

Brettmann K¹, Vogt L¹, Galm R², Hartge S², Banzer W¹

Visuelles Feedback-Gehtraining nach hüftendoprothetischer Versorgung

Visual feedback gait training following total hip arthroplasty

¹ Johann Wolfgang Goethe-Universität, Abt. Sportmedizin, Frankfurt am Main

² Orthopädiepraxis, Frankfurt am Main

Zusammenfassung

Einleitung: Ziel der Studie war die Überprüfung unterschiedlicher Interventionseffekte auf thorakale Bewegungsspuren (T9) bei Patienten mit unilateraler Hüfttotalendoprothese.

Methodik: Untersucht wurden 12 Patienten mit unilateralem Hüftgelenkersatz (44-79 Jahre). Mit einem 3D-Bewegungsanalysesystem wurde die medio-laterale Rumpfabweichung beim Laufbandgehen sowie das durchschnittliche maximale Bewegungsausmaß von Thorax und Becken in vier Übungsbedingungen (Referenzmessung, Echtzeit-Videofeedback Therapiespiegel, verbale Instruktion,) in ausbalancierter Reihenfolge erfasst.

Ergebnisse: Beim freien Gehen zeigten die Patienten eine mittlere laterale Thoraxabweichung von $2.2 \pm 1.9^\circ$. Sowohl durch das visuelle Feedback ($-0.3 \pm 3.3^\circ$) als auch durch die verbale Instruktion ($0.2 \pm 2.2^\circ$) zeigten 7 Patienten eine signifikante ($p < 0.05$) Reduktion der mittleren lateralen Rumpfsseitneigung. Infolge des Therapiespiegels ($0 \pm 2.6^\circ$) war bei 8 Patienten eine signifikante ($p < 0.05$) Reduktion nachweisbar. Die Thorax- und Beckenoszillation blieb von den Interventionen unbeeinflusst. **Diskussion:** Die Interventionsformen führen gleichermaßen zu einer Reduktion der Thoraxseitneigung und scheinen als Maßnahme zur Thoraxaufrichtung zweckmäßig und zielgerichtet. Die Instruktion lässt darüber hinaus eine direktere Übertragbarkeit in den Bewegungsalltag vermuten, da auf den Einfluss einer unterstützenden externen Rückmeldung verzichtet werden kann.

Schlüsselwörter: Hüft-Totalendoprothese, Gangschulung, Feedback, Instruktion

Einleitung

In einer älter werdenden Bevölkerung mit steigender Lebenserwartung nimmt die Zahl der Patienten mit Coxarthrosen, die eine totalendoprothetische Versorgung erforderlich machen ständig zu (18). Der progrediente Fortschritt der Erkrankung führt schmerzbedingt zu einem teilweise über Jahre schleichend veränderten und adaptierten Gangbild, das vielfach durch ein individuelles Schon- und Entlastungshinken gekennzeichnet ist. Diese Hinkmechanismen können sich in muskulären Imbalancen niederschlagen bzw. manifestieren und die Wiedererlangung eines ungestörten Gangmusters zusätzlich erschweren.

In der postoperativen Bewegungstherapie steht neben der Auflösung myogener Kontrakturen die Behandlung muskulärer Insuffizienzen im Bereich der hüftgelenkumgeben-

Summary

Introduction: The purpose of this study was to examine the effects of verbal instructions and real-time visual feedback strategies based on thoracic spine kinematics for gait rehabilitation of patients following total hip replacement arthroplasty.

Methods: 12 hip arthroplasty patients (44-79 yrs) participated in the study. The 3D-ultrasonic movement analysis system was used to calculate the average lateral thorax deviation as well as the thorax and pelvis side-to-side displacements during four trials in balanced order (free walking, real-time video feedback, mirror, verbal instruction).

Results: During regular walking patients ambulated with an average lateral thorax deviation of $2.2 \pm 1.9^\circ$. During real-time visual feedback 7 patients demonstrated significant ($p < 0.05$) reductions in the average lateral trunk bending position (-0.3 ± 3.3). Receiving verbal cues, 7 subjects showed a significantly ($p < 0.05$) decreased lateral thorax deviation throughout the gait cycle (0.2 ± 2.2). During the mirror feedback trial 8 subjects reduced their medio-lateral thorax excursions (0 ± 2.6). However, no significant reductions in thorax and pelvis side-to-side displacements were noted.

Conclusions: The results demonstrated that the thorax gait kinematics of arthroplasty patients could be addressed immediately by all treatments. While all techniques seem to be useful as an adjunct to standard rehabilitation programmes, verbal instructions could additionally facilitate the patient's capability to deal with the intrinsic information naturally present during everyday practice.

Keywords: hip arthroplasty, gait training, feedback, instruction

den Muskulatur im Vordergrund. Die gezielte Verbesserung des muskulären Status der Hüftrotatoren und -abduktoren dient der positiven Beeinflussung postoperativer, erkrankungsspezifischer Gangadaptationen und folglich einer Verbesserung der Fortbewegung (1, 12, 22). Trotz deutlicher Schmerzreduktion und funktionellen Verbesserungen ist bei vielen hüftprothetisch Versorgten ein weiterhin verändertes Gangbild zu beobachten (31). Das postoperative Gangmuster entspricht dabei im Wesentlichen der präoperativen Ausprägung und ist besonders durch übermäßige Horizontalbewegungen oder Seitneigungen des Oberkörpers gekennzeichnet (1, 2, 19, 21, 22, 27, 30). Wenngleich anzunehmen ist, dass in Abhängigkeit präoperativ bereits bestehender muskulärer Imbalancen bzw. Bewegungseinschränkungen, operationstechnischer Verfahren oder des Prothesensitzes der Grad der Gangabweichung individuell stark ausgeprägt sein kann.

Als reedukative Maßnahmen zur Wiedererlangung eines möglichst uneingeschränkten Gangbildes kommen zuneh-

mend computergestützte Rückmeldungs- bzw. Feedbackverfahren zum Einsatz (3, 8, 9, 10, 11, 17, 20, 23, 24, 34). Allerdings existieren nur wenige Studien zum evidenzbasierten Wirksamkeitsnachweis instrumenteller Verfahren im Vergleich zu den in der Praxis etablierten Maßnahmen.

Ziel der vorliegenden Studie war der Vergleich von Effekten verbaler Instruktion und visueller Rückmeldung auf thorakopelvikale Bewegungsspuren im Gang bei Patienten nach hüftendoprothetischer Versorgung. Die Studie besitzt insofern explorativen Charakter, weil auf eine Vorselektion anhand der präoperativen Gangbildveränderung verzichtet wurde.

Methodik

Personenstichprobe

Untersucht wurden 12 männliche Patienten mit erstmaligem, unilateralem Hüftgelenkersatz (44-79 Jahre) ohne intra- oder postoperative Komplikationen, die vollständig belastbar bzw. ohne Gehhilfen oder Haltevorrichtung freigehtfähig waren. Patienten mit Beinlängendifferenzen (>1 cm) waren von der Studie ausgeschlossen. Zum Untersuchungszeitpunkt befanden sich alle Patienten unmittelbar vor der Beendigung einer dreiwöchigen stationären Rehabilitation. Die Dauer zwischen dem operativen Eingriff und dem Untersuchungszeitpunkt betrug 23 bis 44 Tage (Mittelwert \pm Standardabweichung: 29.6 ± 6.9 Tage).

Die der Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen wurden nach zustimmender Bewertung der Ethik-Kommission des Fachbereichs Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität durchgeführt.

Datenerfassung

Funktionsscore

Subjektiv empfundene Symptome und Alltagsfunktionseinschränkungen wurden anhand des Western Ontario McMaster Universities Arthroseindex (WOMAC) (4, 5, 26) erfasst. Der WOMAC ist ein 24-Item-Fragebogen zur krankheitsspezifischen Erfassung des Gesundheitsstatus bei Patienten mit Osteoarthrose der unteren Extremitäten bzw. hüftendoprothetischer Versorgung, der die Bereiche Schmerz- und Steifigkeitssymptomatik sowie die physische Funktionseinschränkung der betroffenen und der nicht betroffenen Körperseite erfasst.

Kinematische Messparameter

Ermittelt wurde das Range of Motion von Thorax und Becken pro Gangzyklus in drei anatomischen Ebenen sowie die mittlere laterale Thoraxabweichung (Frontalebene) berechnet als graduelle Differenz zwischen dem mittleren Winkel der latero-lateralen Rumpfoszillation beim Gehen und dem Thoraxwinkel zum Zeitpunkt (statisch) der aufrechten symmetrischen, als 0° -Position definierten Stand- bzw. Kalibrierungsposition (30). Zur zeitlichen Zuordnung der Winkelmessungen dienten beidseitig unter den Fersen (tuber calcanei) und Ballen (caput os

metatarsale I) der Probanden platzierte drucksensitive Fußschalter.

Messinstrumentarium und Systemkalibrierung

Die synchron durchgeführten kinematischen Messungen der Rumpf- und Beckenbewegungen erfolgten mit einem als hinreichend reliabel und urteilerkonkordant ($ICC_{(2,1)}=0.67-0.76$) - Beobachterübereinstimmung gemäss Intraclass Correlation Coefficient $_{(2,1)}$, Shrout & Fleiss 1979 - beschriebenen 12-Kanal-Ultraschallbewegungsanalyzesystem (ZEBRIS, CMS 70, Isny/Germany) (6, 28). Der relative Messfehler wird mit 0.6 % angegeben (16). Zur Erhebung der Rumpf- und Beckenbewegungen dienten auf Höhe von TH9 und S1 positionierte Markeranordnungen (Triplets). Signalaufzeichnung, -verarbeitung und -auswertung orientierten sich an den in anderen Arbeiten detailliert beschriebenen Routinen (30, 32).

Die Kalibrierung des Messsystems erfolgte in aufrechter Standposition mit seitensymmetrischer Körpergewichtsverteilung. Zu diesem Zweck wurden die Untersuchungsteilnehmer im bipedalen Stand angewiesen, 50 % ihres Körpergewichts auf eine analoge Bodenwaage (Messfehler 1.3 %) zu übertragen. Gewichtsverteilungsdifferenzen zwischen den unteren Extremitäten bis 3 % wurden akzeptiert. Vortests ergaben für die Systemkalibrierung mittlere Test-Retest-Differenzen von $0.3 \pm 0.2^\circ$.

Versuchsdurchführung und Rückmeldungsinformation

Bestimmt wurde der interventionsabhängige Veränderungsgrad ganganalytischer Kenngrößen beim Laufbandgehen (TUNTURI, Germany) in vier Testbedingungen. Neben einer anweisungs- und rückmeldungs-freien Referenzmessung (RM) erfolgten Signalaufzeichnungen während ausschließlich verbaler Instruktion (VI) sowie verbaler Instruktion in Kombination mit Echtzeit-Videofeedback (VF) bzw. optischer Rückmeldung durch einen im Sichtfeld der Probanden positionierten Therapiespiegel (TS). Während der Testbedingungen verbale Instruktion, Echtzeit-Videofeedback und Therapiespiegel wurden die Probanden aufgefordert, den Oberkörper aufzurichten und ihre Rumpfhaltung bzw. -bewegung so zu korrigieren, dass ein möglichst gleichmäßiges harmonisches seitensymmetrisches Gangbild entsteht.

Das kontinuierliche visuelle Echtzeit-Feedback lieferte eine isolierte Teilinformation der komplexen Bewegungsausführung beim Gehen. Die Anwendbarkeit des Feedbackmodus wurde in früheren Untersuchungen artifizieller Gangstörungen überprüft (29). Zur abstrahierten Darstellung der Rumpfbewegungen beim Gehen diente ein auf TH9 platzierter Körperoberflächenmarker des verwendeten Bewegungsanalyzesystems. Der Marker wurde mit einer hinter dem Laufband positionierten Kamera aufgezeichnet und zeitgleich als Vollbild innerhalb einer vorgegebenen Kreismarkierung auf einem für den Patienten gut sichtbaren Monitor als die, auf die Kameraebene projizierte, Seitenauslenkung des Thorax dargestellt. Der Durchmesser (90 mm, Obergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls) der

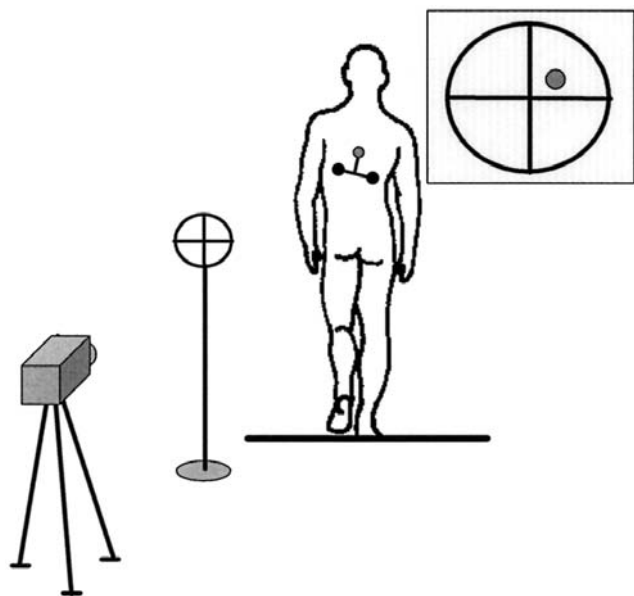


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Untersuchungsanordnung und des Feedbackmodus zur Visualisierung der Thoraxbewegung

Kreismarkierung entsprach dem Bewegungsausmaß altersentsprechender gesunder Kontrollpersonen (30). Eine vertikal und eine horizontal durch den Mittelpunkt verlaufende Kennlinie dienten als zusätzliche Orientierungshilfe bei der Bewegungsausführung und Bewegungskorrektur (Abb. 1). Vor Beginn der Feedbackanwendung wurde das Rückmeldungssignal im Zentrum des Zielbereichs positioniert. Vor der Testdurchführung ging jeder Teilnehmer so lange auf dem Laufband, bis er seinen Gang als möglichst sicher und vergleichsweise natürlich empfand. Die Patienten wurden auf die Asymmetrie ihres Gangbildes hingewiesen, Informationen zur Richtung (rechts bzw links) der medio-lateralen Rumpfabweichung erhielten sie nicht. Die Funktion und Bedeutung des Feedbacks wurde erläutert. Für eine Zeitspanne von drei Minuten hatten die Patienten Gelegenheit, sich mit der Anwendung bzw. dem Gebrauch des Feedbacks vertraut zu machen. Die Messwertaufnahme (Dauer 45 s) erfolgte in allen Testbedingungen nach Erreichen der selbst gewählten Laufbandgeschwindigkeit. Die Referenzmessung war für alle Untersuchungsteilnehmer die erste Testbedingung. Die Durchführung der unterschiedlichen Interventionsformen erfolgte im Abstand von fünf Minuten in ausbalancierter (n=12; 2x3!) Reihenfolge.

Statistische Prüfverfahren

In Abhängigkeit der Testvoraussetzungen kamen parametrische und verteilungsfreie Prüfverfahren der Inferenzstatistik zur Anwendung t-Test bei gepaarten Stichproben (WOMAC-Index, Lateralitätsvergleich), Varianzanalyse (Range of motion, 4-fach referenzwertbezogene Paarvergleiche). Die Irrtumswahrscheinlichkeit war bei zweiseitiger Fragestellung für alle statistischen Analysen auf 5 % gesetzt.

Ergebnisse

Der mittlere WOMAC-Gesamtindex zeigte im Vergleich zwischen operierter 1.58 ± 0.87 (0.59–3.52) und nicht operierter Seite 0.04 ± 0.1 (0–0.33) signifikante Unterschiede ($p < 0.01$).

Die Laufbandgeschwindigkeit (1.5 ± 0.6 km/h) war bei allen vier Testbedingungen konstant.

Beim anweisungs- und rückmeldungsfreien Gehen zeigten die Patienten eine relative laterale Thoraxabweichung von gruppendurchschnittlich $2.2 \pm 1.9^\circ$ (0.5–7.7°). Bei acht Patienten konnte eine durchschnittliche operationsseitige Rumpfsseitneigung im Gehen nachgewiesen werden. Vier Patienten demonstrierten eine Rumpfsseitneigung zur nicht operierten Seite. In Abhängigkeit der Testbedingung ließen sich für die medio-laterale Rumpfauslenkung zwei unterschiedliche Reaktionsmechanismen (Abb. 2) differenzieren. Ein Teil der Patienten zeigte eine im Ausmaß verstärkte Thoraxabweichung mit einer dem freien Gehen entsprechenden Neigungsrichtung (Abb. 2b). Bei den übrigen Patienten erfolgte eine Korrektur der Rumpfauslenkung, im Sinne einer Thoraxaufrichtung bzw. eine Verlagerung der Thoraxseitneigung in die Gegenrichtung relativ zur seitensymmetrischen Lastverteilung im Stehen (Abb. 2c).

Die Anzahl der Personen mit verstärkter bzw. korrigierter Thoraxauslenkung wird in Tabelle 1 aufgeführt.

Zur Beurteilung der interventionsbedingten graduellen Veränderung der Thoraxseitneigung erfolgte, in Abhängigkeit der Interventionen, eine getrennte Betrachtung der Patienten mit aufgerichteter bzw. gegengerichteter und ver-

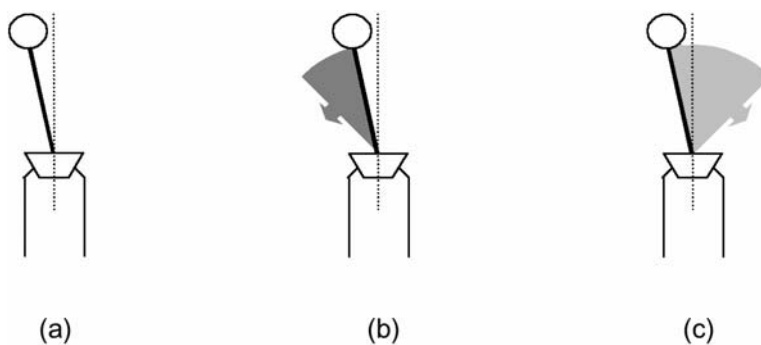


Abbildung 2: Thoraxauslenkung beim anweisungs- und rückmeldungsfreien Gehen (a), stärkere Thoraxseitneigung nach Intervention (b), Thoraxaufrichtung bzw. Seitneigung zur Gegenrichtung relativ zur seitensymmetrischen Lastverteilung im Stehen (c)

stärker Thoraxneigung im Vergleich zur Thoraxausrichtung während der Referenzmessung.

Bezüglich der graduellen Veränderung konnten für die Patientengruppen mit reduzierter bzw. gegengerichteter lateraler Thoraxauslenkung sowohl für VF (n=7, RM $-2.6 \pm 2.5^\circ$: VF $-0.3 \pm 3.3^\circ$; $p < 0.05$) als auch für TS (n=8, RM $-2.7 \pm 2.2^\circ$: TS $0 \pm 2.6^\circ$; $p < 0.05$) und VI (n=7 RM $-1.8 \pm 1.0^\circ$: VI $0.2 \pm 2.2^\circ$; $p < 0.05$) signifikante Unterschiede im Vergleich zum anweisungs- und rückmeldungsfreien Gehen nachgewiesen werden. Für die Patientengruppen mit verstärkter Thoraxseitneigung zeigten sich für VF (n=5, RM $-1.7 \pm 0.5^\circ$: VF -

Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung der Patienten mit korrigierter und verstärkter Seitneigung des Thorax in Abhängigkeit von der Interventionsform. (VF = Echtzeit-Videofeedback, TS = Therapiespiegel, VI = verbale Instruktion)

Intervention	Thoraxseitneigung	
	korrigiert	verstärkt
VF	7	5
TS	8	4
VI	7	5

3.1±1.0°; p<0.05) und VI (n=5, RM -2.9±2.7°: VI -4.8±2.8°; p<0.05) signifikante Unterschiede im Vergleich zum anweisungs- und rückmeldungsfreien Gehen. Für TS konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zur Referenzmessung nachgewiesen werden (n=4, Referenz -1.3±0.8°: TS -4.3±1.8°; p>0.05). Eine zusammenfassende Darstellung dieser Ergebnisse findet sich in Abbildung 3.

Für das mittlere Range of Motion der Thorax- bzw. Beckenbewegung konsekutiver Gangzyklen konnte anhand der varianzanalytischen Prüfung zwischen den vier Testbedingungen für keine der drei Bewegungsebenen signifikante Unterschiede festgestellt werden (Tab. 2).

Diskussion

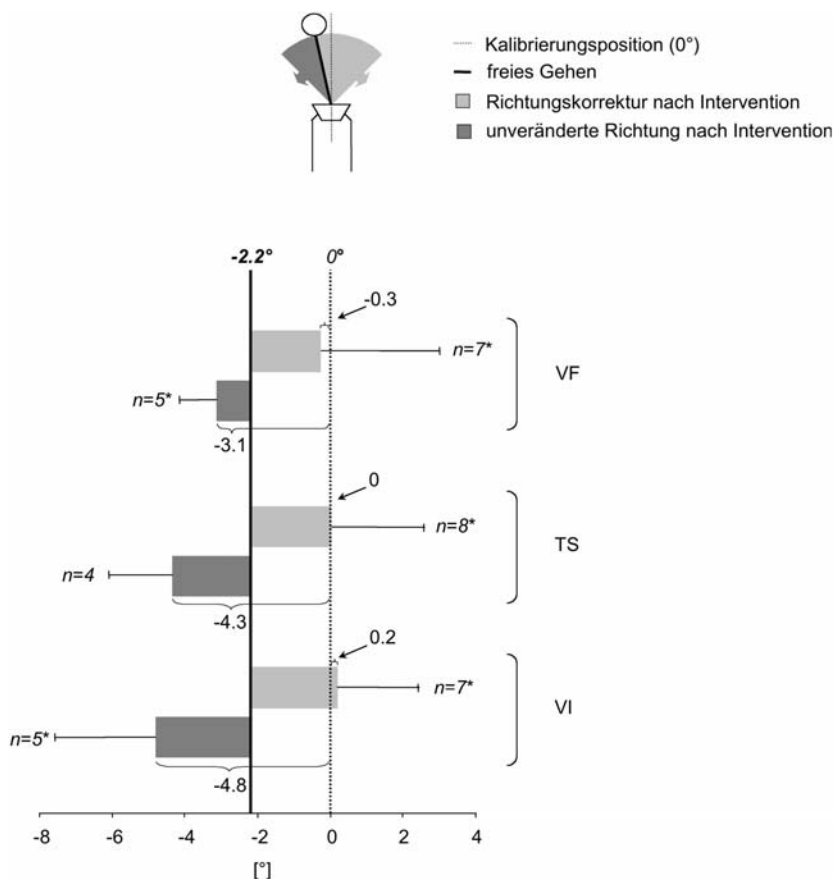


Abbildung 3: Richtung und Ausmaß der lateralen Thoraxabweichung nach Intervention (n=12). (VF = Echtzeit-Videofeedback, TS = Therapiespiegel, VI = verbale Instruktion)

Die Existenz eines für Hüftprothesepatienten typischen asymmetrischen Gangmusters (1, 2, 19, 21, 22, 27, 30) zeigt sich in der vorliegenden Studie anhand der mittleren medio-lateralen Thoraxabweichung von 2.2±1.9° beim freien Laufbandgehen in Relation zur aufrechten symmetrischen Standposition.

Der operationsseitig erhöhte WOMAC-Gesamtindex sowie das geringe Geh tempo bestätigen gleichfalls die in der Patientenstichprobe persistierenden Defizite.

Die an der Patientengruppe explorativ erprobten Maßnahmen zur Gangbildmodifikation führten hinsichtlich der medio-lateralen Thoraxabweichung sowohl zu abweichungskompensierenden als auch abweichungsintensivierenden Reaktionen. In Bezug auf die unmittelbare Wirksamkeit konnte für keine der Interventionsformen eine Überlegenheit bestätigt werden.

Die Patienten mit auf- bzw. gegengerichteter Thoraxneigung zeigten eine im Mittel stark an die lotrechte Rumpfposition (statisch) ange-näherte Thoraxabweichung, die sich für jede Interventionsform signifikant von der Referenzmessung unterscheidet und zwischen den drei interventionstypischen Testbedingungen nur geringe graduelle Unterschiede aufweist. Dabei scheinen für einen Teil der Patienten alle drei Interventionen als zweckgerichtet und gleichermaßen geeignet, das asymmetrische Gangbild, im Sinne einer reduzierten Thoraxseitneigung positiv zu beeinflussen.

Eine Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Reaktionen in Abhängigkeit der Interventionen verdeutlicht, dass bei zwei der zwölf Patienten weder Echtzeit-Videofeedback noch Therapiespiegel und verbale Instruktion zu einer Thoraxaufrichtung bzw. -verlagerung zur Gegenrichtung führten. Demgegenüber reagierten vier Patienten auf alle drei Interventionsformen erfolgreich während der größere Teil der Patienten individuell bei einer oder zwei der drei Testbedingungen abweichungskompensierende Effekte zeigte.

Allgemein lassen die interindividuellen Unterschiede in der Anpassungsreaktion vermuten, dass trotz Erholungspausen eine mit zunehmender Untersuchungsdauer abnehmende Motivation oder Konzentrationsfähigkeit Einfluss auf die Ergebnisse genommen hat. Weiterhin lassen sich aufgrund parallel durchgeführter Probandenbefragungen Effekte individueller Präferenzen für eine der drei Interventionsformen ableiten. Zwei von drei Probanden bevorzugten das Videofeedback und zwei von vier den Therapiespiegel und wiesen hier die stärkste Thoraxaufrichtung auf.

Gleichzeitig scheint eine erfolgreiche interventionsbedingte Bewegungskorrektur vom Ausmaß der medio-lateralen Thoraxneigung beim alltäglichen Gehen abhängig. Gering von der aufrechten Standposition abweichende

Tabelle 2: Mittelwert und Standardabweichung (SD) der mittleren Thorax- und Beckenzillation konsekutiver Gangzyklen in der Frontal-, Sagittal- und Transversalebene (n=12). (RM = freies Gehen als Referenzmessung, VF = Echtzeit-Videofeedback, TS = Therapiespiegel, VI = verbale Instruktion)

Testbedingung	[°]Mittelwert, SD		
	Thoraxoszillation (ROM)	Beckenzillation (ROM) [°]	
frontal	RM	3.2±1.4	3.6±1.9
	VF	2.6±1.3	3.8±1.9
	TS	2.6±1.5	3.8±1.7
	VI	2.9±1.1	3.7±1.5
sagittal	RM	2.2±0.5	3.5±1.1
	VF	2.1±1.0	3.0±1.3
	TS	2.3±0.7	3.2±1.2
	VI	2.2±0.7	3.2±1.0
transversal	RM	8.5±1.6	5.8±2.2
	VF	8.3±2.5	6.0±2.2
	TS	7.7±2.0	5.5±2.6
	VI	8.1±2.0	6.3±2.7

Oberkörperseitneigungen könnten bei der optischen Rückmeldung eine abweichungsintensivierende Interventionsantwort begünstigen, da der den Bewegungsverlauf präzisierende und qualitätsverbessernde Gehalt der Feedbackinformation (15) vergleichbar gering ist. Im Gegensatz zu früheren Studien (21) weist im vorliegenden Datensatz nur ein Patient eine vergleichsweise geringe Seitenauslenkung (0.5°) auf, so dass die Frage der Abhängigkeit des Feedbackerfolges vom graduellen Ausmaß der vorhandenen Thoraxneigung anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht abschließend beurteilt werden kann. Ein weiterer Erklärungsansatz für die individuell differierenden Anpassungsreaktionen ergibt sich aufgrund der Tatsache, dass die Patienten keine Informationen zur Auslenkungsrichtung der beim freien Gehen vorliegenden Thoraxseitneigung erhielten. Infolge nicht verfügbarer extrinsischer Informationen zur Seitneigungsrichtung ist gerade für Patienten mit abweichungsintensivierender Interventionsreaktion denkbar, dass für sie eine präzise analysatorische Erfassung ihrer Bewegung nicht möglich war oder zu einem inkorrekten Ergebnis führte. Unter der Annahme, dass der Korrekturversuch in jeder Testbedingung auf einer separaten bzw. erneuten sensorischen Erfassung basiert, können sowohl eine unzutreffende Bewegungswahrnehmung als auch Bewegungs- bzw. Korrekturversuche aus „Hilflosigkeit“ (7) aufgrund der mangelhaften Wahrnehmung zu einer gesteigerten Thoraxseitneigung geführt haben.

Eine Einflussnahme des Aufmerksamkeitsfokus, wie er von Shea & Wulf 1999 (25) bzw. Wulf & Prinz 2000 (35) beschrieben wurde, konnte anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht nachgewiesen werden. Die Autoren schreiben, unter Berücksichtigung interindividueller Unterschiede, dem auf den Effekt der Bewegung bezogenen externalen Fokus eine höhere Wirksamkeit zu als dem auf die eigene Körperbewegung zielenden internalen Fokus. Wengleich die Patienten der vorliegenden Studie im Rahmen der verbalen Instruktion eine körperbezogene Anweisung erhielten und die Interventionen Spiegel und Videofeedback durch eine

Konzentration auf körperexterne Punkte charakterisiert waren, ergab sich die für alle Interventionen nahezu identische Häufigkeitsverteilung abweichungskompensierender und -intensivierender Effekte. Allerdings könnte die auf den eigenen Körper zentrierte Gesamtsituation in der Nachsorgeklinik, die bewegungsbezogene Untersuchungssituation mit generell internaler Aufmerksamkeitslenkung gefördert und die dichte, zeitliche Abfolge der drei unterschiedlich fokussierenden Interventionsformen eine Differenzierung erschwert haben.

Aufgrund der ausbleibenden Wirkdominanz einer der untersuchten Interventionsformen verstärkt sich die Forderung nach der Individualität bewegungstherapeutischer Therapiekonzepte mit patientenspezifischer Auswahl der effektivsten Anwendung.

Insbesondere sollte im Hinblick auf die Anwendung eines computerassistierten Feedbacks, die durch Materialanschaffung und Personalschulung entstehenden Kosten und eine möglicherweise technikbedingte Zusatzbelastung mit Verminderung der Patienten-Therapeuten-Kontakte (13) nicht unerwähnt bleiben.

Inwiefern die erzielten Ergebnisse im weiteren Verlauf der therapeutischen Anwendung und darüber hinaus aufrecht erhalten oder in Richtung Populationsdurchschnitt ausgebaut werden, kann nur durch weitere kontrollierte und motorische Aspekte berücksichtigende Studien beantwortet werden. Dabei ist, zumindest bei einem Teil des meist älteren Patientenkontexts, die möglicherweise verminderte Lernfähigkeit (12) und der infolge des „Bewegungsumlernens“ erhöhte Schwierigkeitsgrad des Lernprozesses (14) (33) in Betracht zu ziehen.

Insgesamt sollten weiterführende Studien die skizzierten Feedbackverfahren zusätzlich in Abhängigkeit der operativen Versorgung und präoperativ imponierender Bewegungsstörungen untersuchen.

Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die angewendeten Interventionsformen gleichermaßen zu einer positiven Beeinflussung der Thoraxseitneigung führen und die zusätzliche optische Informationsvermittlung mittels Therapiespiegel oder Videofeedback keine Vorteile gegenüber der isolierten Instruktion zu bieten scheint. Demgegenüber lässt die auf der intrinsischen Information basierende reine Instruktion eine direktere Übertragbarkeit in den Bewegungsalltag vermuten, da auf den Einfluss einer unterstützenden externen Rückmeldung verzichtet und das Risiko der Abhängigkeit von der extrinsischen Information ausgeschlossen wird, obgleich auch ohne intrinsisches Feedback koordinierte Bewegungen und damit ein überdauerndes Behalten möglich ist (15).

Literatur

1. Ajemian S, Thon D, Kaul L, Clare P, Hughes G, Zernicke R: Gait changes following total hip replacement. *Gait posture* 5 (1997) 146-147.
2. Arnold W, Schliebe G: Ganganalysen an Patienten mit Hüfttotalendoprothesen Teil II: Prä- und postoperative Ganganalysen. *Z Gesamte Inn Med* 47 (1992) 15-20.
3. Aurin AS, Sharma A, Larkins R, Chaudhuri G: Knee position feedback: its effect on management of pelvic instability in a stroke patient. *Disabil Rehab* 22 (2000) 690-692.
4. Bellamy N, Buchanan WW: A preliminary evaluation of the dimensionality and clinical importance of pain and disability in osteoarthritis of the hip and knee. *Clin Rheumatol* 5 (1986) 231-241.
5. Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW: Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 15 (1988) 1833-1840.
6. Bernhardt M, Banzer W: Beurteilung der klinischen Einsetzbarkeit der Ultraschalltopometrie. *Dtsch Z Sportmed, Suppl.* 49 (1998) 199-202.
7. Christen JH: Beanspruchungskontrolle durch Biofeedback: experimentelle Analysen zum tätigkeitsbezogenen Einsatz von EMG-Biofeedback. Profil-Verlag, München, 1986.
8. Colborne GR, Olney SJ, Griffin MP: Feedback of ankle joint angle and soleus electromyography in the rehabilitation of hemiplegic gait. *Arch Phys Med Rehabil* 74 (1993) 1100-1106.
9. Colborne GR, Wright FV, Naumann S: Feedback of triceps surae EMG in gait of children with cerebral palsy: a controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 75 (1994) 40-45.
10. Dingwell JB, Davis BL: A rehabilitation treadmill with software for providing real-time gait analysis and visual feedback. *J Biomech Eng* 118 (1996) 253-255.
11. Dingwell JB, Davis BL, Frazier DM: Use of an instrumented treadmill for real-time gait symmetry evaluation and feedback in normal and trans-tibial amputee subjects. *Prosthetics Et Orthotics Int* 20 (1996) 101-110.
12. Fass V, Müller W: Postoperative Rehabilitation und Physiotherapie des älteren Patienten nach totalendoprothetischer Versorgung. *Orthop Praxis* 4 (1994) 211-213.
13. Grissom SP, Dunagan L: Improved satisfaction during inpatient rehabilitation after hip and knee arthroplasty: a retrospective analysis. *Am J Phys Med Rehabil* 80 (2001) 798-803.
14. Hänsel F: Instruktionspsychologie motorischen Lernens, in: Haase H (Hrsg.): *Sportpsychologie*, Bd 6, Peter Lang, Frankfurt, 2002.
15. Hillebrecht M: Zum Einfluss der Informationsfrequenz auf das Erlernen von sportlichen Bewegungen, *Sport und Kultur*, Bd 13, Peter Lang, Frankfurt, 1994.
16. Himmelreich H, Stefanick E, Banzer W: Die Ultraschallgesteuerte Anthropometrie (UGA) - Zur Entwicklung eines neuen Verfahrens in der Asymmetriediagnostik. *Sportverl Sportschad* 2 (1998) 60-65.
17. Hirokawa S, Matsumura K: Biofeedback gait training system for temporal and distance factors. *Med Biol Eng Comput* 27 (1989) 8-13.
18. Lühmann D, Hauschild B, Raspe H: Hüftendoprothetik bei Osteoarthrose - Eine Verfahrens-bewertung, Nomos, Baden-Baden, 2000.
19. Madsen MS, Ritter MA, Meding JB, Vardaxis VG: Total hip arthroplasty surgical approach effects on gait kinematics. Seventh annual meeting of the gait and clinical movement analysis society, Chattanooga, Tennessee, USA (2002) pp 54-55.
20. Montoya R, Dupui P, Pages B, Bessou P: Step-length biofeedback device for walk reha-bilitation. *Med Biol Eng Comput* 32 (1994) 416-420.
21. Murray MP, Brewer BJ, Zuege RC: Kinesiologic measurements of functional performance before and after McKee-Farrar total hip replacement. *J Bone Joint Surg* 54-A (1972) 237-256.
22. Perron M, Malouin F, Moffet H, McFadyen BJ: Three-dimensional gait analysis in women with a total hip arthroplasty. *Clin Biomech* 15 (2000) 504-515.
23. Petrofsky JS: Microprocessor-based gait analysis system to retrain Trendelenburg gait. *Med Biol Eng Comput* 39 (2001) 140-143.
24. Petrofsky JS: The use of electromyogram biofeedback to reduce Trendelenburg gait. *Eur J Appl Physiol* 85 (2001) 491-495.
25. Shea CH, Wulf G: Enhancing motor learning through external-focus instructions and feed-back. *Hum Mov Sci* 18 (1999) 553-571.
26. Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA, Tyndall AG, Dick W, Theiler R: Evaluation einer deutschen Version des WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrose-index. *Z Rheumatol* 55 (1996) 40-49.
27. Tanaka Y: Gait analysis of patients with osteoarthritis of the hip and the those with total hip arthroplasty. *Biomed Mater Eng* 8 (1998) 187-196.
28. Vogt L, Banzer W: Reproduzierbarkeit thorakaler und lumbaler Wirbelsäulenbewegungen mit der 3-D-Ultraschalltopometrie. *Phys Rehab Kur Med* 7 (1997) 21-25.
29. Vogt L, Brettmann K, Pfeifer K, Banzer W: Gangstörungen - Möglichkeiten bewegungs-analytischer Diagnostik und Therapie. *Z Orthop* 140 (2002) 561-567.
30. Vogt L, Brettmann K, Pfeifer K, Banzer W: Walking patterns of hip arthroplasty patients: some observations on the medio-lateral excursions of the trunk. *Disabil Rehab* 7 (2003) 309-317.
31. Vogt L, Pfeifer K, Galm R, Banzer W: Muscle activation pattern of hip arthroplasty patients in walking. *Research in Sports Medicine* 12 (2004) 191-199.
32. Vogt L, Pfeifer K, Portscher M, Banzer W: Influences of nonspecific low back pain on three-dimensional lumbar spine kinematics in locomotion. *Spine* 26 (2001) 1910-1919.
33. Weineck J: *Sportbiologie, Beiträge zur Sportmedizin Bd 27*, perimed, Erlangen, 1990.
34. White S, Klavovon W, Lifeso R: Real-time dynamic visual feedback for altering gait of individuals after hip replacement. *Gait posture* 5 (1997) 174-175.
35. Wulf G, Prinz W: Bewegungslernen und Instruktionen. *Sportwissenschaft* 30 (2000) 289-297.

Korrespondenzadresse:
Dr. Kirsten Brettmann
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Institut für Sportwissenschaften
Abteilung Sportmedizin
Ginnheimer Landstr. 39
60487 Frankfurt/Main
e-Mail: brettmann@sport.uni-frankfurt.de