



FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA



DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

**Seitenunterschiede bei Patienten mit unilateraler peripherer Fazialisparese:
Vergleich von Smartphone-Slow-Motion Videoaufnahmen der beiden
Gesichtshälften bei repetitiven Gesichtsbewegungen**

vorgelegt dem Rat der Medizinischen
Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena von

Patrik Dieler

geboren am 02.09.1994 in Würzburg

Gutachter

1. Univ. Prof. Dr. med. Orlando Guntinas-Lichius, Jena
2. Prof. Dr. med. Stephan Hackenberg, Aachen
3. Priv. -Doz. Dr. med. habil. Gerd Fabian Volk, Jena

Tag der öffentlichen Verteidigung: 05.03.2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis..... 3

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS..... 5

ZUSAMMENFASSUNG..... 7

1. EINLEITUNG..... 9

1.1 DER NERVUS FACIALIS..... 9

1.2 DIE MIMISCHE MUSKULATUR..... 9

1.3 FAZIALISPARESE..... 10

1.3.1 EPIDEMIOLOGIE..... 10

1.3.2 ÄTIOLOGIE & PATHOPHYSIOLOGIE..... 10

1.3.3 SYMPTOME DER ZENTRALEN UND PERIPHEREN FAZIALISPARESE 11

1.3.4 KLINISCHE DIAGNOSTIK & PROGNOSE..... 11

1.4 NUTZUNG VON VIDEOANALYSEN BEI FAZIALISPARESEN 15

1.5 NUTZUNG VON SMARTPHONES IN DER MEDIZIN, IM GESICHT UND BEI FAZIALISPARESEN..... 16

1.6 TELEMEDIZIN BEI PATIENTEN MIT FAZIALISPARESE..... 16

2. ZIELE DER ARBEIT 18

3. MATERIAL UND METHODEN..... 20

3.1 PATIENTEN- UND KONTROLLGRUPPE..... 20

3.1.1 DIE PATIENTENGRUPPE 20

3.1.2 DIE KONTROLLGRUPPE..... 21

3.2 DAS UNTERSUCHUNGSPROTOKOLL – ABLAUF UND DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG..21

3.3 ELEKTROMYOGRAPHISCHE MESSUNG DER MIMISCHEN MUSKULATUR 23

3.4 AUSWERTUNG DER DATEN..... 24

3.5 STATISTISCHE DATENAUSWERTUNG 31

4. ERGEBNISSE..... 33

4.1 BESCHREIBUNG DER STICHPROBEN 33

4.2 HYPOTHESE 38

4.2.1 LEICHTER AUGENSCHLUSS 38

4.2.1.1 BEWEGUNG LEICHTER AUGENSCHLUSS: KONTRAKTIONSPHASE (GEC1) 38

4.2.1.2 BEWEGUNG LEICHTER AUGENSCHLUSS: PLATEAUPHASE (GEC2)..... 39

4.2.1.3 BEWEGUNG LEICHTER AUGENSCHLUSS: RELAXATIONSPHASE (GEC3) 40

4.2.2 FESTER AUGENSCHLUSS..... 41

4.2.2.1 BEWEGUNG FESTER AUGENSCHLUSS: KONTRAKTIONSPHASE (FEC1)..... 41

4.2.2.2 BEWEGUNG FESTER AUGENSCHLUSS: PLATEAUPHASE (FEC2) 42

4.2.2.3 BEWEGUNG FESTER AUGENSCHLUSS: RELAXATIONSPHASE (FEC3)..... 43

4.2.3 LÄCHELN 44

4.2.3.1 BEWEGUNG LÄCHELN: KONTRAKTIONSPHASE (FSM1)..... 44

4.2.3.2 BEWEGUNG LÄCHELN: PLATEAUPHASE (FSM2)..... 45

4.2.3.3 BEWEGUNG LÄCHELN: RELAXATIONSPHASE (FSM3)..... 46

4.3 EXPLORATIVE SUB-GRUPPEN-ANALYSE..... 47

4.3.1 VERGLEICH DER SEITENDIFFERENZ DER DAUER: PATIENTENGRUPPE MIT AKUTER PARESE UND PATIENTENGRUPPE MIT CHRONISCHER PARESE MIT SYNKINESIEN	48
4.3.2 VERGLEICH DER SEITENDIFFERENZ DER DAUER DES LEICHTEN UND FESTEN AUGENSCHLUSSES: LIDSPALTENDIFFERENZ DER PATIENTENGRUPPE IN RUHE (KLEINERE LIDSPALTE AUF DER ERKRANKTEN GESICHTSHÄLFTE, GRÖßERER LIDSPALTE AUF DER ERKRANKTEN GESICHTSHÄLFTE, BEIDSEITIG GLEICHE LIDSPALTENDIFFERENZ)	50
4.3.3 VERGLEICH DER SEITENDIFFERENZ DER DAUER DES LEICHTEN UND FESTEN AUGENSCHLUSSES: PATIENTENGRUPPE MIT KOMPLETTEN- UND PATIENTENGRUPPE MIT INKOMPLETTEN AUGENSCHLUSS	53

5. DISKUSSION **55**

5.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	55
5.1.1 HYPOTHESE	55
5.2 METHODENKRITIK	56
5.2.1 VERSUCHAUFBAU	56
5.2.2 DATENAUSWERTUNG MIT DEM PROGRAMM ELAN	60
5.3 VERGLEICH DER ERGEBNISSE DER BEWEGUNGSANALYSE MIT DER LITERATUR	63
5.3.1 HYPOTHESE – LEICHTER UND FESTER AUGENSCHLUSS	63
5.3.2 HYPOTHESE - LÄCHELN	68
5.3.3 VERGLEICH DER BEWEGUNGSANALYSE DER SLOW-MOTION SMARTPHONE VIDEOAUFNAHMEN MIT DER LITERATUR ZUR VIDEOANALYSEN BEI FAZIALISPARESEN	69
5.4 VERALLGEMEINERUNG DER ERGEBNISSE DER VORLIEGENDEN ARBEIT UND BEDEUTUNG FÜR DIE KLINIK	71
5.5 AUSBLICK FÜR WEITERE ARBEITEN	72

6. SCHLUSSFOLGERUNG **73**

LITERATURVERZEICHNIS **74**

7. ANHANG **79**

7.1 DANKSAGUNG	79
7.2 LEBENS LAUF	80
7.3 EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	83

Abkürzungsverzeichnis

BTX	Botulinumtoxin
CI	Konfidenzintervall
EAR	Eye aspected Ratio
eFACE	clinician-graded facial function scale
EMG	Elektromyographie
FPS	Frames per second
Fec1	„Forced eye closure 1“, Muskelkontraktionsphase des festen Augenschlusses
Fec2	„Forced eye closure 2“, Plateauphase des festen Augenschlusses
Fec3	„Forced eye closure 3“, Muskelrelaxationsphase des festen Augenschlusses
Fsm1	„Forced smile 1“, Muskelkontraktionsphase des Lächelns
Fsm2	„Forced smile 2“, Plateauphase des Lächelns
Fsm3	„Forced smile 3“, Muskelrelaxationsphase des Lächelns
Gec1	„Gentle eye closure 1“, Muskelkontraktionsphase des leichten Augenschlusses
Gec2	„Gentle eye closure 2“, Plateauphase des leichten Augenschlusses
Gec3	„Gentle eye closure 3“, Muskelrelaxationsphase des leichten Augenschlusses
Gl.	Glandula
HD	High definition
JeFaPaTo	Jena Facial Palsy Tool
M.	Musculus
MI.	Mittelwert
Med.	Median
Mm.	Musculi
N.	Nervus
n	Anzahl
P	Wahrscheinlichkeit
P(bonf)	Bonferroni Korrektur
Q1	erstes Quartil
Q3	drittes Quartil
R.	Ramus

Res	„Resting state“, Ruhephase
SEM	Standardfehler
Sig.	signifikant
Sync	Synchronisationszeitpunkt

Zusammenfassung

Der technologische Fortschritt der in Smartphones verbauten Kameras ermöglicht es, mit geringem Aufwand bei gleichzeitig hoher Qualität Aufnahmen vom Gesicht in exzellenter räumlicher und zeitlicher Auflösung aufzuzeichnen. Damit ist die Schwelle, regelmäßig und z. B. im häuslichen Umfeld, optische Veränderungen zu dokumentieren, enorm gesunken. Somit eröffnete sich die Frage, ob diese technologische Innovation für die klinische Diagnostik verwendet werden kann, um Patienten mit Erkrankungen des Gesichts langfristig auch telemedizinisch über ein Smartphone nachverfolgen zu können. Mit Smartphones (Google Pixel 2, iPhone 8 und iPhone 10) wurden im Fazialis-Nerv-Zentrum des Universitätsklinikums Jena Slow-Motion Videoaufnahmen mit 240 frames per second (FPS) von 20 Patienten mit einer peripheren Fazialisparese und als Kontrolle Aufnahmen von 9 Probanden ohne Fazialisparese aufgenommen. Einzelne Bewegungen wie Lächeln, lockerer und fester Augenschluss wurden über 15- bis 20-mal wiederholt, dabei mit einem Smartphone aufgezeichnet, anschließend analysiert und quantifiziert. Parallel zu den Videoaufnahmen erfolgten Elektromyographie (EMG)-Untersuchungen. Die Bewegungsphasen wurden in fünf unterschiedliche Phasen unterteilt: Ruhephase, Kontraktionsphase, Plateauphase, Relaxationsphase und abschließende Ruhephase. Es wurden die Smartphone-Videoaufnahmen der Bewegungsphasen Kontraktion, Plateau und Relaxation des Lächelns, des leichten und festen Augenschlusses untersucht. Die Hypothese, dass die Seitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen zwischen Patienten- und Kontrollgruppe innerhalb eines Bewegungsablaufes (leichter Augenschluss (Gec), fester Augenschluss (Fec) und Lächeln (Fsm)) unterschiedlich ist, konnte überwiegend bestätigt werden: Die mittlere Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des leichten Augenschlusses (Gec1) war bei der Patientengruppe (Mittelwert \pm Standardfehler: $-0,126 \pm 0,019$ s) ausgeprägter als bei der Kontrollgruppe ($0,003 \pm 0,002$ s). Die Dauer von Gec1 war im Mittel länger auf der erkrankten Gesichtshälfte der Patientengruppe. Die mittleren Seitendifferenzen der Dauer der Plateauphase (Gec2) ($0,128 \pm 0,019$ s) und der Relaxationsphase (Gec3) ($0,06 \pm 0,015$ s) waren ebenfalls ausgeprägter bei der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (Gec2 Kontrollgruppe: $-0,005 \pm 0,002$ s; Gec3 Kontrollgruppe: $0,001 \pm 0,004$ s). Die Dauer der beiden Phasen war im Mittel kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte der Patientengruppe. Beim festen Augenschluss zeigte sich nur bei den Bewegungsphasen der Kontraktion (Fec1) (Patientengruppe $-0,035 \pm 0,014$ s;

Kontrollgruppe $0,006 \pm 0,002$ s) und der Relaxation (Fec3) (Patientengruppe $0,081 \pm 0,013$ s; Kontrollgruppe $0,003 \pm 0,002$ s) ein signifikant größerer Unterschied in der Seitendifferenz der Dauer im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Dauer von Fec1 war bei der Patientengruppe im Mittel länger auf der erkrankten Gesichtshälfte. Die Dauer von Fec3 der Patientengruppe war im Mittel kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte. Bei der Bewegungsanalyse des Lächelns zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Weiter wurde eine explorative Subgruppen-Analyse der Patientengruppe durchgeführt, wobei die Patienten nach Faktoren aufgeteilt wurden, welche die Dauer der einzelnen Bewegung beeinflussen könnte. Die Patienten wurden einerseits nach akuter und chronischer Fazialisparese mit oro-okulären Synkinesien aufgeteilt und verglichen. Des Weiteren wurden die Patienten nach der im Smartphone-Video sichtbaren Lidspaltendifferenz in Ruhe verglichen (drei Subgruppen: kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz). Weiter wurden Patienten mit kompletten leichten- oder festen Augenschluss mit Patienten mit inkompletten leichten- oder festen Augenschluss verglichen. Es zeigte sich nur bei der Subgruppen-Analyse der Lidspaltendifferenzen signifikante Unterschiede. Die Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit größerer Lidspalte war bei der Kontraktions- und Plateauphase des leichten (Gec1: $-0,258 \pm 0,001$ s; Gec2: $0,257 \pm 0,004$ s) und festen Augenschlusses (Fec1: $-0,056 \pm 0,006$ s; Fec2: $0,061 \pm 0,004$ s) ausgeprägter als bei der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte (Gec1: $-0,093 \pm 0,023$ s; Gec2: $0,105 \pm 0,022$ s; Fec1: $-0,015 \pm 0,01$ s; Fec2: $-0,016 \pm 0,017$ s). Weiter zeigte sich eine signifikant größerer Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit größerer Lidspalte bei der Kontraktions- und Plateauphase des leichten Augenschlusses im Vergleich zur Patientengruppe mit beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz (Gec1: $-0,125 \pm 0,026$ s; Gec2: $0,12 \pm 0,026$ s). Mit Ausnahme von Fec2 der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte, war die Kontraktionsphase im Mittel länger, wobei die Plateau- und Relaxationsphase durchschnittlich kürzer ausfiel. Diese Arbeit zeigt, dass kleinste Veränderungen innerhalb eines Bewegungsablaufes mit hochauflösenden Smartphone-Videoaufnahmen erfasst werden können. Dies könnte helfen, die Effektivität der Therapien zu überprüfen, Entscheidung für weitere Therapien zu treffen und ggf. Aussagen zur Prognose zu verbessern. Diese Arbeit gibt zusätzliche Hinweise für telemedizinische Methoden und Alternativen für die klinische Diagnostik und Therapie.

1. Einleitung

Die Fazialisparese ist eine der häufigsten Paresen eines Hirnnervs. Mit einer abgeschwächten Funktion oder einem totalen Ausfall des Nervus (N.) facialis sind wesentliche Einschränkungen des täglichen Lebens verbunden. So kann eine beeinträchtigte Funktion der Motilität der Gesichtsmuskulatur eine soziale und psychologische Belastung für die betroffenen Patienten sein. Die Diagnose der peripheren Fazialisparese beinhaltet vorwiegend die klinische Untersuchung der mimischen Gesichtsmuskulatur. Qualitativ hochwertige Videoanalysen sind bereits Bestandteil der Schweregradeinteilung der Parese und der Verlaufskontrolle bei orofazialer Therapie (Kapitel 1.4). Aufgrund der guten Verfügbarkeit der qualitativ hochwertigen Slow-Motion Videoaufnahmen durch Smartphones warf dies die Frage auf, ob Bewegungsanalysen bei Patienten mit Fazialisparese mit Smartphone-Videoaufnahmen möglich und diese im Hinblick auf Diagnostik und Therapie hilfreich sein können. In diesem Kapitel der Arbeit werden einerseits relevante anatomische Grundlagen sowie das klinische Bild und diagnostische Methoden der Fazialisparese erläutert. Weiter wird in diesem Kapitel auf Bild- und Videoanalysen bei peripherer Fazialisparese, Nutzung von Smartphones in der Medizin und Telemedizin eingegangen.

1.1 Der Nervus facialis

Der N. facialis ist der siebte Hirnnerv, welcher motorische und durch den angelagerten N. intermedius parasymphatische, sensorische und sensible Nervenfasern führt. Er gehört zu den Kiemenbogennerven und entsteht aus dem Nerven des zweiten Pharyngealbogens (Nguyen und Duong 2021). Die Kontraktion der mimischen Muskulatur, des Musculus (M.) stapedius, des Venter posterior des M. digastricus und des M. stylohyoideus, die Sekretion der Glandula (Gl.) submandibularis, Gl. lacrimalis und Gl. sublingualis sowie der Schmecksinn auf den vorderen zwei Dritteln der Zunge werden durch den N. facialis ermöglicht (Nguyen und Duong 2021).

1.2 Die mimische Muskulatur

Das System der mimischen Muskulatur setzt sich aus insgesamt 23 Muskeln zusammen (Zilles und Tillmann 2010). Der Ursprung der mimischen Muskeln liegt an Knorpel oder Knochen, jedoch setzen sie mit ihren elastischen Sehnen an die Subcutis oder Dermis an und sind, bis auf den M. buccinator, von keiner Faszie umgeben. Bei

Kontraktionen der mimischen Muskulatur kommt es zu Hautverschiebungen und gleichzeitiger Entstehung von Hautfalten, wodurch unsere individuellen mimischen Gesichtsausdrücke entstehen. Eine weitere Aufgabe der mimischen Muskulatur ist die Schutzfunktion. Durch die Kontraktion des M. orbicularis oculi kommt es zum Verschluss der Lidspalte, wodurch das Auge vor Fremdkörpern geschützt werden kann. Der Augenschluss verhindert das Austrocknen von Konjunktiva und Cornea durch die ständige Erneuerung des Tränenfilms. In dieser Arbeit wurden drei unterschiedliche mimische Bewegungen untersucht: Der leichte Augenschluss, der feste Augenschluss und das Lächeln. Der leichte und feste Augenschluss wird durch die Pars orbitalis und Pars palpebralis des M. orbicularis oculi erzeugt. Der dazugehörige Gegenspieler ist der vom N. oculomotorius innervierte M. levator palpebrae superioris, welcher das Oberlid anhebt und oben hält. Das Lächeln wird durch Aktivierung verschiedener Muskelgruppen erzeugt: M. risorius, M. levator anguli oris, M. zygomaticus major und minor.

1.3 Fazialisparese

1.3.1 Epidemiologie

Die periphere Fazialisparese ist die häufigste Erkrankung eines Hirnnerv (Pothiawala und Lateef 2012). Plumbaum et al. fanden eine Inzidenz der akuten peripheren Fazialisparese von 22,8 pro 100.000 Einwohnern im Bundesland Thüringen (Plumbaum et al. 2017).

1.3.2 Ätiologie & Pathophysiologie

Abhängig von der Lokalisation, der Schwere und in Bezug auf die Dauer wird sie eingeteilt in zentral oder peripher, komplett oder inkomplett, passager oder permanent. Die Ursachen einer peripheren Fazialisparese sind vielfältig. Eine periphere Fazialisparese tritt am häufigsten idiopathisch auf, auch als Bellsche Parese bezeichnet. Traumatisch bedingte Fazialisparesen sind oft Folge von otobasalen Frakturen. Die entzündliche Genese ist meist viral bedingt (z. B. Herpes-simplex-Virus (HSV), Varizella-Zoster-Virus und Humanes-Immundefizienz-Virus), kann aber auch bakterieller (z. B. Borrelien) oder autoimmuner Genese sein. Differentialdiagnostisch sind Neoplasien (Schwannome, Meningeome oder maligne Tumoren) und metabolische Ursachen (Diabetes mellitus, Schwangerschaft) in Betracht zu ziehen (Heckmann et al. 2019). Pathophysiologisch wird derzeit die Reaktivierung einer HSV-

Infektion oder eine zellvermittelte autoimmune Entzündung als wichtigste ursächliche Faktoren für die idiopathische Fazialisparese diskutiert (Zhang et al. 2020).

1.3.3 Symptome der zentralen und peripheren Fazialisparese

Eine zentrale Fazialisparese kann durch Läsionen im supranukleären Verlauf des Tractus corticonuclearis zu einem der beiden Nuclei nervi facialis bedingt sein (Guntinas-Lichius und Sittel 2004). Bei einer zentralen Fazialisparese ist keine Funktionsbeeinträchtigung der Stirn- und Lidmuskulatur zu beobachten, während es zu einer Lähmung der restlichen mimischen Muskulatur der kontralateralen Seite kommt. Der Teil des Kerngebiets des N. facialis, der die Stirn- und Lidmuskulatur innerviert, wird von beiden Hirnhemisphären versorgt (Mumenthaler 1974). Die periphere Fazialisparese zeichnet sich durch eine Schädigung im Kerngebiet oder im weiteren Verlauf des N. facialis aus. Läsion und Lähmung sind hier auf der ipsilateralen Seite zu finden. Die Parese zeigt sich variabel, sowohl komplett als auch inkomplett, und es müssen nicht alle mimischen Muskeln betroffen sein. Der Nerv enthält sowohl motorische als auch parasympathische, sensorische und sensible Funktionen, sodass abhängig von der Läsionshöhe neben der Lähmung der mimischen Muskulatur auch weitere charakteristische Leitsymptome auftreten können, wie retroaurikuläre Schmerzen, Sensibilitätsstörungen, Schmeckstörung und seltener Hyperakusis (Heckmann et al. 2019).

1.3.4 Klinische Diagnostik & Prognose

Die klinische Diagnostik der peripheren Fazialisparese beinhaltet vorwiegend die Untersuchung der mimischen Muskulatur. Eine Verlaufsdiagnostik bei Patienten mit peripherer Fazialisparese nach eingeleiteter Therapie ist mit verschiedenen Rating-Systeme möglich, wie dem House-Brackmann-Grading System (House und Brackmann 1985, Reitzen et al. 2009), dem Stennert Parese Index (Stennert et al. 1977, Guntinas-Lichius und Sittel 2004), dem Facial Nerve Grading System 2.0 (Vrabec et al. 2009), dem Sunnybrook Facial Grading System (Ross et al. 1996) oder der electronic clinician-graded facial function scale (eFACE) (Banks et al. 2015). Diese Ratingsysteme dienen der Bewegungsanalysen der Gesichtsmuskulatur und der Einteilung des Schweregrades der Fazialisparese, wonach komplette von inkompletten Fazialisparenen unterschieden werden (May und Klein 1991, Peitersen 2002, Guntinas-Lichius und Sittel 2004, Finsterer 2008). Unter einer kompletten

Parese versteht man einen kompletten Ausfall der von der Parese betroffenen Muskulatur, entsprechend einem House-Brackmann-Scoring Grad VI (Linder et al. 2010). Eine inkomplette Parese entspricht somit einem House-Brackmann-Scoring Grad I bis V (Tabelle 1.1). Weiter kann die Parese zeitlich nach akuter (bis sechs Monaten nach Auftritt der Parese) oder chronischer Fazialisparese (sechs Monaten oder mehr nach Beginn der Parese), mit oder ohne Synkinesien, eingeteilt werden (Robinson und Baiungo 2018). Bei einer akuten Parese resultiert eine hypotonische Muskulatur im Ruhezustand (Guerreschi und Labbé 2019). Dabei kommt es zu einer Vergrößerung der Lidspalte auf der paretischen Gesichtshälfte. Aufgrund der hypotonischen Muskulatur kann die akute Parese auch als schlaaffe Parese bezeichnet werden. Dabei werden sowohl inkomplette als auch komplette schlaaffe Paresen unterschieden (Greene et al. 2020).

Synkinesien zeigen definitionsgemäß bei einer willkürlichen Bewegung der mimischen Muskulatur gleichzeitige unwillkürliche Kontraktionen weiterer mimischer Muskulatur (Krane und Loyo 2018). Darüber hinaus kann es bei chronischen Fazialispareesen zu weiteren Defektheilungen kommen, welche die Willkürmotorik der mimischen Muskulatur beeinflussen. Dazu zählt ein Hypertonus der paretischen Muskulatur (Grosheva 2014), der sich z. B. als Blepharospasmus manifestieren kann (Guerreschi und Labbé 2019). Unter Blepharospasmus versteht man einen krampfartigen Lidschluss in Ruhe (Borodic und Cozzolino 1989, Coscarelli 2010), der zu einer Verkleinerung der Lidspalte führt.

Der Stennert-Index klassifiziert einerseits den Ruhetonus, andererseits die Motilität der paretischen Muskulatur (Stennert et al. 1977) (Tabelle 1.2). Je höher der Stennert Index, desto ausgeprägter ist der Schweregrad der Parese. Ein Kriterium des Ruhetonus ist die Lidspaltendifferenz, wobei bei einer Differenz von drei mm und mehr ein Punkt vergeben wird. Bei der Motilität wird u. a. der Rest-Lidspalt bei leichtem und festem Augenschluss beurteilt. Ist ein Rest-Lidspalt zu erkennen, wird dies mit jeweils einem Punkt bewertet. Für den Ruhetonus können maximal vier Punkte, für die Motilität maximal sechs Punkte vergeben werden. Je höher die Anzahl der vergebenen Punkte ist, desto schwerwiegender ist der Grad der Parese.

Tabelle 1.1 House-Brackmann Grading System zur Beurteilung der Fazialisparese (House und Brackmann 1985).

Grade	Definition
I Normal	Normale Funktion in allen Bereichen
II Milde Dysfunktion	Insgesamt: leichte Schwäche wahrnehmbar bei genauer Inspektion; leichte Synkinesien können auftreten
	Ruhetonus: Komplette Symmetrie
	Motilität Stirn: moderate bis gute Funktion
	Motilität Auge: kompletter Lidschluss mit minimaler Anstrengung
	Motilität Mund: bei Bewegung leichte Asymmetrie
III Moderate Dysfunktion	Insgesamt: sichtbare, aber nicht entstellende Differenz zwischen beiden Seiten, Synkinesien wahrnehmbar, Kontraktion und / oder hemifazialer Spasmus
	Ruhetonus: Asymmetrie
	Motilität Stirn: leichte bis moderate Bewegung
	Motilität Auge: kompletter Lidschluss mit Anstrengung
	Motilität Mund: bei maximaler Anstrengung leichte Asymmetrie
IV Mittelschwere Dysfunktion	Insgesamt: sichtbare Schwäche und / oder entstellende Asymmetrie
	Ruhetonus: Asymmetrie
	Motilität Stirn: keine
	Motilität Auge: inkompletter Lidschluss
	Motilität Mund: bei maximaler Anstrengung deutliche Asymmetrie
V Schwere Dysfunktion	Insgesamt: nur gerade wahrnehmbare Bewegung
	Ruhetonus: Asymmetrie
	Motilität Stirn: keine
	Motilität Auge: inkompletter Lidschluss
	Motilität Mund: nur leichte Bewegung
VI Totale Paralyse	Insgesamt: keine Bewegung

Tabelle 1.2 Stennert Parese Index zur Beurteilung der Fazialisparese (Stennert et al. 1977).

		Kein Punkt	Je 1 Punkt
Ruhetonus	Lidspalten-Differenz	< 3 mm	3 mm und mehr
	Ektropion	nein	ja
	Nasolabial-Falte verstrichen (sofern auf gesunder Seite ausgebildet)	nein	ja
	Mundwinkeltiefstand	< 3 mm	3 mm und mehr
Motilität	Stirnrunzeln (Faltenbildung bzw. Heben der Augenbrauen) [>50%]	möglich	nicht möglich
	Rest-Lidspalt in Schlaf-Haltung	nein	ja
	Rest-Lidspalt bei maximaler Innervation	nein	ja
	Zähne zeigen Eckzahn oben und unten	sichtbar	nicht sichtbar
	Zähne zeigen zweiter Schneidezahn oben in ganzer Breite	sichtbar	nicht sichtbar
	Mundspitzen (Abstandsverkürzung Filtrum- Mundwinkel gegenüber der gesunden Seite)	50 % und mehr	< 50 %
		Parese-Index (Ruhe/Motilität):	

In weiteren Studien wird beschrieben, dass der Nachweis einer degenerativen Läsion mit Elektroneurographie- und EMG-Untersuchung das Outcome zuverlässiger prognostizieren kann als die oben beschriebenen Rating-Systeme (Grosheva und Guntinas-Lichius 2007; Urban et al. 2020). Die Fazialisparese besitzt eine variable Prognose: Mit einer vollständigen Erholung nach 6–9 Monaten ist bei circa 70-77 % der Patienten zu rechnen (Peitersen 1982 und Volk et al. 2013). In der Arbeit von Urban et al. zeigte sich bei Patienten mit Bellscher Parese nach einem follow-up von 6.3 ± 14.6 Monaten eine Verbesserung der Parese in 89.7% der Fälle, wobei es bei 54.9% zur kompletten Heilung während der Nachbeobachtungszeit kam (Urban et al. 2020).

Bei den nicht idiopathischen Fazialispareesen zeigte sich nur bei 39.8% eine komplette Heilung der Fazialisparese (Geißler et al. 2021).

1.4 Nutzung von Videoanalysen bei Fazialispareesen

Über die Nutzung von Videoanalysen bei Patienten mit Fazialispareesen ist in der Literatur häufig berichtet. Das electronic clinician-graded facial function scale (eFACE) ist ein Programm zur Auswertung von Videoaufnahmen des Gesichtes zur Einteilung des Schweregrades einer unilateralen Fazialisparese. eFACE besteht aus insgesamt 16 Skalen innerhalb einer visuellen Analogskala, mit deren Hilfe über drei Parameter die Statik, Dynamik und synkinetische Bewegung betrachtet werden kann. 0 Punkte entsprechen einer extremen Malposition der Statik, einem totalen Fehlen der Dynamik, sowie einer extremen Synkinesie (Banks et al. 2015). Es finden sich weitere Berichte zur Untersuchung und Beurteilung von Fazialispareesen durch Videoaufnahmen. Diese beschäftigten sich mit Patienten mit zentraler Fazialisparese bei Zustand nach ischämischem Hirninfarkt. Die Autoren verfolgten durch Videoaufnahmen den Verlauf und die Veränderungen der Fazialisparese bei gleichzeitiger orofazialer Therapie. In deren Studie wurde unter anderem durch zweidimensionale Videoanalyse festgestellt, dass die orofaziale Rehabilitationstherapie nach vier Wochen bei Patienten einen signifikanten Einfluss auf die Gesichtsausdrücke, die mentale Stärke und die Lebensqualität habe (Konecny et al. 2014). Monini et al. fertigten Videoaufnahmen von Patienten mit Fazialisparese an mit dem Ziel, eine objektive Messmethode des Schweregrades der Bellschen Parese zu etablieren (Monini et al. 2017). In einer weiteren Arbeit von Volk et al. wurden mit Webcam-Videoaufnahmen parallel zu einem für die Patienten mit akuter und chronischer Fazialisparese sichtbaren Video-Tutorial die interrater, intrarater und Retest Reliabilität des Schweregrades der Fazialisparese anhand des House-Brackmann Grading Systems, dem Sunnybrook Grading System und dem Facial Nerve Grading System 2.0 überprüft. Es zeigte sich eine hohe intra- und interrater Reliabilität der Videoanalyse und Beurteilung durch die drei oben genannten Grading Systemen. Die Retest Reliabilität zeigte bei beiden Gruppen eine hohe Korrelation. Schlussfolgernd betonen die Autoren, dass die Reliabilität der Schweregradeinteilung der Fazialisparese anhand der Videoanalyse sehr gut sei und empfehlen diese Diagnostik in den klinischen Alltag zu integrieren (Volk et al. 2019).

1.5 Nutzung von Smartphones in der Medizin, im Gesicht und bei Fazialisparesen

Smartphones werden im medizinischen Umfeld bereits seit mehreren Jahren angewandt. So bietet z. B. die deutsche Telekom seit 2011 das „VitaDock-System“ an, welches mehrere Medizinprodukte umfasst, die mit einem Smartphone kompatibel seien: Eine Waage (TargetScale), ein Blutzucker-Messmodul (GlucuDock), ein Blutdruck Messmodul (CardioDock) und ein Infrarot-Thermometer Modul (ThermoDock). Sämtliche Komponenten seien nach dem Medizinproduktegesetz zertifiziert (Krüger-Brand 2011). Weiter tragen Gesundheits- und Fitness Apps zu einem präventivmedizinischen gesunden Lebensstil bei, zum Beispiel durch Unterstützung des Patienten bei sportlicher Aktivität, Diäten und Stressabbau (Higgins 2016). Die Videofunktion von Smartphones wird beispielsweise in der Arbeit von Finkbinder et al. im Rahmen einer Video-Bewegungsanalyse des Gangs genutzt (Finkbinder et al. 2017). Weiter wird die Slow-Motion Smartphone Videoanalyse bei Kindern mit zerebraler Parese eingesetzt, um Gang-Abnormalitäten zu identifizieren (Aroojis et al. 2021). Für Patienten mit Fazialisparese nutzt eine weitere Arbeit auch die Videofunktion des Smartphones. Mit einer Face-ID Software wird der Schweregrad der Parese eingeteilt. Diese Smartphone-App soll für ein Fazialstraining weiterentwickelt werden. Hierbei sollten strukturierte Übungen für die mimische Muskulatur im Sinne eines neuromuskulären Trainings mit visuellem Feedback über die Frontkamera des Smartphones bieten (Taeger et al. 2021).

1.6 Telemedizin bei Patienten mit Fazialisparese

Durch die Covid-19 Pandemie erhielt die Telemedizin sowohl diagnostisch als auch therapeutisch eine zunehmende Bedeutung und wird laut WHO als ein Hilfsmittel zur „Heilung auf Distanz“ bezeichnet (WHO 2010). Telemedizin ist ein telekommunikatives Hilfsmittel in der Medizin zur Diagnostik und Therapie (Turkstra et al. 2012). Aufgrund der verordneten Hygienemaßnahmen, wie Maskenpflicht und ein Mindestabstand von 1,5 Metern, war es nicht mehr möglich, die Patienten im gleichen qualitativen Umfang zu untersuchen wie zuvor, was die Medizin vor neuen Herausforderungen stellte (WHO 2019). In einigen medizinischen Fachbereichen ist die Telemedizin bereits fester Bestandteil der Diagnostik und Therapie, was sich in einer geringeren Hospitalisierungsrate und somit verkürzter Krankenhausaufenthaltsdauer widerspiegelt. Weiter zeigt sich eine gesteigerte Lebensqualität nach telemedizinischer Therapie (Polisena et al. 2010, Lundell et al. 2015). Durch den technologischen

Fortschritt der telemedizinischen Möglichkeiten könnten somit geographische und infrastrukturelle Probleme überwunden werden (Tan et al. 2019). Bewegungsanalysen durch Smartphone-Videoaufnahmen bei Patienten mit Fazialisparese wurden bisher noch nicht veröffentlicht. Dies warf die Frage auf, ob Smartphone Videoaufnahmen zur Bewegungsanalytik bei Patienten mit Fazialisparese dienen können und ob dies im Hinblick auf Diagnostik und Therapie hilfreich sein könnte. Im Fazialis-Nerv-Zentrum des Universitätsklinikums Jena werden mit Smartphones Slow-Motion Videoaufnahmen von Patienten mit peripherer Fazialisparese aufgenommen. Einzelne Bewegungen werden analysiert und quantifiziert. Dabei soll die Reliabilität der Messung, die inter- und intraindividuelle Variabilität der mimischen Bewegungen untersucht werden. In dieser Arbeit wurde die Dauer der verschiedenen Bewegungsphasen bei Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese untersucht und mit einer gesunden Kontrollgruppe ohne Fazialisparese verglichen.

2. Ziele der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Zuverlässigkeit der Messungen von mimischen Bewegungen mit einem Smartphone bei Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese zu analysieren und mit einer gesunden Kontrollgruppe zu vergleichen. Dabei wurde die Gesichtsseitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen Kontraktion, Plateau und Relaxation auf der kontralateralen und paretischen Gesichtshälfte bei Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese untersucht und mit der Gesichtsseitendifferenz der Dauer der gleichen Bewegungsphasen der linken und rechten Gesichtshälfte einer Kontrollgruppe ohne Fazialisparese verglichen.

Es wurden folgende Hypothese untersucht:

Die Seitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen zeigt mithilfe der Slow-Motion Smartphone-Videoaufnahmen Unterschiede bei der Patienten- und Kontrollgruppe bei den verschiedenen Phasen innerhalb eines Bewegungsablaufes (leichter Augenschluss (Gec)/fester Augenschluss (Fec)/Lächeln (Fsm)).

Es wurde untersucht, ob ein signifikanter Unterschied in der Gesichtsseitendifferenz der Dauer zwischen der Patienten- und Kontrollgruppe bei den verschiedenen Bewegungsphasen innerhalb eines Bewegungsablaufes (leichter Augenschluss, fester Augenschluss und Lächeln) besteht. Weiter wurde eine explorative Subgruppen-Analyse der Patientengruppe durchgeführt, um mögliche beeinflussbare Faktoren der Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer der verschiedenen Bewegungen zu identifizieren. Dabei wurde die Patienten in folgende Subgruppen aufgeteilt:

1. Patientengruppe mit akuter Fazialisparese im Vergleich zur Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese mit oro-okulären Synkinesien.
2. Im Smartphone-Video sichtbare Lidspaltendifferenz der Patientengruppe in Ruhe (drei Sub-Gruppen: kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz).
3. Patientengruppe mit kompletten leichten- oder festen Augenschluss im Vergleich zur Patientengruppe mit inkompletten leichten- oder festen Augenschluss.

Diese Arbeit soll ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Bildanalyse von mimischen Bewegungen bei Patienten mit Fazialisparese leisten.

3. Material und Methoden

Die Studie wurde durch die Ethikkommission (4665-01/16) genehmigt. Die Verwendung von Slow-Motion Smartphone-Videoaufnahmen in Zusammenhang mit peripherer Fazialisparese wurde im Fazialis-Nerv-Zentrum des Universitätsklinikums Jena untersucht. Gleichzeitig erfolgten EMG-Untersuchungen der paretischen Gesichtshälfte. Slow-Motion Videoaufnahmen von Patienten mit einer unilateralen peripheren Fazialisparese wurden mit kommerziellen Smartphones (Kapitel 3.2) aufgenommen. Einzelne mimische Bewegungen wie Lächeln, lockerer und fester Augenschluss wurden 15-20-mal wiederholt und diese Bewegungen anschließend analysiert. In diesem Kapitel der Arbeit werden relevante Materialien und Methoden der Studie und die Auswertung der Bewegungsanalyse bei Patienten mit peripherer Fazialisparese und der Kontrollgruppe beschrieben. Es umfasst die Beschreibung der Stichprobe, die Datenerhebung und der Datenauswertung.

3.1 Patienten- und Kontrollgruppe

3.1.1 Die Patientengruppe

Aus dem Gesamtpatientenkollektiv von 29 Patienten mit peripherer Fazialisparese, welche bereits eine Smartphone-Videoaufnahme im Fazialis-Nerv-Zentrum im Zeitraum von Oktober 2019 bis Dezember 2019 erhielten, wurden Daten von 20 geeigneten Patienten für die Bewegungsanalyse eingeschlossen. Einschlusskriterien waren die klinische Diagnose einer bestätigten peripheren Fazialisparese, ein Mindestalter von 18 Jahren und eine schriftliche Zustimmung zur Untersuchung. Bei den ausgewählten Patienten handelte es sich um elf Frauen und neun Männer mit einem Durchschnittsalter von 53 ± 16 Jahren (Spannweite 18 bis 77 Jahre). Zusätzlich zu den Smartphone Videoaufnahmen erfolgten elektromyographische Messungen der Patientengruppe, um die Rolle der elektromyographischen Befunde in der Verlaufsdagnostik der Fazialisparese in weiteren Studien zu untersuchen. Zwei Patienten wurden aus der Analyse des Lächelns ausgeschlossen, da sie die Bewegung des Lächelns auf der erkrankten Gesichtshälfte nicht ausführen konnten. Ein weiterer Patient wurde aus der Analyse des leichten und festen Augenschlusses ausgeschlossen, da dieser eine isolierte Parese des Ramus (R.) marginalis mandibulae hatte (Abschnitt 4.1).

3.1.2 Die Kontrollgruppe

Aus dem Gesamtkollektiv der Kontrollgruppe von 16 Probanden ohne Fazialisparese wurden zehn Probanden für die Bewegungsanalyse ausgewählt. Ein Proband davon musste aufgrund einer kognitiven Beeinträchtigung zum Untersuchungszeitpunkt von der Datenanalyse ausgeschlossen werden, da es zu einer Fehlinterpretation der auszuführenden Bewegungen kam. Die Daten von neun geeigneten Probanden, fünf weiblichen und vier männlichen Probanden, welche nach Alter, Geschlecht und zusätzlichen Komorbiditäten der Patientengruppe mit einer peripheren Fazialisparese vergleichbar waren, wurden analysiert. Das Durchschnittsalter betrug 49 ± 18 Jahre (Spannweite 23 - 71 Jahre). Die Smartphone-Videoaufnahmen der Kontrollgruppe erfolgten im Zeitraum von Mai 2021 bis Juli 2021 ebenfalls im Fazialis-Nerv-Zentrum Jena anhand des gleichen Untersuchungsablaufes und leicht modifiziertem Untersuchungsaufbaus, der im Abschnitt 3.2 näher beschrieben wird. Bei der Untersuchung der Kontrollgruppe wurde auf eine Elektrodiagnostik verzichtet. Kontroll- und Patientengruppe wurden umfassend über die Untersuchung und den Untersuchungsablauf aufgeklärt. Die Probanden erhielten einen Informations- und Einverständnisbogen, welcher vor der Untersuchung datiert und vom Probanden unterschrieben wurde.

3.2 Das Untersuchungsprotokoll – Ablauf und Durchführung der Untersuchung

Die Methodik zur Dokumentation und Aufzeichnung des Untersuchungsablaufes wurde bereits im Fazialis-Nerv-Zentrum des Universitätsklinikums seit 2019 etabliert und verwendet. Die Studienteilnehmer wurden frontal sitzend mit einer 0,7 Meter entfernten und mit einer am Stativ (Manfrotto Element M2 Kamera- und Handystativ, Manfrotto, Cassola, Italien) befestigten horizontal eingestellten Google Pixel 2 Kamera (Google LLC, Mountain View, Cal, USA), einer iPhone 8 oder einer iPhone 10 Kamera (Apple Distribution, Internation Ltd., Hollyhill Industrial Estate, Hollyhill Cork, Republic of Ireland) aufgezeichnet (Abbildung 3.1). Die Höhe des Stativs wurde nach der Größe der Probanden so eingestellt, sodass die Smartphone-Videoaufnahmen in einem 20 Grad-Winkel von unten erfolgten. Es wurde nach der Verfügbarkeit des jeweiligen Smartphones entschieden, welches Smartphone für die Aufnahmen genutzt wurde. Die Videoaufnahmen erfolgten bei allen drei verwendeten Smartphones identisch in Slow-Motion mit 240 FPS. Unter Slow-Motion versteht man die Wiedergabe einer Video- oder Filmszene in Zeitlupe und ist eine Funktion der angewandten

Smartphones. Eine Untersuchung beinhaltete acht unterschiedliche Übungen. Eine Übung dauerte jeweils 50 s.

Im Folgenden wird das Aufnahmeprotokoll beschrieben. Die Vorlage des Aufnahmeprotokolls entstammte der Arbeit von Schaede et al. und wurde für die Untersuchung angepasst (Schaede et al. 2017). Die Probanden wurden zunächst gebeten, folgende Sätze zu wiederholen: „Happy Birthday“, „Hello, it’s nice to meet you“ und Meißners Nachdichtung „Sonne und Wind“. Daraufhin wurden die Probanden gebeten, mit Hilfe der Metronome Beats App (Single Minded Productions, LLC; Version 1.6.2, Coconut Creek, Florida, USA) und durch den Untersuchungsleiter vorgegebenen Rhythmus bestimmte Bewegungen auszuführen. Die Probanden wurden gebeten eine Bewegung auszuführen und für 1,5 s dieselbe Bewegung zu halten. Nach Ablauf der 1,5 s sollten die Patienten die Bewegung beenden, bzw. die beanspruchte mimische Muskulatur entspannen. Nach Ablauf von wiederum 1,5 s sollten die Probanden die Bewegung wiederholen. Dies wurde für jede Bewegung innerhalb von 50 s wiederholt und untersucht. Somit wurde nur Anfang und Ende der Bewegung durch den Untersuchungsleiter beeinflusst (Beginn der Kontraktionsphase und Beginn der Relaxationsphase).

Die in den jeweiligen Untersuchungseinheiten beinhalteten Bewegungen waren ein leichter Augenschluss (gentle eye closure; „gec“), ein fester Augenschluss (forced eye closure, „fec“), ein Lächeln (smile, „fsm“), ein Lippenspitzen (purse lips, „pur“), ein Stirnrunzeln (lift forehead, „lif“), eine Ruhephase (resting state, „res“) und eine zufällige Wiederholung der genannten Bewegungen. In Tabelle 3.1 erfolgt eine Auflistung und Erläuterung der Akronyme. Ausgewertet wurde die Dauer der Bewegung anhand von fünf Phasen: 1. Ruhephase, 2. Muskelkontraktionsphase, 3. Plateauphase, 4. Muskelrelaxationsphase (Abbildung 3.3). Abbildungen 3.4, 3.5 und 3.6 zeigen fotografische Darstellungen der fünf Bewegungsphasen des festen Augenschlusses, des leichten Augenschlusses und des Lächelns. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Dauer der einzelnen Bewegungsphasen durch den Untersucher nicht beeinflusst worden sind. Die Probanden wurden, wie bereits oben erwähnt, durch den Untersucher und/oder den vorgegebenen Takt aufgefordert alle 1,5 s die mimische Bewegung bis zum gewünschten Maximum durchzuführen. Dies wird in dieser Arbeit als Kontraktionsphase definiert. Nach 1,5 s wurden die Probanden aufgefordert (ebenfalls durch Untersucher und/oder Takt) die mimische Muskulatur zu entspannen. Dies wird in dieser Arbeit als Relaxationsphase definiert. Die Zeit zwischen dem Ende

der Kontraktionsphase, sprich dem Maximum der Kontraktion der auszuführenden mimischen Bewegung und dem Beginn der Relaxationsphase, wird in dieser Arbeit als Plateauphase beschrieben.

Die Aufnahmen der Kontrollgruppe erfolgten im Fotolabor des Fazialis-Nerv-Zentrum. Die Aufnahmen der Patientengruppe erfolgten in einem ambulanten Behandlungszimmer der HNO-Klinik des Universitätsklinikums Jena.

Im Rahmen der Smartphone-Videoaufnahmen der Kontrollgruppe erfolgte eine Standardisierung der Beleuchtung mit frontaler Beleuchtung (Mettle 100-240 V, 50/60 Hz Lampe mit Super Lamp Holder, METTLE Service & Vertrieb Deutschland, Niederkrüchten, Deutschland) und zusätzlicher Abdunkelung des Raumes. Dies war nötig, da sich in den Videoaufnahmen der Patientengruppe der bereits bestehenden Datenbank unterschiedliche Lichtverhältnisse zeigten, was sich bei der Auswertung der Videodateien zeigte. In dieser Studie wurden ausschließlich die Smartphone-Videoaufnahmen des Lächelns, des leichten und des festen Augenschlusses untersucht.



Abbildung 3.1: Fotoaufnahme des Versuchsaufbaus der Smartphone-Videoaufnahme im Fotolabor des Fazialis-Nerv-Zentrum Jena. Standardisierte Position der Studienteilnehmer während der Smartphone-Videoaufnahmen: Frontal sitzend mit einer 0,7 Meter entfernten und mit einem Stativ befestigten horizontal eingestellten Smartphone (hier als Beispiel mit dem iPhone 10). Die Höhe des Stativs wurde nach der Größe der Probanden eingestellt, sodass die Videoaufnahmen in einem 20 Grad Winkel von unten erfolgten.

3.3 Elektromyographische Messung der mimischen Muskulatur

EMG-Untersuchungen wurden parallel zu den Videoaufnahmen durchgeführt (Abbildung 3.2). Verwendet wurden Einmal-EMG Nadelelektroden (38 mm, Neuroline,

Ambu GmbH, Bad Nauheim, Deutschland) und oberflächliche Gelelektroden (Axion GmbH, Leonberg, Deutschland). Die EMG-Nadelelektroden wurden mit Steri-Strips 3x75 mm (3M Health Care, St. Paul, MN, USA) befestigt, um eine Verschiebung der Elektroden zu verhindern.

Die von der Fazialisparese betroffene Muskulatur wurde mit Nadelelektroden untersucht, die Muskelaktivität der kontralateralen Seite wurde mit oberflächlichen EMG-Gelelektroden an den gleichen Muskeln gemessen. Das Signal der Oberflächenelektroden diente zur Nachvollziehbarkeit der Muskelbewegung und als Vergleich der kontralateralen Muskulatur. Die Ergebnisse der elektromyographischen Untersuchungen wurden in der bisher noch nicht veröffentlichten Promotionsarbeit von Duchow „Synkinesien bei peripherer Fazialisparese-Vermehrtes Auftreten in bestimmten Regionen des Nervus facialis“ untersucht und ausgewertet (Duchow 2023 unveröffentlicht).



Abbildung 3.2: Fotoaufnahme einer Patientin mit rechtsseitiger peripherer Fazialisparese. Auf der paretischen Gesichtshälfte sind Einmal-EMG Nadelelektroden befestigt. Auf der kontralateralen Gesichtshälfte sind oberflächliche Gelelektroden befestigt.

3.4 Auswertung der Daten

Die Auswertung der Aufzeichnungen der Bewegungen des Lächelns, des leichten und festen Augenschlusses erfolgte mit Hilfe des Programmes Elan (Version 5.8, 6.0, 6.1, „The Language Archive“, Max-Planck-Institut für Psycholinguistik, Nijmegen, Niederlande), einem Lenovo Laptop (Lenovo_MT_20404_BU_idea_FM_Lenovo Flex 2-14, Peking, China; Betriebssystem Microsoft Windows 10 Home, Redmond, Washington, USA) und einem MacBook Air (M1, 2020; Betriebssystem macOS Big Sur

Version 11.2.3, Cupertino, Silicon Valley, California, USA). Für eine bessere visuelle Auswertung der Videos wurden die Laptops mit einem High definition multimedia interface Kabel an einem High-definition (HD) Fernseher (Phillips GmbH Model-Nr.: 32PFL3205H/12, Hamburg, Deutschland) verbunden. Um unterschiedliche Lichtverhältnisse der Smartphone Videoaufnahmen der Patientengruppe auszugleichen, wurden unterschiedliche Einstellungen am HD-Fernseher vorgenommen.

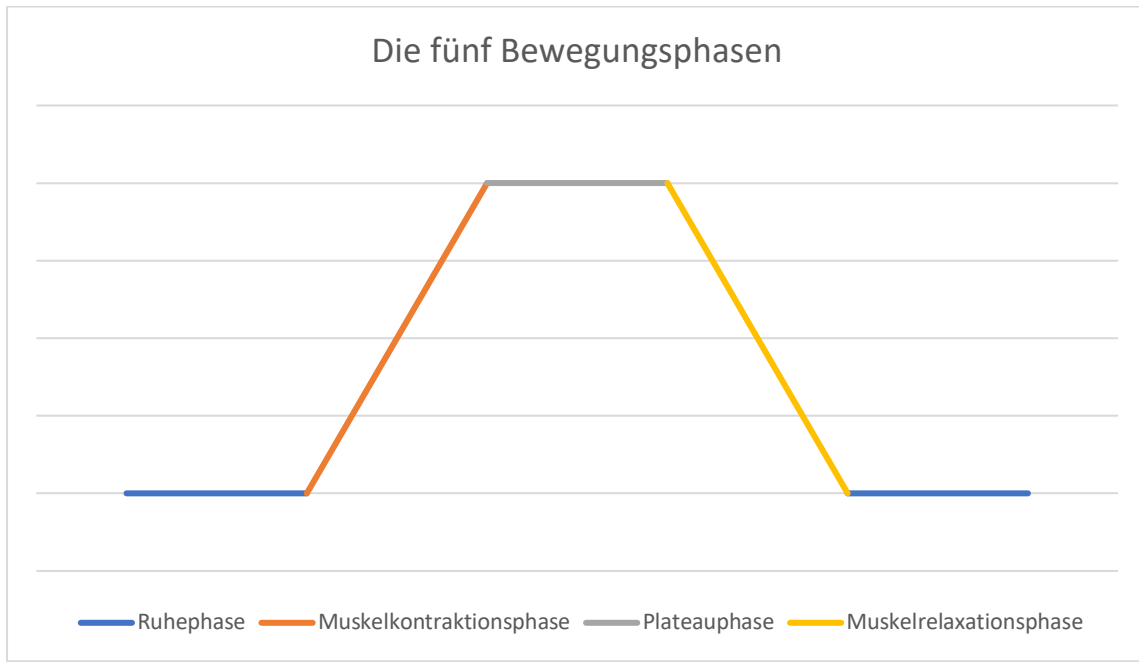


Abbildung 3.3: Grafik zur Veranschaulichung der fünf Phasen der Muskelkontraktion; x-Achse zeigt den zeitlichen Verlauf der Kontraktion und die y-Achse die Kraftamplitude: Blau = Ruhephase, Orange = Muskelkontraktionsphase, Grau = Plateauphase, Gelb = Muskelrelaxationsphase.



Abbildung 3.4: Fotografische Aufnahmen des Auges zur Darstellung der fünf Phasen der Bewegung fester Augenschluss (von links nach rechts: Ruhephase, Muskelkontraktionsphase, Plateauphase, Muskelrelaxationsphase, Ruhephase).



Abbildung 3.5: Fotografische Aufnahmen des Auges zur Darstellung der fünf Phasen der Bewegung leichter Augenschluss (von links nach rechts: Ruhephase, Muskelkontraktionsphase, Plateauphase, Muskelrelaxationsphase, Ruhephase).

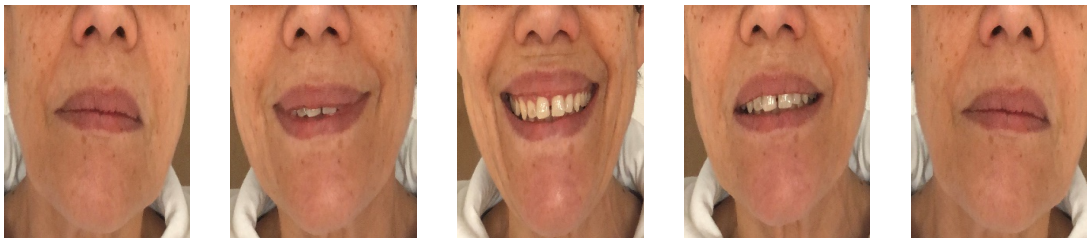


Abbildung 3.6: Fotografische Aufnahmen des Mundes zur Darstellung der fünf Phasen der Bewegung Lächeln (von links nach rechts: Ruhephase, Muskelkontraktionsphase, Plateauphase, Muskelrelaxationsphase, Ruhephase).

Tabelle 3.1: Erläuterung der bei der Auswertung der Videoaufnahmen genutzten Abkürzungen.

Akronym	Bedeutung
Gec1	Gentle eye closure 1, Muskelkontraktionsphase des leichten Augenschlusses
Gec2	Gentle eye closure 2, Plateauphase des leichten Augenschlusses
Gec3	Gentle eye closure 3, Muskelrelaxationsphase des leichten Augenschlusses
Fec1	Forced eye closure 1, Muskelkontraktionsphase des festen Augenschlusses
Fec2	Forced eye closure 2, Plateauphase des festen Augenschlusses
Fec3	Forced eye closure 3, Muskelrelaxationsphase des festen Augenschlusses
Fsm1	Forced smile 1, Muskelkontraktionsphase des Lächelns
Fsm2	Forced smile2, Plateauphase des Lächelns
Fsm3	Forced smile 3, Muskelrelaxationsphase des Lächelns
res	Resting state, Ruhephase
sync	Synchronisationszeitpunkt
unknown	nicht zu definierende Bewegung

Die Bewegungsphasen wurden bei der Patienten- und Kontrollgruppe zu den jeweiligen Bewegungen des Lächelns, leichten und festen Augenschlusses mit dem Programm Elan optisch ermittelt und im Programm markiert.

Anfangs wurde die kontralaterale Gesichtshälfte der Patientengruppe mit dem Programm Elan untersucht und die jeweiligen Bewegungsphasen gekennzeichnet. Später wurde die paretische Gesichtshälfte untersucht und ebenfalls die jeweilige Bewegungsphase markiert. Bei der Kontrollgruppe wurde zunächst die linke Gesichtshälfte mit dem Programm Elan untersucht und die jeweiligen Bewegungsphasen gekennzeichnet. Später wurde die rechte Gesichtshälfte untersucht und ebenso die jeweilige Bewegungsphase markiert. Es wurden zur Synchronisation der EMG- und Videodateien zwei Zeitpunkte bestimmt. Jeder Patient mit einer Fazialisparese hatte dazu eine Box in der Hand, die mit einem Schalter und einer Lampe ausgestattet war (Abbildung 3.7). Zu Beginn der Untersuchung wurde die Patientengruppe aufgefordert, den Schalter an- und auszuschalten. Beim An- und Ausschalten der Box wurde ein elektrisches Signal gesendet, welches im EMG zu detektieren war.

Zum gleichen Zeitpunkt leuchtete eine Lampe der Box rot an bzw. aus, sodass der Beginn der EMG-Aufzeichnung in der Videoaufnahme zu erkennen war. Der Zeitpunkt, an dem die Lampe schwach leuchtete, wurde mit dem Akronym „sync“ im Elan Programm bezeichnet (Abbildung 3.8). Da keine elektromyographische Untersuchung der Kontrollgruppe erfolgte, wurde hier auf eine Synchronisation verzichtet.

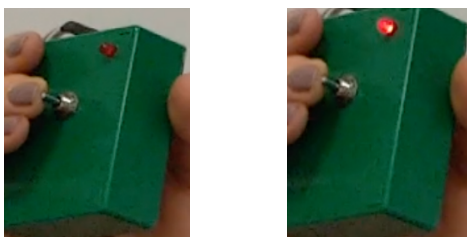


Abbildung 3.7: Box mit Schalter und Lampe zur Synchronisation der EMG- und Videodateien. Beim Anschalten der Box leuchtete die Lampe rot auf (rechtes Bild) und es wurde ein elektrisches Signal im EMG detektiert. Somit konnte der Beginn der EMG-Aufnahme im EMG und in der Videodatei eingesehen werden.

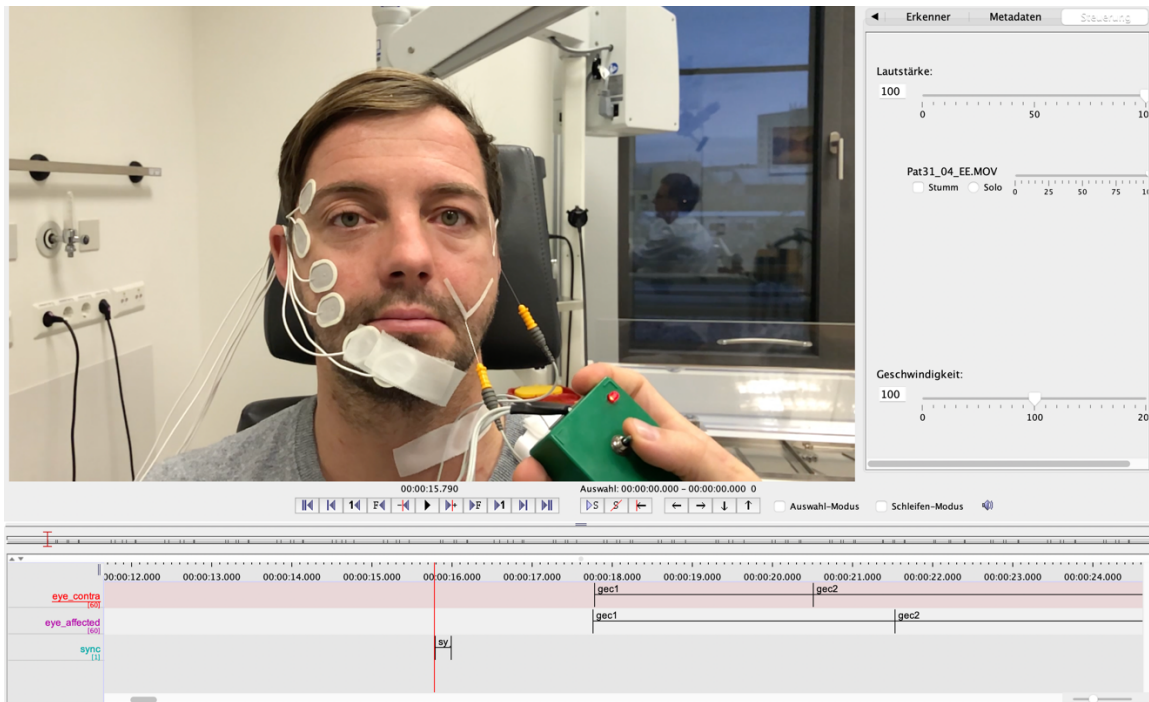


Abbildung 3.8: Darstellung des Synchronisationszeitpunktes im Video anhand der roten Lampe und anhand der dritten Zeile beginnend mit der roten senkrechten Linie. Der Synchronisationszeitpunkt wurde mit der Beschriftung „sync“ im Programm Elan (unterer Abschnitt der Abbildung) gekennzeichnet. Die rote senkrechte Linie konnte im Programm entlang des Zeitstrahles verschoben werden, um somit verschiedenen Bewegungszeitpunkte zu markieren. Im oberen Abschnitt der Abbildung ist ein Patient mit linksseitiger peripherer Fazialisparese dargestellt mit Nadelelektroden auf der erkrankten Gesichtshälfte und oberflächliche Gelelektroden auf der kontralateralen Gesichtshälfte zur elektromyographischen Ableitung.

Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, wurden die Videos über eine Zeitspanne von 50 s mit einer Slow-Motion Funktion (240 FPS) aufgenommen. Im Programm Elan wurden die Videos mit 29,98 FPS abgespielt. Dadurch wurde das Video von 50 s auf 400,265 s gestreckt, was einen Faktor von 8,0053 entspricht. Der Faktor 8,0053 entspricht dem Quotienten $240 \text{ FPS} / 29,98 \text{ FPS}$. Es war durch das Programm Elan möglich, in 33 ms-Schritten, was einem Frame entsprach, die Videos in zeitlich engen Abständen zu untersuchen und beginnende bzw. endende Bewegungsphasen zeitlich genau zu markieren. So konnten geringe Veränderungen und Übergänge zwischen den unterschiedlichen Bewegungsphasen wahrgenommen und diese auf einen Zeitstrahl markiert werden (Abbildung 3.9). Das Video wurde abgespielt, bis eine erste Muskelkontraktion sichtbar wurde (Abbildung 3.3: Muskelkontraktionsphase). Von diesem Zeitpunkt aus wurde das Video einen Frame zurückgespult und ab diesem Zeitpunkt markiert. Die Kontraktion wurde verfolgt, bis die Plateauphase erreicht wurde. Dieses Zeitfenster wurde im Programm als gec1/fec1/fsm1 bezeichnet (Tabelle 3.1 und Abbildung 3.9). Daraufhin wurde die

Plateauphase verfolgt bis es zur ersten sichtbaren Relaxation der Muskelkontraktion kam und das Video wurde wiederum ab diesem Zeitpunkt einen Frame zurückgespult. Dieses Zeitfenster wurde im Programm als gec2/fec2/fsm2 (Tabelle 3.1 und Abbildung 3.9) bezeichnet. Danach wurde die Relaxationsphase verfolgt bis es zur Ruhephase kam und markiert. Dieses Zeitfenster wurde als gec3/fec3/fsm3 (Tabelle 3.1 und Abbildung 3.9) bezeichnet. Die Phasen „resting state“ vor gec1/fec1/fsm1 und nach gec3/fec3/fsm3, welche die Ruhephasen vor und nach der jeweiligen Bewegung widerspiegeln sollen, wurden nicht im Programm markiert. Die Ruhephase wurde nicht nummerisch gekennzeichnet und diente zur Identifikation des Beginns der Kontraktionsphase und dem Ende der Relaxationsphase. Die Patienten- und Kontrollgruppen wiederholten die jeweiligen auszuführenden Bewegungen innerhalb der 50 s 15 bis 20 mal. Die gewählte Methode wurde in der bisher noch nicht veröffentlichten Promotionsarbeit von Duchow „Synkinesien bei peripherer Fazialisparese - Vermehrtes Auftreten in bestimmten Regionen des Nervus facialis“ ebenfalls angewandt (Duchow 2023 unveröffentlicht). Zielsetzung war die optische Untersuchung von relativen und absoluten Häufigkeiten von Synkinesien in bestimmten Gesichtsregionen zu untersuchen. Duchows Datenauswertung erfolgte ebenfalls mit dem Programm Elan.



Abbildung 3.9: Fotoaufnahme eines Label-Vorgangs der Bewegung „leichter Augenschluss“ mit Hilfe des Programmes Elan. Im oberen linken Abschnitt der Abbildung ist ein Patient mit linksseitiger peripherer Fazialisparese dargestellt mit Nadelelektroden auf der erkrankten

Gesichtshälfte und oberflächliche Gelelektroden auf der kontralateralen Gesichtshälfte zur elektromyographischen Ableitung. Im oberen rechten Abschnitt sind Einstellung für die Wiedergabe des Videos dargestellt. Im unteren Abschnitt sind drei Zeilen im Programm Elan angelegt: Die Zeile „eye_contra“ beschreibt die kontralaterale Augenregion der nicht-paretischen Gesichtshälfte. Die Zeile „eye_affected“ beschreibt die paretische Augenregion der paretischen Gesichtshälfte. Die Zeile „sync“ beschreibt den Synchronisationszeitpunkt wie in Abbildung 3.8 beschrieben. Anhand des Zeitstrahls war es möglich, verschiedene Bewegungsphasen zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf den verschiedenen Zeilen zu markieren.

Für die Patienten- und Kontrollgruppe wurde der oben geschilderte Ablauf für den festen Augenschluss, den leichten Augenschluss und das Lächeln wiederholt. In jedem der Videos wurden jeweils drei Zeilen angelegt: Für die erkrankte bzw. linke Gesichtshälfte, für die kontralaterale bzw. rechte Gesichtshälfte und für den Synchronisationszeitpunkt (Abbildung 3.9). In den Videos des leichten und des festen Augenschlusses wurde sowohl der Augenschluss auf der erkrankten als auch auf der kontralateralen Gesichtshälfte beobachtet. Beim Lächeln wurde ebenso die erkrankte und die kontralaterale Seite beobachtet. Weiter wurde beim Lächeln beidseits auf die Mundwinkel geachtet, um Übergänge der verschiedenen Bewegungsphasen zu beobachten.

Es wurde die Gesichtsseitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen Kontraktion, Plateau und Relaxation auf der kontralateralen und paretischen Gesichtshälfte bei Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese untersucht und mit der Gesichtsseitendifferenz der Dauer der gleichen Bewegungsphasen der linken und rechten Gesichtshälfte einer Kontrollgruppe ohne Fazialisparese verglichen. Die Gesichtsseitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen wurde durch die Subtraktion der Dauer der jeweiligen Bewegungsphase der erkrankten Gesichtshälfte in Sekunden von der Dauer der gleichen Bewegung der kontralateralen Gesichtshälfte in Sekunden ermittelt. Bei einer negativen Gesichtsseitendifferenz der Dauer der Bewegungsphase ergab sich eine längere Dauer der Bewegung auf der erkrankten Gesichtshälfte als auf der kontralateralen Gesichtshälfte bei den Patienten. Umgekehrt ergab sich bei einer positiven Gesichtsseitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen eine kürzere Dauer der Bewegung auf der erkrankten Gesichtshälfte als auf der kontralateralen Gesichtshälfte. In den folgenden Textabschnitten wird die Gesichtsseitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen mit dem Begriff „Seitendifferenz der Dauer“ abgekürzt. Ebenfalls wurde eine explorative Subgruppen-Analyse der Patientengruppe durchgeführt, um mögliche beeinflussbare Faktoren der Unterschiede in der

Seitendifferenz der Dauer der verschiedenen Bewegungen zu identifizieren. Dabei wurde die Patienten in folgende Subgruppen aufgeteilt:

1. Patientengruppe mit akuter Fazialisparese im Vergleich zur Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese mit oro-okulären Synkinesien.
2. Im Smartphone-Video sichtbare Lidspaltendifferenz der Patientengruppe in Ruhe (drei Sub-Gruppen: kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz). Es wurde angenommen, dass es sich bei der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte und beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz um Patienten mit chronischer Fazialisparese mit oro-okulären Synkinesien handelt. Bei der Patientengruppe mit größerer Lidspalte wurde angenommen, dass es sich um Patienten mit akuter Fazialisparese handelt.
3. Patientengruppe mit kompletten leichten- oder festen Augenschluss im Vergleich zur Patientengruppe mit inkompletten leichten- oder festen Augenschluss anhand der Smartphone-Videoaufnahmen.

Für das weitere Datenmanagement wurde das Programm Microsoft Excel (Version 16.39, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) genutzt. Die Dauer jeder Bewegungsphase wurde aus dem Elan-Programm als Quick Time-Text exportiert und in Excel eingefügt. Für die Patienten- und Kontrollgruppe wurde eine Tabelle für jeden einzelnen Probanden für die Bewegungen Lächeln, leichter und fester Augenschluss erstellt. Die gesammelten Daten aus den Excel Tabellen wurden daraufhin im Programm SPSS (IBM SPSS Statistics 27 und 29, IBM Deutschland GmbH, Ehningen, Deutschland) eingefügt und statistisch ausgewertet.

3.5 Statistische Datenauswertung

Die Daten wurden mithilfe des Programmes IBM SPSS (IBM SPSS Statistics 27 und 29, IBM Deutschland GmbH, Ehningen, Deutschland) ausgewertet. Die numerischen Daten wurden als Mittelwert (*MI*) \pm Standardfehler des Mittelwertes (*SEM*) oder mit einfacher Standardabweichung (*SA*) dargestellt. Wenn nicht hervorgehoben, handelt es sich im Ergebnisteil um den $MI \pm SEM$.

Ein verallgemeinertes Schätzungsgleichungsmodell mit einer Arbeitskorrelationsmatrix AR (1) wurde für die Analyse der Hypothese und der explorativen Subgruppen Analyse verwendet (Hardin und Hilbe 2002). Für multiple Vergleiche wurde die Bonferroni Korrektur genutzt und mit „*p(bonf)*“ gekennzeichnet. Statistische Signifikanz wurde für *p*-Werte kleiner als 0,05 (signifikant) und kleiner als 0,01 (hoch-signifikant) angenommen.

4. Ergebnisse

4.1 Beschreibung der Stichproben

Die demographischen Daten der Patienten- und Kontrollgruppe sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst. Bei den Patienten fanden sich unterschiedliche Ätiologien und Typen der peripheren Fazialisparese. Eine Übersicht über Ätiologie, Typ, Stennert Parese Index, Zeitintervall zwischen Lähmungsbeginn der Fazialisparese und Zeitpunkt der Videoaufnahme der Patientengruppe, sowie die erhaltene Therapie ist in Tabelle 4.2 dargestellt. Die Patienten wurden nach akuter (innerhalb von sechs Monaten nach Auftritt der Parese) und chronischer (nach sechs Monaten nach Auftritt der Parese) Fazialisparese mit, bzw. ohne Synkinesien eingeteilt (Robinson and Baiungo 2018). 4 Patienten hatten eine akute Parese und 16 eine Defektheilung mit Synkinesien. Die Patienten besaßen alle eine inkomplette Parese. Eine Übersicht der Rohdaten der Patienten- und Kontrollgruppe ist in Tabelle 4.3 dargestellt.

Tabelle 4.1: Übersicht über die Patienten- und Kontrollgruppe.

	Anzahl (n)	Weiblich (n)	Männlich (n)	Mittleres Alter ± SA in Jahren	Altersminimum in Jahren	Altersmaximum in Jahren
Kontroll- gruppe	9	5	4	49 ± 18	23	71
Patienten -gruppe	20	11	9	53 ± 16	18	77

Tabelle 4.2: Übersicht über Ätiologie, Typ, Zeitintervall zwischen Lähmungsbeginn und Videoaufnahme und Stennert-Index der peripheren Fazialisparese der Patientengruppe.

Patienten- ID	Ätiologie	Typ	Zeitintervall Lähmungsbe- ginn- Videoaufnah- me	Stennert Parese Index (Ruhe/Motili- tät)	Erhaltene Therapie
8	Traumatis- ch	Chronisch e Parese mit	14 Monate	1/1	

		Defektheilung			
10	latrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	17 Monate	1/4	Botulinumtoxin (BTX)-Injektion Zeitpunkt der Injektion: 3 Monate vor Videoaufnahme Region: M. orbicularis oculi, M. levator labii superioris
12	latrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	22 Monate	1/0	Oberlidgewichtimplantation Zeitpunkt: 3 Monate vor Videoaufnahme
13	Infektiös	Chronische Parese mit Defektheilung	27 Monate	1/2	
14	latrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	11 Monate	1/3	BTX-Injektion Zeitpunkt: unbekannt Region: unbekannt
15	Idiopathisch	Chronische Parese mit Defektheilung	17 Monate	0/3	
16*	latrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	12 Monate	3/5	Exponentialstromtherapie Zeitpunkt: 5 Monate vor Videoaufnahme
17	Idiopathisch	Chronische Parese	28 Monate	2/2	BTX-Injektion

		mit Defektheilung			Zeitpunkt: 3 Monate vor Videoaufnahme Region: M. orbicularis oculi, M. mentalis, M. corrugator supercili, Nasolabialfalte
18	Infektiös	Chronische Parese mit Defektheilung	16 Monate	0/3	
19	Idiopathisch	Chronische Parese mit Defektheilung	26 Jahre	1/2	
23	Idiopathisch	Chronische Parese mit Defektheilung	17 Monate	1/3	
27*	iatrogen	Akute Parese	3 Tage	0/1	
28	iatrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	19 Monate	0/5	Hypoglossus-Jump-Anastomose Zeitpunkt: 9 Monate vor Videoaufnahme Oberlidgewichtimplantation Zeitpunkt: 17 Monate vor Videoaufnahme
29	iatrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	66 Monate	0/2	BTX-Injektion Zeitpunkt: 3 Monate vor Videoaufnahme Region: unbekannt

31	Traumatisch	Akute Parese	1 Monat	2/1	
32	Traumatisch	Akute Parese	1 Monat	2/3	
33	Iatrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	70 Monate	1/4	
34*	Unbekannt	Akute Parese	5 Tage	2/5	
36	Idiopathisch	Chronische Parese mit Defektheilung	7 Monate	1/3	
39	Iatrogen	Chronische Parese mit Defektheilung	19 Monate	0/2	

*Patient 27 hatte eine isolierte Parese des R. marginalis mandibulae. Daher wurde dieser Patient bei den Bewegungen des leichten und festen Augenschlusses ausgeschlossen. Patient 16 und 34 konnten die Bewegung des Lächelns nicht ausführen und wurden aus der Analyse des Lächelns ausgeschlossen.

Tabelle 4.3: Übersicht der Rohdaten der Patienten- und Kontrollgruppe. Mittelwert (MI) ± Standardfehler des Mittelwertes (SEM) der Dauer und der Seitendifferenz der Dauer der Kontraktions-, Plateau- und Relaxationsphase der einzelnen Bewegungen (Tabelle 3.1). Die Dauer und die Seitendifferenz der Dauer werden für die kontralaterale und erkrankte Gesichtshälfte der Patientengruppe und für die linke und rechte Gesichtshälfte der Kontrollgruppe dargestellt.

	Patientengruppe		Kontrollgruppe	
	Kranke Gesichtshälfte (MI ± SEM) in s	Kontralaterale Gesichtshälfte (MI ± SEM) in s	Linke Gesichtshälfte (MI ± SEM) in s	Rechte Gesichtshälfte (MI ± SEM) in s
Gec1	0,476 ± 0,019	0,348 ± 0,016	0,35 ± 0,029	0,346 ± 0,027
Gec1- Seitendifferenz	-0,126 ± 0,019		0,003 ± 0,002	
Gec2	0,811 ± 0,031	0,946 ± 0,034	0,956 ± 0,035	0,961 ± 0,034
Gec2- Seitendifferenz	0,128 ± 0,019		-0,005 ± 0,002	
Gec3	0,419 ± 0,04	0,483 ± 0,036	0,401 ± 0,024	0,398 ± 0,027
Gec3- Seitendifferenz	0,06 ± 0,015		0,001 ± 0,004	
Fec1	0,532 ± 0,027	0,497 ± 0,025	0,523 ± 0,026	0,513 ± 0,026
Fec1- Seitendifferenz	-0,035 ± 0,014		0,006 ± 0,002	
Fec2	0,863 ± 0,041	0,883 ± 0,042	0,824 ± 0,031	0,828 ± 0,03
Fec2- Seitendifferenz	0,023 ± 0,017		-0,006 ± 0,003	
Fec3	0,452 ± 0,04	0,528 ± 0,039	0,437 ± 0,036	0,434 ± 0,036
Fec3- Seitendifferenz	0,081 ± 0,013		0,003 ± 0,002	
Fsm1	0,447 ± 0,02	0,491 ± 0,026	0,425 ± 0,027	0,425 ± 0,027
Fsm1- Seitendifferenz	0,031 ± 0,012		0,001 ± 0,003	
Fsm2	0,936 ± 0,038	0,903 ± 0,04	0,875 ± 0,029	0,877 ± 0,026
Fsm2- Setendifferenz	-0,002 ± 0,019		-0,001 ± 0,012	
Fsm3	0,402 ± 0,025	0,419 ± 0,024	0,392 ± 0,016	0,396 ± 0,014
Fsm3- Seitendifferenz	0,018 ± 0,008		-0,003 ± 0,009	

4.2 Hypothese

Die Seitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen zeigt mithilfe der Slow-Motion Smartphone-Videoaufnahmen Unterschiede bei der Patienten- und Kontrollgruppe bei den verschiedenen Phasen innerhalb eines Bewegungsablaufes (leichter Augenschluss (Gec)/fester Augenschluss (Fec)/Lächeln (Fsm)).

4.2.1 Leichter Augenschluss

Sowohl für die gemittelten Gruppen-Daten als auch pro Patient zeigten sich eine ausgeprägtere mittlere Seitendifferenz der Dauer und eine größere Streuung der Daten bei der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Aufgrund einer isolierten Parese des R. marginalis mandibulae wurde ein Patient aus der Analyse des leichten und festen Augenschlusses ausgeschlossen.

4.2.1.1 Bewegung Leichter Augenschluss: Kontraktionsphase (gec1)

Die Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase zwischen der kontralateralen und erkrankten Gesichtshälfte war signifikant (Wald-Chi-Quadrat = 40,525; df = 1; $p(\text{bonf}) < 0,01$) höher bei der Patientengruppe ($MI \pm SEM: -0,126 \pm 0,019$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($0,003 \pm 0,002$ s). Abbildung 4.1 zeigt Boxplots der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des leichten Augenschlusses der Patienten- und Kontrollgruppe. Bei der Mehrheit der Patienten (17 von 19) war die Dauer der Kontraktionsphase länger auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.2).

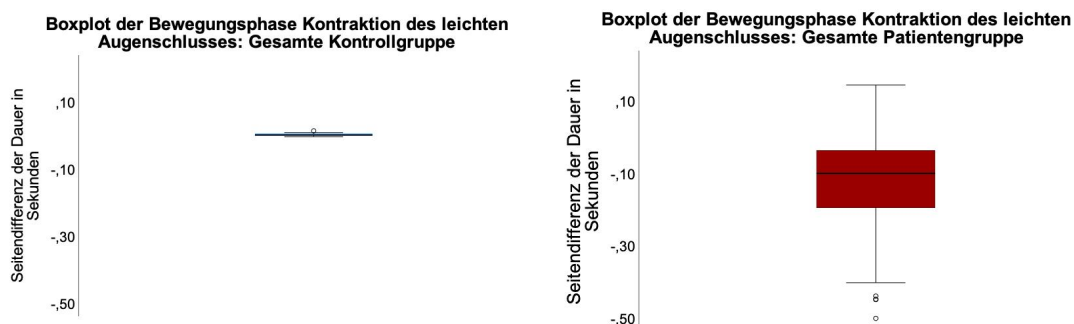


Abbildung 4.1: Boxplots der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des leichten Augenschlusses.

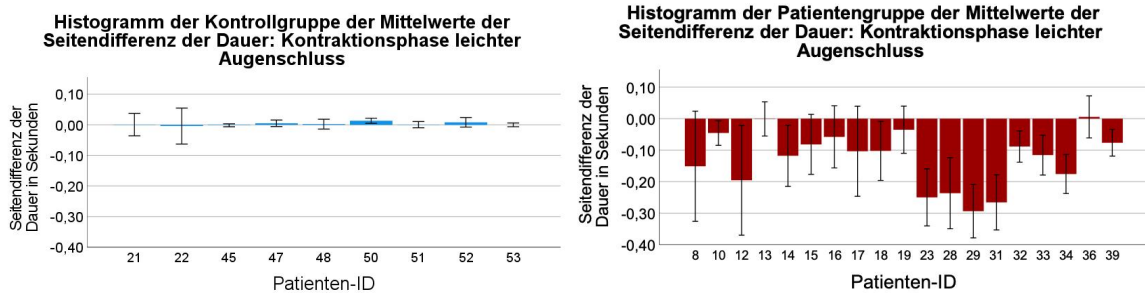


Abbildung 4.2: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des leichten Augenschlusses.

4.2.1.2 Bewegung leichter Augenschluss: Plateauphase (gec2)

Bei der Plateauphase des leichten Augenschlusses war die Seitendifferenz der Dauer zwischen der kontralateralen und erkrankten Gesichtshälfte bei der Patientengruppe ($0,128 \pm 0,019$ s) signifikant größer (Wald-Chi-Quadrat = 46,229; df = 1; $p(\text{bonf}) < 0,01$) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($-0,005 \pm 0,002$ s). Sowohl bei den Gruppen-Daten als auch bei der Mehrheit der Patienten (18 von 19) war die Dauer der Plateauphase kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.4). Boxplots der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase der Patienten- und Kontrollgruppe sind in Abbildung 4.3 dargestellt

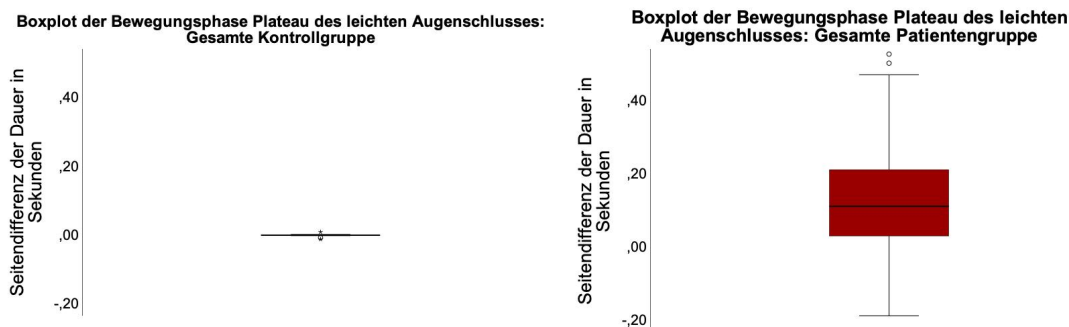


Abbildung 4.3: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase des leichten Augenschlusses.

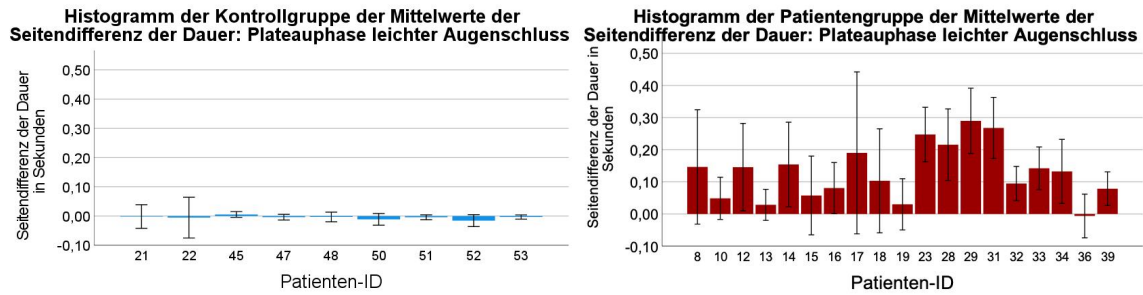


Abbildung 4.4: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase des leichten Augenschlusses.

4.2.1.3 Bewegung leichter Augenschluss: Relaxationsphase (gec3)

Verglich man die Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase zwischen der Patientengruppe ($0,06 \pm 0,015$ s) und der Kontrollgruppe ($0,001 \pm 0,004$ s) zeigte sich die Seitendifferenz der Dauer auch hier signifikant ausgeprägter bei der Patientengruppe (Wald-Chi-Quadrat = 14,121; $df = 1$; $p(\text{bonf}) < 0,01$). In Abbildung 4.5 sind Boxplots der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des leichten Augenschlusses der Patienten- und Kontrollgruppe dargestellt. Bei der Mehrheit der Patienten (16 von 19) war die Dauer der Relaxationsphase kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.6).

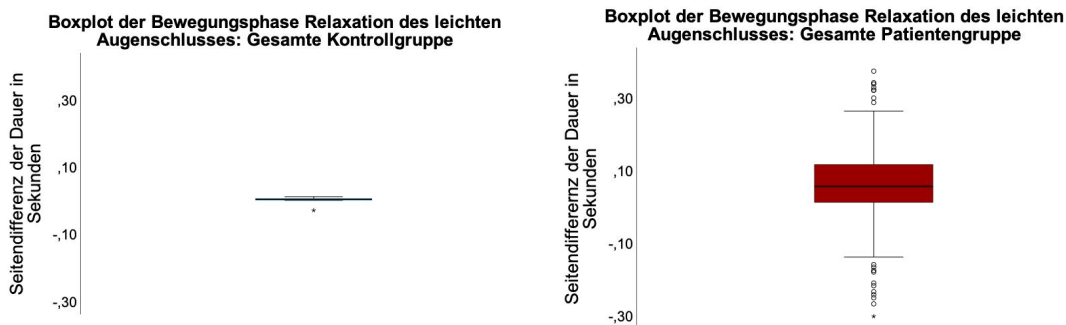


Abbildung 4.5: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des leichten Augenschlusses.

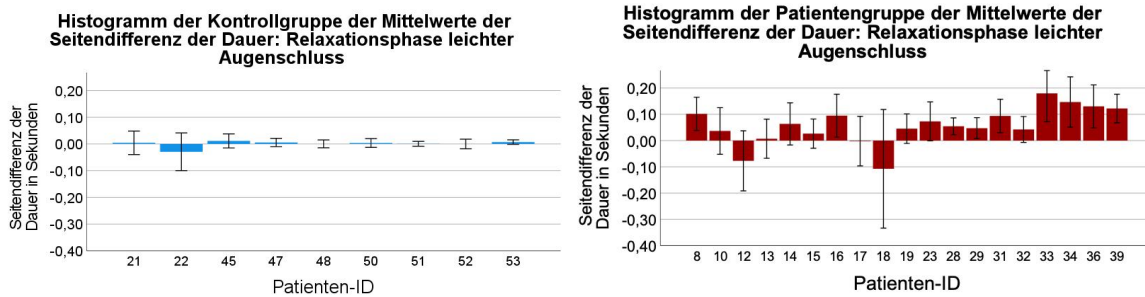


Abbildung 4.6: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des leichten Augenschlusses.

4.2.2 Fester Augenschluss

Wie beim leichten Augenschluss zeigte sich sowohl für die gemittelten Gruppen-Daten als auch pro Patient eine ausgeprägtere mittlere Seitendifferenz der Dauer und eine größere Streuung der Daten bei der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Jedoch war der Unterschied nicht immer signifikant. Aufgrund einer isolierten Parese des *R. marginalis mandibulae* wurde ein Patient aus der Analyse des leichten und festen Augenschlusses ausgeschlossen.

4.2.2.1 Bewegung fester Augenschluss: Kontraktionsphase (fec1)

Bei 12 von 19 Patienten war die Dauer der Kontraktionsphase länger auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.8). In Abbildung 4.7 sind Boxplots der Patienten- und Kontrollgruppe dargestellt. Beim festen Augenschlusses zeigte sich die Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase zwischen der kontralateralen und erkrankten Gesichtshälfte signifikant höher (Wald-Chi-Quadrat = 9,157; $df = 1$; $p(\text{bonf}) < 0,05$) in der Patientengruppe ($-0,035 \pm 0,014$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($0,006 \pm 0,002$ s).

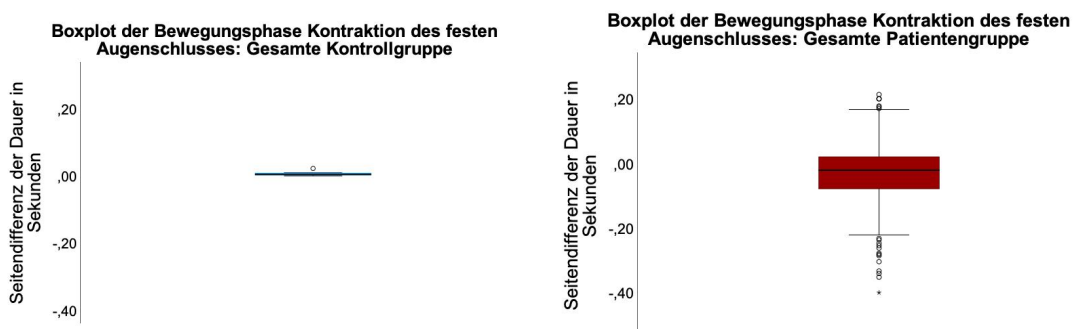


Abbildung 4.7: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median, Quartilen (Q1 und Q3) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des festen Augenschlusses.

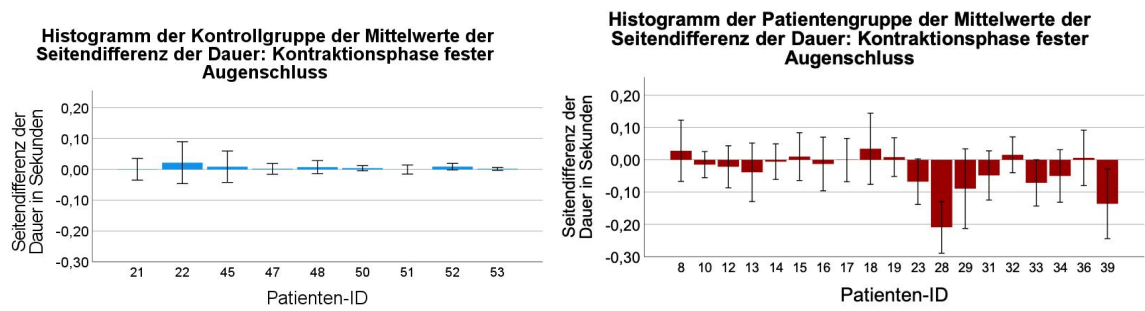


Abbildung 4.8: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des festen Augenschlusses.

4.2.2.2 Bewegung fester Augenschluss: Plateauphase (fec2)

Abbildung 4.9 zeigt die mittlere Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase sowohl bei der Kontroll-, als auch bei der Patientengruppe. Die Seitendifferenz der Dauer zwischen der kontralateralen und erkrankten Gesichtshälfte schien ausgeprägter bei der Patientengruppe ($0,023 \pm 0,017$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($-0,006 \pm 0,003$ s). Der Unterschied der Seitendifferenz der Dauer zwischen der Patienten- und Kontrollgruppe war statistisch nicht signifikant. Die Dauer der Plateauphase war bei 12 von 19 Patienten kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.10).

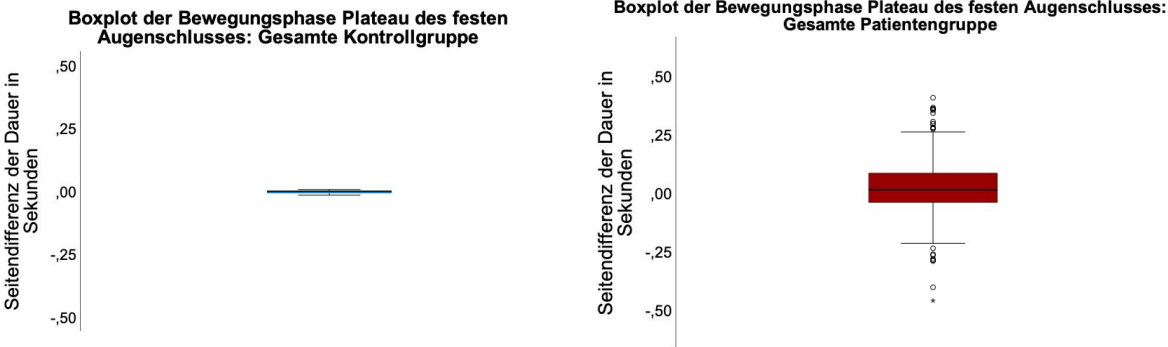


Abbildung 4.9: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase des festen Augenschlusses.

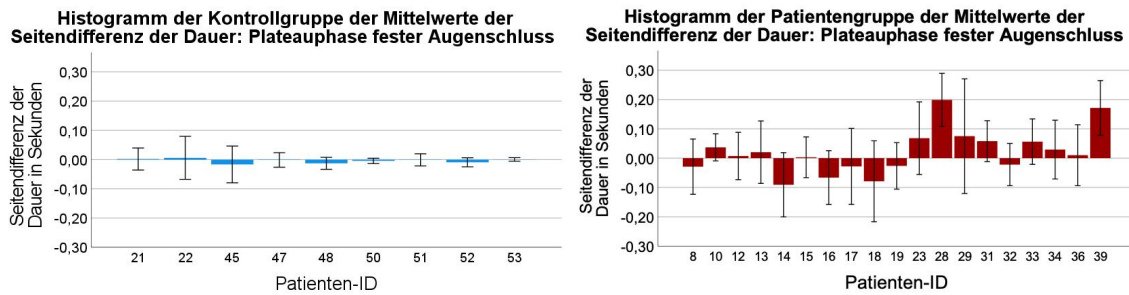


Abbildung 4.10: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase des festen Augenschlusses.

4.2.2.3 Bewegung fester Augenschluss: Relaxationsphase (fec3)

Bei der Relaxationsphase war die Seitendifferenz der Dauer signifikant größer (Wald-Chi-Quadrat = 25,253; $df = 1$; $p(bonf) < 0,01$) bei der Patientengruppe ($0,081 \pm 0,013$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($0,003 \pm 0,002$ s). Boxplots der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Patienten- und Kontrollgruppe sind in Abbildung 4.11 dargestellt. Ebenso war die mittlere Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe pro Patient ausgeprägter als bei der Kontrollgruppe. Bei allen Patienten war die Dauer der Relaxationsphase kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.12).

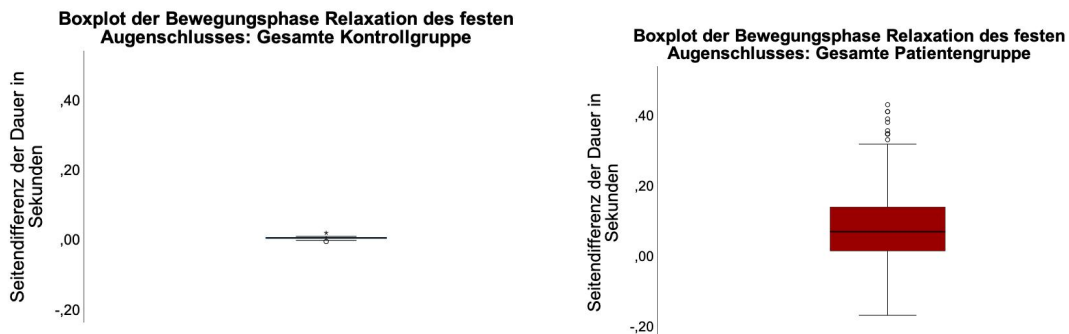


Abbildung 4.11: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der Seitendifferenz der Dauer der Relaxation des festen Augenschlusses.

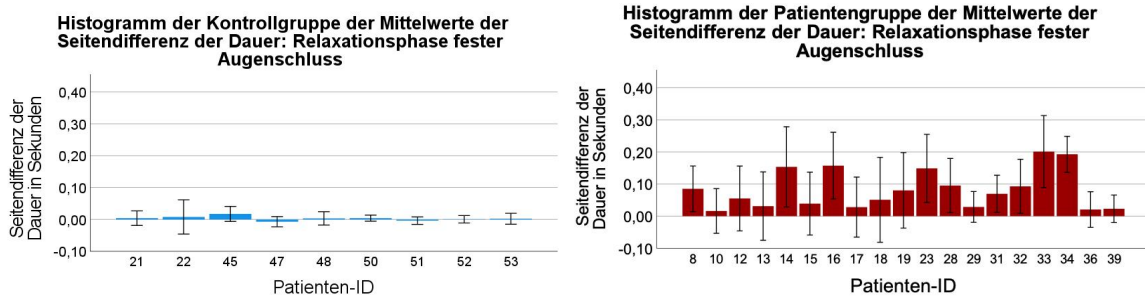


Abbildung 4.12: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des festen Augenschlusses.

4.2.3 Lächeln

Bei der statistischen Auswertung der Daten der Bewegung „Lächeln“ konnte eine große Streuung der Daten beobachtet werden, sowohl bei der Kontroll- als auch bei der Patientengruppe. Bei zwei Patienten war keine sichtbare Kontraktions-, Plateau- und Relaxationsphase der erkrankten Gesichtshälfte zu sehen.

4.2.3.1 Bewegung Lächeln: Kontraktionsphase (fsm1)

Hinsichtlich des Unterschiedes der Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des Lächelns zeigte sich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied, obwohl die Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe ($0,031 \pm 0,012$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($0,001 \pm 0,003$ s) höher war. Boxplots der Patienten- und Kontrollgruppe sind in Abbildung 4.13 dargestellt. Bei 11 von 18 Patienten war die Dauer der Kontraktion kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.14).

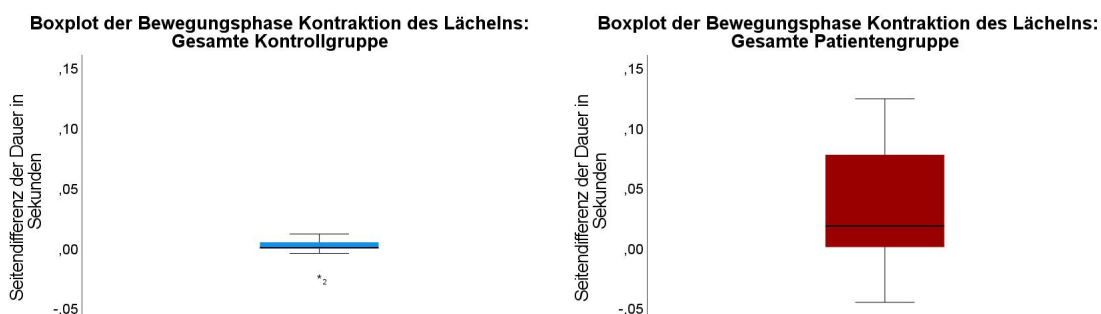


Abbildung 4.13: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des Lächelns.

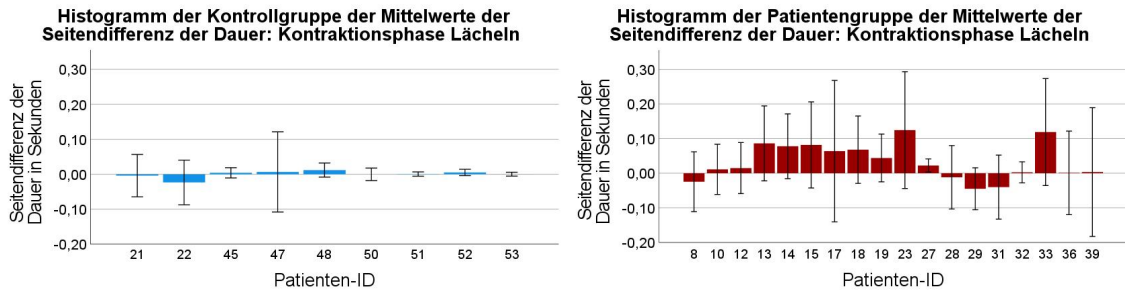


Abbildung 4.14: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Kontraktionsphase des Lächelns.

4.2.3.2 Bewegung Lächeln: Plateauphase (fsm2)

Bei der Plateauphase des Lächelns schien die Seitendifferenz der Dauer zwischen der kontralateralen und erkrankten Gesichtshälfte nicht ausgeprägter bei der Patientengruppe ($-0,002 \pm 0,019$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($-0,001 \pm 0,012$ s) zu sein. Es zeigte sich wie bei der Kontraktionsphase des Lächelns kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und Patientengruppe. Abbildung 4.15 zeigt Boxplots der Patienten- und Kontrollgruppe und demonstriert graphisch die hohe Streuung der Ergebnisse der Kontroll- und Patientengruppe. Bei der Hälfte der Patienten (9 von 18) war die Dauer der Plateauphase länger auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.16).

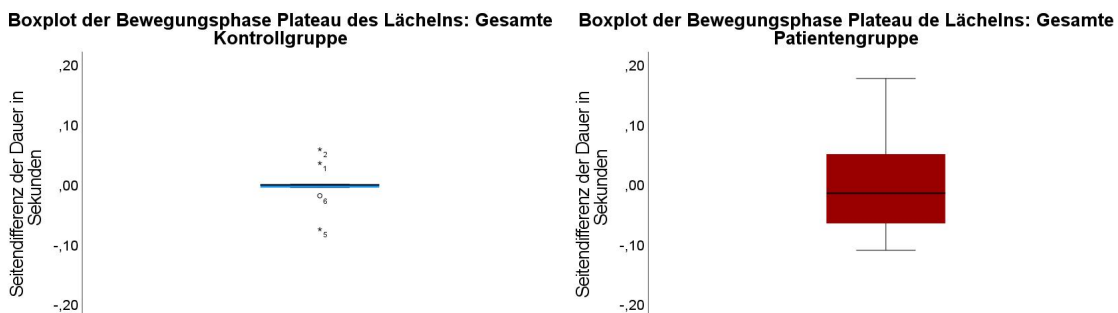


Abbildung 4.15: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase des Lächelns.

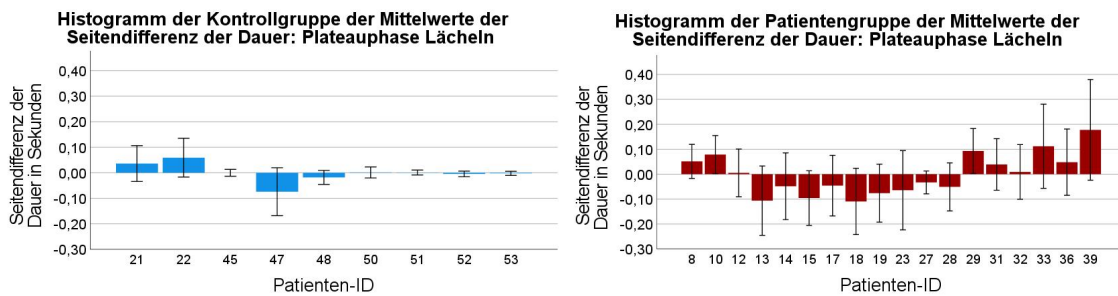


Abbildung 4.16: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Plateauphase des Lächelns.

4.2.3.3 Bewegung Lächeln: Relaxationsphase (fsm3)

Auch die Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des Lächelns war zwischen der kontralateralen und erkrankten Gesichtshälfte größer bei der Patientengruppe ($0,018 \pm 0,008$ s) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($-0,003 \pm 0,009$ s) zu sein. Dieser Eindruck zeigte sich auch graphisch in Abbildung 4.17 und Abbildung 4.18. Bei 12 von 18 Patienten war die Dauer der Relaxation kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte (Abbildung 4.18). Bei zwei Patienten gab es keine sichtbare Relaxationsphase der erkrankten Gesichtshälfte.

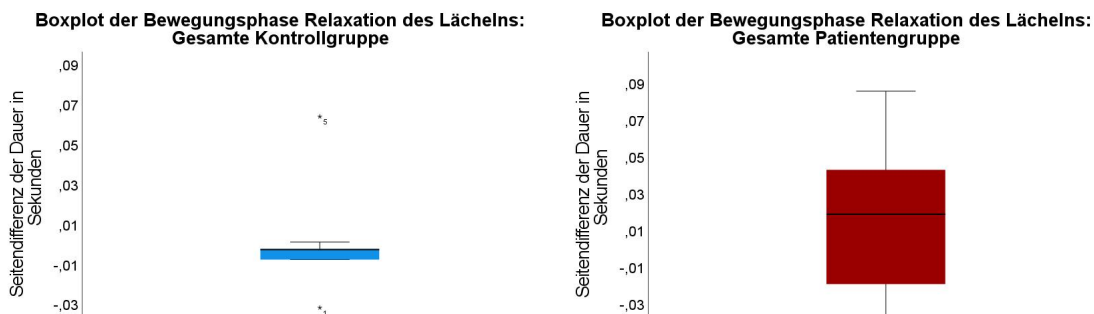


Abbildung 4.17: Boxplot der Kontroll- (links) und Patientengruppe (rechts) der Daten mit Median und Quartilen (Q1 und Q3) der Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des Lächelns.

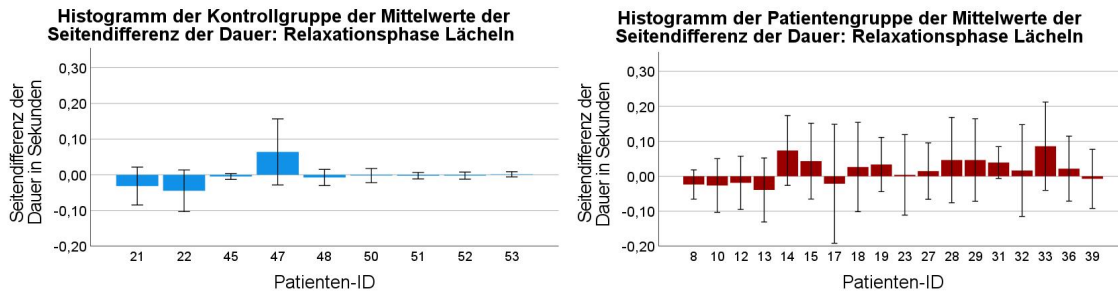


Abbildung 4.18: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung pro Proband der Kontroll-(links) und Patientengruppe (rechts) der mittleren Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des Lächelns.

In Tabelle 4.4 ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Auswertung der Hypothese I dargestellt.

Tabelle 4.4: Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Auswertung zur Hypothese.

	Kontraktionsphase	Plateauphase	Relaxationsphase
Leichter Augenschluss	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$
Fester Augenschluss	$p < 0,05$	$p > 0,05$	$p < 0,01$
Lächeln	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$

4.3 Explorative Subgruppen-Analyse

Um mögliche beeinflussbare Faktoren der Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer der verschiedenen Bewegungen zu identifizieren, wurde die Patienten in Subgruppen aufgeteilt und analysiert. Dabei wurden folgende Subgruppen gebildet und gegenseitig untersucht:

1. Patientengruppe mit akuter Fazialisparese im Vergleich zur Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese mit oro-okulären Synknesien.

2. Lidspaltendifferenz der Patientengruppe in Ruhe (drei Sub-Gruppen: kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz).
3. Patientengruppe mit kompletten leichten- oder festen Augenschluss im Vergleich zur Patientengruppe mit inkompletten leichten- oder festen Augenschluss.

4.3.1 Vergleich der Seitendifferenz der Dauer: Patientengruppe mit akuter Parese und Patientengruppe mit chronischer Parese mit Synkinesien

Tabelle 4.5: Darstellung der demographischen Daten der Patientengruppe mit akuter Parese, und der Patientengruppe mit chronischer Parese mit Synkinesien. Seitendifferenz der Dauer des leichten Augenschlusses, des festen Augenschlusses und des Lächelns der Gruppen.

	Patientengruppe mit akuter Fazialisparese			Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese mit Synkinesien		
Anzahl der Patienten-Sub-Gruppe (n)	4			16		
Geschlechtsverteilung (n)	Männlich: 4			Männlich: 6	Weiblich: 10	
Alter in Jahren (<i>MI</i> ± <i>SA</i>)	38 ± 13			53 ± 16		
Zeitintervall Lähmungsbeginn-Videoaufnahme (<i>MI</i> ± <i>SA</i>)	11 ± 13 Tage			43 ± 72 Monate		
Gec Seitendifferenz in s	Gec1: -0,178 ± 0,04	Gec2: 0,167 ± 0,041	Gec3: 0,094 ± 0,024	Gec1: -0,115 ± 0,02	Gec2: 0,121 ± 0,02	Gec3: 0,054 ± 0,017
Fec Seitendifferenz	Fec1: -0,026 ± 0,018	Fec2: 0,02 ± 0,019	Fec3: 0,117 ± 0,03	Fec1: -0,036 ± 0,016	Fec2: 0,023 ± 0,02	Fec3: 0,074 ± 0,014
Fsm Seitendifferenz	Fsm1: -0,006 ± 0,015	Fsm2: 0,005 ± 0,017	Fsm3: 0,024 ± 0,006	Fsm1: 0,038 ± 0,013	Fsm2: -0,003 ± 0,023	Fsm3: 0,016 ± 0,01

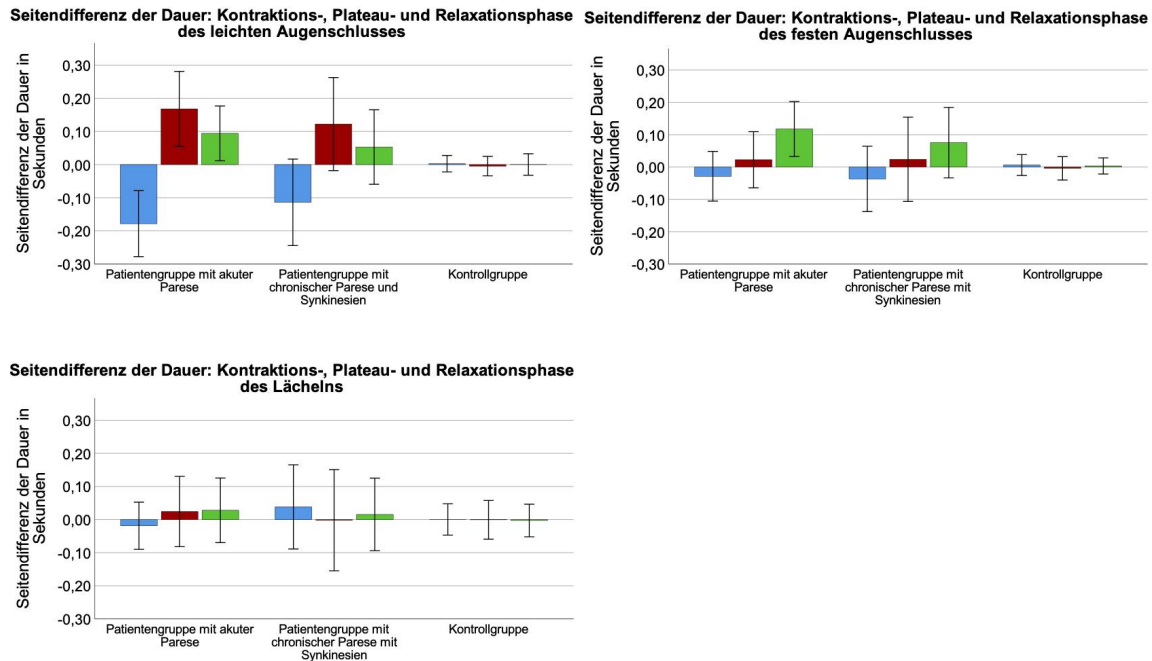


Abbildung 4.19: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung, der Patientengruppe mit akuter Fazialisparese, der Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese mit Synkinesien und der Kontrollgruppe. Die blauen Balken stellen die Kontraktionsphase, die roten Balken die Plateauphase und die grünen Balken die Relaxationsphase des leichten Augenschlusses (oben links), festen Augenschlusses (oben rechts) und des Lächelns (unten links) der jeweiligen Gruppen dar.

Die Kontraktionsphase war, mit Ausnahme der Kontraktionsphase des Lächelns der Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese, im Mittel länger auf der erkrankten Gesichtshälfte. Die Plateau- und Relaxationsphase fiel, mit Ausnahme der Plateauphase des Lächelns der Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese, durchschnittlich kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte bei beiden Patientengruppen aus (Tabelle 4.5 und Abbildung 4.19). Bei der Kontraktions-, Plateau- und Relaxationsphase des leichten Augenschlusses, des festen Augenschlusses und des Lächelns zeigten sich zwischen der Patientengruppe mit akuter Parese und der Patientengruppe mit chronischer Parese mit Synkinesien keine signifikanten Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer ($p(\text{bonf}) > 0,05$).

4.3.2 Vergleich der Seitendifferenz der Dauer des leichten und festen Augenschlusses: Lidspaltendifferenz der Patientengruppe in Ruhe (kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz).

Tabelle 4.6: Darstellung der demographischen Daten und der Seitendifferenz der Dauer des leichten und festen Augenschlusses der Patientengruppe mit unterschiedlichen Lidspaltdifferenzen in Ruhe (kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz).

	Kleinere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte		Beidseitig gleiche Lidspaltendifferenz		Größere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte	
Anzahl der Patienten-Sub-Gruppe (n)	8		9		2	
Geschlechtsverteilung (n)	Männlich: 4	Weiblich: 4	Männlich: 4	Weiblich: 5	Männlich: 1	Weiblich: 1
Alter in Jahren (<i>M</i> ± <i>SA</i>)	53 ± 19		48 ± 17		46 ± 9	
Zeitintervall Lähmungsbeginn-	24 ± 19		54 ± 93		9 ± 8	

Videoaufnahme in Monaten (<i>MI</i> ± <i>SA</i>)									
Typ der Parese (n)	Chronisch mit Synkinesien: 8			Akut: 2		Chronisch mit Synkinesien : 7	Akut: 1	Chronisch mit Synkinesien: 1	
Gec Seitendifferenz in s	Gec1: -0,093 ± 0,023	Gec2: 0,105 ±0,022	Gec3: 0,065 ± 0,027	Gec1: -0,125 ± 0,026	Gec2: 0,12 ± 0,026	Gec3: 0,05 ± 0,02	Gec1: -0,258 ± 0,001	Gec2: 0,257 ± 0,004	Gec3: 0,087 ± 0,006
Fec Seitendifferenz	Fec1: -0,015 ± 0,01	Fec2: -0,016 ±0,017	Fec3: 0,092 ± 0,023	Fec1: -0,047 ± 0,026	Fec2: 0,048 ± 0,029	Fec3: 0,067 ± 0,018	Fec1: -0,056 ± 0,006	Fec2: 0,061 ±0,004	Fec3: 0,101 ± 0,024

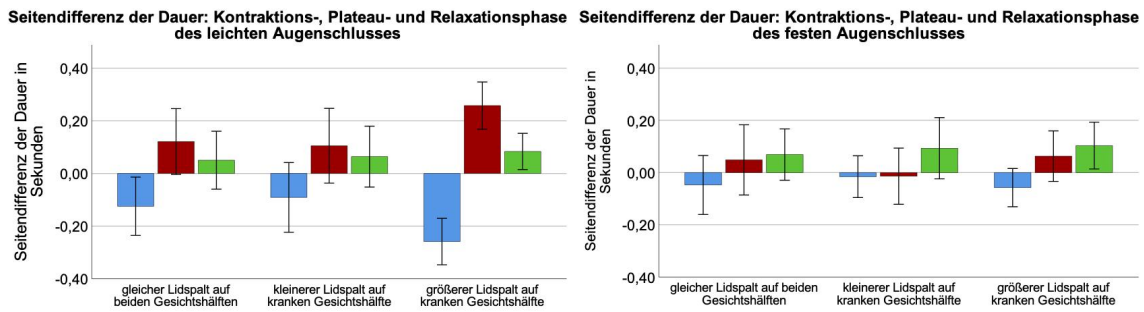


Abbildung 4.20: Mittelwert \pm einfache Standardabweichung der Patientengruppen der unterschiedlichen Lidspaltendifferenzen des leichten Augenschlusses (links) und des festen Augenschlusses (rechts). Die blauen Balken stellen die Kontraktionsphase, die roten Balken die Plateauphase und die grünen Balken die Relaxationsphase des leichten und festen Augenschlusses der jeweiligen Gruppen dar.

Abbildung 4.20 und Tabelle 4.6 zeigen, dass, mit Ausnahme der Plateauphase des festen Augenschlusses der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte, die Kontraktionsphase im Mittel länger, wobei die Plateau- und Relaxationsphase durchschnittlich kürzer beim leichten und festen Augenschlusses auf der erkrankten Gesichtshälfte ausfiel.

Es zeigten sich signifikante Unterschiede der Seitendifferenz der Dauer zwischen den einzelnen Subgruppen.

Vergleich der Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit größerer Lidspalte und kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte:

Leichter Augenschluss: Die Seitendifferenz der Dauer war bei der Kontraktions- und Plateauphase der Patientengruppe mit größerer Lidspalte signifikant ausgeprägter als bei der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte ($p(\text{bonf}) < 0,01$).

Fester Augenschluss: Bei der Kontraktions- und Plateauphase der Patientengruppe mit größerer Lidspalte war die Seitendifferenz der Dauer signifikant größer im Vergleich zur Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte ($p(\text{bonf}) < 0,01$).

Vergleich der Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte und beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz:

Leichter Augenschluss: Die Seitendifferenz der Dauer war bei der Kontraktions- und Plateauphase der Patientengruppe mit größerer Lidspalte signifikant größer als bei der Patientengruppe mit beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz ($p(\text{bonf}) < 0,01$).

Fester Augenschluss: Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Subgruppen ($p(\text{bonf}) > 0,05$).

Vergleich der Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte und beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz

Sowohl beim leichten-, als auch beim festen Augenschluss zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Subgruppen ($p(\text{bonf}) > 0,05$).

4.3.3 Vergleich der Seitendifferenz der Dauer des leichten und festen Augenschlusses: Patientengruppe mit kompletten- und Patientengruppe mit inkompletten Augenschluss

Bei den Subgruppen Analysen des kompletten und inkompletten leichten (Tabelle 4.7), bzw. festen Augenschlusses (Tabelle 4.8), zeigten sich bei allen Bewegungen keine signifikanten Unterschiede innerhalb der jeweiligen Subgruppe ($p(\text{bonf}) > 0,05$).

Tabelle 4.7: Darstellung der demographischen Daten und der Seitendifferenz der Dauer des leichten Augenschlusses der Patientengruppe mit kompletten und inkompletten leichten Augenschluss

	Kompletter leichter Augenschluss		Inkompletter leichter Augenschluss	
Anzahl der Patienten-Sub-Gruppe (n)	13		6	
Geschlechtsverteilung (n)	Männlich: 7	Weiblich: 6	Männlich: 2	Weiblich: 4
Alter in Jahren ($MI \pm SA$)	51 \pm 14		48 \pm 22	
Zeitintervall Lähmungsbeginn-	38 \pm 80		33 \pm 26	

Videoaufnahme in Monaten ($MI \pm SA$)						
Typ der Parese (n)	Akut: 2		Chronische Parese mit Synkinesien: 11	Akut: 1		Chronische Parese mit Synkinesien: 5
Gec Seitendifferenz ($MI \pm SEM$) in s	Gec1: -0,113 $\pm 0,023$	Gec2: 0,116 $\pm 0,023$	Gec3: 0,044 $\pm 0,018$	Gec1: -0,152 $\pm 0,033$	Gec2: 0,153 $\pm 0,03$	Gec3: 0,095 $\pm 0,021$

Tabelle 4.8: Darstellung der demographischen Daten und der Seitendifferenz der Dauer des festen Augenschlusses der Patientengruppe mit kompletten und inkompletten festen Augenschluss

	Kompletter fester Augenschluss			Inkompletter fester Augenschluss		
Anzahl der Patienten-Sub- Gruppe (n)	17			2		
Geschlechtsverteilung (n)	Männlich: 8	Weiblich: 9		Männlich:1	Weiblich: 1	
Alter in Jahren ($MI \pm SA$)	50 \pm 17			45 \pm 15		
Zeitintervall Lähmungsbeginn- Videoaufnahme in Monaten ($MI \pm SA$)	38 \pm 71			16 \pm 4		
Typ der Parese (n)	Akut: 4		Chronisch mit Synkinesien: 5	Chronisch mit Synkinesien: 2		
Fec Seitendifferenz ($MI \pm SEM$) in s	Fec1: -0,026 $\pm 0,011$	Fec2: 0,018 $\pm 0,015$	Fec3: 0,076 $\pm 0,014$	Fec1: -0,11 $\pm 0,071$	Fec2: 0,069 $\pm 0,094$	Fec3: 0,126 $\pm 0,024$

5. Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist die Zuverlässigkeit der Messungen und Dokumentation von mimischen Bewegungen mit einem Smartphone bei Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese zu untersuchen, um diese beispielsweise bei Verlaufskontrollen telemedizinisch nutzen zu können. Diese Arbeit soll ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Bildanalyse von mimischen Bewegungen bei Patienten mit Fazialisparese leisten. Es finden sich keine Publikationen, welche eine Bewegungsanalyse der Dauer einzelnen Bewegungsphasen des leichten Augenschlusses, festen Augenschlusses und des Lächelns mit Slow-Motion-Smartphone Videoaufnahmen bei Patienten mit peripheren Fazialispareesen detailliert untersuchen. Slow-Motion-Smartphone Videoaufnahmen bieten die Möglichkeit geringe Bewegungsunterschiede, wie Übergänge zwischen den einzelnen Phasen und die Dauer einzelnen Phasen (Kontraktionsphase, Plateauphase und Relaxationsphase) im Millisekunden-Bereich zu erfassen. Diese können möglicherweise mit konventionelle Videoaufnahmen von 30 FPS nicht erfasst werden. Smartphone-Slow-Motion Videoaufnahmen der mimischen Bewegungen einer Patientengruppe mit einseitiger inkompletter, sowohl akuter als auch chronischer peripheren Fazialisparese (Tabelle 4.1) wurden mit einer gesunden Kontrollgruppe ohne Fazialisparese verglichen. Repetitive Bewegungen des leichten Augenschlusses, des festen Augenschlusses und des Lächelns wurden über einen Zeitraum von 50 s aufgezeichnet und mit dem Programm Elan ausgewertet.

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1.1 Hypothese

Die Seitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen zeigt mithilfe der Slow-Motion Smartphone-Videoaufnahmen Unterschiede bei der Patienten- und Kontrollgruppe bei den verschiedenen Phasen innerhalb eines Bewegungsablaufes (leichter Augenschluss (Gec)/fester Augenschluss (Fec)/Lächeln (Fsm)).

Die Hypothese konnte überwiegend bestätigt werden: Es zeigten sich bei allen Bewegungsphasen (Kontraktions-, Plateau- und Relaxationsphase) des leichten Augenschlusses, dass die mittlere Seitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen bei der Patientengruppe ausgeprägter als bei der Kontrollgruppe war. Die Dauer der Kontraktionsphase war im Mittel länger auf der erkrankten Gesichtshälfte der Patientengruppe. Die Dauer der Plateau- und Relaxationsphase war im Mittel kürzer

auf der erkrankten Gesichtshälfte. Beim festen Augenschluss war nur bei der Kontraktions- und Relaxationsphase ein signifikanter Unterschied zwischen der Patienten- und Kontrollgruppe in der Seitendifferenz der Dauer festzustellen. Bei der Patientengruppe war die Dauer der Kontraktionsphase im Mittel länger auf der erkrankten Gesichtshälfte. Die Dauer der Relaxationsphase war durchschnittlich kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte. Bei der Bewegungsanalyse des Lächelns zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Bei der explorativen Subgruppenanalyse war die Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit größerer Lidspalte in Ruhe auf der erkrankten Gesichtshälfte bei der Kontraktions- und Plateauphase des leichten und festen Augenschlusses ausgeprägter als bei der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte. Weiter zeigte sich eine signifikant größerer Seitendifferenz der Dauer der Patientengruppe mit größerer Lidspalte bei der Kontraktions- und Plateauphase des leichten Augenschlusses im Vergleich zur Patientengruppe mit beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz.

Zwischen der Patientengruppe mit akuter Fazialisparese und der Patientengruppe mit chronischer Fazialisparese mit oro-okulären Synkinesien zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer bei alle Bewegungsphasen. Weiter waren die Unterschiede der Seitendifferenz der Dauer der einzelnen Bewegungsphasen bei der Patientengruppe mit kompletten und inkompletten leichten und festen Augenschluss nicht signifikant.

5.2 Methodenkritik

5.2.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau dieser Arbeit für die standardisierten Videoaufnahmen orientierte sich am Versuchsaufbau von Schaede et al. 2017. Die Autoren etablierten standardisierte Videoaufnahmen mit einer konventionellen Webcam-Kamera (C930e; Logitech; München) basierend auf einem Instruktionvideo, um reliabel eine Klassifikation für die Schwere einer Fazialisparese zu ermöglichen (Schaede et al. 2017). Es wurden mimischen Gesichtsbewegungen der Grading Systeme nach House-Brackmann, Stennert, Sunnybrook sowie Yanagihara mit einer Webcam gefilmt. Die standardisierten Lichtverhältnisse und die Positionierung der Kamera wurde für die vorliegende Arbeit übernommen. Vorteil der nunmehr vorgenommenen Videoaufnahmen mit einem iPhone 10 war die Unterstützung von Slow-Motion

Aufnahmen in 1080 Pixel mit 120 oder 240 FPS. Die räumliche Videoauflösung der verwendeten Webcam bei Schaede et al. gleicht der des iPhones, allerdings konnten bei Schaede et al. maximal 30 FPS eingesetzt werden. Dadurch werden weniger Bilder pro Sekunde aufgenommen. Die Aufnahme der Videos mit der Slow-Motion Funktion ist mit der damals verwendeten Webcam-Kamera nicht möglich. Allerdings war die Slow-Motion Funktion für die Fragestellung von Schaede et al. irrelevant. Übergänge zwischen den verschiedenen Bewegungsphasen im Millisekunden-Bereich können mit einer niedrigen FPS-Rate nur schwer oder überhaupt nicht identifiziert und analysiert werden. Vergleicht man den Versuchsaufbau der jetzigen Studie mit anderen Arbeiten fallen weitere Gemeinsamkeiten auf. In den Arbeiten von Monini et al. wurde ein vergleichbarer Versuchsaufbau angewandt (Monini et al. 2017, Monini et al. 2019, Monini et al. 2021). Mit dem Ziel, eine neue objektive Messmethode des Schweregrades der Bellschen Parese durch Videoaufnahmen mit einem herkömmlichen Smartphone zu etablieren, wurden die Patienten während der Ausführung folgender Bewegungen gefilmt: Stirnrunzeln, leichter Augenschluss, fester Augenschluss, Nase rümpfen, ein Lächeln und ein Lippenspitzen. Die Videoaufnahmen erfolgten in einem abgedunkelten Raum bei einem räumlichen Abstand des Smartphones zum Patienten von einem Meter auf Gesichtshöhe und unter Aktivierung der Applikation „Flash on“. Die Aufnahmen erfolgten mit der Einstellung 25 FPS. Weiter wurden verschieden Marker an unterschiedlichen Stellen des Gesichtes bilateral platziert, um Seitenunterschiede bei den oben genannten Bewegungen zu erkennen (Monini et al. 2017). Es wurden 10 Patienten untersucht. Über die Aufnahmezeit der einzelnen Bewegungen wurden keine Angaben gemacht. Es wurde in der Arbeit von Monini nicht erwähnt, welches Smartphone-Modell für die Aufnahmen verwendet wurde. Die Autoren erwähnen in ihrer Arbeit, dass es sich um ein herkömmliches Smartphone handelt. Es zeigen sich Parallelen zu dem jetzigen Versuchsaufbau im Hinblick auf die Bewegungsabfolgen der verschiedenen Videoaufnahmen. Vorteil der vorliegenden Arbeit ist, wie bereits erwähnt, die deutlich bessere zeitliche Auflösung der Slow-Motion Videoaufnahme mit einer höheren FPS-Rate. So können zeitliche Veränderungen im Millisekunden-Bereich während der verschiedenen Bewegungsabläufe, wie Dauer der einzelnen Bewegungsphasen und Übergänge zwischen Kontraktions- und Plateauphase, bzw. Plateau- und Relaxationsphase identifiziert und analysiert werden. Mit einer FPS-Rate von 25 FPS ist dies möglicherweise nur schwer oder nicht möglich. Ein weiterer Vorteil der jetzigen

Arbeit ist die Platzierung des Smartphones unterhalb des Augenniveaus in einem 20 Grad Winkel. Es war so möglich, die komplette bzw. inkomplette Schließung des Auges beim leichten und festen Augenschluss zu beobachten. Der Übergang zwischen den Bewegungsphasen konnte dadurch eindeutig zeitlich markiert werden. Weiter wurden die Videoaufnahmen in der vorliegenden Arbeit markerfrei generiert. Marker-basierte Videoaufnahmen weisen einige Limitationen auf. Für die Platzierung von Gesichtsmarkern wird mehr Zeit benötigt (Neely et al. 2010, O'Reilly et al. 2010, Hadlock und Urban 2012) Weiter besitzen Marker-basierte Systemen eine geringe Reproduzierbarkeit und es besteht die Gefahr von Inter-Observer Fehlern (Hadlock und Urban 2012, Lee et al. 2013). Zielsetzung der Arbeit von Monini et al. 2017 war aber, eine korrespondierende objektive Messmethode zur House-Brackmann Skala zu entwickeln und nicht Bewegungsanalysen der verschiedenen Bewegungsphasen zu untersuchen. Weitere Arbeiten von Monini et al. im Jahr 2019 und 2021 beruhen auf den bereits im Jahr 2017 beschriebenen Versuchsaufbauten. Ein weiterer vergleichbarer Versuchsaufbau wird in der Arbeit von Linstrom dargestellt (Linstrom 2002). Die Zielsetzung der Arbeit von Linstrom war es eine objektive Messung der Gesichtsbewegungen mit Markern an verschiedenen Gesichtspunkten und einem Video-Computer System, dem Peak Motus Motion Measurement System, bei Patienten mit Fazialisparese zu entwickeln und dies mit Patienten ohne Fazialisparese zu vergleichen. Für die Videoaufnahmen wurde eine hochauflösende Videokamera genutzt (Redlake MotionScope Kamera, Model SR 250 High Speed Video System, Redlake Imaging Corporation, Morgan Hill, CA, USA). Die Videoaufnahmen erfolgten in einer Entfernung von 4,7 Meter bei frontaler Beleuchtung bei 250 FPS. Um Slow-Motion Videoaufnahmen mit einem Smartphone aufzunehmen ist eine FPS-Rate von mindestens 120 nötig. Ab einer FPS-Rate von 120 könnten im Smartphone Video mimische Bewegungen nach den Bewegungsphasen Kontraktion, Plateau und Relaxation eingeteilt werden. Um die bestmögliche zeitliche Auflösung bei Slow-Motion Smartphone Videoaufnahmen zu erreichen, wurden in der jetzigen Arbeit die Videos mit einer FPS-Rate von 240 FPS aufgenommen. Das ist die höchste FPS-Rate, mit der zum jetzigen Zeitpunkt Slow-Motion Smartphone Videoaufnahmen generiert werden können. Möglicherweise wäre dies auch mit einer geringeren FPS-Rate möglich, was allerdings zu einer schlechteren zeitlichen Auflösung der Videos führen würde. Dementsprechend könnte eine Slow-Motion Videoaufnahme unter 120 FPS zu einer ungenauen Bewegungsanalyse führen, da der zeitlich genaue Beginn und Ende

einer Bewegungsphase durch eine verringerte Anzahl an Bildern pro Sekunde möglicherweise im Video nicht aufgezeichnet werden. In der Arbeit von Linstrom wurden die Bewegungen des leichten Augenschlusses und des Lächelns untersucht. Um Kopfbewegungen während der Untersuchung zu vermeiden, wurde der Kopf auf einer gepolsterten Ablage abgelegt. Linstrom beschreibt weder die Untersuchungszeit noch die Anzahl bzw. den Rhythmus der wiederholenden Bewegungen. Untersucht wurde einerseits die Asymmetrie der Marker-Verschiebung während der verschiedenen Bewegungen zwischen Patienten mit und ohne Fazialisparese und die Test-Retest Reliabilität. Bei dem gepaarten T-Test zeigte sich eine starke Test-Retest-Reliabilität. Weiter wurde eine Korrelation zwischen der Asymmetrie der Marker-Verschiebung während der verschiedenen Bewegungen und der House-Brackmann Skala analysiert. Mit der angewendeten Methode von Linstrom zeigte sich eine signifikante Verschiebungsasymmetrie der Marker bei einigen der Probanden mit einer gering ausgeprägten Fazialisparese (House-Brackmann-Bewertung I/VI). Dies deutet darauf hin, dass mit dem Video-Computer System geringe Bewegungsdefizite detektiert wurden, die mit der subjektiven House-Brackmann-Bewertung nicht erkannt worden sind. Eine weitere Zielsetzung der Arbeit von Linstrom war, Synkinesien bei Patienten mit Fazialisparese zu quantifizieren (Linstrom 2002). Vorteil der vorliegenden Arbeit ist die qualitative bessere Auflösung der Videoaufnahmen durch technisch aktuelle Smartphones. Weiter ist die Übertragung und Analyse der Videodateien durch den technologischen Fortschritt im Vergleich zum Jahr 2002 durch die verbesserte Auflösung der Videodatei leichter geworden. Dadurch ist es möglich, bei einer hohen zeitlichen Auflösung bereits geringe Bewegungsunterschiede zu detektieren. Vergleicht man die Kosten von Smartphones mit professionellen Videokameras, welche Slow-Motion Videoaufnahmen von bis zu 7000 FPS und mehr aufnehmen können, so sind Smartphones eindeutig kostengünstiger (Imaging-Solutions 2023). Die Preise für eine professionelle Videokamera reichen von ca. 1.000 Euro bis zu 10.000 Euro. Es ist denkbar, dass die Anwendung von professionellen Videokameras schwieriger ist als die Anwendung von Smartphones. Um die aufgenommen Videos der Videokamera zu speichern ist eine SD-Karte nötig, was einen weiteren Kostenpunkt darstellt. Per Smartphone aufgenommene Videodateien können beispielsweise mittels Bluetooth schnell und unkompliziert auf einem Computer oder Laptop gespeichert werden. Denkt man an die Übertragung in den klinischen Alltag, so sind Smartphones bereits ein fester Bestandteil. Dies bezieht sich

nicht nur auf die Video-Funktion, sondern auch auf weitere Funktionen, die das Smartphone anbietet (Abschnitt 1.5). Die Übertragung in den klinischen Alltag scheint sinnvoll, da aufgrund der täglichen Nutzung der Smartphones die Handhabung der Geräte einfach, schnell und unkompliziert ist. Smartphones wären aufgrund ihrer geringen Größe und ihrem geringen Gewicht mobil einsetzbar. Im Vergleich zu Webcam-Kameras und professionellen Videokameras benötigen Smartphones kein weiteres Equipment, um eine Videoaufnahme zu generieren. Im klinischen Alltag kann dies aufgrund des Zeitmangels bei wenig Personal und hoher Patientenzahl von Vorteil sein. Des Weiteren besitzt heutzutage nahezu jede Person ein Smartphone. Die Möglichkeit, Smartphone-Videoaufnahmen auch im häuslichen Umfeld zu generieren, ohne sich in der Klinik vorstellen zu müssen, ist somit gegeben. Allerdings müssten für qualitativ hochwertige Smartphone-Videoaufnahmen zum einen die neuesten Smartphones verwendet werden, was mit einem erhöhten finanziellen Aufwand verbunden sein könnte. Zum anderen müsste die Umgebung für die Smartphone-Videoaufnahme, wie die Beleuchtung, angepasst werden. Bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen könnte die Qualität der Videoaufnahme durch verdeckende Schatten der region of interest beeinträchtigt sein. Um qualitativ hochwertige Aufnahmen zu produzieren, müssten die Patienten mit der Handhabung der Smartphones sicher vertraut sein.

5.2.2 Datenauswertung mit dem Programm Elan

Vorteile der optischen Auswertung mit Slow-Motion Smartphone-Videoaufnahmen waren eine erhöhte zeitliche Auflösung im Vergleich zu konventionellen Webcam-Kameras, sowie eine einfache Handhabung sowohl für den Untersucher als auch für die zu untersuchende Person. Der Untersucher war bereits mit den Einstellungen der Videoaufnahme, Speicherung, sowie Übertragung der Videodateien in das Programm Elan vertraut. Die zu untersuchende Person musste lediglich bei den zu untersuchenden Bewegungen den Blick auf die Kamera des Smartphones richten und die zu untersuchenden Bewegungen durchführen. Ebenfalls können durch die hohe zeitliche HD-Qualität kleinste Bewegungen im Millisekunden Bereich, wie die Ergebnisse der jetzigen Arbeit gezeigt haben, erfasst werden, was nicht nur für wissenschaftliche Zwecke, aber auch im klinischen Alltag von großem Vorteil ist. So könnte der Verlauf von Fazialispareesen sowie die Wirkung von Therapie und Rehabilitation besser beurteilt werden. Übergänge von der Kontraktions- und

Plateauphase, bzw. Plateau- und Relaxationsphase und die Dauer der einzelnen Bewegungsphasen wurden durch die erhöhte FPS-Rate der Slow-Motion Funktion und der anschließenden Streckung der Videos von 50 s auf 400,265 s (Abschnitt 3.4) im Millisekunden Bereich analysiert und zeitlich markiert. Es finden sich zum jetzigen Zeitpunkt keine Publikationen, welche eine Bewegungsanalyse der Dauer der einzelnen Bewegungsphasen des leichten Augenschlusses, festen Augenschlusses und des Lächelns mit Videoaufnahmen bei Patienten mit peripheren Fazialispareesen detailliert untersuchen. Daher konnte ein Vergleich nicht herangezogen werden. Wie bereits im Abschnitt 3.4 beschrieben, mussten zunächst die einzelnen Bewegungsphasen markiert werden. Die erste zu untersuchende Gesichtshälfte erforderte besonderen Zeitaufwand, um Anfang und Ende der jeweiligen Bewegungsphase zu detektieren. Dies wurde durch die optische Vergrößerung an einem HD-Fernseher verbessert. Die Auswertung der kontralateralen Gesichtshälfte benötigte einen geringeren Zeitaufwand, da es nun möglich war, sich an den bereits erstellten Markierungen zu orientieren. Man benötigte für die Untersuchung eines Bewegungsablaufes einer Gesichtshälfte eine Stunde. Der insgesamt benötigte Zeitaufwand je Proband ergab für die Bewegungen leichter Augenschluss, fester Augenschluss und Lächeln eine Dauer von sechs Stunden. Die Intra- und Inter-Rater-Variabilität des Setzens der Zeitmarken im Programm Elan wurde in der Promotionsarbeit von Arbeit von Duchow für die Synkinesien-Bewertung untersucht (Duchow 2023 unveröffentlicht). Die Inter-Rater Reliabilität wurde in Duchows Arbeit mit zwei Ratern und Messungen an sechs Patienten untersucht. Seine Ergebnisse zeigten eine gute Inter-Rater-Reliabilität (Duchow 2023 unveröffentlicht). Mit Bootstrapping (Efron und Tibishirani 1994) wurde die relative Häufigkeit der Synkinesie-Rate bei den Bewegungen leichter Augenschluss, fester Augenschluss und Lächeln einbezogen. Es zeigte sich bei allen drei Bewegungen des Rater 1 eine mittlere Synkinesie-Rate von 84,7 % (95%-Konfidenzintervall (CI) 0.778-0.92). Bei Rater 2 zeigte sich eine mittlere Synkinesie-Rate von 85,2% (95%-CI 0.755-0.937). Die mittlere Differenz zwischen den beiden Ratern betrug 0.5 % (95%-CI -0.05-0.038). Dies war statistisch nicht signifikant, was gegen ein Rater-abhängiges Ergebnis sprach (Duchow 2023 unveröffentlicht).

In zukünftigen Arbeiten könnte die Zuverlässigkeit der Bewegungsanalyse durch mehrere Rater oder durch ein Computer-Programm zur automatischen Bewegungsanalytik, wie dem Jena Facial Palsy Tool (JeFaPaTo), verbessert werden

(Schuhmann 2023 unveröffentlicht). In der noch unveröffentlichten Promotionsarbeit von Schuhmann „Blinzeln bei gesunden Probanden und Patienten mit Fazialisparese“ wird mithilfe des JeFaPaTo Programms automatisch die Häufigkeit spontaner Augenschlüsse zwischen einer Patientengruppe mit Fazialisparese und einer gesunden Kontrollgruppe in einem zwanzig-minütigen Video verglichen. Die Grundlage der automatischen Blinzeln-Auswertung wurde bereits beschrieben (Soukupova und Cech 2016). Mit Gesichtslandmarken am Auge wurde der eye aspected ratio (EAR) entwickelt, um die Augenöffnung pro Bild zu charakterisieren. Der EAR ergibt sich laut Autoren aus dem Verhältnis zwischen Länge und Höhe der Augenöffnungsfläche. Wird ein gewisser Schwellenwert des EAR unterschritten, so wird automatisch eine spontane Augenschluss-Bewegung erkannt und markiert. Die Autoren Soukupova und Cech entwickelten einen Echtzeit-Algorithmus, um das Blinzeln in einer Videoaufnahme quantitativ zu analysieren. Es ist denkbar, dass JeFaPaTo zukünftig eine Rolle in der automatischen Bewegungsanalyse von mimischen Bewegungen spielen könnte, um nicht nur Häufigkeiten der Bewegungen, sondern auch die Dauer von Kontraktions- und Relaxationsphasen des Blinzeln zu bestimmen. JeFaPaTo arbeitet zudem markerfrei. Weiter könnten durch die automatische Annotation die Videos zeitlich effektiver untersucht und analysiert werden. Eine weitere Publikation beschäftigt sich mit einem Smartphone basierten automatischen Videoaufnahme-System zur Diskriminierung zwischen Patienten mit Fazialisparese und Patienten ohne Fazialisparese (Kim et al. 2015). Anhand von automatisch generierten Gesichtslandmarken wurde die Asymmetrie der Bewegungen Stirn runzeln, Lächeln und des Gesichtes in Ruhe bei 23 Patienten mit Fazialisparese und 13 Patienten ohne Fazialisparese ausgewertet. Für die Videoaufnahme wurden ein iPhone 4S und ein iPhone 6 genutzt. Die Videos zeichneten für 15-20 s mit einer 30 FPS-Rate die Teilnehmer der Studie frontal unter normalen Lichtverhältnissen auf. Der Asymmetrie-Index der Stirn- und Mundregion zeigten die höchste Genauigkeit der Klassifikation „accuracy of classification“ von 88,9%. Die Autoren erwähnen, dass das untersuchte System ein Beitrag zur Verlaufsdagnostik bei Patienten mit Fazialisparese dienen könnte. Es ist denkbar, dass mit Hilfe der automatisch generierten Gesichtslandmarken eine automatische Bewegungsanalyse von Slow-Motion Smartphone Videoaufnahmen erstellt werden könnte. Durch die automatische Annotation könnten die Smartphone-Videos zeitlich effektiver untersucht und analysiert werden als in der jetzigen Arbeit mit dem Programm Elan.

Lichtverhältnisse spielen bei den Videoaufnahmen der jetzigen Arbeit eine wichtige Rolle. Bei den Videoaufnahmen der Patienten wurde keine standardisierte Beleuchtung angewandt, was zu Problemen in der Videoauswertung führte (Abschnitt 3.2). Dies konnte durch verschiedene Kontrast- und Helligkeits- Einstellungen am HD-Fernseher behoben werden. Dementsprechend wurden die Smartphone-Aufnahmen der Kontrollgruppe unter einer standardisierten Beleuchtung durchgeführt. Ein weiterer Aspekt, der zu Einschränkungen der Video-Auswertung führte, war die nicht vorhandene Fixierung des Kopfes. Bereits durch minimale Kopfbewegungen entstanden andere Licht- und Schattenverhältnisse, welche die Auswertung erschwerten. Fixierung des Kopfes sind jedoch für die Probanden unangenehm. Dies könnte sich auf die zu untersuchenden Bewegungsabfolgen negativ auswirken. Eine weiche Kopfablage, wie in der Arbeit von Linstrom beschrieben wurde, könnte eine angenehme Möglichkeit der Kopffixierung für die Probanden bieten und gleichzeitig Kopfbewegungen vermeiden (Linstrom 2002).

5.3 Vergleich der Ergebnisse der Bewegungsanalyse mit der Literatur

Um die einzelnen Dauern und Übergänge der jeweiligen Phasen der Patienten- und Kontrollgruppe mittels Slow-Motion Smartphone Videoaufnahmen zu untersuchen, wurden die einzelnen Bewegungen des leichten Augenschlusses, des festen Augenschlusses und des Lächelns in drei Phasen unterteilt (Abschnitt 3.2). Die detaillierte Untersuchung der einzelnen Bewegungen sollte sehr geringe Unterschiede der Seitendifferenz der Dauer (im Millisekunden Bereich) zwischen den einzelnen Phasen und zwischen der Patienten- und Kontrollgruppe aufzeigen, welche möglicherweise mit einer konventionellen Videoaufnahme von 30 FPS nicht zu analysieren sind.

5.3.1 Hypothese – leichter und fester Augenschluss

Bei der Analyse der einzelnen Bewegungsphasen des leichten und festen Augenschlusses zeigte sich die Kontraktionsphase im Mittel länger auf der erkrankten Gesichtshälfte. Die Plateau- und Relaxationsphase hingegen fiel durchschnittlich kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte aus. Dies wurde sowohl bei der Patientengruppe mit akuter- und chronischer Fazialisparese mit Synkinesien beobachtet. Die Patienten wurden gebeten, die Bewegung in einem bestimmten Takt durchzuführen (Abschnitt 3.2). Der vorgegebene Takt war nötig, um die Bewegungen

der Patienten- und Kontrollgruppe in einem vordefinierten zeitlichen Rahmen zu beurteilen und Unterschiede zwischen den Gruppen innerhalb des vorgegeben zeitlichen Rahmens festzustellen. Wie in Abschnitt 3.2 bereits erwähnt, wurde vom Untersucher durch die Vorgabe des Taktes nur Anfang und Ende der Bewegung vorgegeben. Die Dauer der einzelnen Phasen wurde durch den Untersucher nicht beeinflusst. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer der einzelnen Phasen zwischen der Patientensubgruppe mit akuter und chronischer Parese. Es stellte sich nun die Frage, warum sich die Dauer der einzelnen Phasen der Bewegung trotz unterschiedlicher Pathomechanismen zwischen den beiden Patientensubgruppen nicht signifikant unterschied.

Bei der Ausführung einer mimischen Bewegung ist das zentrale Nervensystem und ein Effektor, in diesem Fall die mimische Muskulatur, beteiligt (Schünke et al. 2012). Das 1. Neuron der primär motorischen Rinde sendet über sein eigenes Axon ein Signal an das 2. Neuron, in diesem Fall den Nucleus nervi facialis. Dessen spezielle viszeroefferenten Axone enden an der neuromuskulären Endplatte. Nach Diffusion durch den synaptischen Spalt binden die Acetylcholin-Moleküle an den postsynaptischen nikotineren Acetylcholinrezeptoren, wodurch ein exzitatorisches postsynaptisches Potential ausgelöst wird. Die depolarisierende Wirkung des exzitatorischen postsynaptischen Potentials führt zur Entstehung eines Muskelaktionspotentials. Es kommt zur Muskelkontraktion, die in dieser Arbeit als Kontraktionsphase untersucht wurde. Die Patienten führten die Bewegung bis zur maximalen Kontraktion aus und hielten diese Kontraktion, was in dieser Arbeit als Plateauphase bezeichnet wurde. Hier wurden weiterhin Muskel-Aktionspotentiale an der motorischen Endplatte generiert. Nach Ablauf von 1.5 s und nach Vorgabe des Untersuchers beendeten die Patienten die Bewegung, bzw. entspannten die beanspruchte mimische Muskulatur, was in dieser Arbeit als Relaxationsphase bezeichnet wird. Hier kommt es durch einen enzymatischen Abbau der Cholinesterase zu einer Beendigung der synaptischen Übertragung (Behrends et al. 2012).

Für die verlängerte Kontraktionsphase bei der Patientengruppe mit peripherer akuter Fazialisparese gibt es verschiedene Erklärungsansätze. Durch die verminderte oder nicht vorhandene Leitfähigkeit nach peripherer Nervenschädigung kann die Bildung von Aktionspotentialen beeinträchtigt werden (Brook et al. 2014). Es kommt zum Untergang von elektrischer und neurotrophischer Stimulation, wodurch es zu einer

verlangsamten bzw. verlängerten Kontraktionsphase kommen kann (Kuno 1984, Jonsson et al. 2013).

Die verkürzte Plateauphase könnte dadurch erklärt werden, dass die Patienten aufgrund einer schnellen Ermüdung der Muskulatur die Kontraktion nicht aufrechterhalten können. Vor allem bei den Bewegungen des Augenschlusses ermüdet aufgrund des hohen Anteils an Typ II-Fasern die Aktivität des M. orbicularis oculi schnell (Porter et al. 1989, McLoon und Wirtschaffter 1991, Goodmurphy und Ovale 1999, Hwang et al. 2011). Die verkürzte Plateauphase auf der erkrankten Gesichtshälfte könnten alternativ durch folgende Mechanismen erklärt werden: Wie oben beschrieben wurden Anfang und Ende der Bewegung durch den Untersucher beeinflusst. Die Dauer der Kontraktionsphase war länger auf der erkrankten Gesichtshälfte. Die Patienten benötigten aufgrund der Denervierung mehr Zeit, um die Kontraktionsphase gezielt auszuführen. Dadurch müsste die Plateauphase kompensiert verkürzt werden, um die Bewegung im vorgegebenen Takt zu beenden. Die verkürzte Relaxationsphase könnte einerseits durch den inkompletten Augenschluss erklärt werden, was bei einem Patienten mit akuter Parese beobachtet werden konnte. Die nötige Strecke der Relaxationsphase bis zur kompletten Öffnung des Auges nach der Bewegung des Augenschlusses ist kleiner. Durch die verkürzte Strecke könnte die Dauer der Relaxationsphase auf der erkrankten Gesichtshälfte ebenso kürzer ausfallen. Allerdings konnte ein inkompletter Augenschluss bei den restlichen zwei Patienten mit akuter Parese nicht beobachtet werden. Jedoch zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Seitendifferenz der Dauer der Relaxationsphase des leichten und festen Augenschlusses zwischen der Patientengruppe mit inkompletten und kompletten Augenschluss, sodass diese Erklärung für die verkürzte Relaxationsphase auf der erkrankten Gesichtshälfte nicht sicher angenommen werden kann. Eine weitere Erklärung für die verkürzte Relaxationsphase auf der erkrankten Gesichtshälfte ist die Aktivierung des M. levator palpebrae superioris. Wie bereits erwähnt wird dieser vom N. oculomotorius innerviert und ist nicht von der Fazialisparese betroffen (Abschnitt 1.2). Dies könnte für eine kompensatorische kürzere Augenöffnungsphase (Relaxationsphase) bei zu langer Kontraktionsphase verantwortlich sein.

Eine verlängerte Kontraktionsphase auf der erkrankten Gesichtshälfte bei verkürzter Plateau- und Relaxationsphase auf der ipsilateralen Gesichtshälfte konnte ebenso bei der Patientensubgruppe mit peripherer chronischer Fazialisparese mit oro-okuläre

Synkinesien dargestellt werden. Laut Definition kommt es bei Synkinesien bei einer willkürlichen Bewegung der mimischen Muskulatur zu gleichzeitiger unfreiwilliger Kontraktion weiterer mimischer Muskulatur (Krane und Loyo 2018). Voraussetzung für die Entstehung von Synkinesien sind ein axonaler Schaden und die darauffolgende unkontrollierte, unkoordinierte und überschießende Regeneration der Nervenfasern und Reinnervation der mimischen Muskulatur (Grosheva 2014, Guntinas-Lichius et al. 2022). Aufgrund der fehlgesteuerten nervalen Regeneration kommt es zu überschießender Bildung von axonalen Fasern. Synkinesien entstehen durch Innervation von zwei unterschiedlichen mimischen Muskeln (Guntinas-Lichius et al. 2022). Weiter kommt es zur mehrfachen axonalen Ansteuerung der motorischen Endplatte und zur unkoordinierten Innervation der mimischen Muskulatur (Grosheva 2014, Guntinas-Lichius et al. 2022). Auf kortikaler und Hirnstammebene kommt es zu Remodellierungsvorgängen, welche zusammen mit den axonalen Fehlwachstum ebenso ursächlich für Synkinesien sind (Guntinas-Lichius et al. 2022). Durch die oben genannten Faktoren kann es bei Patienten mit chronischer Fazialisparese zu weiteren Defektheilungen kommen, welche die Willkürmotorik der mimischen Muskulatur beeinflussen können, wie Hyperkinesie und Hypertonie (Grosheva 2014). Hyperkinesie ist eine übermäßige Kontraktion einer Muskelgruppe und tritt in der Regel zusammen mit einer Übererregbarkeit der Muskulatur auf (May 1986). Weiter wird in der Literatur häufig das Phänomen des autoparalytischen Syndroms beschrieben. Dies wird als funktionelle Parese mit Überaktivierung der willkürlich aktivierten mimischen Muskulatur bei gleichzeitiger Innervation und unwillkürlicher Kontraktion von antagonistischen Muskeln definiert (Stennert 2005). Darüber hinaus kommt es zum fettigen, fibrotischen und atrophischen Umbau der Muskulatur (Tower 1935, Midrio 2006). Aufgrund der Atrophie und des fibrotischen Umbaus sollten gezielt gesteuerte Bewegungen nicht mehr im gleichen Ausmaß möglich sein wie bei gesunder mimischer Muskulatur (Schüler 2020). Durch die oben genannten pathologischen Vorgänge könnte man darauf schließen, dass die erkrankte mimische Muskulatur einen veränderten Kontraktionsablauf zeigt als die gesunde Gesichtshälfte. Die Kontraktionsphase könnte aufgrund der unkontrollierten überschießenden Bewegung und Aktivierung antagonistischer Muskulatur eine längere Zeit benötigen, um ein kontrollierte Kontraktionsphase auf der erkrankten Gesichtshälfte durchzuführen. Weiter könnte aufgrund des fibrotischen und atrophischen Umbaus eine gezielte Kontraktion ebenso eine längere Zeit in Anspruch

nehmen. Die Plateauphase könnte durch die überschießende und unkoordinierte Muskelkontraktion nicht lange aufrechterhalten werden und somit zeitlich kürzer ausfallen. Eine weitere Erklärung der verkürzten Plateauphase könnte, wie bei der Patientengruppe mit akuter Parese, eine kompensatorische Verkürzung der Plateauphase bei einer zu langen Kontraktionsphase sein. Die verkürzte Relaxationsphase könnte wiederum durch den inkompletten Augenschluss erklärt werden. Dies konnte bei fünf Patienten mit chronischer Parese beobachtet werden. Allerdings zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Patientengruppe mit komplettem und inkomplettem Augenschluss. Ursächlich dafür könnte eine zu geringe Anzahl der Patientengruppe sein und sollte in weiteren Studien untersucht werden. Weiter könnte, wie auch bei der Patientengruppe mit akuter Parese, die verkürzte Relaxationsphase durch die nicht beeinträchtigte Aktivität des M. levator palpebrae superioris erklärt werden. Die Relaxationsphase, bzw. die Augenöffnung wird kompensatorisch verkürzt. Wie bereits beschrieben zeigte die explorative Subgruppen Analyse zwischen der Patientengruppe mit akuter und chronischer Parese keine Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer in allen untersuchten Bewegungsabläufen. Ob schlussendlich die Dauer der einzelnen Bewegungsphasen vom Typ der Fazialisparese abhängt, kann aufgrund der geringen und heterogenen untersuchten Stichprobe nicht eindeutig nachgewiesen werden und sollte in weiteren Studien mit einem größeren homogenen Patientenkollektiv untersucht werden.

Bei der Subgruppen-Analyse wurden weitere Faktoren wie eine unterschiedliche Lidspaltendifferenz in Ruhe innerhalb der Patientengruppe untersucht. Hierbei zeigte sich, dass die Patientengruppe mit größerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte eine signifikant ausgeprägtere Seitendifferenz der Dauer bei der Kontraktions- und Plateauphase des leichten Augenschlusses im Vergleich zu der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte und beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz hatte. Dies wurde auch beim festen Augenschluss beobachtet, allerdings nur zwischen der Patientengruppe mit größerer Lidspalte und der Patientengruppe mit kleinerer Lidspalte. Die Kontraktionsphase war im Mittel länger, die Plateau- und Relaxationsphase hingegen war durchschnittlich kürzer auf der erkrankten Gesichtshälfte bei der Patientengruppe mit größerer Lidspalte. Die Patienten wurden in die drei oben genannten Sub-Gruppen unterteilt, da angenommen wurde, dass es sich bei den Patienten mit größerer Lidspalte um Patienten mit akuter Parese handelt.

Bei den Patienten mit kleinerer Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte sowie Patienten mit beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz wurde angenommen, dass es sich um Patienten mit chronischer Parese handelt. Entgegen unseren Erwartungen zeigte sich in den Smartphone Videoaufnahmen, dass sowohl ein Patient mit akuter als auch ein Patient mit chronischer Fazialisparese eine größere Lidspalte auf der erkrankten Gesichtshälfte aufwies. Die Patienten mit kleinerer Lidspalte besaßen alle eine chronische Parese. Patienten mit beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz besaßen sowohl eine akute als auch eine chronische Parese.

Im Vergleich zur Subgruppe mit kleinerer Lidspalte und beidseitig gleicher Lidspaltendifferenz müsste die Subgruppe mit größerer Lidspalte eine längere Strecke für die Kontraktionsphase überwinden, um die Kontraktionsphase auszuführen. Die Plateauphase könnte aufgrund einer schnellen Ermüdung der Muskulatur nicht lange aufrechterhalten werden und somit verkürzt ausfallen.

Eine weitere Erklärung für die verkürzte Plateauphase könnte, wie bei dem Vergleich zwischen akuter und chronischer Parese, die kompensatorische Verkürzung der Phase aufgrund der verlängerten Kontraktionsphase sein, um den vorgegebenen Takt der Untersuchung einzuhalten.

Bis auf die Untersuchung der Lidspaltendifferenz zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede bei den restlichen Subgruppen Analysen.

5.3.2 Hypothese - Lächeln

Beim Lächeln zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Seitendifferenz der Dauer der Bewegungsphasen der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies könnte im Zusammenhang mit einer in dieser Studie beobachtete großen Streuung der Daten bei den Videos des Lächelns stehen, was sowohl bei der Kontroll- als auch bei der Patientengruppe beobachtet werden konnte. Die Bewegungsanalyse des Lächelns zeigte die höchste Variabilität bei den drei zu untersuchenden Bewegungsformen. In der Literatur wird ebenfalls berichtet, dass die Bewegung des Lächelns interindividuell sehr unterschiedlich ist (Wood et al. 1994, Dulguerov et al. 2003). In der veröffentlichten Arbeit von Sawyer et al. zeigte sich eine signifikante Intrasubjekt-Variabilität bei der Untersuchung des Lächelns (Sawyer et al. 2009). Die gesunden Studienteilnehmer wurden aufgefordert, die Bewegung des Lächelns mit offenem und geschlossenem Mund bei maximaler Kraft durchzuführen (erste Untersuchung). Die Aufnahmen wurden nach 15 Minuten (zweite Untersuchung) und

nach 4 Wochen (dritte Untersuchung) wiederholt. Sowohl zwischen erster und zweiter Untersuchung als auch zwischen erster und dritter Untersuchung zeigten sich signifikante Unterschiede bei beiden Bewegungen beim Lächeln mit offenem Mund. Die Ergebnisse von Sawyer et al. zeigen, dass auch bei klarer Instruktion der auszuführenden Bewegung des Lächelns intraindividuelle Unterschiede vorhanden sind. In der jetzigen Studie konnte während der Videoaufzeichnungen beobachtet werden, dass die Probanden teilweise Schwierigkeiten hatten, in dem vorgegebenen Takt die Bewegung des Lächelns bei maximaler Kontraktion durchzuführen. Ursächlich dafür könnte die ungenaue Angabe der Bewegungsausführung sein. Das Bewegungsausmaß des Lächelns wurde in der vorliegenden Arbeit vom Untersucher nicht deutlich als maximale Bewegung festgelegt. Es bestanden keine klaren Bewegungsgrenzen, wie beim leichten und festen Augenschluss, welche von der Patienten- und Kontrollgruppe leicht ausgeführt werden konnten.

5.3.3 Vergleich der Bewegungsanalyse der Slow-Motion Smartphone Videoaufnahmen mit der Literatur zur Videoanalysen bei Fazialisparesen

Vergleicht man Arbeiten zu Videoanalysen bei Fazialisparesen zeigt sich, dass die Zielsetzung der Arbeiten die Überprüfung der Reliabilität der Schweregradeinteilung anhand der Videoanalysen der Fazialisparese ist (Banks et al. 2015, Schaede et al. 2017, Monini et al. 2017, Monini et al. 2019, Volk et al. 2019, Monini et al. 2021). Bisher wurde in der Literatur kaum über der Untersuchung der verschiedenen Bewegungsphasen berichtet. Einzig die Gruppe von Horta et al. 2014 und 2018 berichtet über die Untersuchung der verschiedenen Bewegungsphasen. Die Publikationen dieser Autoren zielen darauf ab, eine automatische objektive und räumlich-zeitliche quantitative Methode zur Bildanalyse von mimischen Bewegungen, dem Facegramm, zu etablieren (Horta et al. 2014, Horta et al. 2018). Dabei handelt es sich um eine Software zum Tracking von anatomischen Landmarken in zwei- oder dreidimensionalen Videos. Im Jahr 2014 analysierten die Autoren die Bewegung des Lächelns anhand von fünf Probanden, davon drei Probanden mit einer Fazialisparese, ein Patient mit Verbrennungen im Gesicht und einen gesunden Probanden (Horta et al. 2014). Die Probanden wurden frontal mit einer Webcam gefilmt und sollten die Bewegung des Lächelns in fünf Phasen durchführen: Ruhephase, Kontraktionsphase, halten der Kontraktion, Relaxationsphase und der wiederum anschließenden Ruhephase. Dies wurde über einen Zeitraum von 10 s durchgeführt, wobei die

Ruhephase und die „Kontraktion halten“-Phase 3 s lang war. Die Autoren betonen, dass die Dauer der Kontraktions- und Relaxationsphase nicht durch den Untersucher beeinflusst wurden. Lediglich Beginn der Kontraktionsphase und Beginn der Relaxationsphase wurden durch Kommandos der Untersucher beeinflusst. Im Facegramm zeigten sich nicht nur bei den Patienten mit Fazialisparese, sondern auch beim gesunden Proband Asymmetrien und eine erhöhte Variabilität während der Ausführung des Lächelns (Horta et al. 2014). Sowohl die Durchführung der Untersuchung als auch die Einteilung der Bewegungsphasen ähnelt der Untersuchung der vorliegenden Arbeit. Auch die methodenunabhängige Dauer der Kontraktions- und Relaxationsphase werden wie in der vorliegenden Arbeit hervorgehoben. Die Autoren gehen allerdings nicht, wie in der vorliegenden Arbeit, auf die Dauer der einzelnen Bewegungsphasen ein. Es finden sich keine Publikationen, welche eine Bewegungsanalyse der einzelnen Bewegungsphasen des leichten Augenschlusses, festen Augenschlusses und des Lächelns mit Videoaufnahmen bei Patienten mit peripheren Fazialisparesen detailliert untersuchen. Es finden sich lediglich Bewegungsanalysen anhand von Smartphone-Videoaufnahmen zur Analyse des Gangs (Finkbiner et al. 2017, Aroojis et al. 2021). Schlussfolgernd sei laut den Autoren durch den technologischen Fortschritt in Smartphone eingebaute Kameras eine Bewegungsanalyse im klinischen Alltag nützlich und müsse durch weitere Studien untersucht werden (Finkbiner et al. 2017). Somit zeigt sich, dass bisherige Videoanalysen bei Patienten mit Fazialisparese der objektiven oder subjektiven Schweregradeinteilung und der Analyse von Gesichtssymmetrien bei mimischen Bewegungen gilt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass darüber hinaus eine zeitliche Bewegungsanalyse der Dauer der unterschiedlichen mimischen Bewegungsphasen mittels Slow-Motion Smartphone-Videoaufnahmen durchgeführt werden kann. Dies könnte ein zusätzliches Hilfsmittel zur objektiven Verlaufsdagnostik bei Patienten mit Fazialisparese darstellen.

Das primäre Ziel der vorliegenden Arbeit ist, wie in Abschnitt 5 bereits erwähnt, die Zuverlässigkeit der Messungen und Dokumentation von mimischen Bewegungen mit einem Smartphone bei Patienten mit einseitiger peripherer Fazialisparese zu untersuchen, um diese beispielsweise bei Verlaufskontrollen und den Erfolg einer eingeleiteten Therapie telemedizinisch nutzen und verfolgen zu können. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchte Patientengruppe war sehr heterogen. Sowohl

Patienten mit akuter Parese als auch Patienten mit chronischer Parese mit oro- okulären Synkinesien wurden untersucht. Weiter erhielten die Patienten mit chronischer Fazialisparese unterschiedliche Therapien, wie zum Beispiel Oberlidimplantate, BTX-Injektionen oder Hypoglossus-Jump-Anastomosen, welche die Ergebnisse wahrscheinlich beeinflussen. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit waren die nicht methodenbedingte Verlängerung der Kontraktionsphase auf der erkrankten Gesichtshälfte bei beiden Patientengruppen. Auch wenn die Veränderungen der Plateauphase zum Teil methodenbedingt scheint, kann die Methode zur bewegungsanalytischen Verlaufsdagnostik eingesetzt werden.

5.4 Verallgemeinerung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und Bedeutung für die Klinik

Telemedizin ist ein sich durch den technologischen Fortschritt schnell weiterentwickelnder Bereich der Medizin, der in vielen unterschiedlichen Fachbereichen zur Geltung kommt. Smartphone Videoaufnahmen spielen dabei eine immer größer werdende Rolle aufgrund der sehr guten Verfügbarkeit und der einfachen Handhabung. Die Covid-19 Pandemie zeigte eindrucksvoll den wichtigen Stellenwert des digitalen Umgangs im Alltag und die Möglichkeiten der Übertragung auf die Telemedizin: Es könnten beispielsweise Verlaufskontrollen bei neurologischen, onkologischen und orthopädischen Erkrankungen per Videoanalyse erfolgen. Weiter können online Physiotherapie, Ergotherapie und Logopädie für rehabilitative Therapien bei diesen Erkrankungen eingesetzt werden. Smartphones bieten eine gute Voraussetzung dafür: Sie bieten eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung und eine gute Verfügbarkeit. Der Vorteil dieses technologischen Fortschrittes könnte strukturschwachen Regionen mit schlechter Infrastruktur und schlechter medizinischer Anbindung zugutekommen. Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass auch kleinste Bewegungen durch hochauflösenden Videoaufnahmen mit Smartphones erfasst werden können. Dies könnte die Effektivität der Therapie überprüfen und bei der Entscheidung für weitere Therapien helfen, was sich ebenso auf die Prognose auswirken kann. Diese Arbeit gibt zusätzliche Hinweise für telemedizinische Methoden und Alternativen für die klinische Diagnostik und Therapie.

5.5 Ausblick für weitere Arbeiten

Wie im Abschnitt 5.3.1 erwähnt, sollte die Frage, ob der Seitenunterschied der Dauer der verschiedenen Bewegungsphasen vom Typ der peripheren Fazialisparese abhängig ist, in weiteren Studien mit einem größeren homogenen Patientenkollektiv untersucht werden. Weiter könnten Veränderungen vor und nach einer angewendeten Therapie durch Smartphone Videoaufnahmen in einer Längsschnittstudie untersucht werden. Für zukünftige Bewegungsanalysen des Gesichtes wäre es sinnvoll zu untersuchen, ob eine standardisierte Kopffixierung der Probanden die Qualität der Smartphone-Videoaufnahmen verbessern würde, um Beginn und Ende einer Bewegungsphase noch genauer zu markieren. Weiter sollte in zukünftigen Arbeiten die Reliabilität der Bewegungsanalyse durch mehrere Rater oder durch eine automatisierte Bewegungsanalytik verbessert werden, um Fehlerquellen wie manuelle Annotationsfehlern entgegenzuwirken. Durch eine automatische Bewegungsanalyse könnte der zeitliche Aufwand im Gegensatz zur manuellen Annotation verringert werden. Eine Videoaufnahme durch mehrere Smartphones aus verschiedenen Winkeln könnte die Bewegungsanalyse ebenfalls verbessern, um aus unterschiedlichen Blickwinkeln die verschiedenen Bewegungen zu betrachten. Zudem könnten auch andere Gesichtsbewegungen, wie Lippen spitzen, oder Stirn runzeln analysiert werden, um auch hier ggf. Unterschiede zwischen Patienten mit einseitiger Fazialisparese und Probanden ohne Fazialisparese zu detektieren.

6. Schlussfolgerung

Smartphone Videoaufnahmen bieten eine einfache und kostengünstige Alternative zur Dokumentation von Patientendaten und sind nicht nur aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Videoauflösung seit einigen Jahren im klinischen Alltag etabliert. Die Genauigkeit der Bewegungsanalyse der Dauer von unterschiedlichen mimischen Bewegungen bei Patienten mit peripherer Fazialisparese und gesunden Probanden konnte mit dieser Arbeit belegt werden. Es konnten Unterschiede der Dauer und Übergänge der einzelnen Bewegungsphasen im Millisekunden-Bereich erkannt werden. Weiter können durch die Methode nicht nur willkürliche Bewegungen, sondern auch unwillkürliche Bewegungen bei Patienten mit peripherer Fazialisparese wie z. B. Synkinesien untersucht werden, was Thema der Promotionsarbeit von Duchow ist (Duchow 2023 unveröffentlicht). Anhand der bisherigen Daten von Duchow zeigt sich eine gute Interrater-Reliabilität bei der manuellen Auswertung der Smartphone-Videoaufnahmen mit dem Programm Elan. Mit Hilfe einer kurzen Einarbeitung konnte die Auswertung der Videodateien anhand des Programms Elan gut und reproduzierbar durchgeführt werden. Um allerdings in zukünftigen Arbeiten eine zeitlich effektivere Bewegungsanalyse mittels Smartphone-Videoaufnahmen durchzuführen zu können, wäre es wünschenswert, auf eine automatisierte Bewegungsanalyse zurückgreifen. Somit zeigt sich, dass mit Smartphone Videoaufnahmen bei Fazialispareesen nicht nur eine objektivierbare Schweregradeinteilung und die Untersuchung der Gesichtsasymmetrie erfolgen, sondern Gesichtsbewegungen bezüglich der Dauer sehr genau untersucht werden können. Der Einsatz des Protokolls in der vorliegenden Arbeit benötigt wenige Hilfsmittel und bietet die Möglichkeit, in häuslicher Umgebung Videoaufnahmen bei ausreichender Beleuchtung zu generieren, was den klinischen Alltag bei zunehmenden Personalmangel entgegenkommen könnte.

Eine zukünftige Anwendung von Slow-Motion Smartphone Videoaufnahme könnte in weiteren klinischen Fächern Anwendung finden, um die Effektivität der Therapie zu überprüfen. Der technologische Fortschritt der in Smartphone eingebauten Kameras zeigt eine stetige Verbesserung, ohne dass sich die Handhabung der Geräte erschwert. Diese Arbeit zeigt, dass die Nutzung von Smartphones im klinischen und telemedizinischen Alltag sinnvoll und hilfreich sein kann.

Literaturverzeichnis

- Aroojis A, Sagade B, Chand S. 2021. Usability and Reliability of the Edinburgh Visual Gait Score in Children with Spastic Cerebral Palsy Using Smartphone Slow-Motion Video Technology and a Motion Analysis Application: A Pilot Study. *Indian Journal of Orthopaedics*. 55 (4): 931-938.
- Banks CA, Bhama PK, Park J, Hadlock CR, Hadlock TA. 2015. Clinician-Graded Electronic Facial Paralysis Assessment: The eFACE. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 136 (2): 223e-230e.
- Behrends JC, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, Hoth M, Kurtz A, Leipziger J, Müller F, Pedain C, Rettig J, Wagner C, Wischmeyer E. 2012. *Duale Reihe Physiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Borodic GE, Cozzolino D. 1989. Blepharospasm and its treatment, with emphasis on the use of botulinum toxin. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 83 (3): 546-554.
- Brook GA, Hodde D, Kretschmer T. 2014. Grundlegendes zu Degeneration und Regeneration von Nerven. In: Kretschmer T, Antoniadis G, Assmus H. *Nervenchirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag. 1-10.
- Coscarelli JM. 2010. Essential blepharospasm. *Seminars in Ophthalmology*. 25 (3): 104-108.
- Duchow, L. 2023. Synkinesien bei peripherer Fazialisparese-Vermehrtes Auftreten in bestimmten Regionen des Nervus facialis [Dissertation in Bearbeitung]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität. Medizinische Fakultät.
- Dulguerov P, Wang D, Perneger TV, Marchal F, Lehmann W. 2003. Videomimicography: the standards of normal revised. *Archives of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery*. 129 (9): 960-965.
- Efron B, Tibshirani RJ. 1994. *An Introduction to the Bootstrap*. Erste Auflage. New York: Chapman & Hall/CRC Verlag.
- Finkbiner MJ, Gaina KM, McRandall MC, Wolf MM, Pardo VM, Reid K, Adams B, Galen SS. 2017. Video Movement Analysis Using Smartphones (VIMAS): A Pilot Study. *Journal of Visualized Experiments*. 121: e54659.
- Finsterer J. 2008. Management of peripheral facial nerve palsy. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 265 (7): 743-752.
- Geißler K, Urban E, Volk GF, Klingner CM, Witte OW, Guntinas-Lichius O. 2021. Non-idiopathic peripheral facial palsy: prognostic factors for outcome. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 278 (9): 3227-3235.
- Goodmurphy CW, Ovalle WK. 1999. Morphological study of two human facial muscles: orbicularis oculi and corrugator supercilia. *Clinical Anatomy*. 12 (1): 1-11.
- Grosheva MV, Guntinas-Lichius O. 2007. Significance of electromyography to predict and evaluate facial function outcome after acute peripheral facial palsy. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 264 (12): 1491-1495.
- Grosheva MV. 2014. Diagnostik-und Therapiekonzepte bei peripherer Fazialisparese [Dissertation]. Köln: Universität zu Köln. Medizinische Fakultät.
- Greene JJ, Guarin DL, Tavares J, Fortier E, Robinson M, Dusseldorp J, Quatela O, Jowett N, Hadlock T. 2020. The spectrum of facial palsy: The MEEI facial palsy photo and video standard set. *Laryngoscope*. 130 (1): 32-37.
- Guerreschi P, Labbé, D. 2019. *Sequelae of Facial Palsy: A Comprehensive Treatment*. 144 (4): 682e-692e.
- Guntinas-Lichius O, Sittel C. 2004. Diagnostics of diseases and the function of the facial nerve. *HNO*. 52 (12): 1115-1130.
- Guntinas-Lichius O, Prengel J, Cohen O, Mäkitie AA, Vander Poorten V, Ronen O, Shaha A, Ferlito A. 2022. Pathogenesis, diagnosis and therapy of facial synkinesis: A systematic review and clinical practice recommendations by the

- international head and neck scientific group. *Frontiers in Neurology*. 13: 1019554.
- Hadlock TA, Urban LS. 2012. Toward a universal, automated facial measurement tool in facial reanimation. *Archives of Facial Plastic Surgery*. 14 (4): 277-282.
- Hardin JW, Hilbe JM. 2002. *Generalized Estimating Equations*. Erste Auflage. New York: Chapman & Hall/CRC Verlag.
- Heckmann JG, Urban PP, Pitz S, Guntinas-Lichius O, Gágyor I. 2019. The Diagnosis and Treatment of Idiopathic Facial Paresis (Bell's Palsy). *Deutsches Ärzteblatt International*. 116 (41): 692-702.
- Higgins JP. 2016. Smartphone Applications for Patients' Health and Fitness. *American Journal of Medicine*. 129 (1): 11-19.
- Horta R, Aguiar P, Monteiro D, Silva A, Amarante JM. 2014. A facegram for spatial-temporal analysis of facial excursion: applicability in the microsurgical reanimation of long-standing paralysis and pretransplantation. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 42 (7): 1250-1259.
- Horta R, Nascimento R, Gerós A, Aguiar P, Silva A, Amarante J. 2018. A Novel System for Assessing Facial Muscle Movements: The Facegram 3D. *Surgical Innovation*. 25 (1): 90-92.
- House JW, Brackmann DE. 1985. Facial nerve grading system. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 93 (2):146-147.
- Hwang K, Huan F, Kim DJ. 2011. Muscle fiber types of human orbicularis oculi muscle. *Journal of Craniofacial Surgery*. 22 (5): 1827-1830.
- Imaging-Solutions. 2023. Available from: <https://www.imaging-solutions.de/OS.html>. Zugriff am 15.02.2023.
- Jonsson S, Wiberg R, McGrath AM, Novikov LN, Wiberg M, Novikova LN, Kingham PJ. 2013. Effect of delayed peripheral nerve repair on nerve regeneration, Schwann cell function and target muscle recovery. *Public Library of Science One*. 8 (2): e56484.
- Kim HS, Kim SY, Kim YH, Park KS. 2015. A smartphone-based automatic diagnosis system for facial nerve palsy. *Sensors*. 15 (10): 26756-26768.
- Konecny P, Elfmark M, Horak S, Pastucha D, Krobot A, Urbanek K, Kanovsky P. 2014. Central facial paresis and its impact on mimicry, psyche and quality of life in patients after stroke. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czechoslovakia*. 158 (1): 133-137.
- Krane NA, Loyo M. 2018. How best to manage facial synkinesis? *Current Otorhinolaryngology Reports*. 6: 171-181.
- Krüger-Brand HE. 2011. Smartphones und Tablet-PCs im Gesundheitswesen: Strategien für mobile Anwendungen. *Deutsches Ärzteblatt*. 108 (45): 8.
- Kuno M. 1984. A hypothesis for neural control of the speed of muscle contraction in the mammal. *Advances in Biophysics*. 17: 69-95.
- Lee LN, Susarla SM, Hohman M, Henstrom DK, Cheney ML, Hadlock TA. 2013. A comparison of facial nerve grading systems. *Annals of Plastic Surgery*. 70 (3): 313-316.
- Linstrom CJ. 2002. Objective facial motion analysis in patients with facial nerve dysfunction. *Laryngoscope*. 112 (7): 1129-1147.
- Linder TE, Abdelkafy W, Cavero-Vanek S. 2010. The management of peripheral facial nerve palsy: "paresis" versus "paralysis" and sources of ambiguity in study designs. *Otology & Neurotology*. 31 (2): 319-327.
- Lundell S, Holmner Å, Rehn B, Nyberg A, Wadell K. 2015. Telehealthcare in COPD: a systematic review and meta-analysis on physical outcomes and dyspnea. *Respiratory Medicine*. 109 (1): 11-26.

- May M. 1986. *The Facial Nerve*. New York: Thieme Inc.
- May M, Klein SR. 1991. Differential diagnosis of facial nerve palsy. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 24 (3): 613-645.
- McLoon LK, Wirtschafter JD. 1991. Regional differences in the orbicularis oculi muscle: conservation between species. *Journal of the Neurological Sciences*. 104 (2): 197-202.
- Midrio M. 2006. The denervated muscle: facts and hypotheses. A historical review. *European Journal of Applied Physiology*. 98(1): 1-21.
- Monini S, Marinozzi F, Atturo F, Bini F, Marchelletta S, Barbara M. 2017. Proposal of a Video-recording System for the Assessment of Bell's Palsy: Methodology and Preliminary Results. *Otology & Neurotology*. 38 (8): 1178-1185.
- Monini S, Filippi C, Marinozzi F, di Traglia M, Bini F, Marchelletta S, Ferraioli M, Margani V, Marinelli A, Barbara M. 2019. Validation of the objective assessment of facial movement with a new software-based system. *Acta Oto-Laryngologica*. 139 (5): 456-460.
- Monini S, Ripoli S, Filippi C, Fatuzzo I, Salerno G, Covelli E, Bini F, Marinozzi F, Marchelletta S, Manni G., Barbara M. 2021. An objective, markerless videosystem for staging facial palsy. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 278 (9): 3541-3550.
- Mumenthaler M. 1974. Neurologischer Untersuchungskurs: Die Untersuchung des Kopfes und der Hirnnerven. *Deutsches Ärzteblatt*. 71 (48): 3463-3476.
- Neely JG, Wang KX, Shapland CA, Sehizadeh A, Wang A. 2010. Computerized objective measurement of facial motion: normal variation and test-retest reliability. *Otology & Neurotology*. 31 (9): 1488-1492.
- Nguyen JD, Duong H. 2021. *Anatomy, Head and Neck, Mental Nerve*. In: StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing.
- O'Reilly BF, Soraghan JJ, McGrenary S, He S. 2010. Objective method of assessing and presenting the House-Brackmann and regional grades of facial palsy by production of a facogram. *Otology & Neurotology*. 31 (3): 486-491.
- Peitersen E. 1982. The natural history of Bell's palsy. *American Journal of Otolaryngology*. 4 (2): 107-111.
- Peitersen E. 2002. Bell's palsy: the spontaneous course of 2,500 peripheral facial nerve palsies of different etiologies. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement*. (549): 4-30.
- Plumbaum K, Volk GF, Boeger D, Buentzel J, Esser D, Steinbrecher A, Hoffmann K, Jecker P, Mueller A, Radtke G, Witte OW, Guntinas-Lichius O. 2017. Inpatient treatment of patients with acute idiopathic peripheral facial palsy: A population-based healthcare research study. *Clinical Otolaryngology*. 42 (6): 1267-1274.
- Polisena J, Tran K, Cimon K, Hutton B, McGill S, Palmer K, Scott RE. 2010. Home telehealth for chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 16 (3): 120-127.
- Porter JD, Burns LA, May PJ. 1989. Morphological substrate for eyelid movements: innervation and structure of primate levator palpebrae superioris and orbicularis oculi muscles. *Journal of Comparative Neurology*. 287 (1): 64-81.
- Pothiawala S, Lateef F. 2012. Bilateral facial nerve palsy: a diagnostic dilemma. *Case Reports in Emergency Medicine*. 2012: 458371.
- Reitzen SD, Babb JS, Lalwani AK. 2009. Significance and reliability of the House-Brackmann grading system for regional facial nerve function. *Otolaryngology Head Neck Surgery*. 140 (2): 154-158.

- Robinson MW, Baiungo J. 2018. Facial Rehabilitation: Evaluation and Treatment Strategies for the Patient with Facial Palsy. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 51 (6): 1151-1167.
- Ross BG, Fradet G, Nedzelski JM. 1996. Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 114 (3): 380-386.
- Sawyer AR, See M, Nduka C. 2009. Assessment of the reproducibility of facial expressions with 3-D stereophotogrammetry. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 140 (1): 76-81.
- Schaede RA, Volk GF, Modersohn L, Barth JM, Denzler J, Guntinas-Lichius O. 2017. Video Instruction for Synchronous Video Recording of Mimic Movement of Patients with Facial Palsy. *Laryngorhinootologie*. 96 (12): 844-849.
- Schuhmann, L. 2023. Blinzeln bei gesunden Probanden und Patienten mit Fazialisparese [Dissertation in Bearbeitung]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität. Medizinische Fakultät.
- Schüler T. 2020. Von der statischen und dynamischen Sonografie zum Speckle Tracking der mimischen Muskulatur: Reevaluierung der Reliabilität bei B-Bild-Untersuchungen und Speckle Tracking zur Quantifizierung von Kontraktionen des M. orbicularis oculi [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität. Medizinische Fakultät.
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. 2012. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Soukupova T, Cech J. 2016. Eye blink detection using facial landmarks. In: 21st Computer Vision Winter Workshop. Rimske Toplice.
- Stennert E, Limberg CH, Frentrup KP. 1977. An index for paresis and defective healing—an easily applied method for objectively determining therapeutic results in facial paresis. *HNO*, 25 (7): 238-245.
- Stennert E. 2005. Synkineses and the autoparalytic syndrome. *The Facial Palsies*. Utrecht: Lemma Verlag, 117-33.
- Taeger J, Bischoff S, Hagen R, Rak K. 2021. Utilization of Smartphone Depth Mapping Cameras for App-Based Grading of Facial Movement Disorders: Development and Feasibility Study. *The Journal of Medical Internet Research mHealth and uHealth*. 9 (1): e19346.
- Tan JR, Coulson S, Keep M. 2019. Face-to-Face Versus Video Assessment of Facial Paralysis: Implications for Telemedicine. *The Journal of Medical Internet Research*. 21 (4): e11109.
- Tower SS. 1935. Atrophy and degeneration in skeletal muscle. *American Journal of Anatomy*. 56 (1): 1-43.
- Turkstra LS, Quinn-Padron M, Johnson JE, Workinger MS, Antoniotti N. 2012. In-person versus telehealth assessment of discourse ability in adults with traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 27 (6): 424-432.
- Urban E, Volk GF, Geißler K, Thielker J, Dittberner A, Klingner C, Witte OW, Guntinas-Lichius, O. 2020. Prognostic factors for the outcome of Bells' palsy: A cohort register-based study. *Clinical Otolaryngology*. 45 (5): 754-761.
- Valls-Solé J, Montero J. 2003. Movement disorders in patients with peripheral facial palsy. *Movement Disorders*. 18 (12): 1424-1435.
- Volk GF, Klingner C, Finkensieper M, Witte OW, Guntinas-Lichius O. 2013. Prognostication of recovery time after acute peripheral facial palsy: a prospective cohort study. *British Medical Journal Open*. 3 (6): e003007.
- Volk GF, Schaede RA, Thielker J, Modersohn L, Mothes O, Nduka CC, Barth JM, Denzler J, Guntinas-Lichius O. 2019. Reliability of grading of facial palsy using

- a video tutorial with synchronous video recording. *Laryngoscope*. 129 (10): 2274-2279.
- Vrabec JT, Backous DD, Djalilian HR, Gidley PW, Leonetti JP, Marzo SJ, Morrison D, Ng M, Ramsey MJ, Schaitkin BM, Smouha E, Toh EH, Wax MK, Williamson RA, Smith EO. 2009. Facial Nerve Grading System 2.0. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 140 (4): 445-450.
- WHO. 2010. Telemedicine. Available from: https://www.who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf. Zugriff am 01.12.2021.
- WHO. 2019. Protect yourself and others from the spread of Covid-19. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>. Zugriff am 01.12.2021.
- Wood DA, Hughes GB, Secic M, Good TL. 1994. Objective measurement of normal facial movement with video microscaling. *American Journal of Otolaryngology*. 15 (1): 61-65.
- Zhang W, Xu L, Luo T, Wu F, Zhao B, Li X. 2020. The etiology of Bell's palsy: a review. *Journal of Neurology* 2020. 267 (7): 1896-1905.
- Zilles K, Tillman BN. 2010. *Anatomie*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

7. Anhang

7.1 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. Volk und Herrn Univ.-Prof. Dr. Guntinas-Lichius für die Möglichkeit zur Promotion an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Jena und für die großartige Betreuung und Unterstützung während der Erstellung der Dissertation.

Weiter möchte ich mich bei Herrn Dr. Leistritz für die stetige Unterstützung bei den statistischen Fragestellungen bedanken.

Herrn Duchow danke ich für die stets freundliche, offene und gegenseitige Unterstützung.

Herrn Bachl und Herrn Hochreiter danke ich für die großzügige Unterstützung und die Einarbeitung mit dem Programm „Elan“ zu Beginn der Promotion.

Von ganzem Herzen danke ich meinen Eltern, Frau Prof. Dr. Wafaa Shehata-Dieler und Herrn Prof. Dr. Ralf Dieler, die mich in allen Lebenssituationen unterstützen und es mir erst ermöglicht haben, diese Arbeit zu verwirklichen und meine Ziele zu erreichen.

Zuletzt bedanke ich mich bei all meinen Freunden aus Würzburg, Pécs und Jena, die mich zu jeder Zeit aufgemuntert und für wohltuende Ablenkungen gesorgt haben.

7.2 Lebenslauf

Persönliche Informationen

Name: Patrik Aiman Dieler
Geburtsdatum: 02.09.1994
Geburtsort: Würzburg, Deutschland

Ausbildung

Seit April 2023

Assistenzarzt in Weiterbildung am ViDia Klinikum/Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie und plastische Gesichtschirurgie, Karlsruhe, Deutschland

November 2022

Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung/Universitätsklinikum Jena, Deutschland

Juli 2022- Oktober 2022 PJ-Student

Vivantes Klinikum im Friedrichshain/Klinik für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie, Berlin, Deutschland

März 2022- Juni 2022 PJ-Student

Universitätsklinikum Würzburg/Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Würzburg, Deutschland

November 2021- März 2022 Unterassistentarzt

Kantonspital Glarus/Medizinische Klinik, Glarus, Schweiz

Oktober 2020 Hospitation

Universitätsklinikum Jena/Klinik für Hals-, Nasen- Ohrenheilkunde, Jena, Deutschland

September 2020 Famulatur

Gemeinschaftspraxis für Allgemeinmedizin Sauer & Lohmann, Würzburg, Deutschland

Februar 2020 - März 2020 Famulatur

Universitätsklinikum Jena/Klinik für Anästhesie- und Intensivmedizin, Jena, Deutschland

August 2019 Famulatur

Universitätsklinikum Würzburg, König-Ludwig-Haus/Orthopädisches Zentrum, Würzburg, Deutschland

August 2018 Famulatur

Universitätsklinikum Würzburg/Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Würzburg, Deutschland

2018-2022 Medizinstudium

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland

2014-2018 Medizinstudium

Universität Pécs, Ungarn

2014 Kultur- und Sprachkurs

Wissenschaftliche Akademie Santiago de Cuba, Kuba

2013 – 2014 Studium der Rechtswissenschaften

Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Deutschland

2013 Abitur

Siebold Gymnasium, Würzburg, Deutschland

Wissenschaftliche Arbeiten

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor medicinae

September 2021

1. Jenaer Fazialis-Nerv-Tag 2021-Fazialis-Nerv-Zentrum des Universitätsklinikums
Jena

Posterausstellung zum 1. Jenaer Fazialis-Nerv-Tag 2021

als Satelliten-Symposium des mitteldeutschen HNO-Kongresses 2021: <https://fazialis-nerv-zentrum.de/project/dieler-fnt2021/>

Mai 2021- November 2021

IZKF-Dissertationsstipendium-Interdisziplinäre Zentrum für Klinische Forschung

Stipendium für die Durchführung der Dissertation zum Thema: „Seitenunterschiede bei
Patienten mit peripherer Fazialisparese: Vergleich von
Hochgeschwindigkeitsaufnahmen des Gesichtes bei repetitiven Bewegungen“

Seit November 2019

Universitätsklinikum Jena/ Fazialis-Nerv-Zentrum der Klinik für Hals-, Nasen- und
Ohrenheilkunde, Jena, Deutschland

Erstellung der Promotionsarbeit „Seitenunterschiede bei Patienten mit unilateraler
peripherer Fazialisparese: Vergleich von Smartphone-Slow-Motion Videoaufnahmen
der beiden Gesichtshälften bei repetitiven Gesichtsbewegungen“

Tag der Tag der öffentlichen Verteidigung: 05.03.2024

Karlsruhe, 20.03.2024

(Patrik Dieler)

7.3 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Priv.-Doz. Dr. med. habil. Gerd Fabian Volk,
Univ.-Prof. Dr. Orlando Guntinas-Lichius,
Dr. Lutz Leistritz,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Karlsruhe, 20.03.2024

(Patrik Dieler)