

**7. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
19. - 21. Oktober 2007 in
München**



**„Multi-modales Biofeedback System zur Vorbeugung vor
Stürzen“**

S. Meyes, R. Tschanz, D. Debrunner, J. Burger
Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Informatik, Biel, Schweiz

J. HJ. Allum
Abt. für Audiology und Neurootology, HNO-Klinik, Universitätsspital, Basel, Schweiz

J. R. Davis, M. G. Carpenter
School of Human Kinetics, University of British Columbia, Kanada

Copyright: VDI Verlag GmbH
Band: Fortschritt-Bericht VDI Reihe 17 Nr. 267 „Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin, 7. Workshop, Tagungsband“
Editors: Ralf Tita, Robert Riener, Martin Buss, Tim C. Lüth
ISBN: 978-3-18-326717-0
Pages: 33-34

Multi-modales Biofeedback System zur Vorbeugung vor Stürzen

S. Meyes¹, R. Tschanz¹, J. R. Davis³, M. G. Carpenter³, D. Debrunner¹,
J. HJ. Allum² und J. Burger¹

¹Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Informatik, Biel, Schweiz

²Abt. für Audiology und Neurootology, HNO-Klinik, Universitätsspital, Basel, Schweiz

³School of Human Kinetics, University of British Columbia, Kanada,

EINLEITUNG

Die Anwesenheit von entweder vestibulären oder propriozeptiven Signalen gilt als ausschlaggebend für ein stabiles Gleichgewicht. Wenn nun im Stehen oder Gehen eine Störung einwirkt und diese Signale nicht verfügbar sind, kann keine der Störung angemessene schnelle Gleichgewichtskorrektur erfolgen, und der Patient droht zu fallen [Carpenter 2001].

Biofeedback-Systeme zur Verbesserung der Gleichgewichtskontrolle zielen allgemein darauf ab, dem Patienten zusätzliche Informationen über seinen Körperschwerpunkt zu liefern. Dabei geht man von der Annahme aus, dass letztlich das zentrale Nervensystem diese Variable steuert [Hsu 2007].

Bisherige auditive Feedback Systeme via Luftleitungs-Übertragungswegen stören die normalen Kommunikationskanäle des Anwenders und erzeugen ein allgemein störendes Geräusch für die in der Nähe des Anwenders befindlichen Personen [Hegeman 2005]. Vibro-taktile Systeme bestanden bisher aus mehreren kleinen Vibratoren, die um die Gürtellinie befestigt waren, was zu einer entsprechend grossen Übertragungsverzögerung an das ZNS führte.

MATERIALIEN UND METHODEN

Um die oben erwähnten Probleme zu lösen, wurde ein multi-modales, am Kopf befestigtes Biofeedback-System entwickelt, das 1) bilateral auditive Knochengeleitete Signale 2) einen Ring von vibro-taktilen Signalen am Kopf und 3) ein zusätzliches visuelles Signal liefert. Auf diese Weise wird das an die Umgebung abgegebene Geräusch reduziert und der Luftleitungs-Signalweg bleibt für die normale Konversation geöffnet. Die Übertragungszeit der vibro-taktilen Signale ans ZNS wird verkürzt und schliesslich die Tatsache ausgenutzt, dass sowohl Knochenleitungs- als auch vibro-taktile -Signale am Kopf den otolithen Übertragungsweg aktivieren können [Curthoys 2006].

Es wurden Tests an 32 jungen (Alter 26.1 ± 3.1 Jahre) und 32 älteren (Alter 63.7 ± 4.3 Jahre) Versuchspersonen durchgeführt. Die Untersuchungen waren von der Ethikkommission der University of British Columbia genehmigt worden. Alle Probanden wiesen keinerlei orthopädische und neurologische Erkrankungen auf, wie

anhand eines Fragebogens ermittelt wurde. Die Probanden waren in der Lage, mehr als 10 Sekunden mit ge-



Abb. 1: Komponenten des Biofeedback-Systems. Rechts: System mit am Kopf angebrachten Feedback-Signalwandlern zur Übermittlung vibro-taktiler, auditiver und visueller Informationen über das Körperschwanken. Links: Probandin mit Stirnband, auf dem die Signalwandler angebracht sind.

schlossenen Augen auf einem Bein zu stehen. Das Rumpf-Schwanken wurde bei 14 Aufgaben im Stehen und Gehen aufgezeichnet (z.B. „Stehen mit geschlossenen Beinen und geschlossenen Augen auf Schaumstoff als Untergrund“, „3 m Gehen mit gleichzeitiger Kopffrotation“). Dazu trug jede Versuchsperson ein SwayStar™ System (Balance Int. Innovations GmbH, Schweiz), das aus zwei Winkelgeschwindigkeits-Sensoren mit einer Drift von weniger als 6 Grad/Stunde besteht. Das Gerät wurde so an einem unfunktionierten Motorrad-Gürtel befestigt, dass ein Sensor die Pitchbewegung (vorwärts-rückwärts), der andere die Rollbewegung (seitlich) des Körpers bei L1-3 aufzeichnete.

RESULTATE

Bei den meisten Personen konnte bei Verwendung des Biofeedbacks unabhängig vom Alter eine Reduktion des Schwankens bei den Aufgaben im Stehen beobachtet werden. Abbildung 2 zeigt ein typisches Beispiel dieses Effekts für die Aufgabe, mit offenen Augen auf einer Schaumstoff-Unterlage zu stehen. In Abbildung 3 sind diese Aufzeichnungen als x-y-Auftragungen der Roll-gegen die Pitchbewegung dargestellt, so dass das Kör-

perschwanken des Probanden „aus der Vogelperspektive“ sichtbar wird. Diese x-y-Auftragungen werden in Abbildung 2 sowohl für die Winkelposition als auch für die Winkelgeschwindigkeit dargestellt und weisen darauf hin, dass beide Grössen mit Hilfe des Biofeedbacks in Pitch- und Roll-Richtung verringert werden.

Stehen auf zwei Beinen, Füße zusammen, Augen offen, auf Schaumstoff

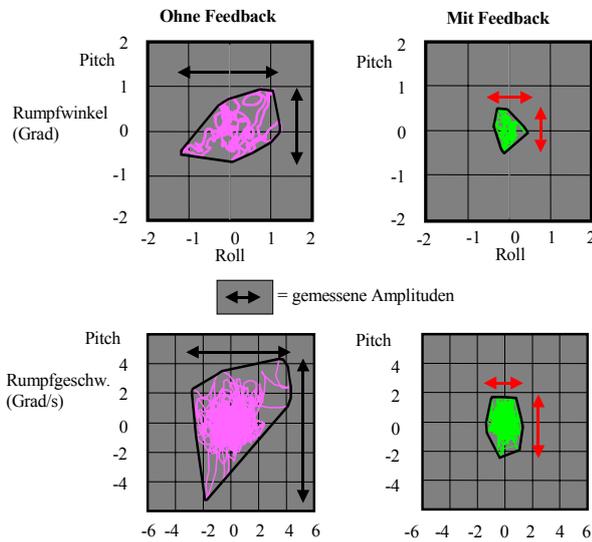


Abb. 2: x-y-Plot des Roll- gegen den Pitchwinkel (oberer Plot) und der jeweiligen Winkelgeschwindigkeiten (unterer Plot). Die linken x-y-Plots wurden ohne, die rechten mit Biofeedback aufgezeichnet.

Da wir Schwellenwerte für den Biofeedback verwendeten, die auf Werten für eine Durchschnittspopulation basierten, erwarteten wir, dass nur dann eine Reduktion des Schwankens auftrat, wenn die Schwankungswerte

30 Sek Stehen mit geschlossenen Beinen AO auf Schaumstoff

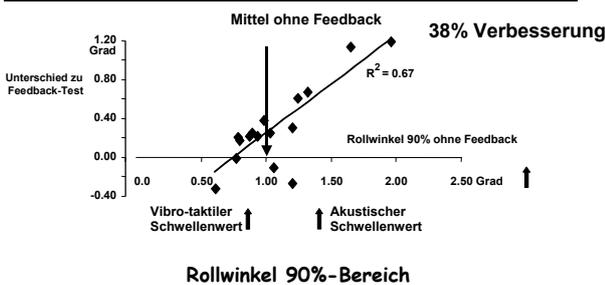


Abb. 3: Zusammenhang zwischen dem Unterschied der Testergebnisse mit und ohne Feedback aufgetragen gegen den Wert ohne Feedback für die ältere Versuchsgruppe. Die aufgetragene Variable ist der 90% Rollwinkel.

über diesen Schwellenwerte lagen. Tatsächlich stellten wir eine generalisierte Reduktion des Schwankens quer über alle Aufgaben fest, die proportional zum Ausmass des Schwankens ohne Feedback war. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für diesen Zusammenhang für die Population an älteren Personen für die Aufgabe „Stehen auf einer Schaumstoff-Unterlage“.

DISKUSSION & SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Ergebnisse dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass der Einsatz des multi-modalen Positions-Biofeedbacks zu einer Verbesserung des Körperschwankens sowohl im Stehen als auch im Gehen führte, welches proportional zum Ausmass des Schwankens ohne Biofeedback war. Die Verbesserung ist umso grösser, je grösser das Schwanken ohne Biofeedback war.

Diese Verbesserung war grösser als der Einfluss eines simplen Trainings der Aufgaben, bei welchem die gesamte Versuchsserie 3 Tage später wiederholt wurde. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass ältere Versuchspersonen besonders bei den Versuchen im Gehen einen grösseren Nutzen aus dem Biofeedback-System zogen als junge. Ob dies darauf zurückzuführen ist, dass ältere Leute aufgrund eines möglicherweise grösseren sensorischen Defizits, das eine Möglichkeit für eine Verbesserung des Schwankens mit künstlichem sensorischen Feedback bietet, stärker profitierten, bleibt Gegenstand weiterer Untersuchungen.

DANKSAGUNG

Diese Arbeit wurde vom KTI (Projektnummer 7812 LSPP-LS) und vom Schweizerischen Nationalfonds (Projektnummer 3100A0-104212) unterstützt.

LITERATURHINWEISE

[Carpenter 2001]
M.G. Carpenter, J.H.J. Allum, F. Honegger, Vestibular influences on human postural control in combination of pitch and roll planes reveal differences in spatio temporal processing, *Exp Brain Res* (2001) 140:95-111.

[Curthoys 2006]
I.S. Curthoys, J. Kim, S.K. McPhedran, A.J. Camp, Bone conducted vibration selectively activates irregular primary otolithic vestibular neurons in the guinea pig, *Exp Brain Res* (2006) 175: 256-267

[Hegemann 2005]
J.Hegeman, F. Honegger, M. Kupper, J.H.J. Allum, The balance control of bilateral peripheral vestibular loss subjects and its improvement with auditory prosthetic feedback, *J Vest Res* (2005) 15:109-117.

[Hsu 2007]
W.L. Hsu, J.P. Scholz, G. Schöner, J.J. Jeka, T. Kiemel, Control and estimation of posture during quiet stance depends on multijoint coordination, *J Neurophysiol* (2007) 97:3024-3035.