

Aus der Neurologischen Klinik und Poliklinik
der Ludwig-Maximilians-Universität München,
Klinikum Großhadern,
Direktorin: Prof. Dr. Marianne Dieterich

**Untersuchung zum Zusammenhang zwischen der antizipatorischen
Gleichgewichtsregulation und dem Freezing-Phänomen bei M. Parkinson**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin

an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Katharina Leila Klein
aus
Kaiserslautern

2013

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Kai Bötzel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Oliver Pogalli
Priv. doz. Dr. Christoph Lücking
Priv. doz. Dr. Wolfgang Büchele

Mitbetreuung durch die
promovierte Mitarbeiterin: Dr. Annika Plate

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Maximilian Reiser, FARC, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 16.10.2013

Eidesstattliche Versicherung

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Untersuchung zum Zusammenhang zwischen der antizipatorischen
Gleichgewichtsregulation und dem Freezing-Phänomen bei M. Parkinson**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin

Inhaltsverzeichnis	1
1. Der Morbus Parkinson	3
1.1. Historischer Abriss und Einteilung der Parkinson-Syndrome	3
1.2. Pathoanatomie	3
1.3. Klinik	5
1.4. Pathophysiologie des M. Parkinson	6
1.5. Freezing of Gait	9
	10
2. Anatomische und physiologische Grundlagen der Gang- und Gleichgewichtsregulation	10
2.1. Anatomische Grundlagen	10
2.1.1. Der motorische Kortex	11
2.1.2. Die supplementär-motorische Area	12
2.1.3. Der somatosensorische Kortex	13
2.1.4. Die Gangzentren	13
2.2. Physiologie der Motorik	13
2.2.1. Steuerung motorischer Vorgänge	16
2.2.2. Gleichgewichtsregulation	18
3. Schrittimittierung	18
3.1. Physiologische Schrittimittierung	19
3.2. Anticipatory postural adjustments	22
3.3. Posturale Instabilität bei Morbus Parkinson	23
3.4. Schrittimittierung beim Morbus Parkinson	24
4. Fragestellung	25
5. Methodik	25
5.1. Einschlusskriterien	30
5.2. Probanden	33
5.3. Versuchsaufbau	35
5.4. Versuchsdurchführung	36
5.5. Datenauswertung	38
6. Ergebnisse	38
6.1. Ausgewertete Datensätze	40
6.2. APA rechts – links	41
6.3. APA anterior – posterior	43
6.4. APA altersabhängig	45

Aus der Neurologischen Klinik und Poliklinik
der Ludwig-Maximilians-Universität München,
Klinikum Großhadern,
Direktorin: Prof. Dr. Marianne Dieterich

**Untersuchung zum Zusammenhang zwischen der antizipatorischen
Gleichgewichtsregulation und dem Freezing-Phänomen bei M. Parkinson**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin

an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Katharina Leila Klein
aus
Kaiserslautern

2013

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Kai Bötzel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Oliver Pogalli
Priv. doz. Dr. Christoph Lücking
Priv. doz. Dr. Wolfgang Büchele

Mitbetreuung durch die
promovierte Mitarbeiterin: Dr. Annika Plate

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Maximilian Reiser, FARC, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 16.10.2013

Eidesstattliche Versicherung

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Untersuchung zum Zusammenhang zwischen der antizipatorischen
Gleichgewichtsregulation und dem Freezing-Phänomen bei M. Parkinson**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin

7. Diskussion	49
8. Zusammenfassung	50
8. Anhang	74
9. Literaturverzeichnis	81
10. Abkürzungsverzeichnis	83
11. Danksagung	84
12. Lebenslauf	85

1. Der Morbus Parkinson

1.1. Historischer Abriss und Einteilung der Parkinson-Syndrome

Der Morbus Parkinson oder auch die Parkinson-Krankheit ist eine neurologische Erkrankung benannt nach dem englischen Arzt, Apotheker und Paläontologen James Parkinson (1755-1824).

Dieser beschrieb im Jahre 1817 in seinem "Essay on the Shaking Palsy" die grundlegenden klinischen Charakteristika Tremor, Rigor und Akinese, jedoch wurde erst 1884 das erste Mal der Ausdruck Parkinson-Krankheit von dem Psychiater Jean-Martin Charcot benutzt.

Betroffen sind etwa 1-2 Prozent der über 50-jährigen in der europäischen Gesamtpopulation, abhängig von Land und Region. Weltweit erkranken bis zu 2,5 Prozent der Bevölkerung.

Mit zunehmendem Alter ist eine deutlich höhere Erkrankungsrate zu verzeichnen, somit ist der Morbus Parkinson eine der häufigsten altersabhängigen neurodegenerativen Erkrankungen, wobei Männer häufiger betroffen sind als Frauen (Baldereschi M. Et al., 2000; Braak H. Et al., 2000; Bruce S., 1986; Aktories K. Et al. 2005).

Charakterisiert ist der Morbus Parkinson durch einen progredienten Verlust der Neuromelanin beladenen dopaminergen Neurone in der Pars compacta der Substantia nigra (SNc). Allerdings besteht heute Einigkeit darüber, dass der neurodegenerative Prozess keineswegs auf die S. nigra begrenzt ist (Braak H. et al., 2000).

Der Parkinson lässt sich in 4 Gruppen von Parkinson-Syndromen aufteilen:

1. Das familiäre Parkinson-Syndrom, das sehr selten vorkommt, ist eine streng vererbte Form. Es wird benannt nach dem jeweiligen Genort. Mehrere Genorte sind bekannt.
2. Das Idiopathische Parkinson-Syndrom (IPS) ist mit ca. 75% das häufigste Parkinson-Syndrom und zählt zu den primären Parkinson-Syndromen. Es ist eine sporadische neurodegenerative Erkrankung, deren Ätiologie unbekannt ist. Gekennzeichnet ist das IPS durch einen vorwiegenden Verlust dopaminergischer Neurone der Substantia nigra und das Auftreten von Lewy-Körpern.
3. Bei den symptomatischen (sekundären) Parkinson-Syndromen ist die Ätiologie bekannt. Sie können vaskulär bedingt sein, z. B. bei der zerebralen

Mikroangiopathie (Morbus Binswanger), medikamenteninduziert (z. B. bei Neuroleptika mit Dopamin-Antagonismus = Parkinsonoid), posttraumatisch hervorgerufen (z. B. Boxer-Enzephalopathie), toxisch induziert (z. B. durch Kohlenmonoxid, Mangan, MPTP), entzündlich (z. B. nach Enzephalitis Economo, auch bei diffusen erregungsbedingten Gehirnerkrankungen wie der fortgeschrittenen HIV-Enzephalopathie) oder metabolisch (z. B. beim Morbus Wilson) ausgelöst werden.

4. Parkinson-Syndrome im Rahmen anderer neurodegenerativer Erkrankungen (atypische Parkinson-Syndrome) stellen die letzte Gruppe der Parkinson-Syndrome dar. Hierzu gehören die Multisystematrophie, Progressive supranukleäre Blickparese, Kortikobasale Degeneration und die Lewy-Körperchen-Demenz.

1.2. Pathoanatomie

Das wesentliche Kennzeichen der Erkrankung liegt in der Degeneration der Dopaminneurone, die ausgehend von der Substantia nigra compacta bis hin zum Corpus striatum ziehen. Da die Dopaminneurone Neuromelanin enthalten, verliert die S. nigra bei deren Absterben ihre Pigmentierung. Ferner entstehen i. R. des Degenerationsprozesses die charakteristischen Lewy-Körperchen.

Lewy-Körper sind eosinophile, cytoplasmatische Einschlüsse, die bei Absterben der Neurone entstehen und dann im Extrazellulärraum verbleiben können. Weiterhin entstehen Lewy-Körper bei Untergang des Locus coeruleus, des dorsalen Vaguskerne und anderen Kerngebieten (Forth, 2005).

Der Ausfall des Vaguskerne ist unter anderem für vegetative Störungen des Morbus Parkinson verantwortlich.

Erst ab einem Ausfall ab 70 % der Neurone der Substantia nigra kann man von einer Parkinsonerkrankung ausgehen.

1.3. Klinik

Die Kardinalsymptome des Morbus Parkinson sind Akinese, Rigor, Tremor und in späterem Stadium posturale Instabilität. Die Symptome treten in unterschiedlicher Gewichtung auf.

Die Bradykinese ist eine Verlangsamung der Initiation von Willkürbewegungen, sowie die Abnahme der Geschwindigkeit und der Amplitude dieser Bewegungen (Gerlach, 2007). Zu den auftretenden Bewegungseinschränkungen zählen weiterhin die Akinese, das vollständige Sistieren der willkürlichen Bewegungen sowie die Hypokinese, eine Reduktion der Spontanbewegungen und Bewegungsamplituden.

Leichte Störungen äußern sich in vermindertem Mitschwingen der Arme beim Gehen, verminderter mimischer Expression und Störungen der Feinmotorik. Bei schwerer Ausprägung kommen zusätzlich Gangstörungen mit Start- und Stoppschwierigkeiten, Pro- und Retropulsion, kleinschrittigem, vorn über gebeugtem Gangbild und verstärkter Fallneigung hinzu. Diese Störungen reichen bis hin zu kurz andauernder Unbeweglichkeit beim Gehen, dem sog. Freezing.

Die Rigidität der Muskeln entsteht durch länger anhaltende Kokontraktionen antagonistischer Muskeln. Dadurch entsteht ein erhöhter Widerstand bei passiven Bewegungen. Das Ausmaß der rigiden Tonuserhöhung ist nicht abhängig von der Dehnungsgeschwindigkeit. Auffällig wird dieses Symptom vor allem durch die gebeugte Haltung des Nackens, des Ellbogens, der Hüfte und des Knies.

Der Ruhetremor (4-6 / s) wiederum entsteht aufgrund abwechselnder Kontraktionen der antagonistischen Muskeln mit einer Frequenz zwischen 4 und 6 Hz (Schwarz, 2007). Eine höhere Frequenz hat der Ruhetremor, wenn er zusätzlich von einem Haltetremor begleitet wird.

Andere fakultative Symptome des Morbus Parkinson sind Schmerzen, Schlaf- und Sprechstörungen, autonome Funktionsstörungen des Nervensystems (Urogenitaltrakt, intentional) und psychische Störungen wie Demenz oder Depression.

Die Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) dient zur Beurteilung des Schweregrads der Erkrankung, der motorische Teil III zur Beurteilung der Motorik.

1.4. Pathophysiologie des M. Parkinson

Durch Untersuchungen an Primaten konnten Erkenntnisse bezüglich der Symptome, der Pathoanatomie und der Pathophysiologie gewonnen werden.

Bei diesen Primaten wurde durch Zufuhr von 1-Methyl-4-Phenyl-1,2,3,6-Tetrahydropyridin (MPTP) eine Parkinsonerkrankung erzeugt. Dadurch konnte die Aktivität einzelner Areale untersucht werden.

Physiologisch führt der Dopaminmangel zu einer erhöhten Aktivität des Nucleus subthalamicus (NST). Durch die Verminderung der nigro-striatalen dopaminergischen Aktivität wird die durch das Dopamin über D1- bzw. D2- Rezeptoren erzeugte Exzitation bzw. Inhibition vermindert (Bergman, 1994, 2002; Obeso, 2000).

Die Basalganglienschleife umfasst einen direkten und einen indirekten Weg (Wichmann et. al., 2011).

Der indirekte Weg beginnt am Kortex und läuft über das Putamen, den Globus pallidus externus (GPe), den Nucleus subthalamicus (NST), den Globus pallidus internus (Gpi), den ventralen intermediären Kern des Thalamus (Vim) zurück zum Kortex.

Der direkte Weg geht direkt vom Putamen zum Gpi und über den Thalamus zurück zum Kortex.

Durch das Absterben der dopaminergen Neurone bei der Parkinsonerkrankung fehlen nun die Hemmung bei dem direkten Weg und die Erregung auf dem indirekten Weg. Dadurch sind die Kerngebiete entweder über- oder unteraktiv und es ergeben sich folgende pathophysiologische Mechanismen:

Auf indirektem Weg wird die Aktivität im GPe infolge einer erhöhten Inhibition aus dem Putamen reduziert. Genauer gesagt inhibieren im Putamen die verminderten Dopaminrezeptoren Typ 2 die GABA- und Enkephalinausschüttung, die wiederum zu einer erhöhten Inhibition im GPe führt.

Das wiederum führt zu einer Verminderung der Hemmung des NST und dadurch zu einer erhöhten Exzitation des Gpi und der Substantia nigra pars reticulata (Snr). Dies inhibiert den ventrolateralen Thalamus und über diesen den Cortex.

Auf direktem Weg führt die Verminderung des Dopamins zu einer Abnahme der inhibitorischen Aktivität aus dem Putamen zum Gpi. Die Dopaminrezeptoren Typ 1 erhöhen die Ausschüttung von GABA und Tachykinin, was zu einer Inhibition von des Gpi und Snr führt.

Beide Wege führen letztendlich zu einer exzessiven Aktivierung des den Thalamus und den Cortex inhibierenden Gpi.

Zusammengefasst kann man sagen, dass sich beim Morbus Parkinson eine Übererregung des GPi und der SNr über den indirekten Weg und eine Inhibition infolge einer verminderten Aktivität auf dem direkten Weg finden. Die Übererregung des GPi und SNr ist verantwortlich für eine Überinhibition des motorischen Thalamus. Letztlich entsteht dadurch eine verminderte Exzitation des supplementär motorischen Areals und des primär motorischen Kortex.

Die verminderte Exzitation ist verantwortlich für die hypokinetischen Bewegungsstörungen. Sowohl Initiation, als auch Exekution der Bewegungen und die Frequenz repetitiver Bewegungen werden gemindert. Auch die Ausführung von Folgebewegungen ist eingeschränkt.

Die Entstehung des Tremor und die physiopathologischen Mechanismen, die dazu führen, werden noch diskutiert.

Nachgewiesen wurde allerdings, dass bei Morbus Parkinson Neurone im zerebellaren Thalamus eine erhöhte Aktivität entwickeln. Diese rhythmische Aktivität ist entsprechend der Tremorfrequenz. Jedoch ist nicht geklärt, ob sie Ursache oder Auswirkung des Tremors ist.

Grundsätzlich könnten die spezifischen oszillatorischen Eigenschaften der thalamischen Zellen den Mechanismus eines zentralen Tremors liefern. Durch deren Hyperpolarisation wird ein oszillatorischer Modus erzeugt. Da bei der Parkinsonerkrankung GPi und SNr überaktiv sind, könnte die Inhibition des Thalamus dessen Zellen hyperpolarisieren und damit zu einer Aktivierung des Mechanismus führen (Jahnsen, 1984; Obeso 2000; Bergman, 2004).

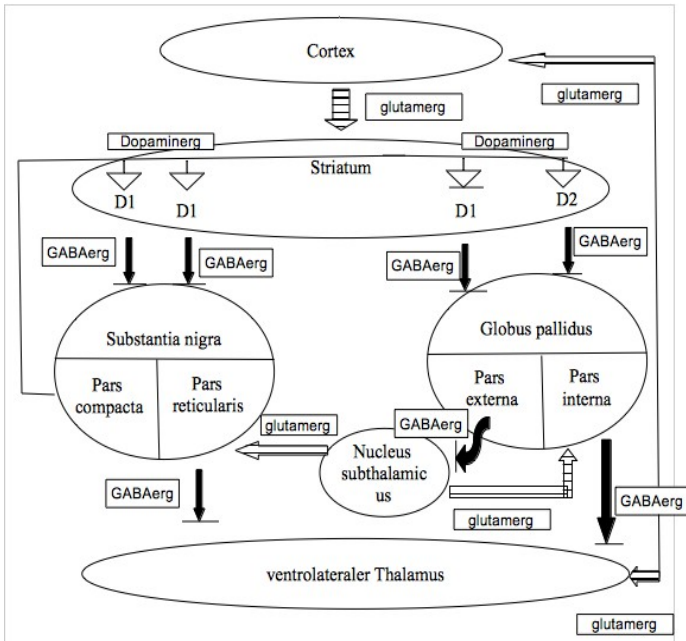
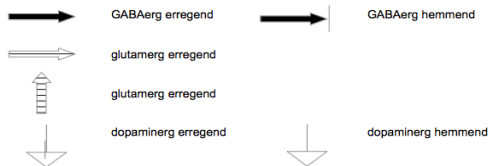


Abb. 1: Basalganglienschleife (glutamerg, GABAerg, Dopaminerg, → erregend, —/ hemmend)



1.5. Freezing of Gait

Freezing of Gait (FOG) ist ein hypokinetisches Symptom der Parkinsonerkrankung und bezeichnet eine Phase von vollständiger Gehunfähigkeit, sodass die Füße am Boden festgefroren erscheinen. Dieses Symptom entwickelt sich meist erst im Spätstadium der Erkrankung. Es handelt sich um eine zeitlich begrenzte Bewegungsstörung, die unmittelbar vor oder während des Gehens, beim sich Umdrehen und in engen Räumen auftreten kann. Eine Freezingepisode dauert zwischen ein bis 30 Sekunden. Formen wie Festination und Trippeln auf einer Stelle stellen neben dem Freezing eigene Entitäten dar.

Vor dem Freezing nimmt sowohl die Schrittlänge als auch die Anzahl der Schritte innerhalb einer Minute ab (Kadenz). Freezing kann sowohl mit als auch ohne Medikation auftreten, im ON- und im OFF-Zustand. Freezing verringert die täglichen Aktivitäten, den Bewegungsumfang und erhöht das Sturzrisiko. Weder pharmakotherapeutisch noch durch tiefe Hirnstimulation kann dieses Symptom befriedigend beeinflusst werden (Schroeter et al. 2009).

2. Anatomische und physiologische Grundlagen der Gang- und Gleichgewichtsregulation

2.1. Anatomische Grundlagen

2.1.1. Der motorische Kortex

Der motorische Kortex gliedert sich in das primär motorische und das sekundär motorische Rindenareal und stellt ein System dar, das die willkürlichen Bewegungen steuert.

Die primär motorische Area (Area 4 nach Brodmann) liegt rostral der Zentralfurche und ist somatotopisch gegliedert, was bedeutet, dass der gesamte Körper auf dem Kortexareal abgebildet wird („Homunculus“) und die Aktivierung der Gegenseite des Areabereichs abhängig ist von dem jeweiligen Ort der Körperbewegungen.

Die sekundär motorischen Areale (Area 6 nach Brodmann) schließen sich nach rostral dem primär motorischen an und gliedern sich in die beiden wichtigsten Areale, die supplementär-motorische (Area 6, mesial) und die prämotorische Area (Area 6, lateral). Die somatotopische Ausprägung ist hier nicht so ausgeprägt wie die des primär motorischen Kortex. Auch die Reizschwelle des sekundär motorischen Kortex ist erhöht. Eine Reizweitergabe vom motorischen Kortex zum Rückenmark erfolgt über die Pyramidenbahn als direkte Verbindung oder über das zwischengeschaltete subkortikale motorische Zentrum, dem Kleinhirn, sowie über die Basalganglien, die im Striatum liegen. Eine indirekte Verbindung erfolgt über absteigende motorische Bahnen (Schmidt, 2005; Creutzfeld, 1983).

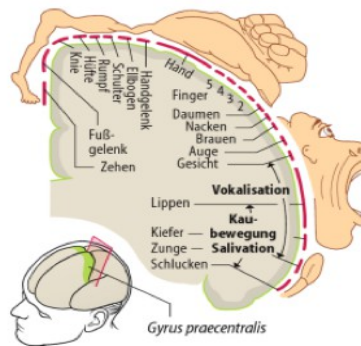


Abb. 2: „Homunculus“ (Schmidt, 2005)

2.1.2. Die supplementär-motorische Area

Das supplementär-motorische Areal (SMA) bildet den medialen Anteil des sekundär motorischen Areals und ist hauptsächlich für die Ausführung komplexer koordinativer Bewegungen, der Durchführung von Bewegungssequenzen und der Bewegungsinitiation zuständig. Die Reizschwelle ist hier nur geringfügig höher als beim primär motorischen Rindenfeld und die Neurone sprechen – sensorisch – besonders auf propriozeptive Reize an. Die neuronale Aktivität steigt allerdings schon bei der Vorstellung der Bewegung an (Kirschbaum, 2008).

Eine Minderaktivierung der SMA führt somit zu einer Störung der Bewegungsinitiation. Die supplementär-motorische Area ist über kortiko-kortikospinale Verbindungen mit dem primär motorischen Kortex reziprok verknüpft (Nowak, 2011).

2.1.3. Der somatosensorische Kortex

Auf der Rinde des Gyrus postcentralis werden die Informationen aus dem sensorischen System in vier Bereiche projiziert, Areae 3a, 3b, 1 und 2 (Deetjen et al., 2005).

Diese Bereiche bilden zusammen den primär somatosensorischen Kortex (SI) und sind für den Erhalt spezifischer Informationen ausgerichtet:

Area 3a erhält 11 propriozeptive Informationen, Area 3b repräsentiert kutane SA- und RA-Rezeptoren und Area 1 kutane RA-Rezeptoren.

Kortikokortikale Verschaltungen wurden nachgewiesen und sind sehr komplexer Natur. So konnten Heath et al. (1975) am Affen nach elektrischer Stimulation von Area 3a eine Projektion in Areae 1 und 3b zeigen. Dies konnte von Jones (1983) mittels autoradiographischer Injektionsmethoden bestätigt werden. Weiter zeigte er eine Projektion aus Area 3b in Areae 1 und 2. Area 1 projiziert in Areae 2 und 3a. Eine Verbindung zu Area 4 im Motorcortex konnte nur von Area 2 nachgewiesen werden. Die leistungsfähige Verschaltung der somatosensorischen Areae scheint im Sinne einer Integration aller Sinnesmodalitäten zwingend nötig zu sein.

Auf die somatotopische Gliederung des somatosensorischen Kortex wurde bereits hingewiesen, wobei bei Anfertigung einer Karte deutlich auffällt, dass sensorisch leistungsfähigere Areale wie Finger überproportional groß abgebildet sind (siehe Abb. 2).

2.1.4. Die Gangzentren

Ferner sind Zentren der Gangregulation zu erwähnen, die mit Hilfe von bildgebenden Verfahren am Menschen und nach elektrischer und chemischer Stimulation bei nicht-menschlichen Primaten sichtbar gemacht wurden. Dabei handelt es sich um ein hierarchisches Netzwerk – bestehend aus dem Kortex, dem Subthalamus im lateralen hypothalamischen Areal (SLR), der mesencephalen locomotorischen Area (MLR) im dorsalen Areal des Mittelhirns – dem Nucleus cuneatus und peduncularis zugehörig, die motorische Region der Pons in der pontomedullären Formatio reticularis (PMRF), dem Kleinhirn nahe dem Nucleus fastigii – das auch eine Rolle bei der Steuerung des Gangs und der Haltung spielt und somit zur posturalen Stabilität beiträgt.

Die Signale der Gangregulation verlaufen – absteigend – über das Corpus striatum, das Pallidum und den Subthalamicus zum Mesenzephalon. Von hier aus werden sie über die pontomedulläre Formatio reticularis weitergeleitet, wo weitere absteigende Signale aus dem Cerebellum eintreffen. Die Signale wandern weiter kaudal in das Rückenmark (Jahn, Zwergal, 2010).

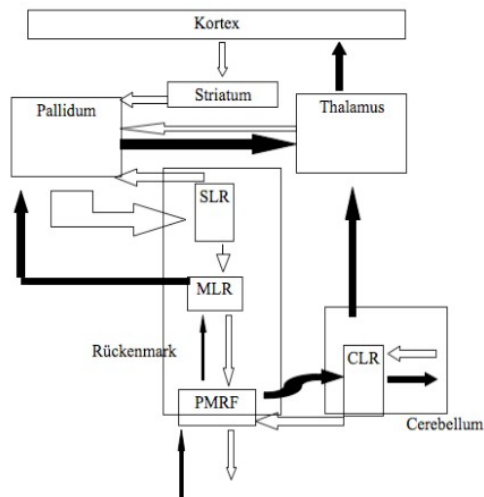


Abb. 3: Aufsteigende und absteigende Bahnen zwischen den Bewegungsregionen

→ aufsteigend **← absteigend**

2.2. Physiologie der Motorik

2.2.1. Steuerung motorischer Vorgänge

Das sensomotorische System setzt sich zusammen aus dem motorischen System, sowie dem sensorischen System, das ständig sensorische Information über die aktuelle motorische Situation bereithält (Klinke, 2005). Die wichtigste sensorische Information ist neben der visuellen, die Propriozeption.

Zu dem sensomotorischen System gehören zwei Funktionskomplexe, die Stützmotorik und die Zielmotorik. Zielmotorik und Stütz-/Haltemotorik nennt man auch Skelettmotorik. Die Stützmotorik, die für eine aufrechte Haltung verantwortlich ist, ist abhängig vom jeweiligen Muskeltonus, dabei spielen die Rumpfmuskulatur und die Muskulatur der unteren Extremitäten eine wesentliche Rolle.

Bei der Zielmotorik werden je nach Bewegungsablauf unterschiedliche Muskelgruppen in unterschiedlicher Reihenfolge aktiviert. Bei Ziel- und Haltemotorik geschieht die Aktivierung der jeweiligen Muskelgruppen willkürlich und unbewusst, in Form von Reflexen. Ohne eine ausreichende Haltemotorik ist keine Zielmotorik möglich (Schmidt, 2007).

Verantwortlich für die Auslösung von Kontraktionen in den einzelnen Muskelgruppen sind die motorischen Einheiten.

Eine motorische Einheit besteht aus einem α -Motoneuron und den Muskelfasern, die von diesem α -Motoneuron innerviert werden. Das α -Motoneuron liegt im Rückenmark, in der grauen Substanz des Vorderhorns, in den motorischen Kernen. Die lateral liegenden α -Motoneurone innervieren eher die distalen Extremitäten, die medialen weitestgehend die Axialmuskulatur, wobei die α -Motoneurone der Beuger eher lateraler liegen als die der Strecker (Van der Berg, 2005).

Unterscheiden muss man zusätzlich zwischen phasischen und tonischen α -Motoneuronen, wobei phasische eher zu einer phasischen Muskelkontraktion der jeweiligen Fasern führen, tonische α -Motoneurone eher zu einer tonischen Kontraktion. Die α -Motoneurone dienen als Umschaltstation im Rückenmark zwischen hereinkommenden sensorischen Afferenzen und wegführenden motorischen Efferenzen. α -Motoneuronen innervieren entweder Muskelfasern vom schnellen Typ (FT-Fasern) oder Muskelfasern vom langsamen Typ (ST-Fasern).

Ein Reiz kann verschiedene spinale Reflexbögen im motorischen System auslösen. Auf der einen Seite monosynaptische Reflexe, die durch die Ia-Fasern monosynaptisch

mit dem α -Motoneuron verbunden sind, und bei denen Rezeptor und Effektor in einem Organ liegen. Auf der anderen Seite die polysynaptischen Reflexe, die über mindestens zwei Synapsen verschaltet werden. Zu diesen gehören der Schutzreflex, Fluchtreflex, sowie Nutritions- und Lokomotionsreflexe. Sie werden auch als Fremdreife bezeichnet, da Rezeptor und Erfolgsorgan räumlich getrennt sind. Der polysynaptische Reflex verläuft in den gleichen Bahnen wie der monosynaptische, wird aber über mehrere Synapsen verschaltet.

Der monosynaptische Reflex, auch Eigen- oder Dehnungsreflex ist vor allem wichtig für die Haltung, da er verantwortlich für die Muskellänge und Muskelspannung ist, und somit eine wesentliche Rolle für die ständige Aufrechterhaltung und Kontrolle der Körperspannung gegenüber der Schwerkraft spielt.

Bei den spinalen Reflexen messen die Muskelspindeln als Rezeptoren die Muskellänge und die Änderung der Muskellänge. Bei der Dehnung der Muskelspindeln werden die Ia-Fasern aktiviert. Die Erregung läuft über diese Afferenzen ins Hinterhorn des Rückenmarks und wird auf die α -Motoneurone umgeschaltet. Die α -Motoneurone veranlassen eine Erregung, die über motorische Nervenfasern, den Efferenzen, bis hin zur motorischen Endplatte läuft und sich dort entlädt, was einen Reflex, eine Einzelzuckung auslöst. Es erfolgt eine Erregung des homonymen Muskels und eine Hemmung des heteronymen Muskels, was auch als erregendes postsynaptisches Potential bzw. inhibierendes postsynaptisches Potential bezeichnet wird.

Zusätzlich werden die Muskelspindeln von vom Rückenmark kommenden γ -Motoneuronen innerviert, die an den Enden der intrafusalen Muskelfasern geringe Kontraktionen bewirken. Dabei kommt es zur Dehnung des mittleren Teils der Muskelfasern, was zur Aktivierung der Ia-Fasern führt. Diese zentral gesteuerte Aktivierung beeinflusst die Empfindlichkeit der Muskelspindeln. Ähnlich wie ein Messfühler bestimmen die γ -Motoneurone somit den optimalen Arbeitsbereich der Muskelspindeln in der Längenregulation durch den Umfang ihrer Kontraktionsauslösung. Dynamische γ -Motoneurone erhöhen die Empfindlichkeit für dynamische Abläufe, statische steigern die statische Messfunktion.

Die Feinabstimmung zwischen α - und γ -Motoneuronen nennt man auch α - γ -Koppelung oder α - γ -Koaktivierung. Der monosynaptische Reflex dauert ca. 20-50ms. Der polysynaptische Reflex ca. 80-100ms.

Zusätzlich zu den Muskelspindeln und der Messung der Muskellänge verfügen wir über sogenannte Golgi-Sehnenorgane, die zur Messung der Muskelspannung dienen. Sie liegen seriell zu den Muskelfasern und werden bei aktiver Kontraktion oder passiver Dehnung komprimiert. Dadurch werden sie erregt und senden diesen Reiz über Ib-

Fasern in das Rückenmark, zu den α -Motoneuronen. Die Verbindung von Ib-Fasern zu den α -Motoneuronen erfolgt über Interneurone und ist hemmend. Diesen Prozess bezeichnet man als autogene Hemmung.

Eine zusätzliche Hemmung, um einen überschießenden Reflex oder motorische Antwort zu vermeiden, ist die Remshaw-Hemmung. Die Hemmung erfolgt über Remshaw-Zellen, die teils descendierende Fasern supraspinalen Ursprungs, teils Kollaterale der α -Motoneurone sind. Sie liegen neben den α -Motoneuronen im Vorderhorn des Rückenmarks. Über eine cholinerge Aktivierung mittels inhibitorischer Neurotransmitter erzeugen sie ein IPSP im α -Motoneuron.

α -Motoneurone wiederum inhibieren über Axonkollaterale cholinerg die Renshaw-Zellen, was man als rekurrente Hemmung oder Rückwärtshemmung bezeichnet.

Insgesamt treffen verschiedene IPSPs und EPSPs im α -Motoneuronen ein, sodass die das IPSP der Renshaw-Zelle insgesamt nur modulierend auf eine mögliche übermäßige Muskelkontraktion des Eigenreflexes wirkt.

Reguliert werden die spinalen Mechanismen des sensomotorischen System von supraspinalen Strukturen. Hier spielt besonders das ventromediale System eine Rolle. Besonders wichtig für die Haltemotorik sind die Vestibulariskerne, die Retikulärformation und das Tektum als Teile des Hirnstamms.

Als Ergebnis erhalten wir supraspinale Reflexe, die u.a. den Blick stabilisieren und auch den Körper im Gleichgewicht halten.

Für diese posturalen Reaktionen werden unter anderem Informationen aus vestibulären Reflexen, Propriozeption und optokinetischen Vorgängen verarbeitet.

Diese posturalen Reaktionen laufen unbewusst ab und beeinflussen die Stellung des Kopfes, der Extremitäten und des Rumpfes. Man bezeichnet diese auch als Halte- oder Stellreflexe.

Stellreflexe kontrollieren den Blick im Bezug auf die Körperhaltung, Haltere reflexe den Muskeltonus bezüglich der jeweiligen Kopfposition.

2.2.2. Gleichgewichtsregulation

Das Gleichgewicht und die Körperhaltung werden im Wesentlichen über die sensorischen Eingänge, wie die Propriozeption, das visuelle System und das vestibuläre System reguliert.

Für die zentrale Verrechnung kann auch eine antizipatorische Komponente hinzukommen.

Je nachdem welche motorische Aufgabe ansteht, variieren die Beteiligungen der einzelnen Systeme (Riemann und Lephart 2002, Peterka und Loughlin 2004).

Propriozeptoren, wie unter anderem Muskelspindeln, Golgi-Sehnenorgane und Gelenkrezeptoren nehmen die Stellung und Bewegung des Körpers wahr.

Die Propriozeption kann als eine wesentliche Komponente angesehen werden, da sie schneller und oft genauer ist als der visuelle oder vestibuläre Input (Riemann und Lephart, 2002).

Bei älteren Menschen ist die Anzahl der Propriozeptoren vermindert und die Reflexe somit verschlechtert (Bertram, 2006). Folglich sind ältere Menschen mehr von visuellen Rückmeldungen anhängig als jüngere (Prioli et al., 2005).

Die verminderten Reflexe betreffen sowohl schnelle monosynaptische (40ms), als auch über länger dauernde polysynaptische Reflexe (80-100ms), gesteuert durch Rückenmark, Hirnstamm und Cerebellum sowie Reflexbögen mit einer Zeitspanne von 100-200ms (Kavounoudias et al., 1999), bei denen höhere Strukturen beteiligt sind, die mehr Zeit brauchen, um die Informationen zu filtern und in eine motorische Antwort umzusetzen (Peterka und Loughlin, 2004).

Die Integration von motorischen und sensorischen Prozessen zur Gleichgewichtsregulation nennt man auch „Feedback“ - Kontrolle (Horak und MacPherson, 1996; Kavounoudias et al., 1999). Man nimmt an, dass sie zwar für einen Großteil der Stabilität verantwortlich ist (Peterka und Loughlin, 2004), aber alleine nicht ausreichen, sodass zusätzlich

„Feedforward“ - Mechanismen beteiligt sind, sozusagen antizipatorische Prozesse (Morasso et al. 1999).

Die Feedback-Kontrolle bzw. der „closed loop - Mechanismus“ sind meist Antworten durch einfache spinale Reflexe, die weniger als 100ms in Anspruch nehmen (Ashton-Miller et. al., 2001).

Die „Feedforward“ - Kontrolle, auch „open-loop“ beschreibt antizipatorische Aktionen, die bereits vor der eigentlichen sensorischen Erfassung des Störreizes auftreten. Die Feedforward - Mechanismen sind schon dann wirksam, wenn noch keine Feedback -

Kontrolle generiert ist (Collins und deLuca, 1993, Collins et al. 1995).

Die folgende Position und Beschleunigung wird vorhergesehen und mit den bereits vorhandenen motorischen Befehlen abgeglichen. Während der Gleichgewichtsregulation treten sowohl open-loop-, als auch closed-loop-Reaktionen gleichzeitig auf.

Die Gleichgewichtsregulation ist somit ein komplexes System aus Interaktionen zwischen peripheren (sensorischen) und zentralen (antizipatorischen) Komponenten.

3. Schrittnitierung

3.1. Physiologische Schrittnitierung

Man unterteilt die Schrittnitierung in zwei Phasen: die Bewegungsvorbereitung und die Bewegungsausführung (Rosin et al., 1997). Beim gesunden Menschen finden wir ein stereotypes Muster der einzelnen Bewegungssequenzen (Mickelborough et al., 2004; Marx, 2006).

Bei der Nitierung eines Schrittes, der Bewegungsvorbereitung wird zuerst durch Anheben der Fußspitzen eine Verlagerung des Gewichtes auf die Fersen erreicht. Dadurch fällt der Körperschwerpunkt – „Center of mass“ (COM) – aufgrund der Schwerkraft nach vorne. Nun wird der Körper mit einem Bein aktiv zur anderen Seite gestoßen, damit dieses Schwungbein dann vom Boden abgehoben werden kann, sodass der Körperschwerpunkt außerhalb des Mittelpunkts liegt und der Körper in einen unbalancierten Zustand übergeht. Um nun nicht zu fallen, sondern einen sicheren Schritt und ein balanciertes Aufkommen zu ermöglichen, muss der Körper aktiv dadurch gebremst werden, dass der Fuß des Schwungbeins auf dem Boden aufkommt (Chastan et al., 2008).

Unter den Füßen entstehen sogenannte Bodenreaktionskräfte, aus deren Gesamtheit der Druckmittelpunkt entsteht, auch „Center of pressure“ (COP) (Witte et. al., 1997) genannt. Der Druckmittelpunkt wandert vor dem Abheben der Ferse erst nach hinten und zum Schwungbein, dann wird er nach vorne, nach anterior, und zum Standbein verlagert (Elble et al., 1994; Mickelborough et. al., 2004, Marx, 2006).

Gleichzeitig bewegt sich der Körper nach vorne und in Richtung des Standbeins und der Fuß des Schwungbeins kann dann abgehoben werden (Mann et al., 1979; Rosin et al., 1997).

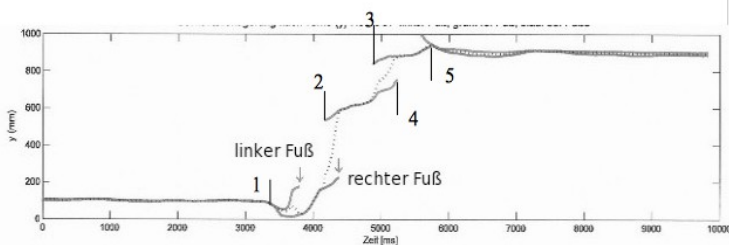
Bei jüngeren Menschen wurde herausgefunden, dass der erste Schritt mit einer größeren Auslenkung des Druckmittelpunkts nach dorsal beginnt, im Gegensatz zu älteren Menschen und Parkinson-Patienten (Halliday et. al., 1998).

3.2. Anticipatory Postural Adjustements

Das englische Akronym APA (anticipatory postural adjustments) beschreibt die antizipatorische Gleichgewichtsregulation, die in der Regel vor einem Schritt erfolgt und aus einer Gewichtsverlagerung auf das Standbein und einer Gewichtsverlagerung auf die Ferse, zur Einleitung des Vorwärtsfallens besteht (s.o.). Gemessen wird im Experiment die Verschiebung des Druckschwerpunkts, des Center of pressure (COP in mm). Der COP beschreibt den Mittelpunkt aller vertikalen Kraftvektoren, die bei Kontakt des Fußes oder beider Füße mit dem Boden entstehen und variiert mit der Veränderung des Bodenkontakts. APAs finden vor dem eigentlichen Schritt statt und erfolgen sowohl nach medio-lateral als auch nach anterior-posterior, d.h. der Druckschwerpunkt (COP) verändert sich, solange APAs stattfinden.

Der COP verschiebt sich vor der Initiierung folgendermaßen:

Noch vor dem eigentlichen Schritt – 0.5 Sekunden davor – verlagert sich der COP in medio-lateraler Richtung auf das Schwungbein (Abstoßen) und danach auf das Standbein. Zur gleichen Zeit findet auch eine Verlagerung des COP nach posterior statt. Diese Rückverlagerung geschieht durch aktive Innervation der Fuß- und Zehenmuskulatur, wodurch der Druckschwerpunkt in Richtung Ferse wandert. Durch die Rückverlagerung entwickelt der Körper automatisch eine Gegenkraft nach anterior und fällt nach vorn (Latash M.L., 2008).



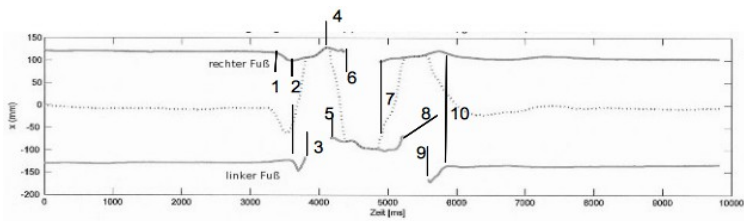


Abb. 5: APA medio-lateral in mm/ms

In Abbildung 4 ist die Veränderung der APAs nach anterior-posterior dargestellt. Sie beschreibt das Maß der Auslenkung in mm in Abhängigkeit von der Zeit vor, während und nach einem Schritt. Die y-Achse (y) beschreibt hierbei den Weg in mm, den der COP während des Schritts zurücklegt, die x-Achse gibt die Zeit in ms an. Die durchgezogenen Linien geben den COP des rechten und linken Fußes in anterior-posteriorer Dimension an, die gestrichelte Linie zeigt den daraus gemittelten Wert (COP des gesamten Körpers) an.

Der Proband steht bei ca. 10 cm des gesamten Messbereichs mit beiden Füßen auf dem Boden. Vor der ersten Markierung haben wir daher einen nahezu identischen COP beider Füße.

Bei der ersten Markierung (1) sehen wir den Beginn der ersten Phase der Schrittes, die Bewegungsvorbereitung. Sowohl der linke als auch der rechte Fuß zeigen negative Auslenkungen, d.h. während der Bewegungsvorbereitung wird Schwung geholt, indem eine aktive Verlagerung des COP in Richtung Ferse erfolgt. Dies ist die APA in anterior-posteriorer Richtung.

Dabei kann man feststellen, dass das Schwungbein (linker Fuß) weniger starke negative Auslenkungen zeigt wie das Standbein (rechter Fuß), da zur selben Zeit eine Verlagerung nach rechts stattfindet (siehe Abb. 5).

Nach der negativen Auslenkung zeigen beide Füße eine positive Auslenkung in Schrittrichtung.

Der erste Pfeil, der auf den linken Fuß zeigt, markiert den Zeitpunkt, an dem der linke Fuß, den Boden verlässt, um einen Schritt zu machen. Die Kurve des linken Fußes wird unterbrochen, da kein Bodenkontakt des linken Fußes während des Schrittes vorhanden ist (Schwungbein). Der rechte Fuß hat während der ganzen Zeit, in der der linke Fuß in der Luft ist, wieder Kontakt zum Boden (Standbein).

Setzt der linke Fuß wieder am Boden auf (2), hebt kurze Zeit danach der rechte Fuß vom

Boden ab (Pfeil rechter Fuß). Für eine kurze Zeitspanne befinden sich beide Füße wieder am Boden, sodass sich ein gemittelter COP ergibt (gestrichelte Linie).

Bei 3 setzt der rechte Fuß auf dem Boden auf und erneut haben beide Füße gleichzeitig Kontakt mit dem Boden, sodass wieder ein gemittelter COP entsteht (gestrichelte Linie).

Der linke Fuß setzt erneut zum Schritt an (4), jedoch ist der Schritt lediglich ein Nachsetzen des linken Fußes auf die Höhe des rechten Fußes, denn bei ca. 5,7s kommen beide Füße zum Stehen, haben also beide Kontakt mit dem Boden (5). Der Proband ist nun insgesamt einen Weg von ca. 90 cm (von 100 mm bis 900 mm) in ca. 2 s (von 3800 ms bis 5800 ms) gegangen.

Die Abbildung 5 zeigt uns die Veränderungen des COP von medial nach lateral. Hierbei gibt uns die x-Achse erneut die Zeit in ms an, die y-Achse (x) beschreibt in mm die Position des COP in der medio-lateralen Achse. Auch in diesen Richtungen finden Schwankungen vor, während und nach dem Schritt statt.

Bis ca. 3,5 s stehen beide Füße auf dem Boden im Abstand von 20 cm und wir erhalten erneut einen gemittelten COP (gestrichelte Linie).

Vor dem ersten Schritt wandert der COP nach links, da sich der linke Fuß aktiv abstößt, um das Körpergewicht auf den rechten Fuß zu verlagern (1). Dies ist die APA in medio-lateraler Richtung. Danach geht der gemittelte COP (gestrichelte Linie) nach rechts, da nun das rechte Bein die Körperlast trägt (4). Die Schwankungen beider Füße (2) beginnen ca. zeitgleich (nach 3,5 s) mit den Schwankungen von anterior nach posterior. Der linke Fuß hebt dann bei 3. ab (Schwungbein), während der rechte (Standbein) weiter nach lateral auslenkt (4) und dann nach medial zurückkommt.

Während der rechte Fuß eine Auslenkung nach medial erfährt, setzt der linke Fuß wieder am Boden auf (5) und es entsteht kurzzeitig wieder ein gleichzeitiger Kontakt beider Füße mit dem Boden, sodass auch hier wieder ein gemittelter COP (gestrichelte Linie) erkennbar ist.

Sobald der rechte Fuß sich vom Boden abhebt (6), schwankt der linke Fuß nach lateral und lenkt zum Zeitpunkt des erneuten Auftreffens des rechten Fußes mit dem Boden zurück nach medial (7). Der linke Fuß hebt dann erneut ab (8) und um mit dem rechten Fuß gleichzuziehen (9). Der Proband steht dann wieder auf beiden Füßen, der Schritt ist beendet.

3.3. Posturale Instabilität bei Morbus Parkinson

Die posturale Instabilität ist ein sehr beeinträchtigendes Symptom der Parkinsonerkrankung, da resultierende Stürze zu Verletzungen führen können. Sie entwickelt sich bei den meisten Patienten erst spät im Verlauf der Erkrankung. Die posturalen Reflexe nehmen zunehmend ab.

Die posturale Stabilität nimmt allgemein im Alter ab, kombiniert mit anderen Faktoren wie kognitive Verluste, Sehbehinderungen, orthostatische Dysregulationen, etc., kommt es verstärkt zu Stürzen.

Nach einem Sturz entstehen oft Ängste, die dann in einen Teufelskreis führen aus Inaktivität, Rückzug, Kraft- und Mobilitätsverlust, was wiederum zu einem größeren Risiko an Stürzen führt.

Posturale Reaktionen können zum einen korrektiv, zum anderen protektiv sein. Korrektive Reaktionen erfolgen bei konstanter Unterstützungsfläche, d.h. der Fuß verlässt den Boden nicht. Diese scheinen bei M. Parkinson nicht beeinträchtigt zu sein (Valkovic, 2006). Die Gleichgewichtskontrolle erfolgt über Rumpf-, Bein- und Nackenmuskulatur. Protektive Reaktionen hingegen treten bei Veränderungen in der Unterstützungsfläche auf (Nelles, 2004). Durch repetitives Training können beide Reaktionen geschult und verbessert werden (Jöbges et. al., 2004). Obwohl die posturalen Reaktionen weitgehend automatisch (unbewusst) ablaufen, verbessert sich die posturale Instabilität, wenn der Betroffene nicht abgelenkt ist, sich somit völlig auf die Bewegung oder Haltung konzentrieren kann.

3.4. Schrittnitrierung bei Morbus Parkinson

Die APAs sind mit dem Fußabstand korreliert. Bei einem großen Fußabstand benötigt man eine größere Auslenkung, um einen Schritt zu machen. Parkinson-Patienten stehen erfahrungsgemäß näher mit den Füßen zusammen, was als Kompensationsstrategie für verminderte APAs dieser Gruppe interpretiert wird und das Losgehen scheinbar einfacher macht (Rocchi, 2006).

Die Verbesserung der Schrittnitrierung kann durch ein visuelles Signal im Vergleich zum Losgehen aus eigener Initiative erfolgen – auch bei Patienten mit Freezing of Gait – da dann die Aktivität der Extensoren des Musculus tibialis anterior größer ist (Hass, 2006). Ferner vergrößert sich die Schrittlänge der ersten beiden Schritte durch die Kraft, mit der man sich abstößt (Yiang, 2006).

Bei Patienten mit M. Parkinson ist nicht nur das Losgehen verlangsamt sondern es konnte gezeigt werden, dass die Schrittvorbereitung vermindert ist (Rosin et. al., 1997; Gantchev et. al., 1996). Diese Symptome sind partiell reversibel durch Levodopa (Burleigh et. al., 1997).

Des weiteren ist die Schrittlänge reduziert, die Ganggeschwindigkeit kleiner, die Schrittdauer länger, die beidbeinige Standphase länger, was die Starthemmung verstärkt. Auch das Zeitintervall zwischen Bewegungsvorbereitung und -ausführung ist beim Morbus Parkinson verlängert (Rosin, 1997).

Auch durch tiefe Hirnstimulation des Nucleus subthalamicus lassen sich die Amplitude der APAs, der Schubkraft beider Füße und des COP in medio-lateraler und anterior-posteriorer Richtung verbessern (Crenna, 2006).

4. Fragestellung und Zielsetzung

Die APAs beim Morbus Parkinson bezüglich der lateralen Verlagerung und der propulsiven Bewegung sind vermindert, was zu einer Starthemmung führt (Mancini et al., 2009).

Die Frage meiner Doktorarbeit bestand darin, herauszufinden, inwieweit die verminderten APAs vor dem Losgehen mit dem Phänomen des Freezing korrelieren, was unter anderem die Fragestellung beinhaltet, ob die Veränderung der APAs mit der Zunahme der Krankheitsstadien korreliert.

Sollte dies der Fall sein, wäre möglicherweise das Freezing ursächlich mit den verminderten APAs verbunden. Dies wäre eine mögliche Erklärung der Pathophysiologie des Freezing, welches bislang pathophysiologisch nicht aufgeklärt werden konnte.

Es sollte gezeigt werden, ob die verminderten APAs ein allgemeines Problem der Erkrankung darstellen, d.h. die APAs der Freezing Betroffenen gleich den nicht vom Freezing betroffenen Patienten sind, oder ob bei den Freezing betroffenen Patienten eine eindeutige Verminderung besteht, also ein eindeutiger Unterschied zu den anderen beiden Gruppen.

Außerdem bestand die Frage darin, in welche Richtung die APAs vermindert sind, medio-lateral und/oder anterior-posterior.

Es stellte sich zusätzlich die Frage nach dem Einfluss der ergebnisse auf die physikalisch-therapeutische Behandlung, da man eventuell einen genaueren Ansatz zur Verbesserung spezifischer Faktoren während und vor allem vor dem Ausführen eines Schrittes haben könnte.

Wie wir wissen, hat der erste Schritt eine größere Auslenkung des Druckmittelpunkts nach dorsal bei jüngerer Menschen im Vergleich zu älteren Menschen. Dadurch ergab sich die Frage, ob generell eine Abnahme der APAs im Alter erfolgt und ich konnte die Daten meiner gesunden Gruppe auf eine Kontinuität der APA-Abnahme im Alter von 40 bis 75 Jahren hin untersuchen.

5. Methodik

Diese Studie ist eine experimentelle, nicht randomisierte Studie. Sie wurde prospektiv im Zeitraum von Januar 2010 bis August 2010 in der Poliklinik für Neurologie im Klinikum Großhadern in München durchgeführt.

Der Laufband-Ergometer von „h/p/cosmos“, Modell Quasar Med 4.0 sowie die Software des FDM-T Systems und FDM-S Systems der Firma „Zebris“ (Zebris Medizintechnik, Deutschland) wurde von der Abteilung für Physikalische Medizin bereitgestellt des Klinikums Großhadern in München bereitgestellt.

Das Studienziel und die Methoden wurden vor Beginn der Studie im Studienprotokoll festgelegt. Das Studienprotokoll war Bestandteil des Ethikantrags. Eine Genehmigung der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München zur Durchführung von Versuchen am Patienten lag vor.

Eine von jedem Probanden und Patienten unterschriebene Einverständniserklärung sowie die Aufklärung bezüglich des Ablaufs und der Datenverwendung liegt vor.

5.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Die Qualifikation zur Teilnahme der Probanden an der Messreihe, wurde vor Beginn der Messungen durch verschiedene Tests ermittelt. Dazu gehören eine ausführliche Anamnese und neurologische Untersuchung, Fragebögen betreffend der Händigkeit und Füßigkeit sowie ein International Activity-Fragebogen (IPAQ) und ein Fragebogen zur Früherkennung der Parkinsonerkrankung. Ferner wurde ein Aufmerksamkeits-tests (TAP-Test) am Computer gemacht.

Die neurologische Untersuchung beinhaltete die Überprüfung der Hirnnerven sowie die Überprüfung einer latenten Parese, der Reflexe an Armen und Beinen. Ferner wurde zum Ausschluss einer peripheren Polyneuropathie die Sensibilität am Maleolus medialis beider Hände und Füße getestet.

Koordinationsschwierigkeiten wurden mit Hilfe des Seiltänzergangs, des Rhomberg- und Unterbergerversuchs sowie des Finger-Nase-Versuchs ausgeschlossen. Des weiteren wurde die Stabilität und die Retropulsion getestet (siehe Anhang).

Die Anamnese wurde mittels eines Bogens mit Fragen zum muskuloskelettalen, zum neurologischen und kardiovaskulären System, der Lunge, dem endokrinologischen System, Operationen in den letzten 12 Monaten sowie allgemeine Fragen zu

Medikamenten, Alkohol- und Nikotinkonsum und Stürzen erfasst (siehe Anhang).

Zur Erfassung der Händigkeit wurde ein psychometrisches Verfahren angewandt, das Edinburgh Händigkeit-Inventar (Oldfield, 1971). Über zehn verschiedene Tätigkeiten wie Schreiben, Schneiden einen Löffel halten wird erfragt, welche Hand bevorzugt wird. Die Beurteilung der jeweiligen Präferenz erfolgt dabei zweistufig. Der Proband entscheidet hier zwischen „bevorzugt“ (+) bis „ausschließlich“ (++).

Für die Auswertung wurde ein Lateralitätsquotient in Prozent gebildet. Somit wurde die Präferenz zwischen linker und rechter Hand bzw. linkem und rechten Fuß eines jeden Probanden erörtert.

Folgende Formel wurde verwendet: $LQ = \{ \sum X(i,R) - \sum X(i,L) / \sum X(i,R) + \sum X(i,L) \} \times 100$.

Die Anzahl der erreichten + Zeichen der rechten Hand wurden addiert, anschließend die erreichte Summe der linken Seite von der der rechten subtrahiert. Das Ergebnis daraus wurde durch die Summe beider dividiert. Anschließend wurde der Quotient mit 100 multipliziert. X(i, R) bzw. X(i, L) entspricht der Anzahl der + Zeichen für die i-te Tätigkeit der rechten (R) bzw. linken (L) Seite.

Der so berechnete Wert liegt folglich zwischen +100 für die rechte Seite und -100 für die linke Seite. Im gleichen Verfahren wurde die Füßigkeit erhoben (siehe Anhang).

Um die körperliche Aktivität der einzelnen Probanden im alltäglichen Leben zu erfassen, mussten sie die Langversion des „International Physical Activity Questionnaire“ (IPAQ) ausfüllen. Nach vorausgehender Übersetzung dieser in die deutsche Sprache, durch zwei zweisprachige Native-Speakers, die diese an die der IPAQ Core Group übermittelten und seitdem zum Herunterladen auf www.ipaq.ki.se zur Verfügung steht, mussten die Probanden, den offiziellen Richtlinien für die Auswertung des IPAQ entsprechend, den Bogen lückenlos ausfüllen (Craig et al., 2003).

Die ausgewerteten Daten beschreiben die metabolische Intensität einer Aktivität, folglich erhält man die jeweilige Energie, die eine Aktivität fordert. Definiert ist diese Energie in METs (metabolisches Äquivalent).

Um die Intensität zu kategorisieren errechnet man MET-Minuten/Woche und multipliziert sie mit der jeweiligen metabolischen Rate. Met-Minuten/Tag oder Met-Minuten/Woche lassen sich somit zusätzlich errechnen.

Anhand der jeweiligen Aktivität kann man die Probanden in drei Klassen einteilen. „High“, „moderate“ und „low“.

Der Fragebogen gliedert sich in vier Teile. Jede Frage, in jedem der Teile erhält eine andere Gewichtung bezüglich des ihr erfragten Energieaufwands.

Teil 1: Körperliche Aktivität am Arbeitsplatz

- | | |
|---|--|
| 1. MET-Minuten/Woche beim Gehen | = $3,3 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 2. MET-Minuten/Woche bei moderater Arbeit | = $4,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 3. MET-Minuten/Woche bei anstrengender Arbeit | = $6,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |

Summe Teil 1 = $\sum 1. + \sum 2. + \sum 3.$

Teil 2: Körperliche Aktivität zur Beförderung

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. MET-Minuten/Woche beim Gehen | = $3,3 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 2. MET-Minuten/Woche mit dem Fahrrad | = $6,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |

Summe Teil 2 = $\sum 1. + \sum 2.$

Teil 3: Hausarbeit, Hausinstandhaltung und Sorgen für die Familie

- | | |
|---|--|
| 1. MET-Minuten/Woche bei anstrengender Gartenarbeit | = $5,5 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 2. MET-Minuten/Woche bei moderater Gartenarbeit | = $4,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 3. MET-Minuten/Woche bei moderater Hausarbeit | = $3,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |

Summe Teil 3 = $\sum 1. + \sum 2. + \sum 3.$

Teil 4: Körperliche Aktivitäten in Erholung, Sport und Freizeit

- | | |
|--|--|
| 1. MET-Minuten/Woche beim Gehen | = $3,3 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 2. MET-Minuten/Woche bei moderater Aktivität | = $4,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |
| 3. MET-Minuten/Woche bei anstrengender Aktivität | = $8,0 \times \sum (\text{Minuten}) \times \sum (\text{Tage})$ |

Summe Teil 4 = $\sum 1. + \sum 2. + \sum 3.$

Somit lassen sich die Probanden in folgende Kategorien einteilen:

- ≡ low:
- keine Aktivität
 - Aktivität vorhanden, jedoch nicht moderat und auch nicht high

- ≡ moderate: - anstrengende Aktivität: ≥ 3 Tage und ≥ 20 Minuten/Tag
 - moderate Aktivität: ≥ 5 Tage und / oder Gehen ≥ 30 Minuten/Tag
 - Kombination aus Gehen, moderater oder anstrengender Aktivität: ≥ 600 MET-Minuten/Woche
- ≡ high: - anstrengende Aktivität: ≥ 3 Tage und ≥ 1500 MET-Minuten/Woche
 - Kombination aus Gehen, moderater oder anstrengender Aktivität: ≥ 3000 MET-Minuten/Woche

Der Parkinsonfrüherkennungsbogen, entwickelt von der deutschen Parkinson Vereinigung (dPV), wurde von allen gesunden Probanden ausgefüllt, um eine mögliche Parkinsonerkrankung auszuschließen. Laut der dPV gilt eine Person als nicht Parkinson erkrankt, wenn nur bis zu drei Fragen mit „Ja“ beantwortet wurden (Stand Juli 2010, Dr. Ferenc Fornadi, Gertrudis-Klinik Biskirchen, www.dpv.de).

Am Computer wurde über die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP, Version 2.2) durchgeführt. Hier wird die Aufmerksamkeit über einfache Reaktionsparadigmen getestet (Zimmermann und Fimm, 2007).

Mit dem „Alertness-Test“ wurde der allgemeine Wachzustand des Probanden und somit die Reaktion auf einen visuellen Reiz ermittelt. Die Reaktionszeiten wurden durch das Programm berechnet. Dabei wurden die mittlere Reaktionszeit, die die allgemeine Verarbeitungsgeschwindigkeit misst, die Variabilität der Reaktionszeit, als Maß für die Stabilität der jeweiligen Leistung sowie der Verlauf der Reaktionszeiten gemessen. Für alle Durchgänge und entsprechenden Reaktionszeiten wurde eine Normwert (T-Wert) durch das Programm errechnet, der bei $T > 40$ liegen sollte.

Für alle Parkinson erkrankten Probanden wurde statt des Früherkennungsbogens ein Freezing of Gait Fragebogen sowie der „Unified Parkinson`s Disease Rating Scale“ (UPDRS) zur Einstufung des jeweiligen Schweregrads des klinischen Befundes. Neben motorischen Leitsymptomen werden Beschwerden wie Demenz, Psychosen, Depressionen, vegetative Störungen und Komplikationen im Alltagsleben erfragt. Wir verwendeten die Version 3.0, 1991 mit insgesamt 42 Items, die wiederum in 4 Kategorien (I-IV) eingeteilt sind (siehe Anhang).

- ≡ UPDRS I Mentale Funktionen, Ver- Halten, Stimmung
- ≡ UPDRS II Aktivitäten im Alltag
- ≡ UPDRS III Motorik

Ausgewertet wurden die Kategorien I, II und III. Ferner wurde das Hoehn und Yahr Stadium ermittelt (UPDRS, Kategorie V).

Ausschlusskriterien für die Gruppe der gesunden Probanden waren ein T-Wert < 40 bei der Testbatterie, eingeschränkte Gehfähigkeit, positive Retropulsion, ein Durchfallen beim Unterberger- und / oder Rhombergversuch sowie Anzeichen von Parkinson – evaluiert im Parkinson-Früherkennungsbogen – und der Verdacht auf eine latente Parese bei Werten kleiner 5 / 8, gemessen mit der Stimmgabel.

Für die Gruppe der Parkinsonerkrankten Patienten ohne Freezing galten oben genannte Ausschlusskriterien mit Ausnahme des Früherkennungsbogens. An dieser Stelle wurde eine Freezing über den Fragebogen „Freezing of Gait“ ausgeschlossen.

Auch die Freezing-Gruppe wurde nach oben genannten Kriterien, mit Ausnahme des Freezing of Gait Fragebogens, zusammengestellt. Hier war jedoch ein Höhn- und Yahr Stadium von mindestens 2,5 Punkten Voraussetzung.

Die Ergebnisse der Aufmerksamkeitsprüfung (Tap-Test) wurden lediglich anamnestisch erhoben und nicht weiter in die Auswertung integriert.

5.2. Probanden

An der Studie waren insgesamt 82 Probanden beteiligt. Die Anzahl der gesunden Probanden der Kontrollgruppe betrug 57, die der Parkinson erkrankten Probanden ohne Freezing 10, mit Freezing 15.

Die Altersgrenzen lagen bei 40 und 75 Jahren bei beiden Gruppen.

Aus allen Kontrollpersonen wurden drei Gruppen gebildet, abhängig vom Alter des Probanden. Die erste Gruppe enthielt Probanden im Alter zwischen 40 bis 49 Jahren mit insgesamt 19 Teilnehmern (10 weiblich, 9 männlich), die mittlere Gruppe bestand aus 18 Probanden zwischen 50 und 59 Jahren (10 weiblich, 8 männlich) und in der ältesten Gruppe befanden sich 18 Probanden zwischen 60 und 75 Jahren (11 weiblich, 7männlich).

Die Parkinsongruppe ohne Freezing setzte sich aus 3 weiblichen und 5 männlichen Probanden zusammen.

Die Gruppe der Parkinson-Patienten mit Freezing enthielt 4 weibliche und 9 männliche Teilnehmer.

Folgende Mittelwerte und Standardabweichungen haben sich für die einzelnen Gruppen der gesunden Probanden ergeben:

Gruppe 1: Gesunde Kontrollgruppe, Alter 40-49, 10 weiblich / 9 männlich

	weiblich	männlich
Alter	43,89 +/- 3,59	43,7 +/- 2,41
BMI	25,31 +/- 4,95	25,68 +/- 3,76
IPAQ high moderate	66,67% 33,33%	40% 60%
Händigkeit	84,56 +/- 12,2	90,3 +/- 17,82
Füßigkeit	76,11 +/- 38,87	54,3 +/- 53,02

Gruppe 2: Gesunde Kontrollgruppe, Alter 50-59, 10 weiblich / 8 männlich

	weiblich	männlich
Alter	55,5 +/- 3,24	55,38 +/- 2,56
BMI	23,63 +/- 4,39	23,74 +/- 1,16
IPAQ high moderate low	40% 50% 10%	50% 37,5% 12,5%

Händigkeit	87,89 +/- 37,2	97,88 +/- 6,01
Füßigkeit	58,33 +/- 52,26	45 +/- 16,97

Gruppe 3: Gesunde Kontrollgruppe, Alter 60-75, 11 weiblich / 7 männlich

	weiblich	männlich
Alter	65,3 +/- 4,57	67,56 +/- 4,5
BMI	25,52 +/- 3,2	25,68 +/- 3,62
IPAQ high moderate low	60% 20% 20%	66,67% 33,33%
Händigkeit	96,1 +/- 9,36	100 +/- 0
Füßigkeit	65,3 +/- 39,23	44,44 +/- 43,3

Charakteristika für Parkinson-Patienten ohne Freezing, 3 weibliche, 5 männliche Patienten:

	weiblich	männlich
Alter	67,33 +/- 11,24	70 +/- 7,8
BMI	28,86 +/- 8,89	27,68 +/- 6,7
IPAQ high moderate	66,67% 33,33%	60% 40%
Händigkeit	93,33 +/- 5,77	95,2 +/- 6,72
Füßigkeit	55,33	56,6

	+/- 38,68	+/- 43,51
UPDRS I	1,33	2,75
II	10,33	12
III	33,67	28,25
Summe	45,33	34,4
Höhn und Jahr	2,5	2,5

Charakteristika für Parkinson-Patienten mit Freezing, 4 weibliche, 9 männliche Patienten:

	weiblich	männlich
Alter	67,5 +/- 9,26	64,22 +/- 9
BMI	24,83 +/- 2,33	24,75 +/- 2,13
IPAQ high moderate	50% 50%	55,56% 44,44%
Händigkeit	63 +/- 67,5	82,56 +/- 24,77
Füßigkeit	50 +/- 100	63,33 +/- 45,83
UPDRS I	2	3,63
II	13,25	14,38
III	30,25	20,387
Summe	45,5	34,11
Höhn und Jahr	3	2,78
FOG	7,75	14

5.3. Versuchsaufbau

Die Teilnahme gliederte sich in drei Teile. Die ersten beiden Teile dienten zur Erfassung der körperlichen und geistigen Fertigkeiten der Probanden. Der letzte Teil umfasste die Messungen.

Teil eins erfolgte in einem abgetrennten Raum, in dem sich eine Untersuchungs- sowie der Computer befanden. Der Computer musste folgende Voraussetzungen zum Abspielen der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung mitbringen.

- ≡ Betriebssystem Microsoft Windows 2000, XP, Vista oder 7
- ≡ Soundausgabe
- ≡ CD-ROM-Laufwerk zur Installation des Programms
- ≡ parallele Schnittstelle zum Anschluss der Reaktionstaste
- ≡ USB-Schnittstelle, die die Reaktion des Probanden im Programm aufnahm

Teil zwei erfolgte eigenständig durch den Probanden. Die Fragebögen, die vollständig ausgefüllt wurden, sind im Anhang aufgeführt.

Teil drei bestand aus zwei Teilen.

Der erste Teil der Messungen diente zur Registrierung der Daten beim Losgehen und umfasste folgende Komponenten:

- ≡ Laufband-Ergometer der Firma
hp/cosmos



(<http://www.h-p-cosmos.com>)

- ≡ einen Laptop der Firma Siemens,
USB-fähig

- FDM-T System der Firma Zebris
- Funkadapter (USB-Übertragung)
mit Ausgang für LED-Lämpchen,
Schalter mit Druckknopf



Der Laufband-Ergometer umfasst eine Nutzfläche von 170 cm x 65 cm. In diesen sind kalibrierte Messsensoren in Form kapazitiver Kraftsensoren auf einer Fläche von 1,50 x 50 cm insgesamt ca. 5000 Druck-/Kraftsensoren integriert. Mit diesen Sensoren wurden die Bodendruckkräfte der Füße erfasst, mit denen das COP errechnet wurde. Am Rand des Laufband-Ergometers wurde mittels eines Tapestreifens der Startpunkt für das Losgehen festgelegt.

Die Lampe wurde an der vorderen Haltestange des Laufband-Ergometers gut sichtbar für den Probanden befestigt. Die Höhe der Stange liegt bei 115cm ausgehend vom Boden des Laufband-Ergometers.

Die Lampe ist durch ein Kabel mit dem Schalter verbunden. Der Schalter wiederum ist mit einem der acht Analogeingänge des Funkadapters verbunden. Bei Betätigen des Druckknopfes wird das Signal über den Funkadapter via Bluetooth an den Laptop gesendet.

Somit ist es möglich, den genauen Zeitpunkt des Startsignals – dem Aufblinken des Lämpchens – im Programm zu registrieren.

Schaltskizze:

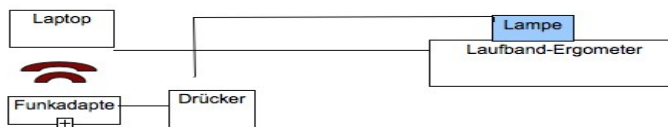


Abb. 6: Schaltskizze des Versuchsaufbaus

5.4. Versuchsdurchführung

Zu Beginn wurde eine neurologische Untersuchung durchgeführt. Im Anschluss dazu wurde am Computer mit dem TAP-Test die geistige Fertigkeit, in Form der Reaktionsschnelligkeit bestimmt.

Danach füllten die Probanden die vorgegebenen Fragebögen aus, die wir auf Vollständigkeit überprüfen.

Die einzelnen Probanden wurden nun aufgefordert ihre Schuhe auszuziehen und die Hose hochzukrempeln, um genaue Messergebnisse zu erhalten.

Sowohl die Messreihe auf dem Laufband als auch die auf der Platte gliederte sich in zwei Aufgaben mit jeweils zehn Wiederholungen. Jede Messung umfasste 12 Sekunden. Die erste Aufgabe war es, von einem vorher für den Probanden gut sichtbaren Startpunkt aus eigener Initiative heraus mit locker herunterhängenden Armen loszugehen. Dies beinhaltete durch die Abmessungen des Laufbands meist einen oder auch zwei Schritte bis zum Stillstand. Der Beginn der 12 Sekunden wurde ihm durch das Wort „Messung“ mitgeteilt. Die restliche Zeit der ablaufenden 12 Sekunden musste der Proband am Endpunkt seines Schrittes abwarten.

Danach wurde ihm mit „Sie können wieder zurückgehen“ mitgeteilt, sich erneut zu positionieren.

Der zweite Teil der Aufgabe bestand darin, loszugehen, sobald das für den Probanden gut erkennbare Lämpchen aufleuchtete. Das Lämpchen fungierte als Startsignal als ein deutlicher Unterschied zur ersten Aufgabe.

Auch hier erfolgten ein bzw. mehrere Schritte auf dem Laufband und auch hier musste man den Rest der 12 Sekunden abwarten, bis die entsprechende Mitteilung „Sie können wieder zurückgehen.“ erfolgte. Das Startsignal in Form des Lämpchens wurde willkürlich durch den Untersucher festgelegt. Eine Messreihe setzte sich auch hier aus jeweils zehn Wiederholungen mit jeweils 12 Sekunden zusammen.

5.5. Datenauswertung

Die COP-Daten der Probanden, die das „Zebris“-Programm für jeden einzelnen Messzyklus ausrechnete, wurden in ein mit „Matlab“ generiertes Programm eingespeist. In diesem Programm wurden für jeden einzelnen Schritt, sowohl mit als auch ohne Stimulus, der Beginn und das Ende der COP-Verlagerung eingegrenzt. Darüber berechnete das Programm die Größe der Fläche der antizipatorischen Schwankung in medio-lateraler und anterior-posteriorer Richtung in Abhängigkeit von der Zeit.

Folgende Markierungen wurden dabei gesetzt:

Markierung der anterior-posterioren COP-Verlagerungen

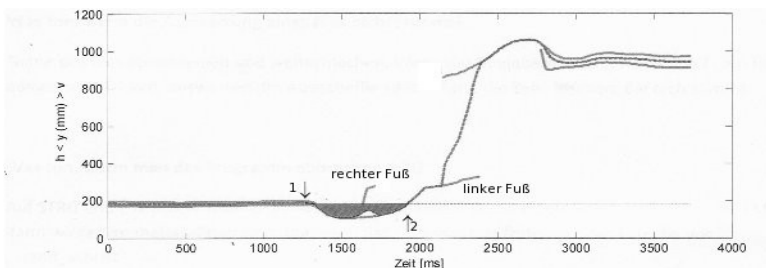


Abb. 7: Markierungen der anterior-posterioren COP-Verlagerung

Die erste Markierung wurde an dem Punkt gesetzt, wo die Auslenkung des COP nach hinten beginnt (Abb. 7, Pfeil 1). Die zweite Markierung erfolgte an der Stelle, an welcher die Auslenkung nach unten aufhörte (Abb. 7, Pfeil 2), an der Stelle, wo sich die gepunktete und die Linie beider Füße schneiden.

Markierung der medio-lateralen COP-Verlagerungen

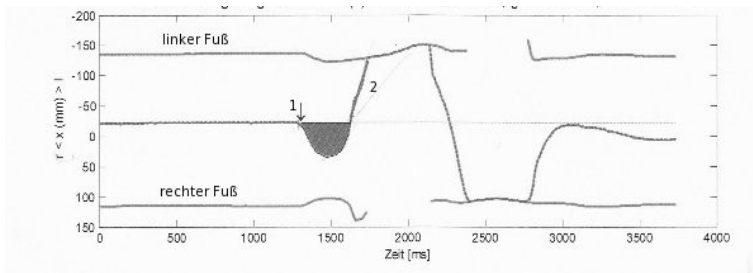


Abb. 8: Markierungen der medio-lateralen COP-Verlagerung

Die erste Markierung wurde da gesetzt, wo die Auslenkung in Richtung Schwungbein endet /Abb. 7, Pfeil 1) Danach erhielt man eine Gerade die den Transfer von Schwungbein zu Spielbein beschreibt (Abb. 7, Pfeil 2).

5.6. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS (SPSS20; IBM Corporation, www.ibm.com/spss_statistics) durchgeführt. Es wurden Varianzanalysen (ANOVAS) mit mehreren Faktoren (Details s. unter Ergebnisse) vorgenommen. Vorher wurden die auszuwertenden Daten mit SPSS jeweils auf Normalverteilung geprüft.

6. Ergebnisse

6.1. Ausgewertete Datensätze

Nach vollständiger Auswertung in Matlab erhielten wir folgende Datensätze:

- ≡ Distanz des rechten und linken Fußes
- ≡ Der Zeitpunkt des Startsignals
- ≡ Die Anzahl der Schritte des Startbeins
- ≡ Die Anzahl der Schritte des Standbeins
- ≡ Das Startbeins
- ≡ Start des 1. und 2. Schrittes in ms
- ≡ Dauer des 1. und 2. Schrittes in ms
- ≡ Länge des 1. und 2. Schrittes in mm
- ≡ Beginn APA anterior-posterior in ms
- ≡ Dauer APA anterior-posterior in ms
- ≡ Fläche APA anterior-posterior in mm * s
- ≡ Maximales APA anterior-posterior in mm
- ≡ Beginn APA medio-lateral in ms
- ≡ Dauer APA medio-lateral in ms
- ≡ Fläche APA medio-lateral in mm * s
- ≡ Maximales APA medio-lateral in mm
- ≡ Steigerung der Gewichtsverlagerung medio-lateral in mm/s
- ≡ Latenz in ms

Für jeden Parameter erhielten wir dementsprechend bis zu zehn einzelne Datensätze für die APAs anterior-posterior und medio-lateral mit (A) und ohne Stimulus (E), die wir für die statistische Auswertung mittelten.

Gruppe	Fläche APA rl – E	Fläche APA rl – A	Fläche APA ap – E	Fläche APA ap – A
control	1,35	0,83	1,09	2,06
NFZ	0,66	0,54	0,89	2,01
FZ	0,67	0,72	0,69	0,93

Danach verglichen wir die Fläche der APAs mit und ohne Stimulus, die APAs mit und ohne Stimulus innerhalb einer Gruppe und die Fläche der APAs mit und ohne Stimulus zwischen allen drei Gruppen. Es wurden jeweils beide APAs ausgewertet, sowohl APA anterior-posterior als auch APA medio-lateral.

Verglichen wurden die Parkinsongruppen (Freezing = FZ, Non-Freezing = NFZ) mit 20 Kontrollpersonen, die man dem Alter entsprechend dem durchschnittlichen Alter der Parkinsonpatienten auswählte.

Kontrollgruppe altersgematched

	weiblich	männlich
Alter	63,78 +/- 6,4	63 +/- 7,82
BMI	24,42 +/- 2,88	25,58 +/- 4,95
IPAQ high	44,44%	54,55%
moderate	33,33%	45,45%
low	22,22%	
Händigkeit	98,89 +/- 3,33	98,45 +/- 5,13
Füßigkeit	55,89 +/- 44,55	52,73 +/- 39,63

Geschlecht: 9 weiblich
 11 männlich

Alter: weiblich: 54-72 Jahre
 männlich: 52-73 Jahre

6.2. APA rechts – links

Einen signifikanten Unterschied erhielten wir bei den APAs mediolateral (rechts – links) zwischen den einzelnen Gruppen ($F(2,38) = 4,0$; $p=0.026$).

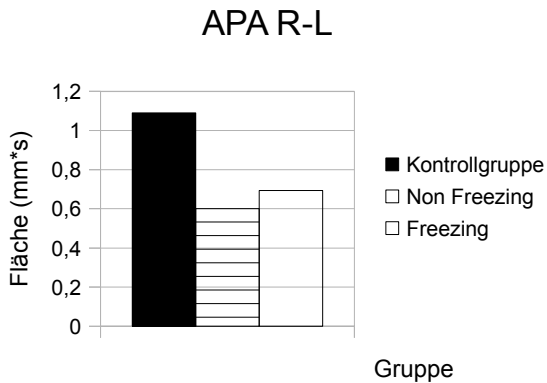


Abb. 9: Vergleich der Mittelwerte (APA-Fläche rechts-links) zwischen allen drei Gruppen

Die post-hoc-Auswertung ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen (control-NFZ $p=0,07$; control-FZ $p=0,09$, NFZ-FZ $p=0,92$).

Einen tendenziellen Unterschied gab es zwischen der Kontrollgruppe und den beiden Parkinsongruppen ($p=0,07$, $p=0,09$).

6.3. APA anterior – posterior

Weitere signifikante Unterschiede ergaben sich beim Vergleich der APAs anterior-posterior zwischen den einzelnen Gruppen ($F(2,38) = 6,31$; $p = 0,004$).

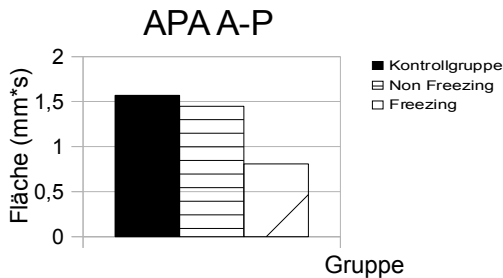


Abb. 10: Vergleich der Mittelwerte (APA-Fläche anterior-posterior) zwischen allen drei Gruppen

Die post-hoc-Analyse ergab eine weitere Signifikanz bezüglich des APA anterior-posterior zwischen der Kontrollgruppe und der Freezing-Gruppe ($p=0,005$). Keine Signifikanz ergab sich zwischen den beiden Parkinson-Gruppen ($p=0,82$) und der Kontrollgruppe im Vergleich zur Non-Freezing-Gruppe ($p=0,89$).

Des weiteren erhielten wir signifikante Unterschiede zwischen den APAs anterior-posterior ohne und mit Stimulus ($p=0,001$) und auch innerhalb der Gruppen war ein signifikanter Unterschied zwischen dem APA anterior-posterior mit und ohne Stimulus vorhanden ($p=0,047$).

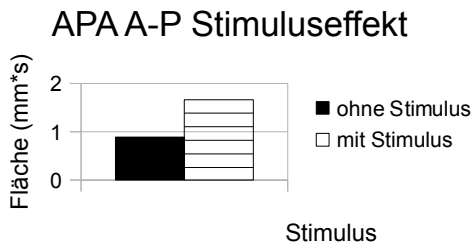


Abb. 11: Vergleich der Mittelwerte (APA-Fläche anterior-posterior) mit und ohne Stimulus

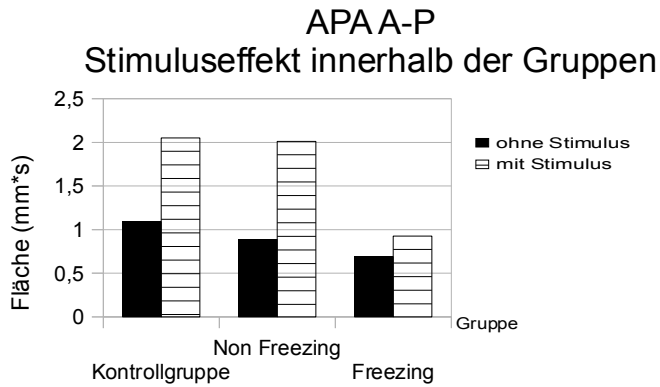


Abb. 12: Vergleich der Mittelwerte (APA-Fläche anterior-posterior) mit und ohne Stimulus innerhalb der Gruppen

6.4. APA altersabhängig

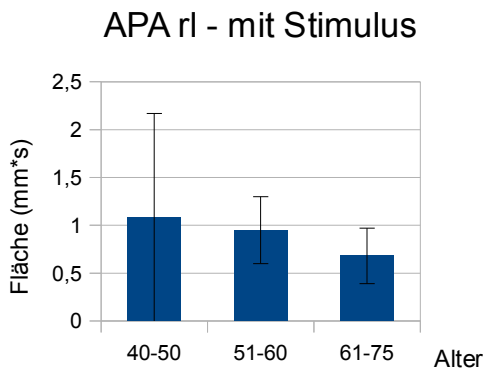
Im folgenden sind die APAs medio-lateral (rechts-links) ohne und mit Stimulus in Abhängigkeit vom Alter dargestellt.

Die APAs ohne Stimulus zwischen 40 und 75 Jahren sind nahezu gleich.

Die Mittelwerte der gesunden Probandengruppe schwanken zwischen 1,09 mm*s im Alter von 40-49 Jahren, 0,87 mm*s zwischen 50 und 59 sowie 1,37 mm*s zwischen 60 und 75 Jahren.

Eine kontinuierliche Abnahme der Schwankungen medio-lateral (rechts-links) abhängig vom Alter zeigen die Mittelwerte der APAs medio-lateral mit Stimulus.

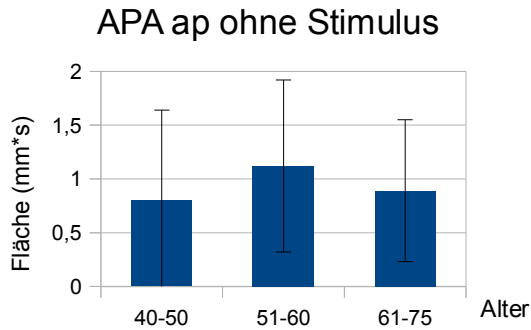
Die Werte der gesunden Probandengruppe betragen hier 1,08 mm*s über 0,95 mm*s bis zu 0,78 mm*s.



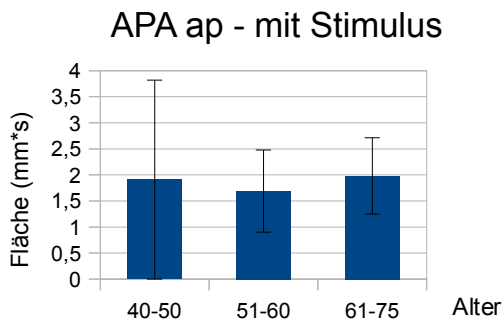
Die APAs anterior-posterior ohne Stimulus zeigen keine signifikante Abnahme in höherem Alter im Vergleich zu den jüngeren Probanden.

Die Mittelwerte schwanken hier zwischen 0,8 mm*s im Alter von 40-49 Jahren, 1,18 mm*s zwischen 50 und 59 sowie 0,89 mm*s zwischen 60 und 75 Jahren.

Die Werte der ältesten Gruppe stimmen nahezu mit der jüngsten Gruppe überein.



Auch die APAs anterior-posterior mit Stimulus zeigen keinen altersabhängigen Unterschied. Hier sind die Mittelwerte zwar deutlich höher gegenüber den APAs ohne Stimulus (1,91 mm*s, 1,69 mm*s, 2,19 mm*s), jedoch im Alter nicht wesentlich vermindert.



7. Diskussion

Die wesentlichen Ergebnisse meiner Untersuchungen ergaben ein signifikantes Ergebnis bezüglich der anterior-posterioren APAs zwischen der gesunden Kontrollgruppe und der vom Freezing betroffenen Parkinsongruppe ($p=0,005$), jedoch besteht kein signifikantes Ergebnis, welches einen klaren Unterschied zwischen den Parkinsonpatienten mit Freezing und ohne Freezing aufgezeigt hätte ($p=0,082$). Auch zwischen der Parkinsongruppe ohne Freezing und der gesunden Kontrollgruppe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ($p=0,89$).

Des weiteren ergaben sich signifikante Unterschiede in anterior-posteriorer Richtung auf den Effekt des Stimulus ($p=0,001$) im Allgemeinen sowie innerhalb der Gruppen ($p=0,047$).

Ferner war eine Signifikanz zwischen den APAs anterior-posterior innerhalb der drei Gruppen zu erkennen ($p=0,004$). Verminderte APAs in anterior-posteriorer Richtung sind somit ein generelles Zeichen für die Erkrankung Morbus Parkinson.

Die APAs in medio-lateraler Richtung veränderten sich in der Messung mit und ohne Stimulus nicht signifikant ($p=0,26$). Auch innerhalb der drei Gruppen – Kontrollgruppe, Non-Freezing- und Freezingpatienten – erhielten wir bezüglich des Stimulus kein signifikantes Ergebnis ($p=0,29$). Die APAs medio-lateral innerhalb der drei Messgruppen ergaben zwar einen signifikanten Unterschied ($p=0,026$), in den post-hoc Ergebnissen ergaben sich dennoch nur tendenzielle Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den beiden Parkinsongruppen ($p=0,07$, $p=0,09$).

Die Hypothese, dass verminderte APAs das Freezing erklären können, muss demnach abgewiesen werden.

Bestätigen kann ich demnach die Arbeit von Mancini et al. (2008), der zeigte, dass die laterale Verlagerung und die propulsive Bewegung beim Morbus Parkinson vermindert ist. Des weiteren wird durch deren Arbeit ersichtlich, dass eine verminderte Verlagerung in medio-lateraler Richtung zu Beginn der Erkrankung auftritt, eine Verminderung der APAs in anterior-posteriorer Richtung erst im Spätstadium.

Das Patientenkollektiv, das an meiner Studie teilnahm setzte sich aus zwei Gruppen von Morbus Parkinson erkrankten Patienten zusammen. Die eine Gruppe umfasste Patienten ohne Freezing, jedoch mit erhöhtem Schweregrad und höherem Alter. Die drei weiblichen und 5 männlichen Patienten hatten ein durchschnittliches Alter von 67,33 und 70 Jahren. Ihre tagtägliche Aktivität belief sich auf 6 und befand sich auf 66,67 % (weiblich) und 60

% (männlich) von 100 %. Der Wert des UPDRS lag in der Summe bei 45,3 bzw. 34,4 Punkten. Das Höhn & Yahr Stadium lag bei beiden Geschlechtern bei 2,5. Die Patientengruppe der Parkinson erkrankten Patienten mit Freezing charakterisierte sich durch 4 weibliche und 9 männliche Teilnehmer, deren Alter bei durchschnittlich 67,5 und 64,22 Jahren lag. Die Aktivität der vom Freezing betroffenen Patienten lag wenig unterhalb der Non-Freezer mit 50 % und 55,56 %. Die Summe des UPDRS-Fragebogens war nahezu identisch, die weiblichen Patientinnen erreichten eine Summe von 45,5, die männlichen eine Summe von 34,11 Punkten. Auch das Höhn & Yahr Stadium wich innerhalb der beiden Patientengruppen nur geringfügig voneinander ab. So lag es bei den weiblichen Patientinnen bei 3, den männlichen Patienten bei 2,75. Bei den vom Freezing betroffenen Patienten ergab der Freezing of Gait Fragebogen ein Endergebnis von 7,75 Punkten (weiblich) und 14 Punkten (männlich).

Das durchschnittliche Höhn- und Yahr Stadium von 2,68 bestätigt das Ergebnis der oben erwähnten Studie (Mancini et al., 2008), dass im späteren Krankheitsverlauf eher eine Verminderung der APAs in anterior-posteriorer Richtung auftritt sowie das Ergebnis von Hass et. al. (2005), dass Parkinson Patienten mit einem Höhn- und Yahr Stadium größer als mindestens 2,5 von den Veränderungen der APAs umso mehr betroffen sind. Eine Entkopplung von COM und COP, was zum Losgehen führt, findet hier nur limitiert statt. Neben dem Zusammenhang zwischen erhöhtem Höhn & Yahr Stadium und verringerten APAs fand Hass (2005) heraus, dass die spezifische Muskelaktivität bei Patienten mit Freezing verringert ist. Dies wiederum wirkt sich negativ auf die Verringerung der APAs aus und erschwert somit die Situation des Losgehens zusätzlich.

Neben der Verringerung der APAs, ist für das Krankheitsbild des Freezers eine verminderte Schrittlänge typisch. Allerdings zeigt sich auch eine deutliche Verbesserung des Losgehens mit einem Stimulus.

Meine Studie kann sowohl neben der Bestätigung der verringerten APAs, eine Vergrößerung der APAs und somit Verbesserung des Losgehens durch einen externen Stimulus – hier in Form eines visuellen Reizes – bekräftigen. Dies zeigen auch noch einmal die Mittelwerte der altersabhängigen Auswertung der APAs anterior-posterior mit Stimulus, die nahezu doppelt so hoch sind wie die APAs anterior-posterior ohne Stimulus. Die Werte ohne Stimulus beliefen sich auf 0,8 mm*s im Alter von 40-49 Jahren, 1,12 mm*s zwischen 50 und 59 sowie 0,89 im Alter von 60-75 Jahren, die Werte mit Stimulus auf 1,91 mm*s (40-49), 1,69 mm*s (50-59) und 1,98 mm*s (60-75). Vor allem im Bezug auf das höhere Alter ist der Effekt auf die APAs anterior-posterior mehr als doppelt so groß, von 0,89 (ohne Stimulus) zu 1,98 (mit Stimulus).

Ferner kann die verminderte Schrittlänge der ersten beiden Schritte der Freezer

begründet werden. Denn wie schon Yiang (2006) herausfand, steigt die Schrittlänge mit der Kraft, mit der man sich vom Boden abstößt. Bei vermindertem APA anterior-posterior ist somit die Kraft für das Abstoßen vermindert, was unwiderruflich zu einem verkleinerten ersten Schritt führt.

Halliday et. al. zeigten, dass bei Probanden, die jünger als 40 Jahre sind, deutlich größere APAs vorliegen im Vergleich zu älteren Probanden. Die älteren Probanden wiederum zeigten deutlich höhere APAs als die Parkinsonpatienten. Allerdings zeigten sie auch, dass die Verschlechterung der APAs bei den Parkinsonpatienten nicht abhängig von der Schwere oder der Dauer der Erkrankung ist.

Das Symptom des Freezing ist zwar ein Symptom, dass erst im späteren Verlauf der Erkrankung auftritt, jedoch kann lediglich das höhere Alter der Betroffenen, nicht aber das Freezing, als zusätzlicher Nebeneffekt auf die APA-Veränderung angenommen werden. Diese Annahme bestätigt auch die Ergebnisse, dass die Verringerung der APAs nicht vom Freezing abhängig ist, sondern eher ein Effekt, der im Verlauf der Erkrankung und im Alter verstärkt wird. Sowohl bei Freezern als auch bei Non-Freezern.

Die Entstehung der Erkrankung und auch das Krankheitsbild der verminderten APAs geht weitestgehend auf die Störungen dopaminerger Funktionen in den Basalganglien zurück sowie die Hypoaktivität des Thalamus und der Supplementär-motorischen Area (Braak et al. 2000, Hashimoto, 2006).

Aufgrund von diesen motorischen Defiziten, geht man davon aus, dass interne Reize fehlen, welche die vorgefertigten motorischen Programme – wie z. B. das Losgehen – normalerweise auslösen.

Die Dysfunktionsmechanismen der Freezer, wie z. B. die Kleinschrittigkeit und die Starthemmung beim Gehen und Drehen werden demnach der Ebene der Basalganglien, der Supplementär-motorischen Area und dem Motorkortex zugeschrieben (Rubinstein et al. 2002).

Das Fehlen der internen Reize führt unwiderruflich zur Verminderung der APAs. Besonders die posturale Phase beim Losgehen ist davon betroffen.

Die posturale Phase ist definiert als die Phase beim Losgehen, ausgehend von der Veränderung des COP bis zum Abheben der Ferse des Schwungbeins. Diese Phase ist bei Parkinsonerkrankten Patienten verlängert. Ein externer Reiz verbessert die APAs während des Losgehens (Hiraokaa, 2006).

Untersuchungen zeigten, dass es beim Auftreten von Neuigkeiten zu verstärkten

Dopaminfreisetzung kommt (Schultz, 1998). Horvitz et al. (1997) argumentieren, dass eine

Veränderung der Situation gegenüber der Neuigkeit im Vordergrund steht.

Unter Annahme dieser Ergebnisse, kann man einen Zusammenhang zwischen dem externen Reiz und der Verbesserung der motorischen Fähigkeiten bei Patienten mit Morbus Parkinson erklären.

Ein weiterer Erklärungsversuch kann bezogen auf den Thalamus erfolgen. Zum einen ist die Hypoaktivität des Thalamus eine Folge des Dopamindefizits (Braak et al. 2000), zum anderen ist der Thalamus als Umschaltstation für sensorische Stimuli bekannt. (Sherman, 2001). Demnach könnte ein visueller Reiz die Thalamusaktivität erhöhen, sodass dann die Verbindung zu anderen kortikalen Arealen normalisiert werden würde.

Die Verminderung der APAs ist nicht nur ein Symptom bei Freezern, sondern unter anderem auch bei "lower-half" Parkinsonpatienten bekannt. Als Folge von multiplen Hirninfarkten entstehen bei dieser Art von Parkinson eine verminderte Schrittlänge, Gleichgewichtsstörungen und Hemmungen in der Losgehbewegung (Rodger et. al., 1996).

Eine Abhängigkeit des Krankheitsbildes von der allgemeinen Aktivität kann nicht belegt werden. Sowohl die Kontrollgruppe als auch die Freezing-Gruppe waren, nach Auswertung der UPDRS- Ergebnisse, gleich aktiv.

Eine Bedeutung der Ergebnisse im Bezug auf die physikalisch-therapeutische Behandlung ist nicht gerechtfertigt.

Mancini et al. (2008) fanden heraus, dass eine Verringerung der APAs bezüglich der medio-lateralen Auslenkung bei vom Freezing betroffenen Parkinson Patienten auftritt. Er untersuchte dabei Parkinson Patienten im frühen Erkrankungsstadium, mit dem Ziel frühzeitig der Verringerung der APAs entgegenzusteuern.

Zusätzlich kann nun durch meine Arbeit bestätigt werden, dass in anterior-posteriorer Richtung eine signifikante Verringerung der APAs stattfindet. Sowohl zwischen allen drei Vergleichsgruppen ($p=0,004$) als auch spezifisch zwischen der vom Freezing betroffenen Gruppe und der gesunden Kontrollgruppe ($p=0,005$). Dadurch besteht der Verdacht, dass die verminderten APAs anterior-posterior vor dem Losgehen mit dem Phänomen des Freezing korrelieren.

Außerdem zeigte sich, dass die negative Veränderung der APAs anterior-posterior eher ein Kennzeichen für das fortgeschrittene und weniger für das frühe Stadium der Parkinsonerkrankung ist.

Zusammenfassung

In meiner Arbeit verglich ich die Fläche in mm*s der APAs sowohl in medio-lateraler als auch

in anterior-posteriorer Richtung jeweils mit und ohne Stimulus. Dabei verglich ich eine gesunde Kontrollgruppe, eine Gruppe mit Parkinson erkrankten Patienten ohne Freezing und eine Gruppe mit Parkinson erkrankten Patienten mit Freezing untereinander.

Zusätzlich stellte sich die Frage, ob die Verminderung der APAs ein altersabhängiger Prozess sei.

Sowohl die APAs medio-lateral als auch die APAs anterior-posterior waren vermindert.

Wesentliche Ergebnisse ergaben sich bezüglich der APAs medio-lateral, die eine deutliche Verminderung zeigte in Bezug auf alle Gruppen ($p=0,026$), wodurch ich die Arbeit von Mancini et. al. (2008) bestätigen konnte.

Die Verminderung der APAs in anterior-posteriorer Richtung ereignete sich in allen drei Gruppen ($p=0,004$).

Der Stimulus wirkte sich positiv auf die APAs anterior-posterior aus ($p=0,001$), was auch schon Hiraokaa (2006) herausfand.

Zusätzlich war eine Verbesserung der APAs anterior-posterior innerhalb der Gruppen bezüglich des Stimuluseffekt zu bemerken ($P=0,047$).

Durch Vergleich der APAs anterior-posterior zwischen den einzelnen Gruppen, ergab sich ein signifikantes Ergebnis zwischen den APAs der Kontrollgruppe und der Parkinson erkrankten Gruppe mit Freezing ($p=0,005$), bei dem sich herausstellte, dass die Verminderung der APAs anterior-posterior mit dem Krankheitsbild des Freezing korrelieren und somit auch mit der Zunahme des Krankheitsstadiums.

Die Verminderung der APAs stellt somit ein allgemeines Problem der Erkrankung dar, sowohl bei den vom Freezing Betroffenen gleich den nicht vom Freezing betroffenen Patienten.

Die Verminderung findet in beiden Richtungen statt. Medio-lateral und anterior-posterior. Eine eindeutige Verminderung besteht bei der Gruppe der vom Freezing Betroffenen Patienten bezüglich der APAs anterior-posterior im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe.

Allgemeines Datenblatt

[illegible]

Fragebogen

VP: _____

Medizinische Vorgeschichte

1.) muskuloskelettales System

	<u>ja</u>	<u>nein</u>
a.) Beeinträchtigungen von		
Knie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hüfte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sprunggelenk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schulter/Arme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wenn ja, welche? (rechts, links)

Warum? _____

b.) aktuelle Beschwerden (Schmerzen, Bewegungseinschränkung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	-----------------------	-----------------------

Wenn ja, welche?

Ursache? _____

Wenn ja, seit wann?

e.) Hilfsmittel		
Einlagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stützen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rollator	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstige	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wenn ja, Ursache?

e.) Wirbelsäule		
Bandscheibenvorfall	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlhaltung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schmerzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wenn ja, wo, seit wann?

	<u>ja</u>	<u>nein</u>
f.) Arthrose/künstliche Gelenke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ja, wo?	<hr/>	

g.) Operationen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wann?	<hr/>	
Welche?	<hr/>	

2.) Neurologisches System

a.) Sehstörungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b.) M. Parkinson	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c.) Gleichgewichtsstörungen/Schwindel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d.) Schlaganfall/Schädelhirntrauma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e.) Sensibilitätsstörungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g.) sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ggf. genauere Beschreibung?

3.) Kardiovaskuläres System

a.) Hypertonie/ Bluthochdruck	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hypotonie/ <u>niedriger</u> Blutdruck	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b.) Herzvitien/ Klappenfehler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c.) Herzrhythmusstörungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d.) pAVK / periphere Durchblutungsstörung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e.) koronare Herzerkrankung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f.) sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wenn ja, welche?

4.) Lunge

bekannte Erkrankungen (Asthma, chr. Bronchitis etc.)	<input type="radio"/>
--	-----------------------

Wenn ja, seit wann?

5.) Endokrinologisches System

a.) Diabetes/ Zuckerkrankheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b.) Hyperthyreose/ Schilddrüsen <u>über</u> funktion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hypothyreose/ Schilddrüsen <u>unter</u> funktion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c.) sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wenn ja, was? Dauer?			
	<u>ja</u>	<u>nein</u>	
6.) Operationen in den letzten 12 Monaten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Wenn ja, welche?			
wann?			
<u>Allgemeine Fragen</u>			
1. Medikamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2. Alkohol	nie <input type="radio"/>	gelegentlich <input type="radio"/>	übermäßig <input type="radio"/>
3. Nikotin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Psychoaktive Substanzen (z.B. Drogen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<u>Stürze</u>			
Hatten Sie in den letzten 12 Monaten Probleme mit Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen ?			
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sind Sie in den letzten 12 Monaten gestürzt?			
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ja, wie oft? _____			
Was war der Auslöser (z.B. Schwindel, Stolpern etc.) _____			
Hat sich Ihr Bewegungsverhalten danach verändert?			
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Haben Sie Sturzangst?			
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fragebogen Händigkeit

Edinburgh Händigkeit-Inventar

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Bitte sagen Sie uns, welche Hand Sie bei den unten genannten Tätigkeiten bevorzugen, indem Sie ein + in das entsprechende Kästchen setzen. Wenn Sie bei einer Tätigkeit ausschließlich die eine Hand nehmen und niemals die andere, kennzeichnen Sie dies bitte durch zwei ++. Wenn Sie sich nicht entscheiden können, welche Hand Sie bevorzugen, setzen Sie bitte ein + in beide Kästchen. Wenn Sie eine Hand etwas bevorzugen, die andere aber auch für die Tätigkeit verwenden, dann setzen sie ++ in das Kästen der bevorzugten Hand und + in das Kästchen der anderen Hand.
Bitte versuchen Sie, alle Fragen zu beantworten.

Welche Hand nehmen Sie ...		linke Hand	rechte Hand
1	... zum Schreiben?		
2	... zum Malen?		
3	... zum Werfen?		
4	... zum Schneiden mit der Schere?		
5	... zum Zähneputzen?		
6	... wenn Sie ein Messer halten (ohne Gabel)?		
7	... wenn Sie einen Löffel halten?		
8	... nach oben, wenn Sie einen Besen halten?		
9	... um das Streichholz zu halten, wenn Sie es anzünden?		
10	... um den Deckel von einer Schachtel zu nehmen?		

L.Q.	
Dezil	

(diese Kästchen bitte freilassen)

Fragebogen Füßigkeit

Gait Report

Name: _____

Erhebung der Füßigkeit

	links	rechts
1. Stehen auf einem Bein		
2. Hüpfen auf einem Bein		
3. Einen Ball kicken		

1. Stehen auf einem Bein	2. Hüpfen auf einem Bein	3. Einen Ball kicken
4. Stehen auf einem Bein	5. Hüpfen auf einem Bein	6. Einen Ball kicken
7. Stehen auf einem Bein	8. Hüpfen auf einem Bein	9. Einen Ball kicken
10. Stehen auf einem Bein	11. Hüpfen auf einem Bein	12. Einen Ball kicken
13. Stehen auf einem Bein	14. Hüpfen auf einem Bein	15. Einen Ball kicken
16. Stehen auf einem Bein	17. Hüpfen auf einem Bein	18. Einen Ball kicken
19. Stehen auf einem Bein	20. Hüpfen auf einem Bein	21. Einen Ball kicken
22. Stehen auf einem Bein	23. Hüpfen auf einem Bein	24. Einen Ball kicken
25. Stehen auf einem Bein	26. Hüpfen auf einem Bein	27. Einen Ball kicken
28. Stehen auf einem Bein	29. Hüpfen auf einem Bein	30. Einen Ball kicken
31. Stehen auf einem Bein	32. Hüpfen auf einem Bein	33. Einen Ball kicken
34. Stehen auf einem Bein	35. Hüpfen auf einem Bein	36. Einen Ball kicken
37. Stehen auf einem Bein	38. Hüpfen auf einem Bein	39. Einen Ball kicken
40. Stehen auf einem Bein	41. Hüpfen auf einem Bein	42. Einen Ball kicken
43. Stehen auf einem Bein	44. Hüpfen auf einem Bein	45. Einen Ball kicken
46. Stehen auf einem Bein	47. Hüpfen auf einem Bein	48. Einen Ball kicken
49. Stehen auf einem Bein	50. Hüpfen auf einem Bein	51. Einen Ball kicken
52. Stehen auf einem Bein	53. Hüpfen auf einem Bein	54. Einen Ball kicken
55. Stehen auf einem Bein	56. Hüpfen auf einem Bein	57. Einen Ball kicken
58. Stehen auf einem Bein	59. Hüpfen auf einem Bein	60. Einen Ball kicken
61. Stehen auf einem Bein	62. Hüpfen auf einem Bein	63. Einen Ball kicken
64. Stehen auf einem Bein	65. Hüpfen auf einem Bein	66. Einen Ball kicken
67. Stehen auf einem Bein	68. Hüpfen auf einem Bein	69. Einen Ball kicken
70. Stehen auf einem Bein	71. Hüpfen auf einem Bein	72. Einen Ball kicken
73. Stehen auf einem Bein	74. Hüpfen auf einem Bein	75. Einen Ball kicken
76. Stehen auf einem Bein	77. Hüpfen auf einem Bein	78. Einen Ball kicken
79. Stehen auf einem Bein	80. Hüpfen auf einem Bein	81. Einen Ball kicken
82. Stehen auf einem Bein	83. Hüpfen auf einem Bein	84. Einen Ball kicken
85. Stehen auf einem Bein	86. Hüpfen auf einem Bein	87. Einen Ball kicken
88. Stehen auf einem Bein	89. Hüpfen auf einem Bein	90. Einen Ball kicken
91. Stehen auf einem Bein	92. Hüpfen auf einem Bein	93. Einen Ball kicken
94. Stehen auf einem Bein	95. Hüpfen auf einem Bein	96. Einen Ball kicken
97. Stehen auf einem Bein	98. Hüpfen auf einem Bein	99. Einen Ball kicken
100. Stehen auf einem Bein	101. Hüpfen auf einem Bein	102. Einen Ball kicken

**INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE
(Oktober 2002)**

**SELBSTAUSFÜLLER LANG-VERSION FÜR DIE
VERGANGENEN 7 TAGE**

**ZU VERWENDEN FÜR JUNGENDLICHE UND ERWACHSENE IM MITTLEREN
ALTER (15-69 Jahre)**

Der International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) umfasst eine Zusammenstellung aus 4 Fragebögen. Lange (5 Aktivitätsbereiche unabhängig voneinander befragt) und kurze (4 allgemeine Items) Versionen für die Durchführung von Telefonbefragungen als auch für die selbst zu verwaltende Methode sind verfügbar. Die Absicht der Questionnaires ist es einfache Instrumente zur Verfügung zu stellen, die verwendet werden können um international vergleichbare Daten für die gesundheitsfördernde physische Aktivität zu erhalten.

Hintergrund des IPAQ

Die Entwicklung eines internationalen Messinstruments zur Erhebung der physischen Aktivität begann in Genf im Jahr 1998 und wurde im Jahr 2000 durch extensive Reliabilitäts- und Validitätstests in 12 unterschiedlichen Ländern (14 Orte) fortgesetzt. Vom Endergebnis wird behauptet, dass es annehmbare Messeigenschaften für den Einsatz an vielen Orten und in unterschiedlichen Sprachen besitzt und es geeignet ist für landesweite bevölkerungsbezogene Untersuchungen für die Prävalenz der Partizipation in physischer Aktivität.

Verwendung des IPAQ

Es wird empfohlen die IPAQ-Instrumente für Untersuchungen und für Forschungszwecke zu verwenden. Die Anordnung der Fragen sowie die Satzstellungen sollten möglichst unverändert bleiben um die psychometrischen Eigenschaften des Instruments nicht zu beeinflussen.

Übersetzung vom Englischen und kulturelle Anpassung

Übersetzungen aus dem Englischen werden angestrebt um die weltweite Verwendung des IPAQ zu erleichtern. Informationen über die Verfügbarkeit des IPAQ in unterschiedlichen Sprachen können unter www.ipaq.ki.se abgerufen werden. Sollte eine neue Übersetzung vorgenommen werden wird die Verwendung der auf der IPAQ-Website beschriebenen Rückübersetzungsmethoden unbedingt empfohlen. Wenn möglich ziehen Sie bitte in Erwägung Ihre Übersetzung des IPAQ für andere auf der IPAQ-Website zugänglich zu machen. Weitere Details über Übersetzungen und kulturelle Adaptationen können von der Website gedownloadet werden.

Weitere Entwicklungen des IPAQ

Die internationale Zusammenarbeit beim IPAQ geht weiter und die *International Physical Activity* Studie ist in der Entwicklungsphase. Für weitere Informationen steht die IPAQ-Website zur Verfügung.

Weitere Informationen

Detaillierte Informationen über Forschungsmethoden die in der Entwicklung der IPAQ-Instrumente verwendet werden finden Sie unter www.ipaq.ki.se oder bei Booth, M.L. (2000).

LONG LAST 7 DAYS SELF-ADMINISTERED version of the IPAQ. Revised October 2002.

Assessment of Physical Activity: An International Perspective. Research Quarterly for Exercise and Sport, 71 (2): s114-20. Weitere wissenschaftliche Publikationen und Präsentationen über die Anwendung des IPAQ sind auf der Website zusammengefasst.

SELBSTAUSFÜLLER LANG-VERSION FÜR DIE VERGANGENEN 7 TAGE

LONG LAST 7 DAYS SELF-ADMINISTERED version of the IPAQ, Revised October 2002.

INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE

Wir sind daran interessiert herauszufinden welche Arten von körperlichen Aktivitäten Menschen in Ihrem alltäglichen Leben vollziehen. Die Befragung bezieht sich auf die Zeit die Sie während der letzten 7 Tage in körperlicher Aktivität verbracht haben. Bitte beantworten Sie alle Fragen (auch wenn Sie sich selbst nicht als aktive Person ansehen). Bitte berücksichtigen Sie die Aktivitäten im Rahmen Ihrer Arbeit, in Haus und Garten, um von einem Ort zum anderen zu kommen und in Ihrer Freizeit für Erholung, Leibesübungen und Sport.

Denken Sie an all Ihre **anstrengenden** und **moderaten** Aktivitäten in den **vergangenen 7 Tagen**. **Anstrengende** Aktivitäten bezeichnen Aktivitäten die starke körperliche Anstrengungen erfordern und bei denen Sie deutlich stärker atmen als normal. **Moderate** Aktivitäten bezeichnen Aktivitäten mit moderater körperlicher Anstrengung bei denen Sie ein wenig stärker atmen als normal.

TEIL 1: KÖRPERLICHE AKTIVITÄT AM ARBEITSPLATZ

Im ersten Abschnitt geht es um Ihre Arbeit. Das beinhaltet bezahlte Arbeit, Landwirtschaft, freiwillige Tätigkeiten, Seminare und alle anderen unbezahlten Tätigkeiten die Sie außerhalb von zuhause verrichtet haben. Geben Sie hier keine unbezahlten Tätigkeiten an die Sie zuhause verrichtet haben, wie Arbeiten in Haus und Garten, anfallende Instandhaltungsarbeiten und Sorgen für die Familie. Dies wird in Abschnitt 3 befragt.

1. Haben Sie momentan einen Job oder verrichten Sie irgendwelche unbezahlte Arbeiten außerhalb von zuhause?

☐ Ja

☐ Nein →

Springen Sie weiter zu Teil 2: BEFÖRDERUNG

Die folgenden Fragen sind über die körperliche Aktivität in den **vergangenen 7 Tagen** im Rahmen Ihrer bezahlten und unbezahlten Arbeit. Dies beinhaltet keine Wegstrecken zur oder von der Arbeit.

2. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** haben Sie anstrengende körperliche Aktivitäten wie schweres Heben, Graben, schwere Bauarbeit oder Stiegensteigen im Rahmen **Ihrer Arbeit** verrichtet? Denken Sie dabei nur an körperliche Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben.

_____ Tage pro Woche

☐ Keine anstrengenden körperlichen Aktivitäten im Rahmen der Arbeit

→ **Springen Sie weiter zu Frage 4**

3. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **anstrengender** körperlicher Aktivität im Rahmen Ihrer Arbeit verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

4. Denken Sie erneut nur an die körperlichen Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben. An wie vielen der vergangenen 7 Tage haben Sie moderate körperliche Aktivitäten wie Tragen leichter Lasten im Rahmen Ihrer Arbeit verrichtet? Fußwegstrecken bitte nicht mit einbeziehen.

_____ Tage pro Woche

☐

Keine moderaten körperlichen Aktivitäten im Rahmen der Arbeit



Springen Sie weiter zu Frage 6

5. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit moderater körperlicher Aktivität im Rahmen Ihrer Arbeit verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

6. An wie vielen der vergangenen 7 Tage haben Sie Fußwegstrecken von mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung im Rahmen Ihrer Arbeit zurückgelegt? Bitte keine Wegstrecken zur oder von der Arbeit mit einbeziehen.

_____ Tage pro Woche

☐

Keine Fußwegstrecken im Rahmen der Arbeit



Springen Sie weiter zu Teil 2: BEFÖRDERUNG

7. Wie viel Zeit haben Sie an einem dieser Tage für gewöhnlich mit Wegstrecken im Rahmen Ihrer Arbeit verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

Teil 2: KÖRPERLICHE AKTIVITÄT ZUR BEFÖRDERUNG

In diesen Fragen geht es um die Fortbewegungen von einem Ort zum anderen, wie die Wege zu Arbeit, Geschäften, Kino, usw.

8. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** sind Sie mit einem **motorisierten Verkehrsmittel** wie Zug, Bus, Auto oder Straßenbahn **gefahren**?

_____ **Tage pro Woche**



Keine Fahrten in motorisierten Verkehrsmitteln
→ **Springen Sie weiter zu Frage 10**

9. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **Fahrten** in Zug, Bus, Auto, Straßenbahn oder irgendeinem motorisierten Verkehrsmittel **verbracht**?

_____ **Stunden pro Tag**

_____ **Minuten pro Tag**

Denken Sie jetzt nur an das **Fahrradfahren** und zu **Fuß Gehen**, bei dem Sie für Wege zur und von der Arbeit, für Botenwege, sowie für Wegstrecken um von einem Ort zum anderen zurückgelegt haben.

10. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** sind Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung **fahrradgefahren** um von einem Ort zum anderen zu gelangen?

_____ **Tage pro Woche**



Kein Fahrradfahren von einem Ort zum anderen
→ **Springen Sie weiter zu Frage 12**

11. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage für das **Fahrradfahren** von einem Ort zum anderen **verwendet**?

_____ **Stunden pro Tag**

_____ **Minuten pro Tag**

12. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** sind Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung zu **Fuß gegangen** um von einem Ort zum anderen zu gelangen?

_____ **Tage pro Woche**



Kein zu Fuß Gehen von einem Ort zum anderen
→ **Springen Sie weiter zu Teil 3: HAUSARBEIT, HAUSINSTANDHALTUNG UND SORGEN FÜR DIE FAMILIE**

13. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage für das **zu Fuß Gehen** von einem Ort zum anderen **verwendet**?

_____ **Stunden pro Tag**

_____ **Minuten pro Tag**

LONG LAST 7 DAYS SELF-ADMINISTERED version of the IPAQ. Revised October 2002.

TEIL 3: HAUSARBEIT, HAUSINSTANDHALTUNG UND SORGEN FÜR DIE FAMILIE

In diesem Abschnitt geht es um körperliche Aktivitäten die Sie in den **vergangenen 7 Tagen** in und um Ihr Haus verrichtet haben, wie Hausarbeit, Arbeiten in Hof und Garten, Instandhaltungsarbeiten und Sorgen für die Familie.

14. Denken Sie nur an die körperlichen Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** haben Sie anstrengende körperliche Aktivitäten wie Tragen schwerer Lasten, Holzhaken, Schneeschaukeln oder Graben **im Hof oder im Garten** verrichtet?

_____ Tage pro Woche

☐ Keine anstrengenden körperlichen Aktivitäten im Hof oder im Garten
➔ **Springen Sie weiter zu Frage 16**

15. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **anstrengender** Aktivität in Garten und Hof verbracht?

_____ Stunden pro Tag
_____ Minuten pro Tag

16. Denken Sie erneut nur an die körperlichen Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** haben Sie moderate Aktivitäten wie Tragen leichter Lasten, Fegen, Fensterputzen und Rechen **im Hof oder im Garten** verrichtet?

_____ Tage pro Woche

☐ Keine moderate Aktivität im Garten oder im Hof
➔ **Springen Sie weiter zu Frage 18**

17. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **moderater** körperlicher Aktivität im Garten oder im Hof verbracht?

_____ Stunden pro Tag
_____ Minuten pro Tag

18. Denken Sie erneut nur an die körperlichen Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** haben Sie moderate Aktivitäten wie Tragen leichter Lasten, Fensterputzen, Bodenaufwaschen und Fegen **zu Hause** verrichtet?

_____ Tage pro Woche

☐ Keine moderaten Aktivitäten zu Hause
➔ **Springen Sie weiter zu Teil 4: KÖRPERLICHE AKTIVITÄTEN IN ERHOLUNG, SPORT UND FREIZEIT**

19. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **moderaten** körperlichen Aktivitäten zuhause verbracht?

____ Stunden pro Tag
 ____ Minuten pro Tag

TEIL 4: KÖRPERLICHE AKTIVITÄTEN IN ERHOLUNG; SPORT UND FREIZEIT

In diesem Abschnitt geht es um alle körperlichen Aktivitäten die Sie in den **vergangenen 7 Tagen** ausschließlich in Erholung, Sport, Leibesübungen und Freizeit verrichtet haben. Bitte keine Aktivitäten mit einbeziehen die Sie bereits angegeben haben.

20. Ohne die Fußwege die Sie bereits genannt haben, an wie vielen der **vergangenen 7 Tage** sind Sie in Ihrer **Freizeit** für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung zu Fuß gegangen?

_____ Tage pro Woche

☐

Kein zu Fuß gehen in der Freizeit
→ **Springen Sie weiter zu Frage 22**

21. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit zu Fuß Gehen in Ihrer Freizeit verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

22. Denken sie nur an die körperlichen Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** haben Sie **anstrengende** körperliche Aktivitäten wie Aerobic, Laufen, schnelles Fahrradfahren oder schnelles Schwimmen in Ihrer **Freizeit** verrichtet?

_____ Tage pro Woche

☐

Keine anstrengenden Aktivitäten in der Freizeit
→ **Springen Sie weiter zu Frage 24**

23. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **anstrengender** körperlicher Aktivität in Ihrer Freizeit verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

24. Denken Sie erneut nur an die körperlichen Aktivitäten die Sie für mindestens 10 Minuten ohne Unterbrechung verrichtet haben. An wie vielen der **vergangenen 7 Tage** haben sie **moderate** körperliche Aktivitäten wie Fahrradfahren bei gewöhnlicher Geschwindigkeit, Schwimmen bei gewöhnlicher Geschwindigkeit und Doppel-Tennis in Ihrer Freizeit verrichtet?

_____ Tage pro Woche

☐

Keine moderaten Aktivitäten in der Freizeit
→ **Springen Sie weiter zu Teil 5: IM SITZEN VERBRACHTE ZEIT**

25. Wie viel Zeit haben Sie für gewöhnlich an einem dieser Tage mit **moderater** körperlicher Aktivität in Ihrer Freizeit verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

TEIL 5: IM SITZEN VERBRACHTE ZEIT

Bei den letzten Fragen geht es um die Zeit die Sie bei der Arbeit, zuhause, bei Seminaren und in der Freizeit in Sitzen verbracht haben. Dies kann Zeit beinhalten wie Sitzen am Schreibtisch, Besuchen von Freunden und vor dem Fernseher sitzen oder liegen. Keine Zeit für Sitzen in einem motorisierten Verkehrsmittel mit einbeziehen von der Sie mir bereits erzählt haben.

26. Wie viel Zeit haben Sie in den vergangenen 7 Tagen mit Sitzen an Wochentagen verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

27. Wie viel Zeit haben Sie an den vergangenen 7 Tagen mit Sitzen an Wochenendtagen verbracht?

_____ Stunden pro Tag

_____ Minuten pro Tag

Das ist das Ende der Befragung, danke für Ihre Teilnahme.

M. Parkinson Früherkennungsbogen

1. Kommt es vor, dass Ihre Hand zittert, obwohl sie entspannt aufliegt?
Ja ☐ Nein ☐
2. Ist ein Arm angewinkelt oder schlenkert beim Gehen mit?
Ja ☐ Nein ☐
3. Haben Sie eine vornüber gebeugte Körperhaltung?
Ja ☐ Nein ☐
4. Haben Sie einen leicht schlurfenden Gang oder ziehen Sie ein Bein nach?
Ja ☐ Nein ☐
5. Haben Sie einen kleinschrittigen Gang und kommt es häufig vor, dass Sie stolpern oder stürzen?
Ja ☐ Nein ☐
6. Leiden Sie an Antriebs- oder Initiativmangel?
Ja ☐ Nein ☐
7. Haben Sie häufig Rückenschmerzen im Nacken-Schulter-Gürtelbereich?
Ja ☐ Nein ☐
8. Haben Sie bemerkt, dass Sie sich von Ihren Freunden und Angehörigen zurückziehen, dass Sie Kontakte meiden und zu nichts Lust haben?
Ja ☐ Nein ☐
9. Haben Sie Veränderungen in Ihrer Stimme bemerkt? Ist sie monotoner und leiser als früher oder hört sich heiser an?
Ja ☐ Nein ☐
10. Haben Sie eine Verkleinerung Ihrer Schrift bemerkt?
Ja ☐ Nein ☐
11. Haben Sie Ihren Geruchssinn verloren?
Ja ☐ Nein ☐


Freezing of Gait Fragebogen

Freezing of Gait- Fragebogen

Die Fragen sollten sich, bis auf Frage 3, auf ihre Erfahrungen der letzten Wochen beziehen. Dieser Fragebogen sollte vom Untersucher ausgefüllt werden, nachdem man Ihnen demonstriert hat, was ein Freezing-Phänomen ist (falls notwendig).

- 1.) Während des schlimmsten Zustandes - gehen Sie:
 - 0: normal
 - 1: fast normal - etwas langsam
 - 2: langsam, aber vollständig selbständig
 - 3: mit Unterstützung oder einer Geh-Hilfe
 - 4: unfähig zu laufen
- 2.) Beeinträchtigen Ihre Gangschwierigkeiten Ihre täglichen Aktivitäten und Unabhängigkeit?
 - 0: überhaupt nicht
 - 1: ein wenig
 - 2: mittelmäßig
 - 3: sehr
 - 4: unfähig zu laufen
- 3.) Haben Sie das Gefühl Ihre Beine bleiben am Boden kleben wenn Sie laufen, sich umdrehen oder Sie loslaufen wollen (Freezing)?
 - 0: nie
 - 1: sehr selten (ca. einmal pro Monat)
 - 2: selten (ca. einmal pro Woche)
 - 3: oft (ca. einmal pro Tag)
 - 4: ständig (immer beim Laufen)
- 4.) Wie lange dauern Ihre längsten Freezing-Perioden an?
 - 0: sind noch nie vorgekommen
 - 1: 1-2s
 - 2: 3-10s
 - 3: 11-30s
 - 4: mehr als 30s
- 5.) Wie lange dauern Ihre Startschwierigkeiten typischerweise an (Freezing, wenn Sie einen 1. Schritt initiieren wollen)?
 - 0: ich habe keine
 - 1: länger als 1s bis zum Gangstart
 - 2: länger als 3s bis zum Gangstart
 - 3: länger als 10s bis zum Gangstart
 - 4: länger als 30s bis zum Gangstart
- 6.) Wie lange dauert eine typische Verzögerungsphase beim Umdrehen (Freezing beim Richtungswechsel)?
 - 0: ist noch nie vorgekommen
 - 1: Fortsetzung des Umdrehens in 1-2s
 - 2: Fortsetzung des Umdrehens in 3-10s
 - 3: Fortsetzung des Umdrehens in 11-30s
 - 4: Fortsetzung des Umdrehens in mehr als 30s

Patientenangaben
Datum _____
Name _____
Vorname _____
Geb.-Datum _____
Bemerkungen _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____



ORION PHARMA

I. Kognitive Funktionen, Verhalten und Stimmung

1.	Intellektuelle Einschränkung	<input type="checkbox"/>
1	Nicht vorhanden.	
1	Leicht. Vergesslichkeit; Ereignisse werden teilweise erinnert; keine anderweitigen Schwierigkeiten.	
2	Mäßige Gedächtnisstörungen mit Desorientiertheit und mäßigen Schwierigkeiten beim Nennen komplexer Probleme. Leichte, aber definitive Beeinträchtigung bei der Erledigung häuslicher Aufgaben mit der Notwendigkeit einer gelegentlichen Hilfe.	
3	Schwere Gedächtnisstörungen mit zeitlicher und häufig auch örtlicher Desorientiertheit. Schwere Einschränkung bei der Bewältigung von Problemen.	
4	Schwere Gedächtnisstörungen, Orientierung nur zur Person erhalten. Kann keine Urteile fällen und keine Probleme lösen. Benötigt bei der persönlichen Pflege viel Hilfe. Kann überhaupt nicht mehr alleine gelassen werden.	
2.	Denkstörungen (als Folge von Demenz oder Medikamenten-Intoxikationen)	
0	Nicht vorhanden.	
1	Lebhaftes Träumen.	
2	„Gutartige“ Halluzinationen mit erhaltener Einsicht.	
3	Gelegentliche bis häufige Halluzinationen oder Wahnvorstellungen; keine Einsicht; könnte sich störend auf die täglichen Aktivitäten auswirken.	
4	Perastierende Halluzinationen, Wahnvorstellungen oder floride Psychose. Kann sich nicht selbst versorgen.	
3.	Depression	<input type="checkbox"/>
0	Nicht vorhanden.	
1	Altehrliche Traurigkeit oder Schuldgefühl – stärker als normal; niemals Tage oder Wochen anhaltend.	
2	Anhaltende Depression (1 Woche oder länger).	
3	Anhaltende Depression mit vegetativen Symptomen (Schlafstörung, Appetitlosigkeit, Gewichtsabnahme, Interessenverlust).	
4	Anhaltende Depression mit vegetativen Symptomen und Selbstmordgedanken oder -absichten.	
4.	Motivation/Initiative	<input type="checkbox"/>
0	Normal.	
1	Weniger energiegelass als sonst; passiver.	
2	Fehlende Initiative oder Desinteresse an nicht routinemäßigen Aktivitäten.	
3	Fehlende Initiative oder Desinteresse an täglichen (routinemäßiger) Aktivitäten.	
4	In sich geklopft, völliges Fehlen von Motivation.	

I. Summe

II. Aktivitäten des täglichen Lebens

	ON	OFF		ON	OFF
5. Sprache	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Braucht beim Waschen, Zähnebürsten, Haarekämmen und beim Gang auf die Toilette Hilfe.		
0 = Normal.			4 = Foley-Katheter oder andere mechanische Hilfsmittel.		
1 = Leicht beeinträchtigt, ohne Schwierigkeiten verständlich.			12. Umdrehen im Bett und Bettwäsche zurechtziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 = Mäßig beeinträchtigt. Wird bisweilen gebeten, etwas zu wiederholen.			0 = Normal.		
3 = Stark beeinträchtigt. Wird häufig gebeten, etwas zu wiederholen.			1 = Etwas langsam und unbeholfen, benötigt aber keine Hilfe.		
4 = Meistens unverständlich.			2 = Kann sich alleine, jedoch unter großen Schwierigkeiten umdrehen und die Bettwäsche zurechtziehen.		
6. Speichelsekretion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Beginnt, kann sich aber nicht alleine im Bett umdrehen oder die Bettwäsche zurechtziehen.		
0 = Normal.			4 = Hilftos.		
1 = Gering, aber eindeutig vermehrter Speichel im Mund; nachts gelegentlich Speichelaustritt.			13. Fallen (unabhängig von „Freezing“)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 = Mäßig vermehrter Speichel; eventuell minimaler Speichelaustritt.			0 = Kein.		
3 = Deutlich vermehrter Speichel mit leichtem Speichelaustritt.			1 = Seltenes Fallen.		
4 = Ausgeprägter Speichelaustritt, muss ständig Papiertuch oder Taschentuch benutzen.			2 = Gelegentliches Fallen, seltener als einmal pro Tag.		
7. Schlucken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Fällt durchschnittlich einmal pro Tag.		
0 = Normal.			4 = Fällt häufiger als einmal pro Tag.		
1 = Seltenes Würgen/Verschlucken.			14. „Freezing“ beim Gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 = Gelegentliches Würgen/Verschlucken.			0 = Nicht vorhanden.		
3 = Weiche Nahrung erforderlich.			1 = Seltenes „Freezing“ beim Gehen; eventuell verzögerter Start.		
4 = Ernährung über Magensonde oder Gastrostomie erforderlich.			2 = Gelegentliches „Freezing“ beim Gehen.		
8. Handschrift	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Häufiges „Freezing“, Gelegentliches Fallen wegen „Freezing“.		
0 = Normal.			4 = Häufiges Fallen wegen „Freezing“.		
1 = Etwas langsam oder klein.			15. Gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 = Mäßig langsam oder klein; sämtliche Wörter leserlich.			0 = Normal.		
3 = Stark beeinträchtigt; nicht alle Wörter leserlich.			1 = Leichte Schwierigkeiten. Eventuell fehlendes Mitschwingen der Arme; eventuell Nachziehen eines Beins.		
4 = Die Mehrzahl der Wörter ist unleserlich.			2 = Mäßige Schwierigkeiten, benötigt jedoch wenig oder keine Hilfe.		
9. Speisen schneiden und Umgang mit Utensilien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Schwere Gehstörung, benötigt Hilfe.		
0 = Normal.			4 = Kann selbst mit Hilfe nicht mehr gehen.		
1 = Etwas langsam und unbeholfen, aber keine Hilfe erforderlich.			16. Tremor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 = Kann die meisten Speisen schneiden, jedoch unbeholfen und langsam; etwas Hilfe erforderlich.			0 = Nicht vorhanden.		
3 = Speisen müssen von jemandem geschnitten werden, kann aber noch langsam essen.			1 = Leicht und selten auftretend.		
4 = Muss gefüttert werden.			2 = Mäßig; für den Patienten lästig.		
10. Ankleiden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Stark; bei zahlreichen Aktivitäten hinderlich.		
0 = Normal.			4 = Ausgeprägt; bei den meisten Aktivitäten hinderlich.		
1 = Etwas langsam, aber keine Hilfe erforderlich.			17. Sensorische Beschwerden in Verbindung mit dem Parkinson-Syndrom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 = Gelegentlich wird Hilfe beim Knöpfen oder beim Schließen in die Ärmel benötigt.			0 = Nicht vorhanden.		
3 = Beträchtliche Hilfe erforderlich, kann aber manches alleine schaffen.			1 = Gelegentliches Taubheitsgefühl, Kribbeln oder leichte Schmerzen.		
4 = Hilftos.			2 = Häufiges Taubheitsgefühl, Kribbeln oder Schmerzen, nicht störend.		
11. Hygiene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 = Häufig schmerzhaft empfindungen.		
0 = Normal.			4 = Unträgtliche Schmerzen.		
1 = Etwas langsam, aber keine Hilfe erforderlich.					
2 = Braucht beim Duschen und Baden Hilfe; oder bei Körperpflege sehr langsam.					

II. Summe ON ☐ OFF ☐

II. Aktivitäten des täglichen Lebens		ON	OFF
5. Sprache		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Leicht beeinträchtigt, ohne Schwierigkeiten verständlich.			
2 = Mäßig beeinträchtigt. Wird bisweilen gebeten, etwas zu wiederholen.			
3 = Stark beeinträchtigt. Wird häufig gebeten, etwas zu wiederholen.			
4 = Meistens unverständlich.			
6. Speichelsekretion		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Gering, aber eindeutig vermehrter Speichel im Mund; nachts gelegentlich Speichelaustritt.			
2 = Mäßig vermehrter Speichel; eventuell minimaler Speichelaustritt.			
3 = Deutlich vermehrter Speichel mit leichtem Speichelaustritt.			
4 = Ausgeprägter Speichelaustritt, muss ständig Papiertuch oder Taschentuch benutzen.			
7. Schlucken		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Seltenes Würgen/Verschlucken.			
2 = Gelegentliches Würgen/Verschlucken.			
3 = Weiche Nahrung erforderlich.			
4 = Ernährung über Magensonde oder Gastrostomie erforderlich.			
8. Handschrift		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Etwas langsam oder klein.			
2 = Mäßig langsam oder klein; sämtliche Wörter leserlich.			
3 = Stark beeinträchtigt; nicht alle Wörter leserlich.			
4 = Die Mehrzahl der Wörter ist unleserlich.			
9. Speisen schneiden und Umgang mit Utensilien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Etwas langsam und unbeholfen, aber keine Hilfe erforderlich.			
2 = Kann die meisten Speisen schneiden, jedoch unbeholfen und langsam; etwas Hilfe erforderlich.			
3 = Speisen müssen von jemandem geschnitten werden, kann aber noch langsam essen.			
4 = Muss gefüttert werden.			
10. Ankleiden		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Etwas langsam, aber keine Hilfe erforderlich.			
2 = Gelegentlich wird Hilfe beim Knöpfen oder beim Schlüpfen in die Ärmel benötigt.			
3 = Beträchtliche Hilfe erforderlich, kann aber manches alleine schaffen.			
4 = Hilftlos.			
11. Hygiene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Etwas langsam, aber keine Hilfe erforderlich.			
2 = Braucht beim Duschen und Baden Hilfe, oder bei Körperpflege sehr langsam.			
3 = Braucht beim Waschen, Zähnebürsten, Haareklimmen und beim Gang auf die Toilette Hilfe.			
4 = Foley-Katheter oder andere mechanische Hilfsmittel.			
12. Umdrehen im Bett und Bettwäsche zurechtziehen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Etwas langsam und unbeholfen, benötigt aber keine Hilfe.			
2 = Kann sich alleine, jedoch unter großen Schwierigkeiten umdrehen und die Bettwäsche zurechtziehen.			
3 = Beginnt, kann sich aber nicht alleine im Bett umdrehen oder die Bettwäsche zurechtziehen.			
4 = Hilftlos.			
13. Fallen (unabhängig von „Freezing“)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Kein.			
1 = Seltenes Fallen.			
2 = Gelegentliches Fallen, seltener als einmal pro Tag.			
3 = Fällt durchschnittlich einmal pro Tag.			
4 = Fällt häufiger als einmal pro Tag.			
14. „Freezing“ beim Gehen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.			
1 = Seltenes „Freezing“ beim Gehen; eventuell verzögerter Start.			
2 = Gelegentliches „Freezing“ beim Gehen.			
3 = Häufiges „Freezing“, Gelegentliches Fallen wegen „Freezing“.			
4 = Häufiges Fallen wegen „Freezing“.			
15. Gehen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.			
1 = Leichte Schwierigkeiten. Eventuell fehlendes Mitschwingen der Arme; eventuell Nachziehen eines Beins.			
2 = Mäßige Schwierigkeiten, benötigt jedoch wenig oder keine Hilfe.			
3 = Schwere Gehstörung, benötigt Hilfe.			
4 = Kann selbst mit Hilfe nicht mehr gehen.			
16. Tremor		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.			
1 = Leicht und selten auftretend.			
2 = Mäßig; für den Patienten lästig.			
3 = Stark; bei zahlreichen Aktivitäten hinderlich.			
4 = Ausgeprägt; bei den meisten Aktivitäten hinderlich.			
17. Sensorische Beschwerden in Verbindung mit dem Parkinson-Syndrom		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.			
1 = Gelegentliches Taubheitsgefühl, Kribbeln oder leichte Schmerzen.			
2 = Häufiges Taubheitsgefühl, Kribbeln oder Schmerzen, nicht störend.			
3 = Häufig schmerzhaftes Empfindungen.			
4 = Unerträgliche Schmerzen.			
→		II. Summe ON <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/>	

III. Motorische Untersuchung

18. Sprache	ON	OFF
0 = Normal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 = Leichte Abnahme von Ausdruck, Diktion und/oder Lautstärke.		
2 = Monoton, verwaschen, aber verständlich; mäßig beeinträchtigt.		
3 = Deutliche Beeinträchtigung, schwer zu verstehen.		
4 = Unverständlich.		
19. Gesichtsausdruck	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.		
1 = Minimale Hypomimie; könnte ein normales „Poker Gesicht“ sein.		
2 = Leichte, aber eindeutig abnorme Verminderung des Gesichtsausdruckes.		
3 = Mäßige Hypomimie; Mund zeitweise geöffnet.		
4 = Maskenhaftes oder erstarrtes Gesicht mit stark oder völlig fehlendem Ausdruck; der Mund steht mindestens $\frac{1}{2}$ cm offen.		
20. Ruhetremor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.		
1 = Leicht und selten vorhanden.		
2 = Geringe Amplitude und persistierend; oder mäßige Amplitude, aber nur intermittierend auftretend.		
3 = Mäßige Amplitude, die meiste Zeit vorhanden.		
4 = Große Amplitude, die meiste Zeit vorhanden.		
21. Aktions- oder Haltetremor der Hände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.		
1 = Leicht; bei Bewegung vorhanden.		
2 = Mäßige Amplitude; bei Bewegung vorhanden.		
3 = Mäßige Amplitude; bei Beibehalten der Haltung und bei Bewegung vorhanden.		
4 = Große Amplitude; beim Essen störend.		
22. Rigidität (Geprüft bei passiver Bewegung der großen Gelenke am sitzenden Patienten; das Zahnradphänomen kann ignoriert werden.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.		
1 = Leicht oder nur erkennbar bei Aktivierung durch spiegelbildliche oder andere Bewegungen.		
2 = Leicht bis mäßig.		
3 = Ausgeprägt, jedoch voller Bewegungsumfang erhalten.		
4 = Stark; Schwierigkeiten beim Ausführen aller Bewegungen.		
23. Fingerschleifen (Patient berührt in rascher Folge und bei größtmöglicher Amplitude, und mit jeder Hand gesondert, den Daumen mit dem Zeigefinger.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.		
1 = Leichte Verlangsamung und/oder Verringerung der Amplitude.		
2 = Mäßig eingeschränkt. Eindeutige und frühzeitige Ermüdung. Bewegung möglicherweise gelegentlich unterbrochen.		
3 = Stark eingeschränkt. Häufig verzögerter Start der Bewegungen oder Unterbrechung fortlaufender Bewegungen.		
4 = Kann die Aufgabe kaum ausführen.		
24. Handbewegungen (Patient öffnet und schließt die Hände in rascher Folge bei größtmöglicher Amplitude und mit jeder Hand gesondert.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0 = Normal.		
1 = Leichte Verlangsamung und/oder Verringerung der Amplitude.		
2 = Mäßig eingeschränkt. Eindeutige und frühzeitige Ermüdung. Gelegentliche Unterbrechung der Bewegung möglich.		
3 = Stark eingeschränkt. Häufig verzögerter Start der Bewegungen oder Unterbrechung fortlaufender Bewegungen.		
4 = Kann die Aufgabe kaum ausführen.		



III. Motorische Untersuchung

25. Rasch wechselnde Bewegungen der Hände
(Pronations/Supinationsbewegungen der Hände, vertikal oder horizontal, mit größtmöglicher Amplitude, beide Hände gleichzeitig)

ON OFF
☐ ☐ rechts
☐ ☐ links

0 = Normal.

1 = Leichte Verlangsamung und/oder Verringerung der Amplitude.

2 = Mäßig eingeschränkt. Eindeutige und frühzeitige Ermüdung. Gelegentliche Unterbrechung der Bewegung möglich.

3 = Stark eingeschränkt. Häufig verzögerter Start der Bewegungen oder Unterbrechung fortlaufender Bewegungen.

4 = Kann die Aufgabe kaum ausführen.

26. Beweglichkeit der Beine

(Der Patient klopft in rascher Folge mit der Ferse auf den Boden und hebt dabei das ganze Bein an. Die Amplitude sollte mindestens 10 cm betragen.)

☐ ☐ rechts
☐ ☐ links

0 = Normal.

1 = Leichte Verlangsamung und/oder Verringerung der Amplitude.

2 = Mäßig eingeschränkt. Eindeutige und frühzeitige Ermüdung. Gelegentliche Unterbrechung der Bewegung möglich.

3 = Stark eingeschränkt. Häufig verzögerter Start der Bewegungen oder Unterbrechung fortlaufender Bewegungen.

4 = Kann die Aufgabe kaum ausführen.

27. Vom Stuhl aufstehen

(Der Patient versucht mit vor der Brust verschränkten Armen von einem Holz- oder Metallstuhl mit gerader Lehne aufzustehen.)

☐ ☐

0 = Normal.

1 = Langsam; benötigt eventuell mehr als einen Versuch.

2 = Drückt sich an den Armlehnen hoch.

3 = Neigt zum Zurückfallen und muss es eventuell mehrmals versuchen, kann jedoch ohne Hilfe aufstehen.

4 = Kann ohne Hilfe nicht aufstehen.

28. Haltung

☐ ☐

0 = Normal aufrecht.

1 = Nicht ganz aufrecht, leicht vorgebeugte Haltung; könnte bei einem älteren Menschen normal sein.

2 = Mäßig vorgebeugte Haltung, eindeutig abnorm; kann leicht zu einer Seite geneigt sein.

3 = Stark vorgebeugte Haltung mit Kyphose; kann mäßig zu einer Seite geneigt sein.

4 = Ausgeprägte Beugung mit extrem abnormer Haltung.

29. Gang

☐ ☐

0 = Normal.

1 = Geht langsam, schlurft eventuell kleinschrittig, jedoch keine Festination oder Propulsion.

2 = Gehen schwierig, benötigt aber wenig oder keine Hilfe; eventuell leichtes Trippeln, kurze Schritte oder Propulsion.

3 = Starke Gehstörung, benötigt Hilfe.

4 = Kann überhaupt nicht gehen, auch nicht mit Hilfe.

30. Haltungseinstabilität

(Reaktion auf plötzliches Verlagern nach hinten durch Ziehen an den Schultern des Patienten, der mit geöffneten Augen und leicht auseinander stehenden Füßen gerade steht. Der Patient ist darauf vorbereitet.)

☐ ☐

0 = Normal.

1 = Retropulsion, gleicht aber ohne Hilfe aus.

2 = Fehlen einer Haltungsreaktion; würde fallen, wenn er nicht vom Untersucher aufgefangen würde.

3 = Sehr instabil; neigt dazu, spontan das Gleichgewicht zu verlieren.

4 = Kann nicht ohne Unterstützung stehen.



III. Motorische Untersuchung	
31. Bradykinesie und Hypokinesie des Körpers (Kombination aus Langsamkeit, Zögern, verminderten Mitbewegungen der Arme, geringe Bewegungsamplitude und allgemeiner Bewegungsarmut.)	ON <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/>
0 = Nicht vorhanden.	
1 = Minimale Verlangsamung. Bewegung wirkt beabsichtigt; könnte bei manchen Menschen normal sein. Möglicherweise verringerte Amplitude.	
2 = Leichte Verlangsamung und Bewegungsarmut, die eindeutig abnorm sind. Alternativ auch verringerte Amplitude.	
3 = Mäßige Verlangsamung und Bewegungsarmut oder Verringerung der Amplitude.	
4 = Ausgeprägte Verlangsamung, Bewegungsarmut oder Verringerung der Amplitude.	
III. Summe ON <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/>	

V. Modifizierte Stadienbestimmungen nach Hoehn und Yahr

		ON	OFF
Stadium 0	Keine Anzeichen der Erkrankung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stadium 1	Einseitige Erkrankung.		
Stadium 1,5	Einseitige und axiale Beteiligung.		
Stadium 2	Beidseitige Erkrankung ohne Gleichgewichtsstörung.		
Stadium 2,5	Leichte beidseitige Erkrankung mit Ausgleich beim Zugtest.		
Stadium 3	Leichte bis mäßige beidseitige Erkrankung; leichte Haltungsinstabilität; körperlich unabhängig.		
Stadium 4	Starke Behinderung; kann noch ohne Hilfe gehen oder stehen.		
Stadium 5	Ohne Hilfe auf den Rollstuhl angewiesen oder bettlägerig.		

VI. Modifizierte Schwab- und England-Skala der Aktivitäten des täglichen Lebens

		ON	OFF
100 %	Völlig unabhängig. Kann sämtliche Verrichtungen ohne Verlangsamung, Schwierigkeiten oder Behinderung ausführen. Völlig gesund. Keine Schwierigkeiten wahrgenommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
90 %	Völlig unabhängig. Kann sämtliche Verrichtungen mit geringer Verlangsamung, Schwierigkeiten oder Behinderung ausführen. Kann doppelt so lange dazu brauchen, Schwierigkeiten werden bewusst.		
80 %	Bei den meisten Verrichtungen völlig unabhängig. Braucht dafür doppelt so viel Zeit. Ist sich der Schwierigkeiten und Verlangsamung bewusst.		
70 %	Nicht völlig unabhängig. Bei manchen Verrichtungen größere Schwierigkeiten. Braucht für einige drei- bis viermal so lange. Muss einen großen Teil des Tages auf die Verrichtungen verwenden.		
60 %	Leichte Abhängigkeit. Kann die meisten Verrichtungen ausführen, jedoch äußerst langsam und unter großer Anstrengung; manchmal unmöglich; Fehler.		
50 %	Stärker abhängig. Braucht Hilfe bei der Hälfte der Verrichtungen, langsamer usw. Schwierigkeiten bei allem.		
40 %	Sehr abhängig. Kann bei sämtlichen Verrichtungen mithelfen, nur einige alleine ausführen, sehr langsam.		
30 %	Kann mit Anstrengung hin und wieder einige Verrichtungen alleine ausführen oder beginnen. Benötigt viel Hilfe.		
20 %	Kann nichts alleine tun. Kann bei manchen Verrichtungen etwas mithelfen. Stark behindert.		
10 %	Völlig abhängig, hilflos. Vollständig behindert.		
0 %	Vegetative Funktionen wie Schlucken, Blasen- und Stuhlentleerung sind ausgefallen. Bettlägerig.		

9. Literaturverzeichnis

Aktories K., Förstermann U., Hofmann F., Forth W.: *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*

9. Auflage, Urban & Fischer, München (2005)

Ashton-Miller J. Wojtys E., Huston L., Fry-Welch D.: *Can proprioception really be improved by exercise?*

Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 9 (2001): 128-136

Baldereschi M., Di Carlo A., Rocca W.A., Vanni P.: *Parkinson's disease and parkinsonism in a longitudinal study-Two-fold higher incidences in men*

Neurology 55 (2000): 1358-1363

Bergman H., Deuschl G.: *Pathophysiology of parkinson's disease: from clinical neurology to basic neuroscience and back*

Mov. Disord. 17 (2002), (Suppl. 3): 28-40

Bergman H., Wichman T., Karmon B., DeLong M.R.: *The primate subthalamic nucleus.II. Neuronal activity in the MPTP model of Parkinsonism*

J. Neurophysiol. 72 (1994): 507-19

Braak H., Rüb U., Braak E.: *Neuroanatomie des Morbus Parkinson*

Nervenarzt 71 (2000): 459-469

Bruce S., Schoenberg I.C.: *Descriptive Epidemiology of Parkinson's Disease: Disease Distribution and Hypothesis Formulation Advances*

Neurology 45 (1986): 277-283

Burleigh-Jacobs A., Horak F.B., Nutt J.G., Obeso J.A.: *Step initiation in Parkinson's disease: Influence of levodopa and external sensory triggers*

Mov. Disord. 12 (1997): 206-215

Carpenter M., Allum J., Honneger F.: *Directional sensitivity of stretch reflexes and balance corrections for normal subjects in the roll and pitch planes*

Exp. Brain. Res. 129 (1999): 93-113

Chastan, N., Cuong M. Bonneville F., Torny F., Bloch F., Westby M., Dormont D., Agid Y., Welter M.-L.: *Gait and Balance Disorders in Parkinson's Disease: Impaired Active Braking of the Fall of Centre of Gravity*
Movement Disorders Vol. 24, No. 2 (2009): 188-195

Collins J.J., De Luca C.J.: *Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories*
Exp. Brain. Res. 95 (1993): 308-318

Collins J.J., De Luca C.J., Burrows A., Lipitz L.A.: *Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms*
Exp. Brain. Res. 104 (1995): 480-492

Cordo P., Flores-Vieira, Verschueren, Inglis J., Gurfinkel V.: *Position Sensitivity of Human Muscle Spindles: Single Afferent and Population Representations*
J. Neurophysiol. 87 (2002): 1186-1195

Crenna I. Carpinella M. Rabuffetti M. Rizzone L. Lopiano M. Lanotte M. Ferrarin: *Impact of subthalamic nucleus stimulation on the initiation of gait in Parkinson's disease*
Exp. Brain. Res. 172 (2006): 519-532

Craig C.L., Marshall A.L., Sjöström M., Bauman A.E., Booth M.L., Ainsworth B.E., Pratt M., Ekelund U., Yngve A., Sallis J.F., Oja P.: *International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity.*
Med. Sci. Sports Exerc. 35 (2003): 1381-95

Deetjen P., Speckmann E., Hescheler J.: *Physiologie*
4. Auflage, Urban & Fischer, München (2005)

De Rijk, Launer, Berger: *Prevalence of Parkinson's disease in Europe: A collaborative study of population-based cohorts*
Neurology 54 (2000): 21-23

Elble R.J., Moddy C., Leffler K., Sinha R.: *The Initiation of Normal Walking*
Mov. Disord. 9 (1994): 139-146

Elble R.J., Cousins R., Leffler K., Hughes: *Gait initiation by patients with lower-half parkinsonism*
Brain (1996), 119, 1705-1716

Fimm V.: *Psychologische Testsysteme*
Psytest and its licensors, 2009

Fitzpatrick R., Burke D., Gandevia C.: *Loop gain of reflexes controlling human standing measured with the use of postural and vestibular disturbances*
J. Neurophysiol. (1996) 76: 3994-4008

Fitzpatrick R., McCloskey D.: *Stable human standing with lower-limb muscle afferents providing the only sensory input*
J. Physiol. (1994) 480: 145-161

Gerlach M., Reichmann H., Riederer P.: *Die Parkinson-Krankheit*
3. Auflage, Springer, Wien (2007)

Hass C.J., Waddell D.E., Fleming R.P., Juncos J.L., Gregor R.J.: *Gait Initiation and Dynamic Balance Control in Parkinson's Disease*

Hick C., Hick A.: *Intensivkurs Physiologie*
5. Auflage, Urban & Fischer, München (2006): 292-312

Halliday S.E., Winter D.A., Frank J.S., Palata A.E., Prince F.: *The initiation of gait in young, elderly, and Parkinson's subjects.*
Gait Posture 8 (1998): 8-14

Henry S., Fung J, Horak F.: *EMG response to maintain stance during multidirectional surface translations*
J. Neurophysiol. 80 (1999): 1939-1950

Horak F., MacPherson J.: *Postural orientation and equilibrium.*
Age and Ageing 35 (2006), (Suppl. 2): 207-211

Jahn K., Zwergal A.: *Imaging supraspinal locomotor control in balance disorders*
Restorative Neurology and Neuroscience 28 (2010): 101–110

Jahnsen H., Llinas R.: *Electrophysiological properties of guinea-pig thalamic neurones: an in vitro study*
J. Physiol. 349 (1984): 205-26

Jiang Y., Norman K.E.: *Effects of visual and auditory cues on gait initiation in people with Parkinson's disease*
Clinical Rehabilitation 20 (2006): 36-45

Kavounoudias A., Roll R., Roll J.: *From balance regulation to body orientation: two goals for muscleproprioceptive information processing?*
Exp. Brain. Res. (1999): 124: 80-88

Klinke R., Papa H.-C., Silbernagel S.: *Physiologie*
5. Auflage, Thieme, Stuttgart (2005): 627-784

Klockgether T.H.: *Mediakamentöse Behandlung der idiopathischen Parkinson-Krankheit*
Nervenarzt 74 (2003), (Suppl 1): 12-21

Latash, Mark L.: *Neurophysiological basis of movement*
2. Auflage, Human Kinetics (2008)

Mancini, M., Zampieri C., Carlson-Kuhta P., Chiari L., Horak, F.B.: *Ancipatory postural adjustments prior to step initiation are hypometric in untreated Parkinson's disease*
Eur. J. Neurol. 16(9) (2009): 1028-1034

Mann R.A., Hagy J.L., White V., Liddell D.: *The Initiation of Gait The Journal of Bone and Joint Surgery* 61 (1979): 232-239

Martin M., Shinberg M., Kuchibhatla M., Ray L., Carollo J.J., Schenkman M.L.: *Gait Initiation in Community – Dwelling Adults With Parkinson Disease: Comparison With Older and Younger Adults Without the Disease*
Phys. Ther. 82 (2002): 566-577

Massion J.: *Postural control system*

Curr. Opin. Neurobiol. (1994 Dec; 4(6)): 877-87

Mickelborough J., Van der Linden M.L., Tallis R.C., Ennos A.R.: *Muscle activity during gait initiation in normal elderly people*

Gait and Posture 19 (2004): 50-57

Morasso P.G., Schieppati M.: *Can muscle stiffness alone stabilize upright standing?*

J. Neurophysiol. 82 (1999): 1622-1626

Nelles G.: *Neurologische Rehabilitation*

Thieme, Stuttgart (2004): 260-266

Norrie R., Maki B., Staines W., McIlroy W.: *The time course of attention shifts following perturbation of upright stance*

Exp. Brain Res. (2002) 146: 315- 321

Oertel W., Schulz J.: *Parkinson – Syndrome In: Therapie und Verlauf neurologischer Erkrankungen*

4. Auflage Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart (2003)

Obeso J.A., Rodriguez-Oroz M.C., Rodriguez M., Macias R., Alvarez L., Guridi J.

Vitek J., DeLong M.R.: *Pathophysiologic basis of surgery for Parkinson's disease*

Neurology 55 (2000), (Suppl. 6): 7-12

Oldfield, R.C.: *The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory.*

Neuropsychologia 9 (1971): 97-113

Peterka R., Loughlin P.: *Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control*

J. Neurophysiol (2004) 91: 41-423

Riemann B., Lephart S.: *The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability*

J. Athl. Train. (2002) 37: 71-79

Riemann B., Lephart S.: *The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability*

J. Athl. Train. (2002) 37: 80-84

Rocchi L., Chiari L., Mancini M., Carlson-Kuhta P., Gross A., Horak F.B.: *Step initiation in Parkinson's disease: Influence of initial stance conditions*

Neuroscience Letters 406 (2006): 128–132

Rocchi L., Chiari L., Mancini M., Ferraresi G., Sensi M., Manca M., Chiari L.:

Influence of deep brain stimulation surgery on the initiation of gait in Parkinson's disease

Gait posture 28 (2008), (Suppl. 1): 25

Rohen: *Funktionelle Neuroanatomie*

6. Auflage, Schattauer, Stuttgart (2001): 96

Rosin R., Topka H., Dichgans J.: *Gait Initiation in Parkinson's Disease.*

Mov. Disord. 12 (1997): 682-690

Rowell und Shepherd J. (Hrsg.): *Handbook of Physiology. Exercise: Regulation and Integration of multiple Systems*

New York, Oxford (1996)

Rubinstein T., Giladi N., Hausdorff J.: *The power of Cueing to circumvent dopamine deficits: a review of physical therapy treatment of gait disturbances in Parkinson's disease*

Mov Disorder (2002), 1148-1160

Schaps K., Kessler O., Fetzner U.: *Querschnittsbereiche*

Springer, Heidelberg (2008): 166-167

Schmidt R.F., Lang F., Thews G. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen*

29. Auflage, Springer, Berlin (2005): 144-152

Schroeteler, F., Ziegler, K., Fietzek U.M., Ceballos-Baumann, A.: *Freezing während des Gehens*

Der Nervenarzt, Springer 2009

Schwarz, J., Storch A.: *Parkinson-Syndrome: Grundlagen, Diagnostik und Therapie (Klinische Neurologie)*
Kohlhammer, 2007

Van den Berg, F.: *Angewandte Physiologie 2*
2. Auflage, Thieme, Stuttgart (2005)

Waldeyer, Fanghänel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R.: *Anatomie des Menschen*
17. Auflage, deGruyter, Berlin (2003): 475

Witte H., Recknagel S.: *Ist die indirekte Posturographie mittels Kraftmeßplatten der direkten Posturographie durch Bewegungsanalyse gleichwertig? Eine physikalische Betrachtung*
Biomed. Technik 43 (1997): 280-283

10. Abkürzungsverzeichnis

A	Alarm
Abb.	Abbildung
ap	anterior-posterior
APA	anticipatory postural adjustment
al.	alii (lat.: andere)
ca.	circa
BMI	Bodymass Index
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
COM	Center of Mass
control	Kontrollgruppe
COP	Center of Pressure
d.h.	Das heißt
dPV	Deutsche Parkinsonvereinigung
E	eigeninitiativ
EPSP	Exzitatorisches postsynaptisches Potential
FOG	Freezing of Gait
FZ	Freezer
GABA	Gamma-aminobutyric acid
Gpe	Globus pallidus externus
Gpi	Globus pallidus internus
HIV	Humanes Immundefizit-Virus
HZ.	Hertz
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
IPS	Idiopathisches Parkinsonsyndrom
IPSP	Inhibitorisches postsynaptisches Potential
i. R.	in der Regel
L	links
lat.	lateinisch
LQ	Lateralitätsquotient
M.	Morbus
MET	metabolisches Äquivalent
min	Minute
ml	medio-lateral

MLR	mesencephale locomotorische Area
MPTP	1-Methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridin
ms	Millisekunde
mm	Millimeter
NFZ	Non-Freezer
NST	Nucleus subthalamicus
PMRF	Pons in der pontomedullären Formatio
reticularis	
R	rechts
rl	rechts-links
s	Sekunde
S.	Substantia
SLR	Subthalamus im lateralen
hypothalamischen Areal	
SMA	supplementär motorische Area
Snr	Substantia nigra pars reticularis
sog.	sogenannt
Snc	Substantia nigra
TAP	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
USB	Universal Serial Bus
UPDRS	Unified Parkinson's Disease Rating Scale
Vim	ventraler intermediärer Kern
z. B.	zum Beispiel

11. Danksagung

Herrn PD Dr. Kai Bötzel danke ich für die freundliche Überlassung des Themas, für seine engagierte Betreuung und für die überaus angenehme Zusammenarbeit. Seine Ideen und Impulse waren und sind mir stets von größtem Wert.

Zu großem Dank verpflichtet bin ich allen Probanden, die sich unermüdlich für die Versuche zur Verfügung gestellt und somit die Experimente erst ermöglicht haben. Ein besonderer Dank gilt Frau Daniela Sedunko, die mich tatkräftig bei allen Messungen unterstützt hat.

Weiterhin danken darf ich meinen Eltern, welche mir das Studium der Zahnmedizin ermöglicht haben und mir uneingeschränkt zur Seite standen.