



NEUROLOG
AKADEMIE

AKADEMIE FÜR FUNKTIONELLE NEUROLOGIE

Neurofunktionelle Integration & Neurofunktionelles Training

NEUROZEPTION

Visuelles und Vestibuläres und Propriozeptives
System



NEUROLOG AKADEMIE VON DR. MED. PHILIP ECKARDT

Johannisstraße 8
82418 Murnau
Deutschland

Telefon: 08841/62 75 32
info@neurolog.de
www.neurolog.de

Dr. med. Philip Eckardt, Arzt
Berufsbezeichnung erworben in Deutschland
Mitglied in der Bayerischen Landesärztekammer

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
I. Einführung	5
Neurologische Hintergründe	6
Regulation, Modulation und Integration	6
Regulation	6
Modulation	6
Integration	6
Netzwerke und Knotenpunkte	7
Netzwerke	7
Knotenpunkte (engl. hubs)	8
Lernen	9
Switching	9
Neuro-Sequenz	10
II. Untersuchung	12
Allgemeine neurologische Untersuchung	12
Allgemeine neurologische Untersuchung	12
Erweiterte neurologische Untersuchung	15
III. Neurofunktionelle Testung und Neurofunktionelles Training	16
Reihenfolge (Empfehlung)	16
Neurofunktionelle Testung und Integration	16
Muskelfunktionsdiagnostik	16
Neurofunktionelles Training	16
Regeln für das Neurofunktionelle Training	16
Modifikation des Trainingsreizes - einfach, integriert, perturbiert	18
Neurofunktionelles Training - Assessment	19
Testung und Training Schritt für Schritt - rVOR	20
Untersuchung	20
Neurofunktionelle Integration	20
Parameter zur Überprüfung des Trainingsreizes (Assessment)	21
Neurofunktioneller Trainingsreiz und Überprüfung (Re-Assessment)	22
Neurofunktionelle Testung und Neurofunktionelles Training nach Systemen	24
Visuelles System	24
Visuelles System - Grunduntersuchung	25

Visuelles System - Erweiterte Untersuchung	25
Corneal-Reflex, Blink-Reflex	25
Physiologische Diplopie	26
Subjektive visuelle Vertikale	27
Heterophorietest	27
VOR - Headthrust	28
OKR - Rundblick	28
Konvergenz durch Körperbewegung	28
Retinal Slip durch VOR-C	29
Blickstabilität mit Troxler-Effekt	29
Gesichtsfeldbrillen und Augenklappen	29
Peripheres Sehen	30
Visuelles System - Neurofunktionelles Training	31
Übungen zur visuellen Suppression/Tiefenschärfe	31
Übungen zur Okulomotorik	32
Übungen zum peripheren Sehen	35
Vestibuläres System	36
Vestibuläres System - Grunduntersuchung	36
Gleichgewicht - Erweiterte Untersuchung	36
Verschärfter Romberg mit Kopfpositionen	36
Athletic-ready-stance	37
Vestibuläres System - Neurofunktionelles Training	38
GG-Progression	38
Perturbation	39
Stimulation der Otolithen mit dem Knochenleitungskopfhörer	39
Propriozeptives und auditives System	40
Propriozeption	40
Untersuchung Propriozeption	40
Untersuchung und Training der Propriozeption	40
Auditives System	42
Untersuchung und Training des auditiven Systems	42
Metronom	42
Integrierte Funktionen	43
Visuelles System und vestibuläres System	43
Visuelles System und Sensomotorik	49
Test - Übung - Re-Test	53

Grundsätzliche und spezielle Maßnahmen	54
Grundsätzliches zu den Augen	54
Grundsätzliches zum vestibulären System	54
Spezielle Maßnahmen	54
Schlusswort	54
IV. Literatur	55
Fachbücher	55
Populärwissenschaft	55
Wissenschaft	55

© Copyright 2020 - Urheberrechtshinweis

Alle Inhalte dieser Kursunterlagen, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei Dr. med. Philip Eckardt.

I. Einführung

Videoclip 1: Einführung Neurozeption

Die zwei wohl wichtigsten Informationsquellen für Fortbewegung sind das visuelle System zur Erstellung eines spezifischen Bewegungskontexts und das vestibuläre System zur Ermöglichung des aufrechten Gangs. Neben den bekannten einfachen Funktionen der Systeme, welche wir bereits in der Grundausbildung abgehandelt haben, geht es um erweiterte Testungen und insbesondere um integrierte Funktionen der Systeme. Wir sprechen an dieser Stelle auch gerne von Regulation bei einer einfachen Funktion, wie z.B. der isolierten Augenbewegung nach rechts, und von Koordination oder Integration bei gleichzeitiger Aktivierung eines anderen Systems, z.B. des vestibulären oder somatomotorischen Systems.

Ein wesentlicher Unterschied zu den Kursen der Grundausbildung ist die Einführung des Neurofunktionellen Trainings. Dabei wird die Tatsache berücksichtigt, dass nicht nur die funktionelle Konnektivität für eine Körperfunktion entscheidend ist, sondern auch die Neuroplastizität ein Faktor sein kann, der die Qualität der Funktion entscheidend beeinflusst. Dabei kann sich die Funktion im Sinne der funktionellen Konnektivität und der Neuroplastizität durch ein Trauma oder eine Verletzung oder aber einfach durch zu wenig Gebrauch im Alltag verschlechtern. Der englische Begriff, der letzteren Umstand am besten beschreibt, ist der englische Begriff „learned non-use“, also gelernte Nicht-Nutzung. So können neben der Neurofunktionellen Integration, zur Behandlung der funktionellen Konnektivität, spezielle Trainingsreize gesucht werden, welche maßgeschneidert sind für das Problem des Patienten. Der wichtigste Aspekt des Neurofunktionellen Trainings ist, dass man nicht durch Annahmen geleitet Trainingsreize empfiehlt, sondern durch funktionelle Testung Trainingsreize ermittelt. Das geschieht durch sehr spezifische und symptomorientierte Tests oder auch durch sehr globale neurologische Untersuchungen, wie die Analyse des Gang-/Schrittmusters oder der allgemeinen Beweglichkeit.

Neurofunktionelles Training ermöglicht auch das vorhandene Potential zu verbessern, insbesondere auch dann, wenn keine Dysfunktion vorliegt. Dies bietet sich natürlich im Rahmen der Verbesserung der körperlichen Funktion und Leistung im Sport an. Deshalb bieten wir über die Postgraduiertenausbildung die Zusatzbezeichnung „Neurosportmedizin“ an, welche dann umfassende Kenntnisse in der Integration und im Training aller Körpersysteme beinhaltet.

Somit unterteilt sich auch dieser Kurs in drei grobe Teile:

1. Eingehende neurologische Untersuchung des visuellen und vestibulären Systems
2. Einfache, erweiterte und integrierte Neurofunktionelle Testung des visuellen und vestibulären Systems
3. Neurofunktionelles Training des visuellen, vestibulären und propriozeptiven Systems

II. Untersuchung

Videoclip 2: Untersuchung, Neurofunktionelle Integration und Neurofunktionelles Training

Am Anfang einer Untersuchung steht immer die Anamnese. Ein Grundgedanke, der hier beachtet werden kann, als Hinweis auf ein peripheres propriozeptives Problem, welches mittels neurofunktioneller Testung, aber insbesondere mittels neurofunktionellem Training, behoben werden könnte, ist die Äußerung des Patienten, dass Bewegung eher zu einer Verbesserung der Beschwerden führt.

Zudem sollte man bei der Anamnese in Bezug auf die Neurobiomechanik der myofaszialen Systeme ganz besonders auf Verletzungen, auch Prellungen und Verstauchungen ohne bleibende strukturelle Schäden und Operationen achten.

Allgemeine neurologische Untersuchung

An dieser Stelle unterteilen wir die neurologische Untersuchung in eine eher allgemeine neurologische und eine spezielle neurologische Untersuchung. Die allgemeine neurologische Untersuchung sollte aus unserer Sicht immer komplett durchgeführt werden. Die spezielle neurologische Untersuchung kann auch in vollem Umfang durchgeführt oder aber an das Symptommuster des Patienten angepasst werden. Dabei sollte aber darauf geachtet werden, dass man die integrierte Funktion des Körpers nicht außer Acht lässt und nur eine lokale Beurteilung und Untersuchung durchführt.

Allgemeine neurologische Untersuchung

1. Gangmuster: Wie in den Kursen der Grundausbildung bereits besprochen, liegt ein besonderer Fokus bei der Untersuchung des Schrittmusters auf dem Becken mit der Beurteilung der ISG-Mobilität, der Beurteilung der Beweglichkeit der Beckenschaufeln, sowie der Beurteilung der Bewegung der glutealen Muskulatur. Des Weiteren möchten wir in diesem Kurs auf weitere Details eingehen, wie die Kopfhaltung, die Armbewegung und die Stellung der oberen und unteren Extremitäten.

- Kopfhaltung/-bewegung: Die Kopfhaltung, beziehungsweise die Kopfbewegung, kann bereits einen Hinweis darauf geben, welches Stabilisierungssystem eine verstärkte Aktivierung benötigt. Ist der Kopf beispielsweise nach rechts geneigt, kann das ein Hinweis sein,



dass eine verstärkte Aktivierung im rechten Utriculus notwendig ist, um die benötigte Stabilität beim Gehen zu erreichen. Das Grundprinzip dabei lautet, dass eine auffällige Funktion nicht primär als Fehlfunktion gedeutet wird, sondern als Maßnahme des Körpers zur Verbesserung wichtiger Funktionen, wie die des Gehens.

- **Armbewegung:** Eine eingeschränkte Armbewegung kann Hinweis auf eine zentrale Dysfunktion im Mesencephalon sein (Ncl. ruber). Sie kann natürlich aber auch Hinweis für periphere Restriktionen, angefangen bei der HWS, über das Glenohumeralgelenk bis hin zu distalen Gelenken sein. Die Funktion des Ncl. ruber kann natürlich direkt über die neurofunktionelle Testung des Armschwungs erfolgen.
- **Arm-Bein-Muster:** Die Arm- und Beinhaltung kann auch Hinweise über ein dysfunktionales Hirnareal liefern. Befindet sich eine untere Extremität (UE) in Außenrotation (ARO) und die ipsilaterale obere Extremität (OE) in Innenrotation (IRO), dann ist das ein Hinweis auf eine Dysfunktion in der ipsilateralen pontomedullären Formatio reticularis (PMFR) = PMFR-Muster. Befinden sich UE und OE in Innenrotation, weist das eher auf eine Dysfunktion des ipsilateralen Cerebellums hin = Cerebellum-Muster.

2. **Stabilität:** Zusätzlich zur unbewussten Kontrolle der Stabilität durch laterales Beklopfen der Schulter- und Beckenregion von hinten, kann an dieser Stelle noch die bewusste Stabilisierung getestet werden. Dabei stellt sich der Patient in eine sogenannte Bereitschaftsstellung (Füße etwas weiter auseinander, Knie gebeugt, Oberkörper nach vorne geneigt, idealerweise befinden sich dabei der Oberkörper und der Unterschenkel im selben Neigungswinkel). Dann wird von lateral mit Hilfe des eigenen Körpergewichts gedrückt und die allgemeine Stabilität und Seitenunterschiede beurteilt. Neben vestibulären, neuromuskulären/myofaszialen und ligamentären Störungen kann auch eine zu laterale Kniestellung zu einer Instabilität führen. Die Knie sollten sich in einer athletischen Stellung medial der Füße befinden. Das wäre eine erste bewusste Korrektur, die vorzunehmen wäre.



3. **Gleichgewicht:** Die Prüfung des Gleichgewichts beinhaltet die bekannten Tests, wie Romberg, verschärfter Romberg, Einbeinstand, Unterberger Tretversuch, Seiltänzerengang, rVOR und tVOR. Bei allen Tests müssen neben der vestibulären Komponente auch die neuromuskulären und myofaszialen Komponenten Berücksichtigung finden.



Primär zu beachten sind dabei alte Verletzungen aller Art.

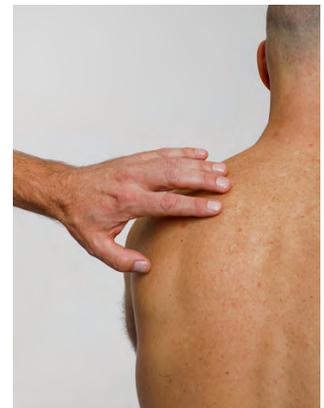
4. Atmung: Die Untersuchung der Atemexkursion gehört immer zur Grunduntersuchung dazu. Geschaut wird u.a. nach Bauchatmung, Thoraxatmung, Atemwelle, Bewegung der Rippen und des Sternums und Bewegung der BWS.



5. Bewegungsstörungen: Neben den lokalen, symptombezogenen Bewegungsprüfungen sollten auch globale Bewegungen geprüft werden, mindestens aber mit der Störung direkt neurologisch korrelierte Bereiche. Gibt es z.B. eine Störung im Bereich des Schultergelenks, so sollte auch der entsprechende Abschnitt der HWS überprüft werden.



6. Sensorik: Ein symptomatischer Bereich sollte auch immer auf die subjektive Sensibilität überprüft werden. Dabei kann eine Auffälligkeit bezüglich der betroffenen Struktur direkt bestehen oder aber erst im Seitenvergleich auffallen. Deshalb sollte grundsätzlich immer im Seitenvergleich getestet werden.



7. Visus: An dieser Stelle empfehlen wir die Sehschärfe, z.B. mit einem Snellen-Chart oder einem Multi-Font-Chart, zu überprüfen. Für die visuelle Suppression bietet sich der Brock-String an. Der Visus ist auch von der Funktion der myofaszialen Systeme abhängig und kann dadurch auch eine Verbesserung erfahren.

8. Spezifisches Symptom: Natürlich sollte auch immer, oder auch primär, wenn möglich das Symptom überprüft werden.



Erweiterte neurologische Untersuchung

Eine etwas erweiterte Untersuchung könnte so aussehen:

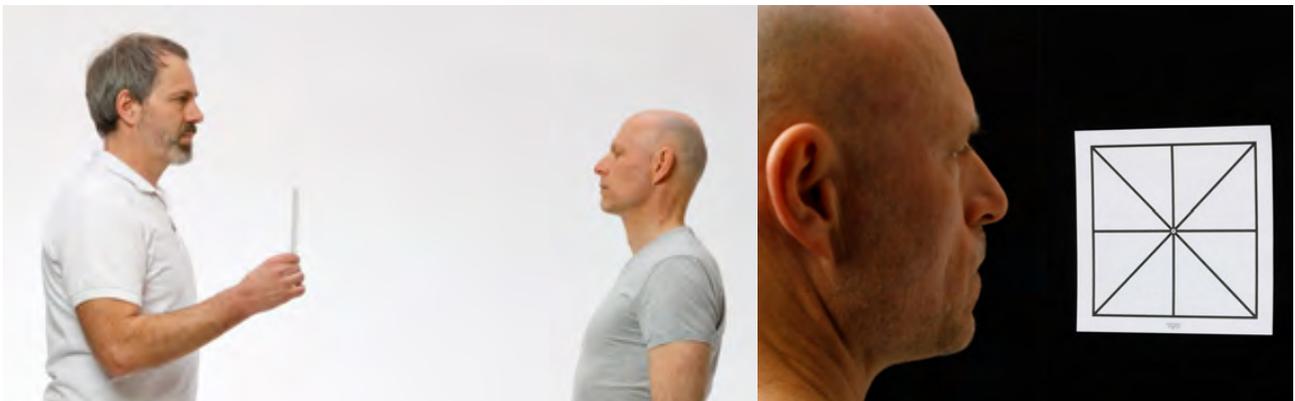
- Haltung
 - Haltungsasymmetrie
 - Gesichtsasymmetrie
- Gehen
 - Kopf/HWS: Kopf-Wackeln, Kopf-Fehlhaltung, meist zur Defizitseite (vestibulär)
 - Schultergürtel: schlechter Armschwung im Glenohumeralgelenk (GH)
 - Beckengürtel: Beckenbewegung
 - Untere Extremitäten ARO und obere Extremitäten IRO = PMFR-Muster
 - Untere Extremitäten und obere Extremitäten IRO = CEREB-Muster
 - des Weiteren: breiter/schwankender/watschelnder Gang (GG), Zehengang, Blick auf den Boden (Gleitsichtbrille)
- Gleichgewicht
 - Stabilität: einfach, verschärft - klopfen, schieben
 - Athletic ready stance (ARS) - klopfen, schieben
 - Einbeinstand: Augen auf/zu
 - verschärfter Romberg mit Kopfpositionen
- Propriozeption
 - ROM: HWS/LWS, etc.
 - Vibration (Daumen/ACG/Beckenkamm/Kniescheibe/großer Zeh)
 - Andere Sensibilität: Berührung (ct), Haut reiben, Druck
 - Propriozeptives Mapping
- Visus
 - Sehschärfe: Multifont-Chart, Snellen-Chart
 - Blickstabilität: rVOR, tVOR, Folgebewegung
 - Visual vertical - (R) und (L) Auge = Otholithen, (R) oder (L) Auge = visueller Kortex
- Auditives System
 - Weber
 - re/li Hören

Testung und Training Schritt für Schritt - rVOR

 Videoclip 5: Neurofunktionelle Integration und Neurofunktionelles Training - Schritt für Schritt

Untersuchung

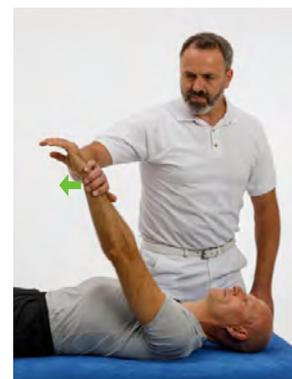
1. rVOR Durchführung: Der Test wird mit einem klaren und präzisen visuellen Ziel durchgeführt. Dafür eignen sich sogenannte Vision-Sticks oder auch ein Snellen-Chart im Pocket-Format oder als App. Man kann aber, wie im Bild, mit einem VOR-Chart arbeiten. Augen bleiben auf das Ziel fixiert, während der Patient den Kopf rotiert und flektiert/extendiert.

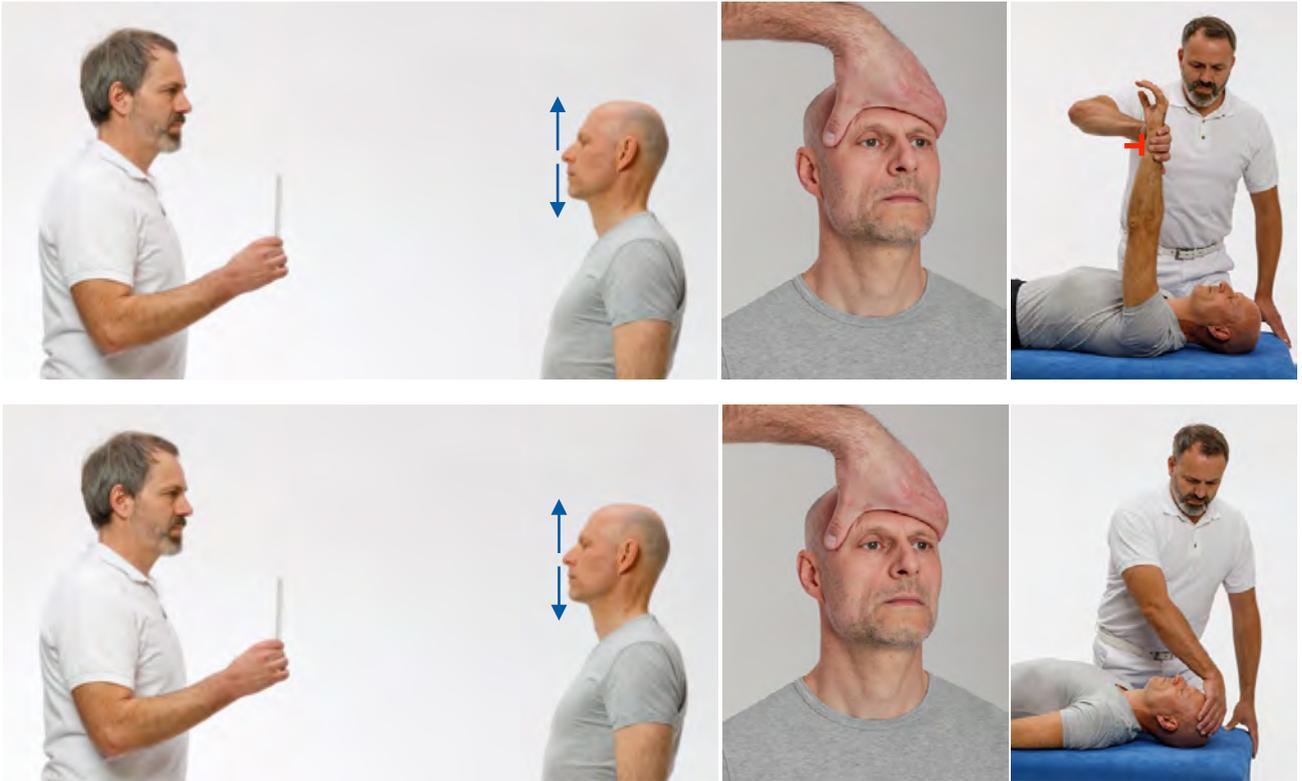


2. rVOR Beurteilung: Objektiv achtet man hier natürlich auf die Bewegung der Augen, aber insbesondere auch auf die Bewegung des Kopfes. Manchmal sieht die Bewegung aber allseits flüssig aus, aber der Patient bemerkt einen Unterschied bei den verschiedenen Richtungen der Bewegung. Die subjektive Einschätzung ist gerade bei der Okulomotorik sehr hilfreich.

Neurofunktionelle Integration

Wurde zum Beispiel eine Störung beim vertikalen rVOR gefunden, dann wird diese, wie hinlänglich bekannt, mit einer Muskelfunktion kombiniert, bei Inhibition wird ein korrigierender Reiz gesucht und anschließend integriert.





Parameter zur Überprüfung des Trainingsreizes (Assessment)

- **Visus:** einfache Bestimmung des Visus mittels Multi-Font-Chart oder Snellen-Chart
- **Gleichgewicht:** Stabilität als passiver und Einbeinstand als aktiver Parameter lassen sich schnell überprüfen.
- **Gangmuster:** Als semiautonome Funktion bietet das Gangmuster einen guten Parameter für die allgemeine Beweglichkeit.



- **Globale Beweglichkeit:** Die Wirbelsäule und die proximalen Gelenke sind ein guter Indikator, insbesondere im Sinne eines proximalen Korrelats bei einem peripheren Beschwerdebild. Die Richtung der Einschränkung gibt dabei auch Hinweise auf gestörte Bewegungsmuster. Ist z.B. besonders die Extension/ Flexion der LWS beeinträchtigt, sollte man speziell dieses Muster auch bei den Augen, dem Gleichgewichtssystem, dem Kiefer, der Atmung, etc., suchen. Jede Bewegung sollte, sozusagen zum Aufwärmen, anfangs mehrfach wiederholt werden.

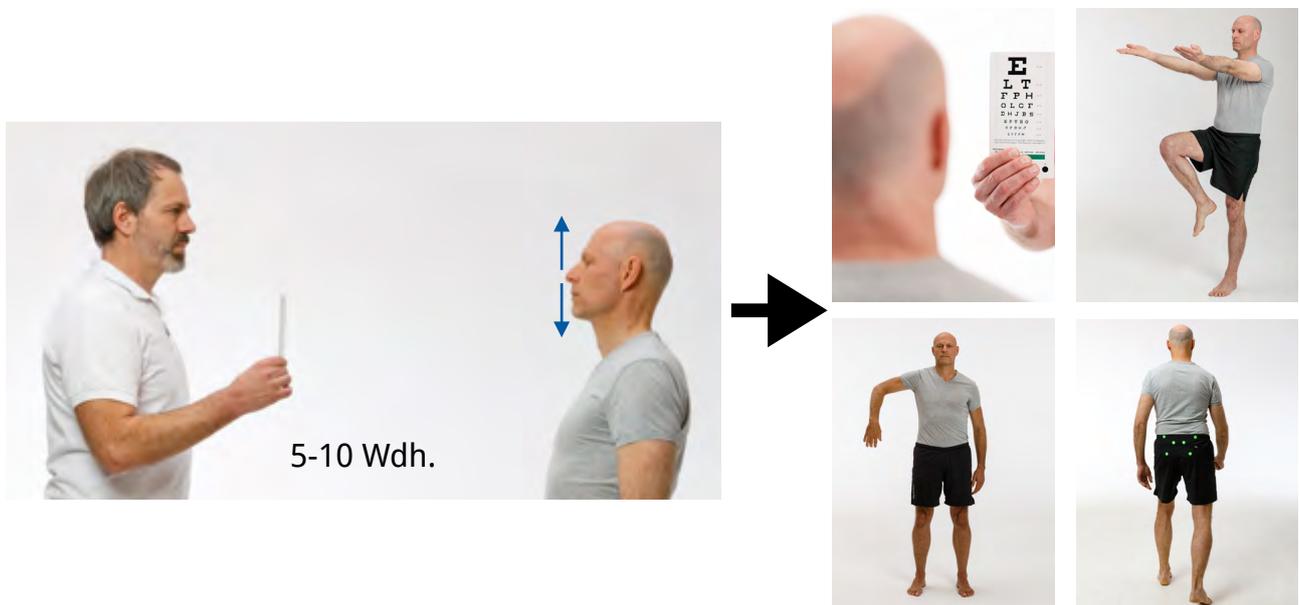


- **Lokale Beweglichkeit und Beschwerden:** Beweglichkeit des betroffenen Körperbereichs und, wichtig, symptomauslösende Bewegungen oder Gelenkpositionen.

Neurofunktioneller Trainingsreiz und Überprüfung (Re-Assessment)

Grundsätzlich kann, muss aber nicht, die Dysfunktion als guter Trainingsreiz dienen. Zunächst werden 5-10 Wiederholungen (Wdh.) der Bewegung durchgeführt.

Jeder Reiz wird einzeln überprüft. Dabei sucht man sich für das Re-Assessment die Bewegungen heraus, die besonders auffällig waren, auch hinsichtlich der Symmetrie. Wenn möglich, sollte das Symptom, wenn akut vorhanden natürlich immer überprüft werden.



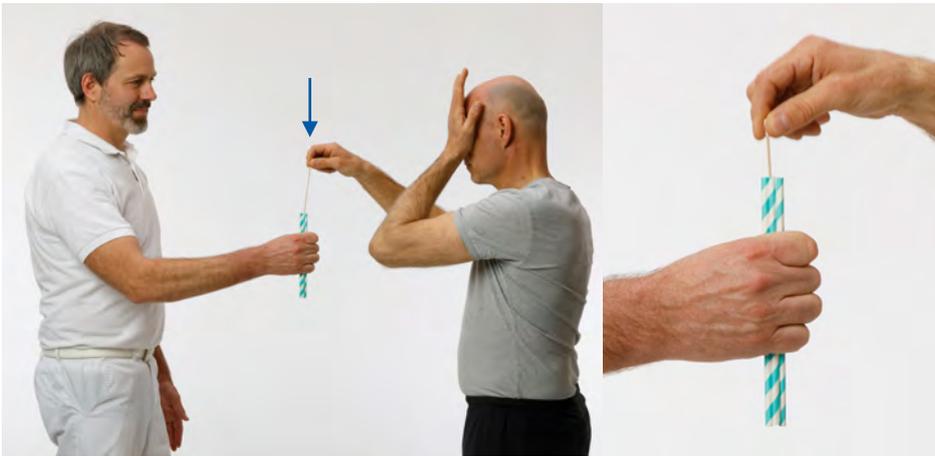
Das Resultat unterteilt sich in drei Kategorien:

1. Wird die allgemeine und lokale motorische Funktion des Bewegungsapparates besser, kann dieser Reiz als Hausaufgabe mitgegeben werden. In der Regel empfiehlt man 3-5 Mal pro Tag 10 Wiederholungen (Wdh.). Dabei sollte auf Folgendes hingewiesen werden:
 - Wenn möglich, sollte die Übung in einer aufrechten Haltung durchgeführt werden.

- keine Ablenkung (z.B. bei der Übung fernsehen), Aufmerksamkeit ist bei dem Gelenk wegen der verbesserten Neuroplastizität
 - nur wenig Schmerz (3/10)
 - Nicht hodeln! Lieber langsam und konzentriert üben.
2. Wird die allgemeine und lokale motorische Funktion des Bewegungsapparates schlechter, dann geht man zurück zur Integration und überprüft anschließend den Trainingsreiz noch einmal. In der Regel ist er dann neutral, manchmal hat er aber dann auch eine positive Wirkung.
 3. Ist keine Veränderung durch den Reiz zu sehen, kann man sich den Trainingsreiz in der Regel sparen, oder man modifiziert ihn, dass er positiv-effektiv wird.

Das supprimierte Augen kann auch durch Übungen zur Tiefenschärfe aktiviert werden. Der Blick bleibt dabei natürlich auf eine der Kugeln gerichtet.

- Straw-Picking

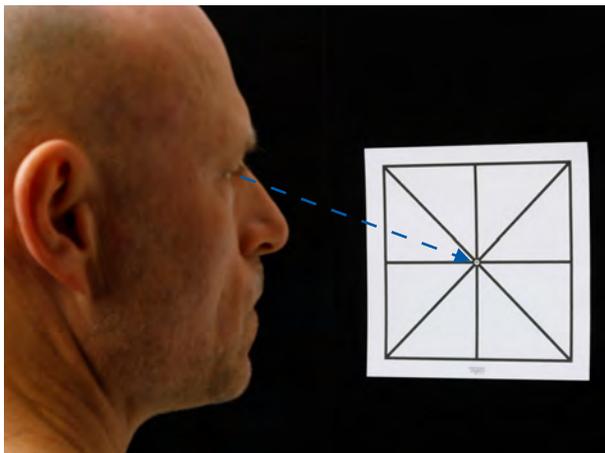


Alternative Übung zur Verbesserung der Tiefenschärfe - Wattestäbchen-Stil in einen Strohhalm einführen (engl. straw picking), einäugig natürlich.

Übungen zur Okulomotorik

 [Videoclip 11: Visuelles System - Übungen 2](#)

- rVOR mit Chart



Die VOR-Chart macht es etwas leichter, insbesondere wenn man über die Diagonale arbeiten will. Die Aufforderung besteht immer darin, den Mittelpunkt zu fixieren und dann die Nase entlang der Linien zu bewegen.

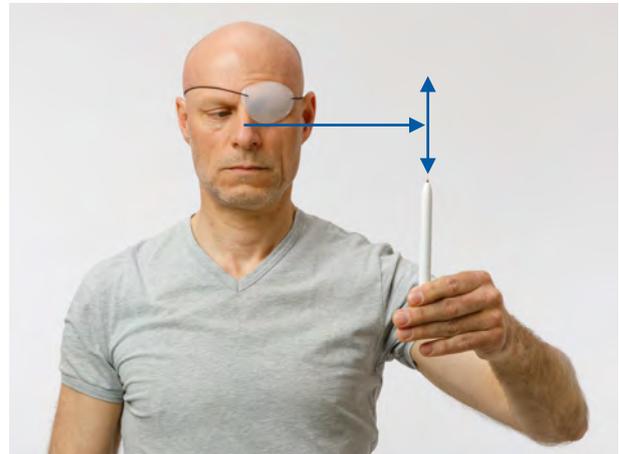
- Folgebewegungen



Augen-Liegestützen - Primär wird der Stift auf Augenhöhe geführt, möchte man mehr den M. obliquus sup. oder inf. ansprechen, dann muss man den Stift eher zur Nasenspitze oder Stirn führen.

Ist ein Auge auffällig sollte das nach dem Prinzip unten im Bild erst einzeln, dann wieder zusammen mit dem anderen Auge trainiert werden.

Einäugiges „Konvergenztraining“ - Mit diesem Schema trainiert man sowohl den M. rectus medialis als auch den M. obliquus sup. oder inf. auf der rechten Seite.



Den Stift spiralförmig um die Hand zu bewegen ist komplexer weil nicht linear, zudem kommt eine Antizipation hinzu, wenn der Stift hinter der Hand verschwindet. Eine Variante ist auch mit dem hängenden Letterball zu arbeiten (siehe Video).

- Sakkaden



Sakkaden mit Buchstabenleisten sind eine viel höhere Herausforderung als wenn man nur zwischen zwei Punkten hin- und herspringt. Deshalb sollte für das Training eher mit diesen gearbeitet werden.

Integrierte Funktionen

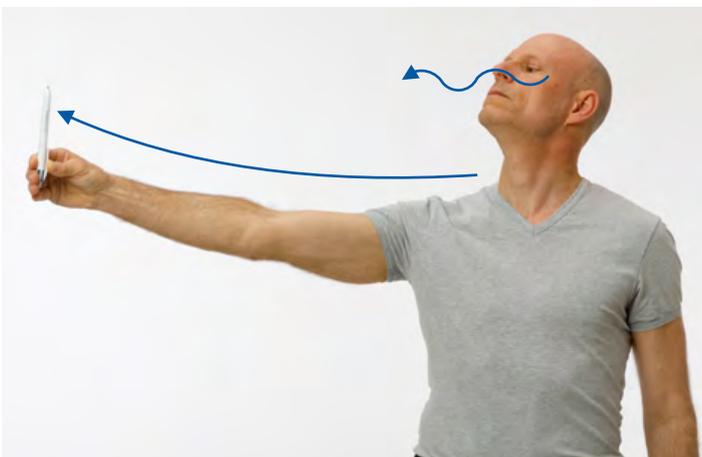
An dieser Stelle fangen wir an, Reize, im Sinne der Progression, zu kombinieren. Die Möglichkeiten sind an dieser Stelle sehr vielfältig und man kann im Prinzip seiner Fantasie freien Lauf lassen. Das einzige Kriterium ist letztlich, ob der Reiz effektiv ist oder nicht. Grundregel: Je besser der „Trainingszustand“ des Patienten ist, desto mehr Gas kann man geben. Das gilt nicht nur für Sportler, sondern auch für alle Nicht-Sportler.

Visuelles System und vestibuläres System

Videoclip 17: Visuelles System - Integrierte Übungen 1

Wir fangen mit einer ganzen Reihe an Übungsvorschlägen an, die visuelle und propriozeptive Aspekte, insbesondere das vestibuläre System, kombinieren. Bei allen Übungen ist es wichtig, dass auf die Stabilität und Präzision des Visus geachtet wird. Deshalb sollte zur visuellen Fixierung etwas genommen werden, was Präzision erfordert, wie eine Stiftspitze (Bild) oder auch gerne eine Snellen-Chart (Pocket-Version oder App). Die erste Serie umfasst die Koordination von Augen und Kopf, bietet sich also immer an, wenn es um Störungen im Kopf-/Nackенbereich geht. Aber da sich bewegungstechnisch vieles an den Augen und dem Kopf ausrichtet, kann der ganze Bewegungsapparat davon profitieren.

- VOR-C und rVOR (oder Blickstabilisierung in fester Kopfposition)



Während sich der Kopf mit dem Arm mit dreht (VOR-C), wird der Kopf auf und ab bewegt, um den rVOR auszulösen. Das Ganze kann man natürlich auch in der Vertikalen durchführen. Also VOR-C vertikal und rVOR horizontal.

Ohne Dynamik kann diese Konfiguration für Blickstabilisierung (engl. gaze) in verschiedenen Kopfpositionen genutzt werden. Dabei bietet es sich auch immer an, Punkte zu fixieren, die man nicht selber hält, sondern im Raum einfach vorhanden sind. Es sollten aber Punkte sein, die eine visuelle Präzision erfordern.

