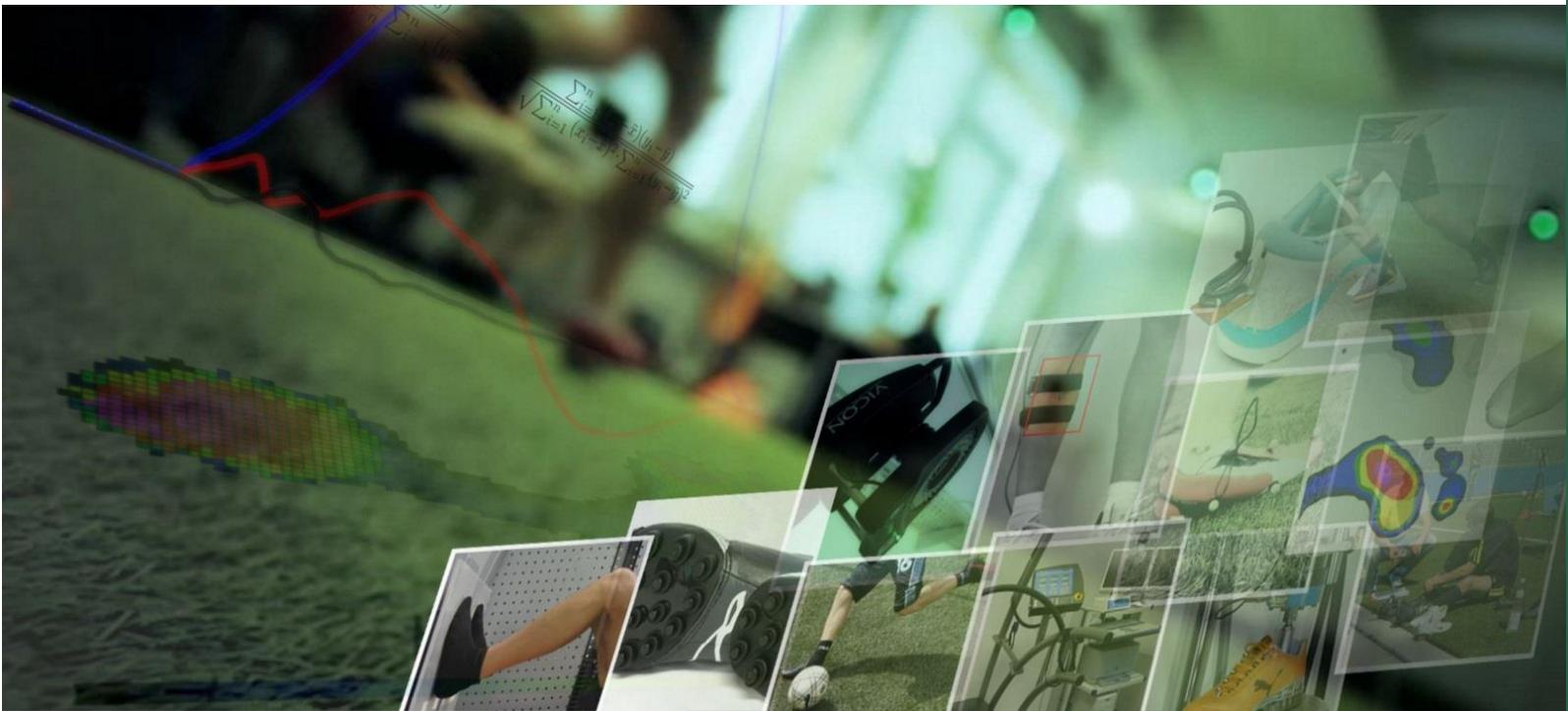


Tagung der dvs Sektion Biomechanik 13. - 15. März 2013

Neue Ansätze in der Bewegungsforschung



Bundesinstitut
für Sportwissenschaft



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Abstractband

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Session 1 - Messmethoden & Datenverarbeitung	3 - 9
Session 2 - Muskelphysiologie	10 - 14
Session 3 - Bewegungswissenschaft im Sport	15 - 21
Postersession 1	22 - 35
Session 4 - Sportgeräte & Instrumentierung	36 - 40
Session 5 - Wahrnehmung & Bewegungskontrolle	41 - 45
Postersession 2	46 - 57
Session 6 - Klinik & Ganganalyse	58 - 64
Personenverzeichnis	65 - 67

Session 1

Vergleich der Bewegungsparameter der oberen Extremitäten beim Absprung im Turmspringen: Inertialmesssystem vs. 3-D-Videoanalyse.

Steffen Kerner^{1,2} & Maren Witt^{1,2}

¹ IAT Leipzig, ² Universität Leipzig

Schlüsselwörter: Xsens, 3-D Videoanalyse, Armschwungbewegung, Turmspringen

Einleitung

Im Turmspringen nimmt der Absprung eine Schlüsselrolle für die Gesamtleistung des Sprunges ein (Köthe, 2005). Der leistungssteigernde Einfluss von Schwungbewegungen auf den Gesamtab sprungimpuls ist bisher wenig erforscht. Sowohl für die Simulation als auch im späteren Messplatztraining ist die Kenntnis von Teilkörperbeschleunigungen, speziell der Extremitäten, notwendig. Diese sollen mit Hilfe von Inertialsensoren bestimmt werden, da diese eine zeitnahe Auswertung ermöglichen. Für den Einsatz ist dafür zu prüfen, ob im Vergleich zur 3-D-Videoanalyse ähnliche Bewegungsparameter erfasst werden können. Im Fokus stehen dabei Gelenkwinkelverläufe, Segmentgeschwindigkeiten und -positionen.

Methode

Für eine Sportstudentin wurden jeweils 2 Absprünge der 4 Sprungruppen analysiert. Zum Einsatz kam ein Ganzkörperinertialmesssystems der Firma Xsens (17 Sensoren, 16 g, Auswertesoftware BIOMECH). Synchron dazu wurde eine 3-D-Videoaufzeichnung (100 Hz) durchgeführt und anschließend in SimiMotion ausgewertet. Zum Vergleich der Bewegungen wurden die Segmentschwerpunkte über ein Hanavan-Modell berechnet und die resultierenden Bahngeschwindigkeiten bestimmt. Zur Gegenüberstellung der Gelenkwinkelverläufe erfolgte die Umrechnung der Raumwinkel in Abduktion und Flexion.

Ergebnisse

Die Gelenkwinkelverläufe weisen eine hohe Übereinstimmung zwischen den Systemen ($r=0.91$) auf. Für die Gelenkpunkte Hand und Schulter ergeben die resultierenden Bahngeschwindigkeiten sehr ähnliche Kurvenverläufe. Für die Segmente des Unter- und Oberarmes (UA/OA) liefert der Xsens-Anzug dagegen zwar zeitlich und charakteristisch übereinstimmende Geschwindigkeitsverläufe jedoch mit geringeren Amplituden. Die Differenzen für die Geschwindigkeitsmaxima der Bewegungen betragen 1,2 m/s (UA) bzw. 1,7 m/s (OA) bei erreichten 5,3 m/s (UA) und 9.2 m/s. Die Betrachtung der Segmentpositionen liefert rein optisch vergleichbare Funktionsverläufe.

Diskussion

Die Differenzen der maximalen Bahngeschwindigkeiten sind vermutlich durch Unterschiede in den verwendeten Körperschwerpunktmodelle begründet. Deshalb soll die Bewegung der Segmentschwerpunkte durch ein individuelles Körpermodell verbessert werden.

Literatur

Köthe, T. & Hildebrand, F. (2005). Eine biomechanische Abschätzung der Wirkungen von Teilkörperbewegungen bei Technikvarianten im Wasserspringen. *Leistungssport*, 3, S. 33-38.

Biomechanische Untersuchungsmethode zur Quantifizierung der Becken- und Oberkörperbewegung des Reiters im Dressursitz

Falko Eckardt, Andreas Münz & Kerstin Witte
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

Schlüsselwörter: Reiten, Pferd, Bewegungsanalyse, Inertialsensoren

Einleitung

Der optimale Sitz des Reiters ist die Grundlage zum sportlichen Erfolg. Bisher sind jedoch Bewegungsanalysen des Reiters durch Videometrie und Untersuchungen auf Laufbändern im Labor stark eingeschränkt. Ziel der vorliegenden Studie ist daher, durch den Einsatz eines sensorbasierten Ganzkörper-Inertialmesssystems (IMS) erstmalig die Becken - und Oberkörperbewegung von professionellen Reitern in einem Feldtest in unterschiedlichen Gangarten zu quantifizieren.

Methode

Zehn professionelle Reiter (Reiterfahrung von $17,3 \pm 5,6$ Jahre) ritten in einer Reithalle in den Gangarten: Schritt, ausgesessener Trab und Galopp. Die Quantifizierung der Becken- und Oberkörperbewegung der Reiter erfolgte unter Einsatz eines Ganzkörper-IMS (MVN, Xsens, 120 Hz). Mit Hilfe eines Beschleunigungssensors (Myon, 120 Hz), am linken vorderen Röhrbein des Pferdes, konnten die einzelnen Gangzyklen (mind. 28 Zyklen pro Gangart und Reiter) definiert werden. Für jeden Einzelzyklus wurden Rollwinkel (Sagittalebene) und Pitchwinkel (Frontalebene) für Becken- und Oberkörperbewegung der Reiter berechnet.

Ergebnisse

Tab. 1. Mittelwert und Standardabweichung der Bewegungsamplituden (RoM) von Roll- und Pitchwinkel im ausgesessenen Trab (AT), Linksgalopp (GL), Rechtsgalopp (GR) und Schritt (SC)

n=10	Segment	Gangart			
		AT	GL	GR	SC
	Roll Becken	12.15±2.66	23.77±5.68	23.63±5.39	14.57±2.73
	Roll OBK	7.85±3.96	20.31±4.64	18.85±4.68	12.59±2.16
	Pitch Becken	4.01±1.5	5.33±1.92	5.24±2.62	4.97±1.72
	Pitch OBK	3.08±1.17	4.36±1.84	7.16±4.17	4.37±1.69

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz eines Ganzkörper-IMS die Becken- und Oberkörperbewegungen im Dressursitz unter Feldbedingungen erfasst und quantifiziert werden konnten. Die berechneten Bewegungsamplituden sind mit den Ergebnissen von Byström, Rhodin, von Peinen, Weishaupt & Roepstorff (2009) vergleichbar.

Literatur

Byström, A., Rhodin, M., von Peinen, K., Weishaupt, M.A. & Roepstorff, L. (2009). Basic kinematics of the saddle and rider in high-level dressage horses trotting on a treadmill. *Equine Vet J*, 41(3), 280-284.

Entwicklung und Anwendung einer neuen Methode zur Erfassung biomechanisch relevanter Ereignisse bei Sprüngen im Eiskunstlauf

Karsten Schäfer¹, Wilfried Alt¹

¹Universität Stuttgart

Schlüsselwörter: Beschleunigungsmessung, Eiskunstlauf, Leistungsdiagnostik, Sprung

Einleitung

Zur Optimierung der sportlichen Technik ist die exakte Erfassung biomechanisch relevanter Bewegungsereignisse (Events) in der Leistungsdiagnostik unerlässlich. Bei Sprüngen im Eiskunstlauf ist es besonders kompliziert, Events wie *Einstich*, *Abflug*, *Landung* und *Lösen d. Gleitbeins* zu erfassen. Bisher werden diese Events mittels kinematografischer Verfahren identifiziert (Albert & Miller, 1996). Die Genauigkeit dieser Verfahren ist jedoch begrenzt (Bildfrequenz des Videosignals, Auswertobjektivität). Ziel dieser Untersuchung ist die Validierung einer Methode zur Erfassung dieser Events mit Hilfe von Beschleunigungssignalen.

Methode

1-D Beschleunigungssensoren (Analog Device ADXL78, 37g, Uni-Chemnitz) wurden an den Schlittschuh-Absätzen parallel zur Beinachse befestigt. 13 Eiskunstläufer (DEU-Kaderathleten, Geschlecht: 46% weiblich) führten 6 gültige Versuche je Sprungtyp aus. Parallel zum Beschleunigungssignal (3kHz) wurden die Sprünge mit einer HighSpeed-Videokamera (Casio Exilim EX-F1, 300Hz) aufgenommen und analysiert. Die Datenauswertung der Beschleunigungssignale erfolgte am Rohsignal bzw. nach Tiefpassfilterung (50 Hz). Validierung der Eventzeitpunkte aus dem Beschleunigungssignal erfolgte durch Korrelation nach Pearson mit den Referenzwerten der Videoanalyse.

Ergebnisse

Die biomechanisch relevanten Events *Landung* und *Einstich* sind bei allen Sprungtypen am Rohsignal eindeutig identifizierbar ($r=0.996-0.999$, $p=0.000$). Der *Abflug* ist ebenfalls sehr gut am Rohsignal identifizierbar ($r=0.982-0.998$, $p=0.000$). Tiefpassfilterung des Rohsignals verbessert die Ergebnisse bei den Sprungtypen *Salchow*, *Loop*, *Toeloop*, *Flip*, *Lutz* deutlich ($r=0.994-0.998$, $p=0.000$). Beim *Axel* führt bereits die Analyse des Rohsignals zu eindeutigen Ergebnissen.

Diskussion

Beschleunigungssignale können valide zur Identifikation der relevanten Events bei Eiskunstlauf-Sprüngen verwendet werden. Die Weiterentwicklung des verwendeten Verfahrens zur automatischen Eventidentifikation in Echtzeit ist möglich.

Literatur

Albert, W. J., & Miller, D. I. (1996). Takeoff characteristics of single and double axel figure skating jumps. *Journal Of Applied Biomechanics*, 12(1), 72–87.

Statistische Analyse Ensemble-gemittelter zyklischer Bewegungsdaten

Felix Hebenstreit^{1,2,3}, Björn Eskofier¹, Matthias Blanke², Matthias Lochmann³

¹Digital Sports Group, Lehrstuhl für Mustererkennung, Universität Erlangen-Nürnberg

²Unfallchirurgische Abteilung, Universitätsklinikum Erlangen ³Lehrstuhl für Sport- und Bewegungsmedizin, ISS, Universität Erlangen-Nürnberg

Schlüsselwörter: Ensemble-Mittelung, t-Test, Gang, Radfahren, EMG

Einleitung

Ein zeitlich hoch auflösendes, universelles Werkzeug zur statistischen Analyse von zyklischen Daten bei unterschiedlichen Messbedingungen wurde in MATLAB implementiert.

Methode

Nach Vorverarbeitung, Segmentierung und zeitlicher Normalisierung der Signale werden diese Ensemble-gemittelt (siehe Abb. 1 (Gang) und Abb. 2 (Radfahren) für je zwei Bedingungen). Statistisch signifikante Unterschiede werden für jeden Zeitschritt mittels t-Tests festgestellt und der p-Wert mitlaufend dargestellt. Zusätzlich können Korrekturen für multiples Testen durchgeführt werden. Bereiche signifikanter Unterschiede ($p < 0.05$) sind grau schraffiert. Das Effektstärkemaß trifft eine Aussage über die praktische Relevanz der signifikanten Unterschiede und beschreibt den biologisch bedeutsamen Effekt.

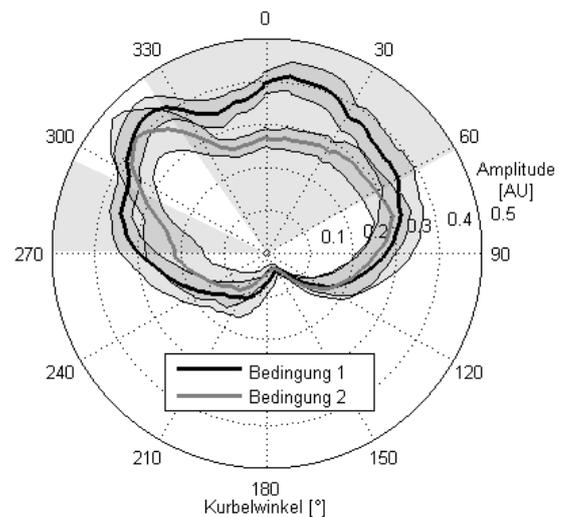
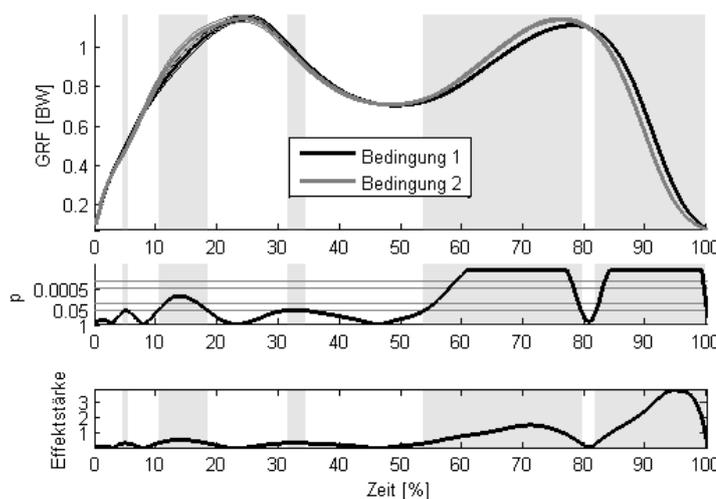


Abb. 1. Vertikale Bodenreaktionskraft (Gang), 53 Zyklen

Abb. 2. EMG, Rectus femoris (Radfahren), 39 Zyklen

Diskussion

Die Methode erweitert den Ansatz der Ensemble-Mittelung (Meurer et al. 2003) um zeitlich hoch auflösende statistische Tests und kann auf jede Art zyklischer biomechanischer und physiologischer Daten angewendet werden.

Literatur

Meurer, A., Bodem, F., & Heine, J. (2003). Ensemble Averaging and Multiple Statistical Testing of EMG Activities of Cyclically Repeated Body Motions. *Biomedizinische Technik*, 48(9), 235–240.

Ein neuer Ansatz zur Fußtypbestimmung anhand statischer biomechanischer Parameter

Katina Mira Fischer¹, Jana Roubalova¹, Steffen Willwacher¹, Gert-Peter Brüggemann¹
Institut für Biomechanik und Orthopädie, Deutsche Sporthochschule Köln¹

Schlüsselwörter: Einlagen, Fußtypen, Klassifizierung, Clusteranalyse

Einleitung

Die orthopädische Versorgung der Füße mit Einlagen stellt seit Jahren eine etablierte, konservative Behandlungsmethode für Patienten mit Fußproblemen dar. Die genaue Wirkungsweise ist jedoch bis heute nicht vollständig verstanden. Eine in der Praxis angewandte Methode ist die Einteilung verschiedener Fußtypen anhand der subjektiven Einschätzungen eines Arztes. Die Kriterien zur Klassifizierung sind jedoch uneinheitlich. In der biomechanischen Literatur werden verschiedene Methoden zur Fußtypenklassifizierung beschrieben. In der Regel basieren diese jedoch auf nur einem Parameter. Ein Standardverfahren existiert nicht. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine Methode zur Klassifizierung von Fußtypen auf Grundlage von mehreren messbaren, statischen Parametern und anschließender Clusteranalyse zu entwickeln.

Methode

Zur Entwicklung der neuen Methode wurde die Kinematik des Fuß- und Unterschenkelkomplexes von 76 Probanden beider Geschlechter (m=45, w=31), mittels einer dreidimensionalen Bewegungsanalyse (Vicon Nexus) sowohl im Sitzen (unbelastet) als auch im Stand (halbes Körpergewicht) untersucht. Hierzu wurde ein Markersset bestehend aus 16 sphärischen Markern verwendet, wovon 13 das Fußmarkerset darstellten. Aus den Daten wurden Parameter zur Bestimmung von statischen Fußeigenschaften extrahiert und für die Gruppenbildung mit Hilfe einer Clusteranalyse genutzt. Zusätzlich beurteilten in einer Vorstudie zwei unabhängige Orthopäden die Füße der untersuchten Probanden.

Ergebnisse

Es war möglich eine Einteilung der Probanden in verschiedene Gruppen anhand der Clusteranalyse vorzunehmen. Auf Grundlage der erhobenen Parameter bildeten sich somit fünf Fußtypenklassen. Die Ergebnisse der hier entwickelten Klassifizierungsmethode unterscheiden sich nahezu vollkommen von den Einteilungen der Orthopäden. Wobei die Ergebnisse der Orthopäden bereits in ca. 50% der Fälle voneinander abweichen.

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine Klassifizierung von Fußtypen auf Grundlage einer objektiven Messmethodik möglich ist. Die Tatsache, dass es durch verschiedene Methoden der Klassifizierung zu einer vollkommen unterschiedlichen Einteilung der Füße kommt, lässt den Schluss zu, dass eine valide, objektive Methode benötigt wird. Die vorliegende Arbeit bietet somit einen Ansatz der Fußtypbestimmung anhand von mehreren objektiven Parametern.

Automatisierte Determination von Fiederungswinkeln in Ultraschallbildern der Muskulatur

Wolfgang Seiberl, Maximilian Pschorr & Lasse Jagschies
Technische Universität München

Schlüsselwörter: Ultraschall, Fourier Transformation, Hugh Transformation

Einleitung

Bei Ultraschall Untersuchungen muskelarchitektonischer Parameter sind manuelle Auswertmethoden (Narici et al., 1996) mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Von (semi-)automatischen Tracking-Methoden (Gillett et al., 2012) verspricht man sich effizientere und vergleichbarere Analysen. Ein neuer Ansatz wird vorgestellt.

Methode

Die Originalbilder werden in Grauwertformate umgewandelt (Abb.1A), der Offset-Anteil entfernt und die Bildmatrix mit entsprechenden Tukey-Fenstern multipliziert. Modifizierte Bilder werden in FFT-Betragsspektren zerlegt (Abb. 1B) und mit Hilfe einer Hough-Transformation zur Geradenidentifikation interpretiert (Abb. 1C).

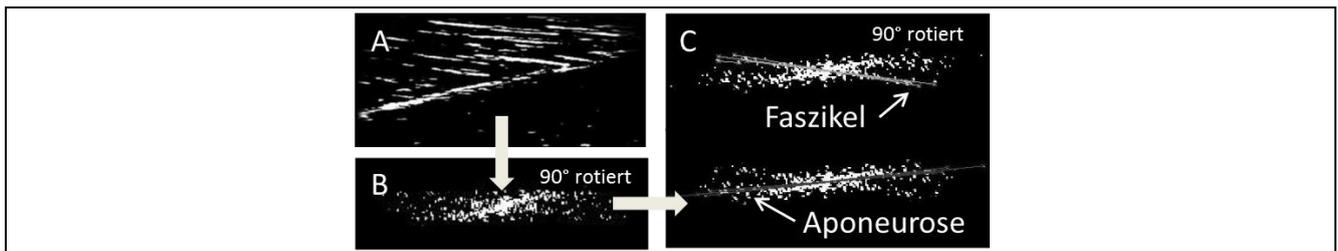


Abb. 1. Umwandlung der Originalbilder von Grauwert (A) zu FFT-Spektren (B) mit Hugh-Geraden (C).

Ergebnisse

Winkel zwischen zusammengehörigen Strukturen (Aponeurose & Faszikel) lassen sich bestimmen. Die Methode benötigt sehr geringe Berechnungszeit (~ 0,5s/Bild).

Diskussion

Annähernd 100% Übereinstimmung bei Validierung durch Testbilder ($r > 0,99$). Vergleiche mit der manuellen Methode an Bildern kontrahierter Muskeln zeigen größere Abweichungen ($r < 0,46$). Dabei ist diskutabel welche Methode die Realität besser abbildet. Verfahren der Bildvorverarbeitung können optimiert werden.

Literatur

Gillett, J. G., Barrett, R. S., & Lichtwark, G. A. (2012). Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering.

Narici, M. V., Binzoni, T., Hiltbrand, E., Fasel, J., Terrier, F. & Cerretelli, P. (1996). The Journal of physiology, 496, 287–97.

Session 2

Berechnung von Muskelparametern zur Charakterisierung der Antriebsleistung bei Streckgesprungbewegungen

Axel Schleichardt¹ & Maren Witt^{1,2}

¹Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig, ²Universität Leipzig, Institut ABTW

Schlüsselwörter: Isokinetik, Muskelparameter, Optimierung

Einleitung

Muskeleigenschaften können für die Modellierung und Optimierung von Antriebsbewegungen genutzt werden (Gutewort & Sust, 1989). Ziel der Untersuchung war es, individuelle Muskelparameter für die Kniestreckung zu bestimmen, die für Simulationen von Absprungbewegungen im Schwimmen und Skispringen genutzt werden sollen.

Methode

Von sechs Sportlern wurden isokinetische Bein Streckbewegungen an einer Beinpresse ($v = 0,3 - 0,75 - 1,2$ m/s) sowie verschiedene Strecksprünge ausgeführt und die kinematischen bzw. dynamometrischen Daten erfasst. Für die Berechnung der Muskelkräfte und Muskelkinematik wurde das 3-D-Menschmodell *dynamicus* verwendet (*alaska*, IfM Chemnitz). Darin sind ein Kniegelenkmodell (Roemer, 2006) sowie ein Ersatzmuskel für die Kniestreckung implementiert.

Ergebnisse und Diskussion

Für den Ersatzmuskel wurden mittels Minimierung der Fehlerquadrate sowohl die Hill-Parameter a , b , c als auch die Längenparameter L_{opt} und w (van Soest & Bobbert, 1993) berechnet. Die Parameter (Tabelle 1) liegen in den erwarteten Referenzbereichen. Der Zusammenhang ($r_s = 0,943$) zwischen maximalen Muskelleistungen P_{max} und den gemessenen Sprunghöhen h gestattet eine Charakterisierung der Antriebsleistung der Sprünge durch P_{max} und deutet auf einen plausiblen Parametersatz für den Ersatzmuskel hin.

Tab. 1. Berechnete Muskelparameter und gemessene Sprunghöhe der sechs Sportler.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
a [N]	2413	681	1904	458	4924	1439
b [m/s]	0,33	0,25	0,6	0,19	1,87	0,35
c [W]	2708	1089	3426	898	14153	1379
L_{opt} [m]	0,29	0,22	0,24	0,25	0,26	0,22
w [m]	0,08	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04
P_{max} [W/kg]	9,4	7,5	6,6	5,9	5,7	3,3
h [cm]	49	42	47	36	35	26

Literatur

- Gutewort, G. & Sust, M. (1989). Sporttechnische Leitbilder und individualspezifische Technikvarianten. *Theorie und Praxis Leistungssport*, 27 (8/9), 19-35.
- Roemer, K. (2006). *Lösung inverser Problemstellungen in der Biomechanik – Am Beispiel von Bein Streckbewegungen*. Schorndorf: Hofmann.
- van Soest, A. J. & Bobbert, M. F. (1993). *The contribution of muscle properties in the control of explosive movements*. *Biol. Cybern.* 69: 195-204.

Residual Force Enhancement der submaximal aktivierten Beinstreckerschlinge

Florian Paternoster, Wolfgang Seiberl, Daniel Hahn, Florian Achatz & Ansgar Schwirtz
Technische Universität München

Schlüsselwörter: Kraftpotenzierung, mehrgelenkig, Biofeedback, EMG

Einleitung

Dehnung eines aktivierten Muskels führt zu einer Steigerung der Kraft im Vergleich zu einer isometrischen Kontraktion bei gleicher Muskellänge und gleicher Aktivierungshöhe (Lee & Herzog, 2002). Um die Bedeutung dieses „Residual Force Enhancement (RFE)“ für alltägliche Bewegungen abzuklären, fehlte bisher der Nachweis einer Kraftpotenzierung während mehrgelenkiger submaximaler Muskelaktionen.

Methode

15 Probanden führten rein isometrische und isometrisch-exzentrisch-isometrische Beinextensionen auf einer motorgetriebenen Beinpresse aus (IsoMed 2000). Mittels Biofeedback wurde die Aktivität des vastus lateralis (VL) auf 30% MVC standardisiert (Seiberl et al., 2012). Der Dehnweg betrug 20° Knieflexion bei einer Kniewinkelgeschwindigkeit von 60°/s. Analysiert wurden Bodenreaktionskraft (BRK), sowie Gelenkmomente mittels Kraftmessplatten (Kistler), 3D-Kinematik (Vicon) und invers-dynamischer Modellierung 4-6, 8-10 und 18-20s nach Dehnung (t1-3).

Ergebnisse

Anhand der BRK zu den Zeitpunkten t1-t3 konnte ein mittleres RFE von 15-23% ($\pm 14-17\%$) ermittelt werden, wobei keine Unterschiede bei der durch Biofeedback standardisierten Aktivität des VL auftraten. Inverse-Dynamik in Auswertung.

Diskussion

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse besteht die Möglichkeit, dass RFE eine Bedeutung in Alltag und Sport einnimmt. Erhöhte Kräfte bei konstanter submaximaler Aktivierung lassen sich z. B. im Sinne einer optimierten Energiebilanz bei mehrgelenkigen Muskelaktionen interpretieren.

Literatur

Lee, H.-D., & Herzog, W. (2002). *The Journal of physiology*, 545(Pt 1), 321–330.

Seiberl, W., Hahn, D., Herzog, W., & Schwirtz, A. (2012). *Journal of electromyography and kinesiology: Official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22(1), 117–123.

Neuronale Aktivierung des m. quadriceps femoris bei isometrischer Maximalkraftdiagnostik

Daniel Hahn¹, Wolfgang Seiberl¹ & Florian Kreuzpointner^{1,2}

¹Technische Universität München, ²Deutsches Zentrum für Kinder- und Jugendrheumatologie

Schlüsselwörter: willentliche Aktivierung, Maximalkraft, Elektrostimulation

Einleitung

Bei Maximalkrafttests stellt sich die Frage ob tatsächlich das physiologische Kraftpotential des Muskels oder eher die Fähigkeit des Probanden/Sportlers überprüft wird, seine Muskulatur willentlich zu aktivieren.

Methode

Kraft und neuronale Ansteuerung des m. quadriceps femoris wurden bei vier Diagnostikterminen im Zeitraum von 2 Wochen erhoben. Die Bestimmung der willentlichen Aktivierung erfolgte mittels Elektrostimulation in Anlehnung an Van Leeuwen et al. (2012) sowohl für Test- als auch kontralaterales Kontrollbein.

Ergebnisse

Das maximale isometrische Drehmoment des Testbeines nahm von T0-T3 um 13,4% zu, während die willentliche Aktivierung nur von T0-T2 gesteigert werden konnte (T0=76,3% auf T2=82,8%). Für das kontralaterale Kontrollbein zeigte sich keine Veränderung der Aktivierungsfähigkeit (T0=71,8%, T3=70,5%).

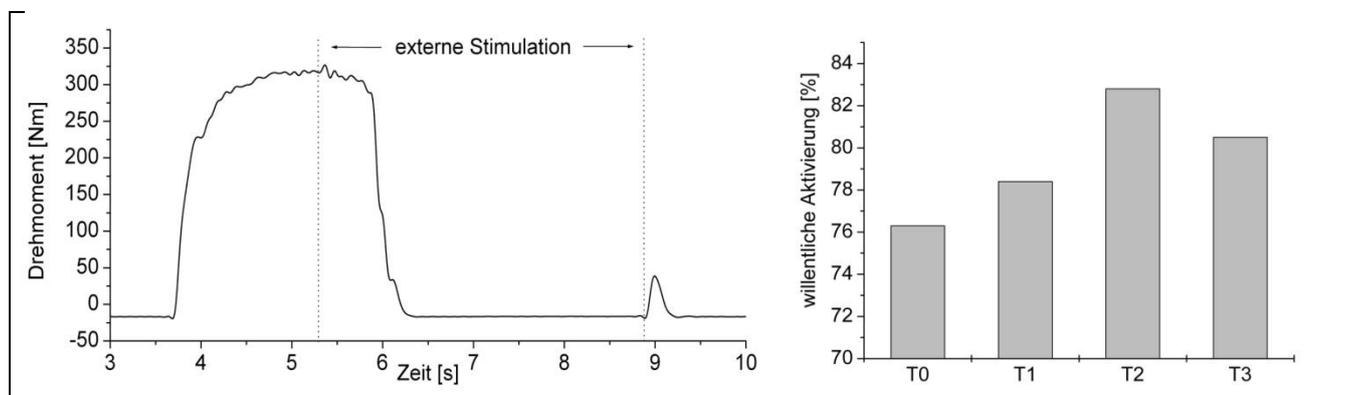


Abb. 1. Drehmoment-Zeit-Kurve mit „superimposed“ und „resting-twitch“ (links). Höhe der willentlichen Aktivierung bei den Terminen T0-T3 (rechts).

Diskussion

Bei einer Maximalkraftdiagnostik wird nicht nur das Kraftpotential, sondern auch die Fähigkeit zur Ansteuerung getestet. Ein Üben der Testsituation ist daher wichtig.

Literatur

Van Leeuwen DM, De Ruiter CJ & De Haan A. (2012). Muscle Nerve 45, 841-848.

Die Muskelkraft nimmt mit transversaler Belastung des Muskels ab

Tobias Siebert, Olaf Till, Reinhard Blickhan
Friedrich-Schiller Universität Jena

Schlüsselwörter: Muskelphysiologie, Muskelkompression, seitliche Muskelbelastung

Einleitung

Skelettmuskeln werden im Alltag sowohl von umgebenden Geweben (Knochen, benachbarte Muskeln) als auch durch äußere Einflüsse (wie Sitzen, Tragen von Lasten, Sport, Autounfälle) komprimiert. In ersten Studien (Siebert et al. 2012a) konnte gezeigt werden, dass schon geringe transversale Muskelbelastungen (1.3N/cm^2 , entspricht etwa dem mittleren Sitzdruck zwischen Gesäß und Stuhl) zu einer um 5% verringerten Muskelkraft führen. In dieser Studie soll untersucht werden ob diese Kraftreduktion mit zunehmender transversaler Belastung des Muskels zunimmt.

Methode

Dazu wurden Experimente am supramaximal stimulierten, isolierten *M. gastrocnemius medialis* (GM, $n=10$) der Ratte durchgeführt. Der GM wurde in horizontaler Position bei optimaler Muskellänge fixiert und die Muskelkraft wurde an der Endsehne mit einem Muskelhebel (Aurora scientific 305B-LR) gemessen. Es wurden isometrische Experimente mit und ohne transversale Belastung des Muskels durchgeführt. Die unterschiedlichen Lasten ($m=65\text{g}$, 115g , 165g , 215g , 265g ; entsprechen Drucken von 1.3 bis 5.3N/cm^2) wurden in vertikaler Richtung über einen frei beweglichen Stempel (Kontaktfläche 0.5cm^2) appliziert.

Ergebnisse

Mit zunehmender transversaler Belastung (von 65g bis 265g) reduzierte sich die Muskelkraft annähernd linear ($m=65\text{g}$: $4.9\pm 1.4\%$, $m=115\text{g}$: $7.0\pm 1.4\%$, $m=165\text{g}$: $8.9\pm 1.7\%$, $m=215\text{g}$: $10.4\pm 2.2\%$, $m=265\text{g}$: $12.8\pm 2.0\%$) gegenüber der maximal isometrischen Kraft ohne transversale Last.

Diskussion

Für das Verständnis der dreidimensionalen Kraftentwicklung ist die Interaktion zwischen Kontraktion und Muskeldeformation, also zwischen longitudinalen und transversalen Kraftkomponenten, von entscheidender Bedeutung (Siebert et al. 2012b). Als Ursache für die Kraftreduktion wird die Abnahme der Muskelarbeit in longitudinaler Richtung auf Kosten der Verrichtung von zusätzlicher transversaler Hubarbeit (durch Anheben von m) diskutiert (Siebert et al. 2012a). Ergebnisse dieser Studie können für die Erstellung und Validierung zukünftiger 3D-Muskelmodelle verwendet werden und haben möglicherweise Einfluss auf die Entwicklung und Anpassung von Orthesen und Sportgeräten.

Literatur

- Siebert, T., Till, O., & Blickhan, R. (2012a). Work partitioning of transversally loaded muscle. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 1-13. DOI: 10.1080/10255842.2012.675056
- Siebert, T., Gunther, M., & Blickhan, R. (2012b). A 3D-geometric model for the deformation of a transversally loaded muscle. *J Theor Biol*, 298, 116-121.

Session 3

Anpassung des elastischen Beinverhaltens bei unterschiedlichen Laufstilen

Astrid Hartenstein¹, Moritz Maus², Maren Witt¹, Andre Seyfarth²

¹Universität Leipzig, ²Technische Universität Darmstadt (Lauflabor)

Schlüsselwörter: elastische Beineigenschaften

Einleitung

Das elastische Beinverhalten beschreibt die Nachgiebigkeit des Beines während der Bodenkontaktphase beim Laufen. In einer Vielzahl von Untersuchungen (Blickhan, 1989, McMahon & Cheng, 1990, Seyfarth et al., 2002, Burghelli & Cronin, 2008) wurde diesbezüglich reguläres freies Laufen untersucht. Elastische Beineigenschaften bei „untypischen“ Laufstilen, wie sie beispielsweise im Lauftraining eingesetzt werden, wurden diesbezüglich noch nicht untersucht. Daher soll hier analysiert werden, wie sich das elastische Beinverhalten an unterschiedliche Laufformen anpasst und wie dieses im Zusammenhang zum Leistungsniveau der Probanden steht.

Methode

Für zwei Geschwindigkeiten (2,5 und 3,5 ms⁻¹) wurden acht unterschiedliche Laufstile (Vorfußlauf, ausgewählte Lauf-ABC Übungen, Lauf mit langen Kontaktphasen und mit geringer KSP-Auslenkung) untersucht. Anhand von neun Läufern mit unterschiedlichem Leistungsniveau wurden auf einem Laufband mit integrierten Kraftmessplatten (1000 Hz) die Bodenreaktionskräfte bestimmt sowie mittels neun Qualysis Infrarotkameras und re-flektierenden Markern an wichtigen Gelenkpunkten die Beinlänge (Arampatzis et al., 1999) erfasst und gemeinsam in Matlab weiterverarbeitet. Die Laufbewegungen wurden basierend auf dem Feder-Masse-Modell (Blickhan, 1989) analysiert und die Beinsteifigkeit berechnet (Blum et al., 2009).

Ergebnisse

Die berechneten Elastizitäten liegen im Bereich von 4 – 96 BW L0-1 (BW: body weight BW = mg, m: Körpermasse, g: Erdbeschleunigung). Die höchsten Beinsteifigkeiten zeigten die Probanden bei dem Kniehebelauf, die niedrigsten bei dem Sprunglauf und dem Lauf mit langen Bodenkontaktzeiten. Die Vorfußläufe sortieren sich zwischen diesen ein. Weiterhin fällt auf, dass der Unterschied in den gewählten Elastizitätsbereichen zwischen den einzelnen Laufstilen größer ist, als zwischen den beiden Geschwindigkeitsbereichen. Außerdem treten zwischen den Probanden interindividuelle Unterschiede im Ausprägungsgrad des elastischen Beinverhaltens auf. Je nach Laufübung ergibt sich jedoch typischerweise ein charakteristisches Beinverhalten. Die Leistungssportler zeigten dabei höhere Beinsteifigkeiten als die Freizeitläufer bei gleichen Laufbedingungen.

Diskussion

Bei der Sortierung der Laufstile je nach der genutzten Bein elastizität zeigte sich, dass schnelligkeitsorientierte Laufstile (hohe Schrittfrequenz) mit höherer Beinsteifigkeit durchgeführt werden als kraftorientierte. Dementsprechend führen möglicherweise einige Trainingsübungen wie der Sprunglauf zu einer Absenkung der minimalen Beinsteifigkeit und der Kniehebelauf zu einer Steifigkeitserhöhung. Trotz der großen interindividuellen Unterschiede zwischen den Probanden, zeigten sich über alle Laufstile hinweg bei den Leistungssportlern geringere Beinsteifigkeiten als bei den Hobbyläufern. So scheinen die elastischen Beineigenschaften zum einen trainierbar zu sein (Saziorski, 1983), zum anderen geht diese mit einer effizienteren Schrittgestaltung (Dalleau et al., 1998) einher.

Literatur

Siehe Verfasser

Die Optimierung der Lauftechnik im Sitzschlitten-Skilanglauf auf der Basis von Schubkraftmessungen

Veit Wank¹, Walter Rapp¹, Florian Blaab², Hendrik Heger¹, Oliver Schwarz²

¹Universität Tübingen, ²Fraunhofer IPA Stuttgart

Schlüsselwörter: Skilanglauf, Sitzschlitten, Stockkraftmessungen, Inertialsystem-Sensoren

Einleitung

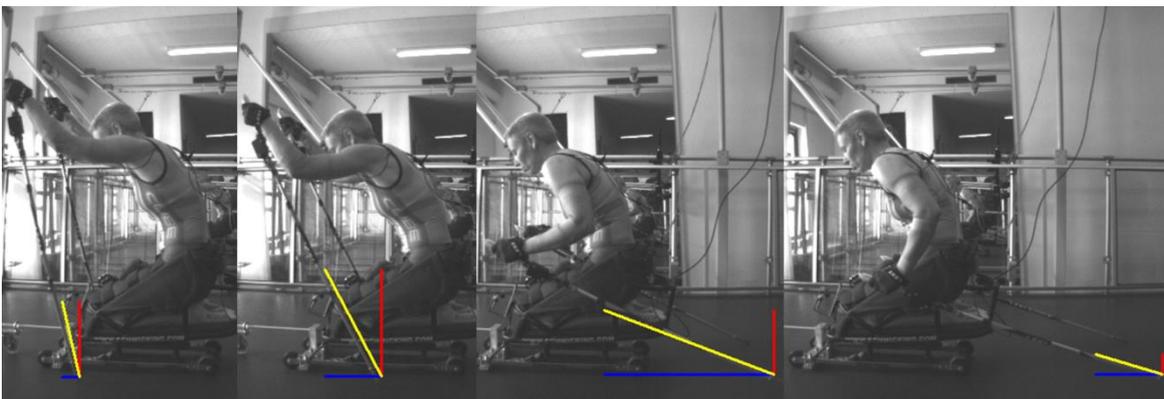
Im Sitzschlittenskilanglauf müssen die Athleten aufgrund der Unterschiede im Grad der Behinderung individuell ausgeprägte Technikvarianten fahren. Sitzposition, Stocklänge und Schubfrequenz können bei gegebenen Bedingungen nicht pauschal anhand üblicher Erfahrungswerte angesteuert werden. Das bedeutet, dass die Beurteilung der Lauftechnik und der Materialeinstellungen für die Trainer oft nicht objektiv möglich ist, weil die Athleten durch funktionelle Einschränkungen mitunter deutlich von biomechanischen Leitbildern abweichen müssen. Auf der Basis von Stockkraftmessungen können Materialeinstellungen und Bewegungseffizienz bei unterschiedlichen Laufbedingungen objektiv beurteilt werden. Dies soll anhand einer Studie mit den aktuellen Bundeskaderathleten gezeigt werden.

Methode

Im Rahmen der Vorbereitungslehrgänge des DBS-Kaders Nordischer Skisport auf die Weltcupssaison 2012/13 wurden speziell instrumentierte Skistöcke entwickelt, mit denen sowohl die axialen Stockkräfte mit DMS-Sensoren als auch die 3D-Stocklage während der Schubzyklen mit Inertialsystem-Sensoren gemessen werden können. Mit dem Messsystem wurde der Einfluss von Sitzposition, Stocklänge und Schubfrequenz bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten und Streckenprofilen untersucht und beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

In Kombination mit synchronisierten Videosequenzen konnten die Zusammenhänge von Bewegungstechnik, Kinematik, Materialparametern und Stockkraftvektoren objektiv quantifiziert und visualisiert werden.



Auf der Basis der Messergebnisse ließ sich der Wirkungsgrad der Lauftechnik anhand der Relation zwischen aufgewandter Stockkraft und Vortriebskraft bestimmen und als Maß für die Optimierung von Stocklängen und Bewegungsabläufen nutzen.

Einfluss des Armschwunges beim 3½-fachen Rückwärtssalto gehockt im Turmspringen – eine Mehrkörpersimulation

Axel Schüler¹, Axel Schleichardt¹ & Maren Witt^{1,2}

¹Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig; ²Universität Leipzig, Institut ABTW

Schlüsselwörter: alaska, Drehimpuls

Einleitung

Die Koordination der Armbewegung mit der Bewegung anderer Körpersegmente hat nicht nur für den Absprung eine große Bedeutung, sondern auch in der ersten und letzten Phase der Flugbewegung eines Wassersprungs. Köthe und Hildebrand (2006) konnten bei einem Auerbachsprung einen Drehwinkelgewinn von 24° nachweisen, der allein durch verschiedene Armführung während des Einnehmens der Ausführungshaltung entsteht. Ziel dieser Untersuchungen ist es, die Unterstützung der Rückwärtssaltobewegung durch einen bzw. zwei Vorwärtsarmkreise nach Verlassen der Plattform zu simulieren (Mehrkörpersimulationssystem alaska/dynamicus, Institut für Mechatronik Chemnitz) und die Auswirkungen auf die Bewegung abzuschätzen.

Methode

Auf Grundlage der 3-D-Analyse eines realen Sprungs einer Weltklasseathletin und ihrer anthropometrischen Daten wurde ein individuelles Sportlermodell erstellt. Als Ergebnis der Bewegungsanalyse erhält man die biomechanischen Parameter der Bewegung, insbesondere die Gelenkwinkelverläufe. Diese werden in einem ersten Schritt geglättet und symmetrisiert. Der Schulterwinkelverlauf wird im ersten Viertel nach dem Lösen vom Turm um 360° bzw. um 720° erhöht. Der Drehwinkelgewinn in dieser Phase kann für ein zeitigeres Öffnen des Sprungs durch Modifizierung von Hüft- und Kniewinkelverläufen in der letzten Flugphase genutzt werden. Zeit-, Höhen- und Drehimpulsgewinne werden quantifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Vorwärtsarmkreise unterstützen nach dem Impulserhaltungssatz wie erwartet die Rückwärtsdrehbewegung. Bei einem einfachen Armkreis ergibt sich ein Drehwinkelgewinn von 25,6°, bei zwei Armkreisen ein Gewinn von 46,5°. Damit könnte der Sprung bei gleichzeitigem Strecken von Knie- und Hüftwinkel 0,06 s bzw. 0,16 s früher geöffnet werden, was einer Vorverlagerung des Beginns der Streckung von 3,53 m auf 4,01 m bzw. 5,13 m über dem Wasser entspricht. Dadurch erhöht sich die Virtuosität des Sprungs. Alternativ ist eine Reduktion des Drehimpulses von 46,4 Nms auf 45,2 Nms bzw. 44,6 Nms bei gleichem Eintauchwinkel möglich. Die Armschwungvarianten stellen demnach eine alternative Lösungsmöglichkeit für Sportler mit geringeren Sprungkraftvoraussetzungen dar. Die praktische Erprobung steht noch aus; eventuell sind durch den Armschwung auch höhere Schwierigkeiten möglich.

Literatur

Köthe, T. & Hildebrand, F. (2005). Eine biomechanische Abschätzung der Wirkung von Teilkörperbewegungen bei Technikvarianten im Wasserspringen. *Leistungssport*, 35 (3), 33-38.

Der Einfluss von Schwankungen des Gesamtsystems Sportler-Waffe auf Laufmündungsbewegungen im Anschlag Stehend im Biathlonschießen

¹Dirk Siebert & ¹Nico Espig

¹Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut BTW der Sportarten II, FG Wintersport

Schlüsselwörter: Biathlon, Schießen, Leistungsdiagnostik, Stabilometrie

Einleitung

Neben den allgemeinen Schießtechnikelementen (Nitzsche, 1998) können Körperschwankungen (e.g. Bozsik et al., 1994) und Anschlagsstabilität (Sattlecker et al., 2007) als wesentliche Einflussgrößen der Schießtechnik im Anschlag Stehend benannt werden. Aktuelle Erkenntnisdefizite betreffen den Zusammenhang zwischen Schwankungen des Gesamtsystems Sportler-Waffe und deren Einfluss auf Laufmündungsbewegungen.

Methode

Die Laufmündungsbewegungen wurden mittels Lasertriangulation (Nitzsche, 2009) als Gesamtweg (SXY, mm) in einem Zeitraum von 0,3 sec. vor dem Schuss erfasst. Die Schwankung des Systems Sportler-Waffe wurde als Abweichung des Center of Pressure (COP) in Schussrichtung (COPX, mm) und 90° zur Schussrichtung (COPY, mm) im Zeitraum von einer Sekunde vor dem Schuss mittels einer stabilometrischen Messmatte (Footscan® Balance System, 1 m Länge) betrachtet. Es wurden insgesamt 124 Probanden/Biathleten (62m/62w; 18,6±3 a) aller Altersklassen des DSV ab Jugend 16 analysiert.

Ergebnisse

Schwankungen der Laufmündung hängen signifikant mit der Trefferleistung zusammen (-0,167; $p < 0,01$). Schwankungen des Gesamtsystems Sportler-Waffe haben direkten Einfluss auf die Bewegungen der Laufmündung, insbesondere bei den ersten beiden Schüssen einer Serie (1. Schuss: 0,325; $p < 0,01$; 2. Schuss: 0,253; $p < 0,01$). In Abhängigkeit vom Alter der Sportler zeigt sich, dass trainingsjüngere Sportler deutlich größere Systemschwankungen im Anschlag Stehend aufweisen (COP_X -0,221; $p = 0,018$; COP_Y -0,297; $p < 0,01$). Aus den Untersuchungsergebnissen wurden zur Orientierung für den Trainingsprozess Normwerte für die entsprechenden Leistungsparameter aufgestellt.

Diskussion

Eine Reduktion von Schwankungen des Gesamtsystems Sportler-Waffe ermöglicht eine höhere Laufmündungsruhe und damit eine höhere Trefferleistung. Auf der Basis der Erkenntnisse zum Einfluss der Vorbelastung auf das Schwankungsverhalten des Gesamtsystems sind die Trainingsanteile von Wettkampfnahem Schießen zu erhöhen.

Literatur

- Bozsik, A., Bretz, K. & Kaske R. J. (1994). Body Sway in Biathlon Shooting.
Nitzsche, K. (Hrsg.). (1998). Biathlon. Leistung - Training - Wettkampf (1. Aufl.). Wiesbaden: Limpert.
Nitzsche, K. (2009). Biathlon-Schießmessplatz. Forschungsbericht, Universität Leipzig.
Sattlecker, G., Müller, E. & Lindinger, S. (2007). Performance Determining Factors in Biathlon Shooting. In: 12th Annual Congress of the ECSS, 11–14 July 2007, Jyväskylä, Finland.

Biomechanische Analyse des impulsbetonten Laufens bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten im Biathlon und Skilanglauf

Monika Duschl¹, Michael Veith², Johannes Petrat¹ & Ansgar Schwirtz¹

¹Technische Universität München, ²Olympiastützpunkt Bayern

Schlüsselwörter: Leistungssport, Technik, 3D-Bewegungsanalyse, Druckmesssohlen

Einleitung

Unter „impulsbetontem Laufen“ wird eine Variante der Technik „1-2 mit aktivem Armschwung“ im Langlauf verstanden. Sie ist durch die Merkmale große Körperstreckung unmittelbar vor dem Stockeinsatz (1), Körperschwerpunktposition zu Beginn des Beinabdruckes auf der Stockschubseite (2), kurze Bodenkontaktzeit des Beines der Armschwungseite (ASS) (3) sowie Vermeidung einer Zusatzflexion in Knie und Hüfte vor dem Abdruck auf der ASS (4) gekennzeichnet und findet in Sprint- und Beschleunigungsphasen Anwendung (Stöggel et al., 2010b). Der Einfluss der Technikmerkmale auf die Laufleistung (Zykluslänge ZL) soll hier in Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit genauer untersucht werden.

Methode

Auf einem Großlaufband wurde die impulsbetonte Lauftechnik von Kaderathleten (n= 8) des Deutschen Skiverbandes bei 6 verschiedenen Laufgeschwindigkeiten ($v_1= 6,0$ m/s, $v_6= 8,5$ m/s, Intervall 0,5 m/s) mittels 3D-Videoanalyse (Vicon Motion Capturing, Modell: plug in gait) sowie Druckmesssohlen (Novel GmbH) analysiert. Ausgewertet wurden die Laufzykluscharakteristik, Kinematik sowie Abdruckcharakteristik des Fußes.

Ergebnisse

Die Technikvariante wird bei mittleren bis hohen Laufgeschwindigkeiten (7,5- 8,5 m/s) am deutlichsten umgesetzt (max. ZL= $10,20 \pm 0,05$ m) und bestätigt sich als „Sprinttechnik“. In Abhängigkeit von v konnte für die Merkmale (1- 4) direkter (dE) und indirekter (idE) Einfluss auf die Zykluslänge festgestellt werden. Bei 7,5 m/s betragen die Winkel für (1) in Knie $160,62 \pm 2,78^\circ$ und Hüfte $148,04 \pm 7,12^\circ$ (dE). Bei (2) beträgt der Abstand des KSP zum Sprunggelenksmittelpunkt bei Abdruckbeginn im Mittel $54,80 \pm 19,08$ mm (dE). In (3) wurde eine mittlere Bodenkontaktzeit von $0,78 \pm 0,05$ s gemessen (idE). Die Ausprägung der Zusatzflexion in (4) beträgt für das Knie $5,93 \pm 6,23^\circ$, für die Hüfte $0,69 \pm 1,63^\circ$ (idE).

Diskussion

Die Merkmale 1- 4 werden als Merkmale 1. und 2. Ordnung mit direkten und indirekten Einfluss auf ZL klassifiziert. Sie wirken sich im Sinne einer Ursachen-Wirkungskette auf die ZL aus und sollten beim Transfer in die Trainingspraxis berücksichtigt werden.

Literatur

Stöggel, T., Müller, E., Ainegren, M. & Holmberg, H. (2010b). General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports & Exercise*, 21 (5), 1–13.

Analysen des Schläger-Ballkontakts beim Schmetterschlag im Badminton

Wolf Gawin¹, Chris Beyer¹ & Dirk Büsch^{1,2}

¹Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, ²Hochschule für Sport und Gesundheit Berlin

Schlüsselwörter: Badminton, Schmetterschlag

Einleitung

Das Erzeugen maximaler Geschwindigkeiten bei Schmetterschlägen ist ein spielentscheidender Leistungsfaktor im Spitzenbadminton (u. a. Gawin, Beyer, Büsch & Høi, 2012; Jaitner & Gawin, 2010; Kiang, Yoong & Spowage, 2009; Tsai & Chang, 1998). In einer Vielzahl von Untersuchungen (für einen Überblick s. Waddell & Gowitzke, 2000) wurde der Zusammenhang verschiedener biomechanischer Parameter mit den Ballabfluggeschwindigkeiten diskutiert. Der Einfluss des Schläger-Ball-Kontakts wurde bisher nicht thematisiert, obwohl die Vermutung nahe liegt, dass sich ein Treffen außerhalb des Zentrums der Besaitung negativ auf die Ballabfluggeschwindigkeit auswirkt.

Methode

94 maximal ausgeführte Schmetterschläge von 13 männlichen Nationalspielern wurden mit Hochfrequenzkameras (500 fps) aufgenommen und die Geschwindigkeiten von Ball, Schläger, Handgelenk und Ellbogen sowie die Abweichung des Ballkontakts vom Zentrum der Besaitung ermittelt. Mittels Regressionsanalyse wurde der Einfluss von Schlägergeschwindigkeit ($v_{\text{Schläger}}$), vertikaler und horizontaler Abweichung (dz , dy) auf die Ballabfluggeschwindigkeit (v_{ball}) überprüft.

Ergebnisse

Der Kontaktpunkt des Balls weicht durchschnittlich um 1,01 cm ($\pm 2,62$ cm) nach unten und um 2,20 cm ($\pm 1,86$ cm) nach innen vom Zentrum der Besaitung ab. Durch $v_{\text{Schläger}}$ und dz können die Unterschiede von v_{ball} mit $R^2_{\text{korrigiert}} = 0,56$ ($F[2, 94] = 61,39$, $p < 0,001$, $SE = 2,69$) vorhergesagt werden. Die standardisierten Regressionsgewichte betragen im Gesamtmodell für $v_{\text{Schläger}}$ $\beta = 0,45$ und für dz $\beta = -0,63$ ($p < 0,001$).

Diskussion

Die Abweichung des Ballkontakts vom Zentrum der Besaitung nach unten verschlechtert nachweislich die Ballabfluggeschwindigkeiten beim Schmetterschlag. In Diskussion mit den Bundestrainern wurden Technikübungen zur Ansteuerung des zentralen Treffpunkts entwickelt.

Literatur

- Gawin, W., Beyer, C., Büsch, D. & Høi, J. (2012). Die asiatische Überlegenheit beim Schmetterschlag: Videometrische Analysen der internationalen Badmintonelite im Wettkampf. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 19, 67-81.
- Jaitner, T. & Gawin, W. (2010). A mobile measure device for the analysis of highly dynamic movement techniques. *Procedia Engineering*, 2 (2), 3005-3010.
- Kiang, C. T., Yoong, C. K. & Spowage, A. (2009). Local sensor system for badminton smash analysis. *Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 883-888. doi: 10.1109/IMTC.2009.5168575
- Tsai, C. L. & Chang, S. S. (1998). Biomechanical analysis of differences in the badminton smash and jump smash between Taiwan elite and collegiate players. 16 International Symposium on Biomechanics in Sports, Konstanz.
- Waddell, D. B. & Gowitzke, B. A. (2000). Biomechanical Principles Applied to Badminton Power Strokes. In Y. Hong (Hrsg.), *Proceedings of XVIII International symposium on biomechanics in sports* (S. 817-822). Salzburg: University of Salzburg.

Postersession 1

Variabilität der Eversionsbewegung beim Laufen unter Feld- und Laborbedingungen

Anna Dannemann¹, Doris Oriwol¹ & Christian Maiwald¹

¹Institut für Sportwissenschaft, JP Forschungsmethoden & Analyseverfahren, TU Chemnitz

Schlüsselwörter: Variabilität, Eversion, Laufen, Feld, Labor

Einleitung

Variabilität wohnt allen biologischen Systemen inne (Stergiou & Decker, 2011), auch der Laufbewegung des Menschen. In der Sportbiomechanik werden zur Charakterisierung dieser oftmals Laborstudien durchgeführt, bei denen nur wenige Abrollvorgänge eines Laufs analysiert werden (Oriwol, 2012). Fraglich ist, ob die kontinuierliche Laufbewegung, wie sie in natürlicher Umgebung abläuft, unter Laborbedingungen und mit nur wenigen ausgewählten Schritten ausreichend abgebildet werden kann.

Methode

Für die Studienteilnahme stellten sich 10 Frauen ($30,7 \pm 9,6$ Jahre) und 9 Männer ($36,2 \pm 10,8$ Jahre) mit unterschiedlicher Lauferfahrung zur Verfügung. Die Daten wurden mittels Beschleunigungssensor und Gyrometer im Labor (L) während 100 gültiger Läufe über eine Kraftmessplatte und im Feld (F) während eines 30-minütigen Ausdauerlaufs auf einer ebenen Strecke bei gleicher Laufgeschwindigkeit erhoben. Die deskriptive Datenauswertung umfasste die Bildung von Mittelwerten (MW) und Standardabweichungen (SA), RMSE und kumulierten MW, sowie eine grafische Beurteilung für die Parameter maximale(s) Eversionsausmaß (EVrom) und -geschwindigkeit (EVvel).

Ergebnisse

Zwischen L und F wurden intraindividuelle MW-Differenzen von $1 \text{ }^\circ/\text{s}$ bis $202 \text{ }^\circ/\text{s}$ (EVvel) bzw. $0,2^\circ$ bis $6,2^\circ$ (EVrom) ermittelt, welche mit den MW-Differenzen innerhalb der Feldmessung zwischen erstem und letztem Drittel des Laufs vergleichbar sind. Die über den RMSE berechneten Intervalle, die den zu erwartenden wahren Wert des Probanden enthalten, sind in ihrer größten Ausprägung $6,58^\circ$ (EVrom) bzw. $269,46 \text{ }^\circ/\text{s}$ (EVvel) groß.

Diskussion

Die Daten der untersuchten Probanden geben Hinweise darauf, dass sich das Laufverhalten im Labor von jenem im Feld unterscheidet. Für die Erfassung des wahren Wertes des Probanden werden so viele Schritte wie möglich benötigt. Einer in der Forschungspraxis üblichen Mittelung von lediglich fünf oder sechs Schritten ist abzuraten, da diese die Variabilität des Probanden nicht erfasst. Messungen sollten ins Feld verlagert werden, um sich dem wahren Wert bestmöglich anzunähern.

Literatur

- Stergiou, N. & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30, 869-888.
- Oriwol, D. (2012). Methodologische Aspekte biomechanischer Messungen unter Laborbedingungen. Dissertation, Technische Universität Chemnitz. ISBN 978-3-941003-56-9.

Charakterisierung der Wadenmuskelarchitektur beim Kaninchen

Carolin Wick¹, Tobias Siebert¹, Markus Böl², Reinhard Blickhan¹

¹Friedrich-Schiller Universität Jena, ²TU Braunschweig

Schlüsselwörter: Muskelgeometrie, Muskelfaserrekonstruktion, MicroScribe MLX

Einleitung

Skelettmuskeln unterscheiden sich stark in ihrer Geometrie und weisen eine komplexe Faserarchitektur auf. Bisherige Untersuchungen beziehen sich meist nur auf einzelne Muskeln oder Muskelareale. Derartige Teilmessungen liefern allerdings ein verzerrtes Abbild der Architektur. In der Realität kommen Muskeln nicht isoliert, sondern in Muskelpaketen vor. In dieser Studie soll die Muskelarchitektur der als funktionelle Einheit agierenden Plantarflexoren im Muskelpaket untersucht werden.

Methode

Die Wadenmuskulatur (M. gastrocnemius lateralis (GL) und medialis (GM), M. soleus (SOL), M. plantaris (PLA)) eines Kaninchens ($m = 3040$ g) wurde ex vivo manuell digitalisiert (MicroScribe MLX). Dabei wurden schrittweise einzelne Faszikel über die gesamten Volumina der Muskeln sowie Muskelursprung und -ansatz erfasst.

Ergebnisse

Die mittleren Faszikellängen aller Muskeln unterscheiden sich signifikant ($p < 0.001$; GL: 14.6 ± 2.2 mm, GM: 13.5 ± 2.2 mm, SOL: 14.0 ± 2.2 mm, PLA: 10.8 ± 2.0 mm). Der mittlere Fiederungswinkel des GM ($18.2 \pm 8.5^\circ$) ist größer ($p < 0.001$) als der vom GL ($15.0 \pm 6.2^\circ$), SOL ($15.8 \pm 5.4^\circ$) und PLA ($15.9 \pm 6.1^\circ$). Der PLA lässt sich intramuskulär in zwei Kompartimente teilen, welche sich hinsichtlich des Fiederungswinkels signifikant unterscheiden ($p < 0.001$; PLA1: $17.8 \pm 6.0^\circ$, PLA2: $11.9 \pm 4.2^\circ$). Gleiches ist beim GL zu beobachten, der vier Kompartimente aufweist ($p < 0.05$; GL1: $13.2 \pm 4.5^\circ$, GL2: $9.5 \pm 3.9^\circ$, GL3: $15.8 \pm 4.0^\circ$, GL4: $20.9 \pm 7.5^\circ$). Die Faszikellängen sind intramuskulär sowohl beim PLA als auch beim GL homogen.

Diskussion

Messungen von Lieber & Blevins (1989) zeigen für die Wadenmuskeln des Kaninchens vergleichbare Faszikellängen-Werte. Die Fiederungswinkel sind jedoch bei allen Muskeln geringer. Eine mögliche Ursache hierfür ist, dass sie die Parameter nur an der Muskeloberfläche bestimmt haben. Betrachtet man in der vorliegenden Studie nur die Fiederungswinkel der oberflächlichen Faszikel, so gleichen sie den Werten von Lieber & Blevins. Die räumliche Erfassung der Architektur des gesamten Muskels bzw. eines Muskelpaketes ist für die 3D Muskelmodellierung essentiell. Sie trägt dazu bei, den Einfluss der Architektur der einzelnen Muskeln auf die Funktion des gesamten Muskelpaketes sowie die Interaktion der Muskeln untereinander besser zu verstehen.

Literatur

Lieber, R. L., & Blevins, F. T. (1989). Skeletal muscle architecture of the rabbit hindlimb: functional implications of muscle design. *J Morphol*, 199(1), 93-101.

Analyse von Einflussfaktoren auf die Flugzeit des Balles vom Zuspiel zum Angriff über die Außenangriffsposition IV im Volleyball

Hendrik Heger
Universität Tübingen

Schlüsselwörter: Volleyball, Zuspiel, Angriffstempo, Videoanalyse

Einleitung

Im modernen Volleyball wird der Pass vom Zuspieler zum Angreifer so „schnell“ ausgeführt, dass es der verteidigenden Mannschaft trotz Kenntnis der gegnerischen Angriffstaktik nicht gelingt, Block und Abwehr gut zu positionieren. Allerdings wird derzeit nur abhängig von der Flughöhe des Balles und unabhängig vom Zuspielort zu undifferenziert in drei oder vier Angriffstempi unterteilt (Papageorgiou, 2006). Ziel der Studie war es, einen funktionellen Zusammenhang zwischen der Flugzeit des Balles und der horizontalen Distanz zwischen dem zweiten und dritten Ballkontakt für Zuspiele auf die Außenangriffsposition IV zu beschreiben und Variablen zu identifizieren, die diesen Zusammenhang beeinflussen.

Methode

Die Studie gliederte sich in zwei Teile, in denen jeweils Kontaktzeitpunkte und Ballkoordinaten per Videoanalyse erfasst wurden. In einer standardisierten Trainingsbedingung, die der Situation nach optimaler Annahme entsprach, wurde die Flugzeit des Balles für Zuspiele über eine Distanz von 3m, 4.5m, 6m und 7.5m gemessen. Einflussvariablen wurden hier konstant gehalten, um den Zusammenhang zwischen Flugzeit und Distanz zu isolieren. Im zweiten Teil wurde die Flugzeit in der Wettspielsituation erfasst, um den zuvor ermittelten Zusammenhang zu verifizieren und Einflussvariablen zu bestimmen.

Ergebnisse

In der standardisierten Trainingsbedingung zeigte sich ein signifikant positiver linearer Zusammenhang zwischen der Flugzeit und der Distanz mit einer Zeitzunahme von 0.05s pro Meter. Dieser Zusammenhang konnte im Wettspiel für Pässe im oberen Zuspiel durch den Zuspieler im K 1 nach optimaler Annahme bestätigt werden. Maßgebliche Einflussfaktoren waren die Zuspieltechnik, die Komplexsituation und die Annahmequalität.

Diskussion

Der Angreifer muss bei „schnellem“ Pass seinen Anlauf beginnen, bevor er Informationen über die Ballflugbahn erhält. Allerdings sind die in der Literatur gegebenen Hinweise zur Kopplung des Anlaufbeginns an den Zuspielkontakt zu ungenau. Bei der taktischen Ausbildung muss dem Angreifer vermittelt werden, dass er erstens abhängig vom Abstand des Zuspielortes zum Angriffsort seinen Anlauf früher oder später einleiten soll und zweitens weitere relevante Merkmale der Spielsituation wahrzunehmen und zu beurteilen hat.

Literatur

Papageorgiou, Athanasios, & Spitzley, Willy. (2006). Handbuch für Leistungsvolleyball - Ausbildung zum Spezialisten (Vol. 4). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

Griffkraftmessung zur Beurteilung der Schlagtechnik im Badminton

Justin S. Lange, Romy Scholze
Technische Universität Chemnitz

Schlüsselwörter: Badminton, Druckverteilung, Griffkraft, Hand

Einleitung

Fehlerhafte Schlagauführungen beim Badminton können durch zeitlich und quantitativ inadäquate Griffkräfte entstehen [JAITNER & WEINZ, 2010]. Ziel dieser Studie war, Griffkraftmuster verschiedener Könnensstufen zu evaluieren und fehlerhafte Muster zu detektieren.

Methode

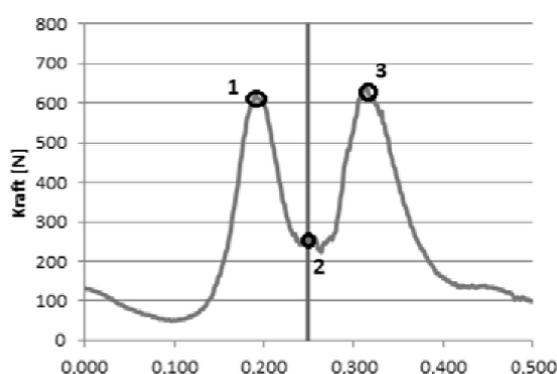


Abb. 1. Beispielhafter Griffkraftverlaufskurve beim Smash

Jeweils 7 erwachsene Anfänger (A), Fortgeschrittene (F), Profis (P) nahmen an der Studie teil. Mit dem TekScan-Grip-System (Messfrequenz 750Hz) wurde die Griffkraft beim Schlag erfasst. Über einen am Schläger angebrachten Beschleunigungsaufnehmer wurde der Treffzeitpunkt des Balles ermittelt (Signale getriggert). Eine Ballmaschine garantierte das standardisierte Zuspiel für den Smash (SH) und den Vorhand Unterhand Clear (UC). Aus dem typischen 'M'-Verlauf der Kraft- (Abb.1) wurden die Kraftwerte des ersten (1) und des zweiten (3) Peaks ins Verhältnis zum Kraftwert des Treffzeitpunktes (2)

gesetzt. Gruppenunterschiede der so entstandenen Koeffizienten (KK_1 & KK_2) sowie der entsprechenden mittleren intrasubjektiven Variationskoeffizienten der absoluten Kraftwerte (VK_1 - VK_3) wurden per nicht-parametrischen Tests überprüft.

Ergebnisse

Bei 1 wies A gegenüber F und P beim SH eine 2fach größere Griffkraft auf. Eine bis zu 3fach größere Griffkraft wies A gegenüber F und P bei 2 beim SH und UC auf ($p < 0,01$). KK_1 & KK_2 unterschieden sich zwischen den genannten Gruppen beim SH und beim UC signifikant ($p < 0,05$). A zeigte gegenüber P einen 2,5fach größeren VK_1 beim UC ($p < 0,05$).

Diskussion

HENNIG & MILANI [1995] ermittelten für den Tennisschlag einen ähnlichen 'M'-Verlauf. Scheinbar wird versucht durch die kurzzeitige Entlastung zum Treffzeitpunkt die elastischen Eigenschaften des Schlägers zu nutzen. Anfängern gelingt es oft nicht, dieses Griffmuster kontinuierlich beim Schlag zu generieren. Dies könnte aus einer zu verkrampften und starren Haltung des Schlägers resultieren, welche sich auch in den erhöhten Kraftwerten widerspiegelt. Im Anfängertraining sollte dies stärker berücksichtigt werden.

Literatur

- Hennig, E.M. & Milani, Th. L. (1995). Die Auswirkungen der Haltekraft am Tennisschläger auf die Ballgeschwindigkeit und die Vibrationsbelastung des Unterarms. DZSM, 46, 169-174
- Jaitner, T. & Weinz, S. (2010). Pressure measurement on Badminton racket (Poster Session II-Abstracts). Augsburg: University of Augsburg

Untersuchung der Schussgenauigkeit von männlichen und weiblichen Fußballspielern

Katharina Althoff, Dennis Homann, Ewald M. Hennig

Biomechanik Labor, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften, Universität Duisburg-Essen

Schlüsselwörter: Fußball, Schussgenauigkeit

Einleitung

Während eines Fußballspiels sind etwa die Hälfte aller Aktionen mit dem Ball kontrollierte Pässe oder Torschüsse (Hennig & Althoff 2013). Von der Schusspräzision hängt oft der Erfolg einer Mannschaft ab. Ziel dieser Studie war es, die Schussgenauigkeit von männlichen und weiblichen Fußballspielern aus unterschiedlichen Entfernungen zu untersuchen.

Methode

18 männliche Fußballer ($24,8 \pm 2,4$ Jahre; Kreis- und Bezirksliga) und 18 weibliche ($22,9 \pm 4$ Jahre; Landes- und Verbandsliga) nahmen an der Studie teil. Nach 10-minütigem Aufwärmen schossen die Probanden/innen mit der Aufgabe „beste Treffgenauigkeit“ aus 8 m und 10 m Entfernung auf ein elektronisches Target (Zentrum in einer Höhe von 115 cm). Mit selbst gewählter Schusstechnik wiederholten die Spieler/innen die Schüsse 30-mal für beide Entfernungen. Mit einer Radarpistole (Stalker Pro) wurden die Ballgeschwindigkeiten für die Zielschüsse gemessen. Im Anschluss an die Genauigkeitsmessungen wurde für jede/n Probanden/in die maximale individuell erreichbare Schussgeschwindigkeit ermittelt.

Ergebnisse

Bei beiden Entfernungen trafen die männlichen Spieler das Target mit einer höheren Genauigkeit und einer höheren Geschwindigkeit. Dabei schossen die Männer mit 61,6 % ihrer maximalen Schussgeschwindigkeit und die Frauen mit 77,9 % (Tabelle 1).

Tab. 1. Schussgenauigkeit und –geschwindigkeit bei unterschiedlichen Entfernungen

		Schussgenauigkeit	Schussgeschwindigkeit	Relativgeschwindigkeit in % der max. Geschw.
8 m	Männer	$42,12 \pm 7,58$ cm	$59,19 \pm 9,49$ km/h	$58,95 \pm 10,25$ %
	Frauen	$48,86 \pm 7,71$ cm	$57,65 \pm 4,85$ km/h	$76,96 \pm 7,39$ %
11 m	Männer	$51,92 \pm 8,55$ cm	$64,51 \pm 7,79$ km/h	$64,27 \pm 8,65$ %
	Frauen	$62,13 \pm 6,7$ cm	$59,11 \pm 4,66$ km/h	$78,91 \pm 7,25$ %

Diskussion

Schon bei geringen Entfernungen müssen Fußballerinnen mit einer hohen Relativgeschwindigkeit schießen, um ein Ziel genau zu treffen. Männliche Spieler erzielen ihre Schusspräzision mit geringeren Relativgeschwindigkeiten. Die Kraftreserve ermöglicht den Männern vermutlich auch aus weiteren Entfernungen genauere Torschüsse und Pässe.

Literatur

Hennig, E.M. & Althoff, K. (2013). Soccer Shoe Design and Its Influence on Player's Performance. In Goonetilleke, R.S. (Hrsg.), *The Science of Footwear* (S. 561-575). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.

Interpersonelle Synchronisation muskulärer Oszillationen (Fallbeispiel)

Laura Schaefer, Arndt Torick, Frank Bittmann

Universität Potsdam, Abteilung Regulative Physiologie und Prävention

Schlüsselwörter: muskuläre Synchronisation, Mechanomyografie (MMG)

Einleitung

Muskeln oszillieren in einem Frequenzbereich um 10 Hz [1][2]. Dies wurde bisher an einzelnen Muskeln mittels Mechanomyografie (MMG) untersucht. Doch was geschieht bei Interaktion zweier solcher oszillierender, neuromuskulärer Systeme? Es wurden Untersuchungen am M. triceps brachii zweier Sportstudenten (Fallbeispiel) während isometrischer Interaktion durchgeführt. Mit deren Hilfe soll die These untersucht werden, ob dabei die neuromuskulären Systeme ihr Oszillationsverhalten aufeinander abstimmen (Synchronisation?).

Methode

Zwei Probanden (m, 23 bzw. 24 J.) übten gegeneinander eine isometrische Kraft in Richtung Ellbogenextension aus. Sie waren über ein Interface proximal des Proc. styloideus ulnae verbunden. Dieses erfasste die Reaktionskraft (DMS) und die Beschleunigung (ACC). Bei 80% der vorher ermittelten MVC des Schwächeren sollten sie in 4 Messungen den isometrischen Zustand über 15 s aufrechterhalten. Die Interaktion wurde durch Analysen der nicht-linearen Dynamik überprüft (Cross-Wavelet; Kohärenz-Analyse).

Ergebnisse

Die Messungen zeigen durchschnittlich über ein Intervall von 12,6 s (range: 4...25 s) eine im Bereich um 10 Hz signifikante, phasenverschobene Kohärenz. Abb. 1 zeigt eine Phasenverschiebung um 90° (graue Fläche). Abb. 2 bildet den Bereich signifikanter Kohärenz ab (umrandeter Bereich bei ca. 5 - 20 Hz).

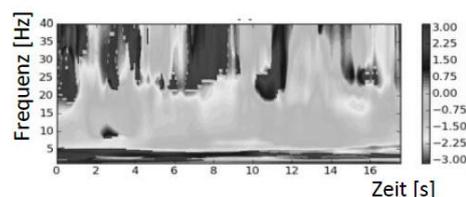


Abb. 1. Cross-Wavelet-Berechnung der MMG-Signale von Proband A und B.

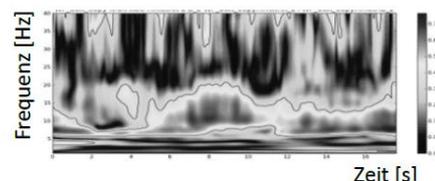


Abb. 2. Kohärenz-Analyse der MMG-Signale von Proband A und B.

Diskussion

Dieses Fallbeispiel spricht dafür, dass interagierende Muskeln in ihrem Oszillationsverhalten synchronisieren können, was durch weitere Untersuchungen gesichert werden muss. Weitere eigene Messungen stützen diese These. Die Analyse von Oszillation und Interaktion neuromuskulärer Systeme könnte zum Verständnis von Physiologie und Pathophysiologie am Bewegungsapparat beitragen.

Literatur

- [1] Beck, T. (2010). Applications of Mechanomyography for Examining Muscle Function, 117-136. Editor Travis. W. Beck.
- [2] McAuley, J.H. & Marsden, C.D. (2000). Physiological and pathological tremors and rhythmic central motor control. Brain, 123, 1545–1567.

Entwicklung einer anatomisch-funktionellen Krafttrainingsmaschine für die Pronatoren und Supinatoren des Fußes

Marco Hagen & Ewald M. Hennig

Universität Duisburg-Essen, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften, Biomechaniklabor

Schlüsselwörter: Apparatives Krafttraining, unteres Sprunggelenk, Stabilisation

Einleitung

Obwohl der Sprunggelenkkomplex der am häufigsten betroffene Körperteil bei Sportverletzungen mit vielfach einhergehenden Sprunggelenkinstabilitäten ist, mangelt es bisher an der Möglichkeit des apparativen Krafttrainings der mediolateralen Unterschenkelmuskeln. Aufgrund des hohen präventiven Anwendungspotentials war die Zielsetzung der vorliegenden Studie die Konstruktion und experimentelle Überprüfung einer funktionell-anatomischen Krafttrainingsmaschine für die Pronatoren und Supinatoren (FPSM).

Methode

Für die FPSM wurde die Hebemechanik eines verstellbaren Gewichtsstocks per Zuggurt und Kardanwelle mit einer Fußapparatur verbunden und deren Bewegungsachse in Verlängerung zur unteren Sprunggelenkachse nach Isman und Inman (1969) ausgerichtet. In sitzender Position absolvierten 15 gesunde männliche Sportstudenten maximal willkürliche isometrische Supinationen und Pronationen (MVC) in 5 anatomischen Gelenkwinkeln in randomisierter Reihenfolge. Über zwei in die Maschine eingebrachte Kraftaufnehmer und per Oberflächen-EMG wurden MVC sowie die Muskelaktivität von *m. triceps surae*, *m. tibialis anterior* (TA) und *m. peroneus longus* (PL) aufgenommen. Auf Grundlage der winkelabhängigen Kraftentwicklungskapazität wurden die entsprechenden Exzenter für ein 10-wöchiges hochintensives Krafttraining an der FPSM gefertigt. Zur Identifikation der trainingsinduzierten morphologischen Veränderungen bei 9 männlichen Testpersonen wurden per MRT die Unterschenkelmuskelvolumina bestimmt und anschließend analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Starke Unterschiede in den Kraftkurvenverläufen, die bei den Pronatoren eine ansteigend-absteigende und bei den Supinatoren eine rein aufsteigende Charakteristik aufzeigten, machten für die Interventionsstudie die Konstruktion zweier verschieden geformter Exzenter notwendig. Nach systematischem Krafttraining an der FPSM wurden die stärksten Muskelvolumenzuwächse durch das Supinatorentraining bei den tiefen Unterschenkel-flexoren, *m. tibialis posterior* (+10 %) sowie *mm. flexor hallucis und digitorum longus* (+6%; +5 %), erzeugt. Vom Pronatorentraining profitiert insbesondere PL (+6% Muskelvolumenzuwachs), der auch bei maximal willkürlicher Pronation höchst aktiv war (94-100%). Die Befunde deuten auf den Anwendungsnutzen der FPSM hinsichtlich einer verbesserten muskulären mediolateralen Verpannung des Unterschenkel-Fuß-Komplexes hin, der insbesondere bei Individuen mit Sprunggelenkinstabilität zum Tragen kommen könnte.

Literatur

Isman, R.E. & Inman, V.T. (1969). Bull Prosth Res, 10–11, 92–129.

Adaptive Force – Konzept und Objektivierung einer neuromuskulären Funktion

Marko Hoff, Laura Schaefer, Mira Knöchel, Nancy Heinke, Frank Bittmann
Universität Potsdam, Abteilung Regulative Physiologie und Prävention

Schlüsselwörter: Adaptive Force, Kraft, Messsystem, Neuromuskuläres System

Einleitung

Bei alltäglichen Bewegungen sowie im Sport spielt die Adaptation an veränderliche äußere Lasten eine wichtige Rolle (Konzept der Adaptive Force; AF). Es wird ein Verfahren vorgestellt, das dieses Anpassungsverhalten des Nerv-Muskel-Systems am Beispiel des M. quadriceps femoris objektiviert. Das innovative pneumatische Kraftmesssystem erlaubt während eines Messvorgangs die Erfassung der submaximalen Adaptiven Kraft (AFsub) sowie der maximalen isometrischen (AFisomax) und maximalen exzentrischen Adaptiven Kraft (AFexmax).

Methode

Das pneumatische Kraftmesssystem SeBit appliziert definierbare Kraftverläufe auf den Probanden, wirkt aber nicht desmodromisch. Der Proband versucht dabei, die eingestellte Position gegen die ständig weiter steigende äußere Kraft stabil beizubehalten. Durch Vergleich des Kraftverlaufs mit der Referenz eines ideal-stabilen Widerstands wird erfasst, wie gut die Adaptation an die veränderliche Kraftanforderung gelingt. Damit ermöglicht das System die Erfassung folgender Kräfte:

Submaximale Adaptive Kraft (AFsub) ergibt sich aus der Abweichung des Kraftverlaufs vom dem des ideal-stabilen Widerstands unterhalb des isometrischen Maximums.

Maximale isometrische Adaptive Kraft (AFiso_{max}) wird an dem Punkt erreicht, an dem die isometrische in die exzentrische

Arbeitsweise übergeht.

Maximale exzentrische Adaptive Kraft (AFex_{max}) wird durch

den Maximalwert der Messkurve markiert. Dieser wird immer in der exzentrischen Phase des Messvorgangs erreicht, bevor der muskuläre Widerstand zusammenbricht.

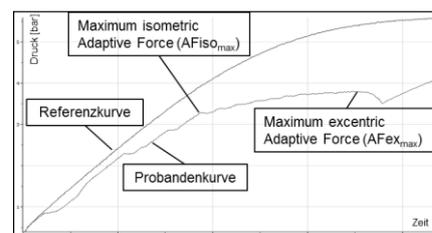


Abb. 1 Verlauf einer typischen Messkurve in Relation zur Referenzkurve.

Ergebnisse

Das Verfahren erfüllt die Gütekriterien für wissenschaftliche Zwecke: Das System misst sehr genau und reproduzierbar ($H = .887$, $df = 9$, $p > .05$, $r^2 = .94$). Messwiederholungen am Menschen variieren um ca. 5% ($n = 65$). Referenzwerte werden vorgestellt.

Diskussion

Das Konzept der AF ist innovativ. Deren Messung ermöglicht gleichzeitig die Erfassung von drei Kraftqualitäten, wobei AFsub eine sensomotorische Komponente beinhaltet. Das Kraftmesssystem könnte eine ökonomische Alternative zu herkömmlichen Verfahren in Sport und Medizin darstellen. Zusätzlich eröffnen sich potenziell neue Anwendungsfelder in der sensomotorischen Diagnostik.

Die Stoßbelastung des Körpers und das Pronationsverhalten des Fußes beim Laufen nach Ermüdung der Fußdorsalflexionsmuskulatur

Martin Lemke, Marco Hagen und Ewald M. Hennig

Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften, Biomechaniklabor; Universität Duisburg-Essen

Schlüsselwörter: Muskelermüdung, Stoßbelastung, Pronation, plantare Spitzendrücke

Einleitung

Die Aktivierung des m. tibialis anterior (TA) beim Laufen bremst die Plantarflexion des Fußes nach dem initialen Bodenkontakt (iB). Hierdurch wird ein kontrolliertes Abrollen möglich. Nach Duquette & Andrews (2010) führt eine lokale Muskelermüdung (LME) des TA zu einer signifikanten Verringerung der Tibiabelschleunigung. Die Autoren vermuten, dass der Fuß nach der LME flexibler ist und die Stoßbelastungen auf den Körper reduzieren. In dieser Studie wurden die Auswirkungen einer LME der Dorsalflexoren des Fußes auf die Stoßbelastung des Körpers, das Fußpronationsverhalten und die plantare Spitzendrücke beim Laufen untersucht.

Methode

20 männliche Fersenhändler liefen jeweils vor und nach einer LME der Dorsalflexoren des Fußes in einem handelsüblichen Laufschuh über eine Kistler-Kraftmessplattform (Laufgeschwindigkeit 3,3 m/s). Dabei wurden sowohl die Rückfußbewegung mit einem Elektrogoniometer als auch die plantare Druckverteilung (HALM-Drucksensoren) erfasst. Die LME wurde durch eine zweiminütige dynamische Belastung mit stufenweiser Lastreduktion an einem Dorsalflexions-Trainingsgerät (B8, Kieser Training) induziert. Ermüdungskriterium war eine 40-prozentige Abnahme im One-Repetition-Maximum (1-RM). Die biomechanischen Kennwerte der Laufanalyse wurden über eine ANOVA mit Messwiederholung analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Im Gegensatz zu Duquette & Andrews (2010) wurden höhere Stoßbelastungswerte des Körpers (Max. Kraftanstiegsrate ($p < 0,05$), Median Power Frequency ($p < 0,05$)) beim Laufen nach Ermüdung festgestellt. Durch die LME kam es auch zu einem vergrößerten Pronations- und Gesamtrückfußbewegungsausmaß ($p < 0,05$). Dieses deutet auf eine reduzierte muskuläre Kontrolle des Fußes beim iB hin. Eine deutliche Reduktion der plantaren Spitzendrücke unter medialer und lateraler Ferse ($p < 0,01$) deutet daraufhin, dass der Fußaufsatz nach Ermüdung vermehrt über den Mittel- und Vorfuß erfolgt. Die Dorsalflexionsmuskulatur nimmt eine für die Abrollbewegung des Fußes bedeutende Kontrollfunktion ein.

Literatur

Duquette, A. M., Andrews, D. M. (2010): Tibialis anterior muscle fatigue leads to changes in tibial axial acceleration after impact when ankle dorsiflexion angles are visually controlled; Human Movement Science 29:567-577

Analyse, Bewertung und Optimierung der Startposition beim Tiefstart

Michael Schwarz, Hendrik Heger & Veit Wank
Universität Tübingen

Schlüsselwörter: Startblockdynamografie, Tiefstart, Startposition, Parametervarianz

Einleitung

Die 100m-Finals zeigen immer wieder, dass es sowohl bei der Startposition als auch bei der Starttechnik relativ große individuelle Unterschiede gibt. Diese sind vor allem Differenzen bei den Athleten im Kraftniveau und bei der Kraftübertragung (Anthropometrie) zuzuschreiben. Sie sind aber auch Resultat unterschiedlicher Auffassungen über das Leitbild der Starttechnik in verschiedenen Verbänden. Mit dieser Studie soll gezeigt werden, wie sich verschiedene Ausgangspositionen auf relevante biomechanische Parameter beim Tiefstart auswirken, wie diese beurteilt und zur Startoptimierung genutzt werden können.

Methode

Zur Untersuchung der Varianzen im Bewegungsablauf führten 8 Sprinter (100m BL 10.17-11.20s) an einem Tiefstart-Messplatz (Wank et al., BISp-Jahrbuch, 2010) jeweils 5 Starts aus ihrer Standard-Position aus. Dabei wurden die Segment-Kinematik und die Reaktionskräfte beider Beine und Hände vermessen. Der Einfluss der Startposition wurde an 5 Sprintern untersucht, die aus unterschiedlichen Startstellungen je 2-3 Starts ausführten.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zur Stabilität des Startvorgangs bei Leistungssprintern zeigten, dass Startparameter wie Reaktionszeit, Druckzeit, Horizontalgeschwindigkeit oder Startwinkel mit zunehmendem Trainingsalter weniger streuen. Die Varianzen der meisten Startparameter waren größer als die der Laufzeiten bis 10m (Beispiel: 10m-Zeit=1.85±0.01s, $v_{xBlock} = 3.35 \pm 0.08 \text{m/s}$). In Bezug auf die Wirkung unterschiedlicher Fertig-Positionen ergaben sich bei vorverlagerter KSP-Position reduzierte Druckzeiten (0.40s±0.05s), höhere Spitzenkräfte und niedrigere Horizontalgeschwindigkeiten (2.96s±0.18s) beim Verlassen des Blocks. Dagegen erreichten die Probanden aus Startpositionen mit zurückverlagertem KSP auf Kosten längerer Druckzeiten (0.43s±0.05s) im Durchschnitt höhere Startgeschwindigkeiten (3.10s±0.15s). In Bezug auf die Laufzeiten bis 10m bzw. 20m ließen sich keine signifikanten Einflüsse einzelner Startpositionen nachweisen. Offensichtlich können Gewinne durch reduzierte Druckzeit oder erhöhte Blockgeschwindigkeit infolge einer veränderten Startposition nur selten über den ersten Beschleunigungsabschnitt mitgenommen werden. Die Ursache hierfür sind geringfügige Veränderungen der Segmentwinkelpositionen bei den ersten Schritten nach ungewohnter Startposition. Diese führen zu Abweichungen im gewohnten Bewegungsablauf und somit zu Verlusten. Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass die Vor- bzw. Nachteile durch Veränderungen der Startposition unmittelbar anhand von biomechanischen Parametern auf der Basis einer Startblockdynamographie nachweisbar sind. Ihr Einfluss auf die Beschleunigungsleistung kann aber in der Regel erst nach einer Anpassungsphase (gegebenenfalls auch Umlernphase) abschließend beurteilt werden.

Auswirkung sportlicher Aktivität auf die Wirbelsäule - Analyse der Belastungen innerer Körperstrukturen mittels Computermodellierung

Sabine Bauer, Ulrike Hausen & Karin Gruber

Institut für Sportwissenschaft, Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz

Schlüsselwörter: Computermodell, Lendenwirbelsäule, Belastungsbestimmung

Einleitung

Die Wirbelsäule ist im Alltag und besonders bei sportlicher Aktivität hohen Belastungen ausgesetzt. Diese Belastungen können Schädigungen hervorrufen, die sowohl Schmerzen verursachen als auch das Bewegungsausmaß einschränken können. Um ein besseres Verständnis über die Entstehung dieser Schädigungen zu erlangen, bietet die Computermodellierung die Möglichkeit der Bewegungssimulation und der Belastungsberechnung.

Methode

Es wurde ein Mehr-Körper-Simulationsmodell der Lendenwirbelsäule erstellt, das aus den Wirbelkörpern L1-L5, dem Os Sacrum und dem Os Ilium besteht. Die Starrkörper sind über Krafftelemente miteinander verbunden, die das mechanische Verhalten der Bandscheiben mittels Kraft-Deformationsgleichungen charakterisieren. Das Drehmomentenverhalten der Bandscheiben wird durch implementierte experimentell ermittelte Kennlinien beschrieben. Außerdem berücksichtigt das Modell 150 ligamentöse Strukturen, deren Kraft-Dehnungsverhalten auf charakteristischen Kennlinien aus der Literatur basieren. Die mechanischen Eigenschaften der fünf paarigen Facettengelenke der Lendenwirbelsäule werden in Form von Kontaktmodellierung umgesetzt. Findet ein Kontakt zwischen korrespondierenden Gelenkflächen statt, so baut sich mit zunehmender Eindringtiefe eine Kraft auf, die das Durchdringen der Flächen verhindert [1].

Ergebnisse

Der Schwerpunkt dieser Forschungsarbeit liegt in der Analyse der Auswirkungen des Tragens von Lasten auf die Belastung der lumbalen Wirbelsäule bei verschiedenen Hebetekniken. Wird beispielhaft die Kraft in der Bandscheibe der funktionalen Einheit L5-Sac während des aufrechten Standes, also nur unter Einwirkung der Gewichtskraft, berechnet, so wird diese Bandscheibe mit $F=1000\text{N}$ belastet. Bei Applizierung einer zusätzlichen Last von $m=10\text{kg}$ und in Abhängigkeit der Hebeteknik nimmt die Belastung der untersten Bandscheibe von $F=2081\text{N}$ bis $F=3238\text{N}$ zu. Desweiteren werden weitere kinematischen Größen, wie Deformation und Rotation der Bandscheiben sowie übertragene Kräfte und Momente in den Bandscheiben, in den Ligamenten und Facettengelenken diskutiert und mit vorangegangenen Forschungsprojekten verglichen [2,3].

Literatur

- [1]Juchem, S. (2009). Entwicklung eines Computermodells der lumbalen Wirbelsäule zur Bestimmung mechanischer Belastungen. Dissertation, Universität Koblenz-Landau.
- [2]Rohlmann, A., Zander, T., Rao, M., Bergmann, G. (2009). Applying a follower load delivers realistic results for simulating standing. *Journal of Biomechanics*, Volume 42, Issue 10, 1520-1526.
- [3]Bauer, S., Hausen, U. and Gruber, K. (2012). MKS-Modellierung zur Eruierung der Auswirkung unterschiedlicher Wirbelsäulenkrümmungen auf innere Belastungen. in *'NeuroMotion' Aufmerksamkeit, Automatisierung, Adaption*. Münster.

Variabilität prozessorientierter Bewegungsmuster beim Strafstoß

Sebastian Zart¹ & Thomas Jaitner²
TU Kaiserslautern¹, TU Dortmund²

Einleitung

Hoch automatisierte Bewegungsabläufe sind ein Expertisemerkmal. Dennoch zeigen Experten bei gleichen sich wiederholenden Bewegungen geringe Variabilität in den Bewegungsmustern (Sforza et al., 1997). Die Variabilität nimmt weiter zu, wenn die Aufgabenstellungen verändert werden. Egan et al. (2007) halten größere kinematische Unterschiede der Schussbewegung bei einem ruhenden und rollenden Ball fest. Die Autoren interpretieren die Variabilität als ‚motor equivalence‘ bzw. als funktionale Variabilität. Inwiefern die Anlauf- und Schussbewegung beim Strafstoß auf verschiedene Zielzonen Variabilität aufweist, war Ziel dieser Studie.

Methode

21 Regionalligaspieler ($\bar{\text{Ø}} 25,1 \pm 5,9$ Jahre) führten jeweils 6 Strafstöße auf 4 Zielfelder aus. Die Zielfelder (1m²) waren in den Ecken eines normalen Fußballtores platziert. Die Bewegungen vom Lösen des vorletzten Schritts bis zum Ballkontakt wurden über ein Vicon MX System (8 Kameras, 100Hz) erfasst. Auf Basis eines Ganzkörpermodells (35 Körpermarker) wurden Winkel-Verläufe, Winkelgeschwindigkeit und Ortskoordinaten der Gelenkmittelpunkte in den Schulter-, Ellbogen-, Hand-, Hüft-, Knie- und Sprunggelenken beider Körperseiten berechnet. Für jeden Versuch wurden paarweise die euklidischen Distanzen zwischen den amplituden- und zeitnormierten Verläufen zu jedem anderen Versuch bestimmt (vgl. Jaitner et al., 2001). Aus den resultierenden Distanzmatrizen wurden die Variabilitätskoeffizienten (CoV) für die phasenbezogenen Bewegungsmuster berechnet.

Ergebnisse

Die Gruppenmittelwerte der CoV über die gesamte Bewegung ergeben für die Merkmale Winkel-Verlauf (10,8%) und -geschwindigkeit (8,9%) geringere Werte im Vergleich zu den Ortskoordinaten der Gelenkmittelpunkte (32,2%). Bei Betrachtung einzelner Phasen der Bewegung lassen sich unterschiedliche Strategien in der Anlaufgestaltung feststellen. Die Hälfte der Probanden weist eine starke Erhöhung der Variabilität in der mittleren Phase des Anlaufs auf. Trotz erhöhter Variabilität in der Bewegung zeigen einzelne Probanden hohe Trefferquoten für die Zielfelder. Somit liegen geringere funktionale Anpassungen bei körperbezogenen Merkmalen im Vergleich zu raumbezogenen Merkmalen vor. Unabhängig von der Strategie beim Anlauf können hohe Trefferquoten erzielt werden.

Literatur

- Egan, C.D., Verheul, M.H. & Savelsbergh, G.J.P. (2007). Effects of experience on the coordination of internally and externally timed soccer kicks. *Journal of Motor Behavior*, 39 (5), 423-432.
- Jaitner, T., Mendoza, L. & Schöllhorn, W.I. (2001). Analysis of long jump technique in the transition from approach to takeoff based on time-continuous kinematic data. *European Journal of Sport Science*, 1 (5), 1-12.
- Sforza, C. Dugnani, S., Mauro, F., Torri, L. & Ferrario, V.F. (1997). Repeatability of the football penalty: a statistical evaluation by the morphological variation analysis. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Hrsg.), *Science and Football III* (240-245). Abingdon: Routledge.

Der Einfluss einer Spurbreitenvorgabe auf die Kinematik des Gehens auf einem Laufband

Steffen Willwacher¹, Alexander Behrmann^{1,2,3}, Katina Fischer¹, Gert – Peter Brüggemann¹
1Deutsche Sporthochschule Köln, 2Fachhochschule Münster, 3Justus Liebig Universität Gießen

Schlüsselwörter: Gangkinematik, untere Extremität, Spurbreite, Split - Belt Treadmill

Einleitung

Instrumentierte Laufbänder stellen hinsichtlich der Messökonomie eine besonders effiziente Möglichkeit der Analyse der Gangmechanik unter kontrollierten Rahmenbedingungen dar (Belli et al., 2001). Ziel der vorliegenden Arbeit war es, mögliche Unterschiede in der Gangkinematik bei der Verwendung dieser Laufband Variante zu untersuchen und mit einem uneingeschränkten Gangbild zu vergleichen.

Methode

Zu diesem Zweck wurde der Gang von zehn männlichen und zehn weiblichen Probanden bei drei verschiedenen Geschwindigkeiten auf einem herkömmlichen Laufband mit einem dreidimensionalen Bewegungsanalysesystem (Vicon Nexus) bei 3 Ganggeschwindigkeiten (1,2 m/s; 1,5 m/s; 1,8 m/s) untersucht. Die Spurbreitenvorgabe wurde durch ein mittig auf dem Laufband gespanntes Band in zwei verschiedenen Breiten (2 cm und 4 cm) simuliert.

Ergebnisse

Die Spurbreitenvorgabe führte zu einer signifikanten Vergrößerung der Spurbreite beim Gehen bei beiden Geschlechtern und allen Geschwindigkeiten (Effektstärken: 4,4 – 6,8). Das Hüftgelenk konnte als Hauptregulator dieser Verbreiterung identifiziert werden. Hier kam es zu einer signifikanten Reduzierung des maximalen Adduktionswinkels von 2 – 3°. Grundsätzlich veränderte die Spurbreitenvorgabe die Gangkinematik innerhalb der Frontalebene, und nur zu einem sehr geringen Maße in der Sagittalebene.

Diskussion

Eine Veränderung der Gelenkskinematik in der Frontalebene führt zwangsläufig zu einer Veränderung der Hebelverhältnisse der Bodenreaktionskraft und damit auch der Drehmomente an den Gelenken der unteren Extremität. Daher ist es anzuzweifeln, ob Split Belt Laufbänder zu einer Analyse der Kinematik und Kinetik innerhalb der Frontalebene beim Gehen geeignet sind.

Literatur

Belli, A., Bui, P., Berger, A., Geysant, A. & Lacour, J. R. 2001. A treadmill ergometer for three-dimensional ground reaction forces measurement during walking. J Biomech, 34, 105-12.

Session 4

Messplatz für Feedback zur Bewegungstechnik im Speerwurf

Kathrin Fuchs & Veit Wank
Universität Tübingen

Schlüsselwörter: Speerwerfen, Beschleunigungssensor, Videoanalyse, Abwurfparameter

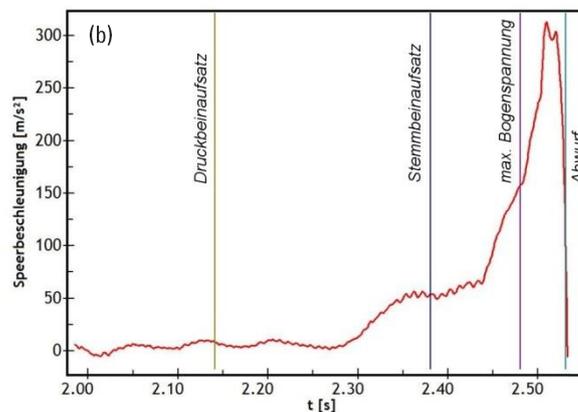
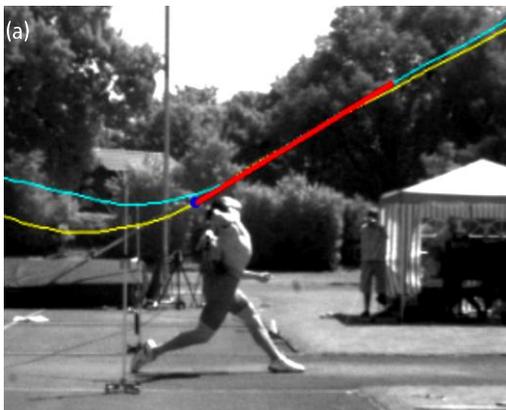
Einleitung

Im Speerwurf ist die Umsetzung einer individuell-optimalen Wurftechnik ausschlaggebend für eine gute Wurflistung. Leistungsbestimmende quantitative und technische Parameter sind dabei die Abfluggeschwindigkeit v_0 , der Abflugwinkel α und die Impulsübertragung vom Athleten auf das Gerät. Die Effektivität der Impulsübertragung kann anhand der Wurfverzögerung im Beschleunigungsverlauf beurteilt werden. Um den Athleten die Beziehungen zwischen Bewegungstechnik und den erzielten Abwurfparametern zu veranschaulichen, sollte ein Messplatz für den Speerwurf konzipiert und aufgebaut werden, der dem Werfer ein zeitnahe und für ihn anschauliches Feedback über seine Wurftechnik gibt. Um zeitaufwendige Videomessungen zu ersetzen, sollte vor allem geprüft werden, wie genau die $v(t)$ -Verläufe aus den Speerbeschleunigungsdaten bestimmt werden können.

Methode

Im Messplatz Speerwurf sind mehrere untereinander synchronisierte Messsysteme integriert: 6 Highspeed-Kameras für die kinematische Analyse, LAVEG- \vec{v} -Messung für die Anlaufgeschwindigkeit und Messung der Längsachsenbeschleunigung am Speer. Für das zeitnahe Feedback zur Wurftechnik wurde der Beschleunigungsvektor in die Bildansicht von der wurfarmseitigen Kamera projiziert (a).

Ergebnisse



Der Messplatz wurde bei einem Trainingswettkampf des BaWü-Landeskaders (A-Jugend) getestet. Zur Evaluation der Ergebnisse wurden alle Würfe im Nachhinein 3D-kinematisch vermessen. Die Visualisierung der wirkenden Beschleunigung (b) in den verschiedenen Phasen des Abwurfs erlaubte eine gute Beurteilung der Bewegungstechnik, der Wurfverzögerung und eine gezielte Steuerung von Technikkorrekturmaßnahmen. Der aus dem Beschleunigungsverlauf als Sofortinformation bestimmte Geschwindigkeitsszuwachs (Hauptbeschleunigung) wich von den Daten der 3D-Videomessung maximal 2.8% ab.

Ein neues Messsystem zur Ermittlung schuhinterner Biegemomente

Thomas Stief, Klaus Peikenkamp
Fachhochschule Münster

Schlüsselwörter: Biegemoment, Belastungen, Innensohlen, Fuß, Schuh

Einleitung

Die Ermittlung der Fußbelastung im Schuh erfolgt bis heute meist über Einzeldrucksensoren oder Druckmesssohlen. Andere Belastungsformen wie z.B. Biegemomente (M_b) werden bisher nicht erhoben, obwohl auch diese Belastungsformen bei verschiedenen orthopädischen Erkrankungen von großem Interesse sein können. Das hier vorgestellte Messsystem ermöglicht, durch Innensohlen Biegebelastungen reliabel und mobil zu bestimmen.

Messsystemaufbau nach klassischen ingenieurwissenschaftlichen Prinzipien

Auf der Ober- und Unterseite einer Trägerschicht wurden proximal der Metatarsalköpfchen I (MTP I) und V (MTP V) Dehnungsmessrosetten (FAER-12B-35-S6EL; Vishay Measurements Group) appliziert. Die Auswahl der Sensoren, ihre Positionierung und Verschaltung erfolgten zur eindeutigen M_b -Bestimmung. Ein 4-Kanal A/D-Wandler (16 bit, 125 Hz; ME-Messsysteme) diente der Datenerhebung. Während der Kalibrierung wurden die *Biegebalken* separat, einseitig, horizontal eingespannt, mit Kalibriermassen belastet und die gemessenen M_{b_ist} mit den berechneten M_{b_soll} verglichen (s. Abb. 1, links).

Einzelfallstudie - Einsatz des Messsystems zur M_b -Ermittlung im Schuh

Ein Proband (m, 75 kg) ging ($v=1,25$ m/s) mit einem *Neutralschuh* (Samba, adidas) auf einem Laufband (OrthoCallis, Sprintex). Dabei wurden über 60 s M_b im Schuh proximal MTP I und V aufgezeichnet. Anschließend sind 40 zusammenhängende Doppelschritte separiert, auf 100 %_{Gangzyklus} normiert und gemittelt worden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Resultate der Kalibrierung (s. Abb. 1, links) mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 > 0,999$ und einem Linearitätsfaktor von fast 1 zeigen, dass mit dem vorgestellten System M_b direkt zu messen sind.

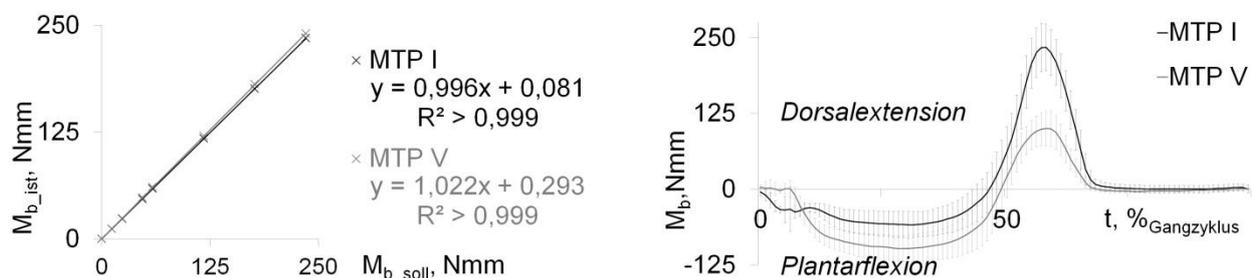


Abb. 1: M_b -Kalibrierung für MTP I und V (links); M_b -Verläufe beim Gehen unter MTP I und V (rechts)

In der Einzelfallstudie (s. Abb. 1, rechts) konnten wechselnde Biegebelastungen proximal MTP I und V detektiert werden. Das Messsystem ermöglicht zudem auch die Erhebung von Torsionsmomenten. Eine deutsche Patentanmeldung ist anhängig.

Quantifizierung der Tretleistungen im Mountainbike Cross-Country

Ulrich Theobald¹

¹Eberhard Karls Universität Tübingen

Schlüsselwörter: Mountainbike, Anforderungsprofil, mobile Leistungsmessung, Intensität

Einleitung

Wettkämpfe in der Radsportdisziplin Mountainbike Cross-Country sind durch die Anforderungen der Wettkampfstrecken im Gelände geprägt von Tretbelastungen mit intervallartigem Charakter. Durch Veränderungen im Regelwerk wurde die Renndauer in naher Vergangenheit drastisch reduziert. Das Profil der Rundkurse ist dabei deutlich ungleichmäßiger geworden. Dies macht eine Aktualisierung der Erkenntnisse zum Anforderungsprofil der Disziplin nötig.

Methode

Die Wettkampfräder der insgesamt zehn männlichen Athleten des Landeskaders U19 Baden-Württemberg wurden mit einem mobilen Leistungsmesssystem (CycleOps „Powertap“) ausgestattet. In einem Feldtest wurde auf einer Strecke aus dem Rennkalender 2012 ein Wettkampf unter realistischen Bedingungen simuliert. Zusätzlich wurden Aufzeichnungen von einem der Probanden aus mehreren nationalen Cross-Country Rennen integriert. Diese Daten wurden zunächst im Hinblick auf die Dauer und die Charakteristik der Tretintervalle untersucht. In einem weiteren Schritt wurde die Intensität der Belastungen quantifiziert.

Ergebnisse

Im Vergleich zu älteren Untersuchungen (Stapelfeldt, 2001) haben sich die Belastungen deutlich intensiviert: mehr als 72% der Belastungsdauer wurde oberhalb der individuellen anaeroben Schwelle der Athleten absolviert. Dabei kristallisierten sich zwei besonders häufig vorkommende Belastungsformen heraus: Intervalle von ca. 3 Min. Dauer, die eine Intensität von etwa 120% der IAS aufweisen (24% der Anzahl aller aufgezeichneten Intervalle, bzw. 67% der gesamten Belastungszeit) sowie Intervalle von ca. 20 Sek. Dauer welche mit bis zu 240% der IAS absolviert werden (49% der Intervalle, bzw. 15% der Zeit).

Diskussion

Die geringe Größe der Stichprobe, das Alter sowie das ausschließlich männliche Geschlecht der Probanden schränken die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein. Die richtungsweisenden Erkenntnisse dieser Arbeit gilt es daher in weiteren Untersuchungen mit männlichen und weiblichen Athleten aus verschiedenen Altersklassen zu überprüfen.

Literatur

Stapelfeldt, B. (2001). Kraft- und Ausdauerleistungen im Mountainbikesport. Universität Freiburg.
Zugriff am

01.11.2012 unter: <http://www.freidok.unifreiburg.de/volltexte/237/pdf/Stapelfeldt.pdf>

Vergleichende aerodynamische Untersuchungen im Beachvolleyball

Chris Beyer¹, Wolf Gawin¹ & Dirk Büsch^{1,2}

¹Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, ²Hochschule für Sport und Gesundheit Berlin

Schlüsselwörter: Aerodynamik, Flattereffekt, Beachvolleyball

Einleitung

Der Flatteraufschlag (Float) im Beachvolleyball soll dem gegnerischen Spieler durch eine nur schwer vorhersehbare Flugbahn des Balls die Annahme erschweren (Buscà et al., 2012). Die Flatterneigung von Bällen wird geschwindigkeitsabhängig hauptsächlich durch das verwendete Material und die Struktur der Oberfläche beeinflusst. Da die Materialeigenschaften des neuen Balls im Beachvolleyball im Vergleich zum Vorgängermodell modifiziert wurden, bestand die Notwendigkeit, die aerodynamischen Charakteristiken des neuen Wettkampfballs zu quantifizieren.

Methode

Für die Messungen wurden das alte Modell *Mikasa VLS 200* und der neue offizielle Spielball *Mikasa VLS 300* im Windkanal Dresden-Klotzsche (NK 1) untersucht. In der Versuchsanlage (Göttinger Bauart mit offener Messstrecke $l = 8$ m, Düsenfläche $A = 10$ m², Turbulenzgrad $TU < 0,5$ %) wurden für verschiedene Ballpositionen Anströmungsgeschwindigkeiten von 9,7 – 30,7 m/s realisiert. Mit den gemessenen Parametern Anströmgeschwindigkeit, aerodynamischer Widerstand, staudruckbezogener Widerstand und Widerstandsbeiwert wurden die theoretische Flugbahn und deren Variationen simuliert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen größere Flugweitenvariationen des neuen Balls und belegen damit eine höhere Flatterneigung. Der Geschwindigkeitsbereich mit dem größten gemessenen c_W -Abfall (Umschlag von laminarer zu turbulenter Umströmung) liegt zwischen 11 – 19 m/s. Das entspricht den Geschwindigkeiten für Float-Aufschläge im Beachvolleyball.

Diskussion

Das Aufschlagtraining sollte in dem ermittelten Geschwindigkeitsbereich durchgeführt werden, um einen möglichst großen Flattereffekt zu erreichen. Dabei sind individuelle Abschlagparameter (Höhe, Geschwindigkeit, Winkel) vorzugeben, die im Training und Wettkampf evaluiert werden sollen.

Literatur

Buscà, B., Moras, G., Peña, J. & Rodríguez-Jiménez, S. (2012). The influence of serve characteristics on performance in men`s and women`s high-standard beach volleyball. *Journal of Sport Sciences*, 30 (3), 269-276.

Session 5

Anatomische und biomechanische Untersuchung der Wirkung von Beckenorthesen bei chronischem Iliosakralgelenk-Syndrom

Odette Soisson^{1,2,3}, Juliane Lube¹, Freddy Sichting³, Hanno Steinke¹, Günther Schlee³, Thomas Milani³, Christoph Josten² & Niels Hammer¹

¹Institut für Anatomie, Universität Leipzig ²Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universität Leipzig ³Bewegungswissenschaften, TU Chemnitz

Schlüsselwörter: Iliosakralgelenk-Syndrom, Beckenorthesen, MRT, EMG

Einleitung

Tiefer Rückenschmerz ist eine häufige Ursache sportlicher Über- oder Fehlbelastung. Eine Sonderform, das Iliosakralgelenksyndrom, ist trotz einer Prävalenz von 25%, in der praktischen Diagnostik und Therapie noch immer unterrepräsentiert. Insbesondere Beckenorthesen werden in der konservativen Therapie eingesetzt. Ihr Wirkungsmechanismus ist jedoch ungeklärt und Gegenstand dieser prospektiven Studie.

Material und Methoden

17 Gesunde und 17 Patienten mit ISG-Syndrom wurden ohne und mit Orthese in unterschiedlichen Kompressionsstufen untersucht. Jeder Untersuchungsgang beinhaltete Magnetresonanztomografien (MRT) des Beckens, Ganganalysen und Oberflächen-EMG (Root Mean Square = RMS als Maß der Muskelaktivität) des Standbeins.

Ergebnisse und Diskussion

Unter Kompression konnte eine im MRT messbare Annäherung der Kreuzbeinspitze an die Schambeinfuge gemessen und mittels EMG eine gesteigerte Aktivität des M. gluteus maximus nachgewiesen werden. Höhere RMS-Werte der Mm. adduktor magnus und rektus femoris wurden ausschließlich bei Patienten gefunden. Probanden hatten verringerte RMS-Werte der Mm. tibialis anterior, gastrocnemius medialis und adduktor magnus. Alle Teilnehmer steigerten durch Einsatz der Orthese die Schrittgeschwindigkeit und -anzahl.

Durch die Kompression der Orthese wird eine im MRT messbare Aufrichtung des Kreuzbeins erzielt und somit eine Stabilisierung des ISG erreicht. Bei Patienten resultiert eine verstärkte Aktivität der auf das Kreuzdarmbeinwirkenden Muskeln. Daraus folgend wird die Sicherheit und Dynamik des Gehens unter Kompression mit Orthese erhöht. Diese Daten sind in der Schmerzreduktion bei Patienten mit ISG-Syndrom begründbar.

Literatur

- Hu, H.; Meijer, O. G.; van Dieën, J. H.; Hodges, P. W.; Bruijn, S. M.; Strijers, R. L. et al. (2010): Muscle activity during the active straight leg raise (ASLR), and the effects of a pelvic belt on the ASLR and on treadmill walking. In *Journal of Biomechanics* 43 (3), pp. 532–539.
- Shadmehr, A.; Jafarian, Z.; Talebian, S. (2012): Changes in recruitment of pelvic stabilizer muscles in people with and without sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test. *Journal of Back Musculoskeletal Rehabilitation* 25 (1), pp. 27–32.

Der Einfluss plantarer Hypothermie auf COP-Parameter unter dynamischen Gleichgewichtsbedingungen

Daniel Schmidt¹, Tobias Heß¹ & Andresa M. C. Germano¹

1 Institut für Sportwissenschaft-Professur Bewegungswissenschaft-Technische Universität Chemnitz

Schlüsselwörter: Gleichgewicht, Hypothermie, COP, Posturomed.

Einleitung

Um die Rolle der Mechanorezeptoren am Gleichgewicht zu untersuchen, wird eine Beeinträchtigung der Fußsohlensensibilität vorgenommen [1]. Daher untersucht diese Studie den Einfluss plantarer Hypothermie auf Gleichgewichtsperturbationen.

Methode

Die Bodenplatte eines Posturomed (Haider Bioswing GmbH, Deutschland) wurde ausgelenkt, wodurch an 52 jungen gesunden Probanden unverhoffte Perturbationen eingeleitet wurden. Auf die Bodenplatte wurde eine Kraftmessplatte (IMM Holding GmbH, Deutschland, 1000 Hz) fixiert, auf welcher wiederum eine Kühlplattform angebracht wurde. Darauf wurden drei randomisierte Versuche stets beidbeinig, bei 25°C und 0 °C und unter jeweils zwei Bedingungen ausgeführt: Entlang (AP) und quer zur Perturbationsrichtung (ML). Folgende COP Parameter wurden analysiert: Total -, AP- und ML Excursions. Diese Parameter wurden stets für 0-100 ms und 101-300 ms post Perturbation (jeweils Intervall 1 und 2) erfasst. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) und folgendem Bonferroni-Test als Post Hoc ($p=0,05$) wurden verwendet.

Ergebnisse

Im Intervall 2 werden die Total Excursions bei beiden Bedingungen nach Hypothermie signifikant geringer. Ebenso sinken AP- und ML Excursions bei jeweils den AP- und ML-Bedingungen signifikant.

Diskussion

Signifikante Unterschiede zeigen, dass analog zu sinkenden plantaren Fußtemperaturen auch die Excursions der COP-Parameter geringer werden. Dies bedeutet, entgegen der Erwartungen, eine Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit [2]. Als Erklärung dazu erscheinen eine Prävalenz anderer sensorischer Inputs oder Lerneffekte als wahrscheinlich. Daher sind weitere Studien nötig, um Einflüsse der verschiedenen sensorischen Inputs zu untersuchen und mögliche Lerneffekte zu minimieren.

Liternatur

- [1] McKeon, P. O., & Hertel, J. (2007). Diminished Plantar Cutaneous Sensation and Postural Control. *Perceptual and Motor Skills*, 104(1), 56–66.
- [2] Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the Control of Posture and Gait: A Review of an Emerging Area of Research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14.

Die Bedeutung der Fußsensorik für den Karatesport

Hennig, Ewald & Cecik, Murat

Biomechanik Labor, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften, Universität Duisburg-Essen

Schlüsselwörter: Belastungswahrnehmung, Fußsensorik, Hypothermie

Einleitung

Im Karatesport werden hohe koordinative Anforderungen an die Gleichgewichtsfähigkeit gestellt. Im Gesamtspektrum propriozeptiver Rückmeldungen an das Gehirn wird die plantare Fußsensorik als wichtig für die Gleichgewichtsfähigkeit eingestuft. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss der Fußsensorik auf die Güte der Wahrnehmung von Belastungsintensitäten zu untersuchen. Ferner wurde die Abhängigkeit zwischen Fußsensibilität und Leistungseinstufung (Graduierung) der Karatesportler analysiert.

Methoden

30 Karatesportler/innen wurden entsprechend ihrer Graduierung den Gruppen Unter- (n=9), Mittel- (n=10) und Oberstufe (n=11) eingeteilt. Mit Hilfe von Semmes-Weinstein Monofilamenten und einem Vibrationsgeber ("Horwell-Neurothesiometer") wurden 6 Stellen unter dem rechten Fuß vermessen. Die Wahrnehmungsschwellen für Berührung und Vibration wurden unter den 6 Hautstellen bestimmt. Die Probanden sollten nach dieser Eingangsmessung in einer Ausfallschrittstellung neun Lastverteilungsstufen einnehmen. Auf Zuruf hatten sie in randomisierter Abfolge die Aufgabe 10%, 20%, 30%, ... bis 90% ihres Körpergewichts auf das vordere "Messbein" zu übertragen. Mit einer "Kistler" Kraftmessplattform wurde das Gewicht auf dem vorderen Bein nach Einnehmen der geforderten Belastungsstufe ermittelt. In einem weiteren Experiment wurden für die 11 Probanden der Oberstufe die gleichen Versuche nach einer 15 minütigen Hypothermie Anwendung (Füße im Eiswasser) wiederholt. Zusätzlich wurden die Wahrnehmungsschwellen für die Vibrations- und Berührungsreize nach der Hypothermieanwendung ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In der Einschätzung der Gewichtsverteilung zwischen den beiden Beinen konnten deutliche und statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen Leistungsgruppen festgestellt werden. Die oberste Leistungsgruppe war am besten in der Lage, ihre Gewichtsverteilung abzuschätzen. Die unterste Leistungsgruppe zeigte die größten Abweichungen von den Lastverteilungsvorgaben. Die Wahrnehmungsschwellen für plantare Druckreize waren für die Probanden der Oberstufe am niedrigsten. Die Wahrnehmungsschwellen für die Vibrationsreize zeigten keine Abhängigkeit von den Leistungsstufen der Karatesportler. Zur Einschätzung der Gewichtsverteilung scheinen die auf statische Reize reagierenden Mechanorezeptoren der Haut wichtiger zu sein. Obwohl die plantaren Wahrnehmungsschwellen für Druck und Vibration bei den Probanden der Oberstufe nach Hypothermie erheblich höher waren, wurden die Lastverteilungsaufgaben genau so gut erfüllt wie mit ungekühlten Füßen. Sehr gute Karatesportler der Oberstufe sind daher in der Lage, auch bei starker Beeinträchtigung der Fußsensorik ihre Gewichtsverteilung durch andere propriozeptive Kanäle gut abzuschätzen.

Identifizierung unterschiedlicher Kontrollstrategien beim Laufen über sichtbare und verdeckte Untergrundänderungen

Roy Müller, Michael Ernst & Reinhard Blickhan

Friedrich-Schiller-Universität, Lehrstuhl für Bewegungswissenschaften, Seidelstraße 20, 07749 Jena

Schlüsselwörter: menschliche Lokomotion, Kontrollstrategien

Einleitung

Wir Menschen laufen bzw. rennen, ohne über jeden Schritt nachzudenken. Trotzdem reagieren wir auf Änderungen der Untergrundhöhe mit vermeintlicher Leichtigkeit. Sehen wir beim Laufen über unebenen Boden die Untergrundänderung, so passen wir unsere globalen und lokalen Beinparameter abgestuft, zum Teil aktiv durch eine veränderte Voraktivierung des *M. gastrocnemius medialis* (GM), an die Störung an (Müller et al. 2010). Die Genauigkeit dieser Anpassung ist dabei an die Wahrnehmung der Hindernisse gebunden. Experimente zum Laufen über Untergrundänderungen unbekannter Tiefe gewähren neue Einblicke in die Kontrollstrategien des Menschen beim Laufen.

Methode

Untersuchungen zum Laufen über sichtbare (0 cm, -5 cm und -10 cm Loch) und verdeckte (0 cm oder -10 cm Loch) Untergrundänderungen (Müller et al. 2012).

Ergebnisse

Unsicher bezüglich des auftretenden Ereignisses erwarten die Läufer einen mittleren Kontakt zwischen 0 cm und -10 cm. Tritt der Läufer in ein verdecktes Loch von -10 cm Tiefe, so bleibt der erwartete Kontaktbeginn zunächst aus. Eine genaue, visuell geleitete Anpassung über die Voraktivierung des GM ist im Vergleich zur entsprechenden gesehenen Situation nicht möglich. Diese ungenau eingestellte Voraktivierung kann dann jedoch durch eine positive Krafrückkopplung während des Bodenkontakts reflektorisch kompensiert werden. Die Folgen dieses Anpassungskompromisses sind in den Bodenreaktionskräften zu beobachten (deutlich erhöhte Stöße zu Kontaktbeginn).

Diskussion

Durch die visuell geleitete Anpassung des Beinaufsatzes kann die dynamische Reaktion des Systems auf das sich ändernde Gelände verbessert werden. Ohne visuelle Rückkopplung erhöhen sich die Stöße, aber die passive Antwort des Systems hilft (inklusive lokaler Rückkopplungen), Unebenheiten zu bewältigen. Die Grenzen dieser unterschiedlichen stabilisierenden Mechanismen sind in Zukunft aufzuzeigen.

Literatur

Müller, R., Grimmer, S., & Blickhan, R. (2010). Running on uneven ground: Leg adjustments by muscle pre-activation control. *Human Movement Science*, 29 (2), 299-310.

Müller, R., Ernst, M., & Blickhan, R. (2012). Leg adjustments during running across visible and camouflaged incidental changes in ground level. *Journal of Experimental Biology*, 215 (17), 3072-3079.

Postersession 2

Biomechanische Analyse ausgewählter Roll- und Gleitsportfertigkeiten – Eine Pilotstudie zur Vorbereitung einer Sportprothesenentwicklung

Andreas Steinke¹, Dietmar Pollmann¹, Herman Boiten² & Thomas Schack¹

¹Universität Bielefeld, ²Ottobock HealthCare GmbH

Schlüsselwörter: Prothetik, Biomechanik, Roll- und Gleitsportarten

Einleitung

Im Rahmen der sportprothetischen Entwicklung ist es von großer Bedeutung, dem amputationsbetroffenen Patienten neue Sportarten zu erschließen. Ein Großteil der Oberschenkelamputierten signalisiert insbesondere für das Inlinerfahren, den Skilanglauf, den alpinen Skisport und das Schlittschuhfahren gesteigertes Interesse (vgl. Dieling, 2009). Ziel der vorliegenden Studie war es, eine gerichtete Prothesenentwicklung, die eine optimierte Ausführung dieser Roll- und Gleitsportarten ermöglicht, vorzubereiten.

Methodik

Zwei Versuchsgruppen, bestehend aus drei unversehrten und drei mit einem C-Leg versorgten Versuchspersonen (VPN), fuhren zwei festgelegte Strecken mit Inlinern ab, während Gelenkwinkelinformationen mit sieben Inertialsensoren (zeitl. Auflösung 60Hz) erfasst wurden. Auf der ersten Versuchsstrecke war der Skatinggrundschrift mit 2,9 m/s und auf der zweiten Versuchsstrecke ein Slalom mit 2,6 m/s Fahrgeschwindigkeit gefordert.

Ergebnisse

Beim Skatingschrift ergaben sich signifikant kleinere Bewegungsamplituden (=Differenz von minimaler zu maximaler Flexion) in Knie-, Sprung und Hüftgelenk für die amputierten Probanden, $p=,05$. Zudem zeichnete sich die Fahrtechnik dieser Versuchsgruppe durch kleine, schnelle und asymmetrische Schritte aus, die nur zu schwachem Vortrieb führten. Auch bei der Durchführung des Slaloms zeigten die amputationsbetroffenen VPN insbesondere im prothetischen Kniegelenk sehr geringe Bewegungsamplituden.

Diskussion

Zukünftige Prothesenmodelle müssen insbesondere das Nachvorneführen der Prothese im Anschluss an die Abstoßphase vereinfachen, einen effektiven Einsatz des unversehrten Beines ermöglichen und eine höhere Bewegungsamplitude im Sprunggelenk erlauben, um die Ausführung des Skatingschrifts zu optimieren. Hinsichtlich des Slaloms wird zudem eine grundlegend tiefe Ausgangsposition (20° Flexion im Kniegelenk) empfohlen.

Literatur

Dieling, S. (2009). Entwicklung technischer Konzepte für eine Sport- und Freizeitprothese auf Basis des Kniegelenks 3R80 aufbauend auf einer Bedürfnisanalyse. Hamburg: Hochschule für angewandte Wissenschaften.

Neue Belastungsparameter zum Einfluss der Ballenrolle auf den Vorfuß

Anja-Katharina Vogelbusch, Thomas Stief, Klaus Peikenkamp
Fachhochschule Münster

Schlüsselwörter: Biegemoment, Torsionsmoment, Vorfußentlastung, betois

Einleitung

Zur Entlastung des Fußes bei orthopädischen Erkrankungen, wie z.B. dem diabetischen Fußsyndrom, werden in der Praxis unter Anderem Ballenrollen verwendet. Ihr Wirkungsnachweis durch Messung der plantaren Druckverteilung wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Das neu entwickelte Messsystem *betois* ermöglicht erstmals die Bestimmung von Biege- und Torsionsbelastungen des Fußes im Schuh. In dieser Studie wird ermittelt, wie sich Biege- (M_b) und Torsionsmomente (M_t) an den Metatarsalköpfchen I (MTP I) und V (MTP V) durch eine Ballenrolle verändern. Die Einflüsse werden beim Gehen und Laufen (kurzzeitig erhöhte Aktivitäten, wie z.B. ein Sprint zum Bus) erhoben.

Methode

Mit einem randomisiert, kontrollierten Studiendesign wurden 2 Fortbewegungsarten (Gehen/Laufen) und 2 Schuhbedingungen (mit Ballenrolle (wR) und ohne Ballenrolle (woR)) unter selbst gewählter Laufbandgeschwindigkeit (OrthoCallis, Sprintex) bei 15 Probanden (m/w, ohne orthopädische Erkrankungen) untersucht. Es wurde ein neutrales Schuhmodell (Samba, adidas) verwendet. Die Messungen erfolgten mit einem Innensohlenmesssystem zur Ermittlung von Biege- und Torsionsbelastungen (*betois*, Labor für Biomechanik der FH-Münster) des Fußes im Schuh. Folgende Parameter wurden über 30 Doppelschritte erhoben und gemittelt: M_{b_max} (Plantarflexion), M_{b_min} (Dorsalextension), M_{t_max} (Innenrotation), M_{t_min} (Außenrotation) sowie die Differenz zwischen Maxima (pos. Vorzeichen) und Minima (neg. Vorzeichen) der Biege- und Torsionsbelastungen (q_b , q_t) an MTP I und V.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1 zeigt, an Hand eines Probanden (m, 75 kg), dass durch eine Ballenrolle die gesamte Biegebelastung (q_b) auf MTP I und V verringert wird. Bei MTP I wird die Belastung in Plantarflexion, bei MTP V die Belastung in Dorsalextension, um mehr als die Hälfte verringert. Die gesamte Belastung auf MTP I wird um 12 %, die auf MTP V um 29% verringert.

Tab. 1 Ergebnisse eines Probanden. Negatives Δ stellt Verringerung der Belastung durch wR dar.

Bedingung	Biegung MTP I [Nmm]			Biegung MTP V [Nmm]		
	M_{b_max}	M_{b_min}	q_b	M_{b_max}	M_{b_min}	q_b
woR	231 ±12	-50 ±20	281 ±20	167 ±27	-68 ±18	235 ±27
wR	229 ±9	-19 ±14	248 ±14	68 ±14	-99 ±17	167 ±17
$\Delta_{wR,woR}$	-1%	-62%	-12%	-59%	45%	-29%

Obwohl Dorsalextensions- und Plantarflexionsbelastungen an MTP I und V keine eindeutigen Ergebnisse aufweisen, zeigt sich bei dem hier vorgestellten Probanden insgesamt eine Verringerung der Wechselbelastung durch eine Ballenrolle. Die Ergebnisse aller Probanden werden beim Kongress vorgestellt.

Schussgeschwindigkeit im Fußball - beeinflussende Faktoren

Christian Mitschke¹, Carolin Horn¹

¹ Professur Bewegungswissenschaft - Technische Universität Chemnitz

Schlüsselwörter: Schussgeschwindigkeit, Fußball, Spielerfahrung, Alter, Geschlecht

Einleitung

Wie verschiedene Studien zeigen, wird die Schussgeschwindigkeit (V) im Fußball von vielen Faktoren, wie z. B. Geschlecht [1] und Alter [2], beeinflusst. Die vorliegende Studie soll verschiedene Faktoren beim Vergleich der V berücksichtigen sowie prüfen, inwieweit bestimmte Gruppen in verschiedene Geschwindigkeitsbereiche unterscheiden können.

Methode

An der Studie nahmen insgesamt 52 Probanden beider Geschlechts im Alter von 13 bis 27 Jahren teil. Die Probanden sollten mit Innenseite (IS) und Vollspann (VS) in der vorgegebenen Reihenfolge der Intensitäten 100, 50 und 75% ihrer maximalen Schusskraft aus 11 Metern auf das Tor schießen. Die Reihenfolge der Schusstechniken wurde randomisiert.

Ergebnisse

Männer weisen sowohl beim IS, als auch beim VS signifikant größere V auf als Frauen. Die Spielposition hat ausschließlich beim VS einen Einfluss auf die V. Junioren (unter 18 Jahren) schießen bei beiden Techniken sig. langsamer als Senioren. Der Vergleich der beiden Techniken miteinander ergibt für die maximalen V sig. Unterschiede für alle untersuchten Gruppen. Die Unterschiede der V in Abhängigkeit zur Spielerfahrung können der Tabelle 1 entnommen werden. Alle untersuchten Gruppen können beim VS und IS zwischen den geforderten Intensitätsbereichen der V unterscheiden.

Tab 1: Schussgeschwindigkeitsunterschiede in Abhängigkeit zur Spielerfahrung (p-Werte)

Technik	Vollspannstoß			Innseitstoß		
	< 8	zw. 8 - 14	> 14	< 8	zw. 8 - 14	> 14
Erfahrung in Jahren						
< 8	-	0.01	0.00	-	0.111	0.001
zw. 8 - 14	0.01	-	0.645	0.111	-	0.200
> 14	0.00	0.645	-	0.001	0.200	-

Diskussion

Die sig. geringeren V beim VS der Spieler mit < 8J. Erfahrung erklären sich wohl in der Ausführungsschwierigkeit der Technik VS. Beim etwas einfacher ausführbaren IS sieht man, dass die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen zwei benachbarten Klassen nicht mehr existieren. Hier scheint der Faktor Kraft die dominierende Größe zu sein. Die Aussagen von LUHTANEN (Zunahme der V im Alter) und BARFIELD (Geschlechtsspezifische Unterschiede bei V) können bestätigt werden.

Literatur

- [1] Barfield, W. R.; Kirkendall, D. T.; Yu, B. (2002). Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*. 1. (S. 72 – 79).
- [2] Luhtanen, P. (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in junior soccer players. In T. Reilly; A. Lees; K. Davids; W.J. Murphy (Hrsg.). *Science and Football*. (S. 441 – 448).

Subjektive Einschätzung der Relevanz spezifischer Eigenschaftsausprägungen von Golfschuhen von Amateuren und Professionals im Golfsport

Joachim Frank Seidel, Günther Schlee, Thomas L. Milani

Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften, Technische Universität Chemnitz

Einleitung

Die funktionellen Eigenschaften eines Sportschuhes sind wichtig für die Leistung der jeweiligen Sportart (Kunde 2010). Dazu zählen sowohl die Materialeigenschaften (Martin et al. 2001) sowie die subjektive Beurteilung dieser durch die Sportler. Trotz dieser Erkenntnisse sind die wichtigsten funktionellen Komponenten eines Golfschuhes noch nicht bekannt. Demnach hat diese Studie zum Ziel, die relevanten Eigenschaften von Golfschuhen anhand eines Fragebogens zu identifizieren.

Methodik und Verfahrensweise

142 Amateurspieler (Alter: $47,6 \pm 12,7$ Jahre, Körpergröße: $178,5 \pm 8,9$ cm, Gewicht: $81,1 \pm 14,7$ kg, Schuhgröße: $42,1 \pm 2,4$ EU) und 134 Professionals (Alter: $30,9 \pm 10,8$ Jahren, Körpergröße: $181,6 \pm 7,5$ cm, Gewicht: $80,1 \pm 12,0$ kg, Schuhgröße: $43,2 \pm 2,0$ EU) beider Geschlechter nahmen an der Studie teil. Die online durchgeführte Spielerbefragung bestand aus 15 Fragen zu verschiedenen Eigenschaften von Golfschuhen. Die Befragten sollten die Relevanz jeder Eigenschaft bewerten und durch die Vergabe der Zahlen 1 bis 5 die Eigenschaften bestimmen, die ihnen subjektiv am wichtigsten erscheinen. Die Antworten wurden Anhand ihrer absoluten und relativen Häufigkeiten ausgewertet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Ausprägung der Eigenschaft „Passform“. Sowohl Amateure (33 %) als auch Professionals (32 %) geben diese als Wichtigste von den 15 wählbaren Eigenschaften an. Bei den Amateuren werden die Wasserdichte (15%) und das Schuhklima (10%) als zweit- bzw. dritt wichtigste Eigenschaften genannt. Die Professionals favorisieren Stabilität (16%) und Wasserdichte (15%) als zweit- bzw. dritt wichtigsten Faktor.

Diskussion

Die Ergebnisse der Studie zeigen deutlich, dass die Passform die wichtigste funktionelle Eigenschaft eines Golfschuhes ist und bestätigen insofern aktuelle Literaturhinweise (Kunde 2010), wie sie für Laufschuhe vorliegen. Es existieren bei den weiteren Faktoren Differenzen zwischen dem Antwortverhalten von Amateuren zu dem der Professionals und liefert damit wertvolle Hinweise für die spielerniveauabhängige Golfschuhentwicklung. Da optimale Leistungen im Sport auch abhängig von dem Material des Spielers sind (Martin et al. 2001), liefert diese Studie wesentliche Erkenntnisse, die in der funktionellen Entwicklung von Golfschuhen eingesetzt werden sollten.

Literatur

- Kunde, Sabrina (2010): Bewegungswissenschaftliche Objektivierbarkeit von funktioneller Passform am Beispiel des Laufschuhs. Technische Universität Chemnitz.
- Martin, Dietrich/Carl, Klaus/Lehnertz, Klaus (2001): Handbuch Trainingslehre. Hofmann Verlag, Schorndorf.

Die Abhängigkeit der Muskelkraft von der Kontraktionsgeschichte

Kay Leichsenring¹, Tobias Siebert¹, Markus Böl², Reinhard Blickhan¹

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena, ² Technische Universität Carolo-Wilhelmina Braunschweig

Schlüsselwörter: Muskelphysiologie, *M. soleus*, Kaninchen, History Effekte

Einleitung

Die Geschichts-Abhängigkeit der Muskelkraft (History Effekte) kann mit den gängigen Modellvorstellungen (Hill-Typ oder Huxley-Typ Muskelmodelle) nicht erklärt werden. Unter History Effekten werden zwei Phänomene zusammengefasst. Einerseits erzeugen Muskeln infolge einer Verkürzungskontraktion weniger Kraft als bei isometrischen Kontraktionen mit gleicher Muskellänge (Force Depression, FD). Andererseits überschreiten Muskelkräfte nach aktiver Dehnung (Force Enhancement, FE) die isometrisch bei dieser Länge gemessenen Kräfte. Für das Verständnis sowie die Modellierung dieser Effekte sind Experimente zu deren Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Muskellänge notwendig.

Methoden

Mittels *in situ* Experimenten am isolierten *M. soleus* des Kaninchens wurde der Einfluss der Geschwindigkeit (5, 10 und 20 mm/s) auf die History Effekte bestimmt. Zudem wurde untersucht, ob sich der exzentrische Kraftanstieg während der aktiven Dehnung in unterschiedlichen Bereichen der Kraft-Längen Relation des Muskels ändert.

Ergebnisse

FE ist unabhängig von der Dehnungsgeschwindigkeit. Im Gegensatz dazu nimmt FD mit zunehmender Verkürzungsgeschwindigkeit ab. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass FE- Effekte bei gleicher Muskellängenänderung ($10,2 \pm 2,7\%$) doppelt so groß sind wie FD- Effekte ($5,7 \pm 1,4\%$). Die exzentrischen Kraftanstiege während aktiver Dehnungen auf dem ansteigenden und absteigenden Ast der Kraft-Längen Kurve des Muskels sind etwa gleich.

Diskussion

Die ermittelten Ergebnisse zur Untersuchung der Geschwindigkeitsabhängigkeit von FE und FD beim *M. soleus* des Kaninchens stimmen mit Literaturstudien zu anderen Muskeln überein. Die beobachtete Unabhängigkeit des exzentrischen Kraftanstiegs von der Muskelausgangslänge konnte von Till *et al.* (2008) ebenfalls für den *M. gastrocnemius* der Ratte nachgewiesen werden. Als möglicher Erklärungsansatz wird die Rekrutierung einer aktivierungsabhängigen Titin- Feder diskutiert (Rode *et al.* 2009). Die Ergebnisse tragen zu einem besseren Verständnis der Geschichtsabhängigkeit bei und können zur Bestimmung muskelspezifischer Modellparameter verwendet werden.

Literatur

- Rode, C., Siebert, T., & Blickhan, R. (2009). Titin-induced force enhancement and force depression: a 'sticky-spring' mechanism in muscle contractions? *J Theor Biol*, 259(2), 350-360.
- Till, O., Siebert, T., Rode, C., & Blickhan, R. (2008). Characterization of isovelocity extension of activated muscle: a Hill-type model for eccentric contractions and a method for parameter determination. *J Theor Biol*, 255(2), 176-187.

Kann die kinematische Reaktion auf eine Störung zur Identifizierung des chronischen Rückenschmerzes genutzt werden?

MARTIN GÖTZE, MICHAEL ERNST UND REINHARD BLICKHAN

Friedrich-Schiller-Universität, Lehrstuhl für Bewegungswissenschaften, Seidelstraße 20, 07749 Jena

Schlüsselwörter: Störexperiment, kinematische Reaktion, chronischer Rückenschmerz

Einleitung

Lediglich bei 15 % von chronischen Rückenschmerzpatienten kann eine spezifische klinische Ursache für den Grund der Schmerzen gefunden werden (Hicks et al., 2002). Maßgeblich für diese geringe Aufklärungsrate sind unter anderem die noch fehlenden Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung des chronischen Rückenschmerzes. Eine Möglichkeit diese zu untersuchen und dabei Einblicke in systemdynamische Prozesse und Kompensationsmechanismen zu erhalten, bieten Störexperimente. Ziel dieser Untersuchung ist es, neben den von Puta (2007) identifizierten verzögerten Reflexen bei chronischen Rückenschmerzpatienten, kinematische Unterschiede in der Bewegungsreaktion, zu identifizieren und zur Klassifizierung von Rückenschmerzpatienten zu nutzen.

Methode

Während einer plötzlich am Arm applizierten Zugstörung, wurden die Extrema verschiedener Körperpunkte erfasst und auf statistische Unterschiede von 11 männlichen chronischen Rückenschmerzpatienten und 31 männlichen Kontrollprobanden geprüft. Zur Klassifizierung von Rückenschmerzpatienten wurde eine Diskriminanzanalyse mit den extrahierten Bewegungsvariablen durchgeführt.

Ergebnisse

Es wurden Unterschiede in der Bewegungsantwort zwischen den Probandengruppen identifiziert, die eine Diskriminierung mit einer Vorhersagekraft von über 90 % der Gruppenzugehörigkeit ermöglicht. Auch beim Ausschluss von bis zu sechs zufällig ausgewählten Probanden, zur Erstellung der Diskriminante, blieb die Prognosewahrscheinlichkeit nahezu identisch.

Diskussion

Die gefundenen Ergebnisse bekräftigen den potenziellen Zusammenhang zwischen der Bewegungsreaktion und den verzögerten Reflexen bei Probanden mit chronischen Rückenschmerzen (Puta, 2007). Zudem können sie für den Entwurf eines zukünftigen Diagnosetools, sowohl zur Identifizierung als auch zur Prävention von chronischen Rücken-schmerzen, beitragen.

Literatur

Hicks, G., Duddlestone, D., Russell, L., Holman, H., Shepherd, J. & Brown, C. (2002). Low back pain. *Am J Med Sci* 324, 207-211.

Puta, C. (2007). *Zur reflektorischen Kontrolle des Rumpfes bei externen Störungen im aufrechten Stand*. Dissertation, Jena, Friedrich-Schiller-Universität.

Bewegungsquantifizierung im Krafttraining anhand kinematischer Messungen

Niklas Brown¹, Niklas Hellmann¹, Wilfried Alt¹

¹Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

Schlüsselwörter: Beschleunigungsmessung, Krafttraining, Trainingsquantifizierung

Einleitung

Die objektive Bestimmung der Trainingsparameter im Krafttraining ist eine entscheidende Voraussetzung, um Krafttraining auf der Beanspruchungsebene quantifizieren zu können (Brown et al., 2012). Hierzu gibt es bisher keine zufriedenstellenden Methoden. Chang et al. (2007) verwendeten zwei Sensoren, um eine Übungserkennung durchzuführen und anhand dieser Wiederholungszahlen in der Hauptachse der Bewegung zu bestimmen. Die Methode erreichte hohe Zuverlässigkeit, jedoch ist sie nicht in die alltägliche Trainingspraxis integrierbar. Die vorliegende Studie untersucht die Verwendung eines Beschleunigungssensors zur Bestimmung der Wiederholungszahl durch einen signalverarbeitenden Algorithmus.

Methode

Die Validität des Algorithmus wurde bei 11 männlichen Probanden (Alter= 24.8 ± 0.6 Jahre, Größe = 180.8 ± 10.0 cm, Gewicht = 75.3 ± 7.1 kg) überprüft. Die Probanden führten 10 unterschiedliche Trainingsübungen bei 8-12 Wiederholungsmaxima durch. Die Beschleunigungswerte wurden mit einem 3-achsigen Beschleunigungssensors (Xsens Mtx) am rechten Handgelenk ermittelt. Die Kontrolle der berechneten Wiederholungen erfolgte mittels Videoanalyse.

Ergebnisse

Nach subjektiver Signalanalyse wurden 90 von 110 Trainingsübungen in die Analyse inkludiert. Dabei wurden 86.7% der Übungen korrekt durch den Algorithmus bestimmt. Die fehlerhaften Werte wiesen im Mittel eine Abweichung von $35.3 \pm 31.1\%$ auf. In der Regel, wurden durch den Algorithmus zu viele Wiederholungen gezählt (91.7%). Die meisten Fehlberechnungen waren bei der Übung Bankdrücken zu beobachten (60.0%).

Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt, dass auch mit nur einem Beschleunigungssensor Bewegungsquantifizierung mit hoher Genauigkeit möglich ist. Jedoch waren die Fehlberechnungen hauptsächlich bei einzelnen Übungen zu beobachten, was eine Modifikation des Algorithmus erfordert.

Literatur

- Brown, N.; Bubeck, D. & Alt, W. (2012). Objective Quantification of training intensity in resistance training- a new approach. J Strength Cond Res, submitted.
- Chang, K.H.; Chen, M.Y. & Canny, J. (2007). Tracking Free-Weight Exercises. Computer Science, 4717, 19-37.

Kann man nach einer Ganzkörpervibration genauere Elfmeter schießen?

Nina Völkel¹, Alexis Brinkemper², Gerrit Schwiertz¹, Ewald M. Hennig¹

¹Biomechanik Labor, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften, Universität Duisburg-Essen,

²Deutsche Sporthochschule Köln

Schlüsselwörter: Ganzkörpervibration, Schussgenauigkeit

Einleitung

Vibrationstraining bekommt einen immer größeren Stellenwert im Sport. Neben dem Einsatz für das Krafttraining sind auch Verbesserungen von koordinativen Fähigkeiten bei Sportstudenten nach Ganzkörpervibrationen (GKV) festgestellt worden (Völkel und Hennig, 2012). Diese Verbesserungen betrafen das Gleichgewichtsvermögen beim Stehen, präzisere Zielsprünge und eine verbesserte Handkoordination. In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob auch komplexere Bewegungsvorgänge, wie das Erzielen einer guten Präzision bei Fußballschüssen, durch GKV beeinflusst werden kann.

Methode

14 männliche Fußballspieler (Alter $26,9 \pm 6,2$ Jahre) nahmen an der Studie teil. An zwei Testtagen (Kontrolle und Vibration) erfolgte zunächst eine 5-minütige Erwärmung auf einem Fahrradergometer. Zunächst wurden 10 Probeschüsse mit den eigenen Fußballschuhen auf das 8 m entfernte elektronische Target (Radius 60 cm, Targethöhe vom Boden zum Mittelpunkt 1,15m) ausgeführt. Unter der Vorgabe einer möglichst guten Schussgenauigkeit (SG) führten die Probanden danach 50 Zielschüsse auf das Target aus. Nach jeweils 10 Schüssen erfolgte eine Pause, um Ermüdungsphänomene zu reduzieren. Danach erfolgte das Treatment in Form einer 2-minütigen GKV mit 5 Hz (Vibration) oder mit 0 Hz (Kontrolle). Anschließend wurde eine Wiederholung der SG-Messung (50 Schüsse) durchgeführt. Die Reihenfolge der Treatments wurde über die 2 Testtage randomisiert.

Ergebnisse

Bei der Kontrollbedingung nahm die SG nach dem Treatment um 0,78 cm zu und bei der Vibrationsbedingung mit 5 Hz um 0,85 cm ab. Beide Veränderungen waren jedoch statistisch nicht signifikant. Die mittlere Schussabweichung vom Zentrum betrug 45,58 cm.

Diskussion

Die Verbesserungen der koordinativen Fähigkeiten in unseren früheren Studien beziehen sich auf relativ einfache motorische Aufgaben. Bei der Auswertung der Daten fiel auf, dass eine erhebliche intraindividuelle Variation der SG bei den 50 Schusswiederholungen vorhanden war. Das Erzielen einer guten SG ist eine sehr komplexe motorische Aufgabe, die zu erheblichen Abweichungen in der Zielbewegung führen kann. Interessant wäre eine Wiederholung dieser Studie mit hochklassigen Spielern, die eine bessere Reproduzierbarkeit ihrer Schüsse erzielen.

Literatur

Völkel, N. und Hennig, E.M (2012). Whole-Body Vibration Improves the Accuracy of Motor Performance. Sports Medicine & Doping Studies, S7:001. doi: 10.4172/2161-0673.S7-001

Einfluss alpiner Skischuhe auf die Fußsensibilität

Robert Hecht¹

¹Technische Universität Chemnitz

Schlüsselwörter: Skischuh, Fußsensibilität, Vibrationsreizschwelle

Einleitung

Die Qualität der Bewegung im alpinen Skisport ist besonders von der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit abhängig (Spitzenpfeil & Mester, 1997). Grundlegend wird diese durch die sensomotorische Regulationsfähigkeit plantarer Fußareale bestimmt (Nurse & Nigg, 2001). Bis dato existieren jedoch keine Erkenntnisse inwieweit der Skischuh die Reizwahrnehmung beeinflusst und ob eine Abhängigkeit vom Modell existiert.

Methode

Zur Beurteilung der Fußsensibilität wurde die wahrnehmbare Vibrationsreizschwelle plantarer Mechanorezeptoren unter Nutzung zweier verschiedener Schuhe (RS, KS) in Anlehnung an Schlee et al. (2009) gemessen. Die Datenerhebung erfolgte mit geschlossenem und mit geöffnetem Schuh.

Ergebnisse

Beim Vergleich der beiden Schuhe zeigt sich ein signifikanter ($p=0,003$) Unterschied in den wahrgenommenen Vibrationsreizschwellen (Abb.1). Mit dem in der Leistenbreite engeren (RS) ist die Schwelle gegenüber dem breiteren Schuh (KS) geringer. Bei geöffnetem Schuh (RSo/KSo) ist die Schwelle nur beim RS-Schuh signifikant ($p=0,005$) geringer.

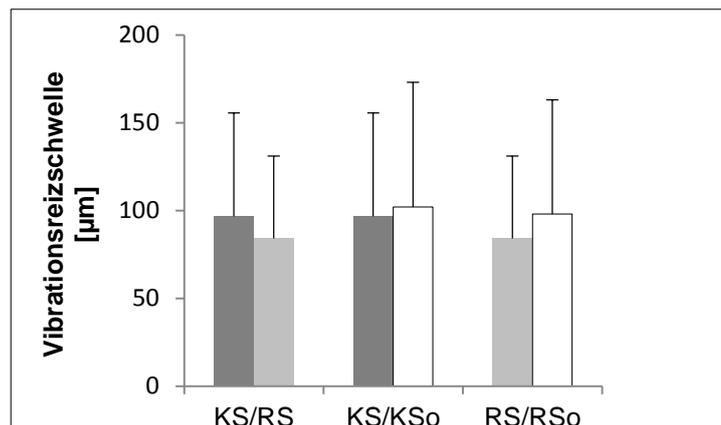


Abb. 1: Vibrationsreizschwellen verschiedener Bedingungen

Diskussion

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Sensibilität Vibrationsreize wahrzunehmen durch das Schuhmodell beeinflusst wird. Die Informationsaufnahme von Vibrationsreizen ist mit dem in der Breite engeren Schuh verbessert. Für den Einsatz in der Praxis scheint dieser daher günstiger, da durch die erhöhte Reizsensibilität plantarer Fußareale Regulationsprozesse positiv beeinflusst werden könnte. Untermuert wird dies zudem durch die verbesserte Wahrnehmung bei geschlossenem Schuh.

Literatur

- Nurse, M.A. & Nigg, B.M. (2001). The Effect of Changes in foot sensation on plantar pressure and muskel activity. *Clinical Biomechanis*, 16, 719 – 727.
- Schlee, G., Sterzing, T. & Milani, Th.L. (2009) Effects of Footware on plantare foot sensitivity: a study with Formular 1 shoes. *European Journal of Applied Physiology*, 106, 305 – 309.
- Spitzenpfeil, P. & Mester, J. (1997). Carving und Fahrtechnik – Aspekte der biologischen Regulation. *Sportverletzung Sportschäden*, 11, 134 – 136.

Neue Ansätze für aerodynamische Fragestellungen im Skispringen

Sascha Kreibich¹, Ralf Gollmick² & Sören Müller¹

¹Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig (IAT), ²Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten Berlin (FES)

Schlüsselwörter: Skispringen, Aerodynamik, CFD-Simulation, Luftkräfte

Einleitung

Aerodynamische Fragestellungen sind in der Skisprungforschung von wesentlicher Bedeutung. Der heutige Erkenntnisstand zu zweckmäßigen Flughaltungen basiert maßgeblich auf Untersuchungen im Windkanal mit Springermodellen. Derartige Untersuchungen sind jedoch mit einem sehr hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden und liefern zunächst nur allgemeingültige Ergebnisse. Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der numerischen Strömungssimulation Computational Fluid Dynamics (CFD) im Skispringen als zukünftigen Forschungsansatz neben empirischen Untersuchungen im Windkanal.

Methode

Das Springermodell des IAT Leipzig (Kreibich, Schleichardt, Müller & Mahnke, 2008) wurde am FES Berlin in einer praxistypischen Flughaltung mit dem Laser-Tracker der Fa. Leica gescannt und ein Polygonnetz aus drei Millionen Punkten als Modell erstellt. Auf einem 64 Bit Linux Cluster wurde das Modell mittels CFD-Simulation berechnet (Abb. 1). Als Parameter wurden die Luftkräfte Auftrieb und Widerstand einer im Windkanal durchgeführten Messreihe bestimmt und mit den im Windkanal ermittelten Daten verglichen.

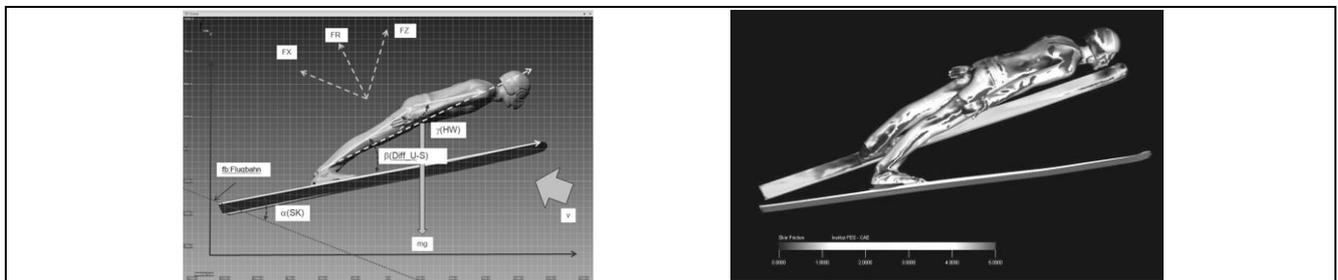


Abb. 1. Definierte Flugparameter im Skispringen (links) und Strömungsverhalten am CFD-Modell (rechts)

Ergebnisse

Die Luftwiderstandswerte der CFD-Simulation sind mit den Windkanaldaten sehr gut vergleichbar. Die Abweichungen liegen in Abhängigkeit des Anströmwinkels im Mittel bei <5% und damit im Fehlerbereich der Simulation für den Widerstand. Die Auftriebswerte weisen im Mittel mit über 10% eine größere Differenz zu den Windkanaldaten auf. Ursachen dafür werden in den unbekanntem Einflüssen der Haltevorrichtungen im Windkanal gesehen und bedürfen weiterer Aufklärung.

Literatur

Kreibich, S., Schleichardt, A., Müller, S. & Mahnke, R. (2008). Ergebnisbericht zur Erprobung des neuen Skispringermodells (SMF4 „Windfried“) durch Testuntersuchungen im Windkanal Dresden-Klotzsche im Mai 2008. Leipzig: IAT, interner Ergebnisbericht.

Der Einfluss der Reduzierung plantarer Fußtemperatur auf die Wahrnehmung der Intensität von Stoßbelastungen

Ute Hermann¹, Andresa M. C. Germano¹

¹ Professur Bewegungswissenschaft-Institut für Sportwissenschaft-Technische Universität Chemnitz

Schlüsselwörter: Wahrnehmung, Hypothermie, Größenschätzmethode.

Einleitung

Sensibilitätsverluste an der Fußsohle können Einfluss auf das Gleichgewicht, die Körperhaltung und die Steuerung von Bewegungsabläufen haben. Daher untersucht diese Studie den Einfluss einer Fußsohlenhypothermie auf die Wahrnehmung von Stoßbelastungsintensitäten sowie auf die Reaktionskraft beim Auftreffen eines Hammers.

Methode

Aus sechs definierten Winkeln wurde ein Hammer auf die Ferse 52 gesunder Probanden bei zwei Temperaturstufen (25°C und 0°C) fallen gelassen. Die Stoßbelastung wurde auf einer offenen Skala subjektiv im Vergleich zu einem zuvor gegebenen Referenzwert eingeschätzt [1]. Ein Kraftaufnehmer erfasste die Reaktionskraft beim Auftreffen des Hammers. Der Wilcoxon-Test mit $p=0.05$ wurde verwendet.

Ergebnisse

Tab. 1. Geometrische Mittel der Wahrnehmung und Kraft (\pm SD) bei 25°C und 0°C. * $p < 0.05$

Winkel	20°		40°		60°		80°		100°		120°	
Temp. (°C)	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0
Wahr.	9,1*	6,9*	25,7	23,6	49,2	47	63,8	66,4	78,8	82	88,4*	94,4*
Kraft (N)	19.4	19.6	58.2	58.9	112.9	112.9	171.3	164.9	208.5	212.8	249.1	252.0
\pm SD	\pm 6.6	\pm 6.7	\pm 21.9	\pm 22.6	\pm 44.3*	\pm 47.1*	\pm 67.0	\pm 64.1	\pm 89.2	\pm 92.9	\pm 126.4	\pm 128.5

Diskussion

Nach der Hypothermie verringerte sich die subjektive Wahrnehmung bei geringen Stoßbelastungen, wohingegen bei hohen Belastungen eine Wahrnehmungssteigerung eintrat. Die Wahrnehmungsänderung stimmt mit bisherigen Erkenntnissen überein [2]. Die Spitzenkraftwerte zeigen keine relevanten Unterschiede zwischen den Bedingungen. Für die verschiedenen Winkel konnte eine Inter-Proband-Variation gezeigt werden. Die Dämpfungseigenschaften des Fersenfettpolsters könnten dabei Einfluss auf die verschiedenen Kraftwerte haben. Weitere Studien sollen den Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Parametern klären.

Literatur

- [1] Stevens, S. S. (1971). Issues in psychophysical measurement. *Psychological Review*, 78(5), 426–450.
- [2] Schlee, G., Sterzing, T., & Milani, T. L. (2009). Foot sole skin temperature affects plantar foot sensitivity. *Clinical Neurophysiology*, 120(8), 1548–1551.

Session 6

Biomechanische Effekte von Beckenorthesen auf die Kompression des Beckenrings

Freddy Sichting¹, Jerome Rossol², Odette Soisson^{1,2}, Thomas Milani¹ & Niels Hammer²

¹Technische Universität Chemnitz, ²Universität Leipzig

Schlüsselwörter: Bänder, Beckenorthese, FE-Simulation, ISG, sportliche Überlastung

Einleitung

Der tiefe Rückenschmerz ist eine häufige Folge sportlicher Überlastung. Das Zusammenspiel von Bändern und Bewegung im hinteren Beckenring ist kaum erforscht. Dennoch liegen hierin mögliche Ursachen von Erkrankungen des Kreuzdarmbeingelenks (ISG). Beckenorthesen finden in der Therapie des ISG-Syndroms bereits breite Anwendung. Dennoch sind die von ihnen ausgehenden Effekte nur unzureichend erklärt. Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der Wirkung von Beckenorthesen auf den osteoligamentären Beckenring mithilfe der Finiten Elemente Methode (FE).

Material und Methoden

Ein FE-Modell eines männlichen Beckens wurde modelliert. Knöcherne Strukturen, die Symphyse, die ISG sowie die an den Beckenring angrenzenden Wirbelkörper und Hüftgelenke wurden integriert. Die Morphometrien und mechanischen Eigenschaften der Bänder des Beckenrings wurden auf Grundlage begleiteter anatomischer und mechanischer Untersuchungen in das FE-Modell implementiert. Zusätzlich wurden in-vivo Druckverteilungsmessungen zur Abschätzung der Kompression der Beckenorthese durchgeführt. Im FE-Modell erfolgte anschließend die Untersuchung der Bewegung und Verformung des osteoligamentären Beckenrings ohne und mit Kompression durch eine Beckenorthese.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der Studie konnte ein FE-Modell des Beckenrings entwickelt werden, welches die durch Bandstrukturen geführte dreidimensionale Nutationsbewegung des ISG zeigt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die vom Beckengurt verursachte Kompression eine Kontranutation des ISG einleitet und somit die physiologische Nutation um bis zu 50% einzuschränken vermag. Dieser Effekt spiegelt sich auch in der Beanspruchung der an der Nutation beteiligten Bänder wieder: Die Dehnung der Bänder des hinteren Beckenrings wurde um bis zu 25% verringert. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass durch Kompressionsgürtel Schmerzzustände am ISG infolge sportlicher Überbelastung behandelt oder möglicherweise verhindert werden können.

Literatur

- Arumugam, Milosavljevic et al.: Effects of external pelvic compression on form closure, force closure, and neuromotor control. *Man Ther* 2012
- Mens, Damen et al.: The mechanical effect of a pelvic belt in patients with pregnancy-related pelvic pain. *Clin Biomech* 2006
- Pel, Spoor et al.: Biomechanical model study of pelvic belt influence on muscle and ligament forces. *J Biomech* 2008
- Vleeming, Schuenke et al.: The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *J Anat* 2012

Zum Einfluss von Augmented Feedback auf die Gangstabilität

Daniel Hamacher¹, Dennis Hamacher¹, Lutz Schega¹

¹Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Schlüsselwörter: Augmented Feedback, Gangschulung, lokale dynamische Stabilität

Einleitung

Augmented Feedback wird in der Gangschulung zur Korrektur des Gangbildes bei unterschiedlichen Krankheitsbildern, z. B. nach totalendoprothetischer Versorgung des Hüftgelenks (Schega et al., 2011), eingesetzt. Aktuelle Befunde in der Literatur belegen jedoch, dass die bezweckte Beeinflussung elementarer Charakteristika des Gangs zu einer Reduktion der lokalen dynamischen Stabilität (LDS) des Thorax führen kann. Die verminderte Stabilität von Thorax- und Beckentrajektorien wird weiterhin mit einem höheren Sturzrisiko assoziiert. Aus diesem Grund war das Ziel dieser Studie, die Prüfung des Einflusses eines Augmented-Feedback-Systems zur Korrektur der Thorax- und Beckenkinematik auf die LDS von Thorax und Becken.

Methode

Bei Frauen ohne (Referenzgruppe: RG, n=15, Alter = 59±11 Jahre) und mit Gangauffälligkeiten (FmG, n=9, Alter = 61±4 Jahre) wurden kinematische Gangparameter im Rahmen einer standardisierten, klinischen Ganganalyse (M1) und bei Verwendung eines Augmented-Feedback-Systems (M2) zur Korrektur der Thorax- und Beckenkinematik in der Frontalebene (vgl. Hamacher et al., 2012) erfasst. Als Indikator der LDS wurde der größte Lyapunov Exponent berechnet.

Ergebnisse

Beide Gruppen (FmG und RG) zeigen eine reduzierte LDS u. a. in den dreidimensionalen linearen Beckentrajektorien beim Einsatz des Augmented-Feedback-Systems (M2) im Vergleich zu den Kennwertausprägungen in M1 (FmG: p=,007, d=2,0; RG: p=,001, d=2,1).

Diskussion

Die verminderte LDS beim Einsatz des Augmented-Feedback-Systems weist auf eine reduzierte Fähigkeit der Probanden, auf kleine Gangstörungen zu reagieren, hin. Da die reduzierte LDS in der Literatur mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert wird, sollten klinisches Personal und Wissenschaftler beim Einsatz von Augmented Feedback in der Gangschulung den Effekt auf die LDS berücksichtigen. In wieweit konventionelle (verbale) Instruktion durch einen Therapeuten eine Veränderung der LDS bewirkt, ist bisher nicht hinreichend untersucht.

Literatur

Hamacher, D., Bertram, D., Fölsch, C. & Schega, L. (2012). Evaluation of a visual feedback system in gait retraining: A pilot study. *Gait and Posture*, 36 (2), 182–186.

Schega, L., Hamacher, D. & Wagenaar, R. (2011). A comparison of effects of augmented reality and verbal instruction based interventions in elderly women after total hip replacement. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92 (10), 1734–1735.

Untersuchung des Gangbildes bei Patienten mit Knie- und Hüftendoprothesen nach einer stationären Anschlussheilbehandlung

Sangbok Moon¹, Christian Kaczmarek¹, Stefan Rupp² & Georg Wydra¹

¹Universität des Saarlandes, ²MediClin Bliestal Kliniken, Blieskastel

Schlüsselwörter: Endoprothese, Ganganalyse, Gangbild, Rehabilitation

Einleitung

Eine Verschlechterung der Gehfähigkeit führt oftmals zu erhöhter Sturzangst und einer eingeschränkten Mobilität (Anders et al., 2007). Dies scheint mit zunehmendem Lebensalter ein wachsendes Problem zu sein. Es stellt sich die Frage, inwieweit sich das Gangbild von Patienten mit Knie- und Hüft-Totalendoprothesen (TEP) von einer Referenzgruppe unterscheidet. Es soll überprüft werden, ob eine mehrwöchige Anschlussheilbehandlung (AHB) die Ausprägung kinematischer Gangparameter gesunder Personen bei TEP-Patienten wieder herstellen und ob die AHB als ausreichend beurteilt werden kann.

Methode

Zur Untersuchung des Gangbildes nach abgeschlossener AHB wurden 96 Probanden (Alter = $67,8 \pm 7,5$ Jahre) auf dem Laufband getestet. Die Patienten unterteilen sich in Knie- TEP- (n = 31), Hüft-TEP-Patienten (n = 25) und Referenzgruppe, bestehend aus gesunden Personen einer Präventivsportgruppe (n = 40). Mittels Videoanalyse wurden die kinematischen Parameter Geschwindigkeit, Kniewinkel, Spurbreite und Schrittlänge erfasst.

Ergebnisse

Gerichtete Kontraste zeigten bei allen Parametern keine signifikanten Unterschiede zwischen Knie- und Hüft-TEP-Patienten. Allerdings gab es signifikante Unterschiede von Hüft-TEP- und Knie-TEP-Patienten im Vergleich zur Referenzgruppe bezüglich der Geschwindigkeit (Hüfte: $p < .001$, $\eta^2 = .20$; Knie: $p < .001$, $\eta^2 = .19$) und des Kniewinkels (Hüfte: $p < .001$, $\eta^2 = .19$; Knie: $p < .001$, $\eta^2 = .24$). Keine signifikanten Unterschiede existierten hinsichtlich der Spurbreite zwischen Hüft-TEP- und Referenzgruppe sowie der Schrittlänge zwischen Knie-TEP- und Referenzgruppe.

Diskussion

Nach stationärer AHB zeigten TEP-Patienten beträchtliche Schwächen im Vergleich zur Referenzgruppe. Aufgrund des kurzen Zeitraums der AHB ist die Wundheilung oft noch nicht abgeschlossen, sodass die Bewegungstherapie dosiert, individuell gestaltet und an den Wundheilungsprozess angepasst werden sollte. Die AHB scheint nicht ausreichend zu sein, um das Gangbild von TEP-Patienten zu normalisieren. Weitere trainingstherapeutische Maßnahmen zur Verbesserung der Gehfähigkeit nach der AHB werden daher als sinnvoll erachtet.

Literatur

Anders, J., Dapp, U., Laub, S. & Renteln-Kruse W. (2007). Einfluss von Sturzgefährdung und Sturzangst auf die Mobilität selbstständig lebender, älterer Menschen am Übergang zur Gebrechlichkeit. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 40(4), 255–267.

Reproduzierbarkeitsstudie bei dreidimensionalen Bewegungsanalysen mit unterschiedlichen Marker-Setups

Julia Weh¹, Sonia D'Souza², Michael Wachowsky² & Wilfried Alt¹
¹Universität Stuttgart, ²klinisches Ganglabor des Olgahospitals Stuttgart

Schlüsselwörter: Ganganalyse, Marker-Setup, Reproduzierbarkeit, Kinematik

Einleitung

Für 3D-Bewegungsanalysen in Ganglaboren können unterschiedlich komplexe Modelle mit verschiedenen Marker-Setups benutzt werden. In dieser Studie sollen die Ergebnisse einer Ganganalyse bei Verwendung von zwei verschiedenen Marker-Setups verglichen werden.

Methode

An 12 Versuchspersonen wird das CAST-Modell (6DOF) mit dem modifizierten Marker-Setup nach Helen Hayes (MHH) in Anlehnung an Collins (2009)³ verglichen. Die Daten werden mit dem Bewegungsanalysesystem Qualisys (Göteborg, SWE) von 13 Kameras erfasst und bearbeitet. Darüber hinaus wird die Reproduzierbarkeit der Marker Applikation für eine Untersucher-Person evaluiert⁴.

Ergebnisse

Die Differenzen zwischen den Ergebnissen sind bei Variablen in der Transversalebene (Tibiarotation) am größten und für Parameter der Sagittal- Ebene (Kniewinkel) am geringsten. Die Verlaufcharakteristika der Hüft- und Kniewinkel stimmen sehr gut überein. Für einzelne abhängige Variable zeigt sich eine systematische Verschiebung (shift). Die Reproduzierbarkeitsstudie zeigt, dass die Standardabweichungen bei wiederholtem Anbringen der Marker in Abhängigkeit vom Applikationsort schwanken, „Lerneffekte“ (nach 23 Versuchen) wurden nicht nachgewiesen.

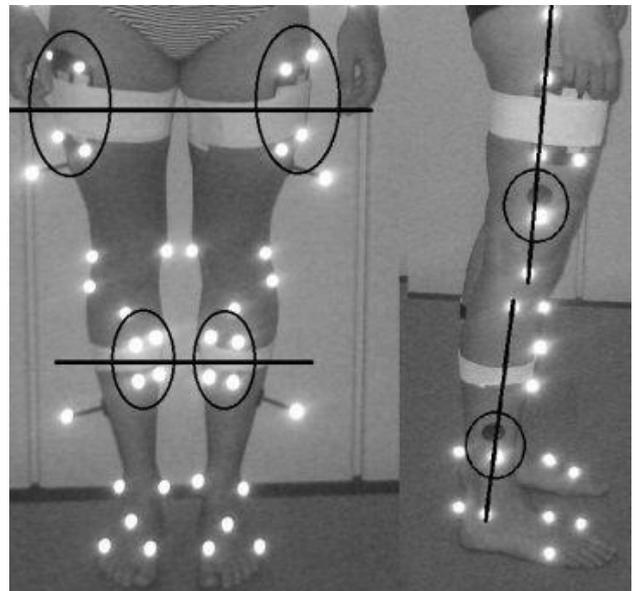


Abb. 1: Unterschied CAST- und MHH-Modell

Diskussion

Die Abhängigkeit der Ebenen ist u.a. durch die Kamerapositionen und deren Zahl bedingt. Insbesondere, wenn Parameter in der Transversalebene relevant sind (Rotationen), sind die Positionen optimal anzupassen. Im Vergleich war eine externe Validität nicht gegeben. Daher wird empfohlen, das Marker-Setup nicht innerhalb einer Studie zu wechseln.

Literatur

Collins, T., Ghousayni, S., Ewins, D. & Kent, J. (2009). A six degrees-of-freedom marker set for gait analysis: Repeatability and comparison with a modified Helen Hayes set. *Gait & Posture* 30, 173-180. 4McGinley, J., Baker, R., Wolfe, R. & Morris, M. (2009). The reliability of three-dimensional kinematic gait measurement: A systematic review. *Gait & Posture* 29, 360-369.

Acknowledgement: In Zusammenarbeit mit dem Ganglabor des Olgahospital Stuttgart, Dr. OA Wachowsky, Prof. Dr. Wirth

Der Einfluss von Instabilitätsschuhen auf die Sturzgefahr von Frauen im fortgeschrittenen Lebensalter

Ann-Kathrin Hömme, Nina Völkel, Nicole Westphal, Ramona Wissing, Ewald M. Hennig
Biomechanik Labor, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften, Universität Duisburg-Essen

Schlüsselwörter: Funktionsschuhe, Instabilitätsschuhe, Alter, Sturzgefahr, Sturzprävention

Einleitung

Nach Feder et al. (2000) kommt es bei einem Drittel aller Personen über 65 Jahren und der Hälfte aller Personen über 80 Jahren einmal pro Jahr zu einem Sturz. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von zwei unterschiedlichen Schuhkonzepten auf die Sturzgefährdung von Frauen im fortgeschrittenen Lebensalter zu untersuchen.

Methode

71 gesunde Frauen im Alter von 50 bis 85 Jahren ($66,1 \pm 6,6$ Jahre) trugen über 3 Monate täglich für mindestens 1 Stunde einen randomisiert zugewiesenen Schuh. Als Intervention wurden zum einen ein eher konventioneller sportlicher Alltagsschuh als Kontrollbedingung (KS) und ein Schuh mit einem geringen Ausmaß an Instabilität entlang der Ganglinie als Experimentalbedingung (ES) verwendet. Die Probandinnen wurden vor Beginn der Studie (T0), nach einem Zeitraum von 4 Wochen (T1) und nach 3 Monaten Tragedauer (T2) biomechanisch und mit Hilfe klinischer Tests untersucht. Bisher wurden zwei Tests (Tinetti, Berg-Balance-Scale) zur Abschätzung der Sturzgefährdung ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittliche Tragedauer pro Schuh entsprach in beiden Gruppen annähernd drei Stunden pro Tag (KS: 3,11h, ES: 3,00h). Zudem erreichten die Probandinnen beider Gruppen zu den Zeitpunkten der Zwischen- und Abschlussuntersuchungen geringfügig bessere Werte beim Tinetti Test (KS: 25,3(T0) 25,5 (T1) 26,2(T2), ES: 25,8(T0) 25,8 (T1) 26,0(T2)). Auch bei den Ergebnissen des Berg-Balance-Scale Tests konnten die Teilnehmerinnen im Verlauf der Studie höhere Punktzahlen erzielen (KS: 52,6(T0) 54,1 (T1) 54,3(T2), ES: 53,2 (T0) 54,4 (T1) 54,1(T2)). Trotz dieses Trends zur Verbesserung waren die Ergebnisse statistisch nicht signifikant. Das Tragen von unterschiedlichen Schuhen führte zu sehr geringen Verbesserungen der Ergebnisse in den Sturzprophylaxe Tests. Dies kann einerseits daran liegen, dass Schuhe lediglich einen geringen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeiten bei älteren Menschen haben. Es kann jedoch auch die Konsequenz einer hohen inter- und intraindividuellen Variabilität der Ergebnisse bei diesen klinischen Tests sein. Die Auswertung der ebenfalls durchgeführten biomechanischen Untersuchungen soll analysieren, wie sich das Bewegungs- und Gleichgewichtsverhalten durch das Tragen von Instabilitätsschuhen in Bezug auf biomechanische Messgrößen verändert.

Literatur

Feder, G.; Cryer, C.; Donovan, S.; Carter, Y. (2000): Guidelines for the prevention of falls in people over 65. In: Bmj 321 (7267), S. 1007.

Spezifische Effekte eines Vibrationstrainings auf die posturale Stabilität bei Morbus Parkinson

Heiko Gaßner¹, Ivan Mihaljevic², Annette Janzen², Ansgar Schwirtz³, Petra Jansen¹

1 Institut für Sportwissenschaft, Universität Regensburg, 2 Klinik und Poliklinik für Neurologie, Universität Regensburg, 3 Fachgebiet Biomechanik im Sport, Technische Universität München

Schlüsselwörter: Morbus Parkinson, Vibrationstraining, Posturale Stabilität

Einleitung

Die posturale Instabilität äußert sich bei Morbus Parkinson (MP) in Gang- und Gleichgewichtsstörungen. Gegenüber klassischem Gleichgewichtstraining bietet ein Vibrationstraining (VT) mit stochastischen Reizen den Vorteil, dass trotz geringer Anstrengung die nötigen Trainingsreize gesetzt werden können [1]. Bislang wurden jedoch nur kurzfristige Auswirkungen eines VT untersucht [2]. Ziel dieser Studie war es daher, ein mehrwöchiges stochastisches VT bei MP zu evaluieren.

Methode

20 MP-Patienten absolvierten entweder 12 Trainingseinheiten (in 5 Wochen) mit 5 Serien á 1 Min auf dem *SRT Zeptor®Medical plus noise* (6 Hz ± 1 Hz) (Interventionsgruppe, IG, n=10) oder bekamen ein statisches Gleichgewichtstraining ohne Vibrationseinflüsse im selben Umfang (Kontrollgruppe, KG, n=10). Gemessen wurden die Reichweite beim Functional Reach Test (FRT), die Rumpfgeschwindigkeit und Bodenreaktionskräfte (BRK) beim Stufensteigen sowie die Ganggeschwindigkeit, Schrittlänge und Kadenz. Weiterhin wurden der UPDRS-Motor-Score sowie der Timed Up and Go-Test (TUG) und ein Einbeinstand-Tests (EBS) erhoben.

Ergebnisse

Die relevanten Ergebnisse waren: bei der Reichweite des FRT verbesserte sich nur die IG [$F(1,15) = 8,397$; $p < 0,05$], wogegen sich die KG im Mittel verschlechterte. Beim TUG [$F(1,15) = 4,971$; $p < 0,05$] zeigte die IG eine signifikant stärkere Verbesserung als die KG.

Diskussion

Die (stärkeren) Verbesserungen der IG zeigten sich nur bei Aufgaben, die im beidbeinigen Stand durchgeführt wurden (FRT, Aufstehen/Hinsetzen beim TUG). Dies ist mit einer besseren Gleichgewichtskontrolle durch Beine und Rumpf zu erklären, die beim VT geschult wurde. Dagegen erfolgte die Kontrolle des Körperschwerpunktes beim Training der KG nur über die Beinmuskulatur. Da die beidbeinige Standposition beim VT anscheinend für *größere* Verbesserungen der IG verantwortlich ist, könnte eine Variation der Trainingsposition beim VT für größere Effekte sorgen.

Literatur

- [1] Haas, C.T., Turbanski, S., Markitz, S., Kaiser, I., & Schmidtbleicher, D. (2006). Stochastische Resonanz in der Therapie von Bewegungsstörungen. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 22, 58-61.
- [2] Turbanski, S., Haas, C.T., Schmidtbleicher, D., Friedrich, A., Duisberg, P. (2005). Effects of random whole-body vibration on postural control in Parkinson's disease. *Research in Sports Medicine*, 13, 3, 243-256.

Personenverzeichnis

Autor	Beitragsnummer	Seite
Achatz, Florian	35	12
Alt, Wilfried	6, 25, 43	6 , 53 , 62
Althoff, Katharina	24	27
Bauer, Sabine	5	33
Behrmann, Alexander	40	35
Beyer, Chris	2, 3	21 , 40
Bittmann, Frank	13, 19	28 , 30
Blaab, Florian	50	17
Blanke, Matthias	42	7
Blickhan, Reinhard	1, 9, 15, 27, 34	14 , 24 , 45 , 51 , 52
Boiten, Herman	10	47
Böl, Markus	27, 34	24 , 51
Brinkemper, Alexis	33	54
Brown, Niklas	6	53
Brüggemann, Gert-Peter	39, 40	8 , 35
Büsch, Dirk	2, 3	21 , 40
Cecik, Murat	18	44
D'Souza, Sonia	25	62
Dannemann, Anna	16	23
Duschl, Monika	41	20
Eckardt, Falko	46	5
Ernst, Michael	1, 15	45 , 52
Eskofier, Björn	42	7
Espig, Nico	47	19
Fischer, Katina Mira	39, 40	8 , 35
Fuchs, Kathrin	48	37
Gaßner, Heiko	11	64
Gawin, Wolf	2, 3	21 , 40
Germano, Andresa M. C.	21, 45	43 , 57
Gollmick, Ralf	26	56
Götze, Martin	15	52
Gruber, Karin	5	33
Hagen, Marco	57, 68	29 , 31
Hahn, Daniel	20, 35	13 , 12
Hamacher, Daniel	36	60
Hamacher, Dennis	36	60
Hammer, Niels	65, 66	42 , 59
Hartenstein, Astrid	60	16
Hausen, Ulrike	5	33
Hebenstreit, Felix	42	7
Hecht, Robert	8	55
Heger, Hendrik	50, 52, 53	17 , 25 , 32
Heinke, Nancy	19	30
Hellmann, Niklas	6	53
Hennig, Ewald M.	17, 18, 24, 33, 57, 68	27 , 29 , 31 , 44 , 54 , 63

Autor	Beitragsnummer	Seite
Hermann, Ute	45	57
Heß, Tobias	21	43
Hoff, Marko	19	30
Homann, Dennis	24	27
Hömme, Ann-Kathrin	17	63
Horn, Carolin	54	49
Jagschies, Lasse	23	9
Jaitner, Thomas	63	34
Jansen, Petra	11	64
Janzen, Annette	11	64
Josten, Christoph	65	42
Kaczmarek, Christian	32	61
Kerner, Steffen	55	4
Knöchel, Mira	19	30
Kreibich, Sascha	26	56
Kreuzpointner, Florian	20	13
Lange, Justin S.	61	26
Leichsenring, Kay	34	51
Lemke, Martin	68	31
Lochmann, Matthias	42	7
Lube, Juliane	65	42
Maiwald, Christian	16	23
Maus, Moritz	60	16
Mihaljevic, Ivan	11	64
Milani, Thomas L.	56, 65, 66	42 , 50 , 59
Mitschke, Christian	54	49
Moon, Sangbok	32	61
Müller, Roy	1	45
Müller, Sören	26	56
Münz, Andreas	46	5
Oriwol, Doris	16	23
Paternoster, Florian	35	12
Peikenkamp, Klaus	28, 30	38 , 48
Petrat, Johannes	41	20
Pollmann, Dietmar	10	47
Pschorr, Maximilian	23	9
Rapp, Walter	50	17
Rossol, Jerome	66	59
Roubalova, Jana	39	88
Rupp, Stefan	32	61
Schack, Thomas	10	47
Schaefer, Laura	13, 19	28 , 30
Schäfer, Karsten	43	6
Schega, Lutz	36	60
Schlee, Günther	56, 65	42 , 50
Schleichardt, Axel	37, 44	11 , 18

Autor	Beitragsnummer	Seite
Schmidt, Daniel	21	43
Scholze, Romy	61	26
Schüler, Axel	37	18
Schwarz, Michael	52	32
Schwarz, Oliver	50	17
Schwartz, Gerrit	33	54
Schwartz, Ansgar	11, 35, 41	12 , 20 , 64
Seiberl, Wolfgang	20, 23, 35	13 , 12
Seidel, Joachim Frank	56	50
Seyfarth, Andre	60	16
Sichting, Freddy	65, 66	42 , 59
Siebert, Dirk	47	19
Siebert, Tobias	9, 27, 34	24 , 51
Soisson, Odette	65, 66	42 , 59
Steinke, Andreas	10	47
Steinke, Hanno	65	42
Stief, Thomas	28, 30	38 , 48
Theobald, Ulrich	4	39
Till, Olaf	9	14
Torick, Arndt	13	28
Veith, Michael	41	20
Vogelbusch, Anja-Katharina	30	48
Völkel, Nina	17, 33	54 , 63
Wachowsky, Michael	25	62
Wank, Veit	48, 50, 52	17 , 32 , 37
Weh, Julia	25	62
Westphal, Nicole	17	63
Wick, Carolin	27	24
Willwacher, Steffen	39, 40	8 , 35
Wissing, Ramona	17	63
Witt, Maren	37, 44, 55, 60	4 , 11 , 16 , 18
Witte, Kerstin	46	5
Wydra, Georg	32	61
Zart, Sebastian	63	34