

Uwe Wenzel

(2. Preisträger Referate wissenschaftlicher Nachwuchs)

Zur Schnelligkeit einer Plantarflexion – eine elektromyographische Untersuchung¹

Summary

Further research concerning influencing factors of the elementary speed or quickness seems to have a worthwhile theoretical and practical use. Unfortunately current speed tests must be regarded as not suitable to aim this purpose. The recently developed “Plantarflexionstest” promises a relatively isolated examination of quickness determined by the central nervous and neuromuscular system. The present study reveals group specific differences in parameters concerning quickness and intramuscular coordination. The results suggest functional and structural distinctions within the human central nervous system and the neuromuscular junction, which should be focused in future investigations.

Zusammenfassung

Die weitere Erforschung der Einflussfaktoren der elementaren Schnelligkeit verspricht einen hohen theoretischen und praktischen Nutzen. Die bestehenden elementaren Schnelligkeitstests scheinen, aufgrund ihrer Komplexität, dafür jedoch ungeeignet zu sein. Der neu konzipierte Plantarflexionstest verspricht eine relativ isolierte Betrachtung der zentralnerval und neuromuskulär determinierten Schnelligkeit. Entsprechende Untersuchungen zeigen gruppen-

¹ Betreuer der Arbeit ist Herr Prof. Dr. Jürgen Krug, Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig.

spezifische Unterschiede der erhobenen Schnelligkeitsparameter in Verbindung mit Kennwerten, die die intramuskuläre Koordination betreffen. Die Ergebnisse deuten auf funktionelle und strukturelle Unterschiede im zentralnervalen und neuromuskulären System, die jedoch weiter untersucht werden müssen.

Schlagworte: Schnelligkeit, Plantarflexion, intramuskuläre Koordination

1. Einleitung

Im Allgemeinen wird die Schnelligkeit als eine konditionell-koordinativ determinierte Leistungsvoraussetzung angesehen, die sich bei geringen äußeren Widerständen in höchstmöglichen Reaktions- und Bewegungsgeschwindigkeiten äußert (Hauptmann, 2008). Letzterem Aspekt wird inmitten der elementaren Schnelligkeitsdiagnostik über den Nieder-Hoch-Sprung und den Tapping-Test Rechnung getragen. Dabei gilt die Stützzeit als Ausdruck der azyklischen Schnelligkeit und die Tappingfrequenz als Maß für die zyklische Schnelligkeit. Bei näherer Betrachtung scheinen diese beiden Tests jedoch eher schnellkräftige und relativ komplexe Leistungen widerzuspiegeln und ungeeignet, die zentralnerval und neuromuskulär determinierte Schnelligkeit im Hinblick auf ihre Einflussfaktoren zu erforschen. Infolge relativ stabiler Testergebnisse wurde die elementare Schnelligkeit bald als anlage- und entwicklungsbedingt deklariert. Demgegenüber steht eine Vielzahl an Studien, die dem zentralnervalen und neuromuskulären System eine außerordentliche Anpassungsfähigkeit bescheinigen. So geht man heute von einer lebenslangen kortikalen Plastizität aus, die sich beispielsweise in einer unterschiedlichen Struktur der grauen und weißen Substanz zwischen professionellen Musikern im Vergleich zu Nicht-Musikern äußert (vgl. Gaser/ Schlaug, 2003). Darüber hinaus konnten über Trainingsinterventionen bestimmte Struktur- und Funktionsanpassungen der neuromuskulären Verbindung induziert werden (Deschenes, 1994). Die Einheit von Struktur und Funktion spiegeln beispielsweise diverse Wechselbeziehungen zwischen Motoneuron und Muskelfaserstruktur wider. So zeigten Kreuzinnervations-, Stimulations- und Trainingsexperimente beidseitige Veränderungen der Muskelfaserstruktur in Abhängigkeit von den neuronalen Impulsmustern (Buller, 1960; Gorza, 1988; Jansson, 1990). Neben dem strukturellen Einfluss wirken sich Feuerfrequenzen oberhalb von 55 Hz auch positiv auf die Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskelfasern aus und das obwohl ein vollständiger Tetanus bereits erreicht ist (vgl. Sale, 1994).

Mit dem Plantarflexions-Test (PF-Test) wird der Versuch einer relativ isolierten Betrachtung der willkürlich initiierten Schnelligkeit unternommen und der in der Leichtathletik weit verbreitete „Mythos des schnellen Fußes“ untersucht. Die dabei zu messende Größe der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit ist interindividuell unterschiedlich und gilt im Sinne eines „explosiven Öffnen des

Fußgelenks“ als Leistungsvoraussetzung unter anderem im Weitsprung. Mit der vorliegenden Studie sollte der Frage nachgegangen werden, ob eine hohe Bewegungsschnelligkeit an hohe Entladefrequenzen der Motoneurone gebunden ist. Die Elektromyographie bietet mit der Frequenzanalyse hierfür eine Möglichkeit und erlaubt Rückschlüsse über die Rekrutierung von FT- und ST-Fasern (vgl. von Tscherner & Goepfert, 2003).

2. Untersuchungsmethodik

An der Studie nahmen 34 Leichtathleten (Alter: $25,1 \pm 3,9$ Jahre) mit einer wöchentlichen Trainingshäufigkeit ≥ 2 und einer Trainingserfahrung von ≥ 2 Jahren teil. Die Sportler wurden anhand ihrer Primärdisziplinen in eine schnelligkeitsorientierte (Gruppe I; $n = 16$) und ausdauerorientierte Gruppe (II; $n = 18$) aufgeteilt. Der von Lehman (1992) eingeführte Schnelligkeitsquotient sicherte das aufgestellte Gruppenparadigma mit 94,3 (Gruppe I) gegenüber 77,5 (Gruppe II) zusätzlich ab. Die Versuchspersonen waren aufgefordert, in Bauchlage eine maximal schnelle Fußstreckbewegung ohne zusätzlichen Widerstand durchzuführen. Dabei wurde die Muskelaktivität der wichtigsten Fußbeuge- und Streckmuskulatur erfasst (Mm. gastrocnemius medialis – GaM und lateralis – GaL, tibialis anterior – TA; Telemetry DTS-System, Noraxon, 1500 Hz). Die Elektromyogramme wurden mit Hilfe des Softwarepakets Myo Research hinsichtlich der Median Frequenz und der Mittleren Frequenz während der Plantarflexionsphase analysiert. Außerdem wurden mit einer Fast Fourier Transformation (FFT) die dazugehörigen Power Spektren in 10 Hz Frequenzbändern ermittelt. Die maximale Geschwindigkeit (V_{max}) der Fußbewegung wurde mit Hilfe einer 3D-Highspeed-Kinemetrie (300 Hz) und der Auswertesoftware Simi Motion bestimmt. Darüber hinaus erfasste ein 3D-Beschleunigungssensor die maximale Beschleunigung (a_{max}) in Hauptbewegungsrichtung. Die Gruppenunterschiede wurden mit dem T-Test für unabhängige Stichproben bestimmt.

3. Ergebnisse

Der Vergleich der beiden Gruppen zeigt für die Schnelligkeitsparameter des Plantarflexionstests hochsignifikant größere Geschwindigkeits- ($p = 0,0097$) und Beschleunigungsmaxima ($p = 0,0001$) in der Gruppe der schnelligkeitsorientierten ($a_{max} = 4,08 \pm 1,037$ g; $V_{max} = 1,893 \pm 0,320$ m/s) gegenüber den ausdauerorientierten ($a_{max} = 3,42 \pm 0,903$ g; $V_{max} = 1,702 \pm 0,201$ m/s) Sportlern. In der Muskelinnervation kommt dies bei beiden Köpfen des M. gastrocnemius in höheren Median Frequenzen (Gruppe I: GaL = $76,82 \pm 16,04$; GaM = $77,05 \pm 13,96$, Gruppe II: GaL = $67,96 \pm 16,14$; GaM = $65,57 \pm 16,76$) für die Gruppe I zum Ausdruck. Ein vergleichbares Bild zeigt sich für die Mittle-

ren Frequenzen (Abbildung 1). Die relativen Effektstärken liegen zwischen $r = 0,26$ und $0,33$ im mittleren Bereich.

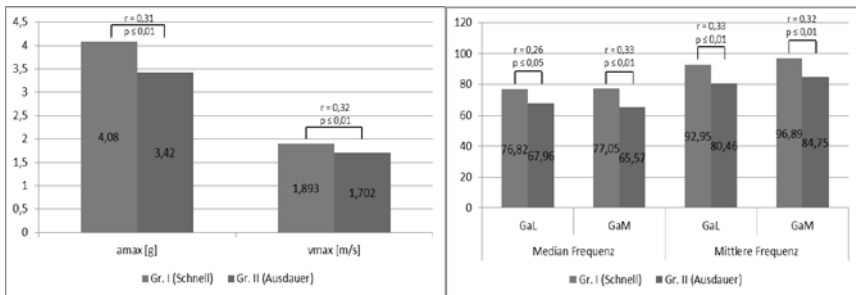


Abb. 1. Gruppenunterschiede der Schnelligkeitsparameter Vmax und amax sowie bei den dazugehörigen Frequenzparametern des M. gastrocnemius

In den für die Gruppen gemittelten Powerspektren macht sich dies für die ausdauerorientierten Sportler an höheren Signalanteilen in den Frequenzbändern von 20 bis 50 Hz bemerkbar. Demgegenüber zeigen die schnelligkeitsorientierten Sportler vor allem höhere Signalanteile in den Bereichen von 70 bis 130 Hz. Auch hier sind die Unterschiede in einzelnen Frequenzbändern signifikant.

4. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen interindividuelle Unterschiede in der über den Plantarflexionstest objektivierten willkürlich initiierten Schnelligkeit. Wie vermutet, konnten dabei für Sportler aus schnelligkeitsorientierten Disziplinen höhere Werte gemessen werden als für Sportler aus ausdauerorientierten Disziplinen der Leichtathletik. Erstere scheinen hierbei in der Lage zu sein, willkürlich höhere Feuerfrequenzen der Motoneurone generieren zu können. Dieses Vermögen kann einerseits als Notwendigkeit für die Rekrutierung von FT-Fasern angesehen werden und andererseits als Voraussetzung für mögliche Muskelfaserumwandlungen gelten. Vor dem Hintergrund, dass hohe neuronale Entladefrequenzen an eine zeitliche und räumliche Summation von Aktionspotentialen am Dendritenbaum gebunden sind, kann ein strukturelles Korrelat im zentralen Nervensystem angenommen werden. So sind beispielsweise Unterschiede in der grauen und weißen Substanz in bestimmten Hirnbereichen denkbar. Die Magnetresonanztomografie bietet die Möglichkeit sich dieser Fragestellung zu widmen. Darüber hinaus kann der Einfluss der Nervenleitgeschwindigkeit auf die willkürlich initiierte Schnelligkeit untersucht werden. Als Ausdruck der Funktionsfähigkeit des peripheren Nervensystems, stellt sie im Sinne des Faserquerschnitts, gleichzeitig einen strukturellen Indikator dar. Die funktionellen und strukturellen Unterschiede des zentralnervalen und neu-

romuskulären Systems sind hiernach auf trainingsbedingte Anpassungen oder genetische Prädispositionen hin zu überprüfen. Letztlich könnte, anhand entsprechender neurophysiologischer Korrelate der Schnelligkeit, eine Neubewertung sensibler Phasen erfolgen.

Literatur

Buller, A. J., Eccles, J. C. & Eccles, R. M. (1960). Interactions between motoneurons and muscles in respect of the characteristics speeds of their responses. *J.Physiol.* 150, 269-278.

Deschenes M.R., Covault J., Kraemer W.J. & Maresh C.M. (1994). The neuromuscular junction. Muscle fibre type differences, plasticity and adaptability to increased and decreased activity. *Sports Med.*, 17(6), 358-372.

Gaser, C. & Schlaug, G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *The Journal of Neuroscience*, 23, 9240-9245.

Gorza, L., Gundersen, K., Lomo, T., Schiaffino, S. & Westgaard, R. H. (1988). Slow-to-fast transformation of denervated soleus muscles by chronic high-frequency stimulation in the rat. *Journal of Physiology*, 402, 627-649.

Hauptmann, M. (2008). Schnelligkeitsfähigkeiten. In Schnabel, Harre & Krug (Hrsg.), *Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung Training Wettkampf.* (S. 168-178). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

Jansson, E., Esbjörnsson, M., Holm, I. & Jacobs, I. (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiologica Scandinavica*, 140(20), 359-363.

Lehmann, F. (1992). *Zur Struktur und Entwicklung der maximalen Laufgeschwindigkeit in der Wechselwirkung von Schnelligkeit als neuromuskuläre Leistungsvoraussetzung und Kraft.* Habilitationsschrift, Universität Leipzig.

Sale, D. G. (1994). *Neurale Adaptation im Verlaufe eines Krafttrainings.* In: Komi (Hrsg.), *Kraft und Schnellkraft im Sport: eine Veröffentlichung der Medizinischen Kommission des IOC in Zusammenarbeit mit der FIMS* (S. 249-263). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.

Von Tscherner & V., Goepfert, (2003). Gender dependent EMGs of runners resolved by time/frequency and principal pattern analysis. *J Electromyogr Kinesiol*, 13, 253-272.

Verfasser

Wenzel, Uwe, Institut Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig