

Aus dem Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Augenheilkunde
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. C. Cursiefen

Untersuchung der Spannung des Unterlids mittels neuartigen Spannungstests und 3D Stereophotogrammetrie

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der ärztliche Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Marius Meinke
aus Holzminden

promoviert am 04. März 2024

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. phil. L. M. Heindl
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. R. Hörster

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen sind von mir mit Unterstützung von Frau X. Hou und Herr Dr. A. C. Rokohl durchgeführt worden.

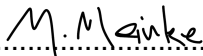
Die verwendeten Datensätze wurden von mir selbst erhoben und ausgewertet.

Die in der Poliklinik der Klinik durchgeführten Untersuchungen habe ich unter Aufsicht der Ärzte Herr Prof. Dr. L. M. Heindl und Herr Dr. A. C. Rokohl vorgenommen.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 04.03.2024

Unterschrift:.....

Danksagung

Ich möchte mit dem Abschluss dieser Arbeit verschiedenen Personen in meinem Leben danken, ohne die ich es nicht bis zu diesem Punkt in meinem Leben gebracht hätte.

Mein größter Dank gilt meiner Familie. Meinen Eltern sowie meinen Brüdern die mich zu jederzeit meines Studiums und meiner Promotion unterstützten und ohne die ich meinen Werdegang so nicht hätte bestreiten können.

Ohne die konstante Inspiration meiner Eltern wäre auch meine Faszination für dieses Projekt sowie die gesamte Augenheilkunde nicht in diesem Maße entstanden.

Des weiteren Danke ich meinen Freunden und Wegbegleitern des Studiums. Alec, Moritz, Tim, Ömer.

Mit dieser Arbeit mag zwar der Teil unseres Lebens in dem wir uns kennengelernt haben beendet sein. Dennoch weiß ich, dass uns diese gemeinsamen Jahre, auch wenn es uns in alle möglichen Krankenhäuser und Fachrichtungen verschlagen wird, auch für den Rest unseres Lebens in Freundschaft verbinden wird.

Besonders möchte ich meinem Freund Damian Walle für seinen Anteil an meiner Dissertation, sowie meinem gesamten Studienerfolg an dieser Stelle Danke sagen.

Wir haben das gesamte Studium, sogar unser Staatsexamen Seite an Seite verbracht. Sogar unsere Promotion in der selben Arbeitsgruppe durchgeführt.

Ohne die ständigen Rücksprachen und die gegenseitige Motivation zum Erfolg wäre der Abschluss in Regelstudienzeit und die zeitnahe Promotion sicher nicht möglich gewesen.

Abschließend gilt mein Dank meinem Doktorvater Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl sowie meinem Betreuer Dr. Alexander C. Rokohl. Zu keinem Zeitpunkt gab es Unstimmigkeiten oder ineffiziente Abläufe. Durch die verlässlichen wöchentlichen Arbeitsgruppentreffen sowie die enorme Fähigkeit von Ihnen, Probleme auf einem lösungsorientierten Weg schnell zu beseitigen, war der Erfolg des Projektes nie gefährdet. Dieses Engagement für mich und die anderen Promovierenden geht deutlich über das normale Maß an Betreuung hinaus und dafür schulde ich ihnen gebührend Dank.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
1. ZUSAMMENFASSUNG	7
2. EINLEITUNG	8
2.1. Aufbau und Funktion des Unterlids.....	8
2.2. Aktueller Stand der kraniofazialen Vermessung.....	8
2.3. VECTRA M3 Bildgebungssystem und VAM Vermessungssystem.....	9
2.4. Bisherige Möglichkeiten zur Quantifizierung der Unterlidspannung.....	12
2.5. Fragestellungen und Ziel der vorliegenden Arbeit	13
3. MATERIAL UND METHODEN	16
3.1. Generelle Methoden und Patientenrekrutierung	16
3.1.1. Probanden	16
3.1.2. Datenerhebung	16
3.1.3. Neutrale Position	17
3.1.4. Statistische Auswertungsprogramme.....	17
3.2. Methoden des lateralen Distractionstest (LDT).....	18
3.2.1. Abgelenkte Position: Lateraler Distractionstest.....	18
3.2.2. Landmarken und lineare Abstände.....	19
3.2.3. Intra- und Inter-Rater-Reliabilität des LDT.....	20
3.2.4. Inter-Methoden-Reliabilität des LDT	20
3.2.5. Statistische Auswertung des LDT	21
3.3. Methoden für die Untersuchung der Unterlidspannung (ULS).....	23
3.3.1. Standardisiertes Gerät: Edelstahl Augenlidhaken	23
3.3.2. 3D-Bilderfassung der ULS	24
3.3.3. Landmarken und Vermessung der ULS	25
3.3.4. Statistische Auswertung der ULS.....	27
3.4. Methoden für den Methodenvergleich.....	27
3.4.1. 3D-Bilderfassung des Methodenvergleichs	27

3.4.2.	Landmarken des Methodenvergleichs	29
3.4.3.	Statistische Analyse des Methodenvergleichs	29
4.	ERGEBNISSE	30
4.1.	Mediale Lidbandspannung Ergebnisse.....	31
4.1.1.	Demographische Daten der medialen Lidbandspannung	31
4.1.2.	Statistische Ergebnisse für die mediale Lidbandspannung	31
(1)	Intra Rater Reliabilität der medialen Lidbandspannung	33
(2)	Inter Rater Reliabilität der medialen Lidbandspannung	33
(3)	Inter Methoden Reliabilität der medialen Lidbandspannung	34
4.2.	Ergebnisse für die Unterlidspannung (ULS).....	34
4.2.1.	Demographische Daten für die ULS	34
4.2.2.	Mittelwerte, Standardabweichung und ICC der ULS	35
4.2.3.	Alters und Geschlechterunterschiede für die ULS	42
4.3.	Ergebnisse für den Methodenvergleich	45
4.3.1.	Demographische Daten des Methodenvergleichs	45
4.3.2.	Mittelwerte, Standardabweichung und ICCs des Methodenvergleichs	46
(1)	Intra Rater Reliabilität des Methodenvergleichs.....	46
(2)	Inter Rater Reliabilität des Methodenvergleichs.....	46
(3)	Intra-Methoden Reliabilität des Methodenvergleichs.....	47
5.	DISKUSSION	51
6.	LITERATURVERZEICHNIS	58
7.	ANHANG	63
7.1.	Abbildungsverzeichnis	63
7.2.	Tabellenverzeichnis	64
8.	VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN	65

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
AP	Abgelenkte Position
CI	Konfidenzintervall
DT	Distractionstest
HT	Hakentest
ICC	Intraklassenkoeffizient
FKG	Fremdkörpergefühl
G	Gesamt
LDT	lateraler Distractionstest
M	männliche
MAD	Mittlere absolute Differenz
MLS	Mediale Lidbandspannung
NP	Normalposition
RF	Relativer Fehler
SD	Standardabweichung
TM	Technischer Messfehler
ULS	untere Augenlidspannung
UTP	Unteres Tränenpünktchen
VAM	VECTRA Analysis Module
W	weiblich
ZT	Zugtest
%TM	Relativer technischer Messfehler

1. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht die Unterlidspannung auf verschiedene Art und Weisen mittels altbekannter und neuer Untersuchungsmethoden, quantifiziert mittels einer 3D-Kameratechnik namens VECTRA M3 und dem Analysemodul VAM. In 3 Teilen wurde untersucht ob die mediale Lidbandspannung mittels eines lateralen Distaktionstest mess- und quantifizierbar ist, ob die Unterlidspannung mittels eines neuartigen Edelstahl Augenlidhaken untersuchbar und dann im letzten Teil, vergleichbar mit dem bisher existierenden Zugtest für das Unterlid ist. Für diese Untersuchungen wurden mehrere Bilder mittels des VECTRA M3 Stereophotogrammetrie Geräts in neutralen und abgelenkten Positionen aufgenommen und im Anschluss durch das VAM System, durch anbringen von Landmarkensystemen auf prominenten anatomischen Strukturen, diese Bilder standardisiert ausgewertet. Die Probanden für diese Studie wurden alle im Zeitraum von Oktober 2019 bis Februar 2020 in der Poliklinik der Universitätsaugenklinik Köln rekrutiert und je nach Kooperationsbereitschaft und Eignung wurden zwischen 48 und 97 Patienten in die unterschiedlichen Analysen eingeschlossen. Von jedem Probanden wurde ein schriftliches Einverständnis eingeholt und die Ethikkommission der Universität zu Köln hat das Studienkonzept überprüft und bestätigt. Nach Analyse der Daten mittels verschiedener statistischer Methoden ließen sich für die beobachteten Punkte mehrere interessante Ergebnisse finden. Zum einen ließ sich bestätigen, dass eine 3D Stereophotogrammetrie ein gutes Verfahren ist, um topologische Messungen nicht nur an einer neutralen, sondern auch an einer abgelenkten Periokularregion, zu analysieren. Auch der Edelstahlaugenlidhaken zeigte sich als ein verlässlicheres Untersuchungswerkzeug, als das Einfache herunterziehen des Augenlids beim sogenannten Zugtest. Bei der medialen Lidbandspannung ließ sich herausfinden, dass in einem kontrollierten Setting die Messdistanzen von der Pupillenmitte ausgehen sollten, wobei bei dem herkömmlichen Untersuchen ohne Fotodokumentation immer der nasale korneosklerale Limbus als Referenzstruktur genutzt wird. Außerdem ließ sich zeigen, dass spiegelnde Oberflächen keine signifikanten Messunsicherheiten erzeugen, sodass Bereiche wie Sklera und Konjunktiva gut messbar sind. Auch spiegelnde Objekte wie der verwendete Augenlidhaken hatten keinen negativen Einfluss auf die Qualität der erhobenen Daten, was für die Zukunft verschiedenste neue Möglichkeiten der Untersuchung an der Periokularregion aufzeigt.

2. Einleitung

2.1. Aufbau und Funktion des Unterlids

Die Augenlider schützen das Auge und behalten das äußere kosmetische Erscheinungsbild bei. Beim Lidschluss ist das Auge vollkommen bedeckt und dort bilden das Lid und die Bindehaut einen Abschluss der Orbita nach ventral. Auch bei geöffnetem Auge behält die Spannung der Augenlider zum Schutz des Auges bei und trägt maßgeblich zum Erhalt des Tränenfilms bei. Anatomisch besteht das Augenlid aus einem äußeren und einem inneren Lidbalt. Das äußere Lidblatt besteht aus 2 quergestreiften Muskeln, dem M. orbicularis Oculi und Retraktoren des Unterlids, sowie der nach außen bedeckenden Haut mit Unterhautgewebe. Das innere Lidblatt wird durch Tarsus und Meibom Drüsen, sowie dem nach innen gewandten Bindehautabschnitt gebildet¹⁻⁴. Das Altern ist eine Hauptursache für eine verminderte untere Augenlidspannung (ULS), kann jedoch nicht in allen Fällen als alleiniger Faktor für eine damit verbundene Unterlidpathologie gesehen werden⁵⁻⁹. Der untere Augenlidrand befindet sich in der Regel 1–2 mm über dem unteren korneoskleralen Limbus und der laterale Kanthus liegt in der Regel 2–4 mm höher als der mediale Kanthus^{1,10}. Der von den Augenlidern auf die Augen ausgeübte Druck wird definiert als horizontale Augenlidspannung¹¹. Bei fortschreitendem Tonusverlust durch Erschlaffung des M. orbicularis Oculi und der Lidhaut, kann es zu einer Fehlstellung des unteren Augenlids kommen. Dies kann zu Erkrankungen wie Ektropium insbesondere des medialen Ektropiums oder Entropium führen, welches in einem unzureichenden Schutz der Augen resultiert, mit Symptomen wie Epiphora durch das Herausragen des unteren Tränenpünktchens aus dem Tränensee und geröteten Augen durch eine chronisch unzureichende Befeuchtung des Auges durch einen unvollständigen Lidschluss^{5,6,10}. Eine beginnende Erschlaffung der Unterlider kann zu einer unangemessenen Exposition des Auges führen und dadurch auch eine Auswirkung auf die Ästhetik des Gesichts haben, bevor sich Symptome entwickeln¹²⁻¹⁵. Letztendlich muss diese mangelhafte Spannung chirurgisch korrigiert werden, um die Symptome abschließend zu behandeln¹⁵⁻¹⁷. Diese Spannung korrekt zu quantifizieren und dahingehend die korrekte Operationstechnik auszuwählen ist essentiell für eine suffiziente Korrektur der zugrundeliegenden Pathologie. Bei einem unvollständigen Behandlungserfolg kann es zu rezidivierenden Epiphora und dauerhaftem Reizzustand des Auges mit Rötung und Brennen kommen¹². Daher ist die korrekte Beurteilung einer Erschlaffung des Unterlides entscheidend für die Auswahl der chirurgischen Methoden und damit für den Behandlungserfolg.

2.2. Aktueller Stand der kraniofazialen Vermessung

Die nichtinvasive dreidimensionale (3D) digitale Photogrammetrie hat in letzter Zeit in der Anthropometrie stark an Interesse gewonnen und beginnt, die klassischen

anthropometrischen Techniken, einschließlich des Messschiebers und der zweidimensionalen (2D) Bildgebungsmessungen¹⁸ zu ersetzen. In der Plastischen- und Gesichtschirurgie wurden anthropometrische Daten bereits analysiert¹⁹⁻²⁵, um dort in Hinblick auf Wachstumsprognosen²⁶ [17 YW], Fehlbildungsgraden²⁷⁻³⁰ und operativen Therapieplanungen genutzt zu werden³¹⁻³⁵. Dafür wurden mehrere 3D digitale Bildgebungssysteme entwickelt und bereits in kraniofazialen Zentren auf der ganzen Welt erfolgreich eingesetzt³⁶⁻⁴³. In der Vergangenheit wurde sie auch bereits zur Planung von rekonstruktiven Augenlidoperationen angewandt^{39,44}. Zusätzlich zur Berechnung von linearen Abständen und Winkeln, bietet das 3D-Bildgebungssystem die Berechnung von Oberflächenkurven, Oberflächenbereichen, Volumen und Volumen der Hautoberfläche. Kürzlich wurde die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Anwendung von VECTRAM3 (Canfield Scientific, Inc., Parsippany, NJ), einer Art 3D-Stereo-Photographie System, in der maxillofazialen Anthropometrie in mehreren Studien validiert^{36,45-50}. Auch die Machbarkeit und Zuverlässigkeit des Einsatzes dieses 3D-Bildgebungssystems im periokularen Bereich wurden in früheren Studien bereits bestätigt^{18,51,52}. Mit der Entwicklung dieser neuen Technik und den hohen Anforderungen für eine korrekte Evaluation der anatomischen Gegebenheiten, die als Voraussetzung für Augenlidoperationen erforderlich sind, wurde die hochauflösende 3D-Stereophotogrammetrie bei der periokularen anthropometrischen Bewertung normaler periokularer Parameter und der Auswahl der optimalen Operationstechnik bereits eingesetzt⁵³.

2.3. VECTRA M3 Bildgebungssystem und VAM Vermessungssystem

Das VECTRA M3 3D-Imaging-System ist ein Gerät zur präzisen Erfassung der Oberflächenform, Kontur und Farbe des menschlichen Gesichts. Das System nutzt Stereobildgebung und photogrammetrische Algorithmen, um hochauflösende 3D-Computermodelle der Testperson zu erstellen. Der Prozess beginnt mit der Aufnahme mehrerer synchronisierter 2D-Digitalkamera-Ansichten der Person, die dann von der VECTRA-Bildverarbeitungssoftware verarbeitet werden, um eine präzise Karte der 3D-Form und der Farbkoordinaten der beobachteten Oberfläche zu erstellen. Der gesamte Erfassungsprozess findet innerhalb weniger Millisekunden statt, dadurch ist das System unempfindlich gegenüber Bewegungen der Person.^{54,55}

Das resultierende 3D-Modell wird als Datei auf dem Computer gespeichert und kann im Analyse Programm VAM betrachtet werden. Es enthält präzise Messinformationen im Submillimeterbereich, die es ermöglichen, sehr genaue Analysen durchzuführen und mehrere Datensätze eines Probanden im Zeitverlauf zu vergleichen, ohne dass die genaue Position des Probanden zum Zeitpunkt der Erfassung berücksichtigt werden muss. Das System umfasst ein Analysemodul (VAM) für die Analyse von 3D-Bildern und eine Mirror®-Software für die Bearbeitung von 2D-Bildern.^{54,55}



Abbildung 1: Das VECTRA M3-Imaging System mit seinen 6 Einzelkameras. (VECTRA M3 User Guide software Version 5.8 Seite 16) (© 2016 Canfield Scientific, Inc.)

Das VECTRA M3 System besteht aus mehreren Komponenten, darunter ein Kamera-Aufnahmesystem, Computer, Kalibrierungsset, die VECTRA Software für die Aufnahme und Verwaltung von Bildern und VAM für die Analyse von 3D-Bildern.

Das VAM-System (VECTRA Analysis Module) ist das Software-Tool, mit welchem man die 3D Bilder bearbeiten und analysieren kann. Es ist für die Arbeit mit 3D-Bildern konzipiert und ermöglicht es den Benutzern, mehrere Bilder gleichzeitig in verschiedenen Ansichtsfenstern zu betrachten. Das System umfasst auch Werkzeuge für die Kommentierung, Registrierung und Vermessung von Bildern, z. B. die Möglichkeit, Landmarken auf dem Bild zu platzieren und zu beschriften. Das System bietet auch die Möglichkeit, zwei 3D-Bilder nebeneinander zu vergleichen und die Point-of-View-Tools zu verwenden, um sie die Bilder in direkt zu vergleichen.^{54,55} Die Software ermöglicht auch das Verschieben des Bildes während der Arbeit mit Landmarken, was für die Betrachtung zuvor verborgener Bereiche nützlich ist.

Sobald alle Orientierungspunkte platziert wurden, kann der Benutzer einen Bericht über die Messdaten erstellen, der im Protokollfenster am unteren Rand des Bildschirms angezeigt wird.

Das VAM-System bietet eine Vielzahl von Messmöglichkeiten, die in erster Linie auf der Platzierung von Landmarken auf dem Bild beruhen. Einige der Messungen, die mit dem System durchgeführt werden können, sind:

1. Abstandsmessungen: Ermöglicht die Messung des Abstands zwischen zwei Landmarken.
2. Winkelmessungen: Ermöglicht die Messung des Winkels zwischen drei Orientierungspunkten oder zwischen zwei auf dem Bild gezeichneten Linien.
3. Flächenmessungen: Ermöglicht die Messung der Fläche eines durch Orientierungspunkte oder eine geschlossene Kontur definierten Bereichs.
4. Messung mit benannten Landmarken: Ermöglicht vordefinierte Messungen, wie z. B. Länge und Winkel, die mit einem vordefinierten Satz von Orientierungspunkten und einem vordefinierten Satz von Berechnungen verbunden sind.

Alle diese Messungen können auf dem Bild durchgeführt und die Ergebnisse im Protokollfenster angezeigt werden, das in der Mirror-Patientenkartei oder in einer separaten Datei zur weiteren Analyse gespeichert werden kann. (Abbildung 2)

Es ist selbstverständlich, dass die Genauigkeit der Messungen von der Qualität des Bildes und der richtigen Platzierung der Landmarken abhängt, die auf definierten anatomischen Strukturen platziert werden sollten. ^{54,55}

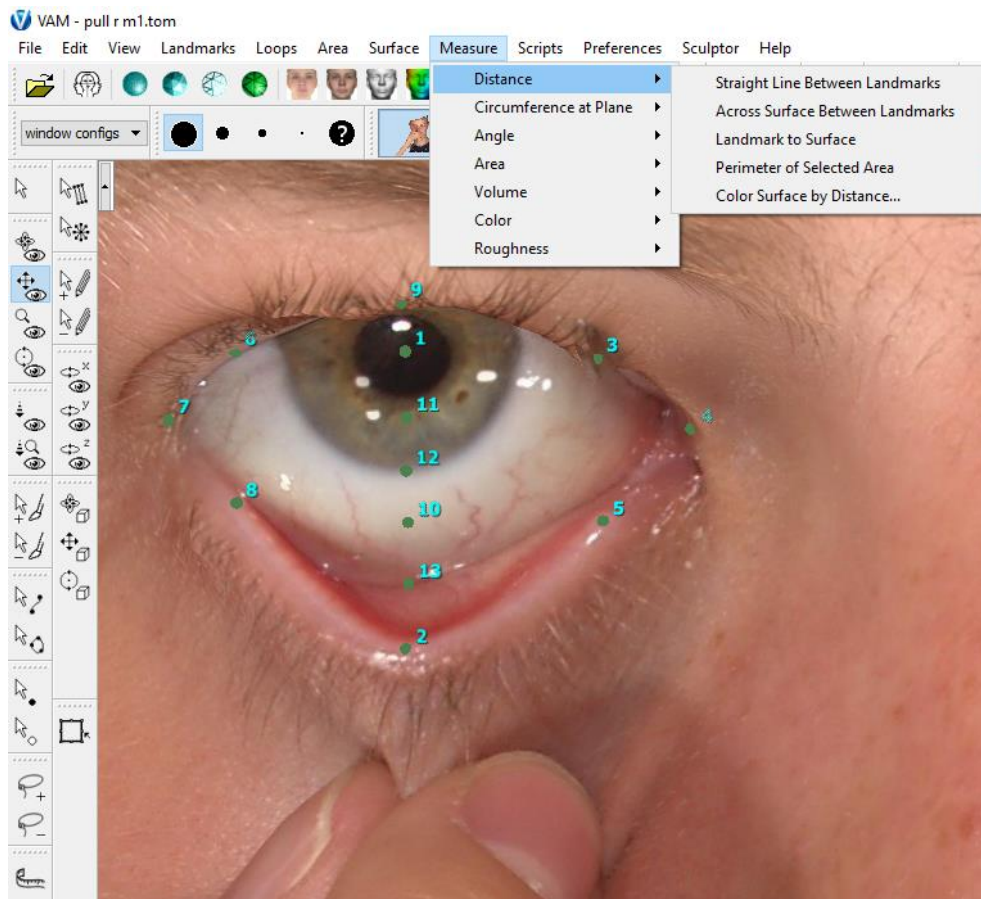


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem VECTRA Analysis Module (VAM). Funktionen wie Distanzmessung, Winkelmessung, Flächenmessung, sowie verschiedene Bearbeitungswerkzeuge sind zu sehen, sowie ein beispielhaftes Bild eines männlichen Probanden während des Zugtests mit platzierten Landmarken

2.4. Bisherige Möglichkeiten zur Quantifizierung der Unterlidspannung

Nach unseren Erkenntnissen, wurde die mediale Lidbandspannung noch nie mit einem 3D-Bildgebungssystem quantifiziert und es besteht ein zunehmender Bedarf an der Entwicklung einer geeigneten Methode zur objektiven Klassifizierung dieses Tests. Der laterale Distractionstest (LDT) ist der bisherige Goldstandard zur Beurteilung der Spannung des medialen Lidbandes, indem das Unterlid seitlich in horizontaler Richtung gezogen, und beobachtet wird, wie weit das untere Tränenpünktchen in Bezug auf den nasalen Limbus der Hornhaut gezogen werden kann⁵⁶⁻⁵⁸. Die Ergebnisse können aber je nach Situation variieren und eine quantitative Analyse ist schwierig. Mehrere Studien⁵⁶⁻⁶³ haben die Einstufungsmethode der Lidbandspannung untersucht. Allerdings gibt es derzeit keine akzeptierte universelle Bewertungsskala oder ein Format für die Erfassung der Spannung, und das Ergebnis der Untersuchung wird in der Regel nur als vorhanden oder nicht vorhanden vermerkt. In einer kontrollierten Umgebung mit genauer Vermessungstechnik wie in unserem Versuchsaufbau, können nun exakte Messungen mit quantifizierten Distanzen angewendet werden.

Stuchi et al. haben als Erste die mögliche Verwendung eines 3D-Bildgebungssystems auf der Grundlage eines Distractionstests (DT) zur Beurteilung der Unterlidspannung⁶⁴ untersucht. Ihre Ergebnisse bestätigten die Genauigkeit und Zuverlässigkeit eines Funktionstests auf der Basis eines digitalen 3D-Bildgebungssystems⁶⁴. Ihre Studie umfasste jedoch nur Teilnehmer in einem engen Altersbereich und der Grad der Spannung wurde mit dem konventionellen Distractionstest nicht quantitativ untersucht.

Mehrere Studien haben bisher auf verschiedenste Art und Weise die Lidspannung untersucht^{11,17,53,65-68}. Jedoch waren die meisten dieser Untersuchungen oder die genutzten Instrumente, wie die am Augenlidrand angebrachte Klemme und der in den unteren Fornix eingesetzte Latexsensor, nur in einem Studiumfeld und nicht im klinischen Alltag verwendbar. Da die Untersuchung übermäßig komplex ist und von den Patienten oft als unangenehm wahrgenommen wurde. Dies hauptsächlich Aufgrund von übermäßiger Komplexität oder einem unangenehmen anbringen der Instrumente^{11,53,65-67,69-71}. Nur zwei Studien^{53,65} versuchten eine realistische Bewertung der Spannung in einem klinisch reproduzierbaren Umfeld. Trotz erfolgreicher Quantifizierung der Unterlidspannung wurden diese Studienergebnisse, aufgrund der großen Varianz bei den Messungen der Verschiebungsentfernungen und der erweiterten Beurteilung der Augenlidspannung, als ungenau angesehen⁵³.

Klinisch wird die Unterlidspannung (ULS) mithilfe eines Zugtests (ZT) beurteilt, bei denen die Unterlidhaut mit Daumen und Zeigefinger gefasst und nach unten gezogen wird und gedehnt wird bis es nicht mehr weiter bewegt werden kann, ohne dabei Schmerz auszulösen⁶⁴. Wir wollen die Möglichkeit der Evaluation des Unterlidspannung mittels 3D-Stereophotogrammetrie aus Stuchi et al.⁶⁴, nutzen und mit einem neuartigen Zugtest der objektivere und konstantere Ergebnisse liefert verbinden, da die vorläufigen Ergebnisse diesen Vergleich zulassen⁷²⁻⁷⁵. Allerdings wurden in dieser Studie nur Veränderungen untersucht, die direkt mit dem Unterlid verbunden waren. Veränderungen anderer periokularer Parameter wie der mediale und laterale Lidwinkel und andere Parameter, die mit dem digitalen System leicht ermittelt werden können, wurden nicht berücksichtigt.

2.5. Fragestellungen und Ziel der vorliegenden Arbeit

Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit des 3D-Messsystems in Bezug auf neutrale und expressive Gesichtsmorphologien, insbesondere im Zusammenhang mit der Augenlidspannung. In der Studie werden das VECTRA M3 Gerät und die VAM Software verwendet, um die Spannung des Augenlids mit Hilfe von zwei spezifischen Tests zu messen: dem Hakentest (HT) und dem lateralen Distractionstest (LDT). Die Ergebnisse dieser Tests werden analysiert, um festzustellen, ob sie objektive und

reproduzierbare Ergebnisse liefern, unabhängig von dem Untersucher, der das Gerät oder die Software bedient. Darüber hinaus werden die Ergebnisse des Lidhakentests mit einem bestehenden Test für die Unterlidspannung, dem so genannten Zugtest (ZT), verglichen. Es wird hierbei untersucht, ob das 3D-Messsystem die hier bestehenden Daten beim Zugtest kongruent mit vorherigen Studien messen kann und dann, für den Hakentest, korrespondierende Daten entstehen. Diesen Teil der Studie bezeichnen wir als Methodenvergleich.

Das Hauptziel dieser Studie ist der Nachweis, dass das 3D-Messsystem zuverlässige und genaue Daten sowohl für neutrale als auch für expressive Gesichtsmorphologien liefern kann. Dies wird durch die Auswertung der Datenqualität bewertet. Zusätzlich werden in der Studie die Ergebnisse des Hakentests und des seitlichen Distractionstests in Bezug auf den Inhalt der Daten analysiert, um festzustellen, ob sie Rückschlüsse auf die Spannung des untersuchten Teils des Augenlids zulassen.

Eines der Hauptziele der Studie ist es, die statistische Signifikanz der Bilder zu bestimmen, um objektive und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, unabhängig davon, welcher Untersucher das VECTRA M3 Gerät oder die VAM Software bedient. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse der Studie in verschiedenen Umgebungen und von verschiedenen Untersuchern reproduziert werden können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Studie ist der Vergleich der Ergebnisse des 3D-Messsystems mit einem bestehenden Test für die Unterlidspannung, dem Lidhakentest. Damit soll untersucht werden, ob das 3D-Messsystem genauere Daten liefert und als Alternative oder Ergänzung zum Lidhakentest in der klinischen Praxis verwendet werden kann.

Die Studie zielt auch darauf ab, die Durchführbarkeit in der klinischen Routine zu erhalten, indem die aussagekräftigsten Werte unter den vielen in die Studie einbezogenen Messbereichen identifiziert werden und eine schnelle Analyse in einem klinischen Umfeld ermöglicht wird.

Insgesamt zielt die Studie also darauf ab, die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des 3D-Messsystems bei der Messung der Augenlidspannung nachzuweisen und Daten zu liefern, die in die klinische Praxis übernommen werden können. Durch den Nachweis, dass das System in Kombination mit einem leicht reflektierenden Utensil aus rostfreiem Stahl periorbitale Topografien messen und zuverlässige Ergebnisse liefern kann, können die Untersuchungsmöglichkeiten des Auges erweitert und damit letztlich die Patientenversorgung in der Ophthalmologie verbessert werden. Auch für zukünftige Studien mit dem VECTRA 3D System ist es eine wichtige Erkenntnis, dass reflektierende Flächen genau vermessen werden können.

3. Material und Methoden

3.1. Generelle Methoden und Patientenrekrutierung

3.1.1. Probanden

Alle unsere Patienten wurden im Zeitraum von Oktober 2019 bis Februar 2020 in der Augenklinik der Uniklinik Köln zufällig ausgewählt. Jeder Teilnehmer hatte normale Augenlider, keine Vorerkrankungen, die Operationen am Lid erforderlich machten, keine Vorgeschichte an Liderkrankungen bzw. Pathologien der Haut im direkten Umfeld der Lider oder Anwendung von Augentropfen über einen längeren Zeitraum. Personen mit Gesichtspathologien, Fehlbildungen, starker Asymmetrie oder medizinischen Verletzungen, die die periokulare Morphologie veränderten, wurden ausgeschlossen. Von allen Freiwilligen wurde eine schriftliche Einverständniserklärung eingeholt. Alle in dieser Studie durchgeführten Verfahren mit menschlichen Teilnehmern wurden von der Ethikkommission der Universität zu Köln genehmigt (Nr. 17-199). Von allen Probanden, die an dieser Studie teilnahmen, wurde die schriftliche Einwilligung nach Aufklärung eingeholt. Das Studienprotokoll entsprach den Grundsätzen der Deklaration von Helsinki "Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen".

3.1.2. Datenerhebung

Das 3D-Bildgebungssystem VECTRAM3 der Firma Canfield Scientific, Inc. in Parsippany, NJ, wurde für die Erfassung aller Daten der beobachteten periokularen Oberfläche verwendet ⁵¹. Kalibrierung ¹⁸ des VECTRA-Systems wurde täglich vor der Ankunft des ersten Patienten, oder immer dann, wenn das System bewegt oder verändert wurde, durchgeführt. Nach der Kalibrierung wurde jeder Teilnehmer gemäß den Anweisungen des Herstellers positioniert. Ein speziell eingewiesener Untersucher führte alle Erfassungen gemäß den Anweisungen des Herstellers in einer standardisierten Umgebung unter den gleichen Lichtverhältnissen durch. Alle 3D-Gesichtsmodelle wurden mit der Software VECTRA Analysis Module (VAM) zur Messung, Analyse und Bearbeitung der Oberflächentopographie genutzt.

3.1.3. Neutrale Position

Für jeden Probanden wurden zuerst 3D-Bilder ohne Mimik und ohne einen der untersuchten Ablenkungstests des Augenlids aufgenommen (neutrale Position, NP). Vor der neutralen Bildaufnahme für die Untersuchung der medialen Lidbandspannung markierten wir das untere Tränenpünktchen beider Augenlider mit einem schwarzen Stift für weitere Analysen. Während der Aufnahme wurde jeder Teilnehmer gebeten, die Augen gleichzeitig zu öffnen und nach vorne in den Spiegel zu schauen, der in der oberen Mitte der 3D-Kamera angebracht ist, entsprechend der Herstellerempfehlung. (VECTRA Quelle) Dann löste der Untersucher das Bild aus. (Siehe Abbildung 3)



Abbildung 3: Normal Position Bild einer weiblichen Probandin. Messpunkte nach dem Schema in Tabelle 3 an beiden Augen eingesetzt. Die VAM Software wurde zur Bildbearbeitung und zum Einsetzen der Landmarken genutzt.

3.1.4. Statistische Auswertungsprogramme

Microsoft Excel 2016 für MAC (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) wurde verwendet, um alle ursprünglichen Daten der Messungen zwischen den Landmarken zu erfassen. Anschließend wurde die statistische Analyse mit SPSS Version 23 durchgeführt (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Intra-Rater-, Inter-Rater- und Inter-Methoden-Differenzen aller Messungen wurden mit diesem System berechnet. Diagramme wurden mithilfe von Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation, Seattle, WA, USA)

3.2. Methoden des lateralen Distractionstest (LDT)

3.2.1. Abgelenkte Position: Lateraler Distractionstest

Der laterale Distractionstest (LDT) ist der Goldstandard zur Beurteilung der medialen Lidbandspannung⁵⁸. Der Untersucher zieht sanft den medialen Teil des Unterlids in horizontaler Richtung, bis es sich nicht mehr weiter nach lateral bewegt. Jeder Studienteilnehmer wurde auf die gleiche Weise wie in NP vor der VECTRAN3-Kamera platziert während der Durchführung des LDT (Abb. 4).



Abbildung 4: Neutrale Position (NP) und Seitlicher Distractionstest (LDT) einer weiblichen Probandin.

- A) NP-Bilder wurden ohne jegliche Mimik und ohne Distractionstest des unteren Augenlids aufgenommen. Drei Orientierungspunkte (Pc, Ln, Pu) wurden auf dem Bild gesetzt. Die linearen Abstände wurden auf der Grundlage dieser Orientierungspunkte ermittelt. Als Orientierungshilfe sind vertikale Linien über dem medialen korneoskleralen Limbus und durch die Pupillenmitte eingezeichnet.
- B) LDT-Bilder wurden bei der Durchführung des Distractionstest des Unterlids aufgenommen. Dieselben drei Orientierungspunkte (Pc, Ln, Pu) auf dem getesteten Auge und 3 Orientierungspunkte (Pc, Ln, Pu) am gegenüberliegenden Auge wurden in unsere Untersuchung einbezogen.

3.2.2. Landmarken und lineare Abstände

Drei grundlegende Orientierungspunkte wurden in jedem Bild verwendet, das Pupillenzentrum (Pc), Punctum lacrimale inferior (Pu) und der mediale korneosklerale Limbuspunkt (Ln). In der neutralen Position (NP) wurde die Distanz des Schnittpunkts der vertikalen Linie durch die Pupillenmitte und der horizontalen Linie durch das Punctum (Pu) gemessen. Der lineare Abstand von Pu zu der vertikalen Linie durch Pc wurde als n_{Pc-Pu} aufgezeichnet und der lineare Abstand von Pu zur vertikalen Linie durch Ln als n_{Ln-Pu} , die die Grundlage für die folgenden Messungen bildeten (Abb. 5a) Beim lateralen Distractionstest (LDT) wurde die Distanz des Schnittpunkts der vertikalen Linie durch die Pupillenmitte und der horizontalen Linie durch das distrahierte Punctum (Pu) gemessen. Der lineare Abstand von Pu zur vertikalen Linie durch Pc wurde als d_{Pc-Pu} und der lineare Abstand von Pu zur vertikalen Linie über Ln als d_{Ln-Pu} in LDT erfasst (Abb. 5b). Für das 2. Auge desselben Teilnehmers wurden der lineare Abstand von Pu zur vertikalen Linie durch Pc mit d^*_{Pc-Pu} und der lineare Abstand von Pu zur vertikalen Linie durch Ln mit d^*_{Ln-Pu} im LDT für die gegenüberliegenden Augen aufgezeichnet (Tabelle 1). Ist das Punctum lacrimale inferior (Pu) lateral des Limbus beim Distractionstest, so wird der Wert als negative Zahl dargestellt, wie in Abbildung 5 dargestellt.

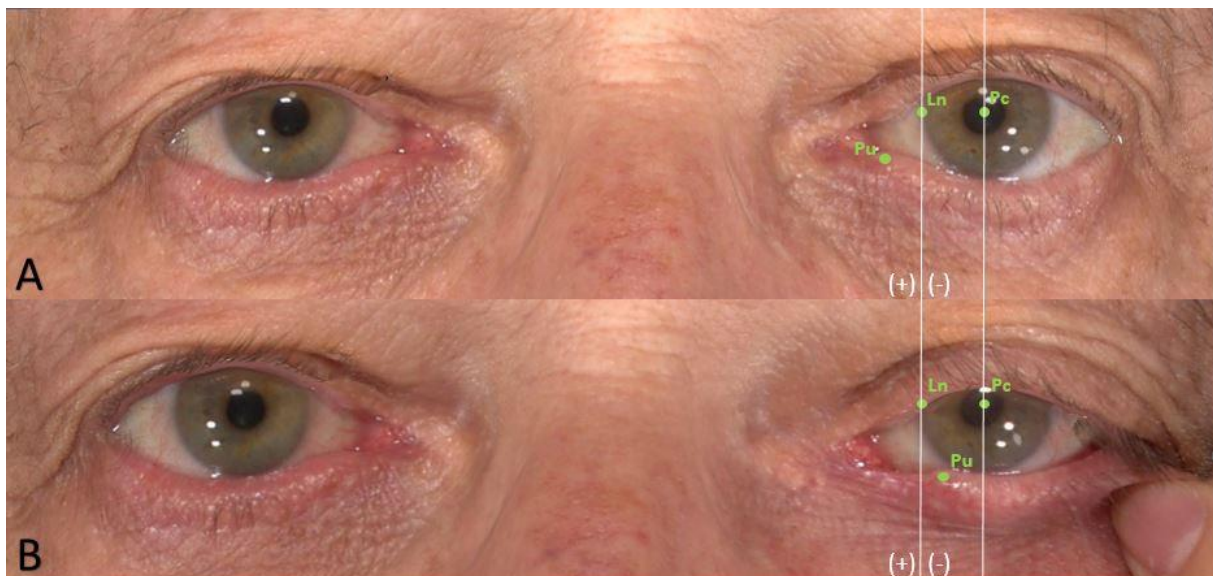


Abbildung 5: Neutrale Position (NP) und Seitlicher Distractionstest (LDT) eines männlichen Probanden.

- A) NP-Bilder wurden ohne jegliche Mimik und ohne Distractionstest des unteren Augenlids aufgenommen. Drei Orientierungspunkte (Pc, Ln, Pu) wurden auf dem Bild gesetzt. Die linearen Abstände wurden auf der Grundlage dieser Orientierungspunkte ermittelt. Als Orientierungshilfe sind vertikale Linien über den medialen korneoskleralen Limbus und durch die Pupillenmitte eingezeichnet.
- B) LDT-Bilder wurden bei der Durchführung des Distractionstest aufgenommen. Dieselben drei Orientierungspunkte (Pc, Ln, Pu) auf dem getesteten Auge und 3 Orientierungspunkte (Pc, Ln, Pu) am gegenüberliegenden Auge wurden in unsere Untersuchung einbezogen.

Tabelle 1: Definition der Landmarken und Definition der Distanzen

Pc	Pupillenzentrum
Ln	Medialer korneoskleraler Limbus
Pu	Auf der Haut befindlicher Punkt, der das UTP markiert
Pu'	Die veränderte Position des UTP
nPc-Pu	Horizontale Distanz von Pupillenzentrum (Pc) zu UTP (Pu) in NP
nLn-Pu	Horizontale Distanz vom medialen korneoskleralen Limbus zu UTP (Pu) in NP
dPc-Pu'	Horizontale Distanz von Pupillenzentrum (Pc) zu UTP (Pu') bei LDT
dLn-Pu'	Horizontale Distanz vom medialen korneoskleralen Limbus (Ln) zu UTP (Pu') bei LDT
d*Pc-Pu'	Horizontale Distanz von Pupillenzentrum (Pc) zu UTP (Pu') bei LDT
d*Ln-Pu'	Horizontale Distanz vom medialen korneoskleralen Limbus (Ln) zu UTP (Pu') bei LDT

n normale Distanz; d abgelenkte Distanz; d* abgelenkte Distanz im anderen Auge; LDT Lateraler Distractionstest; NP Normalposition; UTP unteres Tränenpünktchen

3.2.3. Intra- und Inter-Rater-Reliabilität des LDT

Um die Verzerrung des Distractionstests aufgrund von Ungenauigkeit ^{18,37} zu vermeiden, analysierten wir die Intra- und Inter-Rater-Reliabilität und Genauigkeit des lateralen Distractionstests unter Verwendung des VECTRAN3 3D-Systems. Für die Intra-Rater-Reliabilität, wurden erste Inter-Landmark-Messungen auf 3D-Bildern erfasst und vom ersten Untersucher mithilfe der VAM-Software berechnet. Diese Messungen wurden mindestens zwei Wochen später von demselben Beobachter auf den denselben Bildern berechnet. Für die Inter-Rater-Reliabilität wurden die Interlandmark-Messungen auf denselben Bildern von dem ersten Untersucher und dem zweiten Untersucher jeweils zweimal vermessen.

3.2.4. Inter-Methoden-Reliabilität des LDT

Der Vergleich zwischen neutraler und abgelenkter Position spielt eine wichtige Rolle, da mögliche Fehler auftreten können, wenn verschiedenen Erfassungen zu verschiedenen Zeiten oder durch verschiedene Untersucher getätigt werden. Aus diesem Grund haben wir zwei Vergleiche angestellt. Der erste Vergleich wurde mit den Bildern von NP durchgeführt. Jede Versuchsperson erhielt zwei Aufnahmen durch denselben Untersucher im Abstand von etwa 45 Minuten. Dann wurden die Landmarken und Messungen zwischen den Landmarken für jede Aufnahme durch denselben Untersucher nach 24 Stunden erneut durchgeführt.

Zweitens wurde die Aufnahme mit lateralem Distractionstest des Teilnehmers von beiden Untersuchern in einem Abstand von etwa 45 Minuten durchgeführt. Die Untersucher setzten die Landmarken und führten die Messungen an ihren eigenen Bildern mit der VAM-Software durch. Beide Untersucher waren speziell eingewiesen und erfahren im Umgang mit dem VECTRAM3 3D System.

3.2.5. Statistische Auswertung des LDT

Von jedem Teilnehmer wurden 4 Bildaufnahmen gemacht. Die ersten beiden Bilder der NP wurden von Untersucher 1 gemacht, die zwei Bilder der LDT wurden von beiden Untersuchern getrennt durchgeführt. Wir berechneten mehrere Statistiken (Tabelle 2) zur Bewertung der Inter-Rater-, Intra-Rater- und Inter-Methoden-Reliabilität ^{76,77}. Inter-Rater- und Intra-Rater-Reliabilität wurden an denselben Bildern durchgeführt. Die methodenübergreifende Zuverlässigkeit in Form der Inter-Methoden Reliabilität umfasste den Vergleich zweier neutraler Aufnahmen von einem Beobachter und dem Vergleich der LDT der beiden Untersucher.

Tabelle 2: Übersicht über die genutzten statistischen Rechenwege

Name	Gleichung
Intraklassenkoeffizient (ICC)	$B/B + W$
Mittlere absolute Differenz (MAD)	$ X1 - X2 $
Technischer Messfehler (TM)	$\sqrt{(\sum D^2)/2N}$
Relativer Fehler (RF)	$MAD/X3 \times 100$
Relativer technischer Messfehler (%TM)	$TM/X3 \times 100$

B Varianz zwischen den Messungen; W Varianz innerhalb der Messungen; [7] D Unterschied zwischen den Messungen; N Anzahl der gemessenen Augen; X1 Untersucher 1; X2 Untersucher 2; X3 Gesamtmittelwert

Es wurden fünf statistische Methoden zur Beurteilung der Qualität der Daten angewandt. Zunächst wurde der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC), welcher die Übereinstimmung von verschiedenen Untersuchern in Bezug auf verschiedene Messwerte ermittelt. Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) zeigt ein sehr zuverlässiges Ergebnis, wenn er nahe bei 1 liegt, und ein unzuverlässiges Ergebnis, wenn er nahe 0 ist ⁴⁰.

Die mittlere absolute Differenz (MAD) wurde als Streuungsparameter genutzt, indem die durchschnittliche absolute Abweichung der Messungen bestimmt wurde. Sie wurde berechnet als Absolutwert der Differenz der beiden untersuchten Messwerte.

Die gebräuchlichste Art, die Fehlerspanne in der Anthropometrie auszudrücken, ist der technische Messfehler (TM), welcher als Genauigkeitsindex gilt. Der technische Messfehler ermöglicht es, den Genauigkeitsgrad bei der Durchführung und Wiederholung anthropometrischer Messungen (Intra-Rater) und beim Vergleich ihrer Messung mit

Messungen eines anderen Untersuchers (Inter-Rater) zu überprüfen⁷⁸. Der technische Messfehler (TM) wurde berechnet wie in (Tabelle 2) gezeigt, wobei D die Differenz zwischen unabhängigen Messungen und N die Anzahl der gemessenen Probanden ist³⁶. Diese statistische Methode lässt sich ähnlich erklären wie die Standardabweichung³⁷.

Der relative Fehler wurde genutzt um den MAD in ein Verhältnis zum wahren Messwert zu stellen. Daher wurde der relative Fehler (RF) berechnet, indem der Mittelwert aus beiden Messungen für eine bestimmte Variable durch den Gesamtmittelwert geteilt und mit 100 multipliziert wurde¹⁸. Dies sollte eine möglichst niedrige Prozentzahl ergeben für ein besonders verlässliches Ergebnis. Als Skala nutzen wir die von Andrade et al., welche das Ergebnis wie folgt einschätzt: weniger als 1%, ausgezeichnet; 1,0-3,9%, sehr gut; 4,0-6,9%, gut; 7,0-9,9%, mäßig; und mehr als 10%, schlecht^{44,79}.

Die relative TM (%TM) wurde errechnet, um die Ungenauigkeit von verschiedenen Variablen zu messen, da ein positiver Zusammenhang zwischen der Größe der Messung und dem TM besteht. Er wurde berechnet, indem die TM für eine bestimmte Variable durch ihren Gesamtmittelwert geteilt und mit 100 multipliziert wurde. Gemäß der Skala von Andrade et al., die wir hier erneut angewendet haben sind die Kategorien erneut: weniger als 1%, ausgezeichnet; 1-3,9%, sehr gut; 4-6,9%, gut; 7-9,9%, mäßig; und mehr als 10%, schlecht^{44,79}.

Gepaarte Stichproben t-Tests wurden für normalverteilte Daten durchgeführt und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests für gepaarte Daten wurden für nicht-normalverteilte Daten durchgeführt. P-Werte $P < 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen.

3.3. Methoden für die Untersuchung der Unterlidspannung (ULS)

3.3.1. Standardisiertes Gerät: Edelstahl Augenlidhaken

Ein 15,9 g Edelstahl-Augenlidhaken (Zhen Bang Medical Devices Co., Ltd., Anhui, China) mit einer Kopfbreite von 10,0 mm, Stiellänge von 15,0 cm und einer Dicke von 10,0 mm (Abbildung 6), wurde verwendet, um das untere Augenlid standardisiert herunterzuziehen. Der Zug, welcher auf das Augenlid ausgeübt wurde, kam dabei allein vom Eigengewicht des Hakens. Jeder Teilnehmer wurde nach der Befindlichkeit beim Anbringen des Augenlidhakens gefragt. Teilnehmer, die nicht kooperativ oder äußerst sensibel waren, wurden ausgeschlossen.



Abbildung 6: Edelstahlaugenlidhaken mit den Dimensionen von 15cm Länge, 10,0mm Kopfbreite, 10,0mm Kopfdicke und 15,9g Eigengewicht

3.3.2. 3D-Bilderfassung der ULS

Mit dem VECTRA M3 Gerät wurden zwei 3D-Bilder aufgenommen, jeweils einmal in neutraler Position (NP) und einmal in abgelenkter Position (AP), wobei hier der Augenlidhaken in das Unterlid eingehängt wurde, um es nach unten zu ziehen.

Zunächst wurde ein 3D-Bild im NP aufgenommen (Abbildung 7A). Anschließend wurde der desinfizierte Augenlidhaken auf das untere Augenlid des Teilnehmers gesetzt, um dieses herunter zu ziehen. Eine zweite Aufnahme wurde in der gleichen Haltung wie bei dem ersten Bild getätigt (Abbildung 7B). Danach wurden die Patienten gebeten, die Untersuchung auf einer 4-Punkte-Skala mit entweder 1=keinen, 2=leichten, 3=mittelschweren oder 4=starken Beschwerden zu bewerten. Keine Beschwerden heißt dabei keinerlei Unannehmlichkeiten, leichte Beschwerden bedeuteten wahrgenommene, leicht tolerierbare Beschwerden. Mittelschwere Beschwerden beschrieben eine Wahrnehmung von Reizen, die störend, aber tolerierbar waren. Starke Beschwerden waren Reize oder Schmerzen, die nur schwer oder nicht tolerierbar waren.



Abbildung 7: Neutrale Position (NP) und abgelenkte Position (AP) mit Lidhaken einer weiblichen Probandin

A) NP mit den in Tabelle 3 erläuterten Landmarken nach dem Schema von Abb. 8

B) AP mit den in Tabelle 3 erläuterten Landmarken nach dem Schema von Abb. 8

3.3.3. Landmarken und Vermessung der ULS

In beiden Positionen (NP und AP) wurden in jedem Bild fünf grundlegende Orientierungspunkte gesetzt (Abbildung 8/ Tabelle 3). Darunter die Pupillenmitte (Pc), der mediale (Ln) und der laterale (LI) korneosklerale Limbus, der Angulus Oculi Medialis (En) und der Angulus Oculi Lateralis (Ex) ^{18,52}. Sechs Messpunkte (Ln', Ln'', LI', LI'', Ps und Pi) wurden am oberen und unteren Augenlidrand basierend auf der entsprechenden Achse über und unter den drei Messpunkten (Ln, LI und Pc) lokalisiert. Der Li-Messpunkt wurde auf dem korneoskleralen Limbus lokalisiert, im Lot unter der Pupillenmitte (Pc) liegend; Pu stellte die Position des unteren Punctum lacrimale dar (Abb. 8).

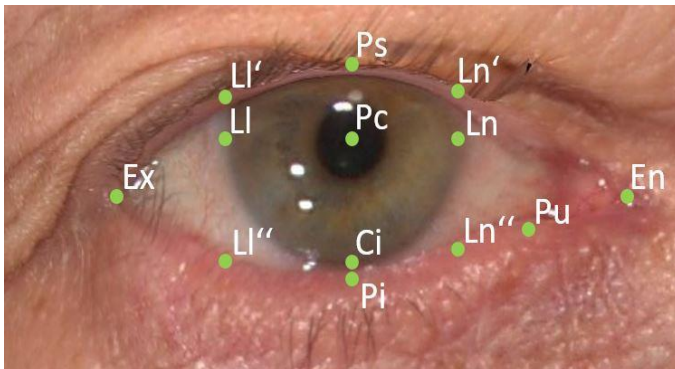


Abbildung 8: Beispiel des Landmarkensystems an einem NP Bild eines männlichen Probanden.

Die 5 primären Orientierungspunkte sind: Pc (Pupillenmitte), Ln (nasaler Limbusrand) und LI (lateraler Limbusrand), En (Lidinnenwinkel) und Ex (Lidaußenwinkel). Die Orientierungspunkte Ln' und Ln'', LI' und LI'', Ps und Pi werden am Lidrand lokalisiert, entsprechend der Achse durch Ln, LI bzw. Pc; der Orientierungspunkt Ci/Li wurde entsprechend der Achse durch Pc auf dem korneoskleralen Limbus lokalisiert; Pu stellte die Position des unteren Punctum lacrimale dar.

Zusätzlich wurden zehn lineare Abstände und zwei Winkel zwischen den Orientierungspunkten unter Verwendung der VAM-Software berechnet. Alle Messungen wurden nach einem 24-Stunden-Intervall für jedes Bild von demselben Beobachter wiederholt. Die Werte dieser wiederholten Messungen wurden zusammengelegt und mit den Mittelwerten die Messungen der unterschiedlichen Werte von AP und NP durchgeführt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Definition der Landmarken und der vermessenen Distanzen, sowie wie Winkel

Kategorie	Kürzel	Definition
Landmarken	En	Medialer Lidwinkel
	Ex	Lateraler Lidwinkel
	Pc	Pupillenzentrum
	Ps	Vertikal über Pc gelegene Stelle des Oberlids
	Pi	Vertikal unter Pc gelegene Stelle des Unterlids
	Ln	Nasal mittig liegender Punkt auf dem korneoskleralen Limbus
	Ln'	Vertikal über Ln gelegene Stelle des Oberlids
	Ln''	Vertikal unter Ln gelegene Stelle des Unterlids
	Li	Lateral mittig liegender Punkt auf dem korneoskleralen Limbus
	Li'	Vertikal über Li gelegene Stelle des Oberlids
	Li''	Vertikal unter Li gelegene Stelle des Unterlids
	Li/Ci	Inferior mittig liegender Punkt auf dem korneoskleralen Limbus
	Cs	Vertikal unter Pc auf dem oberen Rand des Fornix Conjunctivae
	Pu	Unteres Tränenpünktchen
	Distanzen zwischen Landmarken	IEn
PcU		Vertikaler Abstand zwischen Pu und Pc
IEx		Lidaußenwinkelabstand, Horizontaler Abstand zwischen Ex(links) und Ex(rechts)
PcX		Vertikaler Abstand zwischen Ex und Pc
HPF		Horizontaler Lidspalt, horizontaler Abstand zwischen En und Ex
MRD		Abstand von Unterlid zu Pupillenmitte, Horizontale zwischen Pc und Pi
IPc		Pupillenabstand, horizontaler Abstand zwischen Pc(links) und Pc(rechts)
ScE		Exponierte Sklera, horizontal zwischen Li und Pi, definiert als Li-Cs wenn der Fornix Conjunctiva zu sehen ist
VPF		Vertikaler Lidspalt, Abstand von Ps und Pi
ConjE		Exponierte Konjunktiva, vertikaler Abstand zwischen Cs und Pi
Winkel zwischen Landmarken	LCA	Lateraler Lidwinkel, Winkel zwischen Li'-Ex-Li''
	MCA	Medialer Lidwinkel, Winkel zwischen Ln'-En-Ln''

3.3.4. Statistische Auswertung der ULS

Der Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC) wurde verwendet, um die Zuverlässigkeit aller wiederholten Messungen zu bewerten (Berechnung siehe Tabelle 2). Die Ergebnisse wurden als hoch zuverlässig angesehen, wenn das Ergebnis nahe 1 lag und als niedrig zuverlässig eingestuft, wenn das Ergebnis nahe 0 lag⁴⁰. Um die mittleren Unterschiede zwischen den beiden Messreihen zu analysieren, wurden gepaarte Stichproben-T-Tests für normalverteilte Daten und gepaarte Wilcoxon-Tests für nicht normalverteilte Daten durchgeführt. Multivariante allgemeine lineare Regressionsmodelle wurden genutzt, um die Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den verschiedenen Altersgruppen zu bewerten. P-Werte <0,05 wurden als statistisch signifikant angesehen. Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation. (2018). Microsoft Excel.) wurde angewendet, um die entsprechenden Balkendiagramme für die allgemeinen linearen Modelle zu zeichnen.

3.4. Methoden für den Methodenvergleich

3.4.1. 3D-Bilderfassung des Methodenvergleichs

Ein erfahrener Untersucher, der von Prof. Dr. L. M. Heindl, Projektleiter und Oberarzt der Universitätsaugenklinik Köln und dem 3D-Anthropometricspezialist Dr. Y. Guo geschult wurde, führte alle Bildaufnahmen unter den gleichen Bedingungen durch. Von jedem Teilnehmer wurden sechs 3D-Bilder aufgenommen, darunter zwei Bilder in der neutralen Position (NP), zwei Bilder, die mit dem Haken Test (HT), einem 15,9 Gramm schweren Lidhaken aus Edelstahl aufgenommen (Abbildung 6), und dazu zwei Bilder, die im Zug Test (ZT) aufgenommen wurden, wobei der Untersucher das Unterlid mit Daumen und Zeigefinger bei jedem Teilnehmer auf die gleiche Weise nach unten zog. Der Haken wurde für einige Sekunden auf dem Unterlid platziert und entfernt, nachdem die 3D-Fotos mit der Kamera aufgenommen worden waren. Die Dauer zwischen den einzelnen Fotoaufnahmen betrug etwa 10 Minuten, um sicherzustellen, dass das Unterlid in die ursprüngliche Position (NP) zurückkehrte und sich für das nächste Foto ausreichend entspannte. Zusätzlich wurde auch in diesem Teil der Studie jeder Proband zu seinem Wohlbefinden (kein, leichtes Unbehagen, mittleres Unbehagen und starkes Unbehagen) bei der Anwendung des Lidhakens durch den Zug am Augenlid befragt. Es wurde zuerst ein NP Bild aufgenommen und kurz darauf wiederholt (Abbildung 9A). Anschließend wurde das HT-Bild aufgenommen, nachdem der desinfizierte Lidhaken am unteren Augenlidrand des Probanden eingehakt wurde. Ein weiteres Haken-Test-Bild wurde 10 Minuten später unter denselben Bedingungen aufgenommen (Abbildung 9B). Schließlich wurde das ZT-Bild aufgenommen, indem der Bediener den Mittelpunkt des unteren Augenlids so weit nach unten zog, bis es sich nicht mehr weiter bewegen ließ. Ein weiteres ZT-Bild wurde 10 Minuten später aufgenommen (Abbildung 9C). Nach der Aufnahme aller Bilder wurden zwei Messungen desselben Bildes von zwei

geschulten Untersuchern durchgeführt, um die Zuverlässigkeit zu prüfen, einschließlich der Intra-Rater-, Inter-Rater- und Intra-Methoden-Reliabilität.

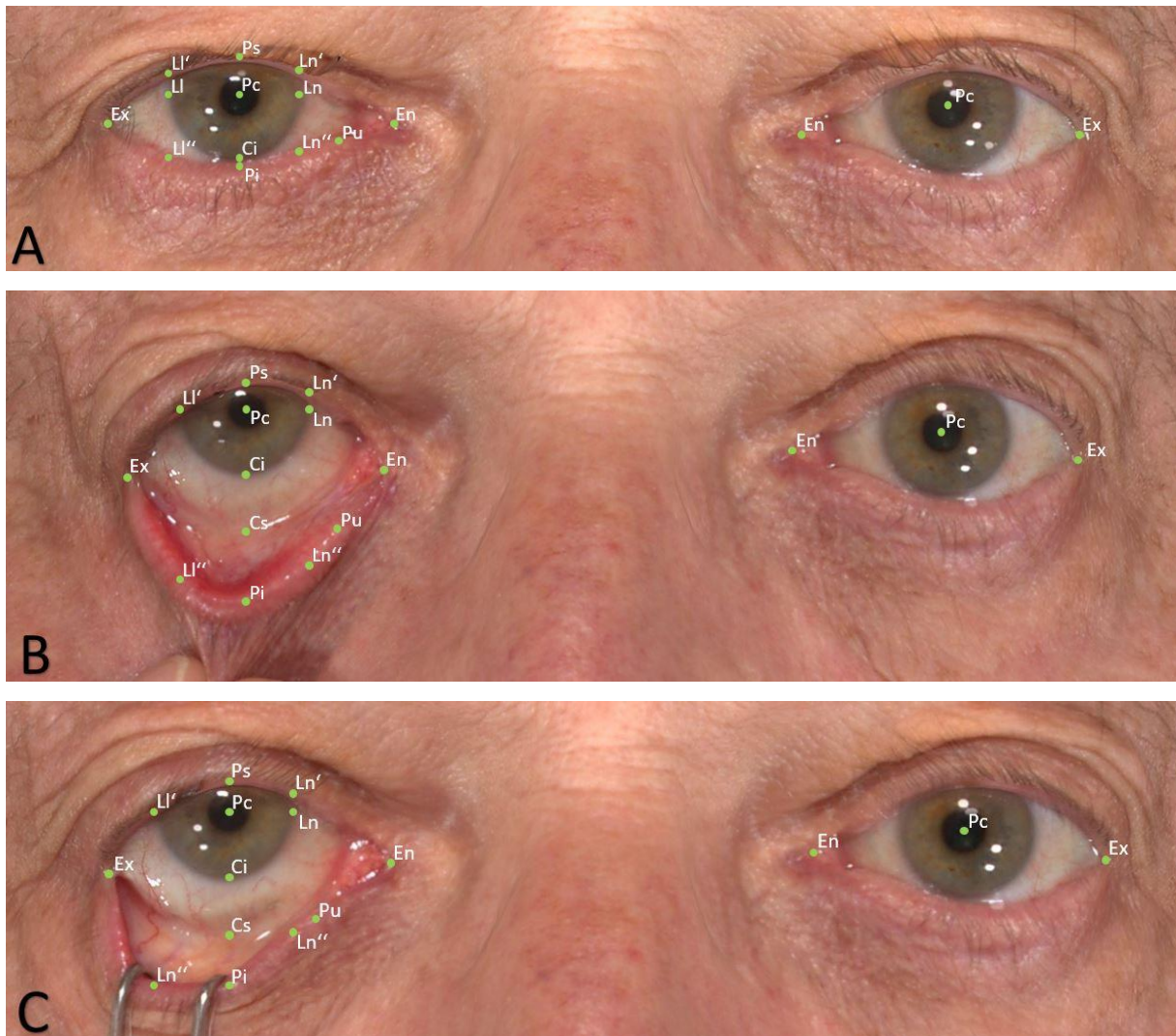


Abbildung 9: Bilderreihe mit neutraler Position (NP), Zugtest (ZT) und Hakentest (HT) eines männlichen Probanden

- A) Zeigt das Bild in NP mit entsprechenden Landmarken
- B) Zeigt das Bild mit ZT mit entsprechenden Landmarken
- C) Zeigt das Bild mit HAT mit entsprechenden Landmarken

3.4.2. Landmarken des Methodenvergleichs

In dieser Studie wurden insgesamt 13 Landmarken identifiziert, diese wurden wie es in 2.3.3. Landmarken und Vermessung der ULS, Abbildung 8 und Tabelle 3 erläutert wird auf den Aufnahmen platziert. Fünf primäre Landmarken wurden in jedem Bild mit Hilfe des Landmarkensystems von VECTRA identifiziert. Anschließend wurden sechs Landmarken an den oberen und unteren Lidrändern (Ln', Ln'', Lt', Lt'', Ps und Pi) entsprechend der Achse über die primären Landmarken identifiziert. Cs stellte den mittleren inferioren Punkt des korneoskleralen Limbus dar und Ci den Schnittpunkt der durch die Pupille verlaufenden Achse mit der oberen Begrenzung der Fornix-Konjunktiva. Anschließend wurden diese Punkte wieder mit der VAM Software untersucht und zwei Winkel [d. h. den medialen Canthal-Winkel (MCA) und den lateralen Canthal-Winkel (LCA)] und sechs lineare Abstände [d. h. den Pupillenabstand (IPc), den Randreflexabstand (MRD), die vertikale Lidspalte (VPF), die horizontale Lidspalte (HPF), die sklerale Exposition (ScE) und die konjunktivale Exposition (ConjE) identifiziert und vermessen.

3.4.3. Statistische Analyse des Methodenvergleichs

Zur Bewertung der Intra-Rater-, Inter-Rater- und Intra-Methoden-Zuverlässigkeit wurden vier typische statistische Methoden verwendet. Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) ^{40,77}, der MAD, RF und TM (Berechnung Tabelle 2). Die Ergebnisse für RF wurden erneut nach den von Camison et al. ⁴⁴ und Andrade et al. ⁷⁹ entwickelten Skalen in fünf Kategorien eingeteilt: <1% bedeutet „ausgezeichnet“; 1-3,9% bedeutet „sehr gut“; 4-6,9% bedeutet „gut“; 7-9,9% bedeutet „mäßig“; und >10% bedeutet „schlecht“. Bei normalverteilten Daten wurden gepaarte Stichproben t-Tests verwendet, um den Unterschied zwischen zwei Messreihen zu bewerten und gepaarte Wilcoxon Tests wurden für nicht normalverteilte Daten verwendet. P-werte <0,05 wurden als statistisch signifikant angesehen.

4. Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse und Daten wurden bereits vor Veröffentlichung dieser Monografie in den folgenden Publikationen vorab publiziert:

Hou XY, Rokohl AC, Meinke MM, Li SM, Lin M, Jia RB, Guo YW, Heindl LM. **A modified 3D stereophotogrammetry-based distraction test for assessing lower eyelid tension.** Int J Ophthalmol. 2022 Nov 18;15(11):1757-1764. doi: 10.18240/ijo.2022.11.05. PMID: 36404971;

Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, Li S, Liu J, Fan W, Lin M, Jia R, Guo Y, Heindl LM. **A novel standardized distraction test to evaluate lower eyelid tension using three-dimensional stereophotogrammetry.** Quant Imaging Med Surg. 2021 Aug;11(8):3735-3748. doi: 10.21037/qims-20-1016.

Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, Liu J, Li S, Fan W, Lin M, Jia R, Guo Y, Heindl LM. **Standardized Three-Dimensional Lateral Distraction Test: Its Reliability to Assess Medial Canthal Tendon Laxity.** Aesthetic Plast Surg. 2021 Dec;45(6):2798-2807. doi: 10.1007/s00266-021-02440-y. Epub 2021 Jul 7

4.1. Mediale Lidbandspannung Ergebnisse

4.1.1. Demographische Daten der medialen Lidbandspannung

Für die Evaluation des inneren Lidbandes wurden die Bilder beider Augen von 48 Studienteilnehmern in die Auswertung eingeschlossen. Die Teilnehmer waren zwischen 22 und 84 Jahre alt (55,6± 18,6 Jahre). Das Geschlechterverhältnis war nahezu ausgeglichen (25 Männer, 23 Frauen) und alle Studienteilnehmer waren kaukasischer Ethnie. (Tabelle 4)

Tabelle 4: Demographische Übersicht über die Studienteilnehmer bei MLS

Kategorie	Anzahl
- Alter	
Gesamtspanne	22-84 Jahre
Mittelwert ± Standardabweichung	55,6 ± 18.6 Jahre
- Geschlecht	
Männlich	25 (52.1%)
Weiblich	23 (46.9%)
Gesamt	48
- Ethnie	
Kaukasisch	48 (100%)
Andere	0

4.1.2. Statistische Ergebnisse für die mediale Lidbandspannung

Die Zuverlässigkeit der Daten wurde mittels drei Kategorien ermittelt, Intra-Rater-, Inter-Rater- und Intra-Methoden-Reliabilität. Tabelle 5 zeigt den Intraklassen Koeffizienten und die mittlere Abweichung aller Landmarken-Messungen bezogen auf Intra-Rater, Inter-Rater und Intra-Methoden-Reliabilität. MAD, TM, RF, %TM sind in Tabelle 6 dargestellt. Es wurden zwar statistisch signifikante Unterschiede in den Intra-Rater, Inter-Rater und Intra-Methoden Messungen gefunden, diese sind jedoch in allen Fällen <1mm gewesen, und haben damit keine klinische Signifikanz. .

Tabelle 5: Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC) und mittlere Unterschiede (D-mean) bei Intra-Rater, Inter-Rater und Inter-Methoden bei allen Messungen der 3D-Bilder und der P-Wert

Landmarken		Intra-Rater			Inter-Rater			Inter-Methoden		
		ICC (CI95%)	D-Mean	P-Wert	ICC (CI95%)	D-Mean	P-Wert	ICC (CI95%)	D-Mean	P-Wert
NP	nPc-Pu	0.98 (0.96-0.99)	0.05	0.41	0.97 (0.94-0.98)	0.20	0.001	0.94 (0.68-0.98)	0.48	<0.001
	nLn-Pu	0.98 (0.96-0.99)	0.08	0.18	0.98 (0.96-0.99)	-0.07	0.27	0.87 (0.77-0.93)	0.15	0.29
LDT	dPc-Pu'	0.98 (0.96-0.99)	0.11	0.14	0.95 (0.90-0.97)	-0.11	0.35	0.77 (0.59-0.87)	0.14	0.52
	dLn-Pu'	0.98 (0.96-0.99)	0.08	0.36	0.97 (0.94-0.98)	-0.22	0.33	0.78 (0.59-0.88)	-0.01	0.98
	d*Pc-Pu'	0.98 (0.97-0.99)	0.06	0.28	0.98 (0.95-0.99)	-0.34	<0.001	0.78 (0.60-0.88)	0.09	0.59
	d*Ln-Pu'	0.95 (0.92-0.97)	0.17	0.07	0.93 (0.88-0.96)	0.04	0.74	0.65 (0.36-0.81)	0.42	0.06

NP = Neutrale Position; LDT = Bild mit lateralem Distractionstest

Tabelle 6: Intra-Rater, Inter-Rater und Inter-Methoden Reliabilität aller Messungen

Landmarken		Intra-Rater				Inter-Rater				Inter-Methoden			
		MAD	RF	TM	%TM	MAD	RF	TM	%TM	MAD	RF	TM	%TM
NP	nPc-Pu	0.26	2.76	0.30	3.17	0.36	3.82	0.28	2.91	0.24	2.59	0.17	1.83
	nLn-Pu	0.27	6.99	0.31	8.15	0.34	9.00	0.26	6.76	0.24	6.13	0.17	4.34
LDT	dPc-Pu'	0.41	6.21	0.39	6.00	0.50	7.50	0.62	9.52	0.83	12.04	1.11	16.05
	dLn-Pu'	0.41	24.76	0.37	24.02	0.40	25.65	0.32	18.88	0.59	30.39	0.52	26.85
	d*Pc-Pu'	0.30	3.29	0.26	2.86	0.28	3.12	0.24	2.60	0.43	4.56	0.98	4.00
	d*Ln-Pu'	0.47	13.41	0.42	12.07	0.50	13.79	0.54	14.90	0.69	9.27	0.37	13.07

NP = Neutrale Position; LDT = Bild mit lateralem Distractionstest

(1) Intra Rater Reliabilität der medialen Lidbandspannung

Der Intraklassenkoeffizient (ICC) hat bei 5 der 6 Messungen einen Wert von über 0,95, nur beim Abstand der vertikalen Linie des nasalen Limbus zum UTP in abgelenkter Position liegt der Wert zwischen 0,90 und 0,94. Der MAD ist bei allen Messungen kleiner als 1mm. Der RF lag beim Abstand der vertikalen durch die Pupillenmitte zum UTP sowohl in der NP als auch in der abgelenkten Position zwischen 1 und 4% (2,76%, 3,29%). Bei den Messungen von Limbus zu UTP in NP und bei Pupillenmitte zu UTP in abgelenkter Position lagen die RF Werte zwischen 7 und 10% (6,99%, 6,21%). Beim Abstand von Limbus zu UTP in abgelenkter Position fanden sich für beide Augen REM Werte von über 10% (24,76%, 13,41%). Der TM war bei allen Messungen unter 1mm. Für die %TM lagen 2 Messungen (Pupillenmitte bis UTP Abstand in NP und abgelenkter Position) zwischen 1 und 4%, eine (Abstand von Pupillenmitte bis UTP beim anderen Auge in abgelenkter Position) lag zwischen 4 und 7% und eine (von Limbus bis UTP in NP) hatte eine %TM von 7-10%. Die restlichen 2 Messabstände (von Limbus bis UTP bei beiden Augen in abgelenkter Position) hatten einen Wert von über 10%. (Siehe Tabelle 6)

(2) Inter Rater Reliabilität der medialen Lidbandspannung

Der ICC liegt wie schon bei der Intra-Rater Analyse bei 5 der 6 Messungen bei größer gleich 0,95. Bei der Messung von nasalen Limbus zu UTP in abgelenkter Position lag der Wert zwischen 0,90-0,94. Der MAD lag bei allen 6 Messungen unter 1mm. Im Hinblick auf den RF lagen 2 Messungen (Pupillenmitte zu UTP in NP und abgelenkter Position) bei 1-4%, zwei Messungen (Limbus zu UTP in NP und Pupillenmitte zu UTP beim 2. Auge in abgelenkter Position) bei 7-10% und die Messwerte von Limbus zu UTP in abgelenkter Position beider Augen lagen über 10%. Der TM war bei allen Werten kleiner als 1mm und damit klinisch nicht relevant. Der Abstand von Pupillenmitte zu UTP in NP und abgelenkter Position hatte einen %TM von 1-4%. Limbus zu UTP in NP und Pupillenmitte zu UTP in abgelenkter Position des 2. Auges hatte einen Wert von 7-10%. Die Werte von Limbus zu UTP in beiden Augen bei abgelenkter Position hatten eine %TM von über 10%. (Siehe Tabelle 5)

(3) Inter Methoden Reliabilität der medialen Lidbandspannung

Der Intraklassenkorrelations Koeffizient liegt zwischen den Beobachtern für Pupillenmitte zum UTP in NP bei über 0,90. Bei Limbus zu UTP in NP liegt der ICC bei 0,80-0,90, bei Pupillenmitte zu UTP in beiden Augen und bei Limbus zu UTP in jeweils abgelenkter Position liegen die Werte zwischen 0,70-0,80. Schließlich liegt der ICC Wert von Limbus zu UTP des 2. Auges in abgelenkter Position bei weniger als 0,70. Der MAD betrug bei allen Messungen erneut weniger als 1mm und gilt damit als klinisch nicht relevant. Der RF lag bei Pupillenmitte zu UTP in NP zwischen 1-4% und wies bei Limbus zu UTP in NP und bei Pupillenmitte zu UTP in abgelenkter Position zwischen 4 und 7% auf. Bei einem Auge lag der Abstand von Limbus zu UTP in abgelenkter Position bei 7-10%, beim anderen Auge sowohl beim Abstand von Limbus zu UTP und Pupillenmitte zu UTP in jeweils abgelenkter Position bei über 10%, wobei in diesem Fall der Unterschied der Wert bei der Limbus zu UTP Messung mit 30,39% fast das Dreifache vom Wert der Pupillenmitte zu UTP Messung betrug (12,04%). Beim TM lag nur der Messwert zwischen Pupillenmitte und UTP in abgelenkter Position bei über 1,11mm. Die restlichen Werte lagen bei unter 1mm. Beim relativen technischen Messfehlers (%TM) lagen die Werte von Pupillenmitte zu UTP in beiden Positionen zwischen 1 und 4%. Bei Limbus zu UTP in NP lag der %TM zwischen 4 und 7% und bei den anderen 3 Messwerten (Pupillenmitte zu UTP und Limbus zu UTP bei beiden Augen in jeweils abgelenkter Position) lag der Wert über 10%. Auch hier ist der korrespondierende Wert desselben Auges bei Limbus zu UTP annähernd doppelt so hoch (26,85%), wie der Wert von Pupillenmitte zu UTP (16,05%).

4.2. Ergebnisse für die Unterlidspannung (ULS)

4.2.1. Demographische Daten für die ULS

Bezogen auf die Evaluation des Augenlidhakens zur Beurteilung der unteren Augenlidspannung sind die demographischen Ergebnisse sind wie folgt (Tabelle 7): 94 Teilnehmer wurden in die Studie eingeschlossen, davon waren 50 Männer (51,5%) und 44 Frauen (45,4%), diese waren im Alter von 21-85 Jahren (58,48+-15,97). Es waren 92 kaukasischer und 2 arabischer Ethnie zugehörig. Da Trauma und vorhergegangene Operationen ein Ausschlusskriterium darstellten, sind diese bei keinem Teilnehmer zu finden gewesen. Bei der Befragung über das subjektive Empfinden bei Einsetzen des Augenlidhakens gaben 80 Teilnehmer „Keine Beschwerden“, 9 Teilnehmer „Leichte Beschwerden wie Fremdkörpergefühl“ und 5 Teilnehmer „Mittelstarke Beschwerden mit Augenrötung, -brennen oder -tränen“ an. Kein Teilnehmer, welcher inkludiert wurde, gab starke Schmerzen an.

Tabelle 7: Demographische Daten der Studienpopulation der ULS

Kategorie	Anzahl
Alter (in Jahren)	
- Altersspanne	21- 85
- Mittel \pm SD	59.53 \pm 15.5
Geschlecht	
- Männlich	50 (53.2%)
- Weiblich	44 (46.8%)
- Gesamt	94
Ethnie	
- Kaukasisch	92 (97.9%)
- Arabisch	2 (2.1%)
Beschwerden bei der Anwendung des Lidhakens	
- Keine Beschwerden	80
- Leichte Beschwerden wie Fremkorpergefuhl	9
- Mittelstarke Beschwerden mit Augenrötung, -brennen oder -tränen	5
- Starke Beschwerden	0
Mittel: Mittelwert; SD: Standardabweichung	

4.2.2. Mittelwerte, Standardabweichung und ICC der ULS

Die linearen Abstände (IEn, PcU, IEx, PcX, HPF, MRD, IPc, ScE, VPF und ConjE) sowie die beiden Kanthuswinkel (LCA und MCA) wurden mit Mittelwert und Standardabweichung in Tabelle 8 aufgeführt.

In Tabelle 9 sind der Intraklassenkorrelationskoeffizient und die gemittelten Unterschiede der wiederholten Messungen aufgeführt. Dort sind auch gepaarte T-Test Ergebnisse und die der p-Wert aufgeführt. In NP hatten IEx und der MRD mit 0,97 den höchsten ICC Wert. ConjE hatte dagegen den niedrigsten Wert mit 0,10. Die anderen 9 Messungen (IEn, PcU, PcX, HPF, LCA, MCA, IPc, ScE, VPF) lagen zwischen 0,76 und 0,88. In abgelenkter Position hatten IEn, IPc und VPF den höchsten Wert von 0,99 während HPF den niedrigsten ICC von 0,52 hatte. Der MRD war mit 0,98 am zweithöchsten und die restlichen 6 Messungen (PcU, LCA, MCA, ScE und ConjE) lagen zwischen 0,79 und 0,90. Bei den wiederholten Messungen ließen sich in NP bei IEn, PcU, PcX, LCA, MRD, IPc, VPF und ConjE keine signifikanten Unterschiede ($p < 0,05$) finden. Bei IEx, HPF, MCA und ScE hingegen fielen signifikante Messunterschiede auf. In abgelenkter Position fielen bei IEn, PcU, LCA, MRD, IPc, VPF, PcX, HPF und ConjE

keine statistisch signifikanten Messunterschiede auf. Bei den restlichen Werten in abgelenkter Position (IEx, LCA, MCA und ScE) gab es jedoch signifikante Unterschiede.

Die in Tabelle 10 aufgeführten Ergebnisse zeigen die gemittelten Unterschiede aller Messungen von NP zur abgelenkten Position mittels des Unterlidhakens. Unter Gesamt zu finden in diesem Fall. Diese Werte waren: Konjunktiva-Exposition (ConjE*): $3,24 \pm 2,61$ mm, Augeninnenwinkelabstand (IEn*): $0,12 \pm 0,98$ mm, vertikale Höhe zwischen Pupillenzentrum und Punctum lacrimale inferior (PcU*): $3,95 \pm 1,51$ mm, vertikale Höhe zwischen lateralem Kanthus und Pupillenzentrum (PcX*): $1,05 \pm 1,14$ mm, Abstand zwischen Unterlid und Pupillenzentrum (MRD*): $5,50 \pm 1,53$ mm, Abstand zwischen den Pupillen (IPc*): $0,02 \pm 0,27$ mm, Sklera-Exposition (ScE*): $4,61 \pm 1,38$ mm und die vertikaler Lidspalt (VPF*): $4,92 \pm 1,77$ mm. Der Abstand zwischen den lateralen Kanthi (IEx*) nahm um $1,02 \pm 1,15$ mm und die horizontale Lidspalte (HPF*) um $1,58 \pm 3,11$ mm ab. Der laterale Kanthuswinkel (LCA *) und der mediale Kanthuswinkel (MCA *) stiegen jeweils zwischen NP und AP um $26,67 \pm 13,83$ Grad bzw. $18,31 \pm 9,87$ Grad an.

Tabelle 8: Mittelwerte (Mittel) und Standardabweichung (SD) bei allen Messungen in neutraler und abgelenkter Position.

Winkel in Grad	Neutrale Position				Abgelenkte Position			
	Messung 1(N=96)		Messung 2(N=96)		Messung 1(N=86)		Messung 2(N=85)	
	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD
IEn	32.53	2.87	32.97	4.04	32.61	2.79	32.71	2.74
PcU	3.89	0.82	3.76	0.84	7.85	1.68	7.75	1.79
IEx	89.86	4.36	89.26	4.46	89.00	4.36	88.46	4.19
PcX	2.41	1.01	2.32	1.07	3.47	1.38	3.54	1.68
HPF	29.27	1.94	28.88	2.12	27.79	3.31	27.61	1.80
LCA	53.67	9.09	52.50	8.27	80.04	14.88	82.36	14.57
MCA	45.21	9.53	40.98	6.35	63.78	10.16	61.26	9.01
MRD	6.18	0.88	6.18	0.88	11.73	1.83	11.69	1.87
IPc	63.81	3.29	63.81	3.29	63.90	3.41	63.85	3.42
ScE	0.30	0.55	0.30	0.55	4.92	1.59	5.26	1.41
VPF	10.39	1.45	10.39	1.45	15.37	1.97	15.27	2.03
ConjE	0.00	0.00	0.02	0.17	3.24	2.61	3.31	2.92

N: Fallzahl; SD: Standardabweichung; IEn, Lidinnenwinkelabstand; PcU, Punctum-Pupillen Abstand; IEx, Lidaußenwinkelabstand; PcX, vertikaler Abstand zwischen Pupille und lateralem Lidwinkel; HPF, Horizontaler Lidspalt; MRD, Unterlid zu Pupillenmitte; IPc, Pupillenabstand der Augen; ScE, Exponierte Sklera; VPF, Vertikaler Lidspalt; ConjE, exponierte Konjunktiva; LCA, Lateraler Lidwinkel; MCA, Medialer Lidwinkel.

Tabelle 9: Mittlere Unterschiede und gepaarte t-Tests zwischen den wiederholten Messungen aller Distanzen und Winkel

Kategorie	Abstände und Winkel	ICC (CI 95%)	Mittel	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
Neutrale Position (N=94)	IEn	0.76(0.63-0.84)	-0.43	3.11	-1.35	0.18
	PcU	0.85(0.73-0.97)	0.14	0.70	2.01	0.05
	IEx	0.97(0.93-0.99)	0.71	1.29	5.38	0.00
	PcX	0.78(0.69-0.87)	0.10	0.62	1.62	0.11
	HPF	0.86(0.78-0.91)	0.45	1.33	3.33	0.00
	LCA	0.79(0.68-0.86)	1.35	7.06	1.86	0.07
	MCA	0.55(0.28-0.71)	4.20	8.67	4.72	0.00
	MRD	0.97(0.95-0.98)	-0.03	0.32	-1.02	0.31
	IPc	0.84(0.75-0.89)	0.32	3.01	1.03	0.31
	ScE	0.88(0.80-0.93)	-0.14	0.39	-3.58	0.00
	VPF	0.86(0.79-0.91)	-0.05	1.12	-0.44	0.66
ConjE	0.00(-0.53-0.33)	-0.02	0.17	-1.00	0.32	
Abgelenkte Position (N=83)	IEn	0.99(0.98-0.99)	-0.03	0.63	-0.48	0.63
	PcU	0.85(0.80-0.90)	0.14	1.15	1.13	0.26
	IEx	0.98(0.96-0.99)	0.54	0.99	4.97	0.00
	PcX	0.79(0.69-0.86)	-0.05	1.26	-0.33	0.74
	HPF	0.52(0.26-0.69)	0.14	3.04	0.44	0.66
	LCA	0.87(0.79-0.91)	-2.53	10.00	-2.32	0.02

MCA	0.80(0.67-0.87)	2.65	7.68	3.17	0.00
MRD	0.98(0.98-0.99)	0.05	0.48	0.90	0.37
IPc	0.99(0.99-1.0)	0.04	0.23	1.45	0.15
ScE	0.86(0.78-0.91)	-0.31	1.01	-2.80	0.01
VPF	0.99(0.99-0.99)	0.04	0.38	0.93	0.36
ConjE	0.90(0.85-0.93)	-0.14	1.64	-0.77	0.45

ICC, Intraklassenkoeffizient; CI, Konfidenzintervall; N, Fallzahl; SD: Standardabweichung; IEn, Lidinnenwinkelabstand; PcU, Punctum-Pupillen Abstand; IEx, Lidaußenwinkelabstand; PcX, vertikaler Abstand zwischen Pupille und lateralem Lidwinkel; HPF, Horizontaler Lidspalt; MRD, Unterlid zu Pupillenmitte; IPc, Pupillenabstand der Augen; ScE, Exponierte Sklera; VPF, Vertikaler Lidspalt; ConjE, exponierte Konjunktiva; LCA, Lateraler Lidwinkel; MCA, Medialer Lidwinkel.

Tabelle 10: Mittlere Differenzen zwischen neutraler und abgelenkter Position in verschiedenen Altersgruppen und geschlechterverteilt

Altersgruppe (Jahr)	Geschlecht	ConjE*		IEn*		PcU*		IEx*		PcX*		HPF*		LCA*		MCA*		MRD*		IPc*		ScE*		VPF*	
		Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD	Mittel	SD
21-30	M	1.59	1.94	-0.11	0.39	2.76	1.61	-2.65	0.55	0.63	0.88	-1.98	0.61	33.56	20.15	16.59	7.34	4.32	0.33	-0.03	0.26	4.47	0.37	3.75	0.69
	F	0.00	0.00	-0.14	0.64	2.37	1.22	-0.68	0.63	1.31	0.73	-0.34	1.04	32.71	21.78	12.37	6.75	4.22	1.52	-0.02	0.26	4.35	1.49	3.27	1.64
	G	0.91	1.61	-0.12	0.46	2.59	1.36	-1.80	1.18	0.92	0.83	-1.28	1.14	33.20	19.01	14.78	6.87	4.28	0.91	-0.02	0.24	4.42	0.90	3.54	1.09
31-40	M	1.11	1.92	0.84	1.13	2.79	0.77	-1.28	1.44	2.46	0.37	-2.00	0.87	28.27	16.66	11.02	10.73	4.89	1.21	0.12	0.15	3.99	1.54	3.71	2.58
	F	2.28	3.22	-0.13	0.18	1.98	0.35	-0.35	0.70	-0.67	0.22	-0.04	0.18	27.98	32.30	15.95	3.00	3.77	1.61	0.56	0.55	3.10	0.62	4.84	2.47
	G	1.58	2.20	0.45	0.96	2.46	0.73	-0.90	1.19	1.21	1.74	-1.22	1.25	28.15	19.99	12.99	8.19	4.44	1.32	0.30	0.38	3.63	1.23	4.16	2.29
40-50	M	2.89	2.90	0.22	0.49	3.55	1.49	-1.07	0.68	0.53	0.57	-1.14	0.72	24.89	11.28	15.14	7.88	5.01	1.62	0.08	0.26	4.25	1.36	4.03	2.47
	F	4.79	0.11	0.28	0.35	4.45	1.36	0.57	1.62	1.66	0.13	-0.71	1.75	24.54	13.27	23.03	1.03	6.06	1.56	-0.04	0.08	5.66	1.12	6.23	0.57
	G	3.43	2.54	0.24	0.42	3.81	1.41	-0.60	1.18	0.85	0.72	-1.01	0.95	24.79	10.69	17.40	7.51	5.31	1.56	0.04	0.22	4.65	1.38	4.66	2.29
50-55	M	4.26	2.49	0.36	0.51	4.73	1.99	-0.29	0.63	0.80	1.11	-1.10	1.10	29.24	15.65	22.97	8.24	6.45	1.34	0.07	0.19	4.45	0.96	5.91	1.49
	F	2.45	2.58	0.27	0.52	3.58	1.01	-0.99	0.74	0.82	1.11	-4.13	8.33	24.51	7.77	17.67	9.29	5.10	1.37	-0.02	0.33	4.53	1.57	4.72	1.56
	G	3.19	2.63	0.31	0.50	4.06	1.55	-0.70	0.76	0.81	1.08	-2.89	6.47	26.46	11.47	19.85	9.01	5.66	1.48	0.02	0.28	4.50	1.32	5.21	1.60
56-60	M	3.26	3.57	0.45	0.55	4.89	2.30	-1.28	1.49	1.35	1.00	-2.00	1.08	36.47	17.22	21.72	5.16	6.76	1.98	0.15	0.22	5.82	1.31	5.95	2.07
	F	2.82	2.85	0.49	1.19	3.25	1.61	-0.69	0.65	0.74	1.36	-1.23	0.79	17.91	5.73	11.86	17.27	4.95	1.63	0.05	0.34	4.25	1.05	4.54	1.25
	G	3.04	3.09	0.47	0.89	4.07	2.08	-0.99	1.14	1.04	1.18	-1.62	0.99	27.19	15.61	16.79	13.20	5.85	1.97	0.10	0.28	5.03	1.40	5.25	1.79
60-65	M	4.98	1.80	0.11	1.83	4.97	1.43	-0.96	1.05	1.64	1.56	-1.16	2.04	33.55	7.92	19.37	5.63	6.77	1.38	-0.01	0.33	5.19	1.29	5.72	1.61
	F	3.24	2.19	0.12	0.77	4.52	1.07	-0.82	1.06	1.07	0.89	-1.31	0.99	19.35	9.36	22.33	9.88	5.54	0.87	-0.04	0.26	4.39	1.36	5.31	1.44

	G	3.86	2.17	0.11	1.18	4.68	1.17	-0.87	1.02	1.27	1.15	-1.26	1.37	24.42	11.09	21.27	8.49	5.98	1.20	-0.03	0.27	4.68	1.34	5.46	1.45
66-70	M	4.54	2.12	-1.14	1.89	4.21	0.68	-0.20	0.57	1.30	0.51	-0.65	1.83	31.42	21.00	20.79	4.38	6.25	1.02	-0.13	0.36	6.24	1.85	6.12	1.48
	F	2.10	1.54	-0.38	1.66	3.54	0.22	-0.88	1.50	0.39	1.60	-0.80	1.93	18.24	6.58	13.60	21.26	4.20	1.14	0.01	0.20	3.82	0.77	4.36	0.59
	G	3.46	2.19	-0.80	1.73	3.91	0.61	-0.50	1.06	0.89	1.15	-0.71	1.75	25.56	16.88	17.59	13.91	5.34	1.47	-0.07	0.29	5.16	1.89	5.34	1.44
70-75	M	5.37	2.74	-0.07	0.99	4.68	1.78	-2.14	1.28	1.62	1.03	-1.69	1.28	28.65	14.35	18.53	8.80	5.81	1.96	-0.14	0.20	4.48	1.64	4.70	2.33
	F	3.23	4.57	0.36	0.66	4.22	0.91	0.20	0.29	0.49	0.36	-0.60	0.64	17.88	2.64	17.99	1.73	4.52	1.06	0.23	0.15	3.92	1.94	3.95	1.49
	G	4.94	3.00	0.01	0.92	4.59	1.61	-1.67	1.50	1.39	1.03	-1.47	1.24	26.50	13.47	18.42	7.79	5.55	1.85	-0.07	0.24	4.37	1.60	4.55	2.14
76-85	M	3.00	2.76	0.13	0.41	3.50	0.05	-1.81	1.22	0.80	2.54	-0.89	1.68	32.65	15.48	15.51	7.24	6.45	0.71	0.10	0.25	4.27	0.76	5.18	2.49
	F	2.44	.	1.02	.	3.58	.	-2.91	.	2.09	.	-2.12	.	9.21	.	40.41	.	5.02	.	-0.18	.	4.78	.	3.02	.
	G	2.86	2.27	0.35	0.56	3.52	0.06	-2.09	1.14	1.13	2.17	-1.20	1.50	26.79	17.24	21.74	13.78	6.10	0.92	0.03	0.25	4.40	0.67	4.64	2.30
Gesamt	M	3.76	2.72	0.07	1.08	4.21	1.68	-1.26	1.23	1.22	1.15	-1.40	1.29	30.85	14.67	18.74	7.49	5.95	1.58	0.01	0.25	4.85	1.42	5.12	2.00
	F	2.61	2.37	0.18	0.85	3.64	1.23	-0.74	1.00	0.84	1.09	-1.78	4.39	21.74	11.03	17.81	12.18	4.97	1.29	0.03	0.30	4.33	1.29	4.68	1.45
	G	3.24	2.61	0.12	0.98	3.95	1.51	-1.02	1.15	1.05	1.14	-1.58	3.11	26.67	13.83	18.31	9.87	5.50	1.53	0.02	0.27	4.61	1.38	4.92	1.77

Mittel: Mittelwert; SD: Standardabweichung; M: männlich; F: weiblich; G: Gesamt; *: Differenz der Strecken zwischen neutraler und abgelenkter Position; IEn, Lidinnenwinkelabstand; PcU, Punctum-Pupillen Abstand; IEx, Lidaußenwinkelabstand; PcX, vertikaler Abstand zwischen Pupille und lateralem Lidwinkel; HPF, Horizontaler Lidspalt; MRD, Unterlid zu Pupillenmitte; IPc, Pupillenabstand der Augen; ScE, Exponierte Sklera; VPF, Vertikaler Lidspalt; ConjE, exponierte Konjunktiva; LCA, Lateraler Lidwinkel; MCA, Medialer Lidwinkel.

4.2.3. Alters und Geschlechterunterschiede für die ULS

Es wurden multivariante lineare Regressionsmodelle verwendet, um die Verschiebung zwischen NP und AP zwischen den Geschlechtern und den neun Altersgruppen zu analysieren (21 bis 30 Jahre, 31 bis 40 Jahre, 41 bis 50 Jahre, 51 bis 55 Jahre, 56 bis 60 Jahre, 61 bis 65 Jahre, 66 bis 70 Jahre, 71 bis 75 Jahre und 76 bis 85 Jahre). Die Ergebnisse werden in Tabelle 10 und Abbildung 10 gezeigt. Mit Ausnahme der vertikalen Verschiebung zwischen Pupillenzentrum und Punctum lacrimale (PcU*), die einen signifikanten Unterschied ($p = 0,02$) in verschiedenen Altersgruppen zeigten, hatten alle anderen Messungen keinen signifikanten Unterschied zwischen den neun Altersgruppen ($p > 0,05$). Für die vertikale Verschiebung zwischen Pc und Pu (PcU*) hatten die 21 bis 30- und die 31 bis 40-jährigen eine geringere Änderungsgröße als die Altersgruppen der 51 bis 55-, 56 bis 60-, 61 bis 65- und 71-75-jährigen (jeweils $p < 0,05$). Die Verschiebungswerte von PcU*, LCA*, MRD*, ScE* und ConjE* hatten einen statistisch signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) zwischen beiden Geschlechtern, wobei die Veränderung bei den Männern größer war als bei den Frauen. Die Werte der Veränderung von IEn*, IEx*, PcX*, HPF*, MCA*, IPc* und VPF* zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen (jeweils $p > 0,05$).

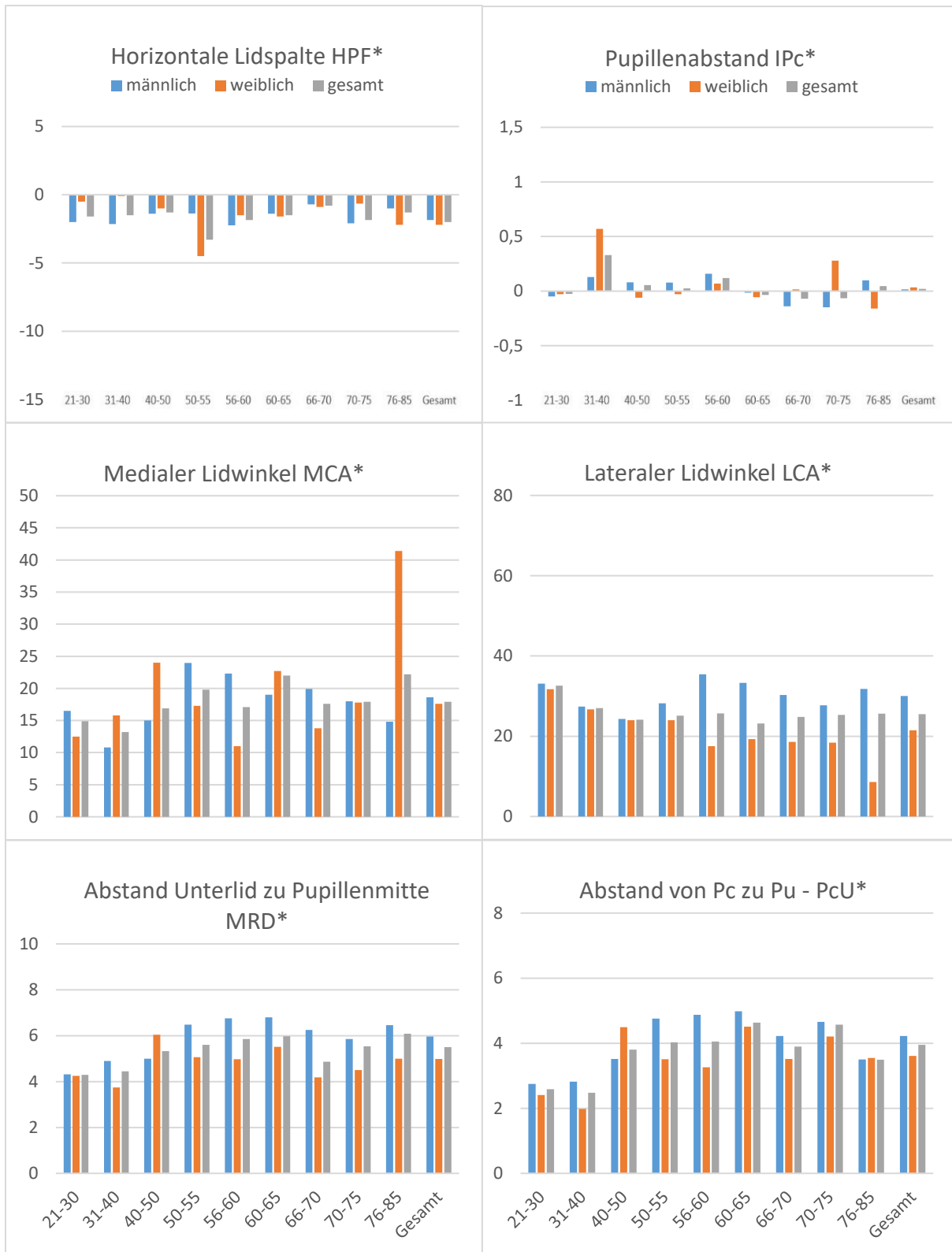


Abbildung 10a: Resultate der multivarianten Regressionsmodelle bezogen auf die Geschlechter und in 9 Altersgruppen aufgeteilt. In diesem Teil der Abbildungen sind die Änderungen der Messungen zwischen NP und AP/HT gezeigt für: HPF*, IPC*, MCA*, LCA*, MRD* und PcU*. Bis auf PcU* wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern gefunden ($p < 0,05$). Männer zeigten jedoch eine größere Differenz.

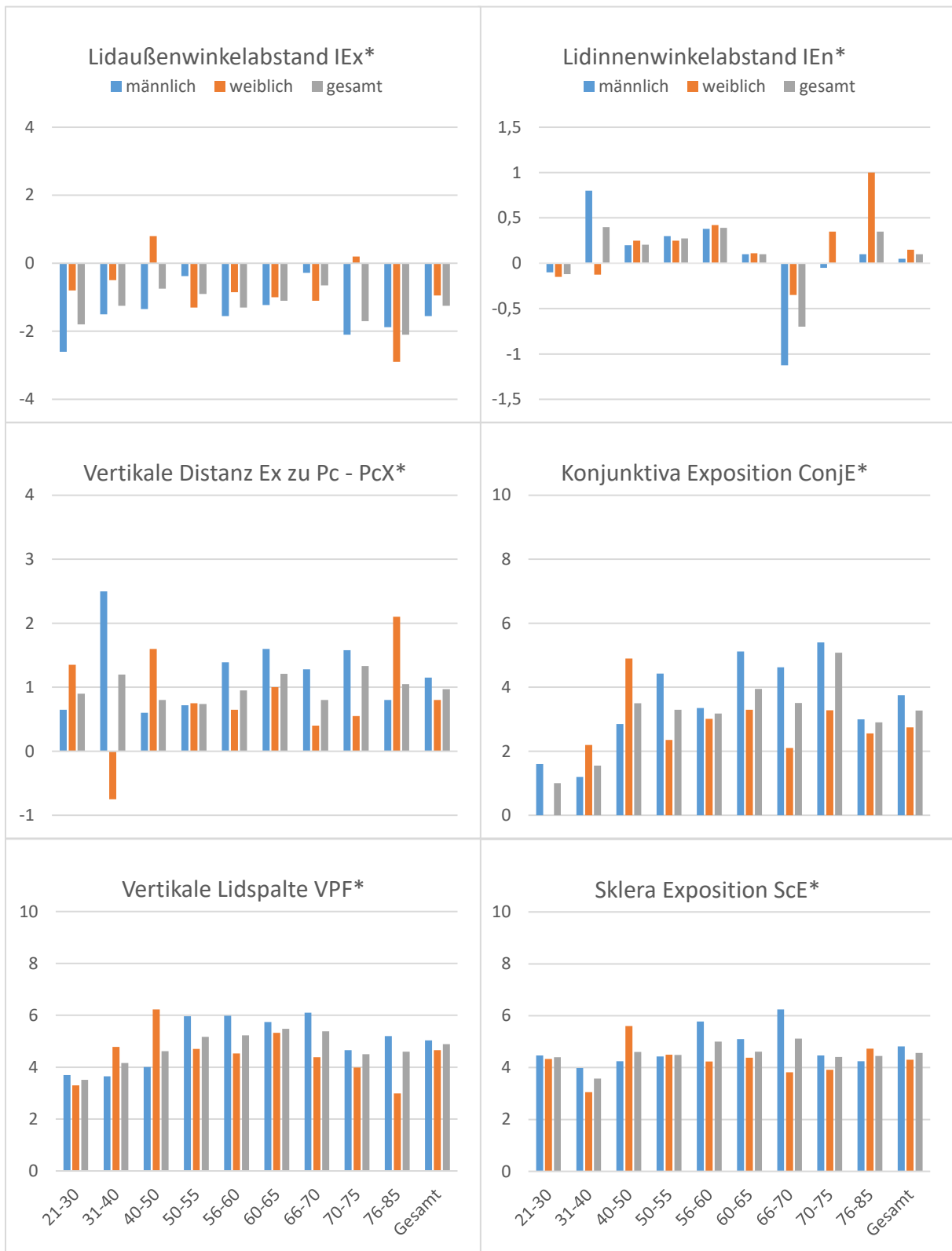


Abbildung 10b 1: Resultate der multivariaten Regressionsmodelle bezogen auf die Geschlechter und in 9 Altersgruppen aufgeteilt. In diesem Teil der Abbildungen sind die Änderungen der Messungen zwischen NP und AP/HT gezeigt für: IEx*, IEn*, PcX*, ConjE*, VPF* und ScE*. Bei diesen Messwerten wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern gefunden ($p < 0,05$). Männer zeigten jedoch eine größere Differenz.

4.3. Ergebnisse für den Methodenvergleich

4.3.1. Demographische Daten des Methodenvergleichs

Für den Vergleich der beiden Methoden zur Evaluation der unteren Augenlidspannung wurden 97 Freiwillige rekrutiert (52 Männer, 53,6 %; 45 Frauen, 46,4 %) im Alter von 21 bis 85 Jahren ($59,06 \pm 16,06$ Jahre). Sechszundneunzig (99,9%) der Teilnehmer waren Kaukasier. Bei der Befragung über Schmerzen oder Beschwerden bei der Untersuchung mit dem Unterlidhaken gaben Fünfundsechzig (67,0%) keine Beschwerden an. Vierundzwanzig (24,7%) berichteten über leichte Beschwerden, fünf (5,2%) mäßige und zwei (2,1%) über starke Beschwerden (Tabelle 11).

Tabelle 11: Demographische Daten der Studienpopulation

Kategorie	Anzahl
- Alter (in Jahren)	
Altersspanne	21-85
Mittel \pm SD	59.06 \pm 16.06
- Geschlecht	
Männlich	52 (53.6%)
Weiblich	45 (46.4%)
- Ethnie	
Kaukasisch	96 (99.0%)
Andere	1 (1.0%)
Beschwerden	
Keine	65 (67.0)
Leichte (wie FKG)	24 (24.7)
Mittelstark (mit Augenrötung, -brennen oder -tränen)	5 (5.2)
Starke Beschwerden	2 (2.1)

Mittel: Mittelwert; SD: Standardabweichung

4.3.2. Mittelwerte, Standardabweichung und ICCs des Methodenvergleichs

In Tabelle 12 findet man die Mittelwerte und Unterschiede aller Messungen von normal Position (NP), Haken-Test (HT) und Zug Test (ZT). Mit Ausnahme von HPF ($P=0,21$) wurden überall signifikante Unterschiede festgestellt. In Tabelle 13 werden Intra-Rater, Inter-Rater und Inter-Methoden ICCs sowie die mittleren Unterschiede zwischen allen Messungen aufgeführt. Abbildung 11 zeigt die Intra-Rater-, Inter-Rater- und Intra-Methoden-Zuverlässigkeit aller Messungen, die aus den NP-, HT- und ZT-Aufnahmen gewonnen wurden.

(1) Intra Rater Reliabilität des Methodenvergleichs

Für den 1. Beobachter waren die ICCs mehr als 0,80 für 7 von 8 Messungen in NP und HT, während die in den ZT-Bildern durchgeführten Messungen weniger als 0,30 betragen. Beim 2. Beobachter lagen die ICCs in allen Messungen aller Positionen (NP, HT und ZT) bei über 0,80. Obwohl signifikante Unterschiede zwischen den Messungen mit hohen ICC-Werten bei beiden Beobachtern festgestellt wurden, waren die mittleren Unterschiede kleiner als 1mm und die Winkel kleiner als 4° und damit klinisch nicht relevant.

In NP waren MAD und TM für alle Distanzen für beide Beobachter kleiner oder gleich 1mm und beide Winkel (MCA, LCA) kleiner als 6° . Der RF für ScE betrug 54% für Beobachter 1 und 21% für Beobachter 2, während die REM für alle anderen linearen Entfernungen bei den Beobachtern kleiner als 10% lagen.

In den HT-Bildern war der MAD aller linearen Distanzen beider Beobachter unter 1mm. Der TM aller linearen Abstände beider Beobachter außer HPF, ConjE von Beobachter 1 war bei unter 1mm. Der RF bei 3 Abständen (IPc, MRD und VPF) lag bei beiden Beobachtern bei kleiner als 3%.

Bei dem HT lagen MAD und TM bei Beobachter 1 in allen Abständen unter 1mm und in beiden Winkeln über 10° . Bei Beobachter 2 waren MAD und TM in allen linearen Abständen unter 1mm und in beiden Winkeln unter 5° .

(2) Inter Rater Reliabilität des Methodenvergleichs

Sechs von acht NP und HT Messungen hatten einen ICC von über 0,80, während bei den ZT Messungen der ICC unter 0,30 liegen.

Bei NP lagen mit Ausnahme von HPF (MAD bei 1,15mm) die MAD und TM der anderen Messwerte unter 1mm. Die MAD und TM beider Winkel lagen unter 6° . Bei fünf der acht Messungen lag der RF bei kleiner/gleich 5%. Bei ScE (21%), MCA (13%) und LCA (14%) war der RF höher.

Beim HT waren bezogen auf MAD und TM fünf der sechs linearen Abstände unter 1mm. Bei HPF betragen MAD und TM größer 1mm (1,16 und 2,89mm). Bei MCA betragen MAD und TM kleiner als 5° und bei LCA betragen sie ca. 9° . Die relativen Fehler von IPc, MRD und VPF

betragen weniger als 3% und bei HPF, ScE und ConjE lagen sie über 10%. Die RFs der Winkel lagen bei 9% für MCA und 10% bei LCA.

Bezogen auf die Bilder des HT lagen alle linearen Abstände über 1mm bei Betrachtung von MAD und TM. Die Winkel lagen bei diesen Beobachtungen zwischen 12,47 und 15,97 Grad. Alle Messungen bei RF lagen über 10% bis auf IPc, welches unter 10% lag.

(3) Intra-Methoden Reliabilität des Methodenvergleichs

Die ICC Werte aller NP Messungen lagen bei über 0,87, während die ICCs von sechs HT und von vier ZT Messungen mehr als 0,80 betragen.

Bei NP lagen alle Abstände bezogen auf MAD und TM unter 1mm und beide Winkel lagen unter 6 Grad. Beim relativen Fehler lagen alle Messungen unter 7%.

Beim Haken Test (HT) lagen die MAD und TM Werte aller linearen Abstände unter oder gleich 1mm, außer bei ConjE (1,26 und 1,05mm). Die RF von IPc, MRD, HPF und VPF waren kleiner als 5%. ScE und ConjE lagen höher mit (21% und 42%). Die Winkel MCA und LCA hatten einen RF von 12 bzw 15%.

Beim Zug Test (ZT) hatten die MAD und TM von IPc, HPF und ScE einen Wert von unter 1mm. Bei MRD, VPF und ConjE lag der MAD und TM Wert über 1mm. Die Winkel hatten Werte zwischen 8,42 und 11,96 Grad. Bezogen auf die relativen Fehler lagen die Hälfte der ZT Werte (MRD, VPF, HPF, IPc) unter 9% und die andere Hälfte (ScE, ConjE, MCA und LCA) bei über 10%.

Tabelle 12: Mittelwerte und die Differenzen aller Messungen in NP, ZT und HT

Messungen	Wert (in mm/Grad)			P	Unterschiede		
	NP	HT	ZT		NP vs HT	NP vs ZT	HT vs ZT
IPc	63.84	63.87	63.71	0.003	0.33	0.006	0.001
MRD	6.23	11.74	13.71	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
VPF	10.52	12.76	16.82	0.002	0.11	0.001	0.01
HPF	32.30	27.58	26.79	0.21	0.16	0.11	0.80
ScE	0.35	5.18	4.90	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ConjE	-	3.12	5.23	<0.001	-	-	<0.001
MCA	55.67	64.67	73.56	0.003	0.11	0.001	0.01*
LCA	59.53	85.01	94.48	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

NP: Normal Position, HT: Hakentest, ZT: Zugtest, IPc, Pupillenabstand der Augen; MRD, Unterlid zu Pupillenmitte; VPF, Vertikaler Lidspalt; HPF, Horizontaler Lidspalt; ScE, Exponierte Sklera; ConjE, exponierte Konjunktiva; MCA, Medialer Lidwinkel; LCA, Lateraler Lidwinkel.

Tabelle 13: Intraklassenkorrrelationskoeffizient und mittlere Unterschiede bezogen auf Intra-Rater, Inter-Rater und Intra-Methoden Reliabilität über alle Messwerte aller Bilder (NP, ZT, HT)

Landmark en	Intra-rater						Inter-rater			Intra-Methoden		
	Untersucher 1			Untersucher 2			ICC (95%CI)	D- mean	P	ICC (95%CI)	D- mean	P
	ICC (95%CI)	D- mean	P	ICC (95%CI)	D- mean	P						
NP												
IPc	0.99 (0.99-1.00)	0.32	0.31	0.99 (0.99-1.00)	-0.01	0.47	0.99 (0.99-1.00)	-0.04	0.01	0.99 (0.99-1.00)	-0.01	0.47
MRD	0.86 (0.79-0.91)	0.03	0.31	0.92 (0.79-0.96)	0.12	0.00	0.94 (0.91-0.96)	0.01	0.83	0.92 (0.79-0.96)	0.02	0.50
VPF	0.97 (0.95-0.98)	-0.05	0.66	0.98 (0.94-0.99)	0.44	0.00	0.98 (0.97-0.99)	-0.01	0.97	0.98 (0.94-0.99)	0.20	0.03
HPF	0.86 (0.78-0.91)	0.45	0.001	0.97 (0.95-0.98)	0.09	0.20	0.84 (0.62-0.91)	-0.80	0.00	0.97 (0.95-0.98)	0.06	0.34
ScE	0.88 (0.80-0.93)	-0.14	0.001	0.98 (0.98-0.99)	0.01	0.74	0.98 (0.96-0.98)	0.02	0.22	0.98 (0.98-0.99)	0.02	0.70
MCA	0.55 (0.28-0.71)	4.2	0.000	0.92 (0.83-0.96)	-2.04	0.000	0.75 (0.63-0.84)	-1.53	0.05	0.92 (0.83-0.96)	-1.04	0.02
LCA	0.79 (0.68-0.86)	1.35	0.07	0.87 (0.80-0.92)	2.4	0.001	0.70 (0.53-0.80)	2.50	0.008	0.87 (0.80-0.92)	2.21	0.01
Hakentest												
IPc	1.00 (0.99-1.00)	0.04	0.15	1.00 (0.99-1.00)	0.02	0.28	1.00 (0.99-1.00)	0.04	0.03	0.95 (0.88-0.98)	-0.14	<0.01
MRD	0.98 (0.97-0.99)	0.05	0.37	0.99 (0.98-0.99)	0.07	0.10	0.99 (0.98-0.99)	0.03	0.53	0.97 (0.93-0.99)	-0.03	0.83
VPF	0.99 (0.99-0.99)	0.04	0.36	0.98 (0.97-0.99)	0.20	0.00	0.99 (0.98-0.99)	0.02	0.66	0.999 (0.99-1.00)	0.02	0.93
HPF	0.52 (0.26-0.69)	0.14	0.66	0.98 (0.97-0.99)	0.07	0.21	0.50 (0.23-0.67)	-0.35	0.29	0.90 (0.76-0.96)	0.02	0.92
ScE	0.86 (0.78-0.91)	-0.31	0.01	0.95 (0.92-0.97)	-0.09	0.20	0.93 (0.84-0.96)	0.39	0.00	0.79 (0.51-0.91)	0.53	0.06
ConjE	0.90 (0.85-0.94)	-0.14	0.45	0.97 (0.95-0.98)	0.15	0.13	0.97 (0.95-0.98)	-0.12	0.24	0.90 (0.78-0.96)	0.30	0.39
MCA	0.80 (0.67-0.87)	2.65	0.002	0.97 (0.95-0.98)	0.37	0.38	0.85 (0.76-0.90)	1.77	0.03	0.80 (0.14-0.94)	7.51	<0.01
LCA	0.87 (0.79-0.91)	-2.53	0.02	0.85 (0.77-0.90)	1.91	0.11	0.78 (0.50-0.88)	6.95	0.00	0.51 (0.20-0.81)	-8.53	0.01
Zugtest												

IPc	0.10 (-0.46-0.44)	-0.37	0.59	1.00 (1.00-1.00)	-0.02	0.06	0.09 (-0.479-0.434)	-0.36	0.60	0.99 (0.99-1.00)	-0.01	0.78
MRD	-0.13 (-0.83-0.31)	0.01	0.97	0.99 (0.99-0.99)	0.02	0.26	-0.07 (-0.73-0.34)	0.10	0.79	0.81 (0.46-0.93)	0.82	0.01
VPF	0.13 (-0.39-0.46)	-0.61	0.14	0.97 (0.95-0.98)	-0.02	0.83	-0.02 (-0.61-0.35)	0.87	0.05	0.69 (0.25-0.87)	0.93	0.04
HPF	-0.19 (-0.86-0.24)	-1.11	0.03	0.79 (0.68-0.86)	-0.08	0.69	-0.34 (-1.14-0.17)	0.68	0.18	0.92 (0.76-0.97)	-0.46	0.02
ScE	-0.28 (-1.06-0.21)	0.21	0.41	0.98 (0.96-0.98)	-0.08	0.05	-0.19 (-0.93-0.27)	<-0.01	0.99	0.93 (0.83-0.97)	0.12	0.43
ConjE	0.09 (-0.46-0.44)	0.24	0.49	0.96 (0.93-0.97)	0.11	0.24	0.30 (-0.14-0.57)	-0.07	0.82	0.58 (0.04-0.83)	0.99	0.05
MCA	0.13 (-0.38-0.46)	-3.55	0.10	0.98 (0.97-0.99)	-1.09	0.01	-0.01 (-0.46-0.33)	9.11	<0.01	0.61 (-0.08-0.85)	10.75	<0.01
LCA	0.26 (-0.18-0.54)	2.74	0.22	0.91 (0.86-0.94)	0.71	0.37	-0.02 (-0.47-0.32)	8.3	<0.01	0.42 (-0.49-0.77)	-0.19	0.95

ICC: Intraklassenkoeffizient; D-mean: Mittlere Unterschiede; NP: Neutrale Position; ZT: Zugtest; HT: Hakentest; IPc, Pupillenabstand der Augen; MRD, Unterlid zu Pupillenmitte; VPF, Vertikaler Lidspalt; HPF, Horizontaler Lidspalt; ScE, Exponierte Sklera; ConjE, exponierte Konjunktiva; MCA, Medialer Lidwinkel; LCA, Lateraler Lidwinkel.

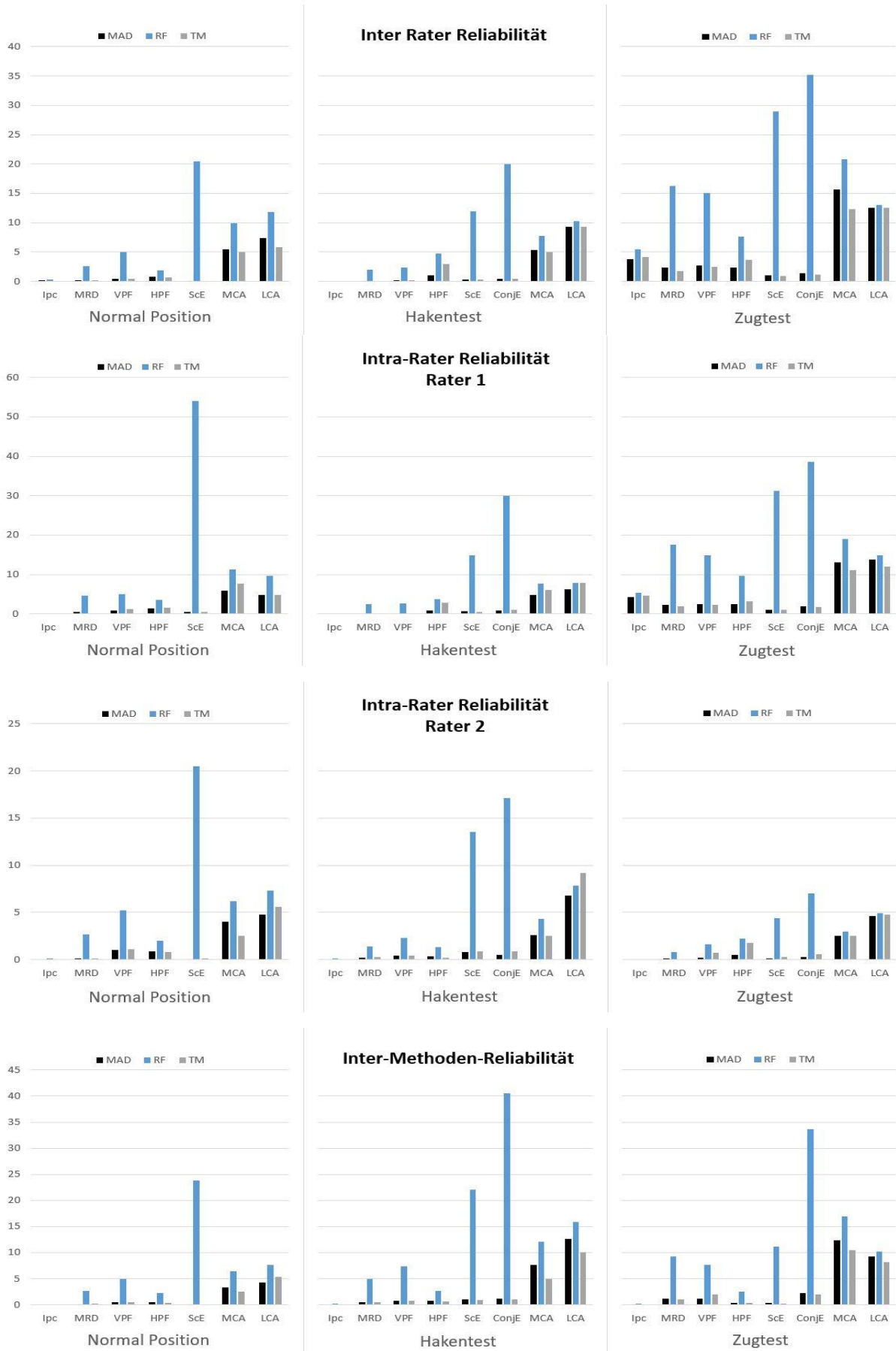


Abb. 11: Inter-Rater, Intra-Rater und Inter-Methoden Reliabilität mit mittlerer absoluter Differenz (MAD), relativer Fehler (RF) und technischer Messfehler (TM) im Hinblick auf die Normal Position, Hakentest und Zugtest Aufnahmen jedes Probanden.

5. Diskussion

Für die Evaluation der medialen Lidbandspannung durch den lateralen Zug am Unterlid und die Bewertung der Spannung lässt sich aus den Ergebnissen Folgendes ableiten.

Die Messungen, die in Tabellen 5 und 6 zu sehen sind, geben ein bekanntes Bild ab. In Normal Position (NP) sind die Messungen jeweils sehr genau mit geringen Schwankungen und sehr zuverlässigen Werten. Diese gute Messbarkeit von anthropometrischen Werten in ruhender Position wurde bereits in anderen Studien bewiesen^{18,39,52}. In abgelenkter Position zeigte sich ein, in diesem Kontext abweichendes Bild. Während die Messungen von Pupillenmitte zu unterem Tränenpunctum (UTP) mit wenigen Ausreißern zuverlässige Daten liefern konnten, sind die Werte von Limbus zu UTP mit Ausnahme vom relativen Fehler (RF) bei Inter-Methoden Reliabilität, in Bezug auf das Bewertungssystem von Andrade et al., als „schlecht“ zu betiteln. Während mit digitalen Bildverarbeitungstechniken bereits mehrere Augenlidpathologien untersucht wurden⁸⁰, wurde bisher nur die horizontale Spannung des Unterlids mittels 3D Photogrammetrie in Hinblick auf Intra-, Inter-Rater-Reliabilität untersucht⁶⁴. Die mediale Lidbandspannung wurde bisher mit digitalen Medien noch nie untersucht. In der früheren Praxis wurde diese auch nur qualitativ eingeteilt⁸¹ und dort wurde sich ausschließlich auf den Abstand des UTPs zum nasalen Limbus konzentriert^{58,70,71,82}. Diese Einteilung war ohne digitale Methoden naheliegend, da der Limbus mit dem bloßen Auge in Bezug auf das UTP deutlich einfacher einzuschätzen ist und eine qualitative Aussage in Hinblick auf den Abstand von UTP zu Limbus getroffen werden konnte. Hat man jedoch in einem digitalen System die Wahl zwischen Pupillenzentrum oder Limbus als Ausgangspunkt der Abstandsmessung, so zeigt sich in unseren Messungen, dass die Werte vor allem in Bezug auf relativen Messfehler, sowie relativen technischen Messfehler deutlich auseinander gehen und wie bereits vorher erwähnt, die Limbus bezogenen Daten in abgelenkter Position in den meisten Fällen als „schlecht“ einzustufen sind (nach Andrade et al.)⁷⁹. Die von der Pupillenmitte ausgehenden Messungen hatten nur zwei Mal diese Einschätzung und betrug sonst „sehr gut“ bis „gut“. Trotzdem zeigen beide Ausgangspunkte (Pupillenmitte und nasaler Limbusrand) hohe ICC-Werte bei Intra-Rater, Inter-Rater und Inter-Methoden Messungen, trotz eines signifikanten Unterschied bei nPc-Pu bei Inter-Methoden und d*Pc-Pu bei Intra-Rater Vermessung. Diese lagen jedoch unter 1mm und waren damit klinisch nicht signifikant. Das digitale System ermöglichte damit zum ersten Mal eine quantitative Einschätzung der medialen Lidbandspannung. Der Ausgangspunkt dieser Messung sollte dann also von der Pupillenmitte aus stattfinden und nicht als Referenz den Limbus nutzen, wie in der direkten Methode ohne Bildaufnahme. Der Unterschied in der Qualität der Daten im Vergleich von NP zur abgelenkten Position kann darauf zurückzuführen sein, dass durch die Distraction des Unterlides Verzerrungen auftreten können und die Kopfposition des Patienten durch den Zug am Lid sich trotz Anweisung verändern kann. Trotzdem zeigt sich erneut, dass das VECTRA-

M3-System Zuverlässig die UTP Position bestimmen kann und mit diesem System in Bezug auf das UTP Analysen in der Zukunft weiter durchgeführt werden können.

Im nächsten Teil unserer Studie wollten wir der Fragestellung nachgehen, ob sich die Unterlidspannung durch das VECTRA M3 Gerät bestimmen und analysieren lässt. Ferner sind Distractionstests bisher kaum mit 3D Stereophotogrammetrie überprüft worden, sondern es wurden bisher hauptsächlich neutrale Gesichtsausdrücke und Hautoberflächen untersucht. Bei spiegelnden Oberflächen wurden bisher keine Messungen durchgeführt, dadurch musste auch geprüft werden, ob man bei Analysen von diesen Oberflächen eine verlässliche Messreihe erhalten würde. Die Kernfrage war, ob sich unser neu eingeführter Augenlidhaken mit standardisierten Gewicht, als verlässlich erweist und ob dann im späteren Teil der Studie ein Vergleich zur bisherigen Methode zur Bewertung der ULS möglich ist. Es hat bereits eine Studie zuvor gegeben⁶⁴ (Stuchi et al.) welche die ULS quantitativ bewertet hat. Doch es wurde nur ein Messwert verglichen, nämlich der Unterschied der Lage des Unterlids in NP und abgelenkter Position. Wir haben unsere Untersuchung basierend auf einem bewiesenen Messpunktesystems der Periokularregion^{51,83} durchgeführt und vierzehn Messpunkte mit daraus abgeleiteten zehn linearen Abständen und zwei Winkeln untersucht.

Beim ICC-Wert in diesem Teil der Studie beliefen sich die Werte wie folgt. Für 22 von 24 Messungen erreichte der Wert mehr als 0,76. Nur bei ConjE (0,10) in normal Position (NP) und HPF (0,52) in der abgelenkten Position (AP) war der ICC Wert niedriger. Das gibt uns in diesem Abschnitt eine Zuverlässigkeit im Bereich „gut“ bis „sehr gut“ für wiederholte Messungen in NP und AP. Der MRD^{84,85} zeigte hier eine hohe Zuverlässigkeit in NP (0,97) und auch in abgelenkter Position (0,98). Dies beweist, dass die Edelstahl Oberfläche des Hakens trotz vermeintlicher Spiegelung zuverlässig im System vermessen werden kann und nicht stört. Damit könnte man diesen auch in zukünftigen Studien ohne Probleme nutzen, wenn nicht sogar im klinischen Alltag. Der sehr niedrige ConjE ICC-Wert von nur 0,10 in NP lässt sich für uns dadurch erklären, dass in normaler Augenposition bei nur sehr wenigen Menschen die Konjunktiva zu sehen ist. Dies führt zu den von uns vermessenen niedrigen Werten von $0,00 \pm 0,00$ mm bzw. $0,02 \pm 0,17$ mm. In NP sollte dieser Wert nach diesen Ergebnissen nicht genutzt werden, da auch das VECTRA M3 System bei Werten $<0,2$ mm nicht mehr als zuverlässig gilt. Trotzdem ist der ConjE in AP beim ICC Wert mit 0,90 sehr gut und zeigt, dass Messpunkte auf der Sklera auch mit großer Zuverlässigkeit gesetzt werden können. Dies wurde vor unserer Studie noch nie in dieser Art überprüft und liefert eine Grundlage für spätere Studien in Bezug auf eine Vermessung der Sklera und Konjunktiva. Zusätzlich waren unsere Messungen, die das Hornhautzentrum berücksichtigten mit sehr präzise (ICC Wert bei IPc in NP 0,84 und AP bei 0,99). Damit haben sich Reflexionsprobleme weder bei Sklera, Konjunktiva, noch bei Hornhaut bestätigt.

Bei der Intra-Rater Zuverlässigkeit zeigte sich, dass der mittlere Unterschied zwischen den Messreihen in NP, dass die MRD-, IEn-, PcX-, IPc-, VPF- und ConjE-Abstände sowie der Winkel der LCA bei wiederholten Messungen eine gute Verlässlichkeit aufwies. In früheren Studien sind diese Ergebnisse so auch beobachtet worden ^{37,51,52,64,76,83}. Bei den Werten von PcU, IEx, HPF, und ScE und dem MCA Winkel in NP war die Intra-Rater-Zuverlässigkeit zwar geringer, jedoch lagen die Werte alle unter 1mm und hatten damit keine klinische Bedeutung. Auch dieses Ergebnis stimmt mit früheren Studien überein ^{18,37,51,52,76}. In abgelenkter Position wurden nur signifikante Unterschiede bei IEx und ScE gefunden. Diese beliefen sich aber erneut unter 1mm und zeigten damit klinisch keine Relevanz. Die Winkel zeigten jedoch einen signifikanten Unterschied. Es scheint, als wäre es für den Untersucher schwierig die genaue Position am Augenlidrand zu bestimmen. Dies könnte sich gegebenenfalls auch durch eine Ablenkung durch Wimpern verursacht sein.

Beim multivarianten linearen Regressionsmodell zeigten sich praktisch keine signifikanten Unterschiede in NP und AP bei jungen oder alten Altersgruppen. Bei vorherigen Studien ⁸⁵ wurden diese Werte genauso herausgearbeitet. Bei vorherigen Studien wurde die mediale Lidbandspannung beim Distractionstest wie folgt eingeteilt: 0-2mm „normal“, 2-4mm „mild“, 4-6mm als moderat und über 6mm als „schwer“ ^{86,87}. Diese Werte lassen sich bei uns ähnlich beobachten. Höhere Laxizität des Unterlids im Alter aufgrund von erschlaffenden Kanthalsehnen und Einlagerung von Fettgewebe im Tarsus könnte einen erhöhten Distractionswert in einer älteren Gruppe erklären, dennoch ist Alter kein alleiniger Faktor für Lidschlaffheit, da metabolische und anatomische Veränderungen dort einen großen Einfluss haben ⁸⁸, welche nicht bei allen älteren Menschen gleichermaßen vorhanden sind ⁸⁹.

Die durchschnittliche MRD betrug $5,50 \pm 1,53$ mm. Dieser Wert dient als Hauptaussagepunkt für die Unterlidspannung und kommt den vorherigen Richtwerten bei Distractionstests von 6,96mm nahe^{84,85}. Dies zeigt, dass der Zug, ausgelöst durch unseren Haken, dem durchschnittlich manuell ausgeübten Zug am Lid ähnelt. Der MRD zeigte beim Vergleich zwischen Männern und Frauen einen signifikanten Unterschied. Bei Männern war der Wert mit $5,95 \pm 1,58$ mm höher als bei Frauen mit $4,97 \pm 1,29$ mm. Die insgesamt ähnliche Bewertung der Unterlidverhältnisse bei Verwendung des Unterlidhakens in Bezug auf die bisherigen Studienergebnisse bei Altersgruppen und Geschlechtern ⁸⁵ zeigt, dass wir die untere Augenlidspannung mit dieser Methode adäquat beobachten und bewerten können. Außerdem ist auch mit diesen kongruenten Daten erneut der Beweis erbracht, dass das VECTRA M3 System auf 3 dimensional Oberflächen akkurat Strecken vermessen kann, in diesem Fall auch bei verzerrten Oberflächen.

Die Unterlidspannung ist schon öfters in der Forschung in den Fokus genommen worden, besonders ihr Verlauf im höheren Lebensalter und bei pathologischen Veränderungen des Unterlids. Bei verschiedenen Studien wurde hier versucht, auf verschiedene Art und Weise

diese zu erfassen. Dabei kamen piezoresistive Drucksensoren ⁹⁰, Lidspekula ⁹¹ und Augenlidtensiometer ^{11,53,65} zum Einsatz. Keine dieser Methoden konnte sich jedoch in der klinischen Praxis durchsetzen, da es schwierig für den Untersucher zu koordinieren und oft schmerzhaft für den Patienten war. Der herkömmliche Test für die horizontale Unterlidspannung wird somit immer noch angewandt, indem das Unterlid mit Daumen und Zeigefinger nach außen gezogen und der Abstand zum Bulbus vermessen wird ⁶⁴. Offensichtliches Problem dieser Methode ist, dass auch bei demselben Untersucher ein immer gleicher Zug fast unmöglich erscheint, erst recht bei unterschiedlichen Untersuchern. Dies haben wir versucht zu umgehen, indem wir einen Augenlidhaken angewandt haben und mit diesem, durch sein Eigengewicht, einen immer gleichen Zug ausgeübt haben. Die meisten Teilnehmer verspürten bei dieser Methode kein oder nur geringfügiges Unwohlsein. Bei wenigen Untersuchten kam es während der Aufnahme des Bildes zu einer Rötung, Tränenreiz oder Schwierigkeiten, das Auge während der Aufnahme geöffnet zu lassen.

Bei dem herkömmlichen Distractionstest mit Abhebung des Lids vom Bulbus wird der Abstand zum Bulbus vermessen, bei unserem neuartig eingeführten Distractionstest mittels des Unterlidhakens wird die Ablenkung nach unten als Maß der Unterlidspannung genutzt, dennoch können beide Ergebnisse gleichermaßen für eine Einschätzung der ULS genutzt werden. Wie vorher bereits erwähnt hat der herkömmliche Test nicht nur eine Inter- und Intra-Rater Problematik, sondern auch noch zusätzlich eine erschwerte Bewertung. Man kann oft nicht genau den Abstand bemessen, da man oft die ursprüngliche Position des Unterlids nur schwer mit der abgelenkten Position vergleichen kann. Bei unserer neuen Methode ist durch die fixe Kopfposition und dem mühelosen Einsetzen des Lidhakens dieses Problem minimiert und die Untersuchung standardisiert.

Mit dem Beweis, dass der neuartige Distractionstest mittels Unterlidhakens verlässlich im VECTRA M3 3D Stereophotogrammetrie analysiert und die untere Augenlidspannung verlässlich quantifiziert werden kann, stellte sich uns nun natürlich die Frage der Vergleichbarkeit mit dem herkömmlichen Distractionstest.

Somit versuchten wir als weiteren Teil der Studie den herkömmlichen Unterlid Zug Test (ZT) mit unserem neuen Haken Test (HT) auf die jeweilige Qualität der Daten im VECTRA M3 3D System direkt miteinander zu vergleichen.

Der Zugtest wird normalerweise direkt mittels eines Messschiebers oder Bewertungsskala evaluiert, in diesem Fall wurde auch diese Methode durch das 3D-Bildgebungssystem erfasst und mittels des Vermessungsprogramms VAM untersucht. Damit erhofften wir uns eine mögliche Aussage, mit welcher Untersuchungsmethode wir bei Auswertung von Bildaufnahmen die besseren und genaueren Daten erheben können. Jeder Teilnehmer wurde 6-mal fotografiert. Jedes Bild enthielt 10 Messungen. Unsere Messungen zeigten, dass der HT

im Vergleich zum ZT sehr zuverlässige Ergebnisse bei der Beurteilung der Unterlidspannung erzeugt.

Die normal Position (NP) Messungen waren, wie in der vorherigen Beobachtung, erneut sehr gut in Bezug auf Intra- Inter-Rater und Intra-Methoden Reliabilität. Damit ist die Basisaufnahme erneut kongruent mit vorherigen Studien über periokulare Anthropometrie und bietet einen exzellenten Startpunkt der weiteren Analyse ^{37,51,52,76}.

Auch in diesem Datensatz haben wir die Skleraexposition (ScE) evaluiert, es zeigte sich eine Validität, die es ermöglicht diesen Wert in Folgestudien weiter zu verwenden, da sie sich als sehr zuverlässig herausstellte. Die Ergebnisse des HT erwiesen sich in der Messung mit dem 3D System als zuverlässiger als die Ergebnisse des ZT. Was die Intra-Rater-Zuverlässigkeit des HT betrifft, so lagen die MAD und TM aller linearen Messungen unter 1mm, während die der Winkelmessungen weniger als 7 Grad betragen. Bei der Inter-Rater-Reliabilität hat der HT bei den MAD und TM Werten mit Ausnahme von HPF und LCA sehr zuverlässige Ergebnisse. Diese beiden etwas weniger zuverlässigen Ergebnisse könnten durch individuelle Fehler des Untersuchers beim Setzen der Landmarken auf dem Unterlid zu erklären sein, oder wegen einer Interferenz durch die Wimpern, welche im System Verzerrungen erzeugen können.

Bei der Inter-Rater-Reliabilität des Zug-Tests, waren alle Messungen, bis auf den Abstand der Pupillenmitten, als sehr wenig zuverlässig anzusehen. Es lässt sich schlussfolgern, dass es selbst bei demselben Untersucher sehr schwierig ist, eine gleichbleibende Zugkraft zwischen den Patienten aufrechtzuhalten. Zusätzlich ist das Bild auch nur eine Momentaufnahme des Zuges am Unterlid, von welcher aus die Messung erst im Nachhinein stattfindet, daher kann unter Umständen nicht das Maximum der Distraction vermessen werden, wenn das Foto nicht bei maximaler Spannung ausgelöst wurde. Im Gegensatz dazu könnte die einfache Anwendung und gute Toleranz der Patienten bei der Untersuchung ein Grund für die hohe Zuverlässigkeit unserer Ergebnisse mit dem Edelstahl Augenlidhaken sein. Auch benötigten die Patienten keine örtliche Betäubung am Auge mittels Tropfanästhesie. Durch die geringfügige Beeinträchtigung der Probanden während der Anwendung des Lidhakens war die anschließende Untersuchung ohne Augenkneifen oder sonstige mimische Veränderungen möglich. Die Unsicherheit des herkömmlichen ZT wird durch den konstanten Zug zusätzlich ausgeschaltet.

Zukünftig könnten Unterliderkrankungen wie Ektropium und Entropium mit diesem System in Folgestudien zuverlässig untersucht und objektiv vermessen und analysiert werden. Besonders Verlaufsuntersuchungen könnten mittels dieser digitalen Methode besonders interessant sein, da post-operativ ein Behandlungseffekt oder sein Ausbleiben eindrücklich nachgewiesen werden könnte. Hier könnten dann verschiedene Behandlungsmethoden quantitativ miteinander verglichen werden und optimiert werden. Verschiedene Methoden wurden hier bereits ausprobiert ^{61,92,93}, doch dies scheint mittels 3D-Stereophotogrammetrie

und den etablierten Landmarken möglich und auch erstmals realistisch klinisch umsetzbar. Der von uns vorgestellte Distractionstest für die ULS könnte in diesem Zusammenhang als Standard in der Untersuchungspraxis bei Unterlidfehlstellungen und ihren Follow Up Untersuchungen nach erfolgter Behandlung genutzt und etabliert werden. Die Untersucher sollten jedoch genau darauf achten, dass die Patienten die vorgegebene Kopfhaltung exakt einhalten und es sollten wiederholte Aufnahmen mit optimaler Weise mehreren Bedienern erfolgen um eine verlässliche Genauigkeit zu erzielen, wie unsere Daten zeigen. Besonders oben genannte pathologische Augenlidzustände, welche von uns hier nicht berücksichtigt wurden, sollten in Folgestudien untersucht werden und die Funktionalität dieser Methode auch bei diesen Pathologien überprüft werden.

In Folgestudien könnte somit der Lidhaken demnach bei pathologischen Lidkrankungen zum Einsatz kommen, da diese in unserer Studie vorerst ausgeschlossen wurden um die primäre Funktionalität der Methode zu beweisen und sie an lidgesunden Probanden mit dem herkömmlichen Distractionstest zu vergleichen. Es wären auch Folgestudien denkbar, die mit verschiedenen Eigengewichten des Lidhakens arbeiten, da nicht klar ist, ob bei besonders hoher Lidspannung das Eigengewicht ausreicht um eine suffiziente Ablenkung des Unterlids zu erreichen für eine ausreichende Einschätzung der ULS.

Man kann sagen, dass unsere Studie einen modifizierten Distractionstest des Unterlids in Kombination mit dem VECTRA M3 3D Stereophotogrammetriesystems darstellt, welcher objektive und verlässliche Untersuchungsdaten liefert und eine Chance hat sich in der klinischen Routine für die Bewertung der unteren Augenlidspannung zu etablieren. Zukünftige Untersuchungen präoperativ sowie postoperativ könnten hiermit erweitert werden und die Patientenversorgung dadurch verbessert werden.

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammengefasst formulieren:

- (1) Bei lateralen Distractionstests sollte im Gegensatz zur direkten Bewertung durch den Beobachter nicht der Limbus, sondern die Pupillenmitte als Orientierungspunkt im Verhältnis zum UTP genutzt werden.
- (2) Die mediale Lidbandspannung kann mittels 3D Stereophotogrammetrie quantitativ bestimmt werden.
- (3) Der neuartige Distractionstest mittels Edelstahl Augenlidhaken ist in Verbindung mit einem 3D-Stereophotogrammetrie-System besser geeignet die untere Augenlidspannung zu evaluieren, als der herkömmliche Zug am Unterlid, da bei diesem ein gleichmäßiger Zug, sowie der optimale Auslösungszeitpunkt für das Bild nicht garantiert werden kann.
- (4) Spiegelnde Oberflächen wie Edelstahl, Sklera, Konjunktiva und die Hornhaut können mit dem VECTRA M3 3D System verlässlich erfasst und analysiert werden.
- (5) Während man die Sklera in jeder Position gut erfassen konnte, empfehlen wir die Konjunktiva nur in Distractionpositionen zu vermessen, da sie in neutraler Position unter der Mindestdistanz für verlässliche Ergebnisse des Systems bei den meisten Menschen liegt.
- (6) Die linearen Veränderungen von MRD, VPF und HPF waren bei den Messreihen von NP und Lidhaken Bildern besonders genau und zuverlässig. Damit könnte auch in einem klinischen Alltag prä- und postoperativ eine schnelle Einschätzung der unteren Augenlidspannung gewonnen werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Branham G, Holds JB. Brow/Upper lid anatomy, aging and aesthetic analysis. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2015; **23**(2): 117-27.
2. Robinson TJ, Stranc MF. The anatomy of the medial canthal ligament. *Br J Plast Surg* 1970; **23**(1): 1-7.
3. Kwon B, Nguyen AH. Reconsideration of the Epicanthus: Evolution of the Eyelid and the Devolutional Concept of Asian Blepharoplasty. *Semin Plast Surg* 2015; **29**(3): 171-83.
4. Hollwich F. Ein kurzgefasstes Lehrbuch - Augenheilkunde. 11 ed; 1982.
5. Jones Lt Fau - Reeh MJ, Reeh Mj Fau - Tsujimura JK, Tsujimura JK. Senile entropion. (0002-9394 (Print)).
6. Damasceno RW, Avgitidou G, Belfort R, Jr., Dantas PE, Holbach LM, Heindl LM. Eyelid aging: pathophysiology and clinical management. (1678-2925 (Electronic)).
7. Triana RJ, Jr., Larrabee WF, Jr. Lower eyelid blepharoplasty: the aging eyelid. *Facial Plast Surg* 1999; **15**(3): 203-12.
8. Stefanyszyn MA, Hidayat AA, Flanagan JC. The histopathology of involitional ectropion. *Ophthalmology* 1985; **92**(1): 120-7.
9. Liu CY, Oh DJ, Putterman AM. A Lazy-T Modification in the Treatment of Medial Ectropion. *Aesthet Surg J* 2019; **39**(9): NP398-NP402.
10. Pessa JE, Desvigne LD, Lambros VS, Nimerick J, Sugunan B, Zadoo VP. Changes in ocular globe-to-orbital rim position with age: implications for aesthetic blepharoplasty of the lower eyelids. *Aesthetic Plast Surg* 1999; **23**(5): 337-42.
11. Fu ZX, Zhang XR, Zhang ZY, et al. Lower eyelid tension in young adults determined by a simple lid tensiometer. *Cornea* 2014; **33**(5): 518-20.
12. Bergstrom R, Czyz CN. Ectropion Lower Eyelid Reconstruction. StatPearls. Treasure Island (FL); 2020.
13. Procianoy F, M PLL, F JLB. Lower Eyelid Horizontal Tightening in Prostaglandin Associated Periorbitopathy. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2021; **37**(3S): S76-S9.
14. Mandour SS, Said-Ahmed KE, Khairy HA, Elsayy MF, Zaky MA. A Simple Surgical Approach for the Management of Acquired Severe Lower Punctal Stenosis. *J Ophthalmol* 2019; **2019**: 3561857.
15. Young W, Scofield-Kaplan SM, Levy RE, Keenum Z, Mancini R. Change in Lower Eyelid Contour Following Ectropion Repair With Lateral Tarsal Strip. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2020; **36**(6): 557-61.
16. Korn BS, Kikkawa DO, Cohen SR, Hartstein M, Annunziata CC. Treatment of lower eyelid malposition with dermis fat grafting. *Ophthalmology* 2008; **115**(4): 744-51 e2.
17. Villano ME, Leake DS, Jacono AD, Quatela VC. Effects of endoscopic forehead/midface-lift on lower eyelid tension. *Arch Facial Plast Surg* 2005; **7**(4): 227-30.
18. Guo Y, Hou X, Rokohl AC, Jia R, Heindl LM. Reliability of Periocular Anthropometry: A Comparison of Direct, 2-Dimensional, and 3-Dimensional Techniques. *Dermatol Surg* 2019; **Sep**; **46**(9): e23-e31.
19. Overschmidt B, Qureshi AA, Parikh RP, Yan Y, Tenenbaum MM, Myckatyn TM. A Prospective Evaluation of Three-Dimensional Image Simulation: Patient-Reported Outcomes and Mammometrics in Primary Breast Augmentation. *Plast Reconstr Surg* 2018; **142**(2): 133e-44e.
20. Suszynski TM, Serra JM, Weissler JM, Amirlak B. Three-Dimensional Printing in Rhinoplasty. *Plast Reconstr Surg* 2018; **141**(6): 1383-5.
21. Talbert L, Kau CH, Christou T, Vlachos C, Souccar N. A 3D analysis of Caucasian and African American facial morphologies in a US population. *J Orthod* 2014; **41**(1): 19-29.
22. Edler R, Agarwal P, Wertheim D, Greenhill D. The use of anthropometric proportion indices in the measurement of facial attractiveness. *Eur J Orthod* 2006; **28**(3): 274-81.
23. Winder RJ, Ruddock A, Hendren K, et al. The establishment of a 3D breast photography service in medical illustration. *J Vis Commun Med* 2014; **37**(1-2): 28-35.
24. Wang C, Liu C, Giatsidis G, et al. The Effect of Respiration on Breast Measurement Using Three-dimensional Breast Imaging. *Aesthetic Plast Surg* 2019; **43**(1): 53-8.

25. Hameeteman M, Verhulst AC, Maal TJ, Ulrich DJ. An analysis of pose in 3D stereophotogrammetry of the breast. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2016; **69**(12): 1609-13.
26. Koudelova J, Bruzek J, Caganova V, Krajicek V, Velemínska J. Development of facial sexual dimorphism in children aged between 12 and 15 years: a three-dimensional longitudinal study. *Orthod Craniofac Res* 2015; **18**(3): 175-84.
27. Pucciarelli V, Bertoli S, Codari M, et al. The face of Glut1-DS patients: A 3D Craniofacial Morphometric Analysis. *Clin Anat* 2017; **30**(5): 644-52.
28. Pucciarelli V, Bertoli S, Codari M, Veggiotti P, Battezzati A, Sforza C. Facial Evaluation in Holoprosencephaly. *J Craniofac Surg* 2017; **28**(1): e22-e8.
29. Othman SA, Ahmad R, Asi SM, Ismail NH, Rahman ZA. Three-dimensional quantitative evaluation of facial morphology in adults with unilateral cleft lip and palate, and patients without clefts. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2014; **52**(3): 208-13.
30. Darby LJ, Millett DT, Kelly N, McIntyre GT, Cronin MS. The effect of smiling on facial asymmetry in adults: a 3D evaluation. *Aust Orthod J* 2015; **31**(2): 132-7.
31. Baik HS, Jeon JM, Lee HJ. Facial soft-tissue analysis of Korean adults with normal occlusion using a 3-dimensional laser scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; **131**(6): 759-66.
32. Kau CH, Hunter LM, Hingston EJ. A different look: 3-dimensional facial imaging of a child with Binder syndrome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; **132**(5): 704-9.
33. Kau CH, Zhurov A, Richmond S, et al. The 3-dimensional construction of the average 11-year-old child face: a clinical evaluation and application. *J Oral Maxillofac Surg* 2006; **64**(7): 1086-92.
34. Hutton TJ, Buxton BF, Hammond P, Potts HW. Estimating average growth trajectories in shape-space using kernel smoothing. *IEEE Trans Med Imaging* 2003; **22**(6): 747-53.
35. Tremp M, di Summa PG, Schaakxs D, Oranges CM, Wettstein R, Kalbermatten DF. Nipple Reconstruction After Autologous or Expander Breast Reconstruction: A Multimodal and 3-Dimensional Analysis. *Aesthet Surg J* 2017; **37**(2): 179-87.
36. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J* 2004; **41**(5): 507-18.
37. Aldridge K, Boyadjiev SA, Capone GT, DeLeon VB, Richtsmeier JT. Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images. *Am J Med Genet A* 2005; **138A**(3): 247-53.
38. Geil MD. Consistency, precision, and accuracy of optical and electromagnetic shape-capturing systems for digital measurement of residual-limb anthropometrics of persons with transtibial amputation. *J Rehabil Res Dev* 2007; **44**(4): 515-24.
39. Wong JY, Oh AK, Ohta E, et al. Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J* 2008; **45**(3): 232-9.
40. Metzler P, Sun Y, Zemann W, et al. Validity of the 3D VECTRA photogrammetric surface imaging system for cranio-maxillofacial anthropometric measurements. *Oral Maxillofac Surg* 2014; **18**(3): 297-304.
41. Krimmel M, Kluba S, Dietz K, Reinert S. [Assessment of precision and accuracy of digital surface photogrammetry with the DSP 400 system]. *Biomed Tech (Berl)* 2005; **50**(3): 45-53.
42. Kim SH, Jung WY, Seo YJ, Kim KA, Park KH, Park YG. Accuracy and precision of integumental linear dimensions in a three-dimensional facial imaging system. *Korean J Orthod* 2015; **45**(3): 105-12.
43. Dindaroglu F, Kutlu P, Duran GS, Gorgulu S, Aslan E. Accuracy and reliability of 3D stereophotogrammetry: A comparison to direct anthropometry and 2D photogrammetry. *Angle Orthod* 2016; **86**(3): 487-94.
44. Camison L, Bykowski M, Lee WW, et al. Validation of the Vectra H1 portable three-dimensional photogrammetry system for facial imaging. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2018; **47**(3): 403-10.

45. Burke PH, Banks P, Beard LF, Tee JE, Hughes C. Stereophotographic measurement of change in facial soft tissue morphology following surgery. *Br J Oral Surg* 1983; **21**(4): 237-45.
46. Burke PH, Beard LF. Stereo-photogrammetry of the face. *Rep Congr Eur Orthod Soc* 1967: 279-93.
47. Motoyoshi M, Namura S, Arai HY. A three-dimensional measuring system for the human face using three-directional photography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; **101**(5): 431-40.
48. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Serrao G, Miani A, Jr. A three-dimensional study of sexual dimorphism in the human face. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1994; **9**(4): 303-10.
49. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Serrao G. Facial three-dimensional morphometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; **109**(1): 86-93.
50. Meintjes EM, Douglas TS, Martinez F, et al. A stereo-photogrammetric method to measure the facial dysmorphology of children in the diagnosis of fetal alcohol syndrome. *Med Eng Phys* 2002; **24**(10): 683-9.
51. Guo Y, Rokohl AC, Schaub F, et al. Reliability of periorcular anthropometry using three-dimensional digital stereophotogrammetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; **257**(11): 2517-31.
52. Guo Y, Schaub F, Mor JM, Jia R, Koch KR, Heindl LM. A Simple Standardized Three-Dimensional Anthropometry for the Periorcular Region in a European Population. *Plast Reconstr Surg* 2020; **145**(3): 514e-23e.
53. Vihlen FS, Wilson G. The relation between eyelid tension, corneal toricity, and age. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1983; **24**(10): 1367-73.
54. Canfield Scientific I. VECTRA M3 User Guide software Version 5.8; 2016.
55. Canfield Scientific I. VECTRA M3 Imaging System. 2023.
<https://www.canfieldsci.com/imaging-systems/vectra-m3-3d-imaging-system/> (accessed 20.01.2023 2023).
56. Frueh BR, Schoengarth LD. Evaluation and treatment of the patient with ectropion. *Ophthalmology* 1982; **89**(9): 1049-54.
57. O'Donnell B. Age-related medial ectropion of the lower eyelid. *Aust NZ J Ophthalmol* 1994; **22**(3): 183-6.
58. Olver JM, Sathia PJ, Wright M. Lower eyelid medial canthal tendon laxity grading: an interobserver study of normal subjects. *Ophthalmology* 2001; **108**(12): 2321-5.
59. Anderson RI, Fau - Hatt MU, Hatt Mu Fau - Dixon R, Dixon R. Medial ectropion. A new technique. (0003-9950 (Print)).
60. Liu D, Stasior OG. Lower eyelid laxity and ocular symptoms. *Am J Ophthalmol* 1983; **95**(4): 545-51.
61. Manners RM. Surgical repair of medial ectropion. *Eye (Lond)* 1995; **9** (Pt 3): 365-7.
62. Clement CI, O'Donnell BA. Medial canthal tendon repair for moderate to severe tendon laxity. *Clin Exp Ophthalmol* 2004; **32**(2): 170-4.
63. Patipa M. The evaluation and management of lower eyelid retraction following cosmetic surgery. *Plast Reconstr Surg* 2000; **106**(2): 438-53; discussion 54-9.
64. Stuchi DPA, Rossato J, Bocaccio FJL, Procianoy F. Intra- and interobserver reliability of a modified distraction test based on digital images to assess lower eyelid horizontal tension. *Arq Bras Oftalmol* 2020; **83**(2): 127-31.
65. Wilson G, Bell C, Chotai S. The effect of lifting the lids on corneal astigmatism. *Am J Optom Physiol Opt* 1982; **59**(8): 670-4.
66. Ehrmann K, Francis I, Stapleton F. A novel instrument to quantify the tension of upper and lower eyelids. *Cont Lens Anterior Eye* 2001; **24**(2): 65-72.
67. Kim J, Lee SM, Choi YJ, Lee MJ. Estimation of Eyelid Pressure Using a Blepharo-Tensiometer in Patients with Functional Nasolacrimal Duct Obstruction. *J Ophthalmol* 2018; **2018**: 8792102.
68. Lisman RD, North VS, Tran AQ. Invited Discussion on: "Experience of Two Different Techniques of Medial Epicanthoplasty with Four-Point Homologous Design-A Cohort Study". *Aesthetic Plast Surg* 2021; **45**(4): 1591-2.

69. Giannaccare G, Bernabei F, Pellegrini M, et al. Eyelid metrics assessment in patients with chronic ocular graft versus-host disease. *Ocul Surf* 2019; **17**(1): 98-103.
70. Czyz CN, Wulc AE, Ryu CL, Foster JA, Edmonson BC. Caruncular fixation in medial canthal tendon repair: the minimally invasive purse string suture for tendinous laxity and medial ectropion. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2015; **31**(1): 34-7.
71. Rozycki R, Zelichowska B. [Evaluation of the medial canthus blepharoplasty using the lazy-T method]. *Klin Oczna* 2005; **107**(4-6): 354-7.
72. Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, et al. A novel standardized distraction test to evaluate lower eyelid tension using three-dimensional stereophotogrammetry. *Quant Imaging Med Surg* 2021; **11**(8): 3735-48.
73. Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, Zhang M, Guo Y, Heindl LM. Digital Photogrammetry for Assessing Medial Canthal Tendon Laxity: Novel Standardized Three-Dimensional Versus Traditional Two-Dimensional Lateral Distraction Test. *J Oral Maxillofac Surg* 2022; **80**(6): 1033-9.
74. Liu J, Guo Y, Arakelyan M, Rokohl AC, Heindl LM. Accuracy of Areal Measurement in the Periocular Region Using Stereophotogrammetry. *J Oral Maxillofac Surg* 2021; **79**(5): 1106 e1- e9.
75. Fan W, Guo Y, Hou X, et al. Validation of the Portable Next-Generation VECTRA H2 3D Imaging System for Periocular Anthropometry. *Front Med (Lausanne)* 2022; **9**: 833487.
76. Heike CL, Cunningham ML, Hing AV, Stuhaug E, Starr JR. Picture perfect? Reliability of craniofacial anthropometry using three-dimensional digital stereophotogrammetry. *Plast Reconstr Surg* 2009; **124**(4): 1261-72.
77. Weinberg SM, Naidoo S, Govier DP, Martin RA, Kane AA, Marazita ML. Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry. *J Craniofac Surg* 2006; **17**(3): 477-83.
78. Perini TdO, GL; Ornellas, JS; de Oliviera, FP. Technical error of measurement in anthropometry. *Rev Bras Med Esporte* 2005; (11): 86-90).
79. Andrade LM, Rodrigues da Silva AMB, Magri LV, Rodrigues da Silva MAM. Repeatability Study of Angular and Linear Measurements on Facial Morphology Analysis by Means of Stereophotogrammetry. *J Craniofac Surg* 2017; **28**(4): 1107-11.
80. Cruz AA, Coelho RP, Baccega A, Lucchezi MC, Souza AD, Ruiz EE. Digital image processing measurement of the upper eyelid contour in Graves disease and congenital blepharoptosis. *Ophthalmology* 1998; **105**(5): 913-8.
81. Baek S, Chung JH, Yoon ES, Lee BI, Park SH. Algorithm for the management of ectropion through medial and lateral canthopexy. *Arch Plast Surg* 2018; **45**(6): 525-33.
82. Fong KC, Mavrikakis I, Sagili S, Malhotra R. Correction of involuntal lower eyelid medial ectropion with transconjunctival approach retractor plication and lateral tarsal strip. *Acta Ophthalmol Scand* 2006; **84**(2): 246-9.
83. Guo Y, Hou X, Rokohl AC, Jia R, Heindl LM. Reliability of Periocular Anthropometry: A Comparison of Direct, 2-Dimensional, and 3-Dimensional Techniques. *Dermatol Surg* 2020; **46**(9): e23-e31.
84. Putterman AM. Margin reflex distance (MRD) 1, 2, and 3. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2012; **28**(4): 308-11.
85. Milbratz-More GH, Pauli MP, Lohn CLB, Pereira FJ, Grumann AJ. Lower Eyelid Distraction Test: New Insights on the Reference Value. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2019; **35**(6): 574-7.
86. Fante RG, Elnor VM. Transcaruncular approach to medial canthal tendon plication for lower eyelid laxity. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2001; **17**(1): 16-27.
87. Elnor VM, Demirci H, Morton AD, Elnor SG, Hassan AS. Transcaruncular medial canthal ligament plication for repair of lower eyelid malposition. *Arch Ophthalmol* 2007; **125**(3): 374-9.
88. Jyothi SB, Seddon J, Vize CJ. Entropion-ectropion: the influence of axial globe length on lower eyelid malposition. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2012; **28**(3): 199-203.

89. Mitchell P, Hinchcliffe P, Wang JJ, Rochtchina E, Foran S. Prevalence and associations with ectropion in an older population: the Blue Mountains Eye Study. *Clin Exp Ophthalmol* 2001; **29**(3): 108-10.
90. Shaw AJ, Collins MJ, Davis BA, Carney LG. Eyelid pressure and contact with the ocular surface. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; **51**(4): 1911-7.
91. Kocaoglu FA, Katircioglu YA, Tok OY, Pulat H, Ornek F. The histopathology of involutional ectropion and entropion. *Can J Ophthalmol* 2009; **44**(6): 677-9.
92. Kelly CP, Cohen AJ, Yavuzer R, Moreira-Gonzalez A, Jackson IT. Medial canthopexy: a proven technique. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2004; **20**(5): 337-41.
93. Antonyshyn OM, Weinberg MJ, Dagum AB. Use of a new anchoring device for tendon reinsertion in medial canthopexy. *Plast Reconstr Surg* 1996; **98**(3): 520-3.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Das VECTRA M3-Imaging System mit seinen 6 Einzelkameras. (VECTRA M3 User Guide software Version 5.8 Seite 16) (© 2016 Canfield Scientific, Inc.)</i>	10
<i>Abbildung 2: Ausschnitt aus dem VECTRA Analysis Module (VAM). Funktionen wie Distanzmessung, Winkelmessung, Flächenmessung, sowie verschiedene Bearbeitungswerkzeuge sind zu sehen, sowie ein beispielhaftes Bild eines männlichen Probanden während des Zugtests mit platzierten Landmarken</i>	12
<i>Abbildung 3: Normal Position Bild einer weiblichen Probandin. Messpunkte nach dem Schema in Tabelle 3 an beiden Augen eingesetzt. Die VAM Software wurde zur Bildbearbeitung und zum Einsetzen der Landmarken genutzt.</i>	17
<i>Abbildung 4: Neutrale Position (NP) und Seitlicher Distractionstest (LDT) einer weiblichen Probandin.</i>	18
<i>Abbildung 5: Neutrale Position (NP) und Seitlicher Distractionstest (LDT) eines männlichen Probanden.</i>	19
<i>Abbildung 6: Edelstahlaugenlidhaken mit den Dimensionen von 15cm Länge, 10,0mm Kopfbreite, 10,0mm Kopfdicke und 15,9g Eigengewicht</i>	23
<i>Abbildung 7: Neutrale Position (NP) und abgelenkte Position (AP) mit Lidhaken einer weiblichen Probandin</i>	24
<i>Abbildung 8: Beispiel des Landmarkensystems an einem NP Bild eines männlichen Probanden.</i>	25
<i>Abbildung 9: Bilderreihe mit neutraler Position (NP), Zugtest (ZT) und Hakentest (HT) eines männlichen Probanden</i>	28
<i>Abbildung 10a: Resultate der multivarianten Regressionsmodelle bezogen auf die Geschlechter und in 9 Altersgruppen aufgeteilt. In diesem Teil der Abbildungen sind die Änderungen der Messungen zwischen NP und AP/HT gezeigt für: HPF*, IPC*, MCA*, LCA*, MRD* und PcU* Bis auf PcU* wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern gefunden ($p < 0,05$). Männer zeigten jedoch eine größere Differenz</i>	43
<i>Abb. 11: Inter-Rater, Intra-Rater und Inter-Methoden Reliabilität mit mittlerer absoluter Differenz (MAD), relativer Fehler (RF) und technischer Messfehler (TM) im Hinblick auf die Normal Position, Hakentest und Zugtest Aufnahmen jedes Probanden.</i>	50

7.2. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Definition der Landmarken und Definition der Distanzen.....</i>	20
<i>Tabelle 2: Übersicht über die genutzten statistischen Rechenwege</i>	21
<i>Tabelle 3: Definition der Landmarken und der vermessenen Distanzen, sowie wie Winkel.....</i>	26
<i>Tabelle 4: Demographische Übersicht über die Studienteilnehmer bei MLS.....</i>	31
<i>Tabelle 5: Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC) und mittlere Unterschiede (D-mean) bei Intra-Rater, Inter-Rater und Inter-Methoden bei allen Messungen der 3D-Bilder und der P-Wert.....</i>	32
<i>Tabelle 6: Intra-Rater, Inter-Rater und Inter-Methoden Reliabilität aller Messungen.....</i>	32
<i>Tabelle 7: Demographische Daten der Studienpopulation der ULS</i>	35
<i>Tabelle 8: Mittelwerte (Mittel) und Standardabweichung (SD) bei allen Messungen in neutraler und abgelenkter Position.</i>	37
<i>Tabelle 9: Mittlere Unterschiede und gepaarte t-Tests zwischen den wiederholten Messungen aller Distanzen und Winkel.....</i>	38
<i>Tabelle 10: Mittlere Differenzen zwischen neutraler und abgelenkter Position in verschiedenen Altersgruppen und geschlechterverteilt.....</i>	40
<i>Tabelle 11: Demographische Daten der Studienpopulation.....</i>	45
<i>Tabelle 12: Mittelwerte und die Differenzen aller Messungen in NP, ZT und HT</i>	47
<i>Tabelle 13: Intraklassekorrelationskoeffizient und mittlere Unterschiede bezogen auf Intra-Rater, Inter-Rater und Intra-Methoden Reliabilität über alle Messwerte aller Bilder (NP, ZT, HT)</i>	48

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Die folgenden Ergebnisse und Daten wurden bereits vor Veröffentlichung dieser Monografie in den folgenden Publikationen vorab publiziert:

Hou XY, Rokohl AC, Meinke MM, Li SM, Lin M, Jia RB, Guo YW, Heindl LM. **A modified 3D stereophotogrammetry-based distraction test for assessing lower eyelid tension.** Int J Ophthalmol. 2022 Nov 18;15(11):1757-1764. doi: 10.18240/ijo.2022.11.05. PMID: 36404971;

Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, Li S, Liu J, Fan W, Lin M, Jia R, Guo Y, Heindl LM. **A novel standardized distraction test to evaluate lower eyelid tension using three-dimensional stereophotogrammetry.** Quant Imaging Med Surg. 2021 Aug;11(8):3735-3748. doi: 10.21037/qims-20-1016.

Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, Liu J, Li S, Fan W, Lin M, Jia R, Guo Y, Heindl LM. **Standardized Three-Dimensional Lateral Distraction Test: Its Reliability to Assess Medial Canthal Tendon Laxity.** Aesthetic Plast Surg. 2021 Dec;45(6):2798-2807. doi: 10.1007/s00266-021-02440-y. Epub 2021 Jul 7