

**Medizinische Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin
Aus der Klinik für Neurologie
Direktor Prof. Dr. med M. Endres
Abteilung klinische Neurophysiologie
Abteilungsleiter Prof. Dr. med. M. Straschill (emeritiert)**

***Elektrophysiologischer Nachweis langsam
leitender Pyramidenbahnfasern***

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung der medizinischen
Doktorwürde
Charite – Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin**

**vorgelegt von Volker Kunzmann
aus Pforzheim**

Referent: Prof. Dr. med. M. Straschill

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. rer. nat. D. Albrecht

Gedruckt mit Genehmigung der Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin

Promoviert am 21.11.2008

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	S. 1
1.1	Allgemeine Erwägungen	S. 1
1.2	Die Fragestellung	S. 2
1.3	Ziele dieser Arbeit	S. 3
II	Anatomische und physiologische Grundlagen	S. 6
2.1	Der motorische Kortex	S. 6
2.1.1	Die Pyramidenzellen (PZ)	S. 7
2.1.1.1	Mikrophysiologie der PBN	S. 7
2.1.2	Organisationsprinzipien im motorischen Kortex	S. 8
2.1.3	Efferenzen des motorischen Kortex	S. 9
2.1.4	Afferenzen zum motorischen Kortex	S. 10
2.2	Die Pyramidenbahn (PB)	S. 11
2.2.1	Die Anteile der PB aus dem Frontallappen bei Primaten	S. 11
2.2.2	Die Anteile der PB aus dem Parietallappen bei Primaten	S. 12
2.2.3	Verlauf und Zusammensetzung der Pyramidenbahnen bei Primaten	S. 12
2.2.4	Projektionsorte der PB	S. 13
2.3	Der periphere Nerv	S. 14
2.4	Die Extremitätenmuskulatur	S. 14
2.4.1	Die Muskelspindeln (MS)	S. 15
2.4.2	Die Golgi-Sehnenorgane	S. 16
2.5	Die spinale Mikroanatomie	S. 16
2.5.1	Verschaltungen supraspinaler Efferenzen mit dem intraspinalen Netzwerk	S. 17
2.5.2	Verschaltungen peripherer Afferenzen mit dem intraspinalen Netzwerk	S. 18
2.5.3	Spinale Interneurone	S. 20

III	Methodik	S. 21
3.1	Transkranielle kortikale Magnetstimulation (TCMS)	S. 21
3.1.1	Grundlagen	S. 21
3.1.1.1	Das elektrische Feld im Nervengewebe	S. 22
3.1.2	Welche Strukturen werden durch TCMS erregt?	S. 23
3.1.2.1	Geometrie der Neurone und deren Ausrichtung im elektrischen Feld	S. 23
3.1.2.2	Einfluss der Membraneigenschaften auf Erregbarkeit durch TCMS	S. 24
3.1.3	Spulenposition	S. 24
3.1.4	Die zentral evozierten Potentiale	S. 25
3.1.5	Fazilitierung der evozierten Potentiale	S. 26
3.1.6	Angaben zum Gerät	S. 26
3.2	Elektromyographie	S. 27
3.3	Der H-Reflex	S. 27
3.4	Die Versuchsanordnung	S. 28
3.4.1	Theoretische Erwägungen	S. 28
3.4.2	Durchführung der Versuche	S. 38
3.5	Die Bestimmung der zentralen Nervenleitgeschwindigkeiten	S. 43
3.5.1	Bestimmung der Strecken vom Gyrus praecentralis zu den untersuchten Segmenten	S. 43
3.5.2	Die Bestimmung der zentralen Leitzeit	S. 45
IV	Ergebnisse	S. 48
4.0	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	S. 48
4.1	Bahnung und Hemmung des H-Reflexes bei proximalen und distalen Extremitätenmuskeln	S. 48
4.2	Ergebnisse obere Extremität	S. 52
4.3	Ergebnisse untere Extremität	S. 58

4.4	Die Ergebnisse von oberer und unterer Extremität im Vergleich	S. 61
4.5	Abhängigkeit der Fazilitierung des H-Reflexes von der Stärke des Magnetreizes	S. 66
4.5.1	Abhängigkeit der Bahnungsstärke m von der Magnetreizstärke I_{tc}	S. 69
4.6	Die Abhängigkeit des Bahnungsverhaltens des H-Reflexes von seiner ungebahnten Amplitude	S. 70
V	Diskussion	S. 72
5.1	Der Zeitverlauf der Bahnung ist durch die unterschiedliche Leitgeschwindigkeit des bahnenden kortikospinalen Inputs bedingt	S. 72
VI	Zusammenfassung	S. 81
VII	Referenzen	S. 83
	Erklärung an Eides statt	S. 99
	Lebenslauf	S. 100

Abkürzungsverzeichnis

c	Leitgeschwindigkeit
CCT	zentrale motorische Leitzeit
EPSP	excitatorisches postsynaptisches Potential
EMG	Elektromyographie
For. ret.	Formatia reticularis
fPBN	schnell leitende Pyramidenbahnfasern
GABA	Gamma-Aminobuttersäure
H ₀	ungebahnter H-Reflex
H _m	durch TCMS gebahnter H-Reflex
IPSP	inhibitorisches postsynaptisches Potential
isi	interstimulus Intervall
KMZ	kortikomotoneuronale Zellen
M	Musculus
MEP	motorisch evoziertes Potential
M. brachiorad.	Musculus brachioradialis
M. fl. c. r.	Musculus flexor carpi radialis
M. fl. h. l.	Musculus flexor hallucis longus
M. fl. p. l.	Musculus flexor pollicis longus
Mg[%]	Magnetreizstärke in %
M. gastrocn.	Musculus gastrocnemius
MN	α-Motoneuron
M. quadr.	Musculus quadriceps
MS	Muskelspindel
M. s.	Musculus soleus
Ncl.	Nucleus
NLG	Nervenleitgeschwindigkeit
N. fem.	Nervus femoralis
N. med.	Nervus medianus
N. musculocut.	Nervus musculocutaneus
N. tib.	Nervus tibialis

O.E.	obere Extremität
PB	Pyramidebahn
PBF	Pyramidebahnfasern
PBN	Pyramidenbahnneuron
PMC	Prämotorischer Kortex
PZ	Pyramidenzelle
SMA	Supplementärmotorische Area
sPBN	langsam leitende Pyramidenbahnfasern
ta	periphere afferente Zeit
TCMS	Transkranielle kortikale Magnetstimulation
tH	Latenz zwischen peripherem Reiz und H-Reflex
tHe	Zeit, die ein Reiz vom MN zum Muskel benötigt
tM	Zeit, die ein Reiz vom Stimulationsort zum Muskel benötigt
U.E.	untere Extremität
VL	Nucleus ventralis lateralis des Thalamus
VPL	Nucleus ventralis posterolateralis des Thalamus
ZNS	zentrales Nervensystem
Δt	Intervall zwischen peripherer und zentraler Stimulation