

Prof. Dr. rer. nat. Tanja Kakebeeke

Kinderspital Zürich

Zur Neurophysiologie der motorischen Entwicklung und Kontrolle

Noch immer verstehen wir nicht bis ins Detail wie ein Neugeborenes es schafft sich innerhalb von einem Jahr aufzurichten und dann auch stehen und gehen zu können. Das humane Nervensystem ist mit sehr vielen Neuronen ausgestattet, was es schwierig macht zu erklären, wieso bei jedem Kind aufs Neue genau die richtigen Neuronen zu feuern beginnen, um so erste Handbewegungen und Schritte machen zu können. Basierend auf der "Neuronal Group Selection Theory" wird das erste Greifen und Laufen bei jedem Menschen ein wenig anders programmiert, was dazu führt, dass nicht zwei Nervensysteme auf der Welt gleich sind. Damit ein Kind sein Nervensystem gut modellieren kann, sind Bewegungen unerlässlich. Es sind jedoch nicht nur die Bewegungen, die das Nervensystem formen, sondern auch der sensorische Input in den ersten Lebensjahren. Dieser ist sehr wichtig für die Entwicklung eines Menschen.

Im Vortrag werden Beispiele aus Studien gezeigt, die den Einfluss von sehr wenig Bewegung und sensorischer Stimulation auf die motorische Entwicklung wie auch das Gegenteil untersuchten. In diesem Zusammenhang wird die erste Trainingsstudie der Welt von Myrtle McGraw (1933) mittels Video vorgestellt. Zusätzlich wird anhand von Beispielen aus der Literatur gezeigt, was in der Entwicklung eines Kindes geschieht, wenn dieses nicht von Menschen aufgezogen wird.



Zur Person

Frau Prof. rer. nat. Tanja Kakebeeke ist Professorin der Neurophysiologie und Senior Researcher am Kinderspital Zürich (Eleonorenstiftung)

Steinwiesstraße 75

8032 Zürich

www.kispiuzh.ch

tanja.kakebeeke@kispi.uzh.ch

Veröffentlichungen (kleine Auswahl):

Theodor Hellbrügge (Hrsg.): Kinder im Schulalter, Klett-Cotta 1. Aufl. 2011

www.researchgate.net/publication/234029816_Neuromotor_development_in_children_Part_3_Motor_performance_in_3-to_5-year-olds/download Zürich 2018

Weitere Informationen finden Sie auf

www.inpp.ch/konferenz2019/referenten.html



INPP Österreich und Schweiz

Funkenbergweg 3

D-88459 Tannheim

Tel 0049 8395934229

Mail: a.vanvelzen@t-online.de

www.inpp.info

www.inpp.ch



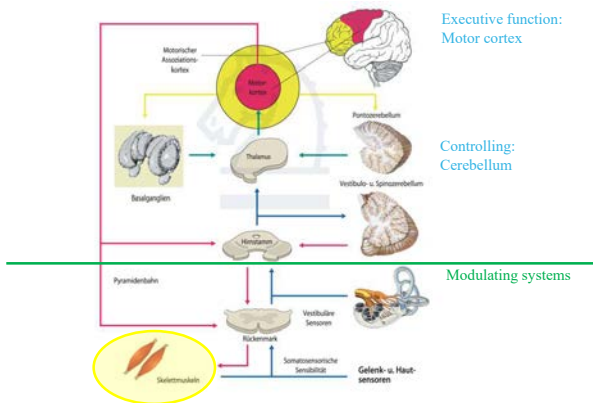
Zur Neurophysiologie der motorischen Entwicklung und Kontrolle

Prof. Dr. rer. nat. Tanja H. Kakebeke

Evolutionstheorie: eine lang dauernde Entwicklung
(*Evolutionary theory: A slowed rate of development*)

1.ist assoziiert mit einem relativ grossen Volumen im Kortex (*is associated with a relatively larger volume of cortex*)
2.ermöglicht eine lang dauernde postnatale Periode in welcher eine Interaktion mit der Umgebung zur Feinabstimmung und Formung der Circuits beitragen kann (*allows a prolonged postnatal period during which interaction with the environment can contribute to the tuning and shaping of circuitry*)
 - Lernen: Änderungen im Verhalten innert kurzer Zeit als Folge von exogenen Faktoren
 - Entwicklung: Änderungen im Verhalten, die mit dem Alter zusammenhängen

3



Anzahl Schaltmöglichkeiten im Zentralnervensystem

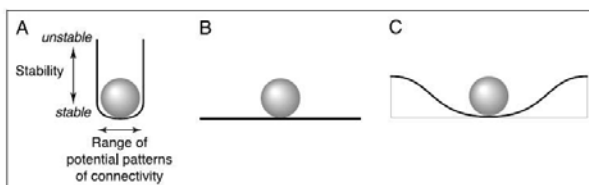
- Anzahl Nervenzellen: 10^{11} (Glia Zellen: 10^{12})
- Jede Zelle hat 10^3 Synapsen
- Es gibt 10^{14} (i.e. $10^{11} \times 10^3$ Synapsen = $10^{11+3=14}$) Schaltmöglichkeiten

Bernstein's degrees-of-freedom problem

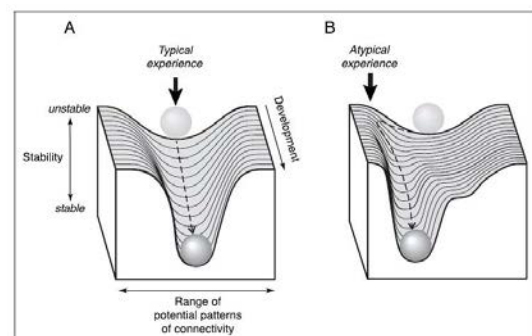
How can an organism with thousands of muscles, billions of nerves, ten of billions of cells and nearly infinite possible combination of body segments and positions ever figure out how to get them all working toward a single smooth and efficient movement without invoking some clever « homunculus » who has the directions already stored?

Reduce to the max

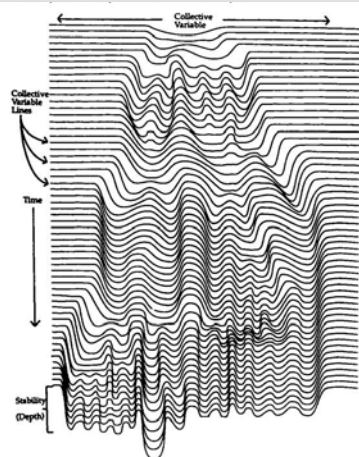
Anbahnung durch die Umgebung



Bevorzugter Weg einer normal auftretenden Erfahrung (Preference for pathway of a typical experience)

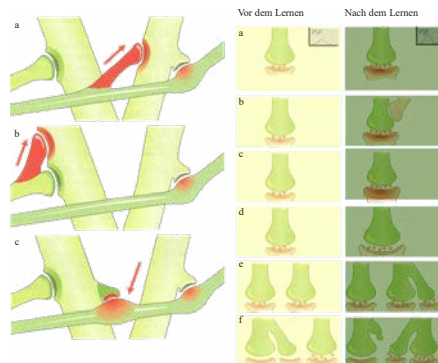


Motorische Entwicklung als Landschaft dargestellt



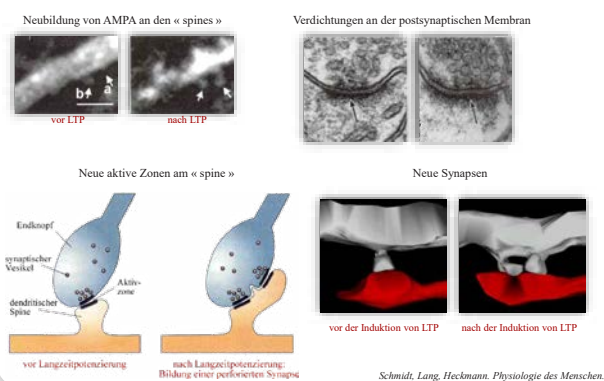
Thelen 1995

Neuroplastizität auf dem Niveau der Synapsen



Schmidt, Lang, Heckmann. Physiologie des Menschen.

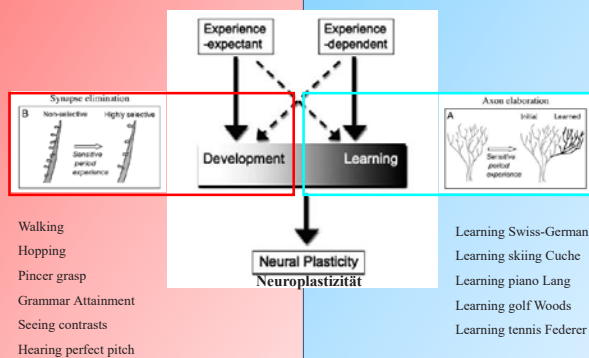
Strukturelle Veränderungen an den Synapsen und Spines nach Langzeitpotenzierung (LTP)



Schmidt, Lang, Heckmann. Physiologie des Menschen.

Nature - Genetik

Nurture - Umgebung



Adapted from Galván 2010 / Knudsen 2004

Neuronal Group Selection Theory

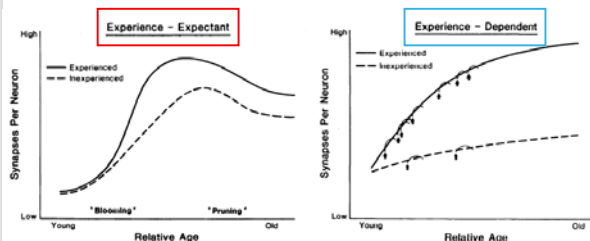
HEBB (1904-1985) Use it or lose it

MRI sagittaler Schnitt



Sporns & Edelman, 2002

Was passiert im Zentralnervensystem während der Entwicklung?



Greenough et al. 1987

Age (years)	Layer 2 (Synaptic profile, 100 μm^2)	Layer 5 (Synaptic profile, 100 μm^2)
-3/12	1.5	1.0
NB	3.5	3.0
6/12	7.5	7.0
1	11.0	7.5
2	12.0	7.8
3	12.5	8.0
5	12.0	7.5
10	7.0	6.5
15	6.5	5.5
20	9.5	5.0
30	9.0	5.0
40	7.5	5.5
50	7.8	5.8
60	7.5	5.5

The diagram shows the progression of a golf swing in three rows. The first row, labeled 'INITIAL', shows four figures in a sequence from a ready position to a full follow-through. The second row, labeled 'ELEMENTARY', shows four figures in a sequence from a ready position to a full follow-through, with more pronounced arm extension than the initial stage. The third row, labeled 'MATURE', shows four figures in a sequence from a ready position to a full follow-through, with the most pronounced arm extension and a more balanced posture.

Much immer von den in der Sowjetunion lebenden deutschen Flüchtlingen nach Osten gewechselt. Man glaubte, daß sie sich dadurch sichere fühlen.

Seite 4/5

Berühmte Fälle von Wolfskindern

- **Genie**, soziale Deprivation bis 13 Jahre, meist gefesselt
- **Kamala**, bis 8 bei Wölfen
- **Victor**, gefunden mit 11, streifte durch den Wald
- **Kaspar Hauser**, Grenzfall, nicht echt verwildertes Kind, wahrscheinlich ausgesetztes Königskind

Nach der Deprivation

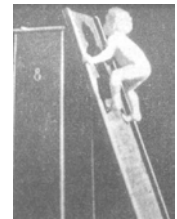
- **Genie**, Motorik verbessert sich, bekommt keine echte Sprache
- **Kamala**, bis 8 bei Wölfen, bevorzugt Bärengang, keine Sprache
- **Victor**, bevorzugt Bärengang, 3 Wörter
- **Kaspar Hauser**, gilt nicht, konnte sogar schreiben



Trainingsstudien (enrichment)

Johnny trainierte jeden Tag von 9 bis 17 h,
ab einem Alter von 20 Wochen bis zu 2 Jahren

Jimmy, lag in der Box mit Spielzeug



Myrtle B Mc Graw

Resultate

- Jimmy und Johnny begannen gleichzeitig mit Kriechen, Laufen und Reden.
- Johnny war aber viel besser in der Koordination, auch noch mit 6 Jahren, IQ war gleich.
- Im Alter von 22 Jahren: motorisch noch unterschiedlich, aber Jimmy war übergewichtig.
- Training hatte einen Einfluss auf Johnny's Koordination.
- Ein Teil der motorischen Entwicklung wird von Reifung bestimmt, aber externe Faktoren (wie Training) spielen eine Rolle.



McGraw 1975 in Neterlenbos 2000

Gegenüberstellung Deprivation/Enrichment

Motorische **Deprivation** führt nicht zu einer verlangsamten motorischen Entwicklung.
Motorisches **Enrichment** führt aber auch nicht zu einer beschleunigten Entwicklung.

Die erste Phase der motorischen Entwicklung hat eine starke genetische Komponente.

Sensorische **Deprivation** führt zu motorischen Verzögerungen.
Motorisches **Enrichment** hatte einen Einfluss auf Johnny's Koordination.

Mit **Enrichment** kann man in der zweiten Phase der motorischen Entwicklung die Koordination steigern. Motorisches Enrichment führt aber nicht zu einer Beschleunigung beim Erreichen der motorischen Meilensteine.

Schlussfolgerung Deprivation/Enrichment

- Motorische Entwicklung fängt sehr früh an (schon im Mutterleib) und wird am Anfang mehr von der Reifung bestimmt als während der Kleinkindperiode.
- In der Kleinkindperiode braucht es Übung, Übung, Übung für den absolut perfekten Bewegungsablauf.
- Die Wiederholung von koordinativ schwierigen Übungen im frühen Kindesalter sind sehr wichtig. Es ist unklar wie wichtig. Es ist keine Evidenz vorhanden bezüglich Anzahl der Wiederholungen und Alter bei Trainingsbeginn.

Take away message vom 18.5.2019

- Motorische Entwicklung und motorisches Lernen haben eine grosse Variabilität
- In der Ruhe liegt die Kraft aber in der Übung liegt die Koordination.
- Unseren (perfekten) Bewegungen liegen millionenfache Wiederholungen zu Grunde.
- Das Spiel ist ganz wichtig für die motorische Entwicklung und das motorische Lernen.

Akademie
Für das Kind
Grafen Buch

UNI
FR

UNIVERSITY
CHILDREN'S HOSPITAL
ZÜRICH
Children's Research Center CRC