



Seminar Funktionelle Neuroanatomie

Referat: Schmerz

Vortrag:

- Exkurs: Out-of-Body Experiences
- Phantomschmerzen
- Wiederholung:
 - Spinalnerven & -ganglien
 - somatosensorischer Homunculus
 - Schmerzgedächtnis

Gruppenarbeit:

Ursachen von Phantomschmerzen

Überblick

Therapiemöglichkeiten

Propriozeption: Wahrnehmung des eigenen Körpers

- *Wahrnehmung von Position des Körpers im Raum, Schwere, Spannung, Kraft, Geschwindigkeit*
- *Informationen aus der Haut, dem Vestibularorgan im Ohr und von Propriozeptoren (= Mechanorezeptoren, die Zustand & Zustandsänderungen von Muskeln, Sehnen und Gelenken messen)*

Ekterozeption: Wahrnehmung der Umwelt

- *z.B. Informationen aus der Haut (Temperatur, Vibrationen, Druck, Schmerz), visuelle, auditorische, gustatorische oder olfaktorische Informationen*

Interozeption: Wahrnehmung von internen Prozessen

- *z.B. Messung des Blutdrucks, Level von Sauerstoff, CO₂ und Zucker im Blut sowie Flüssigkeitsbedarf*

Propriozeption: Wahrnehmung des eigenen Körpers

- Wahrnehmung von Position des Körpers im Raum, Schwere, Spannung, Kraft, Geschwindigkeit
- Informationen aus der Haut, dem Vestibularorgan im Ohr und von Propriozeptoren (= Mechanorezeptoren, die Zustand & Zustandsänderungen von Muskeln, Sehnen und Gelenken messen)

Ekterozeption: Wahrnehmung der Umwelt

- z.B. Informationen aus der Haut (Temperatur, Vibrationen, Druck, Schmerz), visuelle, auditorische, gustatorische oder olfaktorische Informationen

Interozeption: Wahrnehmung von internen Prozessen

- z.B. Messung des Blutdrucks, Level von Sauerstoff, CO₂ und Zucker im Blut sowie Flüssigkeitsbedarf

Exkurs: Out-of-Body Experiences

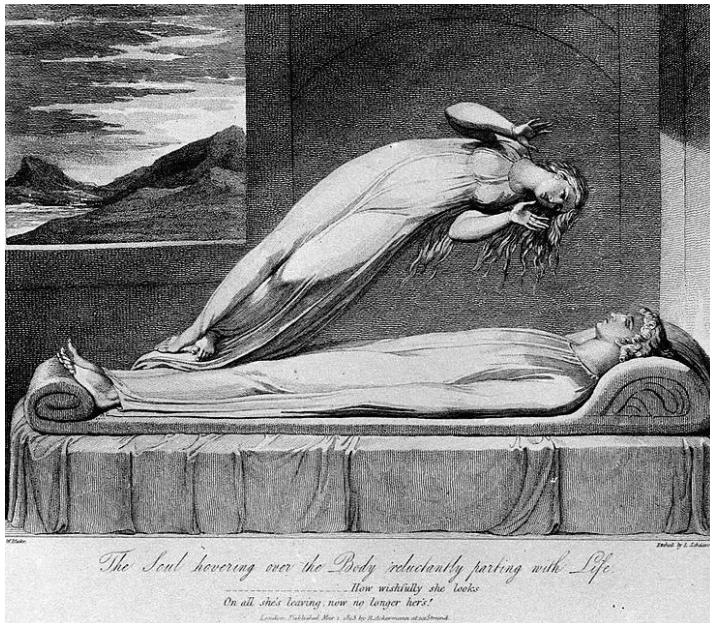
C | A | U

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Philosophische Fakultät

Abbildung 1

Illustration eines Gedichts von Robert Blair

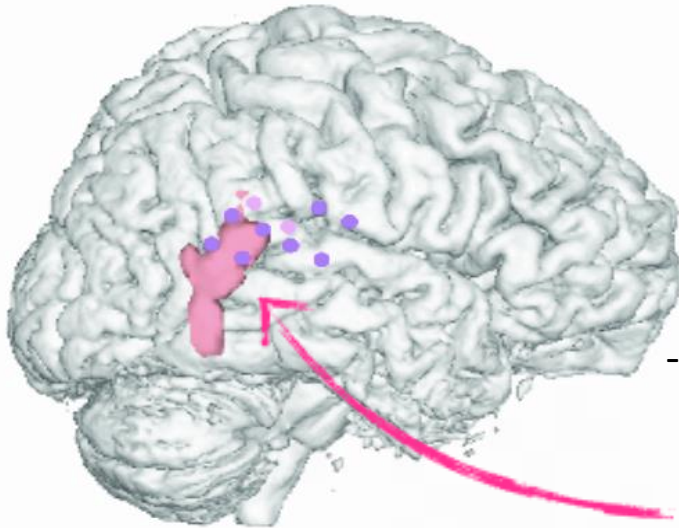


Schiavonetti, 1808

- zeitlich begrenzter **dissoziativer Zustand**
- tritt bei **10% der Menschen mind. 1x** im Leben auf
- 3 Charakteristika:
 1. **Disembodiment:** Eindruck als befände man sich außerhalb des eigenen Körpers
 2. **Vogelperspektive:** Eindruck, als sähe man die Welt von einem erhöhten, entfernten Standpunkt aus
 3. **Autoskopie:** Eindruck, als sähe man den eigenen Körper aus dieser Perspektive

Exkurs: Out-of-Body Experiences

Abbildung 2
rechte temporoparietale Junction



Blanke & Arzy, 2005

- in „natürlichen“ Situationen **bei besonders niedrigem oder hohem Arousal:**
 - z.B. beim Einschlafen oder bei sens. Deprivation
 - z.B. sens. Overload, große phys. Anstrengung, Drogeneinfluss, Nahtoderfahrung
- in Studien z.B. **bei elektrischer Stimulation der rechten temporoparietalen Junction**
 - rTPJ: Repräsentation der Position des eigenen Körpers im Raum
 - gestützt durch Studien mit Läsionspatient*innen

Propriozeption: Wahrnehmung des eigenen Körpers

- Wahrnehmung von Position des Körpers im Raum, Schwere, Spannung, Kraft, Geschwindigkeit
- Informationen aus der Haut, dem Vestibularorgan im Ohr und von Propriozeptoren (= Mechanorezeptoren, die Zustand & Zustandsänderungen von Muskeln, Sehnen und Gelenken messen)

Ekterozeption: Wahrnehmung der Umwelt

- z.B. Informationen aus der Haut (Temperatur, Vibrationen, Druck, Schmerz), visuelle, auditorische, gustatorische oder olfaktorische Informationen

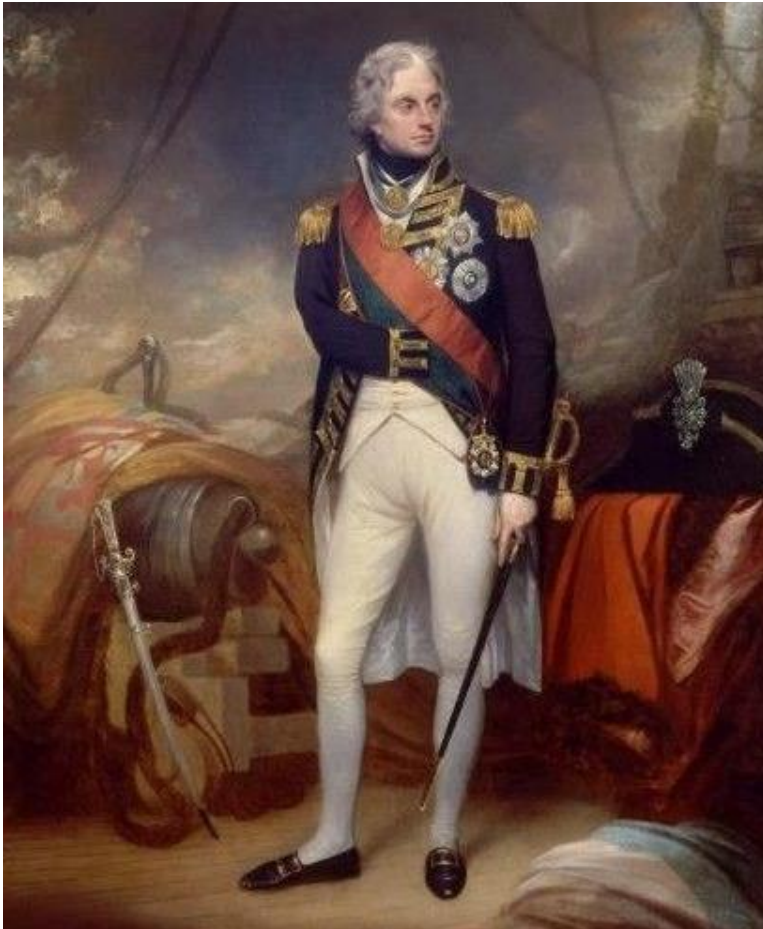
Interozeption: Wahrnehmung von internen Prozessen

- z.B. Messung des Blutdrucks, Level von Sauerstoff, CO₂ und Zucker im Blut sowie Flüssigkeitsbedarf

Was sind Phantomschmerzen?

Abbildung 3

Ölgemälde vom britischen Admiral Horatio Nelson



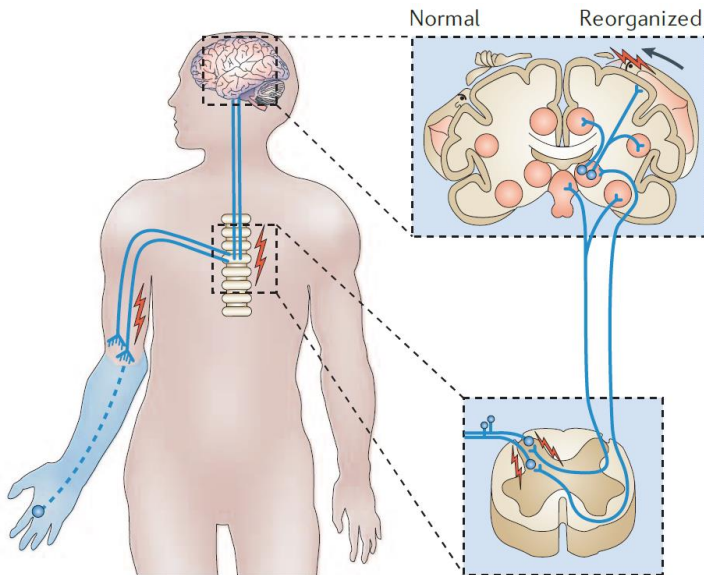
Beechey, 1801

- erstmalige Beschreibung:
1552 von Ambroise Paré (franz. Arzt)
- erster Bericht aus 1. Hand:
William Porterfield (ca. 1696 - 1771)
- berühmtester Fall:
Admiral Nelson (1758 - 1805)

Was sind Phantomschmerzen?

Abbildung 4

Eine schematische Darstellung der an der Entstehung von Phantomschmerzen



Flor et al., *Nature Reviews*, 2006

Phantomwahrnehmungen treten auf als Folge...

... von Deaffferenzierung:

- durch Verletzung
- durch Erkrankung (Schlaganfall)

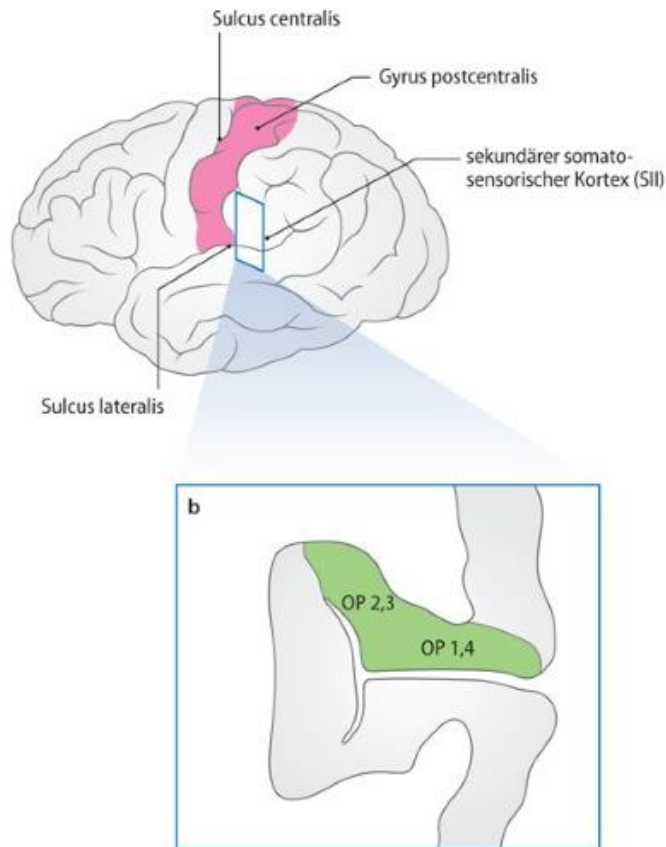
... vom Verlust eines Körperteils:

- durch Verletzung
- durch gezielte Amputation
 - > häufigste Gründe:
 - Nekrosen
 - Infektionen / Entzündungen
 - Tumore

Was sind Phantomschmerzen?

Abbildung 5

Somatosensorische Kortextareale



Häufige unangenehme Symptome:

- Wahrnehmung des verlorenen Körperteils als existent, aber **verkürzt** („**Telescoping**“) oder **an falscher Stelle am Körper**
- **Phantomschmerzen** (Achtung, nicht zu verwechseln mit Schmerzen im Stumpf!)
- **Phantomempfindungen**, z.B.
 - Kribbeln oder Zuckungen im fehlenden Körperteil
 - bei Arm- oder Hand-Amputation: Gefühl, als würde man gestikulieren
 - visuelle Halluzinationen (beim *Phantom Eye Syndrome*)

Übersicht zum Phantomschmerz

TABLE 2.1 Selected Studies on the Prevalence of Phantom Limb Pain

Authors	Year	No. of Amputees	Cause of Amputation	Amputees with Phantom Pain (%)
Jensen et al.*	1983	72	M	72
Sherman and Sherman	1984	2694	T	78
Houghton et al.	1994	176	T/M	78
Wartan et al.	1997	526	T	55
Nikolajsen et al.*	1997	56	M	75
Ehde et al.	2000	255	M/T	72
Kooijman et al.	2000	72	T/M	51
Husum et al.	2002	57	T	68
Lacoux et al.	2002	40	T	33
Ephraim et al.	2005	914	M/T	80
Ebrahimzadeh et al.	2006	200	T	32
Richardson et al.*	2006	52	M	79
Hanley et al.*	2007	57	T/M	62
Schley et al.	2008	96	T	45
Bosmans et al.*	2010	85	M/T	32
Desmond and MacLachlan	2010	141	T(M)	43
Byrne	2011	60	T(M)	58

*Prospective study. T=Traumatic; M=Medical.

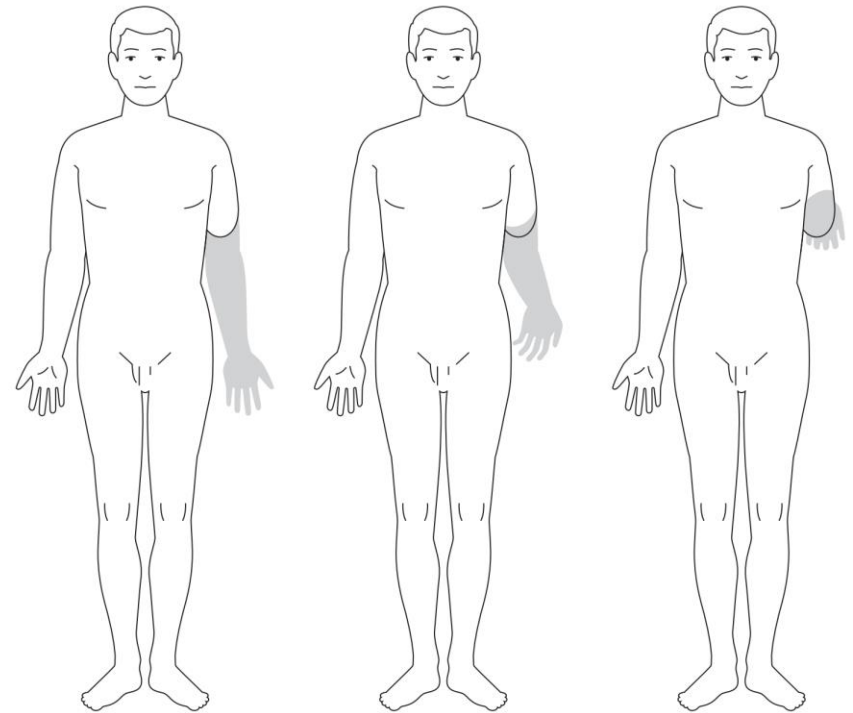


FIGURE 2.1 This figure illustrates telescoping, a phenomenon in which the phantom hand or the phantom foot gradually approaches the amputation stump.

Wiederholung als Vorbereitung auf die Gruppenarbeit:



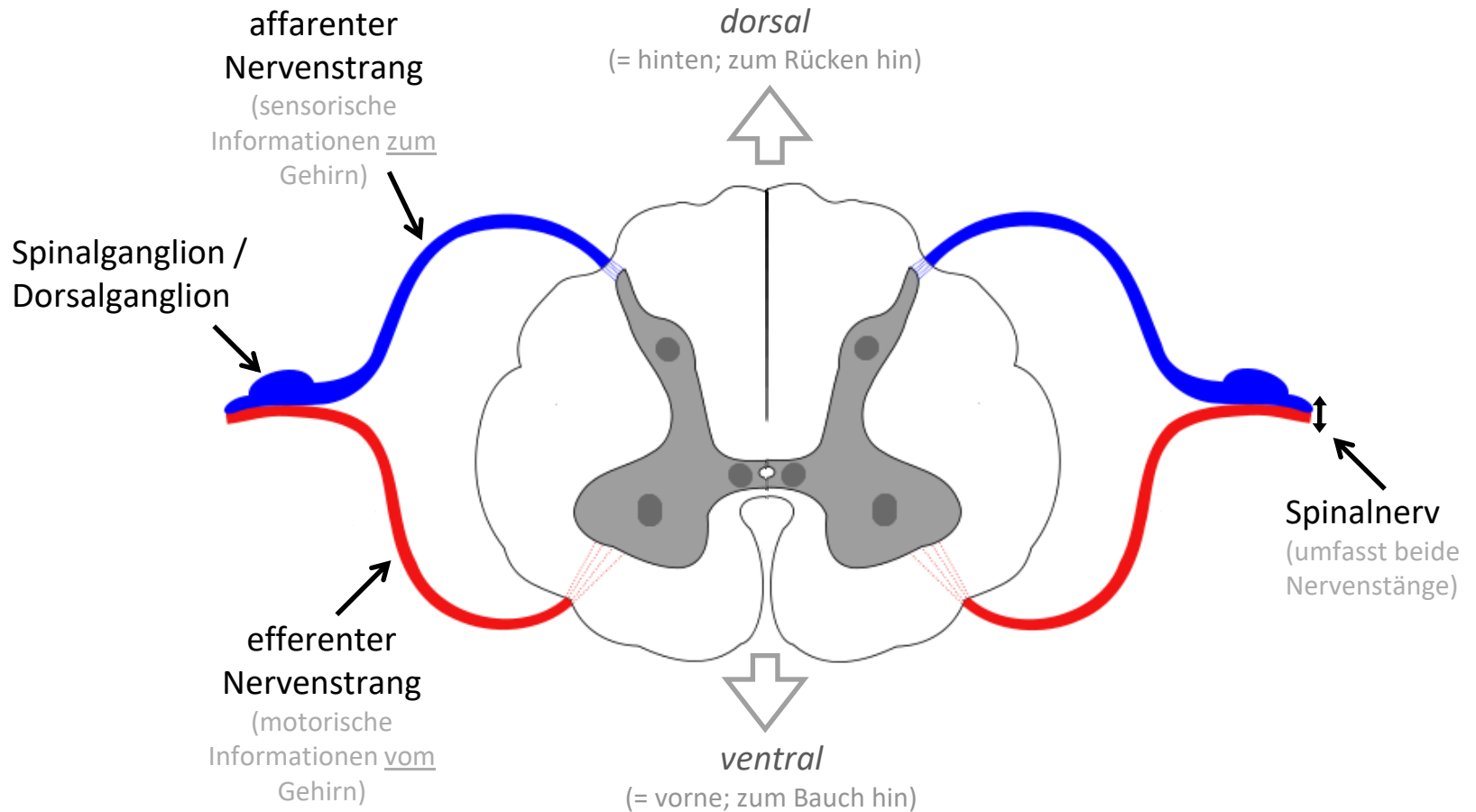
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Philosophische Fakultät

1. Spinalnerven & Spinalganglien
2. Somatosensorischer Homunculus
3. Schmerzgedächtnis

Wiederholung: Spinalnerven & -ganglien

Abbildung 6
Spinalnerven



Wiederholung: somatosensorischer Homunculus



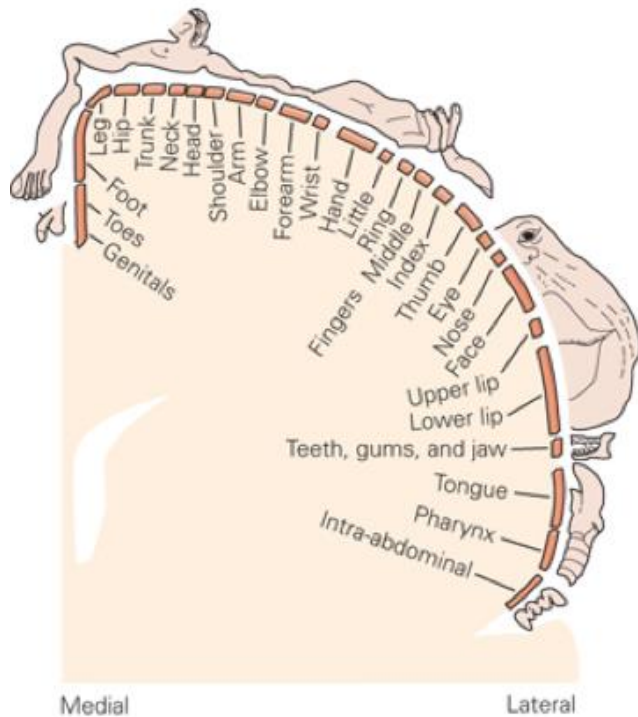
C | A | U

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

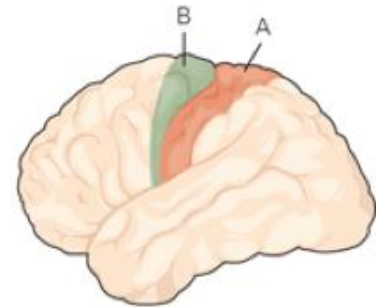
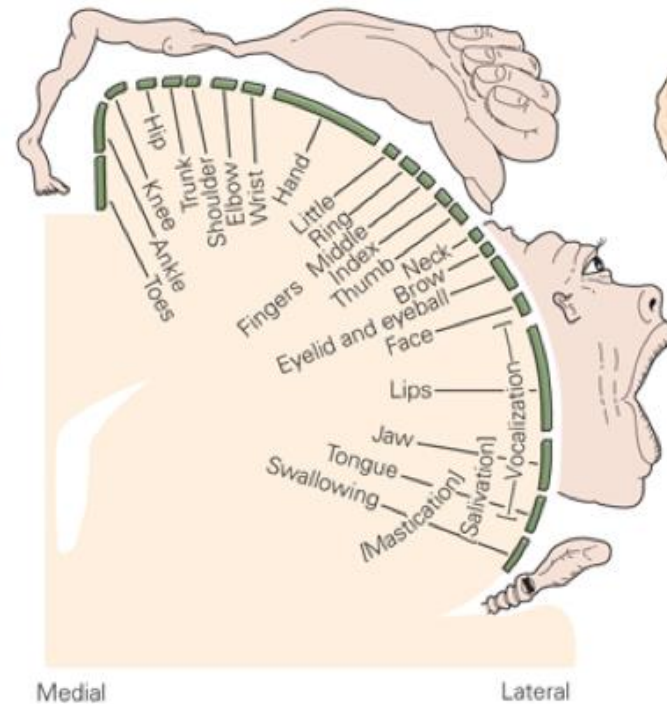
Philosophische Fakultät

Abbildung 7
Homunculus

A Sensory homunculus



B Motor homunculus



- bei langfristiger noxischer Reizung (= Schmerz) **Potenzierung der Übertragungsstärke** zwischen schmerzleitenden C-Fasern und den affarenten Hinterhorn-Neuronen des RMs
- zusätzlich teilweise **Zelltod von GABAergen Interneuronen** im Hinterhorn des RMs, die normalerweise hemmend auf die schmerzleitenden Fasern wirken würden
 - Folge: man reagiert übermäßig sensibel auf Schmerzreize (= **Hyperalgesie**)
 - vorhandene Hyperalgesie kann nicht gelöscht werden
 - Prävention (zumindest neuronal): Schmerzmittel auch wirklich nehmen, wenn man Schmerzen hat

Phantom limb pain: a case of maladaptive CNS plasticity?

Herta Flor, Lone Nikolajsen[‡] and Troels Staehelin Jensen[§]*

Abstract | Phantom pain refers to pain in a body part that has been amputated or deafferented. It has often been viewed as a type of mental disorder or has been assumed to stem from pathological alterations in the region of the amputation stump. In the past decade, evidence has accumulated that phantom pain might be a phenomenon of the CNS that is related to plastic changes at several levels of the neuraxis and especially the cortex. Here, we discuss the evidence for putative pathophysiological mechanisms with an emphasis on central, and in particular cortical, changes. We cite both animal and human studies and derive suggestions for innovative interventions aimed at alleviating phantom pain.

Aufgabe 1 (Gruppe 1 & 2)

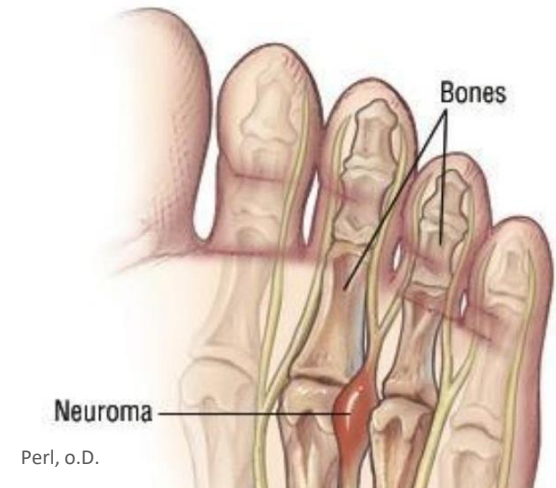
Bitte schaut euch die **Veränderungen im PNS und am Rückenmark** an!

(S. 874-875, Abschnitt „Peripheral Changes“, den Abschnitt „Central changes: the spinal cord“ nicht mehr!)

- a) Welche peripheren Veränderungen zeigen sich nach einer physischen Verletzung?
- Was sind Neurome?
 - Wie tragen sie zu Phantomschmerz bei?
 - Welche Beobachtungen sprechen gegen eine alleinige Verursachung des Phantomschmerzes durch Neurome?
- b) Welche Veränderungen am Rückenmark zeigen sich?
- Was ist das „Dorsal Root Ganglion“?
 - Welche Rolle spielen beieinander liegende Neurone?

Abbildung 8

Beispiel für ein Neurom (Morton's Neuroma)



Vokabelhilfe:

etopic = da lokalisiert, wo es normalerweise nicht sein sollte

paraesthesias = Parästhesie, unangenehme Hautempfindung, z.B. Stechen oder Kribbeln

dorsal root ganglion = Spinalganglion

Aufgabe 2 (Gruppe 3 & 4)

Bitte schaut euch die **Veränderungen im ZNS** (Hirnstamm, Thalamus und Kortex) an!

(S. 875-876, Abschnitt „Central changes: brainstem, thalamus, cortex“, den Abschnitt „Alterations in sensory and motor feedback“ nicht mehr!)

a) Welche Befunde sprechen für eine Beteiligung der höher liegenden Strukturen des ZNS?

b) Welche zentralen Veränderungen zeigen sich nach einer physischen Verletzung?

- Was bedeutet „Invasion“ in diesem Zusammenhang?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen „Map Reorganization“ und Phantomschmerz (s. Abb. 2)?
- Welche unterschiedlichen Stadien der Reorganisation lassen sich unterscheiden?

Aufgabe 2 (Gruppe 3 & 4)

Abbildung 9
Map Expansion

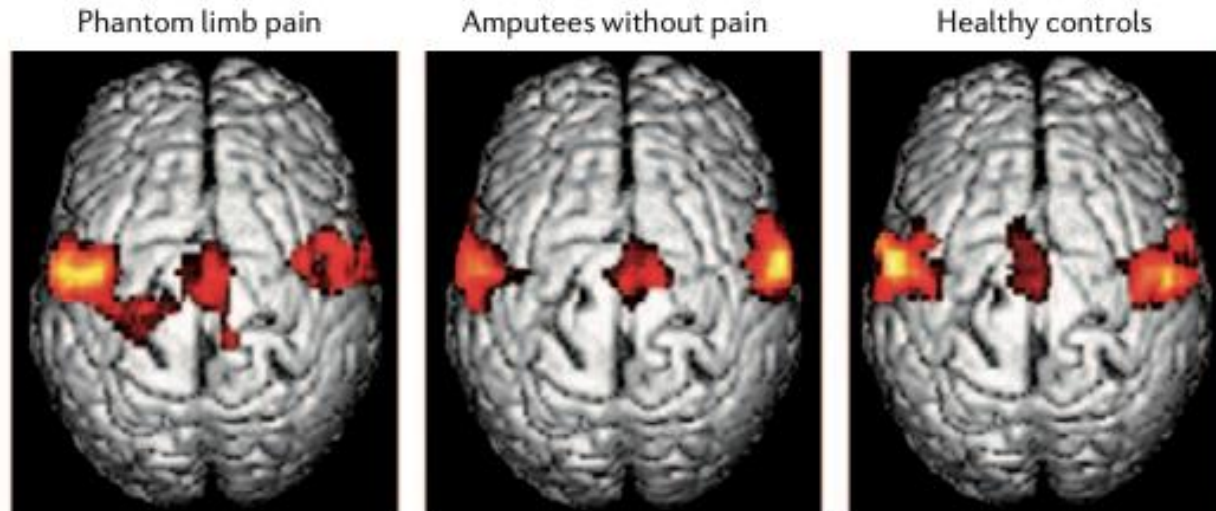
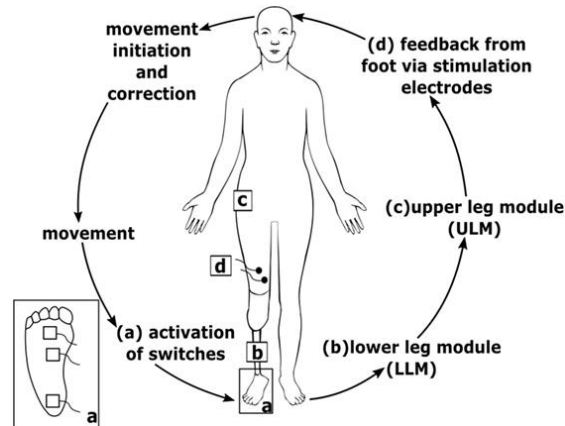
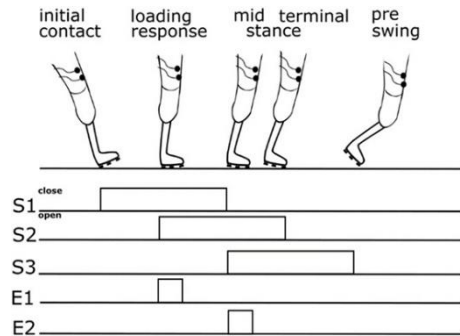


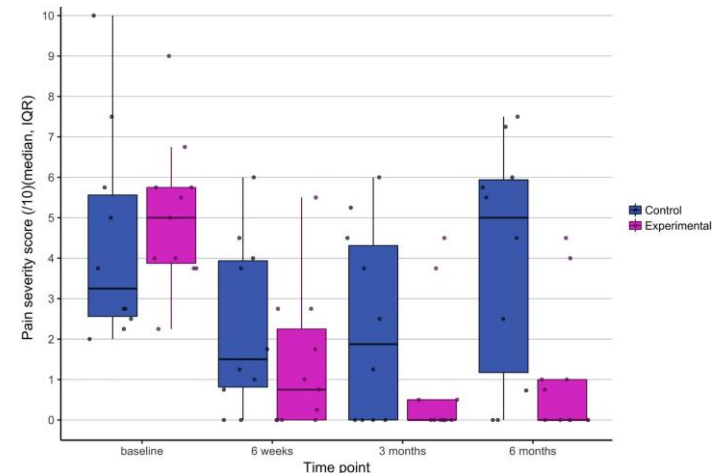
Figure 2 | Cortical changes related to phantom limb pain. Functional MRI data from seven patients with phantom limb pain, seven amputees without pain and seven healthy controls during a lip pursing task. Activation in primary somatosensory and motor cortices is unaltered in amputees without pain and is similar to that of healthy controls. In the amputees with phantom limb pain the cortical representation of the mouth extends into the region of the hand and arm. Reproduced, with permission, from REF. 64 © (2001) Oxford Univ. Press.

Therapie Phantomschmerz

■ Myoelectric prosthesis



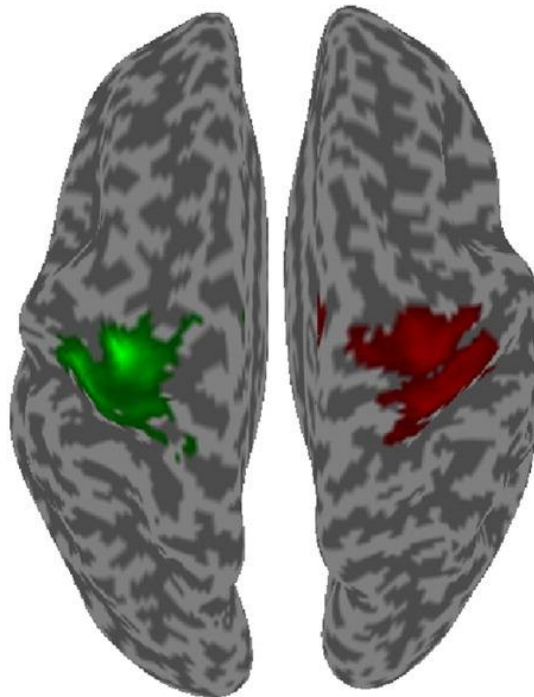
■ Motor imagery/ mirror therapy



■ Electrical stimulation

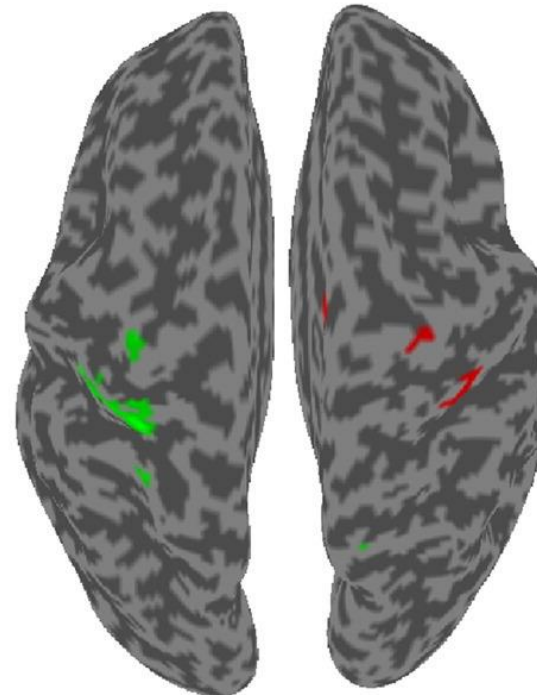
Motor imagery

Movement Execution



■ Right hand > Left hand
■ Left hand > Right hand

Movement Imagination



anterior
right — left
posterior

Referat: Multisensorische Wahrnehmung (Goldstein, Kap. 22)

Vorbereitung auf die nächste Sitzung

Paper:

Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands “feel” touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756–756. doi: 10.1038/35784

Vorbereitung auf die nächste Sitzung

Paper:

Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands “feel” touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756–756. doi: 10.1038/35784

Aufgaben (diesmal beide Aufgaben für alle):

Rubber Hand Illusion:

- Wie sieht der Aufbau von Experiment 1 und Experiment 2 aus?
- Worin besteht die Illusion? Welche Sinne sind beteiligt?
- Könnt ihr die Illusion nachempfinden?

Ergebnisse:

- Welche Befunde zeigten sich in Bezug auf die Wahrnehmung in Experiment 1?
- Wie hat sich die Lokalisierung der Hand in Experiment 2 verändert?

- Bünning, S. & Blanke, O. (2005). The out-of body experience: precipitating factors and neural correlates. *Progress in Brain Research*, 331–606. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(05\)50024-4](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(05)50024-4)
- Dietrich, C., Nehrdich, S., Seifert, S., Blume, K. R., Miltner, W. H., Hofmann, G. O., & Weiss, T. (2018). Leg prosthesis with somatosensory feedback reduces phantom limb pain and increases functionality. *Frontiers in neurology*, 9, 270.
- Flor, H., Nikolajsen, L., & Staehelin Jensen, T. (2006). Phantom limb pain: a case of maladaptive CNS plasticity? *Nature Reviews Neuroscience*, 7(11), 873–881. doi: 10.1038/nrn1991
- Limakatso, K., Madden, V. J., Manie, S., & Parker, R. (2020). The effectiveness of graded motor imagery for reducing phantom limb pain in amputees: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*, 109, 65-74.
- Schandry, R. (2016). Aufbau und Funktion des Nervensystems. In Biologische Psychologie (4. überarbeitete Auflage). Weinheim, Deutschland: Beltz Verlag

- Beechey, W. (1801). *Horatio, Viscount Nelson* [Öl auf Leinwand]. Abgerufen von <https://i.pinimg.com/originals/ef/36/49/ef36494432fcdc08d29bad7aaaf387f8.jpg>
- Flor, H., Nikolajsen, L., & Staehelin Jensen, T. (2006). Phantom limb pain: a case of maladaptive CNS plasticity? *Nature Reviews Neuroscience*, 7(11), 873–881. doi: 10.1038/nrn1991
- [Illustration]. (2006). *Medulla spinalis - Querschnitt - German and Latin*. Abgerufen von https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medulla_spinalis_-_Querschnitt_-_German_and_Latin.svg
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A. & Hudspeth, A. J. (Hrsg.). (2013). *Principles of Neural Science* (5. Ausgabe). New York: McGraw-Hill.
- McCurry, J. (2016). *Yukako Fukushima, who makes prosthetic small fingers for reformed Japanese gangsters, at her workshop in Osaka, Japan* [Fotografie]. Abgerufen von <https://www.theguardian.com/world/2016/apr/18/woman-makes-fake-fingers-yakuza-japan-reformed-gangsters>
- Perl, R. B. (o. D.). *Neuroma* [Illustration]. Abgerufen von <https://www.westislipfootdoctor.com/blog/neuroma>
- Schiavonetti, L. (1808). The soul leaving the body [Druck]. Abgerufen von https://en.wikipedia.org/wiki/Out-of-body_experience#/media/File:Schiavonetti_Soul_leaving_body_1808.jpg
- Treede, R. D., & Baumgärtner, U. (2019). Das somatosensorische System. In: Brandes, R., Lang, F., Schmidt, R. F. (eds) *Physiologie des Menschen*. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4_50