

DVZ - Dehnungs-Verkürzungszyklus

Im Zusammenhang mit Sprint und Sprüngen taucht oft der Begriff Dehnungs-Verkürzungszyklus, kurz DVZ, auf. Doch was steckt hinter diesem in unserer Sportart so wichtigen Mechanismus, durch was wird er beeinflusst? Im folgenden eine kurze, aber zugegebenermaßen auch recht theoretische Abhandlung zu dem Thema. Einer der folgenden Beiträge in dieser Reihe wird sich dann mit etwas mehr Praxisrelevanz mit verschiedenen Sprungformen und deren Ausführungsvariationen beschäftigen.

Bewegungsverhalten, die sich im Dehnungs-Verkürzungszyklus abspielen, setzen sich aus einer exzentrischen (nachgebender) mit direkt folgender konzentrischer (überwindender) Kontraktion zusammen. Der DVZ ist jedoch mehr als die Summe von konzentrischer und exzentrischer Kontraktion, da im DVZ höhere konzentrische Bewegungsimpulse erzielt werden können als dies bei rein konzentrischer Arbeitsweise der Fall ist. Der DVZ stellt eine eigenständige motorische Qualifikation dar (KOMI/BOSCO 1978, BOSCO 1982, GOLLHOFER 1987).

Langsamer und schneller DVZ

SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER (1995) unterscheiden grundsätzlich einen langsamen und einen schnellen Typ des DVZ. Dem langsamen DVZ sind große Winkelamplituden in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk sowie eine Aktivierungsphase von 300-500ms zugeordnet. Der kurze DVZ zeichnet sich durch geringere Winkelamplituden und Bodenkontaktzeiten von 100-200ms aus. SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER (1995) nennen als Synonym für den langen DVZ den Begriff „Counter Movement-Jump“ und für den kurzen „Drop-Jump“^[1]. Als Beispiele führen sie für den langen DVZ Jump-and-Reach-Test, Sprungwurf im Basketball sowie Sprung zum Block beim Volleyball an. Die Stützphasen beim Laufen und sämtliche Absprünge aus dem Anlauf werden dem kurzen DVZ zugeordnet.

BAUERSFELD/VOß (1992) sprechen von einem kurzen und langem Zeitprogramm, diese Abgrenzung kann als eine weitere Differenzierung des schnellen DVZ nach SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER (1995) verstanden werden, die von anderen Autoren so jedoch nicht bestätigt werden konnte und einige von BAUERSFELD/VOß angeführten Aspekte konnten von Fehr (2001) widerlegt werden.

Muskel- und Sehnenelastizität

Eine wichtige Rolle beim DVZ spielt die Muskel- und Sehnenelastizität, die in Abgrenzung zum rein mechanischen Begriff der Elastizität von HOUK/RYMER (1981) als „Stiffness“ bezeichnet wurde. Das Muskelsystem reagiert auf den Beginn einer Dehnung mit einer der Dehnung entgegenwirkenden Kraft, die mit weiterführender Dehnung nachlässt. Dieser initiale Kraftanstieg ist bei einer Dehnung von 3-4% der Muskelausgangslänge zu beobachten und wird als „short range elastic stiffness“ (SRES) bezeichnet und ist auf die Verbindung von Myosin- und Aktinfilamenten zurückzuführen. Neben der SRES bietet sich durch das Sehnenverhalten die Möglichkeit zur Energieeinsparung. Wird in der exzentrischen Phase die auftretende Längenänderung des Muskel-Sehnenystems zu einem bedeutenden Teil von der Sehne aufgenommen, kann diese dadurch gespeicherte Energie in der konzentrischen Phase mit höherem Wirkungsgrad wieder abgegeben werden, als dies durch den Muskel alleine möglich wäre. Dies wird auch durch die Besonderheiten der Innervationsmuster im (schnellen) DVZ gestützt, da hier eine relativ geringe Aktivierung der Muskulatur in der konzentrischen Phase beobachtet werden kann. Als weitere Charakteristika führen SCHMIDTBLEICHER/ GOLLHOFER (1995) eine ca. 100-150ms vor dem Bodenkontakt auftretende Vorinnervation und ein Aktivierungsniveau, das in der exzentrischen Phase deutlich über dem liegt, dass bei maximaler willkürlicher Kontraktion entsteht^[2]. Durch die Vorinnervation (in Dauer und Ausprägung von der Größe der Belastung abhängig) wird unter visueller Kontrolle eine genau auf die Situation angepasste Stiffness aufgebaut.

Den Nachweis der visuellen Steuerung erbrachten RAPP/GOLLHOFER (1993, 1994), die ohne visuelle Steuerung ein deutlich gestörtes Innervationsverhalten bedingt durch eine starke Aktivierung des m. tibialis anterior fanden. Bei verbaler Information über die Fallhöhe entwickelt sich trotz der fehlenden visuellen Information relativ schnell ein Innervationsverhalten, das dem unter Normalbedingungen mit visueller Information gleicht. Eine randomisierte Auswahl von Fallhöhen, die verbal angekündigt wurden, führte nicht zu dieser Annäherung.

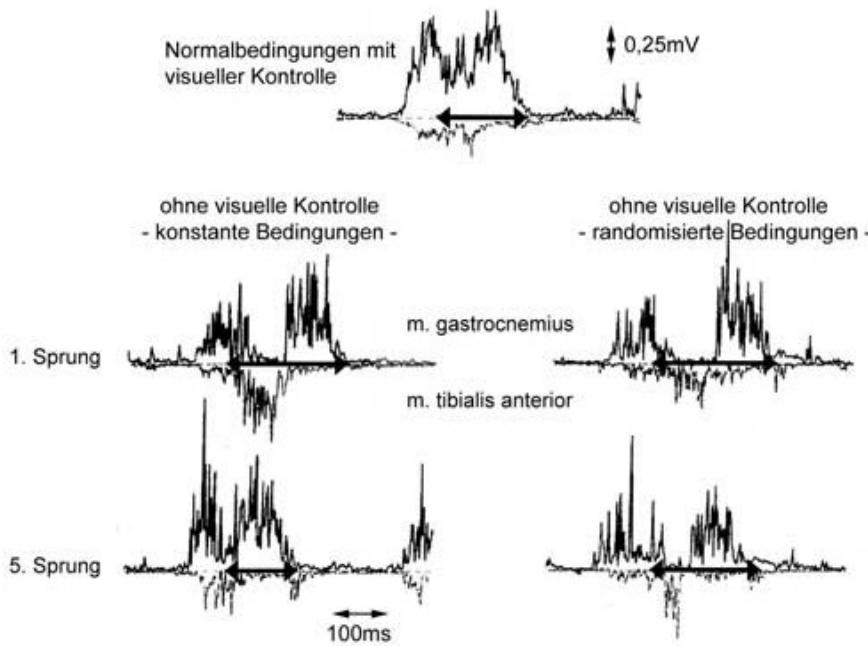


Abb. 1: Vergleich der Innervationsmuster von *m. gastrocnemius* (jeweils oben) und *m. tibialis anterior* (jeweils unten) unter den genannten Bedingungen. Die horizontalen Pfeile kennzeichnen die Bodenkontaktphase. (nach SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER 1995)

Die durch die Vorinnervation aufgebaute Stiffness wird durch ausgeprägte Aktivitätsspitzen (je nach Muskel 20-45ms nach Bodenkontakt) in der exzentrischen Phase aufrechterhalten (HOUK/RYMER 1981). GOLLHOFER/SCHMIDTBLEICHER (1990) schreiben der Vorinnervation neben der Bereitstellung einer situationsadäquaten Stiffness noch die Funktion der „Vorbereitung“ der Muskelspindeln (die als Rezeptoren für die Änderung der Muskellänge fungieren) auf die kommende Belastung zu. Dieses Verhalten ist jedoch nur beim schnellen DVZ zu beobachten, da bei längeren Kontaktzeiten und größeren Muskeldehnungen die Stiffness nicht aufrechterhalten werden kann.

Innervationshemmung

Negativ auf die leistungssteigernden Mechanismen des DVZ wirken sich Innervationsstörungen aus, die eine optimale Stiffnessregulation verhindern. BOSCO (1982) macht die inhibitorische Wirkung des Golgi-Sehnen-Apparates^{23]} auf die Extensorenmuskulatur für diese Innervationshemmungen verantwortlich, SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER (1982) verneinen jedoch die Bedeutung der Golgi-Sehnenorgane für die Innervationshemmung und führen folgende Punkte an:

Die Golgi-Sehnenorgane reagieren auf schnelle aktive und passive Spannungszunahmen an der Sehne, der Spannungszuwachs an der Achillessehne setzt jedoch im Gegensatz zu der Innervationshemmung erst mit dem Bodenkontakt ein. Spannungshöhe und Geschwindigkeit des Spannungsanstiegs in der Voraktivitätsphase sind nicht ausreichend um eine so ausgeprägte Hemmung hervorzurufen. Nach Ergebnissen von PIERROT DE SELILIGNY et al. (1979, 1981) werden durch den Bodenkontakt Hautrezeptoren an der Fußsohle aktiviert, die letztendlich die Hemmung durch die Golgi-Sehnenorgane unterdrücken.

SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER (1982) sprechen sich vielmehr für die These aus, dass dem Vestibularapparat bzw. höheren Hirnzentren bei der Entstehung der beobachteten Innervationshemmung eine wesentliche Bedeutung zukommt. So konnten ORLOVSKY (1971) und PAVLOVA (1972) an Tierversuchen den hemmenden Einfluss des Otolithensystems (Ein Teil des Vestibularapparates, das indirekt über kortikale Zentren und direkt über absteigende Bahnen die Interneurone und Motoneurone im Rückenmark beeinflusst) nachweisen. Bei einer plötzlichen Beschleunigung nach unten – wie sie beim freien Fall / Niedersprung auftritt – reagiert dieses System und wirkt auf die Flexoren fördernd und hemmend auf die Extensoren. (HAASE et al. 1976)

Bei Fallversuchen mit Abfangen durch die Hände konnten am *m. triceps brachii* ähnliche Innervationshemmungen beobachtet werden (DIEZ et. al 1981), die auch mit verbundenen Augen auftraten, jedoch nicht bei ruhig auf dem Rücken liegenden Probanden, die ein von oben fallendes Gewicht abzufangen hatten. Die nicht vorhandene

Innervationshemmung bei Drop-Jumps aus 12,5cm Höhe begründen SCHMIDTBLEICHER/GOLLHOFER mit der vermutlich zu geringen Reizdauer für die Vestibularrezeptoren.

^{3[1]} Counter Movement Jump (CMJ): Stretchesprung aus dem Stand (vgl. Squad-Jump mit Ausgangsposition bereits in gebeugter Position); Drop Jump: "Reaktiver Nieder-Hochsprung", Nach Fall/Niedersprung reaktiver, "prellender" Absprung.

^{4[2]} Diese aufgeführten Charakteristika des kurzen DVZ stimmen mit denen von BAUERSFELD/Voß (1992) für das kurze Zeitprogramm gemachten überein

^{5[3]} Auch Sehnenspindeln genannt; spindelähnliche Verdickungen mit erhöhter Häufigkeit im Übergangsbe- reich von Sehne zu Muskel. Sie registrieren den Spannungszustand und dessen Änderung und wirken bei zu hoher Spannung als Überlastungsschutz.

- Bauersfeld, M./ Voß, G.: Neue Wege im Schnelligkeitstraining. Münster 1992
- Bosco, C./Pittera, C.: Zur Trainingswirkung neuentwickelter Sprungübungen auf die Explosivkraft. In: Leistungssport 1982, 12, 1, 36-39
- Dietz, V. /Noth, J./ Schmidbleicher, D.: Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls. In: Journal of Physiology 1981, 311, 113-125
- Fehr, U.: Verifizierung und Quantifizierung von Unterschieden zwischen reaktiven Nieder- Hochsprüngen mit und ohne Körpergewichtsentlastung. Mainz 2001
- Gollhofer, A.: Komponenten der Schnellkraftleistungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Erlensee 1987
- Haase, J./ Henatsch, H./ Jung, R./ Strata, P./ Thoden, U.: Sensomotorik. Physiology des Menschen Band 14, München/Berlin/Wien 1976
- Komi, P.V./Bosco, C.: Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. In: Medicine and Science in Sports, Madison/Wisconsin 1978, 10, 4, 261-265
- Orlovsky, G.: The effect of different descending system on flexor an extensor during locomotion. In: Brain Research, Amsterdam 1971, 40, 359-371
- Pierrot-Deseilligny, E./ Katz, R./ Morin, C.: Evidence for Ib inhibition in human subjects. In: Brain Research, Amsterdam 1979, 166, 176-179
- Pierrot-Deseilligny, E./ Morin, C./ Bergego, C./ Tankov, N.: Pattern of group I fibre projections from ankle flexors and extensors muscle in man. In: Experimental Brain Research, Amsterdam 1981a, 42, 337-350
- Schmidbleicher, D.; Gollhofer, A./Frick, U.: Auswirkungen eines Tiefsprungtrainings auf die Leistungsfähigkeit und das Innervationsverhalten der Beinstreckmuskulatur. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1987, 38, 389-395
- Schmidbleicher, D.; Gollhofer, A.: Einflussgrößen und Leistungsdiagnostik des reaktiven Bewegungsverhaltens. In: Thorwesten, L./ Jerosch, J./ Nicol, K. (Hrsg.): Biokinetische Messverfahren: Einsatzmöglichkeiten in Sportmedizin und Sporttraumatologie. Dokumentation zum interdisziplinären Münsteraner Symposium am 23./24. Juni 1995, Münster 1997, 209-221
- Schmidbleicher, D.; Gollhofer, A.: Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgrößen für ein Tiefsprungtraining. In: Leistungssport Berlin 1982, 12, 4, 298-307