

Gleichgewichtsleistungen im Dienst der posturalen Kontrolle



Die Gleichgewichtsfähigkeit ist ein wichtiger Bestandteil eines gesundheitsorientierten Trainings. Wie steht es aber mit der Umsetzung in den Centern? Sind die bekannten Trainingsinterventionen wirklich zielführend? In einem zweiteiligen Artikel widmen wir uns ausführlich dem Thema Gleichgewicht.

Teil 2



Urs Geiger, PTScFH, CAS CADM, CAS Sportphysiotherapie, Berufsschullehrer HWS Huber Widemann Schule, Basel, langjähriger Berufsbildner, Praktikumslehrperson DZ, ETH Zürich, Buchautor

Rückblick

Im ersten Teil («BEWEGUNGSMEDIZIN» 21/2024) haben wir die sensomotorischen Grundlagen der Gleichgewichtsleistungen übersichtsmässig erarbeitet und den neuromuskulären Zusammenhang zur posturalen Kontrolle hergestellt. In diesem 2. Teil soll – nach einer vergleichenden Aufstellung zwischen statischer und dynamischer Gleichgewichtsfähigkeit – ein noch nicht validierter Test zur Quantifizierung biomechanischer Belastungsindikatoren diskutiert werden. *Der Einbein-Sprungtest (siehe Abb. 3)*

soll einerseits Auskunft über die Effizienz des abrufbaren, feedforwardgesteuerten Bewegungsmusters und andererseits über muskuläre Defizite innerhalb der arthromuskulären Kette geben.

Die Frage bleibt noch zu beantworten, ob mit diesem horizontalen «Sprungtest» ein allfälliges Sturzrisiko zuverlässig eingeschätzt werden kann.

Die verschiedenen Kortexareale prozessieren die Intention zum Handeln, die Ausführung der Handlung und die motorische Kontrolle. Die entsprechende zentralnervöse Verschaltung zwischen den verarbeitenden und kontrollierenden Ebenen (kortikal, subkortikal, supraspinal und spinal) erfolgt innerhalb des sensomotorischen Systems sequentiell. Selbstinitiierte Willkürbewegungen erfordern eine innere Entscheidung, mit einem Objekt zu interagieren (vgl. *Diagramm 1*). Die zielmotorische Gesamtbewegung ist das Resultat der Auswahl aus verschiedenen Handlungsalternativen, einschliesslich derjenigen, nicht zu agieren, was zum Beispiel beim Einbein-Sprungtest möglich ist.

Arten der Gleichgewichtsfähigkeit

Unterschiedliche physiologische Vorgänge machen eine Einteilung in statisches und dynamisches Gleichgewicht notwendig. Weil jede Form von Gleichgewicht als Resultat komplexer feedback- oder feedforwardgesteuerter neuromuskulärer Regelkreise zu verstehen ist, erfolgt eine quantitative Differenzierung auf die Systematik des Trainingsaufbaus beschränkt (vgl. *Tab.1*). ▶

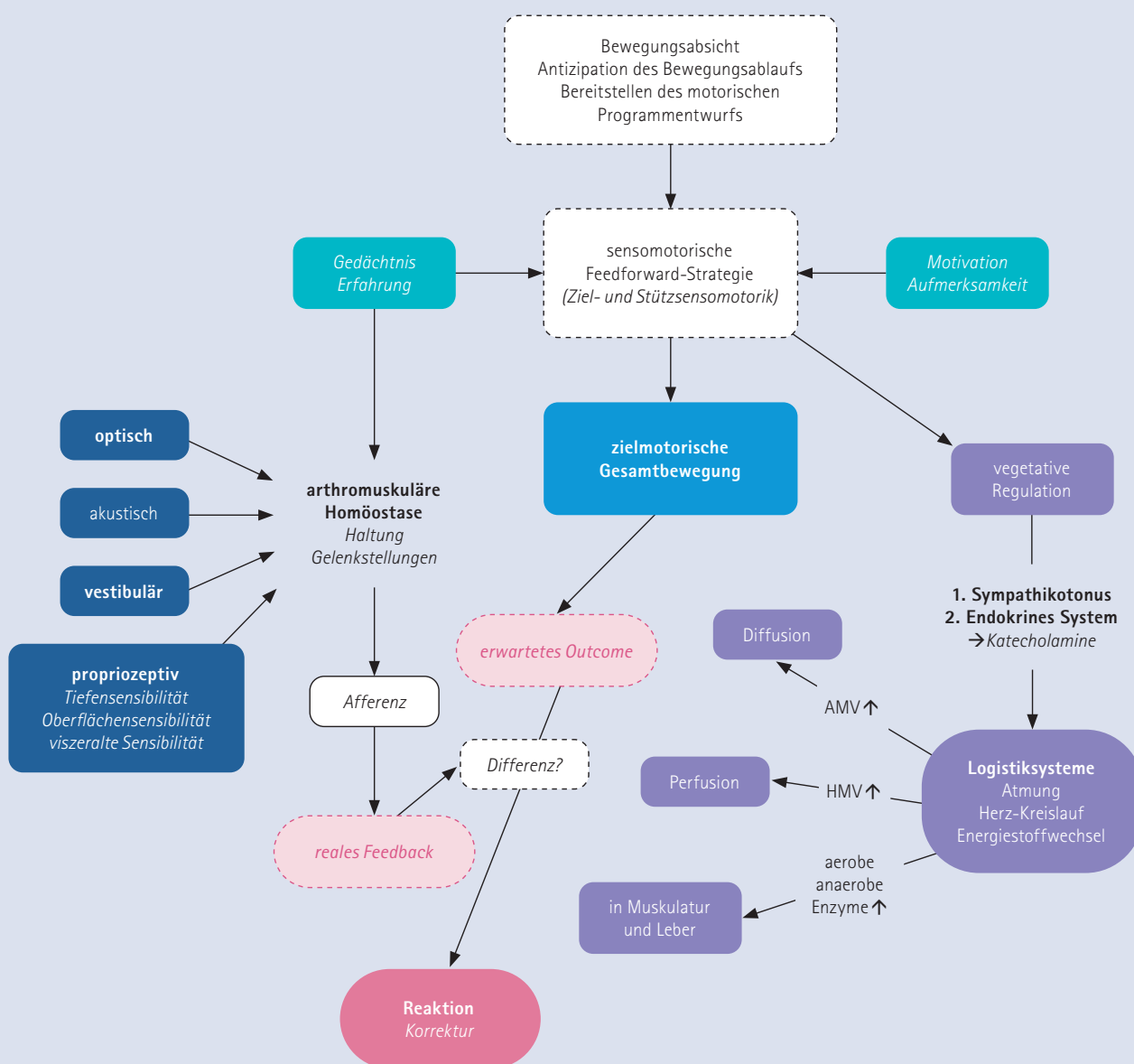


Diagramm 1: Schematische Darstellung der sequenziellen Verschaltung von der Bewegungsabsicht zur zielmotorischen Gesamtbewegung. Dem Prozess des Bewegungslernens unterliegt der stetige Abgleich zwischen erwartetem Outcome und realem Feedback mit entsprechender Korrektur des Bewegungsmusters. Zusätzlich dargestellt sind die durch das vegetative und humorale System gesteuerten Logistiksysteme, die innerhalb des sensomotorischen Systems immer mitaktiviert werden. (U. Geiger, 2023)

Gleichgewicht ist keine isolierte Fähigkeit und deshalb aufgabenspezifisch		
Statische Gleichgewichtsfähigkeit Gleichgewichtserhalt in relativer Ruhestellung; «Lageempfindung» in verschiedenen Körperhaltungen; basiert vor allem auf propriozeptiven, taktilen und optischen Informationen	Hauptarten des Gleichgewichts	Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit Erhaltung und Wiederherstellung des Gleichgewichts bei grossräumigen Lageveränderungen des Körpers; basiert vor allem auf vestibulären Informationen
Auch statisches Gleichgewicht erfordert permanente Anpassung und kann nicht mit einem dualen Modell erklärt werden; überwiegend reaktiv über Feedback	Regulation erfolgt über Rückkopplung (Feedback-Schleufe) und Vorkopplung (Feedforward-Haltungsmuster-Schleufe)	Räumliche Lageveränderung ist als Reihenbild aufeinanderfolgender Haltungen zusammengesetzt, die von einem Gleichgewichtszustand in den nächsten führen; überwiegend antizipativ über Feedforward
Lerneffekte nur für gewähltes Bewegungsmuster, keine allgemeine Übertragbarkeit	Spezifität Zielgerichtete Auswahl der passenden Transferübung	Lerneffekte nur für gewähltes Bewegungsmuster, keine allgemeine Übertragbarkeit
Bewegungen asymmetrisch; Dual Tasking mit Zusatzgewichten, imbalanced	Variable Verfügbarkeit ausgehend von «Basisübung»	Augen einseitig/beidseitig geschlossen, verschiedene Kopfstellungen
Sensomotorische Strategie zur Erhaltung des Gleichgewichts bei Perturbation		
Störfaktor gering → <i>Fussgelenk-Strategie</i> ; Kompensation vor allem über aktive Plantarflexion (Dorsalextension)	Störfaktor mittel → <i>Hüft-Strategie</i> ; Kompensation über Schwerpunktverschiebung nach hinten über Hüftflexion bei gestreckten Beinen	Störfaktor gross → <i>Schritt-Strategie</i> ; Kompensation über Ausfallschritt (Anforderung an Reaktionsschnelligkeit und «Schnellkraft»)
Progression		
multimodal; kognitive Zusatzleistungen	Multidirektional; zusätzliche Bewegungsrichtungen	multifunktional; motorische Zusatzaufgaben

Tabelle 1: Definitionen und neurofunktionale Merkmale der beiden Hauptarten des Gleichgewichts im Vergleich



Abbildung 1: Beispiel einer komplexen Übungsanordnung mit der potenziellen Möglichkeit der sensorimotorischen Gewichtung innerhalb des statischen und dynamischen Gleichgewichts (Quelle: www.vlamingo.de)

Das Übungsbeispiel (Abb. 1) zeigt exemplarisch die haltungsbezogene Nutzung gleichgewichtsrelevanter Parameter (Regulation in Form von Vor- und/oder Rückkopplung [Erwartungsverrechnung], Spezifität, sensomotorischer Strategie bzw. Gewichtung und Progression) und die Möglichkeit, bedarfsweise von einer statischen in eine dynamische Gleichgewichtsform zu wechseln:

A) Bei *somatosensorischer Gewichtung* können die spezifischen Gleichgewichtsfähigkeiten über folgende extrinsische und intrinsische Parameter geschult werden:

- Kleine Unterstützungsfläche mit seitlicher Ausdehnung
- Abstand zwischen den Füßen beliebig verändern
- Unterschiedliches Aufsetzen der Füße (Vorfuss, Mittelfuss oder Rückfuss), auch einbeinig
- Varianten mit repetitiven Kniebeugen kombinieren
- Veränderung der Armstellung (Stäbe seitlich oder vertikal über den Kopf führen)
- Perturbation (Störfaktor) durch gegenseitiges Drücken und Ziehen über die Stäbe

B) Bei *sensorischer Gewichtung* können die spezifischen Gleichgewichtsfähigkeiten über folgende, primär intrinsische Parameter geschult werden:

- abwechselndes Schliessen der Augen oder Schliessen beider Augen
- Kopfhaltungen oder -bewegungen nach rechts/links, unten/oben oder Kopfdrehungen

Personenbezogene Faktoren der posturalen Kontrolle

Posturale Kontrolle liegt der Ontogenese zugrunde, also dem angeborenen motorischen Verhalten zur vertikalen Aufrichtung des Körpers gegen die Einwirkung der Schwerkraft. Die Sicherung des labilen Gleichgewichts im aufrechten Stand wird beim Übergang in (hoch-)dynamische Fortbewegung unter anderem über reflektorische Streckmuster der unteren Extremitäten gesichert. Daran beteiligt sind die in arthrokinesischen Ketten verbundenen Flexoren des Fussgelenks, Extensoren von Knie- und Hüftgelenk und zusätzlich des Rumpfes (Streckmuskelschlinge).

Gleichgewichtstraining kann in einem gewissen Masse sowohl Reaktivkraft als auch Sprungfähigkeit steigern. Die Verbesserung dieser muskulären Leistungsfähigkeit ist auf eine Verbesserung der neuromuskulären Bahnung zurückzuführen, das heisst, die willkürliche Ansteuerung vor allem der Fuss- und Unterschenkelmuskulatur gelingt besser. Entscheidende Folge davon ist eine effizientere Nutzung der Sprunggelenkstrategie¹, die sich wirksam auf die posturale Kontrolle auswirkt (Taube, Gruber & Gollhofer, 2008). Krafttraining unter spezieller Berücksichtigung der Bein-, Hüft- und Rumpfmuskulatur, die innerhalb der Streckmuskelschlinge gegen die Schwerkraft zusammenwirken, ist deshalb als essenzielle Trainingsmassnahme im Zusammenhang mit Gleichgewichtstraining anzusehen. Weil die Bewegungsadaptationen in den Sprunggelenken eine überragende Rolle in der Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle spielen, sind die Muskeln auf diesem Bewegungsniveau im Krafttraining speziell zu berücksichtigen (vgl. Abb. 2).

Durch die Überkreuzung der beiden Hauptbewegungsachsen von oberem Sprunggelenk (*Dorsalextension/Plantarflexion*) und unterem Sprunggelenk (*Inversion/Eversion*) ergeben sich vier Quadranten (*ventral/lateral, ventral/medial, dorsal/medial, dorsal/*

¹Beschreibt die motorische Möglichkeit, den Körperschwerpunkt durch reflektorische Aktivität der Unterschenkelmuskulatur über der Unterstützungsfläche zu halten, ohne diese verändern zu müssen.

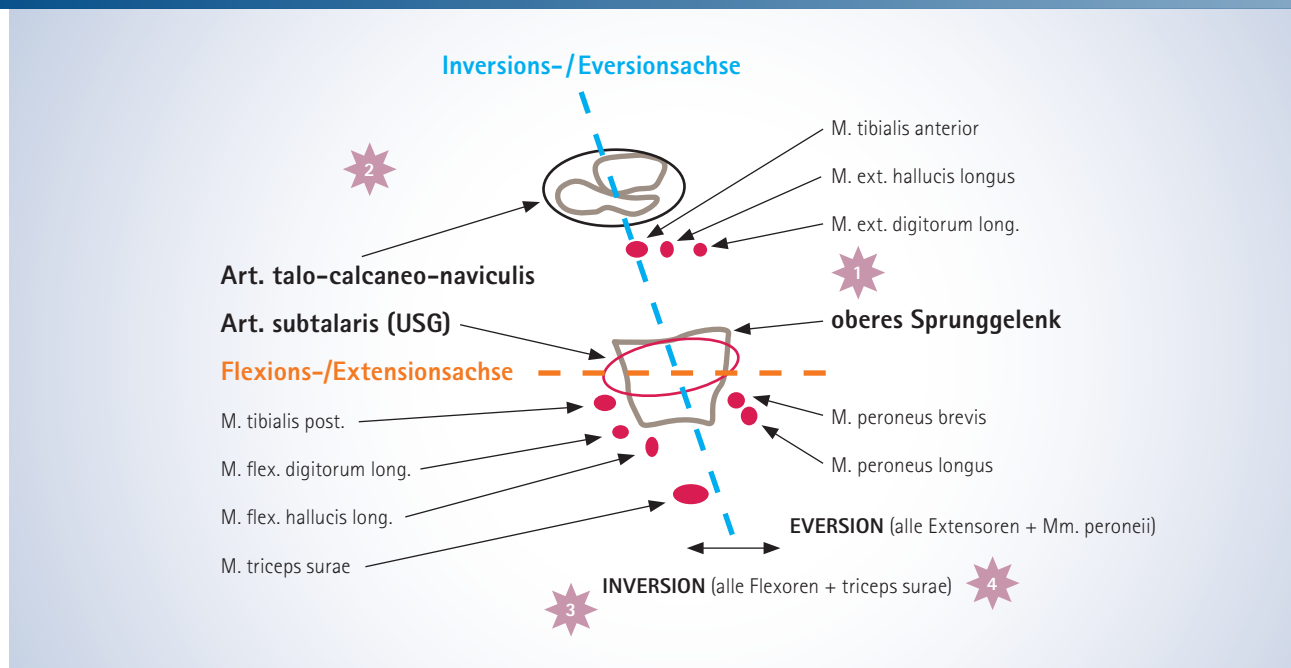


Abb. 2: Schematische Darstellung der beiden Bewegungsachsen am Fuss, um welche die genannte «Fussgelenk-Strategie» adaptiv möglich ist (Pronations- und Supinationsachse sind nicht berücksichtigt); in den Quadranten 1–4 sind die Muskeln benannt, die jeweils an zwei Bewegungskomponenten beteiligt sind.

lateral), die in ihrem physiologischen Bewegungsradius muskulär gesichert werden müssen. Die potenzielle Gefahr einer übermäßigen Inversion, wie etwa beim Distorsionstrauma, ist im Quadranten *ventral/lateral* am grössten. Die gelenksichernden Muskeln sind hier Mm. peroneus longus und brevis, M. extensor digitorum longus und M. hallucis longus. In diesem Zusammenhang sei hier auch die herausragende Bedeutung der Dorsal-extensoren (vgl. Quadranten *ventral/lateral* und *ventral/medial*) erwähnt, weil eine Schwäche dieser Muskelgruppe, vor allem des M. tibialis anterior mit dem M. extensor digitorum longus und dem M. extensor hallucis longus, als einer der bekannten Risikofaktoren für Stürze identifiziert wurde.

Testing der Gleichgewichtsleistungen

Unabhängig davon, ob technisch mehr oder weniger aufwändige Messverfahren zur Beurteilung der koordinativen Leistungsfähigkeiten genutzt werden, sind nur mit validierten Normwerten sogenannte Querschnittvergleiche² möglich. Anders verhält es sich, wenn ein (Koordinations-)Test für eine Längsschnittunter-

suchung eingesetzt wird; dann wird lediglich die Veränderung der Leistung beobachtet. Test und Testausführung müssen auch hier standardisiert sein, aber es erfolgt kein Normwertvergleich, sondern eine Beurteilung der Veränderung im Sinne eines Vorher-Nachher-Vergleichs (T. Stemper, 2018).

Im medizinischen Bereich, namentlich in den Fachbereichen Neurologie, HNO und Geriatrie werden standardisierte und valide Messinstrumente genutzt, die im Assessment unter anderem die Gleichgewichtsfähigkeit und das Sturzrisiko ermitteln (beispielsweise POMA Tinetti-Test, TUG, Romberg, BBS, Unterberger Tretversuch u. a. m.). Weil diese Tests normalerweise in Bezug auf die sensomotorischen Anforderungen sehr unterschwellig konzipiert sind, besteht für die genannten Tests im Centeralltag nur eine bedingte Indikation.

Von einem Training im Allgemeinen wird gefordert, dass dieses aufgabenorientiert, kontextspezifisch und intensiv sein sollte und antizipatorische Anpassungsmechanismen mittrainiert werden. Eine entsprechende Testübung ist dann als *spezifisch* zu bezeichnen, wenn diese Rahmenbedingungen ebenfalls bewertet werden können. ▶

²Die Leistung einer Person kann anhand einer Vergleichsgruppe eingeordnet werden.



Abbildung 3: Ausführung des Einbein-Sprungtests. Im sporttherapeutischen Kontext wird die Differenz der Sprungweite zwischen betroffenem und nicht betroffenem Bein gemessen und interpretiert. (Quelle: Deutsche Kniegesellschaft Testmanual Silberstandard)

Wenn wir davon ausgehen, dass das Risiko für Stürze vor allem nach vorn erhöht ist, sollte eine Testübung die geforderte Bewegungsdynamik und -richtung berücksichtigen. Diesen Vorgaben dürfte der Sprungtest «Single leg hop» nahekommen (siehe Abb. 3). Im Reha-Prozess, vor allem nach Knieverletzungen, wird dieser Test genutzt, um den konditionell-koordinativen Unterschied zwischen dem verletzten und dem nicht betroffenen Bein zu quantifizieren, und um Rückschlüsse auf eine allfällige Wie-

Tipp:

Wenn das Schnellkraftniveau einen das Sturzrisiko beeinflussenden Kraftfaktor darstellt, dann kann die «Sprungkraft» (hier in Form des Einbein-Sprungtests) als die neuromuskuläre Manifestation des entsprechenden Potenzials angesehen und getestet werden.

deraufnahme des Sports ziehen zu können. Aufgrund seiner hohen Anforderung an antizipatorisch-willkürliche Impulsgeneration (Frequenzierung), schnelle Kraftentwicklung im langsamen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (intramuskuläre Koordination) in der Absprunghase und feedforwardgesteuerter Vorspannung zur ausreichend hohen isotonisch-exzentrischen Kraftentwicklung in der Landephase ist der Einbein-Sprungtest als anspruchsvoller und deshalb selektiver Test anzusehen.

Die Effizienz der Beinachsenstabilität ist indirekt Ausdruck der qualitativen Leistungen des sensomotorischen Systems, die sich unter anderem in der intermuskulären Koordination von Hüft-, Knie- und Fussmuskeln ausdrückt. Diese sind nicht nur im Sinne der Rehabilitation und Verletzungsprophylaxe relevant, sondern stellen auch leistungsbestimmende Faktoren für alle schnellkräftigen Bewegungen dar.

Die biomechanischen Belastungsindikatoren

Bei allen Arten von *einbeinigen Landephasen* ist die dynamische Kniestabilität von zentraler Bedeutung. Diese wird massgeblich durch die kniegelenkumgreifende und hüftumgebende Muskulatur und zudem durch eine ausreichende Oberkörperstabilität beeinflusst. Darüber hinaus hängt Stabilität von der Muskelmasse als kontraktilem Element und dessen Ansteuerung durch das Zentralnervensystem – folglich der potenziell möglichen Kraftproduktion – ab. (Grip, Tengman & Hager, 2015).

Die viel zitierte Beinachsenbelastung ist primär beeinflusst durch die Belastungsrichtung der Gewichtskraft. Bei funktioneller Beinachsenbelastung verläuft die Traglinie zwischen dem Hüftgelenkszentrum und der Mitte des Sprunggelenkes annähernd zentral durch die Drehachse des Kniegelenks (Richard & Kullmer, 2013). Abweichungen der Achsensymmetrie können sich in ausgeprägter Abduktions- oder Adduktionsstellung (Valgus/Varus), meist mit Rotationsstellung des Femurs gegenüber dem Unterschenkel äussern.

Auf die Beinachsenbelastung haben auch die Ausrichtung des Rumpfes (Oberkörperstabilität) und die Hüftabduktoren einen entscheidenden Einfluss. Oberkörperstabilität beschreibt unter anderem die Fähigkeit, den Oberkörper so über dem Becken zu positionieren, dass ein Optimum an Kraftproduktion, -transfer und -kontrolle zu den Segmenten gewährleistet werden kann (Press & Sciascia, 2006). Der distalen Mobilität geht die proximale Stabilität voraus (Kibler et al., 2006).

Zur Vorhersage der Kniestabilität eignen sich *Oberkörperneigung nach lateral, Hüftabduktionsmoment und Hüftinnenrotation*. Als stärkster Prädiktor gilt dabei die Hüftinnenrotation, welche funktionell mit der Hüftausenrotationskraft assoziiert ist (*M. obturatorius internus, M. obturatorius externus, M. gemellus superior, M. gemellus inferior, M. quadratus femoris, M. piriformis und M. gluteus maximus*). Die Oberkörperneigung kann dabei als reaktiver Kompensationsmechanismus bei Insuffizienz der Hüftabduktoren verstanden werden, um das Hüftadduktionsmoment zu kompensieren. Eine frühe Voraktivierung von *M. gluteus medius* und *minimus* ist wichtig, um eine adäquate Hüftpositionierung herbeizuführen und um Bodenreaktionskräfte abfangen zu können. Schwache Hüftabduktoren können das Bewegungsmuster dahingehend verändern, dass sich die laterale Oberkörperneigung zum Standbein hin verstärkt. Beim vorhersehbaren «Sprungereignis» wird die Qualität der dynamischen Stabilität auch über eine variable Anpassung des Steifigkeitsgrades innerhalb der Hauptmuskelkette determiniert; durch Vorspannung wird ein Teil der Bewegungsenergie in den elastischen Strukturen des Bindegewebes gespeichert und während der konzentrischen Bewegungsphase wieder freigesetzt (*Schwameder et al. 2013*).

Bewertung der biomechanischen Belastungsindikatoren beim Einbein-Sprungtest

In *Tabelle 2* können die biomechanisch relevanten Belastungsindikatoren der posturalen Kontrolle auf allen Bewegungsebenen innerhalb von vier Kategorien eingeschätzt und mit einer Zahl quantifiziert werden (die Zahl für «Hüftinnenrotation» wird doppelt gezählt). Ein Gesamtscore von «0» würde einem maximal effizienten Einbein-Sprung mit ausgezeichneter arthromuskulärer Balance entsprechen. Je grösser das Gesamtscore, desto ineffizienter und (fehl-)belastender wurde der Einbein-Sprung ausgeführt. Wenn die Bewertung 2 oder 3 vergeben wurde, ist eine spezifische Trainingstherapie dieser pathomechanischen Kompensation indiziert.

Unter der Prämisse, dass die Sprunggelenk-Strategie eine zentrale Rolle innerhalb des sensomotorischen Anteils des Gleichgewichts hat, ist es hilfreich, wenn neben den motorischen Tests auch ein validierter Fragebogen zur Erfassung von Beschwerden und funktionellen Einschränkungen im Bereich von Fuss- und Sprunggelenken genutzt werden kann. Empfohlen sei hier der Fragebogen *Foot and Ankle Ability Measure (FAAM-G)*, der einer-

Biomechanische Belastungsindikatoren	unauffällig 0	wenig auffällig 1	auffällig 2	ausgeprägt 3
Oberkörperstabilität (vertikaler Aspekt)				
Oberkörperneigung (zur Sprungbeinseite)				
Hüftadduktion (vom Hebelarm Becken)				
Hüftabduktion (vom Hebelarm Becken)				
Hüftinnenrotation (2x) (vom Hebelarm Becken)				
Knieabduktion (Valgusstellung)				
Knieadduktion (Varusstellung)				
Sprungdynamik und Stiffness				
Fussgelenk-Strategie (Effizienz der Ausgleichsbewegung)				
Zwischentotal (Punkte pro Indikator)	_____ Punkte	_____ Punkte	_____ Punkte	_____ Punkte
Gesamtscore	_____ Punkte			

Tabelle 2: Bewertungstabelle des Einbein-Sprungtests, basierend auf der subjektiven Einschätzung der biomechanischen Indikatoren; Punktescore gegenwärtig nur für intraindividuelle Verlaufskontrolle nutzbar. (U. Geiger 2023)

seits Auskunft über Tätigkeiten des alltäglichen Lebens als auch über mechanische Einschränkungen im Sport gibt.

Der Trainingsaufbau

Das wichtige *Trainingsprinzip der progressiven Belastungssteigerung* wird beim Training der Gleichgewichtsleistungen über die Belastungsstufen *statisch, dynamisch und reaktiv* realisiert. Abhängig von der individuellen Zielsetzung ist zusätzlich eine weitere Differenzierung der Trainingsbelastung über die sich reziprok verhaltenden Parameter wie Belastungsdauer und Belastungsintensität (Bewegungsgeschwindigkeit) nützlich. Es mag auffallen, dass für ein *sensomotorisches Training* hier keine Trainingsmittel vorgeschlagen werden, die eine explizit «wacklig-instabile» Unterlage – auf der keine räumliche (Fort-)Bewegung möglich ist – vorsehen (vgl. Tab. 3). ▶

Schwerpunkt: Somatosensorische Stimulation	Schwerpunkt: Stimulation des Drehbewegungssinns	Schwerpunkt: Stimulation des Lage- und Bewegungssinns
Stufe 1 <i>Statische Stabilität</i>	Stufe 1 <i>Statische Stabilität</i>	Stufe 1 <i>Verkleinerung der Unterstützungsfläche</i>
Standwaage auf festem Boden (Halteaufgabe)	Im Stehen Kopf kontrolliert heben und senken	Aus verschiedenen Fussstellungen: Zusatzaufgaben mit Partner oder Bällen
Standwaage («dynamisiert») mit Zusatzbewegungen von Armen und Spielbein	Im Einbeinstand Kopf kontrolliert heben und senken	Im Einbeinstand: Zusatzaufgaben mit Hilfsmittel (auch von Fusssohlen- in Zehenstand)
Standwaage auf gerollter Matte oder Seil	Im Stehen auf Matte: Kopf kontrolliert heben und senken	Auf Langbank (schmale Seite): «Ballspiele» mit Partner
Standwaage («dynamisiert») mit Zusatzbewegungen von Armen und Standbein	Akzentuierung der jeweiligen Stimulation erfolgt durch Reduktion des visuellen Sinns	– Gegenstände mit dem Fuss aufnehmen – «Therabandziehen» mit dem Fuss
Stufe 2 <i>Dynamische Stabilität</i>	Stufe 2 <i>Dynamische Stabilität</i>	Stufe 2A <i>Instabile Unterlage (2-D)</i>
– Gehen auf Langbank (schmale Seite) – Gehen evtl. auch rückwärts	Gehen auf Langbank mit Kopfdrehungen (Blick in verschiedene Richtungen)	Füsse auf einem «Gleitpad» als rutschenden Untersatz: – Langlauf – Sich ziehen lassen
Gehen auf Langbank mit geschlossenen Augen		Partnerübungen mit Kleingeräten auf Balancepad
Gehen auf Langbank mit wiederholten 180°-Drehungen		Stufe 2B <i>Instabile Unterlage (3-D)</i>
Gehen über verschiedene Untergründe		– Rückenlage auf Rolle, zusätzlich mit Arm- und Beinbewegungen – Unterarm-Seitstütz auf Rolle(n) – Ballgymnastische Übungen
Stufe 3 <i>Dynamische Stabilität</i>	Stufe 3 <i>Dynamische Stabilität</i>	Stufe 3 <i>Instabile Unterlage (2-D)</i>
	<i>Spezielle dynamische Bewegungsform im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (Hüpfbewegung, Hoch-tief-Sprünge, Schrittvarianten)</i>	
	Stufe 3 wird im gesundheitsorientierten Training nur in seltenen Fällen zur Anwendung kommen.	

Tabelle 3: Exemplarische Trainingsgestaltung zur Stimulation der Gleichgewichtsleistungen (Beitrag in «mobilesport» 05/2015, modifiziert). Diese Gliederung ist als Orientierungshilfe zu verstehen (die Trainingsinhalte werden entsprechend den individuellen Fähigkeiten bzw. Schwächen des Kunden mehr oder weniger deutlich davon abweichen).

Wissen für die Praxis (2. Teil)

- Gleichgewichtstraining basiert auf bewusster und unbewusster Wahrnehmung, der ihrerseits *Sinnerkennung* über Kognition, Emotion, Gedächtnis, Aufmerksamkeit und Sinnesempfindung zugrunde liegt. (B. Baviera, 2003)
- Ein Training der Gleichgewichtsleistungen ist nur zielführend, wenn ein hoher Anspruch auf die qualitative Bewegungsausführung (vgl. Beinachsenbelastung und Rumpfstabilität) erfüllt ist.
- Weil Stürze ihren Ursprung fast ausschliesslich in räumlich sich verändernden (dynamischen) Bewegungsabfolgen

gen haben, kann ein «statisches Gleichgewichtstraining» aus sturzprophylaktischer Sicht nicht als ausreichend angesehen werden.

- Gleichgewichtstraining im Allgemeinen sollte nicht nur variierende Körperstellungen und bewegungen einschliessen, sondern zusätzlich Änderungen der Augenstellung (Blickrichtungen) und von der 0-Stellung abweichende Kopfstellungen kombinieren.
- Besonderes Augenmerk gilt der Fussstatik. Wahrnehmung und Konzentration sind bewusst auf die «kritischen Schaltstellen» zu richten und erfordern eine bildliche Vorstellung der korrekten Bewegungsausführung.

- Der Untergrund darf nur von stabil auf labil verändert werden, wenn die Bewegungsaufgabe in einem arthromuskulären Gleichgewicht gelöst werden kann.
- Weil sich bewegungsalltägliche Mobilität auf festen Untergründen abspielt, ist es wenig sinnvoll, Gleichgewichtstraining im Rahmen der posturalen Kontrolle ausschliesslich auf instabilen Unterlagen zu trainieren.
- Bei somatosensorisch geprägtem Training der Gleichgewichtsfähigkeit spielt die Verbesserung der Fuss-Strategie die entscheidende Rolle.
- Die gewünschte Effizienz der Fuss-Strategie hängt primär von der reflektorisch gesteuerten intermuskulären Koordination (reflektorische Bahnung und Hemmung der OSG- und USG-stabilisierenden Muskeln) innerhalb der segmentalen Pools von Alpha- und Gammamotoneuronen ab.
- Das Training darf einerseits nicht in ermüdetem Zustand durchgeführt werden und andererseits nicht zu einer zentralnervösen Ermüdung führen (falsches Bewegungsmuster bei Kompensationsbewegungen).
- Die Belastungsdauer auf Stufe 1 (Haltedauer) liegt zwischen 5 und maximal 45 Sekunden.
- Die Anzahl Wiederholungen auf Stufe 2 (dynamische Bewegungsabläufe) liegt zwischen 1 und maximal 25. ◀

Literatur

- Cescato, N. & Gubser, R. **Sturzrisiko bei älteren Erwachsenen**, zhaw Gesundheit, 2020
- Geraedts, P. **Motorische Entwicklung und Steuerung**, Springer, 2020
- Heilmann, F. **Dynamische Posturographie** (Dissertation), 2019
- Horak, B. **Postural Control**, Springer, 2009
- Huber, M. **Therapie / Gleichgewichtstraining**, Physiopraxis 11-12/19
- Keinle, G. **Sensomotorisches Training, Mobilesport**, Bundesamt für Sport BASPO, 2015
- Klein-Vogelbach, S. **Funktionelle Bewegungslehre**, Springer, 1995
- Kressig, R. **Sarkopenie, Definition, Diagnostik und Therapie**, Verlag Hans Huber, 2013
- Laube, W. **Sensomotorisches System**, Thieme, 2009
- Limone, S. **Organisation der sensorischen Informationen für posturale Kontrolle**, 2021
- Pauls, M. **Zusammenhang der dynamischen Kniegelenkstabilität mit der Oberkörperkontrolle und der hüftumgebenden Muskulatur** (Dissertation), 2020
- Preilowski, P. **EduTech-Firma «Out Of The Box Science»**, 2022