



D. Rosenbaum¹,
E.M. Hennig²

Veränderung der Reaktionszeit und Explosivkraftentfaltung nach einem passiven Stretchingprogramm und 10minütigem Aufwärmen

Reaction time and force development after passive stretching and a ten minute warmup run

¹ Klinik für Allg. Orthopädie, Kinesiologie Labor, Westf. – Wilhelms-Univ. Münster
² Biomechanik Labor, Fachbereich 2/Sport, Universität Gesamthochschule Essen

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung möglicher leistungsverbessernder Auswirkungen nach Durchführung verschiedener sportvorbereitender Übungen. Dazu wurden bei 55 Probanden unter Laborbedingungen standardisierte Messungen der Reaktionszeit, der Kraftentfaltung und der Muskelaktivität in unvorbereitetem Zustand, nach passivem Stretching und nach 10minütigem Warmlaufen durchgeführt. Während sich nach dem Stretching nur wenige Unterschiede zeigten, führte das anschließende Warmlaufen zu einer Verkürzung der Reaktionszeit und der elektromechanischen Verzögerung. Ebenso kam es zu einer Verbesserung der Kraftentfaltung, die sich in einer höheren Kraftspitze, Kraftanstiegs- und Halbrelexationsrate niederschlug. Die Ergebnisse bestätigen den leistungsverbessernden Nutzen des allgemeinen Aufwärmens vor einer körperlichen Aktivität. Durch ausschließlich passive Dehnübungen konnten keine Veränderungen festgestellt werden, die Hinweise auf eine mögliche Leistungssteigerung ergaben.

Schlüsselwörter: Stretching, Warmlaufen, Reaktionszeit, Kraftentfaltung, EMG

Summary

The present study investigated the potential benefits of two different modes of preparatory exercises on performance enhancement. Fiftyfive subjects participated in reaction time, force develop-

ment and EMG activity measurements without preparation, after passive stretching and after a ten minute warmup run. The results did not reveal major changes after stretching. Following the additional warmup run, a reduced reaction time and mechanical delay was seen. Furthermore, the force peak, force rise and half-relaxation rate were increased. The findings indicate that a general warmup is likely to improve performance in a subsequent sports activity whereas passive stretching alone does not suggest performance enhancement effects.

Key words: Stretching, Warm-up, Reaction Time, Force Development, EMG

Einleitung

Athleten aller Sportarten und Leistungsniveaus wird empfohlen, sich durch entsprechende Übungen auf die bevorstehende Belastungssituation vorzubereiten, um ein Leistungsoptimum zu erreichen. Dazu gibt es eine Vielzahl von Übungsempfehlungen, die von einem allgemeinen Aufwärmprogramm zur Erhöhung der Körpertemperatur bis zu speziellen Dehnübungen, auch Stretching genannt, für die benötigte Muskulatur reichen. Das Stretching wird dabei entweder allein oder in Verbindung mit einem allgemeinen Aufwärmen durchgeführt.

Die Auswirkungen, die man sich von der Vorbereitung erhofft, konzentrieren sich auf zwei Bereiche. Zum einen soll die Leistungsfähigkeit erhöht, zum anderen die Gefahr einer Verletzung reduziert werden. Allerdings sind die Wirkungsme-

chanismen der verschiedenen Vorbereitungsmodalitäten noch nicht in allen Belangen bekannt, so daß sie vielfach aufgrund von Glaube und Erfahrungswerten und weniger aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse angewandt werden.

Das allgemeine Aufwärmen zielt auf eine Erhöhung der Körperkerntemperatur mit erhöhter Durchblutung der Arbeitsmuskulatur und verbesserter Geschmeidigkeit der Muskeln und Bänder (17) ab. Durch Stretching soll eine Verbesserung der Flexibilität, Verminderung der Verletzungsanfälligkeit und Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit erreicht werden (17).

In bezug auf die Flexibilität der ischiokruralen Muskulatur konnten keine zusätzlichen Effekte durch eine externe Erwärmung in Kombination mit Stretching erzielt werden, so daß eine ausreichende Dehnfähigkeit durch Stretching allein entwickelt werden kann (18). Eine Kombination aus Aufwärmen, Stretching und Massage half zwar einige negative Erscheinungen von exzentrischen Übungen wie den Muskelkater (delayed onset muscle soreness) zu reduzieren, allerdings waren die erfaßten biomechanischen Parameter nicht in der Lage, die Zusammenhänge zu klären (15).

In tierexperimentellen Studien konnte gezeigt werden, daß zyklische Dehnungen einen protektiven Effekt auf die Muskulatur haben (8).

In bezug auf leistungssteigernde Effekte konnte eine Studie von *Guissard und Mitarbeitern* nach 10minütigem Stretching keine Auswirkungen auf Maximal-



kraft und Bewegungsgeschwindigkeit nachweisen (9). Eine reduzierte Erregbarkeit der Motoneurone wurde während der Stretchingübungen beobachtet, hatte aber keinen bleibenden Effekt.

Trotz dieser Studien wird ein Mangel an fundierten Erkenntnissen insbesondere im Bereich des Stretching aufgezeigt (11, 18).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, unter kontrollierten Laborbedingungen die Auswirkung von zwei grundsätzlich unterschiedlichen Vorbereitungsmodalitäten auf die neuromuskulären Eigenschaften des Triceps surae zu untersuchen.

Material und Methoden

55 männliche Sportler aus unterschiedlichen Disziplinen erklärten sich zur Teilnahme an der Studie bereit. Die Probanden waren Sportstudenten der Universität Essen und Mitglieder lokaler Sportvereine. Das Alter der Probanden lag bei 25,3 ($\pm 4,0$) Jahren, die Körpergröße bei 181,9 ($\pm 5,7$) cm, das Körpergewicht bei 747,5 ($\pm 78,5$) N.

Die Probanden kamen morgens ins Labor, ohne sich vorher körperlich betätigt zu haben. Die Messungen wurden unter

drei Versuchsbedingungen wiederholt. Zunächst wurden die Messungen im unvorbereiteten Zustand durchgeführt (PR = ohne Vorbereitung). Drei Minuten lang wurden die Wadenmuskulatur mit verschiedenen Übungen statisch gedehnt. Obwohl eine Dauer von 10 bis 15 Sekunden als ausreichend angesehen wird (2, 13), wurden zwei Übungen je dreimal für eine Dauer von 30 Sekunden gehalten, um einen ausreichenden Dehn Effekt sicherzustellen. Anschließend erfolgte eine Wiederholung der Messungen (POS= nach dem Stretching). Anschließend liefen die Versuchspersonen bei frei gewählter, langsamer Geschwindigkeit zehn Minuten auf einem motorgetriebenen Laufband (Modell Ergo ES2, Woodway GmbH, Weil am Rhein). Der Aufwärmeffekt wurde mit Hilfe eines digitalen Thermometers ermittelt, das die Temperatur auf der Haut über dem medialen Kopf des Gastrocnemius bestimmte. Eine letzte Meßserie (POR= nach dem Laufen) schloß die Versuche ab, die inklusive Vorbereitung insgesamt etwa zwei Stunden dauerten.

Zur Erfassung der Leistungsfähigkeit der rechten Wadenmuskulatur wurde eine mechanische Vorrichtung gebaut, die eine Messung der Plantarflexionskraft unter kontrollierten und reproduzierbaren Bedingungen erlaubte (Abb. 1). Die

Versuchspersonen wurden aufgefordert, auf ein akustisches Signal so schnell und kräftig wie möglich mit einer Fußstreckung zu reagieren und sofort wieder zu entspannen. Die dabei erzeugte Kraft wurde auf eine Fußplatte übertragen, die über ein Stahlseil an einem piezoelektrischen Kraftaufnehmer (Modell 9321A, Firma Kistler, Winterthur, Schweiz) befestigt war, so daß die dynamisch erzeugte, isometrische Plantarflexionskraft erfaßt werden konnte. Auch die Flexibilität im Sprunggelenk wurde in der Vorrichtung ermittelt, indem über eine Umlenkrolle ein Hantelgewicht von 13 kg angebracht wurde, das den Fuß mit einem Drehmoment von 32 Nm in Richtung Dorsalflexion zog. Die Drehachse der beweglichen Fußplatte war so angebracht, daß sie mit der Drehachse des oberen Sprunggelenkes der Versuchspersonen übereinstimmte. Ein Potentiometer an der Drehachse der Fußplatte registrierte das Winkelausmaß der Drehbewegung als Maß der Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk.

Bipolare, aktive Oberflächenelektroden wurden zur Messung der Muskelaktivitäten des medialen Gastrocnemiuskopfes (Gas) und des Soleus (Sol) benutzt. Die Elektroden wurden nach Hautpräparation zur Reduzierung der Hautimpedanz entsprechend den Empfehlungen aus der

Abbildung 1: Position der Versuchsperson während der Messungen. (HG=13 kg Hantelgewicht, nur bei der Flexibilitätsmessung angewandt, KS=Kistler Kraftsensor).

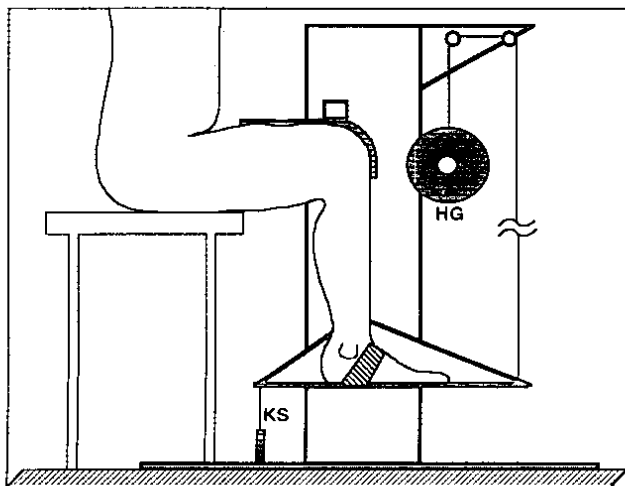
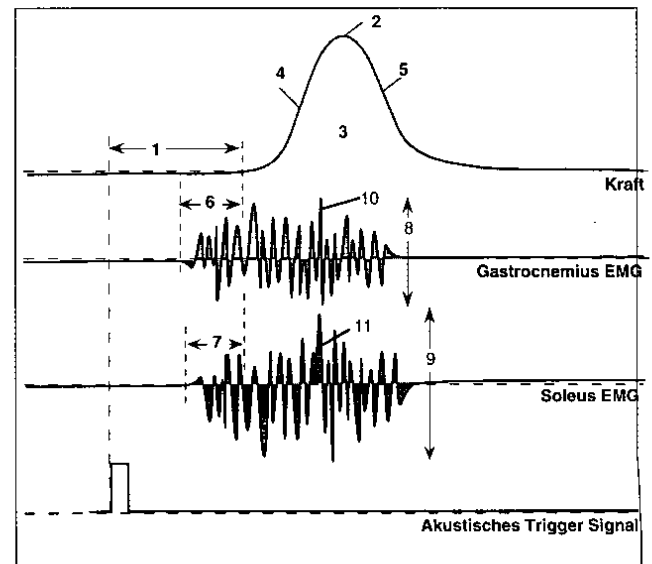


Abbildung 2: Kraft und EMG-Signale mit den daraus bestimmten experimentellen Parametern. 1: Reaktionszeit; 2: Kraftmaximum; 3: Impuls; 4: Kraftanstiegsrate; 5: Halbrelaxationsrate; 6 u. 7: Elektromechanische Verzögerung des Gastrocnemius und Soleus; 8 u. 9: Maximale EMG-Amplituden; 10 u. 11: Integral der gleichgerichteten EMG-Signale.





Literatur (7) über den Muskeln aufgeklebt und mit Bandagen gesichert. Sie verblieben dort während der Experimente, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Bedingungen zu gewährleisten. Die Signale wurden an der Elektrode vorverstärkt und zu einem Hauptverstärker mit regelbarem Verstärkungsfaktor weitergeleitet. Die Meßwerterfassung erfolgte nach Triggerung durch das Akustiksignal über einen Zeitraum von einer Sekunde mit einer Abtastrate von 10 kHz und einer Auflösung von 12bit.

Die folgenden Meßparameter wurden bestimmt: Reaktionszeit, Kraftspitze, Zeit bis zur Kraftspitze, Impuls (Kraft-Zeit-Integral), Kraftanstiegs- und Halbrelaxationsrate, sowie elektromechanische Verzögerung (zwischen EMG-Aktivitätsbeginn und erstem Kraftausschlag), EMG-Amplitude und EMG-Integral des Gastrocnemius und Soleus (Abb. 2).

Die Kraftanstiegsrate wurde aus dem annähernd linearen Bereich zwischen 20% und 80% der maximal erreichten Kraft und der dafür benötigten Zeit bestimmt. Die Halbrelaxationsrate wurde aus der Kraft und dem Zeitraum zwischen Kraftmaximum und Abfall auf ein 50%iges Kraftniveau berechnet.

Die Ergebnisse von fünf Einzelversuchen wurden gemittelt und mit einer Varianzanalyse (repeated measures ANOVA, Statview, Abacus Concepts, Inc., Berkeley, CA., USA) auf Signifikanz zwischen den drei Bedingungen überprüft. Ergebnisse mit einem p-Wert unter 0,05 wurden als signifikant, bei $p < 0,01$ als hochsignifikant eingestuft.

Ergebnisse

Die primären Ziele der unterschiedlichen Vorbereitungsübungen zeigten sich in den Ergebnissen der Beweglichkeits- und Temperaturmessungen. Die Stretchingübungen führten zu keinen Veränderungen der Hauttemperatur, während nach dem Laufen eine signifikante Temperaturerhöhung um 1,7°C festgestellt wurde. Die maximale Dorsalflexion erhöhte sich signifikant nach statischem Stretching und nach dem Warmlaufen (Tab. 1).

Die Gesamtreaktionszeit, gemessen vom Auslösen des Signaltons bis zum ersten

Tabelle 1: Experimentelle Parameter (Mittelwert ± Standardabweichung) im unvorbereiteten Zustand (PR), nach dem Stretching (POS) und nach dem Warmlaufen (POR).

Parameter	Einheiten	PR	POS	POR	
Hauttemperatur	°C	32,9±0,7	32,8±0,7	34,6±0,6	**
Maximale Dorsalflexion	°	29,9±6,9	30,6±7,4**	31,4±6,8	**
Reaktionszeit	ms	172,4±18,5	171,9±16,4	166,6±20,2	**
Gastrocnemius Reaktionszeit	ms	146,8±19,4	145,3±16,4	142,1±20,3	*
Soleus Reaktionszeit	ms	155,0±19,4	155,2±16,9	152,4±21,2	
Elektromech. Verzögerung (Gas)	ms	25,6±7,4	26,5±7,3	24,5±6,9	
Elektromech. Verzögerung (Sol)	ms	17,3±4,8	17,5±4,3	15,2±4,7	**
Kraftmaximum	N	384,9±175,3	368,1±171,2	442,3±176,7**	
Zeitpunkt des Kraftmaximums	ms	337,2±34,4	332,8±28,6	332,7±32,8	
Impuls (Kraft-Zeit-Integral)	Ns	84,9±47,0	78,2±43,2	92,9±47,1	**
Kraftanstiegsrate	N/s	3447±1243	3328±1238	3980±1292	**
Halbrelaxationsrate	N/s	1923±1010	1875±879	2496±1043	**
EMG-Amplitude (Gas)	µV	487±243	468±246	446±201	**
EMG-Amplitude (Sol)	µV	557±209	507±184**	469±164	**
EMG-Integral (Gas)	µVs	27,4±17,7	24,9±16,9 *	27,4±17,4	
EMG-Integral (Sol)	µVs	25,9±11,9	22,8±11,4**	23,9±11,1	*

*/** signifikanter Unterschied zu PR, $p < 0,05$, $p < 0,01$.

Anstieg im Kraftsignal, war nach dem Stretching nahezu unverändert und verkürzte sich nach dem Warmlaufen hochsignifikant um ca. 6 ms (PR: 172,4 ms, POS: 171,9 ms, POR: 166,6 ms).

Bei Betrachtung der prämotorischen Komponenten der Reaktionszeit, die sich in dem ersten Ausschlag der EMG-Signale zeigt, verkürzte sich die Reaktionszeit nach dem Warmlaufen, allerdings waren die Differenzen weniger stark ausgeprägt; signifikant war der Unterschied nur zwischen PR und POR beim Gastrocnemius (Gas: PR 146,8 ms, POS 145,3 ms, POR 142,1 ms; Sol: PR 155,0 ms, POS 155,2 ms, POR 152,4 ms).

Der Gastrocnemius wurde grundsätzlich ca. 10 ms vor dem Soleus aktiviert, wies also in allen Bedingungen eine kürzere Latenzzeit zwischen Signalton und Aktivitätsbeginn auf.

Die elektromechanische Verzögerung, das Zeitintervall zwischen dem ersten Anstieg im EMG und im Kraft-Signal, stellt die motorische Komponente der Gesamtreaktionszeit dar. Dieser Wert verlängerte sich bei beiden Muskeln leicht nach dem Stretching und verkürzte sich signifikant nach dem Warmlaufen. Die elektromechanische Verzögerung beim Soleus wies kürzere Werte auf, da er nach dem Gastrocnemius aktiviert wurde. Die maximal entwickelte Kraft fiel nach dem Stretching geringfügig ab, stieg nach dem Warmlaufen aber

hochsignifikant um 15% an. Die Zeit vom Auslösen des Signaltons bis zum Erreichen dieser Spitzenkraft blieb annähernd unverändert. Aus diesem Grund erhöhte sich auch die Kraftanstiegsrate nach dem Laufen hochsignifikant um 15%. Entsprechende Ergebnisse wies auch die Halbrelaxationsrate auf, die nach dem Stretching leicht gesunken, nach dem Laufen aber hochsignifikant um 30% angestiegen war. Der Impuls (das Integral der Kraft über die Zeit) nahm nach dem Stretching signifikant um 8% ab, stieg aber nach dem Laufen signifikant an und lag 9% über dem Ausgangswert. Sowohl nach dem Stretching als auch nach dem Laufen war eine Abnahme der Amplituden beider EMG-Signale zu beobachten. Die über den gesamten Meßzeitraum integrierten EMG-Signale nahmen nach dem Stretching ab und stiegen nach dem Warmlaufen wieder an.

Diskussion

Bei der Diskussion der vorliegenden Ergebnisse sollten einige Einschränkungen bedacht werden. Ziel der Untersuchung waren die Auswirkungen unterschiedlicher Vorbereitungsübungen, dargestellt am Beispiel des statischen Stretching und des Warmlaufens. Im Gegensatz zu der hier gewählten Vorgehensweise wird



das Stretching in der sportlichen Praxis heutzutage nicht mehr ohne vorhergehendes allgemeines Aufwärmen durchgeführt. Allerdings wollten wir die unterschiedlichen Mechanismen getrennt untersuchen und somit ein Aufwärmen vor dem Stretching vermeiden. Deshalb wurde ein nicht unbedingt praxisgerechtes Dehnprogramm gewählt. Bei den POR-Ergebnissen handelt es sich um die Effekte aus der Kombination von Stretching und Laufen, also nicht ausschließlich um die Auswirkungen des allgemeinen Aufwärmens.

Im Vergleich zum unvorbereiteten Zustand und nach den Dehnübungen waren Reaktionszeit und Kraftentfaltung nach dem zusätzlichen Aufwärmen hochsignifikant verbessert. Bei der Reaktionszeit ist zu beachten, daß sich die Gesamtreaktionszeit aus einer prämotorischen und einer motorischen Komponente zusammensetzt. Die prämotorische Reaktionszeit ist durch den Zeitraum zwischen Auslösen des Signaltons und dem ersten Ausschlag im EMG-Signal gegeben und stellt nach *Viitasalo* und *Komi* (20) die zentralnervöse Komponente dar. Die nach dem Warmlaufen reduzierten prämotorischen Reaktionszeiten weisen darauf hin, daß die allgemeine Erwärmung bei der zentralnervösen Signalverarbeitung zu positiven Veränderungen führte. Die periphere Komponente ist die motorische Reaktionszeit, die sich aus der Differenz zwischen dem ersten Ausschlag im EMG-Signal und dem ersten Anstieg in der Kraftkurve berechnet. Dieser Parameter wird auch als elektromechanische Verzögerung („electromechanical delay“) bezeichnet, deren Dauer durch verschiedene muskelpathologische Prozesse bestimmt wird (4).

Bei den beiden hier untersuchten Muskelsignalen kann man strenggenommen nur für den zuerst aktivierten Gastrocnemius-Muskel von einer elektromechanischen Verzögerung sprechen, da dessen Aktivität für den ersten Kraftanstieg verantwortlich ist. Es ist nicht zu unterscheiden, wann durch das spätere Einsetzen der Soleus-Aktivität ein zusätzlicher Anstieg in der Kraftkurve zu verzeichnen ist. Es kommt nur zwischen dem Stretching und dem anschließenden Warmlaufen zu hochsignifikanten Unterschieden. Nach dem Stretching sind tendenziell Verlängerungen dieser Zeiten festzustellen. *Cavanagh* und *Komi* (4) fanden unter

exzentrischen Bedingungen eine verkürzte elektromechanische Verzögerung, die sie auf die Vorspannung der serienelastischen Komponenten zurückführten. Dadurch kann die Muskelkontraktion direkt auf das Skelettsystem übertragen und somit schneller eine äußerlich meßbare Kraft produziert werden. Im Gegensatz dazu sind die serienelastischen Komponenten nach dem Stretching vorge-dehnt, so daß ein größeres Sehnenspiel überwunden werden muß, was eine verzögerte Kraftentfaltung verursacht. Nach dem Laufen scheinen sich die Bedingungen wieder verbessert zu haben, worauf die Verkürzung der elektromechanischen Verzögerungen hindeutet. Dafür könnten die durch das allgemeine Aufwärmen verbesserten kontraktiven Eigenschaften verantwortlich sein. So können speziell eine Erhöhung der Muskelleitgeschwindigkeit und der verbesserte Ionenaustausch bei höheren Temperaturen zu den beobachteten Änderungen beigetragen haben (1, 19).

Aufgrund der Deutlichkeit des Ergebnisses kann festgehalten werden, daß bei den hier untersuchten Probanden durch das Warmlaufen nach dem Stretching eine positive Beeinflussung der Reaktionsfähigkeit bewirkt wurde, die zum Teil auf neuromuskulären und zentralnervösen Mechanismen zu beruhen scheint. Deswegen ist in Sportarten, in denen die Reaktionsfähigkeit entscheidend ist, schon allein aus diesem Grund ein allgemeines Aufwärmen ratsam. Wenn man bedenkt, daß der Weltrekord im 100 m Sprint im Bereich von Hundertstel Sekunden verbessert wird, kann eine durch Aufwärmen um 6 ms verkürzte Reaktionszeit schon mitentscheidend für den Erfolg sein.

Nach dem anschließenden Warmlaufen liegt die maximal entwickelte Schnellkraft mit einem Zuwachs von 15% deutlich über dem Ausgangswert. Hier kommen die durch Erhöhung der Muskeltemperatur verbesserten kontraktiven Eigenschaften zum Ausdruck. Die mechanischen Nachteile durch das Stretching werden nicht nur kompensiert, sondern es kommt sogar zu einem erheblichen Kraftgewinn.

Mit der vorliegenden Untersuchung werden die Ergebnisse von *Hennig* und *Podzielný* (12) bestätigt, die unter praxisrelevanten Bedingungen die Vertikalsprung-

kraft von 46 Sportlern ermittelten und nach dem Warmlaufen eine sechsprozentige Steigerung feststellten, während Dehnübungen zu einer vierprozentigen Abnahme der Sprungleistung führten.

Die bei dem Kraftmaximum beobachteten Effekte spiegeln sich auch in der Kraftanstiegs- und Halbrelexationsrate wieder, die nach dem Stretching leicht abnahmen und nach dem Warmlaufen deutlich erhöht waren. Auch hier machen sich die veränderten kontraktiven Eigenschaften der Muskulatur bemerkbar. Vergleichbare Effekte beobachteten *Petajan* und *Eagan* (14), die nach einem 5minütigen Lauf auf dem Laufband höhere Muskelkontraktionsraten ermittelten. Zur Erklärung wurden Veränderungen besonders im Ionenaustausch auf Muskelfaserniveau herangezogen. So wurde bei der Beschreibung der Kraft-Zeit-Charakteristika z.B. auf eine verbesserte Freisetzung und Aufnahme von Kalzium-Ionen im sarkoplasmatischen Retikulum hingewiesen (20). Auch die Verringerung der Halbrelexationsrate stimmt mit den Ergebnissen von *Petajan* und *Eagan* (14) überein. Die Autoren führten die Veränderungen der Reflexaktivität nach dem Laufen auf einen verbesserten muskulären Stoffwechsel zurück und sahen darin Verbesserungsmöglichkeiten für den Erholungsprozeß. Ähnliche Ergebnisse waren von *Duchateau* und *Hainaut* (5) berichtet worden, die die kontraktiven Eigenschaften bei durch Elektrostimulation hervorgerufenen Kontraktionen in Abhängigkeit von Ermüdungszuständen untersuchten. Die Autoren stellten einen direkten Zusammenhang der venösen Laktatkonzentration mit der Kraftanstiegs- und Halbrelexationsrate bei tetanischer Anspannung fest. *Edwards et al.* (6) sahen das Kontraktionsniveau als hauptverantwortlich für die Verschlechterung der Halbrelexationszeit an. Die Autoren vermuteten die Ursache der Ermüdung eher in einer Mangelercheinung energiereicher Phosphate als in einer Anhäufung von Laktat, da letzteres nicht so schnell abbaubar ist, um die beobachtete schnelle Erholung der Halbrelexationszeit zu ermöglichen. Dieser Mangel ist allerdings eine sekundäre Ursache, der durch Veränderungen der Kalzium-Austauschraten verursacht wird (3, 10).

Insgesamt deuten die Auswirkungen des Stretching darauf hin, daß diese Art der



Behandlung - wird sie ausschließlich durchgeführt - zur Benachteiligung der Leistung führen kann. Durch die hervorgerufenen, primär mechanischen Effekte wird die Fähigkeit zur Kraftentfaltung eingeschränkt. Dies ist besonders in solchen Sportarten von Bedeutung, die verstärkt schnellkräftige Leistungen fordern. Allerdings wurde gezeigt, daß sich nach dem Stretching auch mögliche verletzungs-mindernde Effekte nachweisen lassen (16). Daher sollte zur Vorbereitung auf eine bevorstehende Belastung nicht nur gedehnt werden, sondern auf jeden Fall auch ein allgemeines Aufwärmprogramm durchgeführt werden. Es läßt sich jedoch auf Basis der vorliegenden Ergebnisse festhalten, daß die aus Leistungsaspekten möglichen nachteiligen Effekte des Stretching durch das anschließende Warmlaufen kompensiert wurden und eine Leistungssteigerung in Form einer verbesserten Schnellkraftfähigkeit erreicht werden konnte.

Literatur

1. Åstrand, P. O., K. Rodahl: Textbook of Work Physiology. Physiological Bases of Exercise. McGrawHill Book Company, New York, NY 1986.
2. Borms, J., P. van Roy, J. P. Santens, A. Hantjens: Optimal duration of static stretching exercises for improvement of coxofemoral flexibility. J. Spo. Sci. 51 (1987), 39-47.
3. Brody, I.A.: Regulation of isometric contraction in skeletal muscle. Exp. Neurol. 50 (1976), 673-683.
4. Cavanagh, P.R., P.V. Komi: Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. Eur. J. Appl. Physiol. 42 (1979), 156-163.
5. Duchateau, J., K. Hainaut: Training effects of submaximal electrostimulation in a human muscle. Med. Sci. Sports Exerc. 20 (1988), 99-104.
6. Edwards, R.H.T., D.K. Hill, D.A. Jones: Effect of fatigue on the time course of relaxation from isometric contractions of skeletal muscle in man. J. Neurophysiol. 227 (1972), 26-27.
7. Ericson, M.O., R. Nisell, U.P. Arborelius, J. Ekholm: Muscular activity during ergometer cycling. Scand. J. Rehab. Med. 17 (1985), 53-61.
8. Garrett, W.E.J.: Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. Med. Sci. Sports Exerc. 22 (1990), 436-443.
9. Guissard, N., J. Duchateau, K. Hainaut: Acute effect of static stretching on neural and mechanical properties of the human triceps surae. 13th I.S.B. Congress. Perth, Australia 1991, 264-265.

10. Häkkinen, K., P.V. Komi: Effects of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force and relaxation time characteristics of human skeletal muscle. Eur. J. Appl. Physiol. 55 (1986), 588-596.
11. Halbertsma, J.P., L.N. Goeken: Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil 75 (1994), 976-981.
12. Hennig, E., S. Podzielný: Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. Dtsch. Z. Sportmed. 45 (1994), 253-260.
13. Madding, S.W., J.G. Wong, A. Hallum, J.M. Medeiros: Effect of duration of passive stretch on hip abduction range of motion. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 8 (1987), 409-416.
14. Petajan, J.H., C.J. Eagan: Effect of temperature, exercise, and physical fitness on the triceps surae reflex. J. Appl. Physiol. 25 (1968), 16-20.
15. Rodenburg, J.B., D. Steenbeek, P. Schierck, P.R. Bar: Warmup, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. Int. J. Sports Med. 15 (1994), 414-419.
16. Rosenbaum, D., E.M. Hennig: The influence of static stretching and warmup exercises on Achilles tendon reflex activity. J. Spo. Sci. 13 (1995), 481-490.

17. Smith, C.A.: The warmup procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 19 (1994), 12-17.
18. Taylor, B.F., C.A. Waring, T.A. Brashear: The effects of therapeutic application of heat or cold followed by static stretch on hamstring muscle length. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 21 (1995), 283-286.
19. Van der Hoeven, J.H., F. Lange: Super-normal muscle fiber conduction velocity during intermittent isometric exercise in human muscle. J. Appl. Physiol. 77 (1994), 802-806.
20. Viitasalo, J.T., P.V. Komi: Interrelationship between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man. Acta Physiol. Scand. 111 (1981), 97-103.

Anschrift der Verfasser

Dr. Dieter Rosenbaum
Klinik für Allg. Orthopädie
Kinesiologie Labor
Westf.-Wilhelms-Universität Münster
Albert-Schweitzer-Str. 33
48129 Münster

First International Congress of Northern Greece Sports Medicine Association with Post-Graduate Courses

vom 19.-22. Juni 1997 in Thessaloniki/Griechenland

In conjunction with:

1st Euro-Mediterranean Football Championship of Medicine Doctors
vom 16.-22. Juni in Thessaloniki/Griechenland

Anmeldung und Informationen bei:

Forum International Congress Organizers
5 Komnion Str.
Gr-54624 Thessaloniki
Griechenland
Tel.: +30 31 285 267
Fax: +30 31 231 849

Teilnahmegebühren:

Kongreß: DM 150,—
Post Graduate Courses: DM 110,—
Fußballmeisterschaft: DM 150.—