

# Nichtgebrauch der oberen Extremität und die Auswirkungen auf den Cortex

Waltraud Knaus

**F**orscher des Universitätsspitals Zürich untersuchten die Auswirkungen der Immobilisation einer Extremität auf das Gehirn erwachsener Probanden. Das Resultat dieser Untersuchung zeigt auf, dass das Gehirn unverzüglich auf den Nichtgebrauch beziehungsweise den verstärkten Gebrauch einer Extremität reagiert. Der Durchmesser des motorischen und sensomotorischen Cortex verändert sich messbar durch Immobilisation oder verstärkten Einsatz einer Extremität.

Welchen Einfluss haben diese und ähnliche Studien auf den therapeutischen Alltag? Können therapeutische Interventionen cortikale und periphere Veränderungen beeinflussen?

## 1. Die Auswirkung von Immobilisation auf die Plastizität des Gehirns

LANGER et al. publizierten die Ergebnisse ihrer Untersuchungsreihe zur Plastizität des Gehirns im Januar 2012. Sie untersuchten rechtshändige Patienten, deren rechter Oberarm verletzt und ruhiggestellt wurde. Zwei beziehungsweise 16 Tage nach der Immobilisation wurden MRI-Untersuchungen durchgeführt.

Die Immobilisation bewirkt den Verlust grauer und weißer Hirnsubstanz in den Bewegungsarealen der linken Hirnhälfte. Der cortikale Durchmesser der linken motorischen und sensomotorischen Areale nimmt innerhalb von 14 Tagen ab. Der Effekt auf die rechte Hirnhälfte ist genau entgegengesetzt. Durch die erhöhte Aktivität der linken Hand für die alltäglichen Verrichtungen (Körperpflege,

Ernährung, Kommunikation und PC) nahm der cortikale Durchmesser zu. Die Arbeit von LANGER et al. (2012) ergibt nachstehende Schlussfolgerungen:

1. Dass die Reduktion des motorischen Outputs und des sensorischen Inputs reflektiert wird durch plastische Veränderungen in der grauen und weißen Gehirnssubstanz.
2. Es wird angenommen, dass die Einschränkung der Armaktivität die Repräsentation des Armes im motorischen Kortex reduziert.
3. Dass lokale Prozesse im sensomotorischen Cortex während einer Immobilisation verändert werden.
4. Je intensiver die Geschicklichkeit verbessert wird, umso intensiver nimmt die cortikale Dicke im motorischen und sensomotorischen Cortex zu.
5. Es wird angenommen, dass sich die Struktur des menschlichen Gehirns verändert durch den Entzug und den Transfer von Fähigkeiten vom rechten auf den linken Arm.
6. Dass die Untersuchungsergebnisse Auswirkungen auf neuropsychologische Therapien haben, insbesondere auf Therapien wie die „constraint-induced therapy“ (intensivierter Einsatz der betroffenen Extremität mit Fixation der nichtbetroffenen Extremität an den Rumpf).
7. Dass Immobilisation einen temporären und substanziiell negativen Effekt auf den Durchmesser des Cortex hat.

8. Dass traumatisch bedingte Immobilisation so kurz wie möglich und so lange wie nötig sein soll.

Diese und vorangegangene Studien zum Thema der Plastizität des Gehirns werfen Fragen auf:

- Müssen auf Grund dieser Studienergebnisse Behandlungskonzepte neu überdacht werden?
- Wie kann die Plastizität des Gehirns nach einem Trauma genutzt werden?
- Wie können cortikale und periphere Veränderungen minimiert werden?

## 2. Die Plastizität des Gehirns bei Amputationen und peripheren Nervenverletzungen

MERZENICH et al. (1993) untersuchten die Auswirkung von Amputationen und den Verlust der Sensibilität von Fingern auf die cortical maps von Affen. Der fehlende sensorische Input bewirkt ein Überschreiben der nicht gebrauchten Areale. Bei einer Amputation des Mittelfingers wird die Repräsentation des Zeige- und Ringfingers vergrößert. Derselbe Effekt tritt auf, wenn die sensorische Versorgung des Mittelfingers fehlt. Die cortical maps reorganisieren sich wieder, sobald sich die Sensorik erholt. Die Reorganisation erfolgt aber nicht vollständig.

Dieser Effekt kann bei allen Amputationen, Replantationen und peripheren Nervenverletzungen zum Tragen kommen.

Es ist denkbar, dass die unvollständige Reorganisation der cortical maps bleibende Einschränkungen beim



Abb. 1: Mittelhandschiene mit MCP Stabilisation



Abb. 2: Mittelhandschiene ohne MCP Stabilisation

funktionellen Einsatz der betroffenen Extremität nach sich zieht oder dass eine Ruhigstellung zu einer anhaltenden Fehl- oder Schonhaltung führt.

### 3. Behandlungskonzepte in der Traumatologie und Handchirurgie

#### Frühfunktionelle Nachbehandlung

Frühfunktionelle Behandlungskonzepte verlangen eine gute Compliance des Patienten.

In der frühfunktionellen Behandlung von *Frakturen im Bereich der Mittelhand- und Fingerknochen* werden bewegungsstabil versorgte Frakturen mit thermoplastischen Materialien geschieht (KÜTSCHNER et al. 2002; FRANZ et al. 2009). Die Schienenversorgung erfolgt spätestens am 4. postoperativen Tag oder am 4. Tag nach erfolgter konservativer Reposition (Abb. 1 und Abb. 2).

Bis zur Schienenversorgung erhalten die Patienten eine Unterarmgipschiene in Intrinsic plus-Stellung. In der thermoplastischen Schiene bleiben alle nicht beteiligten Gelenke frei und können unmittelbar nach erfolgter Schienenversorgung wieder aktiv bewegt werden. Die Patienten werden instruiert, mehrmals täglich die End-, Mittel- und Grundgelenke und das Handgelenk im schmerzfreien Bereich zu bewegen. Ebenso ist der Einsatz der betroffenen Hand bei leichten alltäglichen Verrichtungen möglich.

Bezogen auf die Untersuchungen von LANGER et al. (2012) ist zu vermuten, dass der frühe sensomotorische Input die kortikalen Veränderungen begrenzt. Die messbaren Vorteile der frühfunktionellen Therapie sind die guten funktionellen Ergebnisse und die rasche Rückkehr der Probanden an ihre Arbeitsplätze. Es wurden keine Heilungsstörungen festgestellt. Der Bedarf an Therapie war sehr gering.

Ähnliche Resultate beschreibt KOHLMAYR (2011) in ihrer Studie über die frühfunktionelle Nachbehandlung von *operativ versorgten Radiusfrakturen* im Vergleich zu einer fünfwöchigen Immobilisation. Die mit Plattenosteosynthesen stabilisierten Frakturen wurden mit einer abnehmbaren dorso-volaren Schiene (Abb. 3) für eine Woche ruhiggestellt. Die Patienten durften sofort postoperativ im schmerzfreien Bereich aktiv bewegen und die Hand für leichte Tätigkeiten im Alltag einsetzen und dosiert belasten. Die Ergebnisse der Studie zeigen einen positiven Effekt auf Funktion, Kraft und Beweglichkeit.

Die *postoperative Behandlung von Strecksehnen* der Zonen 3–6 erfolgt fakultativ mit einer 5- bis 6-wöchigen Ruhigstellung in einer Gipschiene oder funktionell mit einer „umgekehrten“ Kleinertschiene („reversed Kleinert“) (Abb. 4). Die Übungsschiene wird zwischen dem 2. und 4. post-



Abb. 3: Dorso-volare Handgelenksschiene



Abb. 4: Umgekehrte Kleinertschiene

operativen Tag angepasst. Die Prinzipien der Beugesehnnachbehandlung (passive Sehnengleitübungen) können in der Schiene ausgeführt werden (KNAUS 2011).

Die funktionelle Nachbehandlung vermeidet Adhäsionen, Kapselschrumpfungen und Muskelatrophien, die bei einer Ruhigstellung auftreten können. Aus vorangegangenen Ausführungen ist zu schließen, dass die Mobilisation nicht nur periphere Auswirkungen auf die betroffenen Gewebe hat, sondern auch zentral auf die Plastizität des Gehirns.

Frühfunktionelle Nachbehandlung ist abhängig vom Ausmaß eines Traumas und der Art der Versorgung. Frühzeitige Mobilisation ist nicht immer möglich und eine Immobilisation über längere Zeit unvermeidlich. Die Folgeschäden der Ruhigstellung wie Muskelatrophie, Kapselschrumpfung, Probleme beim Ausführen von alltäglichen Verrichtungen aufgrund von mangelnder Koordination und Feinmotorik sind die Folgen. Die zentralen Auswirkungen auf die Plastizität des Gehirns reichen von Veränderungen in der Größe des motorischen Areals im Cortex, Veränderungen in der Erregbarkeit des motorischen Systems oder eine Verminderung in der neuronalen Aktivierung der Muskulatur.

### Therapie bei Immobilisation

Der Erfolg der nachstehenden Behandlungsvorschläge ist in einem er-

heblichen Ausmaß von der Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit des Patienten abhängig.

### Mentales Training

HERZIG (2007) führte eine Untersuchung zum Thema „Mentales Training“ durch. Mentales Training im klinischen Bereich ist vor allem bei Spitzensportlern in verletzungsbedingten Trainingspausen bekannt. Für die Studie erfolgte eine Ruhigstellung über drei Wochen. Die Probanden führten in dieser Zeit mentale Bewegungsübungen aus. Die mental trainierte Gruppe erzielte eine signifikant geringere Bewegungseinschränkung und die Muskulatur eine geringere Atrophie. Das funktionelle Outcome war deutlich besser. Die Durchführung des mentalen Trainings im Akutspital ist bei Patienten denkbar, die die Instruktionen verstehen und umsetzen können.

### Mirror Visual Feedback

DOHLE C. et al. (2005) beschreiben die Grundlagen des Spiegeltrainings. Bei einer reinen Bewegungsbeobachtung, einer Bewegungsimitation oder einer Bewegungsvorstellung konnten bildgebende Verfahren ähnliche zerebrale Aktivierungsmuster feststellen wie bei aktiv ausgeführten Bewegungen. Das Training mit einem Spiegel fördert die visuelle Rückkoppelung und damit die Akti-

vierung der Repräsentation der visuellen Konfiguration.

Die nichtbetroffene Extremität liegt vor dem Spiegel, die immobilisierte Extremität hinter dem Spiegel (Abb. 5). Die Bewegung der nichtbetroffenen Extremität wird über den Spiegel als Bewegung der betroffenen Extremität dargeboten. Dieses Verfahren eignet sich für peripher und zentral bedingte Immobilisation und auch den erlernten Nichtgebrauch einer Extremität. RAMACHANDRAN et al. (2009) untersuchten den Einsatz der Trainingsmöglichkeiten mit dem Spiegel unter anderem in der Rehabilitation nach handchirurgischen Eingriffen.

### „Graded Motor Imagery“-Training

Eine weitere Methode, die die Repräsentation der Hand und die mentale Vorstellung von Bewegungsmustern trainiert, wurde 2004 von MOSELEY vorgestellt. Der Patient trainiert das Körperschema und Bewegungsmuster über Bilder, die ihm vorgelegt werden. In einem ersten Übungsschritt muss die Seitenzugehörigkeit (links/rechts) erkannt werden. Im zweiten Schritt soll die gezeigte Position der Hand mental eingenommen werden. Der dritte Schritt erfolgt, indem die gezeigte Position mit der nichtbetroffenen Hand aktiv vor dem Spiegel eingenommen wird (Abb. 6).

Die peripheren und zentralen Effekte entsprechen denen des Mentalen



Abb. 5: Übungsspiegel

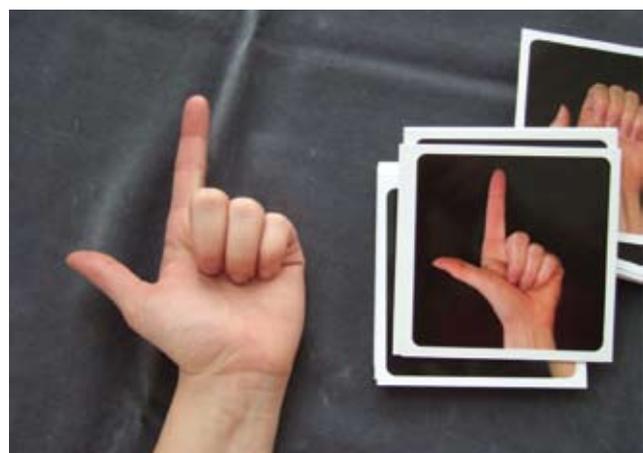


Abb. 6 Training von Bewegungsmustern über Bilder

Trainings und dann denen des Mirror Visual Trainings.

## 4. Resümee

- Periphere Immobilisation bewirkt zentral einen Abbau von grauer und weißer Hirnsubstanz.
- Erhöhte Geschicklichkeit und vermehrter Einsatz bewirken zentral den Aufbau von grauer und weißer Gehirnssubstanz.
- Bei fehlendem sensorischen Input werden die cortical maps der betroffenen Region von den benachbarten Regionen vereinnahmt.
- Traumatologisch bedingte Immobilisation sollte so kurz wie möglich und nur so lange wie nötig sein.
- Frühfunktionelle Nachbehandlung von Frakturen und Sehnen vermeidet Komplikationen, die durch Immobilisation entstehen, und fördert Beweglichkeit, Kraft und Zufriedenheit der Patienten.
- Trainingsmöglichkeiten bei Immobilisation, um periphere und zen-

trale Veränderungen einzuschränken, bieten Mentales Training, Mirror Visual Feedback und „Graded Motor Imagery“-Training.

## Literatur:

- Dohle, C.; Nakaten, A.; Püllen, J.; Rietz, C.; Krabe, H.** (2005): Grundlagen und Anwendung des Spiegeltrainings; refo-net.de
- Franz, T.; von Wartburg, U.; Hug, U.** (2010): Frühfunktionell-konservative Behandlung extraartikulärer Grundgliedfrakturen der Hand mit dem Luzerner Cast (LuCa) – eine prospektive Pilotstudie, Handchir Mikrochir plast Chir
- Herzig, D.S.** (2007): Mentales Training bei ruhiggestellter oberer Extremität (distaler Radius); prospektiv-randomisierte Studie an 18 gesunden Probanden, Medizinische Fakultät der Universität Ulm
- Knaus, W.** (2011): Schienen in der Handtherapie, verlag modernes lernen
- Kohlmayr, B.** (2011): Der Effekt einer frühfunktionellen Nachbehandlung bei Radiusfrakturen; Inform Nr. 5
- Kütschner, M.; Blazek, J.; Brüner, S.; Wittemann, M.; Germann, G.** (2002): Frühfunktionelle Nachbehandlung operativ versorgter Mittelhandfrakturen, Unfallchirurg; 105: 1109-1114

**Langer, N.; Hänggi, J.; Müller, N.A. et al.** (2012): Effects of limb immobilization on brain plasticity, Neurology; 78; 182

**Merzenich, M.M.; Jenkins, W.M.** (1993): Reorganization of Cortical Representations of the hand Following Alterations of Skin Inputs Induced by Nerve Injury, Skin Island Transfers, and Experience, Journal of Hand Therapy, April-June

**Moseley G.L.** (2004): Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial; Pain; 108: 192-198

**Ramachandran, V.S.; Altschuler, E.L.** (2009): The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function, brain a journal of neurology

---

## Die Autorin:

Waltraud Knaus  
Leitende Ergotherapeutin  
Ergotherapie für Handtherapie und Neurorehabilitation  
Kantonsspital Aarau  
CH-5001 Aarau  
waltraud.knaus@ksa.ch

**Stichworte:** • Periphere Immobilisationen  
• Plastizität des Gehirns • Frühfunktionelle Nachbehandlung • Therapiemöglichkeiten