

Das Gleichgewichtsverhalten als Hilfsmittel zur Diagnose

Im Gegensatz zu herkömmlichen Posturographiesystemen misst dieses System mit 4 unabhängigen Platten (Interactive Balance System) eingebaut in 2, fußgroßen Plattformen, die auftretende Vertikalkraft an beiden Fersen und Ballen des Patienten. Die dabei ermittelten Parameter werden zu einer multidimensionalen Information über das Gleichgewichtsverhalten zusammengesetzt die weit über die Auswertemöglichkeiten vergleichbarer Balancemeßsysteme hinausgeht.

Das System wurde in Israel entwickelt und vergleicht mit Normdaten, die in den letzten 20 Jahren weltweit erhoben und integriert wurden. Der Ursprung der Entwicklung kommt von den Untersuchungen autistischer Kinder und deren Lernfähigkeit in Abhängigkeit vom posturalen Verhalten. In weiterer Folge wurde der Einsatz des Systems auf fast alle Gebiete, bei denen das Balanceverhalten signifikant ist, ausgedehnt (provokationsfrei) und wird als einfache, schnelle und vor allem portable Screeningmethode, die jedoch immer in Verbindung mit der ärztlichen Erfahrung eingesetzt werden muß.

In 8 verschiedenen Positionen wird das Gleichgewichtsverhalten des Patienten ermittelt wofür es VERGLEICH(S)-(NORM-) WERTE sowohl für NORMAL-PERSONEN als auch KLINISCHE POPULATIONEN gibt:

Pos 1 (NO, Augen offen, feste Unterlage)

Die einfachste Position ist oft die einzige Position bei schwer pathologischen Fällen evtl. wird auch Angst sichtbar

Pos 2 (NC, Augen geschlossen, feste Unterlage)

ist der klassische Romberg, der sich auf traditionelle Weise interpretieren läßt. Eine große Diskrepanz der Stabilität zwischen Pos1 und 2 ist meist das Anzeichen einer zentral nervösen Störung.

Pos.3 (PO, Augen offen , elastische Unterlage)

Schwierigkeiten in dieser Position gehen meist auf visuelle Probleme zurück, da in diesen Fällen der somatosensorische Input fehlt und mehr visuelles Feedback gefordert wird. Andererseits können sich Patienten mit orthopädischen Problemen in dieser Pos verbessern nachdem ihnen der Streß genommen wird mit der harten Unterlage zurechtzukommen.

Pos 4 (PC, Augen geschlossen, elastische Unterlage)

Überfordert den Vestibularapparat als einzige verlässliche Informationsquelle und ist daher für die Diagnose der peripher vestibulären Störungen geeignet.

Ein zusätzlicher Aspekt der 4. Position ist die sogenannte „Paradoxe Haltungsreaktion“ (paradoxical postural response), wenn bei dieser, relativ schwierigen Position eine deutliche Verbesserung des Gleichgewichtsverhaltens ersichtlich wird. Diese Reaktion findet man vor allem bei orthopädischen Fällen und bei Patienten, welche intersensorische Integrationsprobleme haben, wo der Ausschluß von visueller und somatosensorischer Information die Gleichgewichtskontrolle erleichtert.

Pos 5 (HR, Kopf nach rechts, Augen geschlossen)

Pos 6 (HL, Kopf nach links; Augen geschlossen)

sind aufschlußreich, wenn das posturale Verhalten, welches normalerweise auf diesen beiden Positionen gleichwertig ist, eine links versus rechts -Assymetrie auf einzelnen Parametern erkennen läßt. Hierbei ist es nicht direkt möglich von der Assymetrie her auf die Lokalisierung der posturalen oder organischen Störung zu schließen. Allgemein lässt sich sagen, daß der Fuß auf der Gegenseite der Kopfrichtung (d.h. Kopf nach rechts - linker Fuß). mehr in Anspruch genommen wird. Da die Innervation der posturalen Reflexmechanismen der unteren Extremitäten sehr komplex ist, da kontra- und ipsolaterale Bahnen gleichzeitig d.h. in einem Koordinationsakt, teilnehmen, haben wir zur Zeit keine eindeutige Interpretation einer links/ rechts-Assymetrie, in Bezug auf die Lokalisierung eines eventuellen orthopädischen, neurologischen oder vestibulären Defizits. Es kann jedoch allgemein festgestellt werden, daß das Bein, das der Kopfrichtung entgegengerichtet ist, unter größerem Streß steht.

Pos 7 (HB, Kopf nach oben, Augen zu)

Diese Haltung ist schwierig für den Patienten, da sowohl der visuelle Input ausgeschlossen wird und weiterhin das periphere, vestibuläre System irritiert ist und schlecht funktioniert, weil die semizirkulären Kanäle in anormale Stellung versetzt sind. Der Patient ist daher umso mehr von den somatosensoriellen Informationen abhängig. Zentrale Störungen, Schleudertraumasymptomatik und Schwindelopathologien zentraler Herkunft zeigen sich in dieser Position durch abnormales Verhalten wobei sich sehr gut eine Sturzgefahr offenbart.

Pos 8 (HF, Kopf nach unten, Augen geschlossen)

Diese Pos ist sensitiv auf Störungen des cervikalen Apparates und zeigt wiederum bei Schleudertraumasymptomatik abnormes Verhalten.

Die 8 Positionen verursachen typische Gewichtsverlagerungen, die bei Normal Populationen zwar sichtbar aber nur minimal sind, in pathologischen Fällen aber krasse Verschiebungen zeigen können. Stehen mit geschlossenen Augen und noch dazu auf elastischen Kissen verursacht eine Gleichgewichtsverschiebung nach vorne um einen eventuellen sicheren Sturz nach vorne einzuleiten um nicht fatal nach hinten zu stürzen (eine Mobilisierung des Fallschirmeffektes).

Kopf nach oben impliziert ebenfalls eine Verschiebung des Gewichts nach vorne,

Kopf nach unten bewirkt eine Gewichtsverlagerung nach hinten.

In gewissen patholog. Fällen sind diese natürlichen Schutzmechanismen gestört, z.B. Pos 7 HB, Kopf nach oben, Gewicht auf Fersen über der Standardabweichung, zeigt eine latente Sturzgefahr an.

Konsequenterweise ist es daher einfach möglich mit der IBS - 4 Platten Posturographie in der Gerontologie, wie auch bei posttraumatischen Patienten eine Sturzgefahr frühzeitig vorauszusagen.

In einem sog. SUMMERSHEET ersieht man Probleme in den einzelnen Positionen auf einen Blick und kann sich dann über die Parameter der jeweiligen Position im Detail informieren.

Folgende Werte werden dabei erhoben:

1) ST - Der Stabilitätsindex

gibt den Zustand der allgemeinen Stabilität (postural Sway) an: Je höher der Wert desto instabiler der Patient. ST kann unabhängig von anderen Parametern normal sein, obwohl die anderen Parameter pathologische Abweichungen aufzeigen. Die Kompensationsfähigkeit des Patienten wird damit dokumentiert. Der Wert korreliert stark mit den Werten „Area of Sway „ und „Length of Sway “ oder „Amount of Sway „ bei anderen Systemen.

2) LEFT - HEEL Links/Rechts- Fersen/Ballenverteilung

Die Werte für die Gewichtsverteilung erfordern zwar keine weitere Erklärungen, sind aber von mannigfacher Bedeutung.

1) Abgesehen von der Assymetrie von rechtem und linken Fuß und Ballen versus Ferse respektive,

2) bestehen eventuelle Diskrepanzen zwischen Ferse und Zehe auf nur einer der unteren Extremitäten während auf dem anderen Fuß die Gewichtsverteilung ideal ist.

3) Weiterhin können Abnormalitäten in diagonalen Gewichtsverteilung beobachtet werden (Ferse gegenüber contralateralem Ballen).

Andere Systeme die nur den Schwerpunkt angeben, sind nicht in der Lage unipedale Assymetrien zu erkennen. Tetrax gibt beide Informationen.

z.B.

	LEFT	RIGHT	trotzdem	SCHWERPUNKT
TOE	15%	35%		genau

HEEL	35%	15%		in der Mitte
------	-----	-----	--	--------------

3) WDI - Harmonie der Gewichtsverteilung

Der Index der Gewichtsharmonie WDI, in der Publikation definiert. Bei hohem Wert ist er das Anzeichen einer schlechten Gewichtsverteilung. Ist er extrem niedrig ist er oft das Symptom einer übertriebenen Steifheit in der Haltung. (< 2). Diese Information ist typisch für Tetrax.

4) AB-BC - Synchronisation

Die 6 Synchronisationswerte sind die 6 möglichen Kombinationen, welche Gewichtsschwankungen zwischen 2 gepaarten Fersen und Ballenteilen vergleichen bzw korrelativ in Beziehung stellen. Hierbei können die beiden Wellenpaare sich gegenseitig ergänzen wenn sie sich kompensatorisch bewegen oder aber gleichförmig, quasiparallel und koaktiv verlaufen. Normal sind Ferse und Ballen jedes Fusses gut kompensatorisch synchronisiert (negative Werte), während sich die beiden Fersen und Ballen sich zueinander koaktiv verhalten (positive Werte).

Die diagonale Synchronie ist normal immer kompensatorisch, was auf die reziproke Innervation der, für die Haltung verantwortlichen Muskelgruppen hinweist. Ist dies nicht der Fall, liegt eine bedeutsame Störung des postalen Systems vor. Synchronisationen die um den Nullpunkt liegen, sind evtl ein Anzeichen der posturalen Desintegration, typisch bei Lähmungen die damit graduiert werden können.

5) F1-F8 - Die Fourieranalyse

Die Fourieranalyse ermöglicht die Intensität der Messung in grundsätzlich 4 Frequenzbereiche zu klassifizieren.

a) niedrig	0 -	0,25	Hz	(F1,F2)
b) unteres Mittel	0,25 -	0,5	Hz	(F3,F4)
c) oberes Mittel	0,5 -	1,0	Hz	(F5,F6)
d) Hochfrequenz	1,0 -	und höher	Hz	(F7,F8)

In vielen posturographischen Arbeiten haben sich diese Frequenzbereiche zur Klassifizierung der 3 posturalen Subsysteme Visuell -Vestibulär -Somatosensorisch herauskristallisiert.

zu a)

intensiv niedrig weist auf eine funktionelle Dominanz des visuellen vestibulären Systems hin, welches für den normalen, stabilen Stand charakterisch ist .

zu b)

intensives, unteres Mittel deutet auf eine Aktivität des peripheren Vestibularsystems hin, typisch wenn das Gleichgewicht leicht bedroht ist oder eine peripher vestibuläre Störung vorliegt

zu c)

verstärkte Frequenzen im oberen Bereichsmittel reflektieren eine Mobilisation der somatosensoriellen Reaktionen die auftreten, wenn das vestibulare System nicht im Stande ist das bedrohte Gleichgewicht zu halten oder Störungen der Rezeptoren der unteren Extremitäten, der Wirbelsäule oder generell am Rücken vorliegen.

zu d)

Eine erhöhte Frequenz (HF) ist meist ein Anzeichen einer zentralen evtl cerebellaren Störung kann auch von posturalen Tremor kommen . Eine konsequente HF über 3 Hz kann von anderen Geräten (Röntgen, CT) oder von Vibrationen des Fußbodens verursacht werden. Dies kann durch Vergleichstest mit einer Normalperson schnell geklärt werden.

Im Gegensatz zu anderen Systemen liefert Tetrax Normalwerte zu den einzelnen Frequenzbereichen. Bei der Interpretation dieser 4 Parameter muß natürlich das Verhalten bei den 8 „Standardpositionen“ herangezogen werden.

Diese Vorgaben sind eine Empfehlung aus jahrelanger Erfahrung, aber nicht unbedingt bindend für den Anwender. Jede Art der Modifikation der Platten und den Haltungen der Testperson ist möglich. Noch dazu wo die Mobiltät der Plattformen ungeahnte Möglichkeiten eröffnen, wie z.B. die Positionierung auf schiefer Ebene oder auf größeren,

beweglichen oder vibrierenden Platten. Unter diesen Voraussetzungen können auch dynamische Vorgänge erfaßt werden.

Alle Parameter können auch graphisch ausgedruckt werden.

Layout der Plattformen	Ballenbereich	B	D
	Fersenbereich	A	C

Zusammenfassung der Indikationen:

Schleudertrauma

Die Stabilität ist typisch beim Drehen des Kopfes gestört, vor allem nach oben und unten (HB, HF), wobei oft vestibuläre Störungen und eine schlechtere Reaktion bei geschlossenen Augen auf den Kissen (PC) vorliegen. Sowohl niedere als höhere Frequenzen F3-F6 sind gleichzeitig abnormal (nicht kontinuierlich), oft bestehen auch Assymetrien in der Synchronisation zwischen linkem und rechtem Fuß.

Diese Parameter können auch lange Zeit nach dem Unfall, zwar in verminderter Form, aber noch immer bestehen, wobei die allgemeine Stabilität sich bereits längst normalisiert hat, was von einer guten Kompensationsfähigkeit zeigt.

Periphere, vestibuläre Störungen

Pos 1,2,3 sind nicht ganz normal, jedoch starke Verschlimmerung auf Pos 4 (PC) Assymetrie zwischen Kopf links/rechts (HR/ HL) und relativ normales Verhalten bei Pos 7, 8 (HB/HF).

Zentral vestibuläre Störungen

Auf Pos 2 (NC) und Pos 7 (HB, Kopf nach oben) eine deutliche Verschlechterung. Sporadisch aber verstärkter Anstieg in F7/F8 über 1 Hz. Große Diskrepanz zwischen HL/HR.

Cerebellare Störungen

eine konsequente Verstärkung bei den höheren Frequenzen F7/F8 von 1.00 Hz aufwärts in allen oder in den meisten Pos. tritt deutlich auf

Diabetes - Früherkennung

Erhöhte Intensivität bei Frequenzen zwischen 0,50 - 1,00 Hz F5/F6 vor allem auf Pos 5,6 (HR/HL).

Parkinson - Früherkennung

Erhöhte Aktivität im Frequenzbereich 1,00 -2,00 Hz (F7/F8) bei gleichzeitiger reduzierter Intensität im Bereich 0,25 - 0,50 Hz (F3/F4). Eine Gewichtverlagerung nach rechts vorne (über 30% auf Ballen) vor allem bei den Positionen mit den elastischen Kissen (PO / PC).

Psychosomatische Störungen

Eine erhöhte Aktivität von F3, erhöhte Amplitude der ant./post. Schwankungen und gestörte Synchronisationswerte helfen bei der Quantifizierung von Angst und Streß .

Orthopädische Probleme, Back Pain, Ischias

Druckverlagerung auf die gesunde Seite, leichte Erhöhung der vestibulären Frequenzen 0,25 - 0,5 Hz (F3/F4) manchmal auch leichte Verstärkung der höheren Frequenzen im Bereich 0,50 - 1,00 Hz (F5/F6). Paradoxe Verbesserung beim Stehen auf Kissen auch mit geschlossenen Augen.

Knie und Fußverletzungen

Assymetrie der Druckverteilung zwischen Ferse und Ballen auf pathologischer Seite. Normale Gewichtsverteilung am gesunden Fuß. Alle anderen Parameter sind normal außer einer großen Diskrepanz der Stabilität bei Kopf rechts versus Kopf links. Der Stabilitätsindex kann dabei völlig normal sein. Wenn aber die anderen Parameter abweichend sind ist das ein ziemlich guter Maßstab für die Kompensationsfähigkeit des Patienten.

Akkupunktur und Manueller Therapie

Hier ist ein Pre/Post Vergleich sofort vor und nach jeder Sitzung möglich.

Interpretationshinweise

Störung >	ZENTRAL	PERIPHÄR
FAKTOREN		
Stabilität	Abweichende Werte vor allem bei NC, PO, PC, HB. KEINE oder sehr GROSSE Diskrepanz zwischen HR/HL	Normal mit Typ: Abweichungen in PC und HR/HL, wobei die Richtung für die Lateralisierung indikativ. Diskrepanz zwischen HR/HL mittelmäßig
Fourier-Werte	Abweichende Intensität bei höheren Frequenzen bzw. evtl. abweichende Intensität im gesamten Spektrum	Ausgeprägte Abweichung bei MITTELFREQUENZEN F3,F4,F5 vor allem beim Drehen des Kopfes
Erhöhte Intensitäten bei HF zeigen auf cervikale, vestibuläre oder proprioceptiv-cervikale Störungen, typische für Formen von Schleudertrauma mit gemischt zentral/periphären Problemen. Bei hohem F1 ist auf Artefakte zu achten, die evtl. bei zu früh gestarteter Messung produziert wurden und durch wiederholte Messung eliminiert werden können.		
WD Gewichtsverteilung	NORMAL oder HOCH ASSYMETRISCH bei Läsionen	Leicht ASSYMETRISCH, mehr Gewicht auf der Seite, die der Störung contra-lateral ist.
SYNC Synchronisation	Diskrepanz zwischen links und rechts / AB-CD. Reduzierte Synchronisation auf dem von der Störung betroffenen Fuß erscheint.	ziemlich normal, manchmal jedoch leicht reduzierte Werte beim Kopfdrehen auf dem Fuß - AB oder CD - ipsilateral der Störung

Diese Syndrome sind immer mit Vorbehalt zu deuten, da es weder im ENG, noch bei anderen Meßsystemen z.B. wie z.B. Equitest, neuro-anatomisch noch funktionell scharfe Grenzen zwischen periphären und zentralen Störungen gibt, wobei manchmal noch zusätzlich orthopädische Probleme der Lenden-, Brust- und vor allem der Halswirbelsäule und des Stützapparates mit eine Rolle spielen.

Der SYNC Wert gibt den synchron/kompensierten oder parallel / koaktiven Kurvenverlauf zweier Plattform-Kurven (von 6 Möglichkeiten) Dieser Wert kann von + 1000 extreme Koaktivität bis -1000 extreme Kompensation reichen. Werte um 0 geben eine totale Desynchronisation an, welche z.B. bei disorganisiertem, kaotischem, posturographischem Verhalten auftritt.