandlung von Kriegsverletzten benutzt. Die Poliomyelitiswelle, die Europa in der Nachkriegszeit heimgesucht hatte, gab den Ausschlag dafür, dass der Engländer Guthrie-Smith einen Schlingentisch für die Behandlung von schwer gelähmten Patienten konstruierte [1]. In Wildbad in Deutschland entwickelte Ludwig Halter Ende der 40er Jahre eine Therapieform für Patienten, die an Poliomyelitis erkrankt waren. Er kombinierte die Behandlung im «Schlingentisch» mit einer Behandlung im Wasser und gilt heute als einer der bedeutendsten Entwickler dieser Behandlungsform [1].

Die heutige «Schlingentisch»-Apparatur besteht aus unterschiedlichen Modellen, die entweder auf dem Boden stehen oder an der Decke aufgehängt sind. Mit Hilfe eines ausgeklügelten Schlingensystems können die einzelnen Körperteile – oder der ganze Körper – im Gerät aufgehängt werden. Auf diese Weise lassen sich Behandlung und Trainingsübungen ohne Schwerkrafteinfluss durchführen.
In Norwegen wurde die Verwendung von Schlingen bei der Behandlung von Erkrankungen in Schulter und Hüfte in den 60er Jahren eingeführt. Vor allem Dr. Karl Hartviksen und Physiotherapeutin Audhild S. Bøhmer in der Abteilung für physikalische Medizin an der Klinik Ullevål sykehus haben sich bei der Entwicklung dieser Behandlungsform engagiert [3, 4, 5, 6]. Die Methode wurde mit erfreulichem Ergebnis in klinischen Studien angewendet [7, 8, 9].

Die Grundidee für das in Norwegen hergestellte Schlingen-Trainingsgerät TerapiMaster stammt von Kåre Mosberg in Grimstad. Er konstruierte einen Prototyp, den er für Trainingsübungen und das Strecken des eigenen Rückens verwendete. Die Patentrechte für die Weiterentwicklung, Produktion und Vermarktung wurden auf Petter, Grete und Tore Planke übertragen, die 1991 die Firma Nordisk Terapi AS in Kilsund/Norwegen etablierten, und zwar in Zusammenarbeit mit den Physiotherapeuten Rolf B. Johansen, Jan S. Hilden und Arvid D. Holst. Es kam sehr schnell zu einer engen Kooperation mit norwegischen Physiotherapeuten und Ärzten, die die weitere Entwicklung der Apparatur und der Behandlungs-/Trainingskonzepte unterstützt haben. An dieser Entwicklungsarbeit hat sich der Autor in den vergangenen vier Jahren aktiv beteiligt. 1999 konnte das S-E-T-Konzept für eine aktive Behandlung und aktives Training bei Erkrankungen im Muskel- und Skelettsystem lanciert werden.

Tab. 1: Definitionen

Propriozeption: Der gesamte neurale Input von Mechanorezeptoren in Muskeln, Sehnen, Gelenkbändern, Gelenkkapseln und Haut zum Zentralnervensystem [10].

Kinästhesie: Die bewusste Wahrnehmung der Bewegungen in Gelenken und die Wahrnehmung von Richtung und Geschwindigkeit dieser Bewegungen [11].

Sensomotorik: Sie umfasst die Propriozeption (Strom von afferenten Signalen), die Wahrnehmung dieser Signale (Kinästhesie) und die efferenten Impulse an die Muskulatur zwecks Korrektur der Stellung und Erhaltung der Stabilität [12, 13, 14].

«Weak Link»: ein Muskel, der zu schwach ist, um seinen Teil der Arbeit auszuführen, wenn er mit anderen Muskeln bei einer Aktivität zusammenwirken soll.

Offene kinematische Kette: Der distale Teil ist nicht fixiert und von der Eigenschwere entlastet (distale Segmente werden auf einem fixierten proximalen Segment bewegt, wie z. B. beim Bankdrücken mit freien Gewichten) [15].

Geschlossene kinematische Kette: Der distale Teil ist fixiert und durch die Eigenschwere belastet (proximale Segmente werden auf einem fixierten distalen Segment bewegt, wie z. B. beim Kniebeugen) [15].

Das TerapiMaster-Gerät

Bei diesem Gerät handelt es sich um ein Aufhängesystem mit zwei Seilen, die sich leicht anpassen und mit einem einfachen Handgriff arretieren lassen. An den Seilen können Schlingen verschiedener Art befestigt werden; darüber hinaus gibt es vielfältige Zusatzausstattung *(siehe Abb. 1)*. Die Befestigung des TerapiMaster-Gerätes erfolgt entweder direkt an der Decke, an einer stufenlos verstellbaren Deckenaufhängung, an einem transportablen Standgerüst oder an einem Wandstativ.
Alle Behandlungsformen, die mit Hilfe der «Schlingentisch»-Apparatur durchgeführt werden (Entspannung, aktives/passives Beweglichkeitstraining und Belastungstraining in einer offenen kinematischen Kette), lassen sich mit dem TerapiMaster-Gerät und der Zusatzausstattung ausführen. Darüber hinaus wird TerapiMaster beim Training in einer geschlossenen kinematischen Kette, beim sensomotorischen Training und beim Training zu Hause eingesetzt.

Abb. 1: **TerapiMaster-Arbeitsstation und TerapiMaster-Gerät mit Zusatzausstattung**

Hintergrund des S-E-T-Konzepts

Belastungsschäden gehören zu den häufigsten Krankheitszuständen und verursachen die meisten Kosten. Bisher bestand ein grosses Problem darin, wissenschaftlich die Wirksamkeit der Physiotherapie bei Belastungsschäden zu beweisen und zu dokumentieren. Vielleicht ist es deshalb an der Zeit, in neuen Bahnen zu denken. Der Ausgangspunkt für die Entwicklung des S-E-T-Konzepts besteht darin, die neuen, auf Forschung gegründeten Prinzipien für die Behandlung solcher Erkrankungen zusammenzufassen. In diesem Artikel werden der Hintergrund, die Entwicklung und die wichtigsten theoretischen Elemente dieses Konzeptes dargelegt. Folglich gibt es nun eine Dokumentation dafür, dass chronische Beschwerden im Bewegungsapparat mit physiologischen Veränderungen im Körper einhergehen, (z.B. verringerter sensomotorischer Kontrolle und Muskelkraft [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]). Die wichtigsten Veränderungen sind in Tabelle 2 dargestellt. Obwohl nicht mit Sicherheit bekannt ist, wie bedeutungsvoll diese Veränderungen in chronisch verlaufenden Prozessen sind, gibt es Grund für die Annahme, dass sie in wesentlichem Masse zur Aufrechterhaltung von Beschwerden beitragen.

Tab. 2: Veränderungen, die mit anhaltenden Beschwerden assoziiert werden

- **Beeinträchtigung der sensomotorischen Kontrolle**
- **verminderte Kraft und Ausdauer in der stabilisierenden Muskulatur**
- **verminderte Kraft und Ausdauer in der Bewegungsmuskulatur**
- **Muskelatrophie**
- **eingeschränkte kardiovaskuläre Funktion**

Ausgangspunkt des S-E-T-Konzepts ist es unter anderem, die sensomotorische Kontrolle, Kraft, Ausdauer und Kondition wiederzuerlangen und dadurch die Toleranz des Körpers gegenüber Belastungen zu erhöhen. In diesem Prozess stellt das in Norwegen entwickelte TerapiMaster-System ein wesentliches Element dar, da es unter anderem für das Training sowohl in einer offenen wie auch geschlossenen kinematischen Kette und nicht zuletzt für das Trainieren der sensomotorischen Kontrolle geeignet ist *(siehe Tab. 1 bezüglich der Definitionen)*. Darüber hinaus kann dieses System, das sich problemlos anpassen lässt, beim Training zu Hause und im Rahmen einer langfristigen Betreuung eingesetzt werden. Eine Übersicht über die Elemente des S-E-T-Konzeptes findet sich in *Tab.3*.

Tab. 3: Elemente des S-E-T-Konzepes

- **Diagnostiksystem in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette**
- **Entspannung/Entlastung**
- **Beweglichkeitstraining**
- **Traktion**
- **Training der stabilisierenden Muskulatur**
- **sensomotorisches Training**
- **Training in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette**
- **dynamisches Training der Bewegungsmuskulatur**
- **System mit Progressionsstufen zur Dosierung von Übungen**
- **Konditionstraining**
- **Gruppentraining**
- **Eigentraining zu Hause mit langfristiger nachgehender Betreuung**
- **EDV-Programm zum Erstellen und Anpassen von Übungskonzepten**

Diagnostiksystem in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette

Im Rahmen des S-E-T-Konzeptes wurde ein eigenes Diagnostiksystem entwickelt, um so genannte «Weak Links» nachweisen zu können *(siehe Tab. 1* bezüglich der Definitionen). Zunächst durchläuft der Patient einen «Screening»-Prozess, d.h. einen Test innerhalb eines Systems von Progressionssequenzen mit Übungen in einer geschlossenen kinematischen Kette. Dabei wird allmählich die Belastung erhöht, bis der Patient nicht mehr imstande ist, die Übung korrekt durchzuführen oder bis Schmerzen auftreten. Sollte dies auf einer niedrigen Belastungsstufe innerhalb der Progressionssequenz der Fall sein oder auffallende Unterschiede zwischen der Ausführung auf der rechten und der linken Seite deutlich werden, kann das auf das Vorliegen eines oder mehrerer «Weak Links» hindeuten. Zwecks Lokalisierung der Schwächen werden die Muskeln anschliessend einzeln in einer offenen kinematischen Kette getestet. Der Test in einer geschlossenen kinematischen Kette erfordert eine genaue Überwachung durch den Therapeuten, da der Körper versucht, «Weak Links» zu kompensieren, indem andere Muskulatur eingesetzt wird. Dieses Diagnostiksystem ist vorläufig noch nicht im Hinblick auf eine Reproduzierbarkeit überprüft worden. *Abb. 2* zeigt ein Beispiel für einen Test der dorsalen Muskulatur des Schultergürtels in einer geschlossenen kinematischen Kette.

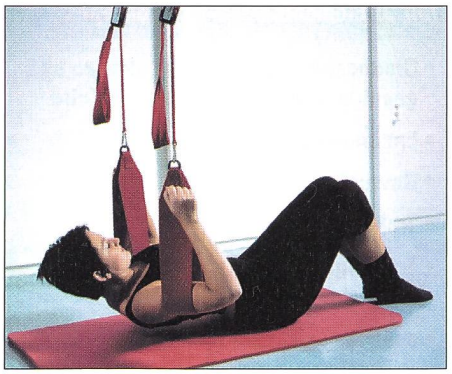


Abb. 2: **Testen der dorsalen Muskulatur des Schultergürtels in einer geschlossenen kinematischen Kette**

Entspannung/Entlastung

Eine Entspannung von Muskeln lässt sich dadurch erreichen, dass der betreffende Körperteil in der gewünschten Position im Schlingengerät aufgehängt und dann langsam bewegt wird. In den meisten Fällen finden die Patienten dies entspannend und behaglich, weshalb vor und nach der Behandlung beziehungsweise dem Training gern davon Gebrauch gemacht wird.

Beweglichkeitstraining

Nicht selten bringen anhaltende Beschwerden eine Einschränkung des Bewegungsausschlages von Gelenken und Muskulatur mit sich. Neben einer physikalischen Therapie – die eine Artikulierung der Gelenkflächen und ein Stretching der Muskeln umfasst – können die Patienten unter Zuhilfenahme des Schlingensystems selbst ein Beweglichkeitstraining ausführen. Da der Einfluss der Schwerkraft so gut wie eliminiert ist, bekommen die Patienten das Gefühl, gute Kontrolle zu haben und können folglich die Gelenke und Muskulatur bis an die Beweglichkeitsgrenze heranführen und nach und nach weiter dehnen.

Traktion

Wenn der Patient mit den Armen an den Schlaufen des TerapiMaster-Gerätes hängt, wobei die Füsse Kontakt zum Boden haben, lässt sich eine Traktion des Rückens ausführen. Durch ruhiges Beugen der Knie und Übertragung des Gewichts auf die Arme stellt sich ein Traktionseffekt ein. In gleicher Weise kann eine Traktion ausgeführt werden, wenn der Patient in Rückenlage seine Füsse in die Schlaufen steckt und anschliessend die Beine hochzieht, bis das Gesäss angehoben wird. Auch bei Nacken, Schulter und Hüfte lässt sich eine Traktion ausführen, dann jedoch unter aktiver Beteiligung des Physiotherapeuten. Empirisch können wir feststellen, dass eine solche Behandlung für viele Patienten von Nutzen ist, aber noch ist von Seiten der Forschung nicht ausreichend dokumentiert, dass sie einen Effekt hat.

Training der stabilisierenden Muskulatur

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass gewisse Muskeln eine ganz besondere Stabilisierungsfunktion haben. Diese Muskeln, die als «lokale» Muskeln bezeichnet werden, befinden sich in der Nähe der Gelenke und bestehen überwiegend aus tonischen Muskelfasern. Man geht davon aus, dass die «lokalen» Muskeln für die segmentale Stabilität verantwortlich sind, während «globale» Muskeln Bewegungen ausführen [23]. Beispiele für Muskeln, denen eine Beteiligung an der Stabilisierung von peripheren Gelenken zugeschrieben wird, sind die «Rotator cuff»-Muskulatur in der Schulter [24], M. vastus medialis obliquus im Knie [25, 26] und der hintere Teil des M. glutaeus medius in der Hüfte [27]. Zu den gewöhnlichsten stabilisierenden Muskeln der Lendenwirbelsäule gehören der M. transversus abdominis und der M. multifidus [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34], und in Bezug auf die Halswirbelsäule wird davon ausgegangen, dass der M. longus colli, M. longus capitis, M. multifidus und M. semispinalis cervicis diese Funktion innehaben [36, 37, 38].

Beim Training der stabilisierenden Muskulatur wird niedrig dosierten isometrischen Kontraktionen grosse Bedeutung beigemessen (30 bis 40% der «Maximal Volontary Contraction») [39, 40, 41]. Nach und nach erhöht man lieber die Haltedauer, statt den Grad der Belastung zu steigern. In Australien wurden zwei Studien veröffentlicht, die die Wirkung eines niedrig dosierten Trainings des M. transversus abdominis bei Patienten mit Rückenbeschwerden dokumentieren [42, 43, 44].

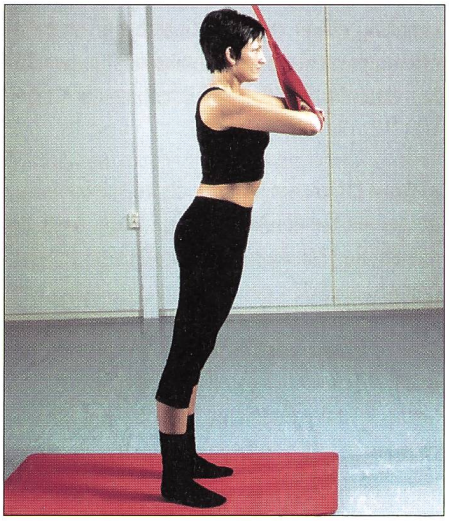


Abb. 3: **Niedrig dosiertes Training des M. transversus abdominis**

Durch plötzliche Bewegungen des Oberkörpers oder der Extremitäten sorgt der Körper für die Stabilisierung der Lendenwirbelsäule mittels eines «Feedforward»-Mechanismus. Die «lokale» stabilisierende Muskulatur empfängt efferente Signale und wird kontrahiert, bevor eine Aktivierung der «globalen» Muskulatur, die die Bewegung ausführen soll, eintritt. Zu den Muskeln, die erwiesenermassen in einen solchen «Feedforward»-Mechanismus einbezogen sind, zählen der M. transversus abdominis (31, 32, 33, 34, 45), das Diaphragma (46, 47), die Beckenbodenmuskulatur (48) und die Nackenmuskulatur (49). Es ist dokumentiert, dass bei Patienten mit chronischen Rückenbeschwerden der «Feedforward»-Mechanismus beim M. transversus abdominis verloren gegangen ist (50, 51).

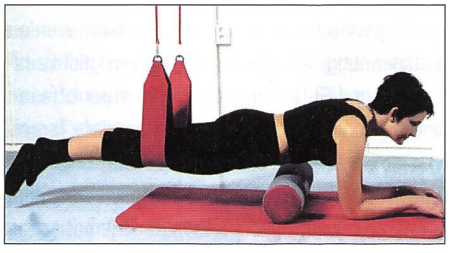


Abb. 4: **Hoch dosiertes Training des M. transversus abdominis und der phasischen Muskulatur**

Bei grossen Belastungen bedient sich der Körper sowohl der tonischen als auch der phasischen Muskulatur, um eine Stabilisierung zu erreichen, und ein Training von beiden wird als bedeutsam erachtet [52]. In anderen Zusammenhängen ist lediglich auf ein niedrig dosiertes Training der «lokalen» stabilisierenden Muskulatur hingewiesen worden [41, 42, 43, 44].

Vor dem Hintergrund des oben Gesagten wurden im Rahmen des S-E-T-Konzeptes besondere Übungskonzepte entwickelt, bei denen der Blick in hohem Masse auf das Training der stabilisierenden Muskulatur gelenkt wird. Zu Beginn wird Wert auf niedrig dosierte isometrische Kontraktionen der «lokalen» stabilisierenden Muskulatur gelegt. Ein Beispiel für solche Übungen ist in *Abb. 3* gezeigt. Nach und nach kommen Übungen hinzu, die die «globale» Muskulatur aktivieren. Dies setzt allerdings voraus, dass die «lokale» Muskulatur imstande ist, eine zufrieden stellende Stabilität aufrechtzuerhalten. Beispiele für solche Übungen sind aus den *Abb. 4 und 5* ersichtlich.

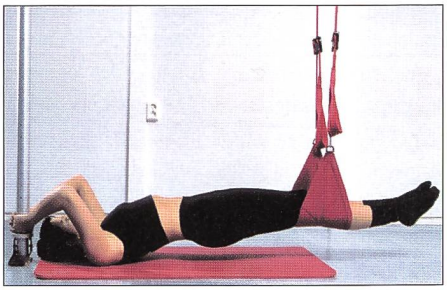


Abb. 5: **Hoch dosiertes Training der Rücken- und Beckenmuskulatur**

Sensomotorisches Training

Ausdrücke wie Propriozeption, Kinästhesie und Sensomotorik werden häufig synonym verwendet; dieser Artikel stützt sich jedoch auf die Definitionen, die in *Tab. 1* wiedergegeben sind. Eine gute sensomotorische Kontrolle ist wesentlich für die Aufrechterhaltung eines normalen Funktionsniveaus. Schon seit langem ist bekannt, dass sich bei andauernden Beschwerden in Knöcheln und Knien die Sensomotorik verringert [53, 54, 55].

Übungskonzepte, die das Training der sensomotorischen Kontrolle dieser Bereiche einschliessen, werden seit vielen Jahren verwendet und sind Standard der meisten Rehabilitationskonzepte. Die Wirkung eines solchen Trainings auf die unteren Extremitäten ist nun gut dokumentiert [56, 57, 58, 59, 60, 61].

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass anhaltende Rückenbeschwerden mit einer verringerten Sensomotorik assoziiert werden [20, 21, 22, 63, 64, 65, 66]. Das Gleiche gilt für anhaltende Nacken- [67, 68, 69, 70, 71] und Schulterbeschwerden [72, 73, 74, 75].

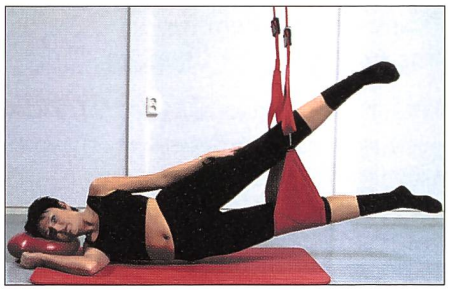


Abb. 6: **Sensomotorische Übung für den Rücken**

Es liegen Studien darüber vor, dass muskuläre Ermüdung die sensomotorische Kontrolle in den unteren Extremitäten [76, 77, 78], in der Schulter [79, 80, 81] und im Rücken [82, 83, 84] verringert. Einzelne Abhandlungen haben gezeigt, dass sensomotorisches Training bei Patienten mit chronischen Rückenbeschwerden [85] und chronischen Nackenbeschwerden [70] einen Effekt hat, aber bisher sind nur ganz wenige Arbeiten bezüglich der Wirkung eines solchen Trainings für diese Bereiche veröffentlicht worden.

Das sensomotorische Training ist wesentlicher Bestandteil des S-E-T-Konzeptes, und es wurde eine Vielzahl von Übungen für diesen Zweck entwickelt. Dabei wird Wert darauf gelegt, dass das Training in einer geschlossenen kinematischen Kette auf einer instabilen Unterstützungsfläche stattfindet, damit eine optimale Stimulation des sensomotorischen Systems erreicht wird [86, 87]. Für diesen Zweck ist das Training im Schlingengerät sehr geeignet. Darüber hinaus werden häufig Schaumgummimatten, eine Wippe und luftgefüllte Gummikissen verwendet *(siehe Abb. 7)*.

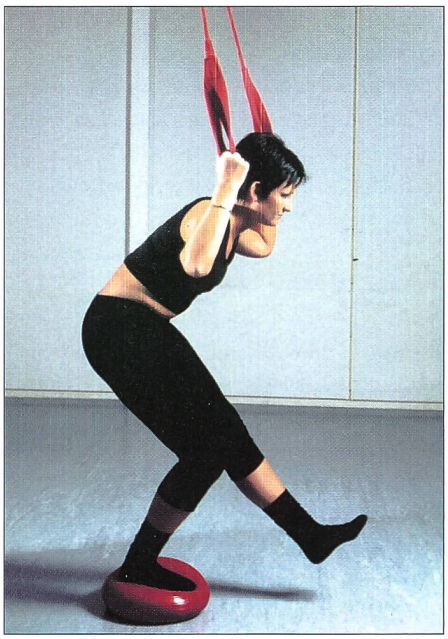


Abb 7: **Sensomotorische Übung für die unteren Extremitäten**

Training in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette

Das Training in einer offenen kinematischen Kette ist dadurch definiert, dass das distale Segment nicht fixiert und von der Eigenschwere entlastet ist (distale Segmente werden auf einem fixierten proximalen Segment bewegt) [15]. Diese Form des Trainings beinhaltet, dass Agonisten und Synergisten einzeln trainiert werden und kein besonderer Bedarf für die Aktivierung der Antagonisten besteht [86].

Abb 8: **Innenrotation der Schulter in einer offenen kinematischen Kette**

Das Training in einer geschlossenen kinematischen Kette ist dadurch definiert, dass das distale Segment fixiert ist und unter dem Einfluss der Schwerkraft steht (proximale Segmente werden auf einem fixierten distalen Segment bewegt) [15]. Diese Trainingsform beinhaltet eine Koaktivierung von Agonisten, Synergisten und Antagonisten und ist folglich für das Trainieren der körperlichen Funktion gut geeignet [86].

Im Rahmen des S-E-T-Konzepts wird sowohl in einer offenen wie auch einer geschlossenen kinematischen Kette trainiert. Beim Training in einer offenen kinematischen Kette bedient man sich entlastender Bewegungen in Schlingen, Belastungsübungen mit freien Gewichten oder Übungen in Seilzug-Rollensystemen (Zuggeräten). Für diesen Zweck wurde ein mobiles Teleskop-Zuggerät mit Rollensystemen entwickelt *(siehe Abb. 8)*.

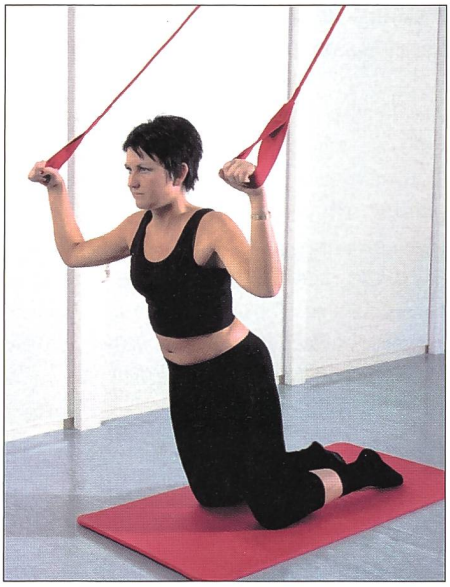


Abb. 9: **Innenrotation der Schulter in einer geschlossenen kinematischen Kette**

Beim Training in einer geschlossenen kinematischen Kette bedient man sich in wesentlichem Grad des Schlingensystems. Die Belastung wird durch Veränderung des Hebelarms und folglich des Drehmoments dosiert. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass die Platzierung der Schlingen am Körper respektive die Länge der Seile verändert oder der Körper gegenüber der vom Aufhängepunkt der Schlinge ausgehenden Lotlinie verlagert wird *(siehe Abb. 9)*.

Dynamisches Training der Bewegungsmuskulatur

Wenn die «lokale» Muskulatur eine zufrieden stellende Stabilisierungsfunktion erreicht hat, wird mit einem progressiven Training der «globalen» Muskulatur begonnen. Auch hier macht man sich das Training in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette zunutze. Beim Krafttraining wird das Belastungsniveau relativ hoch angesetzt, das Training erfolgt in 3 bis 4 Serien mit jeweils 5 bis 6 Wiederholungen, wobei zwischen jeder Serie eine Ruhepause eingelegt wird. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass muskuläre Ausdauer bei aktiven Sportlern trainiert werden kann, wenn das Belastungsniveau so hoch angesetzt wird, dass der Sportler nur zu 5 bis 6 Wiederholungen imstande ist. Die Übungen werden in der konzentrischen Phase der Bewegung explosiv ausgeführt und in drei Serien wiederholt, wobei nach jeder Serie eine Pause von 1 bis 2 Minuten eingelegt wird [88, 89]. Werden Patienten nach dieser Methode trainiert, muss auf Schmerzen und die korrekte Ausführung der Übung geachtet werden. In der medizinischen Trainingstherapie ist es üblich, die muskuläre Ausdauer bei geringer Belastung und mit 30 bis 50 Wiederholungen in 3 bis 4 Serien zu trainieren [90].

Progressionssystem für eine Dosierung der Übungen

Das Training nach dem S-E-T-Konzept erfolgt häufig innerhalb eines Systems von Progressionssequenzen, wobei die Übungen in der offenen und geschlossenen kinematischen Kette abgestuft sind. Auf den unteren Stufen sind sie in der Regel «abgemildert», und zwar durch Verwendung von Schlingen oder in Form eines «negativen Gewichts». Es werden Gummizüge, Rollensysteme oder lose Gewichte eingesetzt, um den Körper von der Eigenschwere zu entlasten. Auf den höchsten Stufen der Progressionssequenzen bestehen die Übungen in der Regel aus einem Training in einer geschlossenen kinematischen Kette mit hohem Drehmoment. Ein solches Niveau ist für aktive Sportler bestimmt. Das Konzept sieht vor, dass es in allen Progressionssequenzen eine Stufe gibt, die für jeden Patienten, Freizeitsportler oder Athleten geeignet ist.

Konditionstraining

Ein solches Training wird gewöhnlich in Form von Radfahren, Laufen, Rudern, raschem Gehen, Skilaufen, Schwimmen oder anderen Aktivitäten ausgeübt, wobei grosse Muskelgruppen längere Zeit aktiviert werden. Im Hinblick auf ein häusliches Training wurden im Rahmen des S-E-T-Konzepts Übungen für diejenigen entwickelt, die die oben genannten Aktivitäten nicht ausüben können. In solchen Fällen kommt neben dem Schlingensystem ein mobiler «Stepper», ein Trampolin oder eine Schaumgummimatte zur Anwendung. Auch Übungen, die den Prinzipien für ein Intervalltraining gerecht werden, lassen sich in die Tat umsetzen, wenn eine ausgewählte Folge relativ einfacher Bewegungen bei hohem Tempo in vorgegebenen Intervallen durchgeführt und zwischen jedem Intervall eine Ruhepause eingelegt wird.

Gruppentraining

Dieses Training soll so organisiert sein, dass die Teilnehmer entweder gleichförmige Übungen ausführen, bei denen die Belastung dem Niveau des Einzelnen angepasst ist oder die Auswahl von Übungen von Teilnehmer zu Teilnehmer verschieden ist. Beim Gruppentraining werden positive Elemente wie Motivation, Bewältigung und sozialer Kontakt genutzt, und es lässt sich sowohl bei der Behandlung von Patienten als auch dem Training von Gesunden einsetzen. Erfahrungsgemäss ist dies eine sehr beliebte Trainingsform.

Eigentraining zu Hause

Das S-E-T-Konzept legt grossen Wert auf ein Eigentraining und die langfristige Betreuung durch einen Therapeuten. Bei vielen Patienten sind Kraft, muskuläre Ausdauer und Kondition sowie die sensomotorische Kontrolle stark eingeschränkt. Erfahrungsgemäss erfordert eine Rekonditionierung solcher Patienten viel Zeit, oftmals wesentlich mehr, als von der verordneten Zahl der Behandlungen zur Verfügung steht. Durch die Motivation des Patienten zum Eigentraining wird versucht, die Verantwortung für die eigene Gesundheit nach und nach auf den Patienten zu übertragen.

Häufig ist es schwierig, die Patienten zum eigenständigen Training zu bewegen, und einige Studien, die das Eigentraining zum Gegenstand hatten, haben eine geringe «Compliance» (das Befolgen der Vorgaben) nachgewiesen. Eine australische Studie ergab allerdings, dass Patienten, die neben den mündlichen Anweisungen und der Demonstration von Übungen ein schriftliches Trainingsprogramm mit einer Illustration der Übungen erhielten, in Bezug auf das häusliche Eigentraining eine deutlich höhere «Compliance» (77%) erreichten als die Gruppe, die lediglich mündlich angeleitet wurde und der die Übungen vorgeführt worden waren (38%) [91]. Eine norwegische Studie über den Effekt eines zu Hause durchgeführten dosierten Eigentrainings bei Patienten mit Rückenbeschwerden hat ebenfalls eine hohe «Compliance» nachgewiesen. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass zirka 60 Prozent der Versuchspersonen ein Jahr nach Abschluss der Studie weiterhin regelmässig trainierten [92].

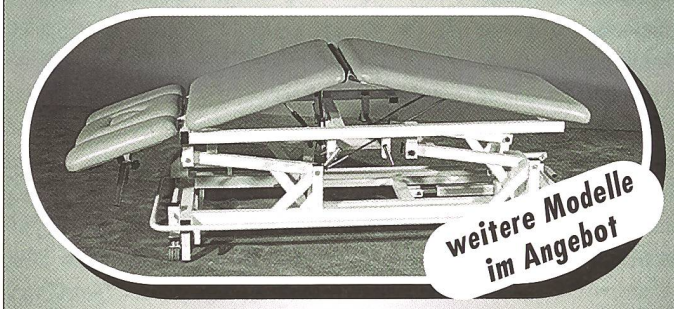
EDV-Programm für das Erstellen und Anpassen von Übungskonzepten

Im Rahmen des S-E-T-Konzeptes wurde ein EDV-Programm entwickelt, das es gestattet, Übungskonzepte zusammenzustellen, zu bearbeiten und anzupassen. Neben einer kurz gefassten Beschreibung der Ausgangsstellungen, der Zahl der Wiederholungen, Haltedauer etc. ist jede Übung mit je einer Zeichnung der Ausgangs- und Endstellung illustriert.

Die Übungen sind Teil eines aus Progressionssequenzen aufgebauten Systems, wobei jede Sequenz aus einer gewissen Zahl von Stufen besteht, die nach dem Grad der Belastung angeordnet sind. Das EDV-Programm erlaubt es, innerhalb dieser Stufen Anpassungen vorzunehmen, so dass ein schnelles Zusammenstellen und Modifizieren von Trainingsprogrammen möglich ist. Darüber hinaus enthält das Programm so genannte «Protokolle». Dabei handelt es sich um fertig ausgearbeitete Vorschläge für verschiede-

Brauchen Sie eine Behandlungsliege?

Kommen Sie zu Paramedi!



z.B. Profimed 5

5-teilige Behandlungs-Liege **ab Fr. 2830.–** inkl. MwSt.

paramedi schweiz

Verlangen Sie unsere ausführlichen Unterlagen

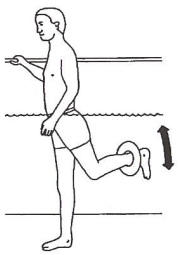
Saum 13
9100 Herisau
Tel./Fax 071/352 17 20
Mobil 078/627 25 50
E-Mail: paramedi@gmx.ch

PHYSIOTHERAPIE
BEHANDLUNGSLIEGEN
MASSAGEPRODUKTE
GYMNASTIK

GYMplus

druckt individuelle Übungsprogramme für Ihre Patienten

Über 3'000 Übungen in 21 Sammlungen:
Allgemeine Physiotherapie, Training mit Gewichten, Aktive Rehabilitation, Hydrotherapie, Medizinische Trainingstherapie, Paediatrie und viele mehr!



SOFTplus Entwicklungen GmbH
Lättichstrasse 8, 6340 Baar
Tel: 041/763 32 32, Fax: 041/763 30 90
Internet: http://www.gymplus.ch

Katalog und Demoversion erhalten Sie unverbindlich und gratis.

FITplus für Windows

Die effiziente Verwaltungssoftware für Ihr Trainingszentrum!

Unterstützt Sie bei Ihrer Administration: Kundenverwaltung (auf Wunsch mit Porträt und Kundenkarten), Rechnungs- und Mahnwesen, individueller Einsatz von Marketingswerkzeugen, auführliches Statistikwesen und vieles mehr!

Überzeugen Sie sich selber: verlangen Sie unsere unverbindliche und kostenlose Informationsmappe mit Demoversion!

Über 10 Jahre Erfahrung mit Software für Physiotherapien:

SOFTplus Entwicklungen GmbH
Lättichstrasse 8, 6340 Baar
Telefon 041 - 763 32 32, Telefax 041 - 763 30 90
Internet: http://www.softplus.net, E-Mail: fitplus@softplus.net

MTR MEDIZIN THERAPIE REHA AG

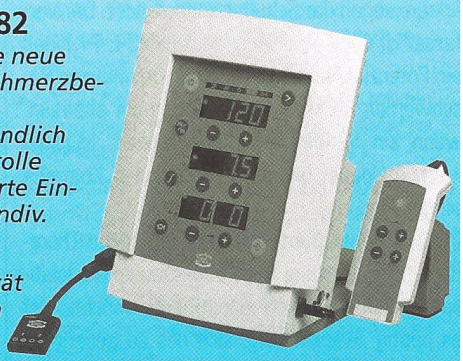
Roosstrasse 23
CH-8832 Wollerau
Tel. 01 / 787 39 40
Fax 01 / 787 39 41
info@mtr-ag.ch

ENRAF NONIUS

Ihre Direkt-Vetretung für Physiotherapie und Rehabilitation

Elektrotherapie

ENDOMED 484
Die 400-Serie für Physiotherapeuten mit klarem Zukunftskurs:
1-, 2- oder 4-Kanal-Geräte für Elektrotherapie und -diagnose.
Die portablen Geräte, geeignet für Netz- und Akkubetrieb.



ENDOMED 182
Die 100-Serie. Die neue Dimension der Schmerzbekämpfung.
- Bedienungsfreundlich
- maximale Kontrolle
- vorprogrammierte Einstellungen mit indiv. Abstimmung

Preiswerte Qualität und gutes Design

Therapie-Liegen

MANUMED
Vollständige Kollektion von Behandlungsliegen in anerkannt guter Qualität: Komfortabel, stabil, hohe Sicherheit sowie lange Lebensdauer. Attraktive Farben.

Grosse Auswahl an Optionen und Zubehör.

Service

ENRAF NONIUS

MTR – Ihr Partner für Einzellösungen und Gesamteinrichtungen.
Rufen Sie uns an 01 787 39 40
oder mailen Sie: info@mtr-ag.ch

Besuchen Sie unsere Ausstellung

ne Zustände – z.B. Schleudertrauma, chronische Erkrankungen des Beckengürtels, chronische Rückenbeschwerden – sowie Übungen für ein Training von Gesunden. Sie sollen dem Therapeuten die ersten Schritte beim Erstellen und Anpassen von Trainingskonzepten erleichtern. Die Protokolle können nach Bedarf vom Therapeuten geändert und angeglichen werden. Das Programm enthält auch Vorgaben, die das Führen eines Trainingstagebuchs gestatten.

Indikationen und Anwendungsbereiche

Das S-E-T-Konzept wird gegenwärtig bei der Behandlung von Erkrankungen im Muskel- und Skelettsystem, bei der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten und Patienten mit anderen neurologischen Leiden sowie zur Stimulation von Kindern eingesetzt. Es kommt darüber hinaus beim Training von Gesunden und beim Training von Athleten zur Anwendung.

Erfahrungsgemäss wird das Konzept heute überwiegend bei der Behandlung von Zuständen wie chronischen Rückenbeschwerden, Nackenbeschwerden, Erkrankungen des Beckengürtels und Erkrankungen der Schulter angewendet. Der Verfasser ist der Auffassung, dass das S-E-T-Modell ein Potenzial bei der Behandlung der meisten Beschwerden im Muskel-/Skelettsystem aufweist, wenn ein Verlust von Beweglichkeit, Muskelkraft, Ausdauer und sensomotorischer Kontrolle eingetreten ist.

In einer Behandlungssituation, in der der Therapeut ein Stretching oder eine manuelle Mobilisation von Gelenken durchführen möchte, ist es häufig zweckmässig, sich des so genannten Prinzips der «dritten Hand» zu bedienen. Dabei wird der betreffende Körperteil des Patienten in Schlingen aufgehängt, was den Therapeuten entlastet und seine Arbeit erleichtert, weil er einen oder beide Arme zur Verfügung hat.

Beim Training von «Weak Links» gemäss dem S-E-T-Konzept bedient man sich häufig einer Kombination von Übungen in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette. Erfahrungsgemäss ist es in solchen Fällen günstig, zunächst ein isoliertes Training der Muskulatur in einer offenen kinematischen Kette durchzuführen, bis sich Kraft und Ausdauer verbessert haben, und anschliessend zu einem Training in einer geschlossenen kinematischen Kette überzugehen, um das Zusammenwirken von Agonisten, Synergisten und Antagonisten einzuüben.

Forschung

Bevor die Forschungsarbeit aufgenommen werden konnte, war es notwendig, ein Modell für dieses Behandlungs- und Trainingskonzept zu entwickeln. Dieses Modell liegt nunmehr vor, und die Studien sind angelaufen. Es wurde eine randomisierte Multicenter-Langzeitstudie bezüglich der Wirkung von zwei verschiedenen Formen des häuslichen Trainings bei Patienten mit chronischen Rückenbeschwerden durchgeführt [92]. Eine Gruppe verwendete Übungen unter Einbeziehung des TerapiMaster-Gerätes, die andere Gruppe konventionelle krankengymnastische Übungen. In beiden Gruppen wurde eine deutliche Verringerung der krankheitsbedingten Fehlzeiten festgestellt, ohne dass es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen gab. Es sollte berücksichtigt werden, dass das S-E-T-Konzept zu diesem Zeitpunkt noch nicht entwickelt war.

In einer nicht randomisierten Pilotstudie, die sich auf 42 Mitarbeiter in zwei norwegischen Betrieben erstreckte, wurde unter anderem die Wirkung eines häuslichen Eigentrainings in Kombination mit Entspannungsübungen am Arbeitsplatz untersucht. Die Studie lief über einen Zeitraum von zwölf Monaten, und als Parameter, mittels dessen die Wirkung gemessen werden sollte, dienten die Fehlzeiten, die durch Erkrankungen des Nackens, der Schulter und des Rückens verursacht waren [93]. Die erkrankungsbedingten Fehlzeiten verringerten sich im Durchschnitt von 11,2 auf 0,2 Tage pro Jahr (Reduktion um 98%). Eine 30 Monate nach Abschluss des Projektes durchgeführte Überprüfung ergab, dass sich die Ausfallzeiten auf dem gleichen Niveau hielten (0,2 Tage pro Jahr). Da es jedoch in der Studie keine Kontrollgruppe gab, lassen sich daraus nur begrenzte Schlussfolgerungen ziehen.

1999 wurde eine Studie in Angriff genommen, die klären soll, welche Wirkung eine Behandlung von Patienten hat, die aufgrund eines Schleudertraumas unter anhaltenden Beschwerden leiden. Dabei handelt es sich um eine randomisierte, kontrollierte Multicenter-Langzeitstudie, durch die kurz- und langfristige Wirkungen eines neu entwickelten ganzheitlichen Massnahmenmodells (GM), bei dem S-E-T ein zentraler Bestandteil ist, mit einer traditionellen physikalischen Therapie (TP) verglichen werden sollen.

Im Laufe des Jahres wird eine randomisierte Multicenter-Langzeitstudie in die Wege geleitet, die mehrere norwegische Betriebe einschliesst. Es soll festgestellt werden, welche Wirkung ein häusliches Eigentraining kombiniert mit Entspannungsübungen am Arbeitsplatz hat. Dabei gelten die durch Erkrankungen im Muskel- und Skelettsystem verursachten Fehlzeiten als Massstab für die Wirkung. Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine Weiterführung der früheren Pilotstudie [93].

In nächster Zukunft laufen Studien über die Behandlung und das Training von älteren Personen, das Training von instabilen Schultern und das Training von Sportlern an. Ferner ist beabsichtigt, eine randomisierte, kontrollierte, multinationale Multicenter-Studie über den Effekt von Behandlung und Training bei Patienten mit chronischen Rückenbeschwerden durchzuführen. Die Studie wird sich auf vier europäische Länder erstrecken.

Gegenwärtige Einsatzgebiete

In Norwegen haben mehr als 90% der Praxen für Physiotherapie das TerapiMaster-System in Gebrauch genommen. Das S-E-T-Konzept kommt heute sowohl national wie international zur Anwendung. In Japan wurde eine eigene Interessengruppe unter dem Namen «Japan Sling Exercise Therapy» (JSET) gegründet. Diese Organisation, der gegenwärtig etwa 200 Mitglieder angehören, hat zum Ziel, die Wirkung einer Behandlung nach dem S-E-T-Modell zu erforschen. Es sind bereits sieben Studien in Auftrag gegeben worden. In Korea wurde kürzlich eine entsprechende Interessengruppe (KSETA) etabliert, die damit begonnen hat, das Design von Studien zu entwerfen. Auch in anderen Ländern besteht grosses Interesse für dieses Konzept, so zum Beispiel in Deutschland, den Niederlanden, Österreich, Italien, Spanien, der Schweiz, Israel, Dänemark und Finnland. Dort finden gegenwärtig Kurse statt, und nach und nach werden weitere Länder einbezogen. Im Laufe der Zeit soll sowohl auf nationaler wie internationaler Ebene eine Ausbildung und Zertifizierung von Kursleitern in die Wege geleitet werden.

Diskussion

Die angenommenen Stärken einer Behandlung nach dem S-E-T-Konzept liegen nach Auffassung des Autors darin, dass dieses Modell mit den darin eingeschlossenen Elementen eine ganzheitliche Annäherung beinhaltet *(siehe Tab. 3)*. Von besonderer Bedeutung scheint das Training der sensomotorischen Kontrolle zu sein, das in einer geschlossenen kinematischen Kette auf einer instabilen Unterstützungsfläche erfolgt, ferner das Training der «lokalen» stabilisierenden Muskulatur und schliesslich das häusliche Eigentraining mit langfristiger Betreuung. Das gleiche Trainingsgerät kann bei den verschiedenen Übungen eingesetzt werden. Dies ermöglicht es, zu Hause mit der gleichen Übungsauswahl, die bei Behandlung und Training in der Physiotherapiepraxis und in Institutionen verwendet wurde, zu trainieren. Das Gerät beansprucht wenig Platz und verursacht keine besonderen Kosten. Die klinischen Erfahrungen mit dem S-E-T-Konzept sind gut, aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegt keine ausreichende wissenschaftliche Dokumentation

über die Wirkung einer solchen Behandlung und eines solchen Trainings vor. Beide bereits veröffentlichten Studien weisen Mängel hinsichtlich der Methode und des Designs auf [92, 93], und die Schlussfolgerungen, die sich daraus ziehen lassen, müssen in diesem Lichte gesehen werden. Um die Forschung hinsichtlich des S-E-T-Konzepts zu stärken, wurde eine eigene Forschungsgruppe etabliert, die zur bestmöglichen Gestaltung der Forschungsaktivitäten beitragen soll.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

S-E-T ist ein neues Konzept, das über einen langen Zeitraum entwickelt wurde und eine ganzheitliche Annäherung bei der Behandlung von Verletzungen und anhaltenden Beschwerden zum Ziel hat. Wichtige Elemente sind die Normalisierung des Bewegungsausmasses, das Training der stabilisierenden Muskulatur und das Einüben der sensomotorischen Kontrolle. Hinzu kommt das Trainieren von Kraft, Ausdauer und Kondition. Ein dosiertes, über einen längeren Zeitraum begleitetes Training zu Hause zählt ebenfalls zu den wesentlichen Faktoren.
Es wurden mehrere Forschungsprojekte von hoher methodischer Qualität in die Wege geleitet, um die Wirkung des S-E-T-Konzeptes in besonders wichtigen Anwendungsbereichen zu erfassen.

Erkrankungen im Muskel-/Skelettsystem sind der häufigste Krankheitszustand in der modernen Gesellschaft. Wird berücksichtigt, für welche Massnahmen eine Wirkung dokumentiert werden konnte, hatte der Behandlungsbereich bisher wenig anzubieten. Es ist an der Zeit, sich diesem Problem auf neue Art und Weise zu nähern. Dies hat den Ausschlag für die Entwicklung des S-E-T-Konzeptes gegeben. Die Dokumentation der Wirkung ist dabei ein wesentliches Element.

Der Autor dankt der Physiotherapeutin Silvia Kollos und Dr. Thomas Bochdansky aus Österreich für ihre wertvolle Hilfe bei der Entwicklung der sensomotorischen Übungen sowie Professor Even Lærum für die Ratschläge bei der Ausarbeitung dieses Artikels.

Literatur

1) *WENK W.:* Der Schlingentisch in Praxis und Unterricht. München: Pflaum Verlag 1989

2) *LILIENFEIN W.:* Funktionelle Schlingentischtherapie. Verlag Oskar Mahl 1986

3) *STAFF PH.:* Personlig kommuniksajon, 2000

4) *BØHMER AS.:* Trening ved kroniske degenerative skulderlide lser. Fysioterapeuten 1984; 51: 192–7

5) *BØHMER AS., BROX JI.:* Veiledet trening. Kort beskrivelse av en fysioterapimetode for behandling av pasienter med kronisk degenerativ skulderlidelse. Fysioterapeuten 1998; 4: 22–3

6) *BØHMER AS., STAFF PH., BROX JI.:* Supervised exercises in relation to rotator cuff disease (impingement syndrome II and III): A treatment regimen and its rationale) Physiotherapy Theory and Practice 1998; 14: 93–105

7) *BROX JI., STAFF PH., LJUNGGREN AE., BREVIK JI.:* Arthroscopic surgery compared with supervised exercises in patients with rotator cuff disease (stage II impingement syndrome). Brit Med J 1993; 307: 899–903

8) *BROX JI., GJENGEDAL E., UPPHEIM G., BØHMER AS., BREVIK JI., LJUNGGREN AE., STAFF PH.:* Arthroscopic-surgery versus super vised exercise in patients with rotator cuff disease/stage II impingement syndrome): A prospective, randomized, controlled study in 125 patients with a 2 1/2-year follow-up

9) *BROX JI.:* Doktorgradsarbeid viste effekt av veiledet trening ved skuldersmerter. Fysioterapeuten 1998; 4: 12–21

10) *WILKERSON GB., NITZ AJ.:* Dynamic ankle stability: Mechanical and neuromuscular interrelationships. J Sport Rehabil 1994; 3: 43–57

11) *BRODAL P.:* Sentralnervesystemet. Bygning og funksjon, 2. utgave. Oslo: TANO 1995: 216–7

12) *NYLAND J., BROSKI T., CURRIER D., NITZ A., CABORN D.:* Review of the afferent neural system of the knee and its contribution to motor learning. J Orthop Sports Phys Ther 1994; 19 (1): 2–11

13) *HIGGINS S.:* Motor control acquisition. Phys Ther 1991; 71 (2): 123–139

14) *BERGLAND A.:* Postural kontroll: Bevegelsens skygge. Fysioterapeuten 1994; 15: 18–24

15) *LEPHART SM., HENRY TJ.:* The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. J Sport Rehab 1996; 71–87

16) *COOPER RG., FORBES W., JAYSON MIV.:* Radiographic demonstration of paraspinal muscle wasting in patients with chronic low back pain. Br J Rheumatol 1992; 31: 389–94

17) *LAASONEN EM.:* Atrophy of sacrospinalis muscle groups in patients with chronic diffusely radiating low back pain. Neuroradiology 1984; 26: 9–13

18) *MAYER TG., SMITH SS., KEELEY, ET AL.:* Quantification of lumbar function. Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low back pain patients. Spine 1985; 10: 765–72

19) *NORDGREN B., SCHEILE R., LINROTH K:* Evaluation and prediction of back pain during military field service. Scand J Rehabil 1980; 12: 1–7

20) *GILL KP., CALLAGHAN MJ.:* The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low-back-pain. Spine 1998; 3: 371–7

21) *DVIR Z., DANIELATRAKCI R., MIROVSKI Y.:* The effect of frontal loading on static and dynamic balance reactions in patients with chronic low back dysfunction. Basic and applied myology 1997; 2: 91–6

22) *FIELD E., ABDELMOTY E.:* The effect of back injury and load on ability to replicate a novel posture. J Back Musculoskel Rehab 1997; 3: 199–207

23) *BERGMARK A.:* Stability of the Lumbar Spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum 1989; 23060: 20–24

24) *CULHAM LC., PEAT M.:* Functional anatomy of the shoulder complex. J Orthop Sports Phys Ther 1993; 18: 342–50

25) *LIEB FJ., PERRY J.:* An anatomical and mechanical study using amputated limbs. J Bone Joint Surg 1968; 50A: 1535–48

26) *LIEB FJ., PERRY J.:* Quadriceps function. J Bone Joint Surg 1971; 53A: 749–5

27) *GOTTSCHALK F, KOUROSH S., LEVEAU B.:* The functional anatomy of tensor fascia latae and gluteus medius and minimus. J Anatomy 1989; 166: 179–89

28) *CRESSWELL AG., GRUNDSTRØM A., THORSTENSSON A.:* Observations on intraabdominal pressure and patterns of abdominal muscular activity in man. Acta physiologica Scandinavia 1992; 144: 409–18

29) *WILKE HJ., WOLF S., CLAES LE., ARAND M., WIESEND A.:* Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups: a biomechanical in vitro study. Spine 1995; 202: 192–8

30) *KAIGLE AM., HOLM SH., HANSSON TH.:* Experimental instability in the lumbar spine. Spine 1995; 20: 421–30

31) *HODGES PW., RICHARDSON CA.:* Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. Exp Brain Res 1997; 114: 362–70

32) *HODGES PW., RICHARDSON CA.:* Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Physical Therapy 1997; 77: 132–42

33) *HODGES PW., RICHARDSON CA.:* Relationship between limb movement speed and associated contraction of the trunk muscles. Ergonomics 1997; 4011: 1220–30

34) *HODGES P., CRESSWELL A., THORSTENSSON A.:* Preparatory trunk motion accompanies rapid upper limb movement. Exp Brain Res 1999; 1: 69–79

35) *MAYOUX-BENHAMOU MA., REVEL M., VALLEE C., ROUDIER JP., BARGY F.:* Longus colli has a postural function on cervical curvature. Surgical and Radiological Anatomy 1994; 16: 367–71

36) *CONLEY MS., MEYER RA., BLOOMBERG JJ., FEEBACK DL., DUDLEY GA.:* Noninvasive analysis of human neck muscle function. Spine 1995; 20: 2505–2512

37) *WINTERS JM., PELES JD.:* Neck muscle activity and 3-D head kinematics during quasistatic and dynamic tracking movements. In: Winters JM, Woo SL-Y eds. Multiple Muscle Systems: Biomechanics and Movement Organization. New York: Springer Verlag 1990: 461–80

38) *VITTI M., FUJIWAR M., BASMAJIAN J., IIDA M.:* The integrated roles of longus colli and sternocleidomastoid muscles: an electromyographic study. Anatomical record 1973; 177: 471–84

39) *BRUKE RE., EDGERTON VR.:* Unit properties and selective involvement in movement. Exercise and Sports Science Reviews 1975; 3: 31–81

40) *HOFFER J., ANDREASSEN S.:* Regulation of soleus muscle stiffness in premammilary cats. J. Neurophysiol 1981; 45: 267–85

Fortsetzung

41) *RICHARDSON CA., JULL GA., HODGES PW., HIDES J., EDS.:* General considerations in motor and joint stabilization: the basis of assessment and exercise techniques. In: Richardson CA, Jull GA, Hodges PW, Hides J. eds: Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilization in Low Back Pain. Edinburgh: Churchill Livingstone 1999: 79–91.

42) *HIDES JA., RICHARDSON CA., JULL GA.:* Multifidus Muscle recovery is not automatic after resolution of acute, firstepisode low back pain. Spine 1996; 21: 2763–9

43) *HIDES JA., RICHARDSON CA., JULL GA.:* Multifidus muscle rehabilitation decreases recurrence of symptoms following first episodes of low back pain. In: Proceedings of the 1996 National Physiotherapy Congress of Australia. Brisbane, Queensland 1996

44) *O'SULLIVAN PB., TWOMEY LT., ALLISON GT.:* Evaluation of specific stabilization exercise in the treatment of chronic low-back-pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. Spine 1997.; 24: 2959–67

45) *CRESSWELL AG., ODDSSON L., YHORSTENSSON A.:* The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intraabdominal pressure while standing. Exp Brain Res 1994; 98: 336–41

46) *HODGES PW., BUTLER JE., MC KENZIE DK., GANDEVIA SC.:* Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. J Physiol Lond 1997; 505 Pt 2: 539–48

47) *HODGES PW., GANDEVIA S., RICHARDSON CA.:* Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. J Appl Physiol 1997; 833: 753–60

48) *RICHARDSON CA., JULL GA., HODGES PW., HIDES J., EDS.:* The role of the transversus abdominis. In: Richardson CA., Jull GA., Hodges PW., Hides J. eds: Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilization in Low Back-Pain. Edinburgh: Churchill Livingstone 1999: 52–3

49) *GURFINKEL VS., LIPSHITS MI., LESTIENNE FG.:* Anticipatory neck muscle activity associated with rapid arm movements. Neurosci Lett 1988; 1–2: 104–8

50) *HODGES PW., RICHARDSON CA.:* Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. Spine 1996; 21: 2640–50

51) *HODGES PW., RICHARDSON CA.:* Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. J Spinal Disord 1998; 111: 46–56

52) *O'SULLIVAN PB., TWOMEY LT., ALLISON GT.:* Dynamic stabilization of the lumbar spine. Critical reviews in physical and rehabilitation medicine 1997; 9 (3&4): 315–30

53) *GARN SN., NEWTON RA.:* Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. Phys Ther 1988; 68 (11): 1667–71

54) *GLENCROSS D., THORNTON E.:* Position sense following joint injury. J Sports Med Physical Fitness 1991; 21 (1): 23–7

55) *FORKIN DM., KOCZUR C., BATTLE R., NEWTON RA.:* Evaluation of kinesthetic deficits indicative of balance control in gymnasts with unilateral chronic ankle sprains. J Orthop Sports Phys Ther 1996; 23 (4): 245–50

56) *BEARD DJ., DODD CA., TRUNDLE HR., ET AL.:* Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency: a prospective randomised trial of two physiotherapy regimes. J Bone Joint Surg (Br) 1994; 76 (4): 654–9

57) *CARAFFA A., CERULLI G., PROJETTI M., ET AL.:* Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer: a prospective controlled study of proprioceptive training. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1996; 4 (1): 19–21

58) *MAC DONALD PB., HEDDEN D., PACIN O. et al.:* Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. Am J Sports Med 1996; 24 (6): 774–8

59) *SETO JL., BREWSTER CE.:* Treatment approaches following foot and ankle injury. Clin Sports Med 1994; 13 (4): 695–718

60) *SHETH P., YU B., LASKOWSKI ER.:* Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. Am J Sports Med 1997; 25 (4): 538–43

61) *TROPP H., ASKLING C., GILLQUIST J.:* Prevention of ankle sprains. Am J Sports Med 1985; 13 (4): 259–62

62) *JOHANSEN F., RENVIG L., KRYGER P. et al.:* Exercises for chronic low back pain: A clinical trial. J Orthop Sports Phys Ther 1995; 2: 52–9

63) *NIES N., SINNOT PL.:* Variations in balance and body sway in middle aged adults. Spine 1991; 3: 325–30

64) *PARKHURST TM., BURNETT CN.:* Injury and proprioception in the lower back. J Orthop Sports Phys Ther 1994; 5: 282–95

65) *OWEN BD., DAMRON CF.:* Personal characteristics and back injury among hospital nursing personnel. Res Nurs Health 1984; 7: 305–13

66) *TAIMELA S., KANKAANPAA M., LUOTO S.:* The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. Spine 1999: 13: 1322–7

67) *LOUDON J., RUHL M., FIELD E.:* Ability to reproduce head position after whiplash injury. Spine 1997; 22: 865–8

68) *MC PARTLAND J., BRODEUR R., HALLGREN R.:* Chronic neck pain, standing balance and suboccipital muscle atrophy -a pilot study. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 1997; 20: 24–9

69) *REVEL M., ANDRE-DESHAYS C., MINQUET M.:* Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. Arc Phys Med Rehab 1991; 72: 288–91

70) *REVEL M., MINGUET M., GERGOY P., VAILLANT J., MANUEL J.:* Changes in cervicocephalic kinesthesia after a proprioceptive rehabilitation program in patients with neck pain: a rando mised controlled study. Arch Phys Med Rehab 1994; 75: 895–9

71) *HEIKKALA H., ANSTROM P.:* Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with whiplash injury. Scand J Rehab Med 1996; 28: 133–8

72) *SMITH RL., BRUNOLLI J.:* Shoulder kinesthesia after anterior glenohumeral joint dislocation. Phys Ther 1990; 11: 507–513

73) *VOIGHT ML., HARDIN JA., BLACKBURN TA., TIPPETT S., CANNER GC.:* The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. J Orthop Sports Phys Ther 1996; 23: 348–352

74) *WARNER JP., LEEPHART S., FU FH.:* Role of proprioception in pathoetiology of shoulder instability. Clin Orthop Rel Research 1996; 330: 35–39

75) *WARNER JP., KOCHER MS., FU FH.:* Proprioceptive sensation of the shoulder in healthy, unstable, surgically repaired shoulders. J Shoulder Elbow Surg 1994; 3: 371–380

76) *JOHNSTON RB. 3rd, HOWARD ME., CAWLEY PW., LOSSE GM.:* Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. Med Sci Sports Exerc 1998; 12: 1703–7

77) *LATTANZIO PJ., PETRELLA RJ., SPROULE JR., FOWLER PJ.:* Effects of fatigue on knee proprioception. Clin J Sport Med 1997; 1: 22–7

78) *SKINNER HB., WYATT MP., HODGDON JA., CONRAD DW., BARRACK RL.:* Effect of fatigue on joint position sense of the knee. J Orthop Res 1986; 1: 112–8

79) *PEDERSEN J., LONN J., HELLSTROM F., DJUPSJOBACKA M., JOHANSSON H.* Localized muscle fatigue-decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. Med Sci Sports Exerc 1999; 7: 1047–52

80) *CARPENTER JE., BLASIER RB., PELLIZZON GG.:* The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. Am J Sports Med 1998; 2: 262–5

81) *VOIGHT ML., HARDIN JA., BLACKBURN TA., TIPPETT S., CANNER GC.:* The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. J Orthop Sports Phys Ther 1996; 23: 348–52

82) *TAIMELA S., KANKAANPAA M., LUOTO S.:* The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. Spine 1999: 13: 1322–7

83) *PARNIAPOUR M., NORDIN M., KAHANOVITCH N., FRANKEL V.:* The triaxial coupling of torque generation of the trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns. Spine 1988; 13: 982–92

84) *BRUAMGNE S., LYSENS R., SCWINNEN S.:* Effect of exercise-induced fatigue on lumbosacral position sense. Submitted to Phys Ther 1998

85) *JOHANSEN F., RENVIG L., KRYGER P., ET AL.:* Exercises for chronic low back pain: A clinical trial. J Orthop Sports Phys Ther 1995; 2: 52–9

86) *HARTER RA.:* Clinical rationale for closed kinetic chain activities in functional testing and rehabilitation of ankle pathologies. In: J Sport Rehab 1996; 1: 13–24

87) *VOIGHT ML., COOK G.:* Clinical application of closed kinetic chain exercise. J Sport Rehabilitation 1996; 1: 25–44

88) *ØSTERÅS H.:* Maximal strengthtraining effects onforce-velocityrelationship and powerin upper body in male cross country skiers. Trondheim: Hovedfagsoppgave i idrett, 1998

89) *HOFF J., HELGERUD J., WISLØFF U.:* Maximal strength improves work economy intrained female cross country skiers. Med Sci Sports Exerc 1999; 6: 870–877

90) *HOLTEN O., FAUGLI HP.:* Medisinsk treningsterapi. Oslo: Universitetsforlaget 1994, 80–82

91) *SCHNEIDERS AG.,* ZUSMAN M., SINGER KP. (1998) Exercise therapy compliance in acute low back patients. Manual Therapy (3) 3: 147–152

92) *LJUNGGREN AE., WEBER H., KOGSTAD O., THOM E., KIRKESOLA G.:* Effect of exercise on sick leave due to low back pain. A randomized, comparative, longterm study. Spine 1997; 2214: 1610–6; discussion 1617

93) *MOE K., THOM E.* Muskel- og skjelettproblemer og fysisk aktivitet. Resultater fra en langtidsstudie. Tidsskr Nor Lægeforen 1997; 29: 4258–61