



F. Mayer^{1,2},
T. Horstmann^{1,2}, F. Martini²,
A. Niess¹, K. Röcker¹,
H. C. Heitkamp¹, H.H. Dickhuth¹

Reaktionen während und nach exzentrischer Kraftbelastung — Auswirkungen auf die konservative Therapie —

Reactions during and after eccentric exercise
— consequences for conservative therapy —

¹ Medizinische Klinik und Poliklinik, Abteilung Sportmedizin der Universität Tübingen (Ärztl. Dir.: Prof. Dr. H.-H. Dickhuth),

² Orthopädische Universitätsklinik Tübingen (Ärztl. Dir.: Prof. Dr. W. Küsswetter)

Zusammenfassung

Im Rahmen der orthopädisch konservativen Therapie spielt die Behandlung vorhandener (neuro)muskulärer Defizite und Dysbalancen eine bedeutende Rolle. In der Fülle der verschiedenen Behandlungsmethoden gilt es, differenziert und individuell eine Rückführung der beschriebenen Defizite herbeizuführen und physiologische Bewegungsmuster zu schulen. Die funktionelle und frühfunktionelle Vorgehensweise hat sich hierbei bewährt.

In verschiedenen Untersuchungen zur Frage der optimalen Kräftigungstherapie zeigte sich die Notwendigkeit, zwischen den verschiedenen Arbeitsweisen zu differenzieren, wobei sich die exzentrische Belastungsform als besonders günstig erwies. Aufgrund einer Dehnung von serienelastischen Elementen der Muskulatur und daraus resultierenden passiven Elastizitätskräften, werden unter exzentrischen Belastungsbedingungen höhere Kraftwerte bei geringerer muskulärer Ermüdung erreicht. Es konnte nachgewiesen werden, daß durch die genannten passiven Kräfte die kardiozirkulatorische und die lokale metabolische Belastung im Vergleich zu konzentrischen und isometrischen Belastungsformen als geringer einzustufen ist, was sich in einer geringeren Herzfrequenz, einem weniger

ausgeprägten systolischen Blutdruckanstieg und einem geringeren Laktatspiegel bei höherem Kraftniveau bemerkbar macht.

Nach einer exzentrischen Belastung werden vom Patienten oder Sportler allerdings häufig muskuläre Beschwerden angegeben. Diese Beschwerden resultieren aus einer strukturellen Schädigung der belasteten Muskulatur und werden unter dem Begriff des „Delayed Onset Muscle Soreness“ (DOMS) zusammengefaßt. Die Quantifizierung der strukturellen Schäden erfolgt vorwiegend und ausreichend valide über die Bestimmung der Creatinkinase- und Myoglobinkonzentrationen im Serum. Schwierigkeiten bereitet die Erfassung der subjektiven Beschwerden. Oft werden verschieden starke Reaktionen einzelner Probanden beobachtet, so daß zwischen „high“ und „low respondern“ unterschieden werden sollte, wobei die Zuordnung eines Patienten oder Probanden zu der jeweiligen Gruppe problematisch ist. Einheitlich ist eine Reduktion der Schäden und der Beschwerden bereits bei einmaliger Wiederholung der Belastung, so daß von einer Adaptation der Muskulatur ausgegangen werden kann, was im Rahmen der Therapie berücksichtigt werden sollte.

Insgesamt scheint die exzentrische Belastung im Rahmen der Kräftigung objektive Vorteile zu bieten, wohingegen sub-

jektiv die Entstehung der Beschwerden für den Patienten äußerst unangenehm sein kann. Die Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse in die tägliche Praxis der konservativen Therapie bereitet deshalb unter Umständen Schwierigkeiten und ist derzeit noch nicht ohne Einschränkungen zu empfehlen. Therapiebegleitend ist eine Behandlung oder eine entsprechende Vorbeugung der muskulären Beschwerden zu diskutieren, um die exzentrische Belastungsform im Rahmen der konservativen Therapie uneingeschränkt nutzen zu können.

Schlüsselworte: Exzentrik, Kräftigung, DOMS, Muskulatur

Summary

The treatment of existing (neuro)muscular deficits and dysbalances is important in the framework of orthopaedic conservative therapy. Given the multitude of various treatment methods, it is necessary to determine the cause of the deficits described on a differentiated and individual basis, and to train patients on physiological and early-functional procedure has proven helpful.

The necessity of differentiating between the various types of work has been de-



monstrated in several studies concerning the optimal strength therapy. Eccentric exercise was found to be particularly beneficial. Due to stretching of serial-elastic elements in the musculature and the passive elasticity forces resulting, higher strength values are attained with less muscle fatigue in eccentric stress. It could be demonstrated that the cardiocirculatory and local metabolic stress is lower due to these passive forces compared to concentric and isometric forms of exercise. This is evident in a lower heart rate, less pronounced increase in systolic blood pressure, and lower lactate level at higher strength levels.

After eccentric exercise, patients or athletes frequently complain of muscle soreness. These complaints result from structural damage of the stressed musculature and are grouped together under the term „Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)“. Quantification of structural damage is made primarily and with adequate validity via determination of creatin kinase and myoglobin concentration in serum. Recording of subjective complaints is more difficult. Often, variously strong reactions are observed in one subject so that it is necessary to differentiate between „high“ and „low responders“. It is difficult to assign the patient or subject to the appropriate group. The reduction of damage and complaints in single repeat of stress is conspicuous, so that adaptation of the musculature can be assumed, which should be taken into account in therapy.

Overall, eccentric exercise during strengthening appears to offer several advantages, although the experience of complaints is extremely unpleasant for the patient. In applying the knowledge gained to daily conservative therapy practice, problems may be encountered and it can thus not be recommended without reservations. Treatment or appropriate prevention of the muscular complaints concurrent to therapy should be discussed in order to apply eccentric forms of exercise without limitation as part of a conservative therapy program.

Key-words: eccentric, exercise, DOMS, muscular reactions

Einleitung

In der orthopädisch-konservativen Therapie von akuten und chronischen Beschwerden sowie in der postoperativen Rehabilitation wird der Behandlung (neuro)muskulärer Defizite und Dysbalancen zunehmend Bedeutung geschenkt (3,13,32). Hierbei wird in der Praxis häufig zwischen einer reinen Kräftigung der betroffenen Muskulatur und koordinationsverbessernden Maßnahmen unterschieden. Ziel ist die Wiederherstellung physiologischer Bewegungsmuster und die Rückführung isolierter Defizite und Dysbalancen einzelner Muskelgruppen. Im Rahmen der Kräftigung kann zusätzlich die Verbesserung der Maximalkraft von einer Steigerung der lokalen Muskelausdauer abgegrenzt werden. Die Maximalkraft einer Muskelgruppe ist vom Muskelquerschnitt, dem Muskelfasertyp sowie von der Rekrutierung bzw. Frequenzierung abhängig und bedarf somit auch in der konservativ-orthopädischen Therapie eines differenzierten Vorgehens. Soll die Verbesserung der lokalen Muskelausdauer im Vordergrund stehen, spielt zusätzlich die lokale metabolische Kapazität eine Rolle. Entscheidend für den Therapieerfolg ist allerdings nicht die Verbesserung der einzelnen Komponenten, sondern stets das Zusammenspiel unter funktionellen Gesichtspunkten. Somit ist auch eine Verbesserung der inter- und intramuskulären Koordination ein wichtiger Bestandteil der Therapie.

Vergangene Untersuchungen belegen, daß im Rahmen der konservativen Therapie wie auch im sportlichen Training zwischen den unterschiedlichen Arbeitsweisen der Muskulatur (isometrisch, konzentrisch, exzentrisch) unterschieden werden sollte (9,13,28,33,44). Als interessanter Therapieansatz erweist sich die exzentrische Belastungsform, da hier aufgrund zusätzlicher, passiver Elastizitätskräfte durch Dehnung von serienelastischen Elementen eine höhere Kraft bei geringerer Ermüdung erreicht werden kann (4,33,34). Aus verschiedenen Untersuchungen kann gefolgert werden, daß aufgrund der passiven Kräfte die resultierende kardiozirkulatorische und metabolische Belastung unter exzentrischen Bedingungen geringer einzustufen ist als bei vergleichbarer konzentrischer oder isometrischer Kraftbelastung (26,29). Somit könnte die exzentrische Belastungsform auch Vorteile bei der Be-

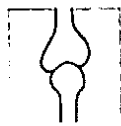
handlung kardial vorbelasteter Patienten bieten.

Häufig werden nach exzentrischen und kombiniert konzentrisch/exzentrischen Kraftbelastungen muskuläre Beschwerden der belasteten Muskulatur beobachtet. Die genannten Beschwerden werden unter dem Begriff des „Delayed Onset Muscle Soreness“ (DOMS) zusammengefaßt und sind vor allem auf strukturelle Veränderungen im Bereich der Z-Streifen zurückzuführen (17, 35, 41). Eine Vielzahl von Untersuchungen beschäftigte sich mit der Quantifizierung der Beschwerden und der strukturellen Schädigung sowie der Tatsache, daß manche Personen sehr stark (high responder) und manche weniger stark (low responder) reagieren (6, 7, 8, 14, 30, 35, 39, 42). Auffällig ist weiterhin, daß die Beschwerdesymptomatik bereits bei einmaliger Wiederholung der Belastung weit weniger intensiv oder überhaupt nicht mehr bemerkbar ist. Unklar ist jedoch wie lange dieser Adaptationseffekt anhält.

Maximalkraft und lokale Muskelausdauer

Erste Untersuchungen am isolierten Froschmuskel (16,21) und später an gesunden freiwilligen Probanden (28,34,47) zeigten eine höhere Maximalkraftentwicklung unter exzentrischer Muskelbelastung. Im Sport wurde die Differenz zwischen der isometrischen und der exzentrischen Maximalkraft zunächst negativ als „Kraftdefizit“ und später positiv als „reaktiver Impulsge-
winn“ bezeichnet, wobei die Bedeutung der Aussagekraft in der Beurteilung des Trainingszustandes uneinheitlich eingeschätzt wurde (18). Verschiedene Untersuchungen u.a. von *Higbie, Tomberlin, Hortobagyi* und *Duncan* fanden jedoch deutlicher höhere Kraftwerte nach exzentrischem Training (9,24,28,46).

Der Großteil der genannten Untersuchungen wurde an der Oberschenkelmuskulatur durchgeführt, wobei nahezu bei allen Probandengruppen höhere exzentrische Kraftwerte bestimmt werden konnten. Im Unterschied zu den Verhältnissen an der Kniebeuge- und -streckmuskulatur findet sich bei Kraftmessungen der Schultermuskulatur bei untrainierten Normalpersonen nahezu kein Unterschied im Vergleich zu einer ent-



WISSENSCHAFT

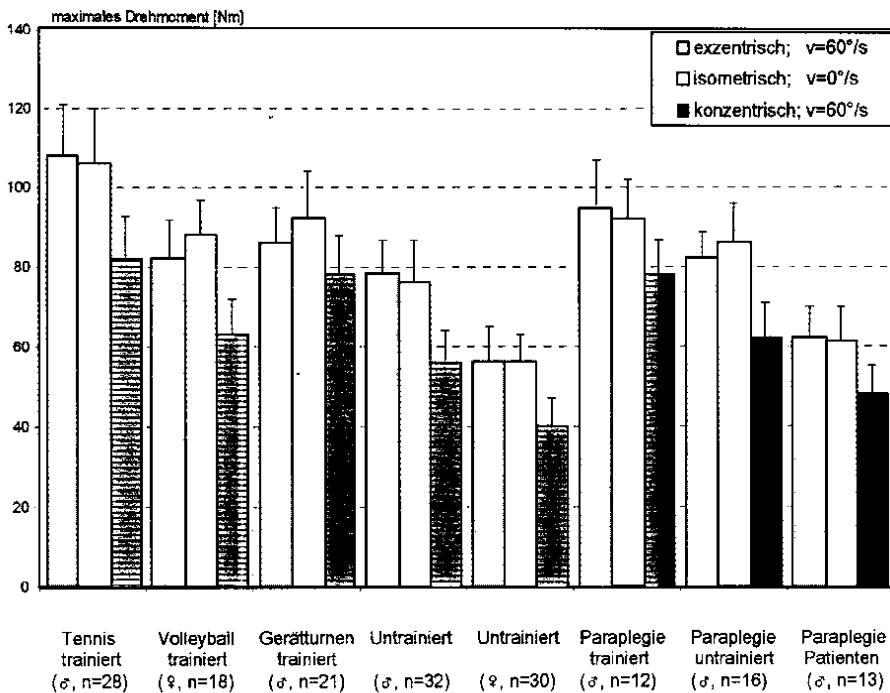


Abbildung 1: Exzentrisches, isometrisches und konzentrisches maximales Drehmoment der Extension im Schultergelenk bei verschiedenen trainierten und untrainierten Probandengruppen.

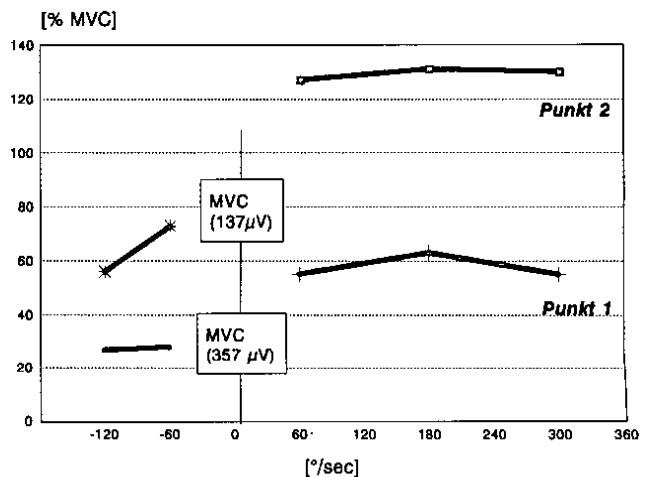
sprechenden isometrischen Belastung jedoch deutlich höhere Kraftwerte im Vergleich zu einer entsprechenden konzentrischen Belastung (Abb. 1; 36).

Wie bereits erwähnt, wird als Ursache der höheren Kraftwerte eine Dehnung der serienelastischen Elemente mit daraus resultierenden passiven Elastizitätskräften angenommen. *Komi, Hortobagyi* und *Westing* konnten zeigen, daß unter exzentrischen Bedingungen geringere muskuläre Aktivitäten nachweisbar sind (27,33,34,47). Ähnliche Ergebnisse fanden sich auch in mehreren eigenen Untersuchungen bei Belastung der Schultermuskulatur (Abb.2). Betrachtet man den Kraft/Geschwindigkeitsverlauf, so zeigt sich bei konzentrischer Belastung mit Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit eine Abnahme der Maximalkraft (23,25,28,36). Unter exzentrischen Belastungsbedingungen läßt sich diese Relation nicht eindeutig nachvollziehen. Individuell unterschiedlich und abhängig von der belasteten Muskulatur kommt es bei zunehmender exzentrischer Bewegungsgeschwindigkeit zu einer Zunahme, teilweise auch einer Konstanz des Kraftniveaus bis zu einem Optimum (23,36,47). Bei Überschreiten des Geschwindigkeitsoptimums nimmt die Maximalkraft wieder ab. Hierfür wird ein „Aufbrechen“ der Aktin-Myo-

sin-Brücken verantwortlich gemacht (16).

Eine weitere Besonderheit der exzentrischen Belastung der Muskulatur zeigt sich in einer geringeren Ermüdung, verglichen mit einer entsprechenden konzentrischen Muskelbelastung. Auch hierfür scheinen die passiven Elastizitätskräfte verantwortlich zu sein. In einer Untersuchung an 16 weiblichen Probanden wiesen *Gray und Chandler* eine geringere Ermüdung während 40 maximalen Wiederholungen der Quadricepsmuskulatur unter exzentrischer verglichen mit einer konzentrischen Belastung nach (20). Ähnliche Ergebnisse zeigten weite-

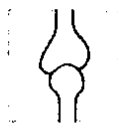
Abbildung 2: Elektromyographische Aktivität während exzentrischer und konzentrischer Abduktion im Schultergelenk, normalisiert auf die MVC (Punkt 1 = Oberflächenableitung über M. supraspinatus/trapezius; Punkt 2 = Oberflächenableitung über M. infraspinatus).



re Untersuchungen an der Oberschenkel- und der Schultermuskulatur (12, 37).

Kardiozirkulatorische und metabolische Reaktionen

Im Rahmen der konservativ-orthopädischen Therapie sollte die kardiozirkulatorische und die metabolische Belastung während der Kräftigung nicht außer Acht gelassen werden. Ein Anstieg der Herzfrequenz und des systolischen Blutdruckes während verschiedenen Kraftbelastungen ist in der Literatur hinreichend bekannt, wobei die gewonnen Erkenntnisse v.a. aus konzentrischen und isometrischen Kraftbelastungen abgeleitet wurden (5,10,15,22,26). *Mitchell* konnte nachweisen, daß sowohl zentrale als auch peripher neurale Mechanismen für die kardiovaskuläre Reaktion auf Belastung verantwortlich sind (40). Neurale lokale Mechanismen sind sowohl über mechanische (Gruppe III - Afferenzen) wie auch über lokale metabolische Reize (Gruppe IV - Afferenzen) vermittelt, wobei der Impulseinstrom von der Art der Belastung (statisch oder dynamisch), der Belastungsintensität und -dauer und der Größe der aktivierten Muskelgruppe abhängig ist. *Iellamo et al.* verglichen in einer Untersuchung an 10 Untrainierten den Anstieg von Herzfrequenz und arteriellem Blutdruck während und nach intensitätsgesteuerter isometrischer und submaximaler konzentrischer Kraftbelastung (29). Sowohl die Herzfrequenz wie auch der arterielle Mitteldruck stiegen unter isometrischen Bedingungen weniger an als unter submaximaler konzentrischer Belastung. Intraarterielle Blutdruckbestimmungen von *Haennel et al.* (22) ergaben deutliche Anstiege des sy-



stolischen, diastolischen und des arteriellen Mitteldruckes nach maximaler isokinetischer Belastung der Oberschenkel- und der Ellbogenmuskulatur, wobei der maximale Anstieg nach Belastung der Ellbogenmuskulatur geringer war. Es zeigte sich keine Abhängigkeit der Blutdruckreaktion von der Bewegungsgeschwindigkeit (22). Der Herzfrequenzanstieg war auch hier unter isometrischen Bedingungen verglichen mit konzentrischer Kraftbelastung deutlich geringer. Ähnliche Ergebnisse fanden *Duvallet et al.* (10) an 25 gesunden Probanden in einem Ausdauer-test mit 30 Wiederholungen bei einer konzentrischen Bewegungsgeschwindigkeit von 180°/s und kamen zum Schluß, daß diese Form der Ausdauerbelastung nur bei Gesunden und nicht bei kardial vorgeschädigten Probanden anzuwenden ist.

Die kardiozirkulatorische und metabolische Reaktion nach exzentrischer Kraftbelastung steht zunehmend im Mittelpunkt des Interesses (26,31), da neuere Untersuchungen zeigen, daß bei exzentrischer Kraftbelastung aufgrund des passiven Kraftpotentials sowohl ein geringerer Anstieg der Herzfrequenz, als auch ein geringerer Anstieg des systolischen Blutdruckes zu verzeichnen ist (Abb.3a, Abb.3b). Ähnlich verhält sich die lokale metabolische Reaktion. Unter konzentrischer Belastung kommt es zu Anstiegen des Serumlaktates bis über 10 mmol/l, wohingegen der Laktatanstieg bei exzentrischer Kraftbelastung trotz höherer Kraftentfaltung wesentlich geringer ist (Abb.3c).

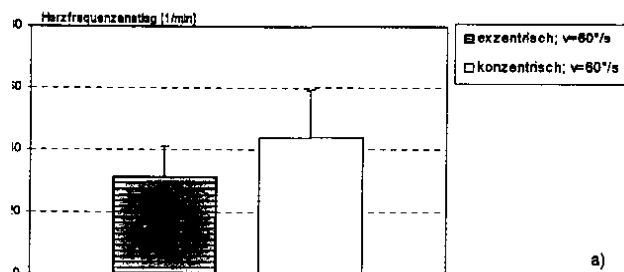
Lokale muskuläre Reaktionen

Neben den genannten positiven Effekten der exzentrischen Belastung werden häufig lokale muskuläre Beschwerden (DOMS) mit einer Zunahme bis ca. 72 Stunden nach der Belastung beobachtet. Erste Untersuchungen von *Asmussen*, 1953 belegen, daß die exzentrische Belastungsform als eine der häufigsten Ursachen von DOMS angesehen werden kann (4). Pathophysiologisch wird angenommen, daß durch die exzentrische Belastungsform strukturelle Störungen im Bereich der Mikrostruktur der belasteten Muskulatur verursacht werden, wodurch sekundär eine Entzündungsreaktion ausgelöst wird (4,6,8,17,41). Aufgrund der genannten Schädigungen kommt es reaktiv zu einer Verminderung der Durchblutung und somit zu Muskelverhärtungen, die vom Sportler oder Patienten als sehr unangenehm beschrieben werden. Hierin dürfte auch der schmerzlindernde Effekt von durchblutungsfördernden Maßnahmen (leichte konzentrische Belastung, Wärmeapplikation) begründet sein.

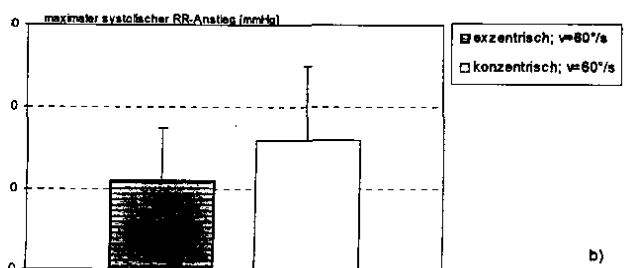
Verschiedene Untersuchungen beschäftigten sich in der Vergangenheit mit der Quantifizierung der strukturellen Schäden (8,11,14,39,42,43). Gut dokumentiert sind Anstiege der Kreatinkinase- und Myoglobin-Konzentrationen im Serum. *Nosaka* fand nach exzentrischer Belastung der Unterarmmuskulatur CK-Anstiege auf über 10000 U/l (42); ähnliche Anstiege der Serum-CK nach vor-

wiegend exzentrischer Belastung zeigten sich weiterhin in Untersuchungen u.a. von *Brynes und Newham* (7,41). *Janssen et al.* untersuchten 1989 114 Probanden im Rahmen einer Ausdauer-Trainingsstudie und fanden erhöhte Plasma-CK Spiegel, die jedoch, wohl aufgrund der Art der Belastung, nicht mit entsprechenden histologischen Veränderungen korreliert werden konnten (30). Analog dem CK-Verhalten konnten andere Autoren Anstiege der Konzentration von Myoglobin im Serum nachweisen (43). In eigenen Untersuchungen an verschiedenen Probandengruppen fanden sich nach exzentrischer Belastung der Schultermuskulatur Anstiege der CK bis auf über 10000 U/l und des Myoglobins bis 2000 µmol/l. (Abb.4a, Abb.4b). Die Anstiege der Serumkonzentrationen verliefen bis zu einem Maximum nach 72 Stunden und erreichten die Ausgangswerte ca. 1 Woche nach der Belastung.

Weit schwieriger als die Bestimmung der strukturellen Schäden gestaltet sich die Objektivierung und Quantifizierung der subjektiven Beschwerdesymptomatik. Üblicherweise erfolgt dies durch ein Probandentagebuch mit verschiedenen Schmerzfragebögen auf der Basis einer Visual Analogue Scale (VAS). Die Schwierigkeit hierin besteht zum einen in der Compliance und Zuverlässigkeit der Angaben durch den Probanden und zum anderen in der Spezifität des Fragebogens, da vorhandene, validierte Fragebögen auf das Untersuchungsgut nur eingeschränkt anwendbar sind (38). Ver-

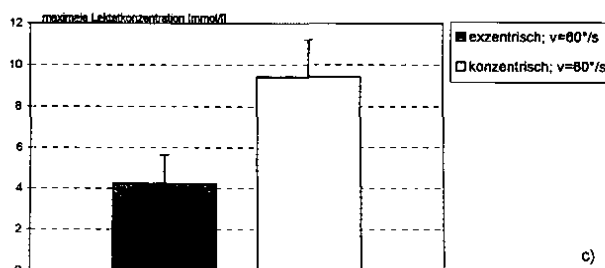


a)



b)

Abbildung 3: Herzfrequenzanstieg (a), systolischer Blutdruckanstieg (b) und maximale Laktatkonzentration (c) nach exzentrischer und konzentrischer Belastung der Schultermuskulatur.



c)

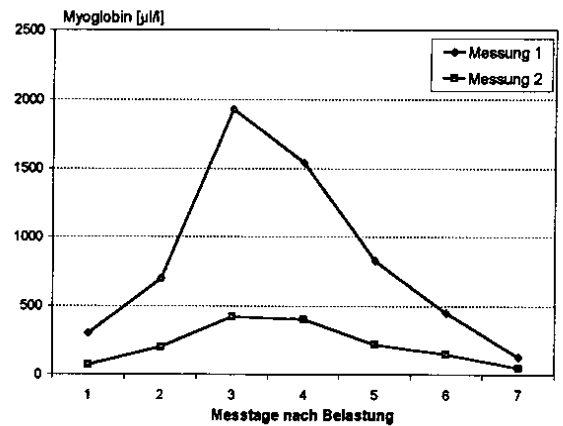
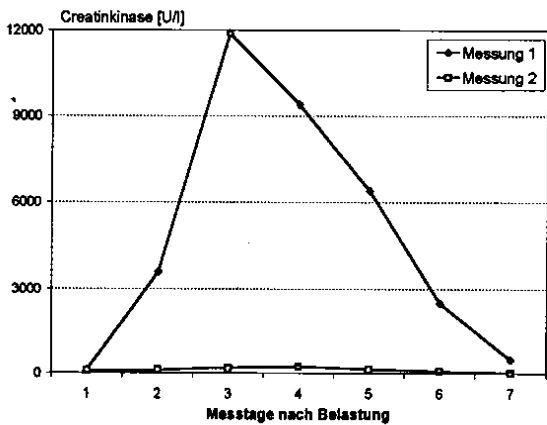
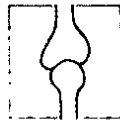
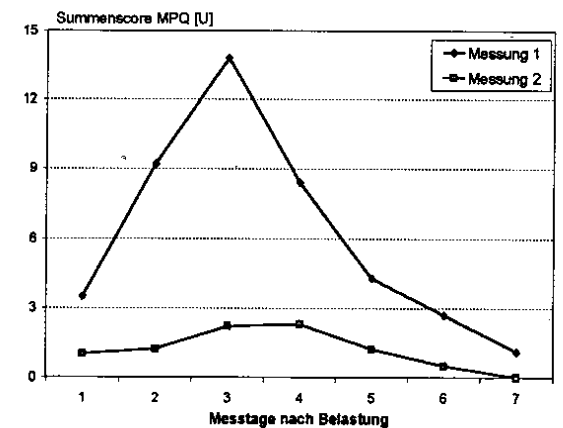


Abbildung 4: Verlauf der Creatinkinase (a), Myoglobinkonzentration (b) und subjektiven Beschwerdesymptomatik (c) über einen Beobachtungszeitraum von 1 Woche nach exzentrischer Belastung der Schultermuskulatur (Messung 1) und einmaliger Wiederholung der Belastung nach einem Intervall von 3 Wochen (Messung 2).



folgt man allerdings das subjektive Schmerzempfinden nach exzentrischer Kraftbelastung analog zu den strukturellen Schäden, zeigt sich ein vergleichbarer Verlauf, so daß die genannten Parameter sowohl als Maß der Schädigung wie der zu erwartenden subjektiven Beschwerden angesehen werden können (Abb.4c).

fanden sich geringere Anstiege von Serum-CK und Beschwerdesymptomatik. Unterschiede des Ausmaßes der Reduktion konnten nicht abgeleitet werden, so daß davon ausgegangen werden kann, daß der Adaptationseffekt bereits bei nicht vollständiger Erholung (5 Tage nach Initialbelastung) nachweisbar ist (11).

Folgerungen für die konservative Therapie

Aus den beschriebenen Effekten der exzentrischen Belastungsform kann gefolgert werden, daß eine Anwendung der Exzentrik in der konservativ-orthopädischen Therapie einige Vorteile bietet, allerdings anfangs die Entstehung der muskulären Beschwerden für den Patienten äußerst unangenehm sein kann. Für den Therapeuten ergibt sich somit die Schwierigkeit, exzentrische Belastungen in adäquater Intensität und zum richtigen Zeitpunkt in das Therapiekonzept aufzunehmen. Bei Patienten oder Sportlern mit geringer Muskelmasse steht zunächst das Hypertrophietraining im Vordergrund. Klassisch haben sich hier konzentrische Belastungsformen mit submaximaler Intensität und mittlerer Wiederholungszahl bewährt. Die Bedeutung der exzentrischen Belastung hinsichtlich der Muskelhypertrophie wurde unterschiedlich bewertet. *Antonio und Gonyea* folgern auf der Basis einer Vielzahl von experimentellen Untersuchungen am Tiermodell und anschließender Übertragung auf Untersuchungen am Menschen, daß muskuläre Belastungen mit hoher Spannung zu ei-

Führt man eine exzentrische Belastung derselben Muskelgruppe nach Abklingen der Beschwerden erneut aus, werden häufig keine oder zumindest deutlich geringere Beschwerden beobachtet. Auch der Anstieg der CK- und Myoglobinkonzentrationen im Serum fällt deutlich geringer aus. *Clarkson und Tremblay* fanden in einer Untersuchung an 8 Probandinnen nach verschiedenen exzentrischen Belastungen der Unterarmmuskulatur einen deutlich geringeren Anstieg der Serum-CK nach einmaliger Wiederholung der Belastung (8). In einer weiteren Publikation derselben Arbeitsgruppe wurde der beschriebene Adaptationseffekt in Abhängigkeit der Dauer der Erholungsphase diskutiert. Sowohl bei einer frühen Wiederholung der exzentrischen Belastung bereits 5 Tage nach der Primärbelastung als auch nach 14 Tagen

Wir führten an insgesamt 60 untrainierten Normalprobanden eine exzentrische Belastung der Schultermuskulatur durch. 3 Wochen nach der ersten Belastung fand eine identische zweite Kraftbelastung statt. Es zeigte sich im Mittel eine deutlich geringere Beschwerdereaktion bei geringeren CK- und Myoglobinwerten jedoch erhaltener Maximalkraft (Abb.4a-c). Über die Dauer dieses „Adaptationseffektes“ der Muskulatur bis erneut muskuläre Beschwerden durch exzentrische Kraftbelastung ausgelöst werden können, existieren unterschiedliche Angaben (8,11,42). Sicher scheint jedoch, daß dieser über Wochen anhält.



nem Wachstumsreiz und einer Zunahme an Muskelmasse führen (1,12,19.). Hierbei spielt u.a. auch eine Zunahme der Faseranzahl und der Faserlänge eine Rolle (2,45,46). Die exzentrische Belastungsform könnte somit auch im Bereich des Muskelquerschnitttrainings eingesetzt werden. Unbestritten ist die Berücksichtigung exzentrischer Belastungsformen im Bereich der Verbesserung der intramuskulären Koordination (IK-Training) mit maximaler bzw. supramaximaler Belastungsintensität. Hierbei treten jedoch häufig die bereits beschriebenen muskulären Beschwerden auf. *Fitzgerald et al.* zeigten in einer Untersuchung an 20 untrainierten Probanden, daß bei einer Reduktion der exzentrischen Belastungsintensität auf 90% verglichen mit 100% Intensität die Beschwerdesymptomatik und die strukturellen Schäden deutlich geringer sind (14). Allgemein zeigt sich, daß interindividuell eine große Varianz der Beschwerdesymptomatik und der Beschwerden anzutreffen sind. Eine Unterteilung in sogenannte „high“ und „low responder“ ist demnach zwar sinnvoll

und entspricht der Praxis, ist jedoch mit erheblichen Schwierigkeiten versehen, da Kriterien für die Zuteilung eines Patienten zu einer der Reaktionsweisen nur unzulänglich zu definieren sind.

Als Folgerung für die Therapie stellt sich die Frage einer begleitenden Behandlung der muskulären Beschwerden. In einer Untersuchung an 62 untrainierten Normalprobanden konnten wir keinen allgemeinen Effekt von Magnesium auf die Beschwerdesymptomatik beobachten. Bei Unterteilung in „high“ und „low responder“ entsprechend der Reaktion auf die Initialbelastung fand sich jedoch in der Gruppe der „high responder“ bei Wiederholung der Belastung eine gesteigerte Beschwerdereduktion und Minderung der strukturellen Schäden unter oraler Magnesiumgabe. Eine klinische Untersuchung von *Stanish et al.* an Patienten mit chronischen Tendinitiden zeigte positive Effekte von exzentrischen Belastungen in Kombination mit Eisenwendungen auf die Maximalkraft und die Beschwerdesymptomatik (44). Da als

eine der Ursachen der Beschwerdesymptomatik eine lokale Entzündungsreaktion angenommen wird, kann zudem eine orale antiphlogistische Therapie sinnvoll sein. Weitere Untersuchungen unter dem Aspekt des präventiven Einflusses der Kryotherapie bzw. balneo-physikalischer Maßnahmen während oder direkt nach exzentrischer Belastung der Muskulatur sind sicherlich sinnvoll.

Insgesamt kann die exzentrische Belastungsform eine sinnvolle Ergänzung zu der konservativen Therapie und dem Krafttraining darstellen. Aufgrund der genannten Argumente gestaltet sich die Therapie- bzw. Trainingsplanung allerdings schwierig und gehört somit in die Hand eines erfahrenen Therapeuten oder Trainers, die Einsatzmöglichkeiten scheinen aber nicht ausgereizt. Es bleibt insbesondere zu prüfen, ob aufgrund der beschriebenen verminderten kardiozirkulatorischen und metabolischen Belastung der Einsatz exzentrischer Kraftbelastungen bei älteren Patienten und kardial vorbelasteten Personen sinnvoll ist.

Trainerakademie Köln und Gesundheits-Akademie Berlin laden ein Seminar für Trainer und Sportärzte: Sport und Immunsystem

Gesundheits-
Akademie
Berlin



Trainer-
akademie
Köln

17. Oktober 1997

15.00 – 20.30 Uhr

Ort:
Trainerakademie Köln

Schwerpunkt:

Spielsportarten,
Kompositorische
Sportarten,
Kraftausdauer

Themen:

- Stärkt oder schwächt Sport das Immunsystem?
- Macht zuviel Training krank? Die Sicht des Trainers
- Ich habe einen Infekt – was tun?
- Sinn und Unsinn von Substitution im Leistungssport
- Auswirkung mangelnder Regeneration aus der Athletensicht
- Podiumsdiskussion

Referenten:

Prof. G. Uhlenbruck, Institut für Immunbiologie, Köln
Prof. W. Kindermann, Leitender Internist der Dt. Fußballnationalmannschaft, Olympiarzt, Saarbrücken
Dr. H. Gabriel, Verbandsarzt des Saarländ. Fußballverbandes und Dt. Fußballbundes, Saarbrücken
PD Dr. A. Urhausen, leitender Verbandsarzt des Dt. Ruderverbandes, Olympiarzt, Saarbrücken
F. Fischer, Biathlet, Ruhpolding
H. von Papen, Bundestrainer Leichtathletik, Hürth

18. Oktober 1997

10.30 – 16.00 Uhr

Ort:
Trainerakademie Köln

Schwerpunkt:

Ausdauersport

Mit freundlicher Unterstützung des **Resistan[®]**-Service

Keine Teilnahmegebühr

Bitte senden Sie Ihre Anmeldung an:

Gesundheits-
Akademie Berlin
Hindenburgdamm 106
12203 Berlin
Fax 0 30-84 39 98 99

Hiermit melde ich mich zum Seminar „**Sport und Immunsystem**“ verbindlich an. Ich möchte an folgendem Datum teilnehmen:

17. 10. 1997

(Schwerpunkt: Spielsportarten, Kompositorische Sportarten, Kraftausdauer)

18. 10. 1997

(Schwerpunkt: Ausdauersport)

Gesundheits-Akademie Berlin, Hindenburgdamm 106, 12203 Berlin, Fax 0 30-84 39 98 99

Name: _____

Adresse: _____

Datum: _____

Unterschrift: _____



Literatur

1. *Atway, S.E., P.K. Winchester, M.E. Davis, W.J. Gonyea*: Regionalized adaptations and muscle fiber proliferation in stretch-induced enlargement. *J. Appl. Physiol.* 66 (1989), 771-781.
2. *Antonio, J, W.J. Gonyea*: Skeletal muscle fiber hyperplasia. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 12 (1993), 1333-1345.
3. *Aronen, J.G.*: Shoulder rehabilitation. *Clin. Sports Med.* 3 (1985), 477-493.
4. *Asmussen, E.*: Positive and negative muscular work. *Acta Physiol. Scand.* 28 (1952), 364-382.
5. *Blomquist, C.G., B. Saltin*: Cardiovascular adaptations to physical training. *Ann. Rev. Physiol.* 45 (1983), 169-189.
6. *Brown, S.J., R.B. Child, S.H. Day, A.E. Donnelly*: Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75 (1997), 369-374.
7. *Byrnes, W.C., P.M. Clarkson, J.S. White, S.S. Hsieh, P.N. Frykman, R.J. Maughan*: Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *J. Appl. Physiol.* 59 (1985), 710-714.
8. *Clarkson, P.M., I. Tremblay*: Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *J. Appl. Physiol.* 65 (1988), 1-6.
9. *Duncan, P.W., J.M. Chandler, D.K. Cavanaugh*: Mode and speed specificity of eccentric and concentric exercise. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 11 (1989), 70-74.
10. *Duvallet, A., B.Y.L. Kouassi, J. Carzon, M. Rieu*: Heart rate during functional isokinetic testing of muscle. *Isokinet. Exerc. Sci.* 3 (1993), 188-194.
11. *Ebbeling, C.B., P.M. Clarkson*: Muscle adaptation prior to recovery following eccentric exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 60 (1990), 26-31.
12. *Emery, L., M. Sittler, J. Ryan*: Mode of action and angular velocity fatigue response of the hamstrings and quadriceps. *Isokinet. Exerc. Sci.* 4 (1994), 91-95.
13. *Eriksson, E.*: Rehabilitation of muscle function after sports injury - a major problem in sports injury. *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 1-6.
14. *Fitzgerald, G.K., J.M. Rothstein, T.P. Mayhew*: Exercise-induced muscle soreness after concentric and eccentric isokinetic contractions. *Phys. Ther.* 71 (1991), 505-513.
15. *Fleck, S.J.*: Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20 (1988), 146-151.
16. *Flitney, F.W., D.G. Hirst*: Cross-bridge detachment and sarcomere give during stretch of active frog's muscle. *J. Physiol.* 276 (1987), 449-465.
17. *Friden, J., U. Kjörnell, L.E. Thornell*: Delayed muscle soreness and cytoskeletal alterations - an immunocytological study in man. *Int. J. Sports Med.* 5 (1984), 15-18, 1984.
18. *Göhner, U.*: Experimental results on forced eccentric strength gains. *Int. J. Sports Med.* 15 (1994), 43-49.
19. *Gonyea, W.J., D.G. Sale, F.B. Gonyea, A. Mikesky*: Exercise-induced increases in muscle fiber numbers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55 (1986), 137-141.
20. *Gray, J.C., J.M. Chandler*: Percent decline in peak torque production during repeated concentric and eccentric contractions of the quadriceps femoris muscle. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 8 (1989), 309-314.
21. *Gülch, R.W., P. Fuchs, A. Geist, M. Eisold, H.C. Heikamp*: Eccentric and posteccentric contractile behaviour of skeletal muscle - a comparative study in frog single fibers and in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63 (1991), 323-329.
22. *Haennel, R.G., G.D. Snyder, K.K. Teo, P.V. Greenwood, H.A. Quinney, C.D. Kappagoda*: Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 73 (1992), 150-155.
23. *Hageman, P.A., D.M. Gillaspie, L.D. Hill*: Effects of speed and limb dominance on eccentric and concentric isokinetic testing of the knee. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 10 (1988), 59-65.
24. *Higbi, E.J., K.J. Cureton, G.L. Warren*: Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area and neural activation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26 (1994), 31.
25. *Hill, A.V.*: The maximum work and mechanical efficiency of human muscles and their most economical speed. *J. Physiol.* 56 (1922), 19-41.
26. *Horstmann, T., F. Mayer, J. Fischer, J. Maschmann, K. Röcker, H.H. Dickhuth*: The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercises in dependence on the form of exercise and age. *Int. J. Sports Med.* 15(1994), 50-55.
27. *Hortobagyi, T., J. Hill, N. Lambert*: Force and EMG responses to eccentric and concentric resistive exercise training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26 (1994), 31.
28. *Hortobagyi, T., F.I. Katch*: Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. *Eur. J. Appl. Physiol.* 60 (1990), 395-401.
29. *Iellamo, F., J.M. Legramante, G. Raimondi, F. Castrucci, C. Damiani, C. Foti, G. Peruzzi, I. Caruso*: Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75 (1997), 89-96.
30. *Janssen, G.M.E., H. Kuipers, G.M. Willems, R.J.M. Does, M.P.E. Janssen, P. Guerten*: Plasma activity of muscle enzymes: Quantification of skeletal muscle damage and relationship with metabolic variables. *Int. J. Sports Med.* 10 (1989), 160-168.
31. *Kellis, E., V. Baltzopoulos*: Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med.* 19 (1995), 202-222.
32. *Knight, K.L.*: Strength imbalance and knee injury. *Phys. Sports Med.* 8 (1980), 140.
33. *Komi, P.V., J.T. Viitasalo*: Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contraction. *Acta Physiol. Scand.* 100 (1977), 246-254.
34. *Komi, P.V., E.R. Buskirk*: Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics* 15 (1972), 417-434.
35. *Kuipers, H.*: Exercise-induced muscle damage. *Int. J. Sports Med.* 15 (1994), 132-135.
36. *Mayer, F., T. Horstmann, K. Röcker, H.C. Heikamp, H.H. Dickhuth*: Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle at peak torque of all degrees of freedom in the shoulder. *Int. J. Sports Med.* 15 (1994), 19-25.
37. *Mayer, F., T. Horstmann, L. Yin, H.H. Dickhuth*: Differences in concentrically and eccentrically determined local muscle endurance of the shoulder musculature with different training status. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69 (1994), 7.
38. *Melzack, R.*: The short-form McGill Pain questionnaire. *Pain* 30 (1987), 191-197.
39. *Miles, M.P., P.M. Clarkson*: Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 34 (1994), 203-216.
40. *Mitchell, J.H.*: Neural control of the circulation during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22 (1990), 141-154.
41. *Newham, D.*: The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57 (1988), 353-359.
42. *Nosaka, K., P.M. Clarkson*: Effect of eccentric exercise on plasma enzyme activities previously elevated by eccentric exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69 (1994), 492-497.
43. *Roxin, L.E., P. Venge, G. Friman*: Variations in serum myoglobin after a 2-min isokinetic exercise test and the effects of training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53 (1984), 43-47.
44. *Stanish, W.D., R.M. Rubinovich, S. Curvin*: Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 208 (1986), 605-608.
45. *Timson, B.*: Evaluation of animal models for the study of exercise-induced muscle enlargement. *J. Appl. Physiol.* 69 (1990), 1935-1945.
46. *Tomberlin, J.P., J.R. Basford, E.E. Schwen*: Comparative study of isokinetic eccentric and concentric training. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 14 (1991), 31-35.
47. *Westing, S.H., A.G. Cresswell, A. Thorstensson*: Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *Eur. J. Appl. Physiol.* 62 (1991), 104-108.

Anschrift für die Verfasser:

Dr. Frank Mayer
 Med. Klinik, Abtlg. Sportmedizin
 Orthop. Univ.-Klinik
 Hölderlinstr. 11
 72074 Tübingen
 Tel.: 07071/2986493
 Fax: 07071/295162