

Wege in die Physiologie

Karl-Michael Haus

Um neue Wege zu einer verbesserten physiologischen Ausführung funktioneller Alltags- und Bewegungsprozesse für unsere Patienten zu suchen und zu finden, nutzen wir zwei Behandlungsverfahren, das **F.A.T** und das **H.K.B.C**, die wir über die Jahre in unserer praktischen Arbeit entwickelt und stetig weiter verfeinert haben.

Das **F.A.T** (Funktionelles Alltagstraining) nutzt die Betätigung im Alltag, um zur Bewegungs-, Alltags- und Lebensverbesserung bei Hemiparese/Hemiplegie beizutragen. Dabei orientiert es sich an neurophysiologischen Grundlagen, normaler Bewegung, der sensomotorischen Entwicklung etc. (HAUS 2010).

Beim **H.K.B.C** (Hemi-Kinematic-Bio-Control) werden mittels EMG-Biofeedback pathologische, reaktive und/oder kompensatorische Bewegungsprozesse (kinematics) erfahrbar, kontrollierbar (control) und veränderbar, wodurch der Betroffene, oder besser sein ZNS, die Möglichkeit zur physiologischen Ausführung funktioneller Alltagsaktivitäten erhält (= „Betätigungen“). Die Vorgehensweise wird anhand der folgenden Fallbeispiele näher beschrieben.¹⁾

¹⁾ Eine ausführliche Beschreibung ist im Rahmen eines Bio- und Neurofeedbackfachbuches im Springer-Verlag für 2012 geplant.

1. Neurophysiologie versus Neuropathologie bei Schlaganfall

1.1 Motorik

Während unserer Alltagsbetätigungen ermöglichen die motorischen Programme des Rückenmarks u.a. die permanente automatisierte Anpassung unserer Muskelspannung gegen die sich ständig verändernden Gravitationskräfte der Schwerkraft (= „Tonus gegen die Schwerkraft!“)

Einerseits ist so die bewusste, kortikale Steuerung der 656 Skelettmuskeln nur sehr bedingt möglich, andererseits wird das Gehirn dadurch frei, sich bewusst den Aufgaben des täglichen Lebens zu widmen.

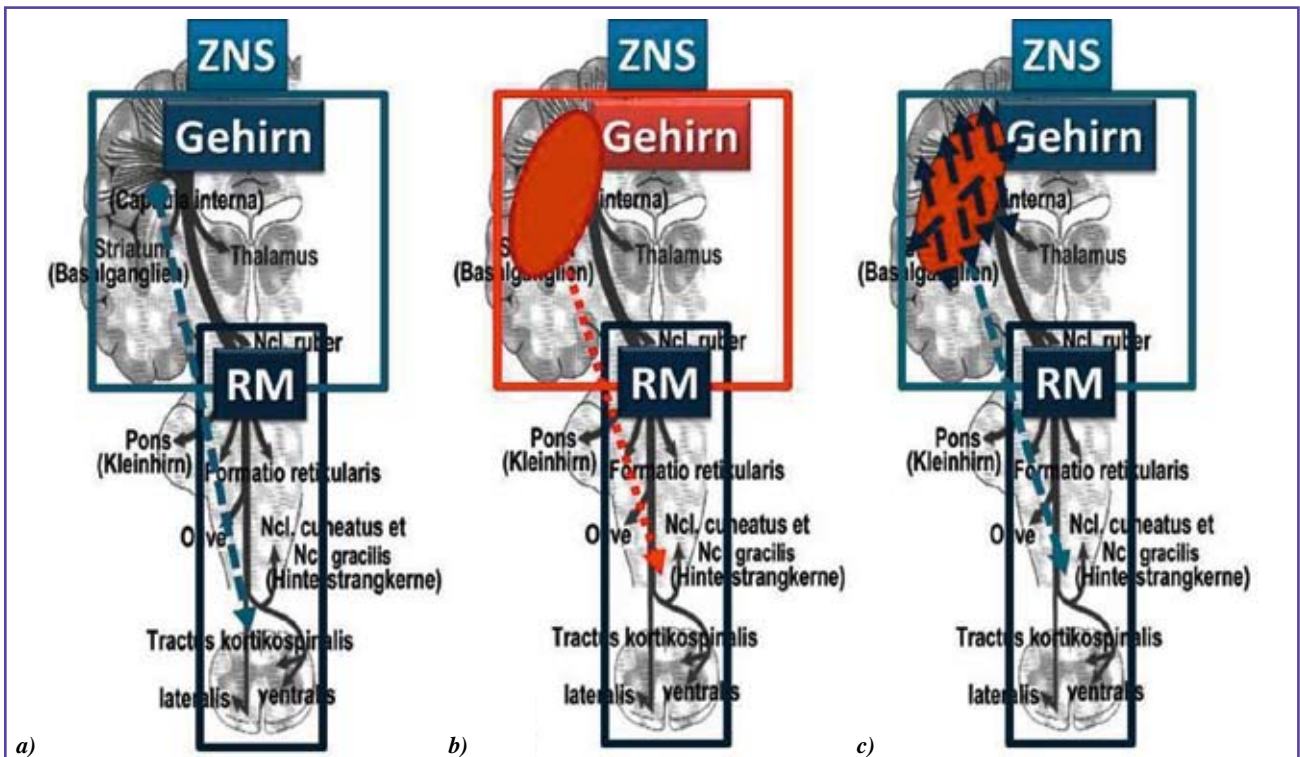


Abb. 1a-c: Funktion, Verlust u. Bahnung hemmender kortikaler Kontrolle

Isoliert gesehen wäre jedoch diese Rückenmarksaktivität (Tonus gegen die Schwerkraft) bewegungsfeindlich. Im Stand entspräche dies bspw. einer Streckaktivität in Rumpf und Bein bzw. dem Beugemuster im Arm. Daher obliegen diese Prozesse der permanenten neuromuskulären Kontrolle kortikaler und subkortikaler Zentren (s. Abb. 1a). D.h. sie sind stets in die kortikale Zielvorgabe eingebunden: „Hemmende kortikale Kontrolle!“

„Tonus so viel wie nötig, um sich adäquat mit der Schwerkraft auseinanderzusetzen, und so wenig wie möglich (in Anlehnung an K. BOBATH), um bspw. die harmonische Bewegungsfreiheit und feinmotorische Hantierfunktionen nicht zu behindern!“

Eine Schädigung kortikaler Strukturen, wie bspw. bei einem Schlaganfall, führt zu einem neuronalen Chaos/Stress. Es resultiert ein Verlust der kortikalen Kontrolle bzw. es kommt zu enthemmter/übersteigter RM-Aktivität (= „Tonus gegen die Schwerkraft/assoziierte Reaktionen/Spastik“) (Abb. 1b). Daher ist primär nicht die Spastik unser Problem, sondern vielmehr die daraus resultierende fehlende kortikale Hemmung.

In der H.K.B.C nutzen wir die EMG-Ableitung als Navigationsgerät, um vorab einen „dünnen Pfad“ durch das „synaptische Chaos“ zu schlagen und diesen ressourcenorientiert, im Zuge des kortikalen Kompetenzgewinns (= „Hemmung DURCH Bahnung!“), zu einem breiten Informationsfluss (wieder-)auszubauen (s. Abb. 1c), im Sinne von „normaler alltagsorientierte Betätigung!“ Zudem verlassen wir durch das Biofeedback die rein sensomotorische Ebene und erfassen über vegetative Parameter bewusstseinsferne pathologische Spannungszunahmen (Spastik – betroffene Extremität) und/oder kompensatorische Aktivitäten („gesunde“ Extremität), lange bevor sie sich durch eine ungewollte Spannungszunahme bzw. Bewegungsmuster äußern.

Exkurs Muskelfasern

Ein Muskel verfügt über tonische und phasische Muskelfasern. Die tonischen Fasern sind die langsamen, roten Fasern (gute Durchblutung/aerober Stoffwechsel). Sie haben i.d.R. niedrige Spannungsamplituden und dienen der andauernden, täglichen Haltespannung (Ausdauer), d.h. sie sind v.a. in der Haltemuskulatur lokalisiert. Sie neigen bei chronischer Überlastung zu Verkürzungen, Myogelosen, Kontrakturen.

Als phasisch bezeichnet man die sogenannten weißen, schnellen Fasern. Sie entwickeln v.a. die Schnellkraft, zeigen hohe Spannungsvariablen und sind in der sogenannten Bewegungsmuskulatur zu finden. Sie besitzen einen anaeroben Stoffwechsel und neigen zur Atrophie (APPELL 2008).

Pathophysiologie – Myogelosen: Werden die schnellen, phasischen Fasern durch Stress oder Überforderung dauerhaft beansprucht, ermüden sie rasch und können bei zu langer intensiver Beanspruchung Schaden nehmen. C.T müssen dann die langsamen, roten Fasern auf relativ hohem Spannungsniveau die Aktivitäten übernehmen. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass sich diese Fasern in ihrer Struktur C.T. irreversibel verändern (WEISSACHER 2008).

Wird ein Muskel zu lange und zu intensiv beansprucht, wie bspw. bei einer spastischen Hemiparese, verschlechtert sich auch seine Durchblutung und somit der zelluläre Stoffwechsel, d.h. die Versorgung mit Sauerstoff und Nährstoffen sowie der Abtransport von Abfallprodukten. Dies führt zu Verklebungen feinsten Muskelfasern, den sogenannten Myogelosen, d.h. schmerzhaften Verhärtungen der Muskulatur, die u.a. auch als Triggerpunkte beschrieben werden.

„Myogelosen bilden das schwächste Glied der Muskelkette, sie sind meist in den Muskelgruppen um Ellbogen- und Kniegelenk zu palpieren. Da sie v.a. in der Frühphase eine erhöhte Reaktionsbereitschaft zeigen, nutzen wir sie in der H.K.B.C als EMG-Ableitungspunkte!“

1.2 Sensorik

Für unsere Wahrnehmung ist es überlebensnotwendig, dass unser ZNS Wichtiges von Unwichtigem trennt. Nur so können wir jede Sekunde die ca. 20 Millionen eintreffenden Reize selektieren, um unsere Umwelt situationsgerecht zu erfahren und zu manipulieren. Wir sehen bspw. bei schwer betroffenen Hemiplegikern, dass sich ihr Kopf zur „gesunden“ Seite richtet, was wiederum einer verstärkten Abwendung der durch die Läsion bewusstseinsfernen Körper- und Umweltseite entspricht.

1.3 Therapiebeispiel „Circulus vitiosus“

In Abb. 2 sehen wir Herrn H., einen hemiparetisch rechtsseitig Betroffenen, der u.a. Gangunsicherheiten während der Standbeinphase zeigte.

Die EMG-Ableitung erfolgte an der Wadenmuskulatur, wobei die Muskelspannung anhand einer Amplitudenkurve sowie als Kardinalzahl in Mikrovolt (μV = Millionstel Volt) unmittelbar rückgemeldet wurde.

In einem ersten Schritt nimmt Herr H. eine für ihn angenehme, sichere Standposition ein (individuelles Körpergefühl). Dabei zeigte sich eine Gewichtsverlagerung auf die „gesunde“²⁾, für sein ZNS wahrnehmbare Körperseite. Die Spannung betrug im „gesunden“ Bein $12,51\mu\text{V}$,

²⁾ Sowohl im F.A.T als auch in der H.K.B.C sehen/erfassen wir Bewegungsabläufe als Ganzes, d.h. wir trennen nicht zwischen re. u. li. Körperhälfte bzw. beschränken uns nicht rein auf die obere Extremität etc. Der Einfachheit halber sprechen wir jedoch im Text von der „betroffenen“ und der (in Anführungszeichen) „gesunden“ (= weniger betroffenen) Seite.

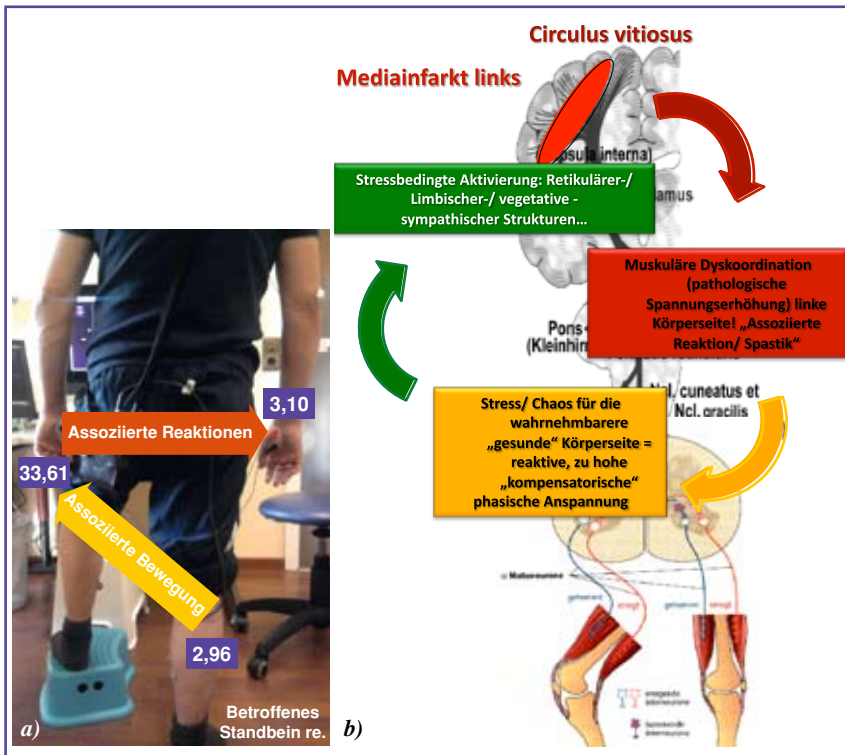


Abb. 2a/b: Circulus vitiosus

während das betroffene eine Spannung von 2,56 μV zeigte. Um nun die Spannung im rechten Standbein zu erhöhen, was einer typischen Therapiesituation entspricht, führt Herr H. sein linkes Bein auf einen Hocker (Abb. 2). Hierbei zeigte sich, dass die Spannung im betroffenen Bein relativ statisch (unvariabel) blieb, während sie sich im eigentlich „entlasteten Bein“ in Bezug zu einer „normalen Reaktion“ unangemessen erhöhte ($>33,61\mu\text{V}$).

Da es neben den Gangunsicherheiten auch zu einer spastisch, distal betonten Spannungszunahme in der oberen Extremität kam, wurde die Anforderung mittels Ableitung am Daumenballen wiederholt (Abb. 2).

Während die Spannung bei Belastung des „gesunden“ linken Standbeines relativ konstant blieb ($<1,18\mu\text{V}$), kam es unter Belastung des betroffenen Beines zu einer deutlichen Tonuszunahme um mehr als das Doppelte (Abb. 2: $>3,10\mu\text{V}$).

1.4 Interpretation

Um die Stabilität des rechten Standbeines zu verbessern, setzen wir, im

Sinne klassischer Therapieansätze, entsprechende sensomotorische Anforderungen (\sim Eustress). Es fehlen jedoch die variablen, phasischen Anpassungsreaktionen im betroffenen Standbein bei relativ hohem, tonischem Spannungsniveau ($\sim 2,96\mu\text{V}$), was die Sicherheit, Stabilität und letztendlich die physiologische Gewichtsübernahme beeinträchtigt (\sim Distress).

Die permanente tonische/statische Anspannung, die sich im Prinzip über die komplette dorsale Extensionskette erstreckt (von den Zehen bis zum Nacken), schränkt zunehmend weiter physiologische, dynamische Ausgleichsbewegungen ein, wie bspw. Stellreaktionen (Circulus vitiosus).

Um dennoch eine gewisse Standbeinsicherheit zu gewährleisten, reagiert das ZNS auf bzw. mit einer hohen phasischen, kompensatorischen Aktivität auf der „gesunden“ Körperseite ($>33,61\mu\text{V}$) (= „assozierte Bewegung“). Diese wiederum unphysiologische bzw. unökonomische Haltearbeit des „gesunden“, eigentlich entlasteten Beines bewirkt eine pathologisch enthemmte An-

spannung (= „assozierte Reaktion/ Spastik“) in der betroffenen Unterarm-, Hand- und Fingermuskulatur (Beugetonus, Abb. 2: $3,10\mu\text{V}$).

2. Therapiebeispiele

2.1 Babinski-Reflex/Pyramidenbahnzeichen

Als deutliche pathologische Reaktion bzw. als Zeichen eines pathologischen Extensionsmusters bei Schädigung der Pyramidenbahn gilt der Babinski-Reflex. Seine Auslösung erfolgt durch ein kräftiges Bestreichen des Fußrandes von der Ferse zum kleinen Zeh (Abb. 3a), wobei sich die Großzehe hebt, während sich gleichzeitig die Kleinzehen nach unten bewegen (beim Säugling gilt diese Reaktion als physiologisch). Durch einen erhöhten Druck über das Knie sowie in die Malleolengabel auf den physiologischen Referenzpunkt „Ferse“ (Abb. 3b) setzen wir einen sensorischen Input, der das Bein/den Fuß neuronal stärker präsentiert und zur Integration der pathologischen Reaktion beiträgt (s. YouTube: Ergotherapie Haus Babinski Teil 1).

Wir mobilisieren in Rückenlage das Sprunggelenk, die Achillessehne, die Wadenmuskulatur..., wobei zunehmend Eigenaktivitäten von Herrn H. einfließen. Je besser die Kontrolle/Hemmung pathologischer Reaktion im Bein gelingt, desto mehr reduziert sich auch die Spastik im betroffenen Arm ($1-2\mu\text{V}$)! D.h. im Umkehrschluss: Kommt es im Stand oder beim Gehen zu einer pathologischen Anspannung und zu Unsicherheiten im Bein, so verstärkt sich auch die Spastik im Arm (s. Abb. 2).

Es macht somit wenig Sinn, isoliert Hand, Arm oder Finger zu therapieren, ohne Bezug zur unteren Extremität zu nehmen (sowie auch umgekehrt). Ebenso würde die Verordnung einer Fußheberschiene wenig Sinn machen, da nicht die Fußheber das primäre Problem darstellen, sondern vielmehr die verspannte Streckmuskulatur (Wade/Ischiocrurale...) die Fußhebung verunmöglicht. Zudem fehlt durch die Schiene der sensori-

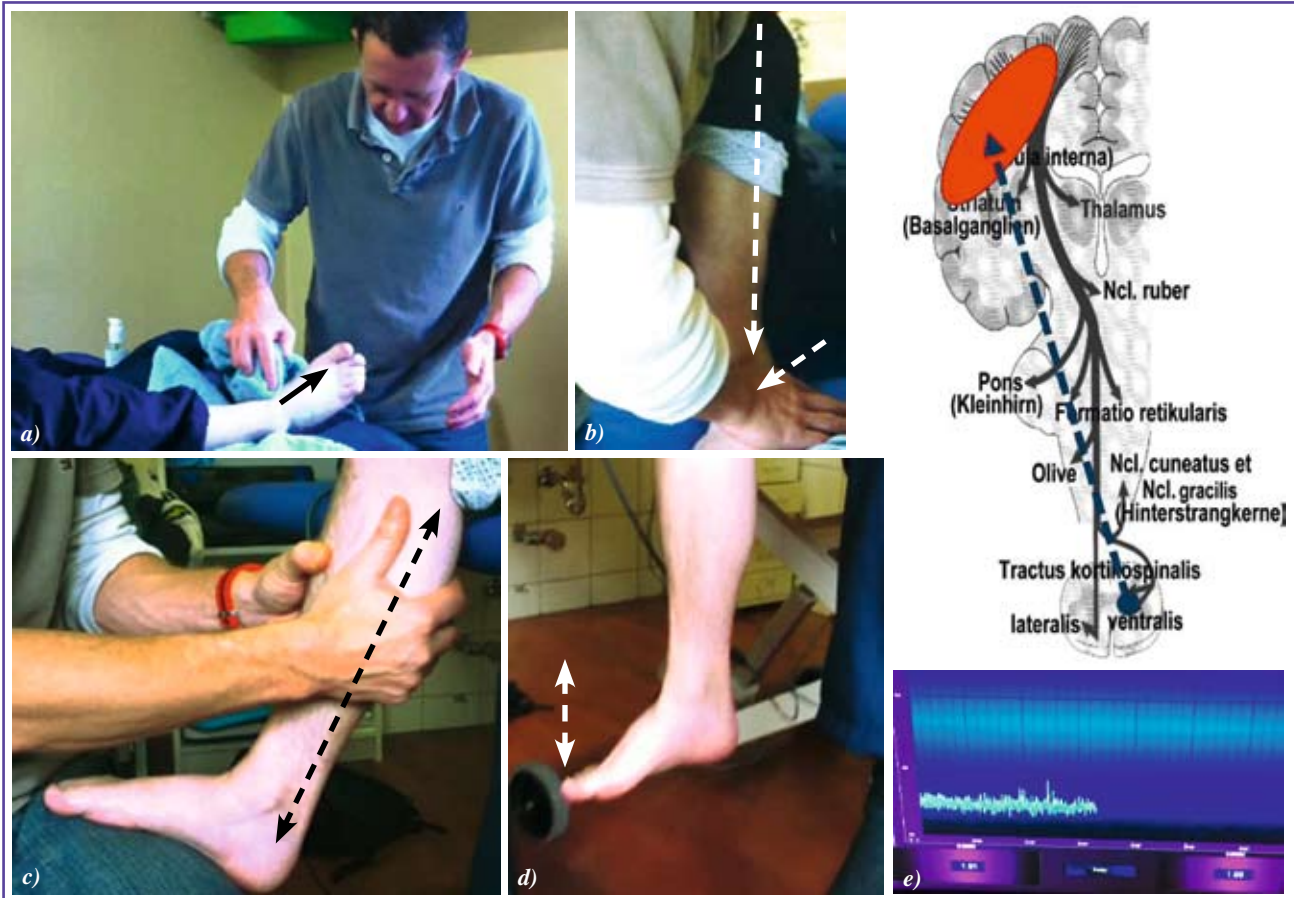


Abb. 3a–e: Babinski-Reaktion

sche Input zur Unterstützungsfläche/ Umwelt, was wiederum die pathologische Reaktion verstärken kann.

Durch eine Querdehnung der Myogelosen und aktive Bewegungsbeteiligung (Abb. 3c), wie bspw.: „Lassen Sie die Ferse langsam sinken!“, erfolgt eine Mobilisierung, bis schließlich Herr H. die Zehen und den Fuß physiologisch heben kann (Abb. 3d, s. YouTube: Ergotherapie Haus Babinski Teil 2).

Ziele

Da diese Spannungszustände sowohl für den Betroffenen als auch für den Therapeuten nur sehr eingeschränkt wahrnehmbar sind, nutzen wir die H.K.B.C., um diesen Circulus vitiosus zu durchbrechen (Abb. 1c), wobei wir mittels EMG-Feedback einen möglichst optimalen Anforderungsgrad bestimmen. Ebenso

erfährt der Betroffene eine Rückmeldung über seine Tonuszustände sowie über die Möglichkeiten (s) einer „eigenaktiven“ Veränderung. Mit zunehmender Kontrolle und Kompetenzgewinn verringert sich das Feedback bzw. wird gänzlich ausgeblendet (= Transfer in den Alltag).

In einem ersten Schritt geht es um die Herstellung einer tonischen Grundspannung im betroffenen Bein (ca. 1-2 μ V), was der Hemmung und Kontrolle pathologischer Prozesse, d.h. assoziierter Reaktionen/ Spastik entspricht. Die betroffenen Muskelgruppen erfahren u.a. einen verbesserten Stoffwechsel als Basis für den Aufbau physiologischer, variabler, adaptiver Spannungsaktivitäten. Unterstützt wird dies, v.a. zu Beginn, durch die permanente Kontrolle kompensatorischer Aktivitäten des „gesunden“ Beines.

2.2 Kompensation

In Abb. 4b sehen wir das EMG-Bild von Fr. W., die vor knapp zwei Jahren einen Schlaganfall erlitt. Sie zeigt eine rechtsseitige hypotone Grundsymptomatik in Bein, Rumpf und Schultergürtel/-gelenk (Subluxationsspalt ca. 1,5 cm), während in Ellenbogen, Hand und Fingern eine Beugespastik dominiert.

Im klassischen Sinne (BOBATH/FBL...) beginnt Fr. W. mit der Gewichtsübernahme/Armstützfunktionen (Stützreaktionen) etc. auf der re. betroffene Körperseite. Die EMG-Ableitung erfolgt dabei am distalen Oberarm (m. biceps) sowie am prox. ventralen Unterarm (Abb. 4a).

Wir erkennen anhand der EMG-Amplitude, dass trotz augenscheinlicher Stützbelastung/Streckaktivität die betroffene Hand nicht wirklich den



Abb. 4a–d: Bahnung physiologischer Stützreaktionen bei Frau W.

Stuhl fixiert. Vielmehr steigt mit zunehmender Gewichtsverlagerung der (pathologische) Beugetonus (Abb. 4b $>7,16\mu\text{V}/>4,51$) sowie die kompensatorische Anspannung auf der „gesunden“ Seite (Schulter/Arm/Rumpf/Bein = Distress). Dieses Erscheinungsbild sehen wir meist bei hypotoner Grundsymptomatik (bspw. Schulter) und interpretieren, dass das ZNS unter Belastung/Stress die spannungsaktivierenden Potentiale auf die besser wahrnehmbare „gesunde“ Seite projiziert (s. auch Abb. 1).

Um die betroffene rechte Seite stärker zu repräsentieren, wechselt Fr. W. in den Ellbogenstütz. Jedoch erst, als sich auch die Spannung in der linken „gesunden“ Seite (Schulter/Arm/Bein...) reduziert (Abb. 4c – gelbe Pfeile), zeigen sich eine physiologische Gewichtsübernahme und Spannungszunahme im rechten Schultergürtel/Rumpf und Becken.

Zudem kam es zu einer sprichwörtlich „schlagartigen“ Verbesserung der pathologischen distalen Anspannung (= Spastikreduktion, Abb. 4d – gelber Pfeil). Bereits nach der ersten

Behandlung zeigten sich signifikante Tonusveränderungen der rechtsseitigen Schultergürtel- und Schultergelenkmuskulatur, sichtbar u.a. durch eine verbesserte Schulterstabilität und Verringerung des Subluxations-spaltes.

2.3 Stellreaktionen

In Abb. 5 sehen wir Fr. C., die vor 2,5 Jahren einen Schlaganfall erlitt. Sie fühlt sich durch die starke Beugespastik ihres rechten Armes, die sich mit zunehmender Bewegungsanforderung verstärkt, sehr beeinträchtigt. Das Bein ist dagegen eher instabil, so dass es v.a. bei schlechter Tagesverfassung im Knie öfters durchschlägt.

Abb. 5a zeigt die für Fr. C. typische Standbeinphase und im Vergleich dazu die physiologischen Rumpfstellreaktionen (5b). Man erkennt, dass im Becken die abduktorische Stabilität/Verankerung fehlt, um das Körpergewicht im Sinne physiologischer Rumpfstellreaktionen zu übernehmen (Abb. 5b). Fr. C. verlagert mittels Kopf ihr Körpergewicht auf

die betroffene Seite und reagiert, um die notwendige Stabilität herzustellen, mit einer pathologischen Tonuszunahme (assoziierte Reaktion) in der distalen oberen Extremität.

Im weiteren Verlauf setzt sie relativ bewusst das „gesunde“ Bein nach vorne, was wiederum zu einer Retraktion der betroffenen (Becken-)Seite führt. Das Bein wird insgesamt instabiler (Verlust der rotatorischen Verschraubung) und der proximale Zug auf die Ischiocruralen (Vorverlagerung des Oberkörpers) führt an ihrem distalen Ende zu einem Durchschlagen des Knies (Hyperextension).

In einem ersten Schritt erlernt Fr. C. unter EMG-Feedbackkontrolle in Rückenlage (geringe Anforderung an die Haltungskontrolle), ihre pathologische Anspannung zu reduzieren bzw. die tonische Grundspannung zu halten (Abb. 6a). Aufbauend erfolgt eine erste physiologische Gewichtsübernahme bei Verlängerung der gewichtstragenden Rumpfseite (= Heranführung an physiologische Rumpfstellreaktionen). Ebenso verringert sich mit der Kontrolle pathologischer Aktivitäten die therapeutische Unterstützung bzw. wird das Bewegungsausmaß erweitert und/oder die Bewegungsgeschwindigkeit

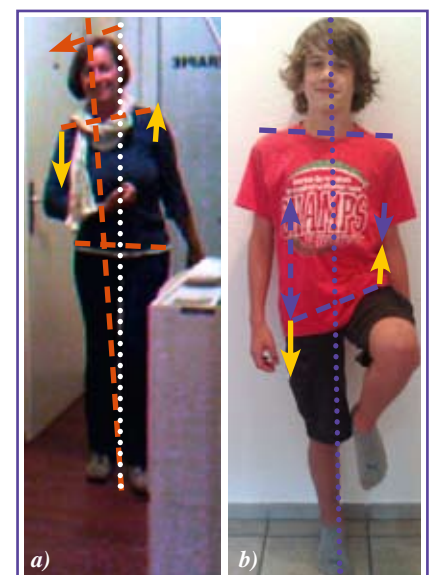


Abb. 5a/b: Betroffenes vs. physiologisches Standbein (Stellreaktionen)



Abb. 6a–d: Fr. Z.: Bahnung physiologischer Rumpfstellreaktionen – Rückenlage, Sitz, Stand

erhöht (räumlich-zeitliche Koordination).

Mit entsprechendem Kompetenzgewinn wechselt Fr. C. in den Sitz (Abb. 6c) bzw. in den Stand (Abb. 6d – Abduktionsgang). Mit entsprechender Sicherheit (Beckenstabilität) und Kontrolle distaler Spannungszustände übernimmt Fr. C. erste physiologische Standbeinaktivitäten im betroffenen Bein, wechselt in die dynamische Schwungbeinphase und beübt dies, bis es ihr schließlich möglich ist, Alltagsgegenstände, wie bspw. einen Schuhkarton, Salatschüsseln, Kuchenformen, von Punkt A zu Punkt B auf „verschiedensten Bodenbelägen/Untergründen“ zu transportieren (= Hantieren mit Alltagsgegenständen) (s. YouTube: Ergotherapie Haus Fr. C.)!

3. Ausblicke

Das F.A.T sowie die H.K.B.C entwickeln sich stetig weiter. Dabei gleicht nahezu keine Therapieeinheit der vorhergehenden, da mit jedem Therapiefortschritt auch die Anforderungen steigen. Stetig erschließen sich neue Erfahrungen, Erkenntnisse und Ansätze, die das neurorehabilitative Therapiespektrum erweitern. Daher sprechen wir von keinen statisch-monotonen Methoden, vielmehr soll die Kombination beider Verfahren zur reflektierenden, kreativen Erweiterung des therapeutischen Vorgehens beitragen. Wichtiger als Zahlen, Grafiken und Statistiken sind uns letztendlich unsere Patienten, die trotz jahrelanger klassischer Behandlung noch sehr von der Vorgehensweise profitieren (s. YouTube: Ergotherapie Haus Effekte).

Literatur:

- Appell, H.-J.** (2008): Funktionelle Anatomie. 4. Aufl. Springer
Haus, K.-M. (2010): Neurophysiologische Behandlungen bei Erwachsenen. 2. Aufl. Springer
Heuser, J.; Weissacher, E. (2008): Biofeedback: Die alternative Methode zur Behandlung von Schmerzen und psychosomatischen Beschwerden. Irisiana

Der Autor:

Karl-Michael Haus, Ergotherapeut
 Praxis für Ergotherapie Haus
 Horststr. 53
 76829 Landau
 Tel.: 06341/5590955
 www.ergotherapie-haus.de

Stichworte: • Hemiparese/Hemiplegie
 • Funktionelles Alltagstraining (F.A.T) • Hemi-Kinematic-Bio-Control (H.K.B.C)