

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

Ethnische und Geschlechtsunterschiede des periorbitalen Bereichs: eine dreidimensionale Analyse junger kaukasischer und chinesischer Populationen

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

vorgelegt von
Till August Rosenkranz
aus Bergisch Gladbach, Deutschland

promoviert am 10. Juli 2025

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 Herrn Dr. Guo und Herrn Dr. A. C. Rokohl durchgeführt worden.

Die erhobenen Datensätze wurden von mir selbst erhoben.

Die Auswertung der Daten wurde mit Unterstützung von Herrn Dr. Guo mittels SPSS durchgeführt.

Die in der Poliklinik der Klinik durchgeführten Untersuchungen habe ich unter Aufsicht von Herrn Prof. Dr. L. M. Heindl und Herrn 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 27.11.2024

Till Rosenkranz

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Heindl herzlich für die Gelegenheit, in seiner Arbeitsgruppe meine Promotion durchführen zu dürfen. Hervorzuheben ist die sehr gute und engmaschige Betreuung, die während des gesamten Projektes unter anderem aufgrund häufiger Doktorarbeitstreffen die Erarbeitung des Promotionsthemas ermöglicht hat.

Auch bei Herrn Dr. Rokohl und Dr. Guo möchte ich mich sehr herzlich für die großartige Betreuung mit schnellen Rückmeldungen bei jeglichen Fragen und vielen Tipps zur Durchführung bedanken.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meiner Familie und meiner Freundin bedanken. Erst durch eure uneingeschränkte Unterstützung - nicht nur bei dem Promotionsprojekt - sondern während des gesamten Studiums, ist das alles möglich geworden! Ihr seid ein toller Rückhalt, durch den ich mich auf solche Projekte fokussieren kann.

Für meine Familie und meine Freundin

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	11
2.1 Einführung in die Analyse des periorbitalen Bereichs	11
2.2 Anatomie des periorbitalen Bereichs .	12
2.3 Einflussfaktoren des periorbitalen Bereichs .	14
2.3.1. Ethnische Unterschiede	14
2.3.2. Geschlechtsspezifische Unterschiede .	16
2.3.3. Altersbedingte Veränderungen .	17
2.4 Relevante Erkrankungen im periorbitalen Bereich .	19
2.5 Aktueller Stand der Stereophotogrammetrie.	20
2.6 Zielsetzung und Fragestellungen der Studie.	21
3. MATERIAL UND METHODEN	24
3.1 Patientenrekrutierung und allgemeine Methoden.	24
3.1.1. Patienten	24
3.1.2. Datenerhebung .	24
3.1.3. Statistische Auswertung.	25
3.2 Stereophotogrammetrie mittels VECTRA-M3 .	26
3.2.1. Allgemeine Informationen und Kalibrierung	26
3.2.2. Ablauf der Bildaufnahme .	28
3.2.3. Face Sculptor und VECTRA Analyse Modul .	29
3.3 Platzierung der Landmarken .	31
3.4 Bestimmung der periorbitalen Parameter.	34

4.	ERGEBNISSE	36
4.1	Demographische Daten	37
4.2	Vergleich der Augen und Augenabstandsparameter	37
4.3	Vergleich ethnischer Gruppen .	39
4.3.1.	Statistische Ergebnisse der Lidspaltenvermessungen.	39
4.3.2.	Statistische Ergebnisse der Vermessung der Doppellidfalte	40
4.3.3.	Statistische Ergebnisse der Augenbrauenvermessung.	41
4.4	Vergleich zwischen den Geschlechtern .	42
4.4.1.	Statistische Ergebnisse der Lidspaltenvermessungen.	42
4.4.2.	Statistische Ergebnisse der Vermessung der Doppellidfalte	43
4.4.3.	Statistische Ergebnisse der Augenbrauenvermessung.	44
5.	DISKUSSION	46
5.1	Einleitung und Überblick .	46
5.2	Vergleich des periorbitalen Bereichs der Gruppen	47
5.2.1.	Differenzen der Lidspalten	47
5.2.2.	Unterschiede der Doppellidfalte	54
5.2.3.	Unterschiede der Augenbrauen .	55
5.3	Limitationen	57
5.4	Schlussfolgerung und Ausblick.	59
6.	LITERATURVERZEICHNIS	62
7.	ANHANG	68
7.1	Abbildungsverzeichnis .	68
7.2	Tabellenverzeichnis	68
8.	VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN .	70

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
BZK	Basalzellkarzinom
CAU	Kaukasisch
CAI	Augenwinkelindex
CHN	Chinesisch
CI	Konfidenzintervall / Kanthusindex
CT	Neigung des Augenwinkels
CT_2D	Neigung des Augenwinkels in 2D
EEnD	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Endokanthion
EExD	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Exokanthion
EExDI	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum lateralen Exokanthion
EL	Länge des unteren Augenbrauenrandes
ELID	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des lateralen Augenlides (auf Höhe des lateralen Limbus)
ELmD	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des medialen Augenlides (auf Höhe des medialen Limbus)
En	Endokanthion
EnD	Innere interkanthale Distanz (Endokanthion zu Endokanthion)
EPD	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des Augenlides (auf Höhe des Pupillarzentrums)
EPDI	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des lateralen Augenlides
EPDm	Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des medialen Augenlides
Ex	Exokanthion
ExD	Äußere interkanthale Distanz (Exokanthion zu Exokanthion)
F	Weiblich
FExD	Abstand der Doppellidfalte zum Exokanthion
FExDI	Abstand der Doppellidfalte zum lateralen Exokanthion
FLID	Lateraler Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides (auf Höhe des lateralen Limbus)
FLmD	Medialer Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides (auf Höhe des medialen Limbus)
FPD	Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides
FPDI	Lateraler Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides

FPDm	Medialer Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides
ID	Irisdurchmesser
LCA	lateralen Augenwinkel
LCA_2D	lateralen Augenwinkel in 2D
LI	Lateraler korneoskleraler Limbus horizontal zur Pupillenmitte
Lm	Medialer korneoskleraler Limbus horizontal zur Pupillenmitte
LPML	Länge des unteren Randes des Augenlides
MCA	medialer Augenwinkel
MCA_2D	medialer Augenwinkel in 2D
M	Männlich
MW	Mittelwert
Pc	Pupillenzentrum
PD	interpupilläre Distanz
PFH	Lidspaltenhöhe
PFI	Lidspaltenindex
PFW	Lidspaltenbreite
SD	Standardabweichung
UPML	Länge des oberen Randes des Augenlides
VAM	VECTRA Analysis Modul

1. Zusammenfassung

Der periorbitale Bereich stellt eine zentrale Region des Gesichts dar und setzt sich aus einer komplexen Vereinigung von Distanzen, Winkeln und Kurven der Augenlider sowie Augenbrauen zusammen. Diese variieren stark in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und Ethnie. Aufgrund der zunehmenden Nachfrage ästhetischer Eingriffe im Gesicht und dem Bedarf an rekonstruktiven Operationen im periorbitalen Bereich bekommen Referenzwerte für die einzelnen Strukturen eine wachsende Bedeutung für Chirurgen. Insbesondere im asiatischen Raum sind Operationen der periorbitalen Region gefragt, wobei die Korrekturen häufig anhand von Normen aus westlichen Populationen geplant, durchgeführt und bewertet werden. Eine umfassende Analyse chinesischer Probanden und der Vergleich mit kaukasischen Teilnehmern ist nötig, um funktionell und ästhetisch zufriedenstellende Operationsergebnisse zu erzielen.

Ziel dieser Arbeit war es, den periorbitalen Bereich junger kaukasischer und chinesischer Probanden zu vermessen und zu vergleichen, um daraus Referenzwerte für die Diagnostik, die Operationsplanung und die Rekonstruktion dieser Region zu gewinnen.

Es wurden 147 Probanden aus vier Gruppen (chinesische Männer, chinesische Frauen, kaukasische Männer, kaukasische Frauen) in die Studie aufgenommen. Jeder Teilnehmer wurde mit dem VECTRA-M3-Kamerasystem fotografiert und im VECTRA Analysis Modul (VAM) vermessen. Dabei wurden fünf Hauptlandmarken manuell platziert und basierend auf diesen automatisiert 27 weitere Landmarken generiert. Aus diesen Punkten wurden anschließend 33 periokuläre Parameter bestimmt, die als Grundlage des Vergleichs der Lidspalte, der Doppellidfalte und der Augenbrauen dienen.

Diese Studie ist eine der ersten, die mittels standardisierter dreidimensionaler Messpunkte junge kaukasische und chinesische Probanden beider Geschlechter vergleicht. Frühere Studien nutzten vor allem zweidimensionale Verfahren, um die Distanzen und Proportionen des Gesichts darzustellen, und sind damit gegenüber einer detaillierten dreidimensionalen Analyse unterlegen.

Die Ergebnisse der Studie zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Ethnien bei fast allen gemessenen Parametern. Es zeigte sich, dass Männer größere Abstände zwischen den beiden Augen haben und längere, aber tiefer sitzende Augenbrauen aufweisen als Frauen. Frauen zeigten höhere, dafür schmalere Lidspalten als Männer. Die Werte der lateralen und medialen Kanthuswinkel waren bei Frauen größer als bei Männern.

Kaukasische Probanden wiesen ausgeprägtere Doppellidfallen und eine geringere Augenwinkelneigung auf als die chinesischen Probanden.

Die Auswertung der vorliegenden Promotionsarbeit zeigt wichtige Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den verglichenen Ethnien, die für die Diagnosestellung, Operationsplanung und -durchführung relevant sind. Zukünftige Arbeiten sollten größere Teilnehmergruppen untersuchen und zusätzliche periokuläre Parameter ergänzen, um noch detailliertere Ergebnisse zu erhalten. Die Erstellung von Datenbanken mit spezifischen Referenzwerten für Geschlecht, Alter und Ethnie stellt einen Grundstein für die Bewertung des periorbitalen Bereichs dar.

2. Einleitung

2.1 Einführung in die Analyse des periorbitalen Bereichs

Die klassische Gesichtsanthropometrie ist eine Methode, die bereits seit der Antike von den Griechen genutzt wurde und deren Ursprünge bis auf 5000 v. Chr. zurückgehen, um die kraniofazialen Dimensionen einer Person zu bestimmen³. Über viele Jahre war vor allem die zweidimensionale Photogrammetrie und die Kephalometrie, also die Vermessung des Gesichts durch ein seitliches Röntgenbild, der Goldstandard für die Bestimmung der Proportionen in Bezug auf Alter, Geschlecht und Ethnizität⁴⁻⁷.

In den letzten Jahren hat sich aufgrund der technischen Entwicklungen die dreidimensionale Oberflächenbildgebung, insbesondere die Stereophotogrammetrie, als bevorzugte Methode für die Analyse kraniofazialer Strukturen etabliert⁸⁻¹⁰. Diese zeichnet sich durch Präzision, Zuverlässigkeit und damit auch eine hohe Vergleichbarkeit der Parameter aus¹¹⁻¹⁴. Der Vorteil der Stereophotogrammetrie im Vergleich zur zweidimensionalen Photogrammetrie besteht darin, dass sie schnell, einfach und nichtinvasiv ist. Die zugehörigen Softwareprogramme ermöglichen eine detaillierte Quantifizierung von Abständen, Winkeln und Kurven und bieten dabei eine Vielzahl an Perspektiven auf den zu vermessenden Bereich¹⁴. Diese Funktionen eröffnen neue Möglichkeiten für die Planung und Beurteilung von chirurgischen Eingriffen im Gesicht sowie die standardisierte Einschätzung von Erkrankungen des kraniofazialen Bereichs^{8-10,15,16}.

Insbesondere für den periokulären Bereich, eine der prominentesten dreidimensionalen Regionen des Gesichts¹⁷, bietet die Stereophotogrammetrie wertvolle Erkenntnisse. Die Oberfläche und das Relief dieses Bereichs werden durch ein komplexes Zusammenspiel von verschiedenen anatomischen Untereinheiten, wie beispielsweise der Lidspalte, den Augenlidern, den Augenbrauen, dem Endokanthion und Exokanthion sowie den Doppellidfalten gebildet^{18,19}.

Diese periokulären Strukturen fügen sich in unterschiedlichen Größen und Proportionen zu einem harmonischen ästhetischen Gesamteindruck des Gesichts zusammen. Dieser entsteht nur bei exakt aufeinander abgestimmten Distanzen, Winkeln, Kurven und Volumina der einzelnen anatomischen Bereiche. Bereits kleinste Läsionen oder Deformationen in diesem Bereich können daher zu erheblichen ästhetischen und funktionellen Beeinträchtigungen führen^{11,18}.

Bisher wurden jedoch nur wenige Studien durchgeführt, die mittels dreidimensionaler Methoden die periokuläre Anatomie in nicht-kaukasischen Bevölkerungsgruppen

untersuchten. Einige Studien konzentrierten sich auf die chinesische Bevölkerung, jedoch wurde die periokuläre Morphologie aufgrund begrenzter anatomischer Landmarken nicht ausreichend detailliert bewertet oder die Studie zielte nur auf eine einzelne Teilregion im periorbitalen Bereich ab ²⁰⁻²³. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer umfassenderen Analyse der dreidimensional vermessenen Anatomie des periokulären Bereichs bei verschiedenen ethnischen Gruppen, insbesondere im Vergleich zwischen kaukasischen und asiatischen Populationen ²³⁻²⁷.

Durch die zunehmende Globalisierung und die damit verbundene ethnische Diversität, insbesondere in Europa und den USA, nimmt die Bedeutung von geschlechtsspezifischen und ethnisch-spezifischen Daten der periokulären Region stark zu ^{21,28-30}. Die bislang erhobenen Werte dienen Chirurgen als Zielgrößen bei der Korrektur von Deformitäten infolge von Erkrankungen oder Unfällen und sind Grundlage für die Planung von kosmetischen Eingriffen, die weltweit immer häufiger durchgeführt werden ³¹. Eine detaillierte Analyse der Unterschiede in der periokulären Anatomie zwischen Ethnien und Geschlechtern kann dazu beitragen, chirurgische Ergebnisse innerhalb dieser Gruppen besser zu bewerten ³².

2.2 Anatomie des periorbitalen Bereichs

Der periorbitale Bereich ist eine der markantesten Regionen des menschlichen Gesichts ¹⁷. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels vieler kleiner anatomischer Strukturen entsteht eine sehr individuelle Gesichtsmorphologie. Damit nimmt der periorbitale Bereich eine zentrale Rolle in der ästhetischen ³³ und funktionellen ³⁴ Anatomie des Gesichts ein. Wichtige anatomische Landmarken in diesem Bereich umfassen die Augenlider, die Augenbrauen, das Endokanthion und Exokanthion sowie die Nase ¹⁸. Den exakten Aufbau dieser Strukturen zu kennen, ist die Voraussetzung für jegliche medizinische Diagnostik und Therapie in diesem Bereich.

Die mittig im periorbitalen Bereich liegenden Augenlider bestehen im Fall der Oberlider aus einer vorderen und einer hinteren Lamelle. Die vordere Lamelle ist bei geschlossenen Augen besonders gut sichtbar und umfasst die Haut und den Musculus orbicularis oculi, während die hintere Lamelle erst beim Ektropionieren des Augenlids sichtbar wird und die Tarsalplatte sowie die Konjunktiva umfasst ¹⁸. Das Unterlid besteht hingegen aus drei Schichten: einer vorderen Lamelle aus Haut und Musculus orbicularis oculi, einer mittleren Lamelle aus der Tarsalplatte sowie dem orbitalen Septum und einer hinteren Lamelle aus Konjunktiva und den Lidreaktoren ¹⁸. Die Tarsalplatten, die den Augenlidern ihre strukturelle Integrität verleihen, messen im oberen Augenlid etwa 10–12 mm und im unteren Augenlid etwa 3–5 mm³⁵. Der Musculus orbicularis oculi ist der Hauptmuskel für das Schließen des Augenlids ¹⁸ und schützt

gleichzeitig das Auge vor äußeren Einflüssen. Er gliedert sich in drei Schichten: die prä tarsale, präseptale und orbitale Schicht¹⁸. Der prä tarsale Anteil des Musculus orbicularis oculi ist fest mit der Vorderfläche der Tarsalplatten verbunden und wesentlich am Lidschluss beteiligt^{36,37}. Innerhalb der Augenlider befinden sich auch die verschiedenen Sekretdrüsen, die für die Befeuchtung und den Schutz des Auges zuständig sind. Neben den Krause- und Wolfring-Drüsen als akzessorische Tränendrüsen fungieren die Zeis- und Meibom-Drüsen als Talgdrüsen³⁸.

Im oberen periorbitalen Bereich befinden sich die Augenbrauen und bilden die Grenze zwischen der Augenhöhle und der Stirn³⁶. Man unterscheidet den Kopf, Körper und Schwanz der Augenbrauen, die insgesamt meist 5–5,5 cm lang und etwa 1,3–1,5 cm hoch sind³⁹. Der Kopfteil ist in den meisten Fällen in einer aufsteigenden Kurve gebogen, während der Schwanz abfallend verläuft⁴⁰. Die Form der Augenbrauen wird zudem durch die Anatomie des Stirnbeins und die Aktivität verschiedener Muskeln beeinflusst, darunter der Musculus frontalis, der Musculus corrugator supercilii und der Musculus procerus³⁶. Der Musculus frontalis dient der Elevation der Augenbrauen und hebt diese an, während die Musculi corrugator supercilii und procerus die medialen Anteile der Augenbrauen senken¹⁸.

Die Verbindungspunkte des Ober- und Unterlids bezeichnet man im medialen Bereich als Endokanthion und im lateralen Augenbereich als Exokanthion. Das Exokanthion (auch lateraler Kanthus genannt) liegt in den meisten Fällen 2–4 mm höher als das Endokanthion (auch medialer Kanthus genannt)^{36,41}. Letzteres wird durch das mediale Kanthalband stabilisiert, das aus drei Abschnitten besteht: Der vordere Abschnitt setzt an der Maxilla an, während der hintere Abschnitt am posterioren Tränenkamm verankert ist und der obere Abschnitt am Os frontale¹⁸. Das Exokanthion wird durch das laterale Kanthalband stabilisiert, das vom lateralen Augenlid zum Whitnall-Tuberkel des Os zygomaticum, welches etwa 3–4 mm innerhalb der Orbita liegt, zieht^{18,42}. Beide Bänder sind essenziell für die Funktion und Stabilität der Augenlider, eine Erschlaffung kann zu einer Fehlstellung der Augenlider und ästhetischen Einschränkungen führen⁴³.

Innerhalb des oberen Augenlids befindet sich die Doppellidfalte, auch als obere Lidfalte bezeichnet, die ein charakteristisches Merkmal des periorbitalen Bereichs darstellt. Sie entsteht durch die oberflächlichen Ansätze der Levator-Aponeurose im Musculus orbicularis oculi und verläuft parallel zum Lidrand⁴⁴. Die Doppellidfalte liegt bei Frauen 7–11 mm und bei Männern 7–8 mm oberhalb des Lidrandes, während die Ansatzstelle des Levators 2–5 mm oberhalb des oberen Randes des Tarsus liegt^{18,19}.

Im Zentrum des periorbitalen Bereichs liegt die Nase und nimmt damit eine bedeutende Stellung als Verbindung der medialen Augenstrukturen ein. Der Musculus procerus hat seinen Ursprung an den lateralen Anteilen des Nasenbeins und senkt bei Kontraktion die medialen Augenbrauen, wodurch die zentral gelegenen horizontalen Falten im Bereich der Glabella entstehen¹⁸. Die Kontur der Nase ist somit ebenfalls äußerst relevant für die funktionelle und ästhetische Einheit des Gesichts und der Augen³⁷.

2.3 Einflussfaktoren des periorbitalen Bereichs

2.3.1. Ethnische Unterschiede

Die Augenlider, Augenbrauen und Lidfalten spielen, wie in Kapitel 2.2 erwähnt, eine zentrale Rolle in der funktionellen Anatomie des Gesichts, aber auch in der ästhetischen Wahrnehmung. Allerdings variiert die Ausprägung der einzelnen anatomischen Komponenten deutlich zwischen den verschiedenen Ethnien⁴⁵, was eine einheitliche Betrachtung erschwert. Die charakteristischen Unterschiede im periorbitalen Bereich sind nicht nur für Chirurgen der Augenheilkunde, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und plastisch-ästhetischen Medizin von großer Relevanz, sondern auch wichtig, um Krankheitsentwicklungen sowie Alterungsprozesse besser zu verstehen. Eine Vielzahl morphologischer Parameter unterscheidet sich zwischen den Ethnien, darunter die Breite und Höhe der Lidspalte, die Höhe und Dicke der Augenbrauen, der Winkel und die Neigung der Lidspalten, die Distanzen zwischen Endokanthion und Exokanthion sowie der Abstand der Pupillen^{20,46}.

Das Wissen über ethnische Variationen ist insbesondere in der rekonstruktiven und ästhetischen Chirurgie der periorbitalen Region relevant, da es hier auch starke Unterschiede zwischen der vorliegenden Anatomie und den Vorstellungen der Patienten gibt. Beispielsweise wird in asiatischen Bevölkerungsgruppen häufiger das sogenannte „Monolid“, also das Fehlen der Doppellidfalte, als weniger attraktiv angesehen⁴⁷. Eine Operation zur Konstruktion einer Oberlidfalte, häufig in Form einer Blepharoplastik, ist in diesen Regionen besonders beliebt und beeinflusst damit die Technik und Zielsetzung des Chirurgen⁴⁷.

Bislang gibt es nur wenige Studien, die direkt die anatomischen Regionen des Gesichts zwischen ethnischen Gruppen verglichen haben. Eine bedeutende Studie von *Packiriswamy et al.*⁴⁵ verglich jeweils 200 malaysische Malaien, Chinesen und Inder in Bezug auf ihre periorbitale Anatomie. Die Ergebnisse zeigten signifikante Unterschiede in der Augenbrauenhöhe, der Breite der Lidspalte und der interkanthalen Distanz zwischen den ethnischen Gruppen. So wies die Gruppe der malaysischen Inder eine signifikant größere Lidspalte auf als die Gruppen der malaysischen Malaien und Chinesen. Die interkanthale

Distanz, also der Abstand zwischen Endokanthion und Exokanthion, war hingegen bei der malaysisch-chinesischen Bevölkerungsgruppe am größten. Weiterhin zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede in der Höhe der Lidspalte, der Neigung der Lidspalte, der Neigung des medialen Kanthus, der Dicke und Höhe der Augenbrauen, der Distanz zwischen den Augenbrauen und den Distanzen vom Scheitelpunkt der Augenbrauen zu verschiedenen Messpunkten ⁴⁵. Die vorgelegten Daten zeigen, dass eindeutige Unterschiede zwischen den Ethnien bestehen, die in der Chirurgie von hoher Relevanz sind, um zufriedenstellende Ergebnisse bei Patienten zu erzielen.

Die Datenlage zum Vergleich zwischen kaukasischen und chinesischen Bevölkerungsgruppen ist bislang wenig untersucht. Die meisten Studien, wie die von *Park et al.* ²⁰, untersuchten meist nur die Parameter der asiatischen oder chinesischen Bevölkerung, ein Vergleich mit kaukasischen Werten blieb allerdings weitgehend aus. Die vermessenen Parameter, wie die Breite und Höhe der Lidspalte oder die Neigung des Lidspalts, wiesen in dieser Studie im Vergleich zu Vorstudien keine signifikanten Unterschiede auf, was jedoch auch auf uneinheitliche Vermessungsmethoden zurückzuführen sein könnte.

Die Studie von *Wirthlin et al.* ²² aus dem Jahr 2013 verglich Gesichtsformen von erwachsenen chinesischen und kaukasischen Populationen unter Verwendung einer dreidimensionalen Gesichtsbildgebung. Auch wenn der Fokus der Studie auf kieferorthopädischen Parametern lag und der periorbitale Bereich nur marginal untersucht wurde, zeigten sich relevante Unterschiede zwischen den Ethnien. Insbesondere im Bereich der Nasenspitze, des Jochbeins, der Lippen, der Stirn, des Kinns und auch in der periorbitalen Region zeigten sich signifikante Unterschiede. Der mittlere Unterschied zwischen männlichen Chinesen und Kaukasiern betrug $2,83 \pm 2,20$ mm, während er bei weiblichen Chinesen und Kaukasiern $2,73 \pm 2,20$ mm betrug ²². Diese Werte wurden durch die Ermittlung dreidimensionaler Gesichtsabdrücke generiert, die dann für die verschiedenen Ethnien zu einem Standardabdruck zusammengefasst wurden. Die Unterschiede der Gesichtsabdrücke wurden auch mittels einer Farbkarte kodiert, wodurch die divergierenden Regionen zwischen den Ethnien deutlich visualisiert werden konnten. Vor allem im periorbitalen Bereich traten signifikante Unterschiede zutage, jedoch erfolgte keine detailliertere Analyse dieser komplexen Region. Die Ergebnisse der Studie zeigen somit das Vorliegen signifikanter Unterschiede zwischen kaukasischen und chinesischen Bevölkerungsgruppen und unterstreichen die Notwendigkeit einer detaillierteren Vermessung des periorbitalen Bereichs, um ethnisch spezifische Normwerte erstellen zu können.

Insgesamt zeigt sich, dass die ethnischen Unterschiede in der periorbitalen Region signifikant sind und in vielen Studien^{6,21,22,45,46} mehrfach nachgewiesen wurden. In Kombination mit den divergierenden ästhetischen Vorstellungen der ethnischen Gruppen⁴⁸ stellen die Ergebnisse Chirurgen vor die Herausforderung einer differenzierten und kultursensiblen Herangehensweise bei Operationen im periorbitalen Bereich. Die bislang übliche Orientierung an kaukasischen Normwerten birgt die Gefahr, zufriedenstellende Ergebnisse für die chinesische Bevölkerung zu verfehlen²⁰. Dies ist durch die steigende Beliebtheit und Zahl der Eingriffe im periorbitalen Bereich in dieser Ethnie von besonderer Relevanz⁴⁷.

2.3.2. Geschlechtsspezifische Unterschiede

Neben den Unterschieden in der periorbitalen Region zwischen ethnischen Gruppen bestehen auch geschlechtsspezifische Differenzen. Diese Unterschiede beeinflussen das Erscheinungsbild und die chirurgische Herangehensweise, insbesondere in der plastischen und rekonstruktiven Chirurgie des Gesichts. Auch wenn die Datenlage für die allgemeinen geschlechtsspezifischen Unterschiede besser untersucht ist als die ethnischen Unterschiede zwischen kaukasischen und chinesischen Gruppen, besteht weiterhin Bedarf, detailliertere Referenzwerte für den periorbitalen Bereich zu erheben⁴⁵.

In mehreren Studien zeigte sich, dass Frauen im Vergleich zu Männern im Durchschnitt eine höhere Position der Augenbrauen aufweisen^{45,49,50}. Diese höhere Augenbrauenposition wird als ästhetisches Merkmal des weiblichen Gesichts betrachtet und verleiht diesem einen jugendlicheren Ausdruck^{45,51}. Neben der Position bestehen auch Unterschiede in der Form der Augenbrauen, insbesondere am Apex, dem höchsten Punkt der geschwungenen Augenbraue. Dieser ist bei Frauen tendenziell stärker ausgeprägt und steiler als bei Männern; zudem unterscheidet sich die Distanz des Apex zum lateralen kornealen Limbus⁴⁹.

Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern sind auch bei den Maßen der Augenlider festzustellen. Männer weisen eine breitere Lidspalte auf, was auf die allgemein größeren kraniofazialen Strukturen des männlichen Geschlechts zurückzuführen ist⁵². Im Vergleich dazu haben Frauen meist eine vertikal größere Lidspalte, was aufgrund der generell kleineren Gesichtsstrukturen stärker ins Gewicht fällt⁴⁵. In einer Studie von *Price et al.*⁴⁹ konnte auch eine stärkere Neigung der Lidspalte bei Frauen im Vergleich zu Männern nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigte die Studie, dass die Oberlidfalte, insbesondere bei jüngeren Frauen, höher positioniert ist als bei gleichaltrigen Männern.

Diese dargestellten geschlechtsspezifischen Unterschiede im periorbitalen Bereich haben einen direkten Einfluss auf die chirurgischen Methoden und Zielsetzungen. Bei ästhetischen

Eingriffen, wie Augenbrauen- und Augenlidstraffungen, muss die natürliche Form und Position der Augenbrauen sorgfältig berücksichtigt werden, um ein harmonisches und natürliches Ergebnis zu erzielen⁴⁹. Während bei Frauen oft eine subtile Anhebung der Augenbrauen und eine Straffung der Oberlider gewünscht wird, um die feminine Ästhetik zu betonen, ist bei Männern häufig eine konservativere Vorgehensweise erforderlich, um eine übermäßige Feminisierung zu vermeiden^{45,51}.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die geschlechtsspezifischen Unterschiede im periorbitalen Bereich eine hohe Relevanz für die ästhetische und rekonstruktive Chirurgie des Gesichts haben. Die Berücksichtigung dieser Unterschiede ist entscheidend, um ästhetisch ansprechende und funktionell zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Somit ist es notwendig, die chirurgischen Zielsetzungen bei Frauen klar von denen bei Männern abzugrenzen.

2.3.3. Altersbedingte Veränderungen

Die periorbitale Region ist stark vom Alterungsprozess betroffen, weshalb die Kenntnis der altersbedingten Veränderungen von besonderer Relevanz ist. Nur durch die Kombination der bereits genannten ethnisch-spezifischen und geschlechtsspezifischen Unterschiede mit den altersbedingten Veränderungen, lassen sich umfassende Aussagen zum periorbitalen Bereich treffen. Insbesondere bei ästhetischen oder rekonstruktiven Eingriffen ist es zwingend erforderlich, die altersbedingten Veränderungen zu kennen, um Ergebnisse zu vermeiden, die das Gesicht entweder deutlich zu jung oder zu alt wirken lassen.

Eine der markantesten altersbedingten Veränderungen betrifft die horizontale Länge der Lidspalte. Diese nimmt in den ersten Lebensjahrzehnten bis etwa zum 25. Lebensjahr zu und verlängert sich insgesamt um etwa 10 %⁵⁰. Das Wachstum ist auf die Entwicklung der knöchernen Strukturen des Gesichts sowie die Ausbildung des Weichgewebes zurückzuführen⁵⁰. Ab einem Alter von etwa 45 Jahren kehrt sich dieser Prozess um: Ab diesem Zeitpunkt wird eine langsame Verkürzung der horizontalen Lidspalte beobachtet, die erneut etwa 10 % beträgt⁵⁰. Die Ursache liegt hierbei in der altersbedingten Erschlaffung der medialen und lateralen Lidbänder, wodurch keine ausreichende Spannung der Lider mehr gewährleistet werden kann⁵³. Gleichzeitig führt dies zu einer Verlagerung des lateralen Augenwinkels nach medial, was durch eine Verringerung der Distanz zwischen der Hornhautoberfläche und dem lateralen Kanthus nachgewiesen werden kann^{50,53,54}.

Parallel zu den Veränderungen der horizontalen Länge der Lidspalte kommt es ebenfalls zu einer Verlagerung des Unterlids. Mit zunehmendem Alter sinkt das Unterlid langsam ab^{50,55},

was durch die Messung der Distanz zwischen dem Unterlidrand und dem Pupillenzentrum ermittelt wird. Bei Männern tritt diese Veränderung stärker auf als bei Frauen: Bei Männern wurde ein Absinken des Unterlids um etwa 1 mm festgestellt, während es bei Frauen etwa 0,5 mm beträgt⁵⁰. Dieser Unterschied könnte eine Erklärung dafür liefern, dass Lidfehlstellungen wie Entropium (Einwärtsdrehung des Augenlids) oder Ektropium (Auswärtsdrehung des Augenlids) im Alter bei Männern häufiger auftreten als bei Frauen⁵⁰.

Nicht nur das Unterlid, sondern auch das Oberlid ist von altersbedingten Veränderungen betroffen. Bei jungen Menschen liegt der höchste Punkt des unteren Randes des Oberlids deutlich medial und verleiht dem Auge eine mandelförmige Kontur⁵⁶. Mit zunehmendem Alter verlagert sich häufig der höchste Punkt deutlich nach lateral und verändert damit auch die Augenform. Dieser Prozess ist bei vielen, jedoch nicht bei allen Menschen zu beobachten; es sind jedoch keine Fälle bekannt, in denen sich der höchste Punkt des Oberlids nach medial verlagert⁵⁶.

Auch die Position der Augenbrauen verändert sich im Laufe des Lebens. Mit zunehmendem Alter zeigt sich sowohl bei Männern als auch bei Frauen eine Anhebung der Augenbrauen⁵⁷. Dies erscheint zunächst widersprüchlich, da die meisten Strukturen im Alter an Spannung verlieren und infolgedessen absinken. Die erhöhte Augenbrauenposition wird jedoch durch die vermehrte Aktivität des Musculus frontalis – einem zentralen Muskel für die Stirnanhebung – erklärt⁵⁷.

Neben den Veränderungen der muskulären Strukturen sind auch die Haut und das subkutane Gewebe des periorbitalen Bereichs betroffen. Mit zunehmendem Alter nimmt die Elastizität der Haut ab, vor allem aufgrund der Exposition gegenüber UV-Strahlung, die im Gesicht besonders hoch ist⁵⁸. Die Haut der Augenlider verliert mit der Zeit an Spannung und sinkt aufgrund der Schwerkraft ab. Dieser pathophysiologische Mechanismus ist ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von Schlupflidern oder Dermatochalasis⁵⁹. Neben dem Elastizitätsverlust der Haut kommt es auch zu einer altersbedingten Atrophie des orbitalen Fettgewebes⁶⁰, was zu einem Enophthalmus (Zurückweichen des Augapfels) führt⁵⁰. Dies zeigt sich durch die Abnahme der Distanz zwischen dem lateralen Kanthus und der Kornea bei einem seitlichen Blick auf das Auge⁵⁰.

Aufgrund der gerade beschriebenen Prozesse sind altersbedingte Veränderungen für die Diagnostik und Therapie in der Augenheilkunde sowie in der plastischen Chirurgie von großer Bedeutung. Bei Operationen wie der Blepharoplastik oder Augenbrauanhebung ist es wichtig, die altersbedingten Veränderungen zu berücksichtigen, um Funktion und Ästhetik

wiederherzustellen⁶¹. Die komplexen Unterschiede und Veränderungen, bedingt durch Alter, Ethnie und Geschlecht, stellen eine große Herausforderung für Augenärzte und plastische Chirurgen bei der Behandlung jedes einzelnen Patienten dar.

2.4 Relevante Erkrankungen im periorbitalen Bereich

Der periorbitale Bereich ist häufig von Erkrankungen betroffen, die eine operative Therapie erforderlich machen. Alle bereits genannten Unterschiede und Parameter dieser Region sind dabei von hoher Relevanz, um bei einer Erkrankung und der entsprechenden Korrektur Orientierungswerte für die Rekonstruktion zu liefern. Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die häufigsten und relevantesten Erkrankungen der periorbitalen Region.

Zu den häufigsten Erkrankungen in diesem Bereich zählt das Ektropium, bei dem sich das Augenlid in verschiedenem Ausmaß nach außen verkippt. Meist ist hierbei das untere Augenlid betroffen, was häufig durch die Erschlaffung der Lidbänder entsteht, aber auch infolge von Lähmungen oder Narbenbildung auftreten kann⁶². Insbesondere bei älteren Menschen ist das Ektropium häufig; die Prävalenz in dieser Bevölkerungsgruppe liegt bei 2,9 % (1,5 % bei Frauen, 5,1 % bei Männern)⁶². Die Symptome dieses Krankheitsbilds basieren auf der Unfähigkeit des Lidschlusses und führen zu einer übermäßigen Tränenproduktion (Epiphora), Trockenheit der Augen und einer erhöhten Infektionsanfälligkeit⁶³. Die Behandlung besteht in der chirurgischen Straffung des Augenlids, um den vollständigen Lidschluss wiederherzustellen. Bleibt eine Behandlung aus, kann es zu dauerhaften Schäden der Kornea und der Konjunktiva kommen^{63,64}.

Das Gegenstück des Ektropiums ist das Entropium, bei dem sich das Augenlid nach innen, also in Richtung des Augapfels, dreht. Dieser Zustand tritt ebenfalls im Rahmen der altersbedingten Erschlaffung der Lidbänder auf, wobei vor allem das Unterlid betroffen ist. Die Prävalenz bei älteren Personen liegt bei 2,1 % (2,4 % bei Frauen, 1,9 % bei Männern)⁶². Ein typisches Symptom des Entropiums ist das Reiben der Wimpern auf der Kornea, ein Zustand, der als Trichiasis bezeichnet wird⁶⁴. Die ständige Reizung der Kornea kann zu schmerzhaften Entzündungen, Verletzungen der Hornhaut und im schlimmsten Fall zum Sehverlust führen⁶⁴. Ähnlich wie beim Ektropium besteht die Therapie beim Entropium in der chirurgischen Wiederherstellung der Lidspannung^{63,64}.

Dermatochalasis ist eine weitere häufige Erkrankung der periorbitalen Region und betrifft ebenfalls die Augenlider. Sie tritt durch den Alterungsprozess auf und führt zur Bildung von überschüssiger, schlaffer Haut an den Ober- und Unterlidern⁵⁹. Diese Hautüberschüsse können durch das Herunterhängen zu funktionellen Problemen wie einem eingeschränkten

Gesichtsfeld und ästhetischen Beeinträchtigungen führen. Die Behandlung erfolgt durch eine Blepharoplastik, also die chirurgische Entfernung der überschüssigen Haut und die Wiederherstellung der ursprünglichen Lidform ⁵⁹.

Abzugrenzen von der Dermatochalasis ist die häufig fälschlicherweise als Synonym verwendete Blepharochalasis. Dabei handelt es sich um eine seltene, meist in der Jugend beginnende Erkrankung, die durch rezidivierende Schwellungen und Ödeme der Augenlider gekennzeichnet ist ⁶⁵. Durch die wiederholte Dehnung der Lidhaut kommt es zu einer Erschlaffung und Atrophie ⁶⁶. Insbesondere junge Frauen sind betroffen und leiden unter den ästhetischen und funktionellen Einschränkungen ^{65,66}. Im Gegensatz zur kontinuierlich verlaufenden Dermatochalasis tritt die Blepharochalasis in Schüben auf; eine chirurgische Korrektur mittels Blepharoplastik ist somit nur außerhalb der Schübe sinnvoll ^{59,65}.

Das Basalzellkarzinom ist die häufigste Form von Hautkrebs und in nicht-asiatischen Ländern für 85–95 % der Augenlidtumoren verantwortlich ⁶⁷. Diese Tumoren wachsen in der Regel langsam und metastasieren sehr selten. Allerdings kann das Wachstum lokal zerstörend wirken und insbesondere im Bereich der Augenlider zu funktionellen Einschränkungen und erheblichen kosmetischen Problemen führen ⁶⁷. Die Therapie erfolgt durch die chirurgische Entfernung, wobei vor allem auf ein ästhetisches Operationsergebnis geachtet werden muss. Alternativ kann bei schwer zu operierenden Basalzellkarzinomen auch eine Radiotherapie angewendet werden ⁶⁸.

Insgesamt erfordern Erkrankungen des periorbitalen Bereichs eine hohe fachliche Expertise und stellen besondere Anforderungen an die funktionelle und ästhetische Rekonstruktion, da Entstellungen dieser Region mit einem hohen Leidensdruck für Patientinnen und Patienten einhergehen.

2.5 Aktueller Stand der Stereophotogrammetrie

Die Anthropometrie der kraniofazialen Strukturen wurde lange Zeit durch direkte Vermessungen mittels Linealen und Messschiebern durchgeführt. Etwas später kam die Nutzung der zweidimensionalen Bildgebung mittels verschiedener Kameras hinzu ^{69,70}. Die 3D-Bildgebung nimmt jedoch aufgrund ihrer Präzision und der Möglichkeit, die komplexe Oberfläche des Gesichts besser darzustellen, eine immer bedeutendere Rolle ein ⁷¹.

Die Nutzung der Stereophotogrammetrie zur anthropometrischen Vermessung wurde sowohl in der plastischen Chirurgie als auch in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie bereits erfolgreich eingesetzt, um den menschlichen Körper zu vermessen ⁷²⁻⁷⁵. Dadurch findet die

Stereophotogrammetrie bereits Anwendung in der Diagnostik und Therapieplanung in diesen Fachgebieten ^{15,16,76-78}.

Zur Aufnahme und Darstellung dreidimensionaler Bilder gibt es viele verschiedene Systeme, die weltweit eingesetzt werden ⁷⁹⁻⁸³. Nicht nur in der Arbeitsgruppe der Uniklinik Köln wird das Prinzip der Stereophotogrammetrie seit einiger Zeit für die Augenheilkunde getestet und validiert ^{11-14,71}, sondern auch an anderen Standorten weltweit ⁸⁴⁻⁸⁶. Bislang wurde zunächst die Präzision der VECTRA M3 Kamera nachgewiesen. In einer Studie von *Liu et al.* ⁸⁷ aus dem Jahr 2021 wurden fünf Objekte bekannter Größe (relevant war die Fläche) an sieben verschiedenen periokulären Landmarken platziert und dann mittels der 3D-Stereophotogrammetrie vermessen. Die Objekte wurden zum Vergleich auch bei zwei unterschiedlichen Ethnien und Geschlechtern platziert. Dabei zeigte sich eine hohe Präzision der VECTRA M3 Kamera bei allen Studienteilnehmern ⁸⁷.

In einer weiteren Studie von *Liu et al.* ⁸⁸ aus dem Jahr 2021 wurde sowohl die Intra- als auch Inter-Rater-Reliabilität der Stereophotogrammetrie untersucht. Dabei wurden zwei Bilderserien erstellt, wobei in der ersten Serie beide Reihen von derselben Person und in der zweiten Serie von zwei unterschiedlichen Personen aufgenommen wurden. Auch in dieser Studie konnte die VECTRA M3 Kamera ihre Reliabilität und Präzision bei der Darstellung des periorbitalen Bereichs nachweisen ⁸⁸.

Basierend auf der genannten Literatur wurden in weiteren Schritten zunächst einheitliche Landmarken im periorbitalen Bereich festgelegt ^{14,89-91}. Diese dienen als Ausgangspunkte für Distanzbestimmungen, Winkelberechnungen und Kurvenanalysen, welche die Grundlage der Vermessung des periorbitalen Bereichs darstellen ^{8-10,12}. Anhand der gemessenen Daten können Referenz- und Durchschnittswerte für die einzelnen anatomischen Bereiche generiert werden, um ein besseres Verständnis für die Veränderungen bei verschiedenen Krankheiten zu haben ⁹². Eine detaillierte Erläuterung der Landmarken und deren Verwendung erfolgt in den Kapiteln 3.3 und 3.4.

2.6 Zielsetzung und Fragestellungen der Studie

Der periokuläre Bereich ist eine wichtige, wenn nicht sogar die zentrale Region des Gesichts. Bei nahezu jedem zwischenmenschlichen Kontakt spielt er aufgrund seiner Bedeutung für Mimik und Kommunikation eine entscheidende Rolle ^{51,93,94}. Veränderungen in dieser Region können zu einem starken Funktionsverlust und erheblichen ästhetischen Beeinträchtigungen führen, die in der Regel durch einen chirurgischen Eingriff korrigiert werden können. In einer derart komplexen Region wie dem periorbitalen Bereich, der sich aus einer Vielzahl kleiner anatomischer Strukturen zusammensetzt, ist es äußerst anspruchsvoll ein zufriedenstellendes

Operationsergebnis zu erzielen. Durch moderne Techniken wie die Stereophotogrammetrie kann das Gesicht eines Patienten dreidimensional vermessen werden, wodurch detaillierte Werte für einzelne Distanzen, Winkel und Kurven des periorbitalen Bereichs ermittelt werden können. Diese Datensätze können anschließend mit Referenzwerten für die Region verglichen werden, um die notwendigen chirurgischen Korrekturen zu bestimmen.

Die Validität der Stereophotogrammetrie bzw. in diesem Fall der VECTRA-M3-Kamera wurde bereits in vorherigen Studien, unter anderem auch durch die Arbeitsgruppe von Prof. Heindl, nachgewiesen ^{8,9,11-14,71}. Daher sind die erhobenen Daten bei korrekter Aufnahme als zuverlässig und valide einzuschätzen.

Die aktuellen Referenzwerte weisen dabei vor allem zwei Probleme auf: Erstens sind sie zu undetailliert, und zweitens wurden sie auf Basis einer kaukasischen Bevölkerungsgruppe bestimmt.

Ein Hauptziel der Studie besteht in der detaillierten Erhebung von Normwerten des periorbitalen Bereichs. Durch die Definition standardisierter Landmarken und die daraus resultierenden Distanzen, Winkel, Kurven, Flächen und Neigungen soll ein umfassender Katalog von periorbitalen Parametern erstellt werden. Diese sollen perspektivisch in der standardmäßigen Operationsplanung von Eingriffen im periorbitalen Bereich genutzt werden.

Ein weiterer zentraler Aspekt dieser Studie besteht im Vergleich der periorbitalen Region zwischen kaukasischen und chinesischen Probanden. Die bislang verwendeten Referenzwerte stammen aus Studien an kaukasischen Probanden und spiegeln nicht die Diversität des Gesichts in verschiedenen ethnischen Gruppen wider. Um in der kraniofazialen Chirurgie zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen, sind daher ethnisch spezifische Normwerte erforderlich. Durch die Erhebung periokulärer Parameter bei einer chinesischen Probandengruppe und den anschließenden Vergleich mit den kaukasischen Probanden können wichtige Erkenntnisse gewonnen werden.

Neben den ethnischen Unterschieden zielt die Studie auch darauf ab, die Geschlechter miteinander zu vergleichen und daraus ebenfalls detaillierte Erkenntnisse abzuleiten. Der periorbitale Bereich unterscheidet sich zwischen Männern und Frauen deutlich, wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben. Daher sind differenzierte Werte eine grundlegende Voraussetzung für chirurgische Eingriffe in dieser Region.

Insgesamt ist das Ziel der Studie, einen detaillierten Vergleich des periorbitalen Bereichs mittels Stereophotogrammetrie zwischen kaukasischen und chinesischen Probanden

durchzuführen. Darüber hinaus sollen auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede analysiert werden, um aus den erhobenen Daten Richtwerte für zukünftige Operationen zu generieren.

Im Rahmen der Studie sollen die folgenden Fragestellungen näher beleuchtet bzw. beantwortet werden:

- Welche Unterschiede bestehen im periorbitalen Bereich zwischen kaukasischen und chinesischen Personen?
- Wie unterscheidet sich die periorbitale Region bei Männern und bei Frauen in einer jungen Bevölkerungsgruppe?
- Wie können die erhobenen Parameter perspektivisch als standardisierte Richtwerte für Operationen der Region genutzt werden?
- Welche Rolle kann die Stereophotogrammetrie zukünftig in der Augenheilkunde bzw. in der kraniofazialen Chirurgie einnehmen?

3. Material und Methoden

3.1 Patientenrekrutierung und allgemeine Methoden

3.1.1. Patienten

Alle unsere Studienteilnehmer nahmen freiwillig an der Studie teil und wurden im Zeitraum von November 2021 bis Oktober 2023 am Zentrum für Augenheilkunde der Uniklinik Köln rekrutiert. Alle Teilnehmer hatten eine normgerechte periokuläre Region mit regelrechten Augenlidern sowie Augenbrauen und keine Vorerkrankungen, die operative Eingriffe im periokulären Bereich erforderlich gemacht hätten, und keine Pathologien, die die Form der Augenregion beeinträchtigen könnten. Zu den Ausschlusskriterien der Teilnehmer gehörten eine Vorgeschichte mit kraniofazialen Deformitäten, eine ausgeprägte Gesichtsasymmetrie sowie Voroperationen im Bereich der Augenlider, Augenbrauen oder des Weichteilgewebes der Augen.

Um einen Vergleich zwischen der kaukasischen und chinesischen Population zu ermöglichen, wurden gezielt Probanden mit kaukasischer und chinesischer Herkunft ausgewählt.

Alle Studienteilnehmer wurden vor Durchführung der Studie aufgeklärt und haben eine schriftliche Einwilligungserklärung unterzeichnet. Alle durchgeführten Verfahren und Aufnahmen an den menschlichen Studienteilnehmern wurden zuvor von der Ethikkommission der Universität zu Köln genehmigt (Genehmigungsnummer: 17-199). Das gewählte Studienprotokoll erfüllte die Voraussetzungen der Deklaration von Helsinki: „Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen“.

3.1.2. Datenerhebung

Die Datenerhebung für unsere Studie erfolgte mit dem VECTRA-M3 3D Imaging System von Canfield Scientific, Inc., Parsippany, NJ, USA. Für jeden Studienteilnehmer wurden dabei zwei Bilderreihen in einem speziell dafür vorgesehenen Raum der Uniklinik Köln aufgenommen.

Die VECTRA-M3 Kamera wird jeden Morgen vor dem Kontakt zu Patienten durch geschultes Personal sorgfältig kalibriert. Standardmäßig wird ebenfalls eine Kalibrierung durchgeführt, wenn das Kamerasystem berührt oder verschoben wurde. Die Aufnahme der Bilderreihen erfolgt durch speziell geschulte Untersucher des Zentrums für Augenheilkunde nach einem standardisierten Protokoll, bei dem Sitzposition, Augenposition, Lichtverhältnisse und Mimik der Teilnehmer einheitlich gehalten werden.

Das VECTRA Analysis Modul erstellt aus den aufgenommenen Bildern anschließend ein messbares 3D-Modell. An diesem Modell werden dann in allen Bilderreihen die gleichen fünf anatomischen Landmarken mittels des VECTRA Analysis Moduls (VAM) platziert. Auf Grundlage dieser Landmarken generiert die Software die weiteren Referenzpunkte, Linien und Flächen, die für den Vergleich der periokulären Region verwendet werden.

3.1.3. Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung wurden die erhobenen Daten in ein Excel-Dokument eingegeben (Microsoft Excel, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS Statistics für Mac, Version 27.0 (Armonk, NY: IBM Corp) durchgeführt.

Um die Daten zu pseudonymisieren, wurde jedem Auge ein Code zugewiesen. Die deskriptive Statistik für die kontinuierlichen Variablen wurde als Mittelwert, Standardabweichung (Mittelwert \pm SD) sowie 95 %-Konfidenzintervalle dargestellt. Zur Überprüfung der Normalverteilung der Daten wurde der Shapiro-Wilk-Test verwendet. Zur Bewertung der Unterschiede in der Geschlechterzusammensetzung zwischen der kaukasischen und chinesischen Population wurde der Pearson-Chi-Quadrat-Test angewendet.

Um die Altersunterschiede der vier gebildeten Gruppen (chinesische Männer, chinesische Frauen, kaukasische Männer, kaukasische Frauen) zu analysieren, wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Zur Bewertung der statistischen Unterschiede zwischen dem linken und rechten Auge bei 29 Paaren wurde ein paarweise zugeordneter t-Test mit Bonferroni-Korrektur verwendet ($p < 0,002$). Eine multivariate ANOVA wurde durchgeführt, um die statistischen Unterschiede der vier Gruppen zu bestimmen und die Signifikanz unter Berücksichtigung multipler Vergleiche mit der Bonferroni-Korrektur zu bewerten. Ein mittlerer Unterschied gilt bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ als statistisch signifikant. Die grafischen Darstellungen wurden mit GraphPad, Version 10.3.1, erstellt.

3.2 Stereophotogrammetrie mittels VECTRA-M3

3.2.1. Allgemeine Informationen und Kalibrierung

Das in dieser Studie verwendete Kamerasystem VECTRA-M3 von Canfield Scientific ist eine stationäre Kamera, die zur anthropometrischen Aufnahme und Vermessung der Gesichtsregion entwickelt wurde. Neben seiner Anwendung in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie wird das System der dreidimensionalen Bildgebung zunehmend auch in der Augenheilkunde eingesetzt ⁸⁻¹⁰.

Das in Abbildung 1 gezeigte VECTRA-M3-Kamerasystem verfügt über sechs integrierte Kameras mit einer geometrischen Auflösung von 1,2 mm und einer Aufnahmezeit von 3,5 ms ¹⁴. Dabei werden aus sechs verschiedenen Winkeln mehrere Bilderreihen innerhalb der 3,5 ms aufgenommen ^{2,95}. Das Kamerafeld ist so ausgerichtet, dass sowohl von Ohr zu Ohr als auch vom Kinn bis zur Stirn des Patienten eine vollständige dreidimensionale Aufnahme erstellt werden kann ¹³. Aufgrund der integrierten Blitzeinheit sind standardisierte, gleichmäßig belichtete Bildaufnahmen möglich ⁹⁵.



Abbildung 1: VECTRA-M3 Kamera

Das Kamerasystem mit den sechs einzelnen Kameras verteilt auf drei Köpfe (Quelle: VECTRA M3 User Guide, Software Version 6.10, 2020 ²)

Neben der in Abbildung 1 dargestellten Aufnahmeeinheit gehört zum VECTRA-M3-System auch ein fest installierter Computer. Dieser verarbeitet die aufgenommenen Bilder und ermöglicht in späteren Schritten die Vermessung durch das VECTRA Analysis Modul. Die gesamte Ausstattung befindet sich in einem eigens dafür vorgesehenen Raum der Uniklinik Köln, der als Arbeitsplatz für die Stereophotogrammetrie genutzt wird.

Damit die dreidimensionale Bildgenerierung die richtigen Abstände und Verhältnisse der vermessenen Region präzise darstellen kann, muss das System regelmäßig durch geschultes Personal kalibriert werden. Ohne diesen Schritt sind die Ergebnisse der Stereophotogrammetrie nicht einheitlich und somit nicht vergleichbar. Die im Benutzerhandbuch empfohlenen Zeitpunkte für die Kalibrierung sind täglich vor der ersten Benutzung sowie bei Veränderungen oder Bewegungen der Kameraposition ².

Um das Gerät zu kalibrieren, aktiviert der Benutzer die Kalibrierungsfunktion und stellt sich in einem Abstand von einem Meter vor das Kamerasystem. Die Kalibrierungstafel ist mit einem Punkteraster und einem mittig platzierten „L“ ausgestattet. In den folgenden zwei Schritten wird der Buchstabe „L“ innerhalb eines Korridors auf dem Computerbildschirm ausgerichtet, wodurch das System kalibriert wird (siehe Abbildung 2). Nach erfolgreichem Abschluss der Kalibrierung ist das System einsatzbereit ².

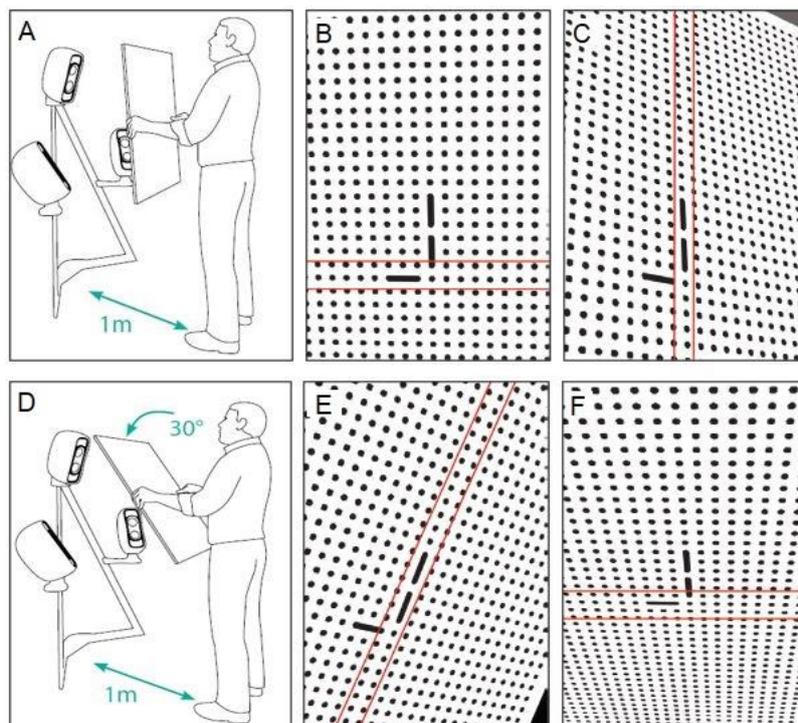


Abbildung 2: Kalibrierungsablauf der VECTRA-M3 Kamera

A: Kalibrierungsschritt 1; Der Benutzer steht etwa einen Meter vor der Kamera und richtet die vertikal stehende Kalibrierungstafel grob aus

B und C: Kalibrierungsschritt 1; Das Raster der Tafel mit dem „L“ wird innerhalb eines horizontalen und vertikalen Korridors ausgerichtet

D: Kalibrierungsschritt 2; Der Benutzer kippt die Kalibrierungstafel um 30° zum Kamerasystem hin

E und F: Kalibrierungsschritt 2; Das Raster der Tafel mit dem „L“ wird innerhalb eines horizontalen und vertikalen Korridors ausgerichtet

(Quelle: modifiziert von VECTRA M3 User Guide, Software Version 6.10, 2020 ²)

3.2.2. Ablauf der Bildaufnahme

Für unsere Studie wurde pro Studienteilnehmer jeweils eine Bilderreihe aufgenommen. Die Teilnehmer wurden im Arbeitsraum der Stereophotogrammetrie zunächst kurz über das Kamerasystem informiert. Insbesondere das ungewollte Berühren oder Verstellen des Kamerasystems führt zu einer erneuten Kalibrierung und damit zu Verzögerungen im Bildaufnahmeprozess.

Anschließend wurden die Teilnehmer auf einem Stuhl mittig und in einem Abstand von etwa einem Meter vor der Kamera positioniert. Anhand eines integrierten Spiegels auf Höhe der Augen der Teilnehmer wird zunächst grob die Höhe des Stuhls eingestellt.

Vor der exakten Ausrichtung durch das Personal muss das Gesicht von möglichen Störfaktoren befreit werden. Teilnehmer, die eine Brille oder eine Gesichtsmaske tragen, müssen diese abnehmen. Bei geschminkten Teilnehmern muss das Make-up im gesamten Gesicht entfernt werden. Haare, die über die Stirn fallen, müssen mit einer Haarklammer aus dem Aufnahmebereich entfernt werden. Schweiß, Reste von Gesichtscremes oder andere glänzende Partikel im Gesicht müssen ebenfalls entfernt werden. Jeglicher entfernbare Gesichtsschmuck sollte abgenommen werden, um Artefakte im dreidimensionalen Bild zu vermeiden ^{2,13,14,95}.

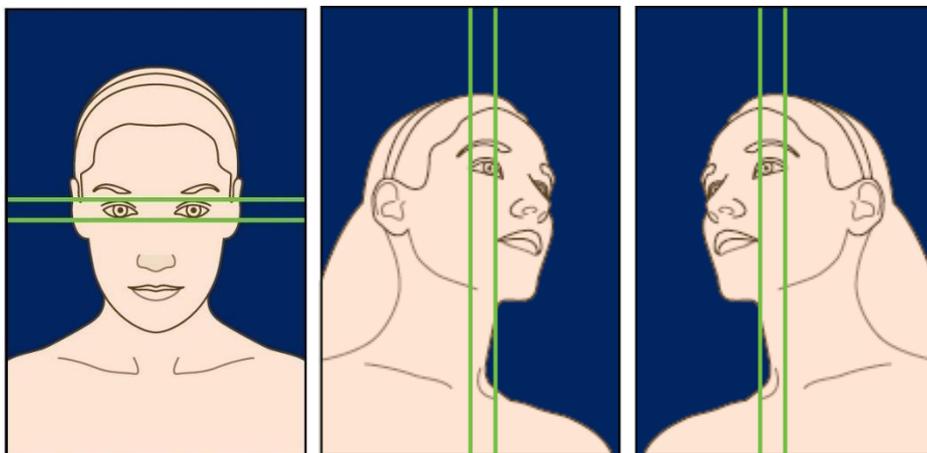


Abbildung 3: Ausrichtungslinien der VECTRA M3 Software

(Quelle: VECTRA M3 User Guide, Software Version 6.10 Seite 28, 2020 ²⁾)

Die Teilnehmer werden gebeten, einen neutralen Gesichtsausdruck einzunehmen und die Lippen zu schließen. Mittels der Ausrichtungslinien am Computer und durch Verschieben des Stuhls werden die Studienteilnehmer in die korrekte Position gebracht. Befinden sich die Augen der Teilnehmer innerhalb der Ausrichtungskorridore (siehe Abbildung 3), wird über eine Fernbedienung eine Bilderreihe aufgenommen. Um ein reflektorisches Schließen der Augen

durch den Blitz der Kamera zu verhindern, werden die Teilnehmer kurz vor dem Auslösen gewarnt. Insgesamt dauert die Bildaufnahme pro Teilnehmer etwa fünf Minuten. Das hier beschriebene Verfahren entspricht dem bereits validierten Vorgehen in vorherigen Arbeiten unserer Arbeitsgruppe ¹¹⁻¹⁴.

3.2.3. Face Sculptor und VECTRA Analyse Modul

Anschließend generiert die VECTRA-Software aus den zweidimensionalen Bilderreihen innerhalb von etwa drei Minuten ein dreidimensionales Gesichtsmodell. Dieses wird als Datei im hauseigenen Bearbeitungsprogramm „Face Sculptor“ gespeichert. Innerhalb dieser Software kann das Modell gedreht, gekippt, verschoben und rotiert werden. Zur detaillierten Darstellung von spezifischen Regionen, wie beispielsweise dem periorbitalen Bereich, kann das Modell digital vergrößert werden. Mit speziellen Funktionen können die Pigmentierung des Gesichts oder auch die Durchblutung hervorgehoben werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Gesicht zu vermessen oder eine Operationsplanung mit potenziellen Gesichtsveränderungen vorzunehmen, wobei das Modell im Programm dynamisch moduliert wird ^{2,95}. In dieser Studie wurden keine dieser erweiterten Funktionen genutzt; es wurde lediglich das generierte Modell auf Artefakte und die korrekte Darstellung des periorbitalen Bereichs geprüft.



Abbildung 4: Modell im Face Sculptor

Das generierte dreidimensionale Modell wird im Face Sculptor auf Artefakte und seine Wertigkeit geprüft

(Quelle: VECTRA M3 User Guide, Software Version 6.10 Seite 34, 2020 ²)

Das VECTRA Analysis Modul (VAM) ist ein weiteres integriertes Programm, das in dieser Studie als Grundlage für alle Vermessungen und die Bestimmung der Parameter diente. Das zuvor aufgenommene 3D-Modell wird im VAM geöffnet. Auch hier kann das Modell gedreht, geschwenkt, verschoben und um sich selbst rotiert werden. Zusätzlich generiert die Software ein Koordinatensystem, mit dem eine exakte Vermessung und die Platzierung von Landmarken im Modell ermöglicht wird.

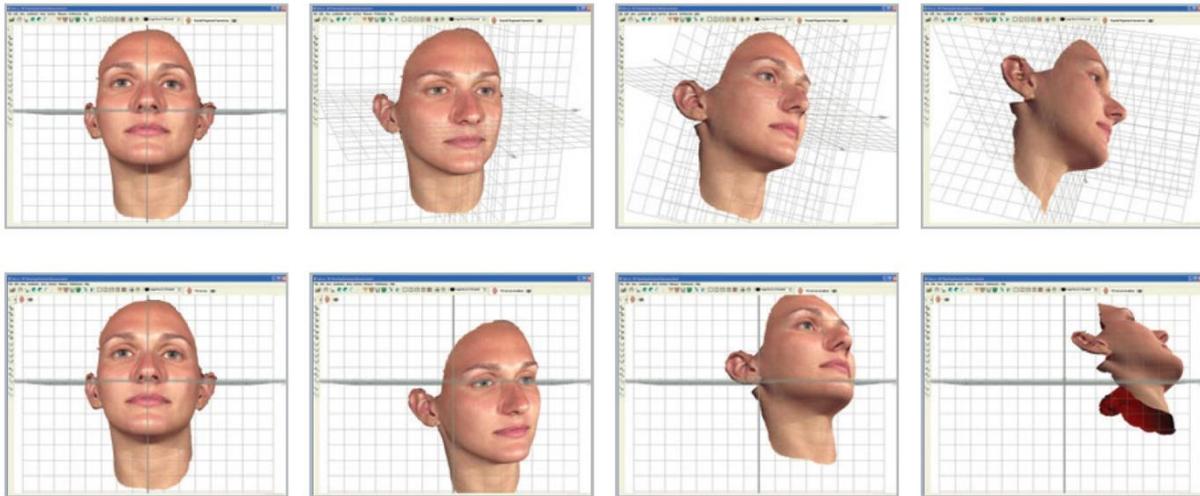


Abbildung 5: Modell im VECTRA Analyse Modul

Ein generiertes Modell als Datei im VECTRA Analyse Modul. Durch das Koordinatensystem und die Freiheitsgrade der Bewegung des Kopfmodells ist die exakte Vermessung möglich.

(Quelle: VECTRA M3 User Guide, Software Version 6.10 Seite 93, 2020 ²)

Neben den Landmarken können sowohl lineare Distanzen als auch Kurven bestimmt werden. Diese basieren auf den zuvor gesetzten Landmarken. Durch diese können auch Winkel, Umfänge und das Zentrum eines Kreises berechnet werden. Die Zuverlässigkeit dieser Funktionen wurde bereits in mehreren Studien validiert ^{13,96}.

3.3 Platzierung der Landmarken

Nach der Bildaufnahme erfolgt die Platzierung der Landmarken im Analyseprogramm der VECTRA-M3-Kamera. Durch die in Kapitel 3.2.3 beschriebenen Funktionen wird eine fokussierte Darstellung des periorbitalen Bereichs erreicht, um die erforderlichen Landmarken präzise platzieren zu können.

Bei jedem Studienteilnehmer werden die fünf Hauptlandmarken Endokanthion, Exokanthion, Pupillarzentrum sowie der mediale und laterale korneosklerale Limbus manuell durch erfahrene Anwender gesetzt.

Für alle anatomischen Landmarken gibt es Definitionen, nach denen die Punkte gesetzt werden. Das Endokanthion beschreibt die innere, zur Nase liegende Kommissur der Lidspalte. Das Exokanthion ist das äußere Gegenstück, also die von der Nase entfernte, laterale Kommissur der Augenlider. Das Pupillarzentrum ist die exakte Mitte der Pupille, welche durch ein eigenes Tool zur Bestimmung des Zentrums von Kreisen ermittelt wird. Der mediale und laterale korneosklerale Limbus beschreibt die Schnittstellen einer horizontalen Linie, die durch das Pupillarzentrum verläuft, mit dem Limbus. Der Limbus ist definiert als der Übergang vom klaren Gewebe der Hornhaut zum undurchsichtigen Gewebe der Sklera.

Basierend auf den fünf Hauptlandmarken werden 27 weitere Landmarken auf jedem Auge platziert. Dabei werden vertikale und horizontale Linien, ausgehend von den Hauptmarkierungen, mit Hilfe des VECTRA Analysis Moduls generiert, auf denen dann die zusätzlichen Landmarken gesetzt werden^{8,11,13,14}. Der Ablauf der Landmarkenplatzierung ist in Abbildung 7 dargestellt.

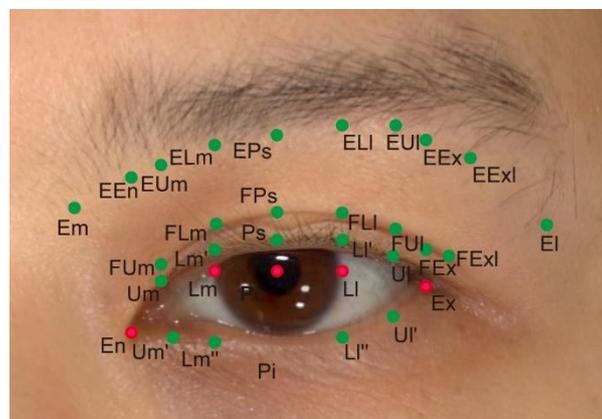


Abbildung 6: Landmarken der Studie.

Rot: Hauptlandmarken. Grün: weitere Landmarken basierend auf den Hauptlandmarken

Quelle: Abbildung von *T. Gao et al*¹

Die Relevanz der ausgewählten Landmarken wurde in früheren Studien bereits nachgewiesen⁸⁹⁻⁹¹. Es wird zwischen Landmarken der Augenbrauen, des oberen Augenlids und des unteren Augenlids unterschieden. Insgesamt ergeben sich so 32 Landmarken im periorbitalen Bereich, die als Grundlage für die Berechnung von Distanzen, Linien und Winkeln dienen. Eine vollständige Übersicht aller Landmarken ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die Präzision der Landmarken wurde ebenfalls in früheren Studien überprüft. Dazu wurden rechteckige Papierstücke an die Stirn von Probanden angebracht und anschließend im VECTRA Analysis Modul vermessen. Dabei zeigte sich eine sehr hohe Übereinstimmung der Messwerte, was als Grundlage für den Vergleich zwischen verschiedenen Patienten dient^{87,88}.

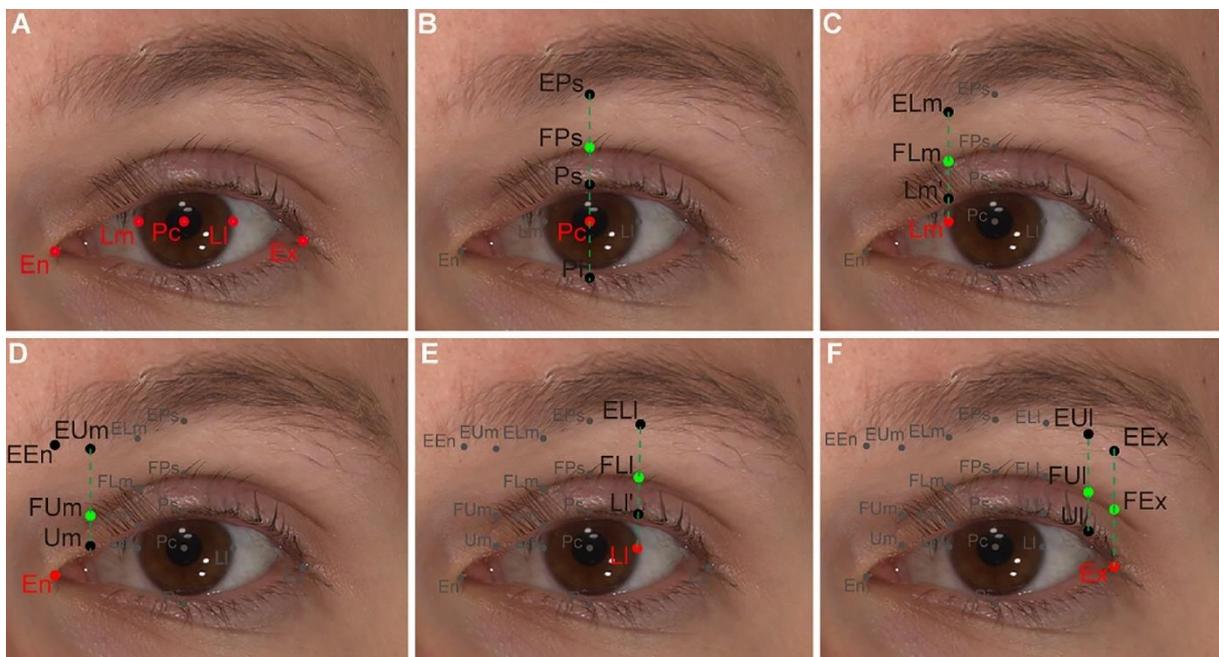


Abbildung 7: Ablauf der Platzierung von Landmarken in der periorbitalen Region.

(A) Platzierung der fünf Hauptlandmarken: Endokanthion, Exokanthion, Pupillarzentrum, medialer korneoskleraler Limbus und lateraler korneoskleraler Limbus.

(B) Platzierung der vertikal zum Pupillarzentrum liegenden Punkte: untere Lidkante (Pi), obere Lidkante (Ps), obere Lidfalte (FPs) und unterer Augenbrauenrand (EPs).

(C) Platzierung der vertikal zum medialen korneoskleralen Limbus liegenden Punkte: obere Lidkante (Lm'), obere Lidfalte (FLm) und unterer Augenbrauenrand (ELm).

(D) Zwischen dem Endokanthion und der oberen Lidkante (Lm') wird mittig der Punkt Um an der oberen palpebralen Kante auf Höhe der Wimpernwurzel gesetzt. Vertikal zu Um werden die obere Lidfalte (FUm) und der untere Augenbrauenrand (EUm) platziert. Der untere Augenbrauenrand vertikal zum Endokanthion wird als EEn markiert.

(E) Platzierung der vertikal zum lateralen korneoskleralen Limbus liegenden Punkte: obere Lidkante (LI'), obere Lidfalte (FLI) und unterer Augenbrauenrand (ELI).

(F) Zwischen dem Exokanthion und dem lateralen korneoskleralen Limbus wird mittig der Punkt UI an der oberen palpebralen Kante auf Höhe der Wimpernwurzel gesetzt. Vertikal zu UI werden die obere Lidfalte (FUI) und der untere Augenbrauenrand (EUI) platziert. Der untere Augenbrauenrand vertikal zum Exokanthion wird als EEx markiert.

Quelle: Abbildung von Y. Guo et al.¹¹

Tabelle 1 Definitionen der 32 gesetzten Landmarken

Landmarken	Definitionen
Hauptlandmarken	
En	Endokanthion, innerer Augenwinkel der Augenlidspalte
Ex	Exokanthion, äußerer Augenwinkel der Augenlidspalte
Pc	Pupillenmitte
Lm	Medialer korneoskleraler Limbus horizontal zur Pupillenmitte
LI	Lateraler korneoskleraler Limbus horizontal zur Pupillenmitte
Landmarken	<i>Basierend auf vertikalen Linien auf den Hauptlandmarken</i>
Lm'	Oberer Rand des Augenlides vertikal zu Lm
Um	Oberer Rand des Augenlides mittig zwischen En und Lm'
Ps	Oberer Rand des Augenlides vertikal zu Pc
LI'	Oberer Rand des Augenlides vertikal zu LI
UI	Oberer Rand des Augenlides mittig zwischen Ex und LI'
Lm''	Unterer Rand des Augenlides vertikal zu Lm
Um''	Unterer Rand des Augenlides mittig zwischen En und Lm''
Pi	Unterer Rand des Augenlides vertikal zu Pc
LI''	Unterer Rand des Augenlides vertikal zu LI
UI''	Unterer Rand des Augenlides mittig zwischen Ex und LI''
FUm	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu Um
FLm	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu Lm
FPs	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu Pc
FLI	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu LI
FUI	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu UI
FEx	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu Ex
FExl	Punkt der doppelten Lidfalte vertikal zu Ex aus lateraler Perspektive
EEn	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu En
EUm	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu Um
ELm	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu Lm
EPs	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu Pc
ELI	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu LI
EUI	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu UI
EEx	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu Ex
EExl	Unterer Augenbrauenrand vertikal zu Ex aus lateraler Perspektive
Em	Unterer Augenbrauenrand am medialen Ende der Augenbraue
EI	Unterer Augenbrauenrand am lateralen Ende der Augenbraue

Quelle: Tabelle in Anlehnung an *Guo Y. et al.* ¹⁴

3.4 Bestimmung der periorbitalen Parameter

Die definierten Landmarken dienen im nächsten Schritt als Vermessungsgrundlage für die Bestimmung von 33 periokulären Parametern. Dabei handelt es sich um lineare Distanzen, Winkel, Kurven und Proportionen, die durch die Verbindungen zwischen den gesetzten Landmarken entstehen. Die Reliabilität und Verwendbarkeit dieser Parameter wurden bereits in mehreren Studien nachgewiesen^{11,13,14,89}. Die Parameter wurden in drei relevante Gruppen unterteilt: Messungen der Lidspalte, der Doppellidfalte und der Augenbrauen. Die daraus resultierenden Parameter dienen als Grundlage für den Vergleich zwischen Geschlecht und Ethnie¹⁴. In Tabelle 2 sind die Definitionen zur Bestimmung der einzelnen Parameter aufgeführt.

Tabelle 2 Definitionen der 33 periorbitalen Parameter

Definitionen	Abkürzung	Landmarken
Vermessung der Lidspalten		
Breite der Lidspalte	PFW	En-Ex
Höhe der Lidspalte	PFH	Ps-Pi
Länge des oberen Randes des Augenlides	UPML	En-Um-Lm'-Ps-LI'-UI-Ex
Länge des unteren Randes des Augenlides	LPML	En-Um'-Lm''-Pi-LI''-UI'-Ex
Medialer Augenwinkel	MCA	Ps-En-Pi
Medialer Augenwinkel in 2D	MCA_2D	Ps-En-Pi in 2D
Lateraler Augenwinkel	LCA	Ps-Ex-Pi
Lateraler Augenwinkel in 2D	LCA_2D	Ps-Ex-Pi in 2D
Neigung des Augenwinkels	CT	Ex (links)-En (links)-En (rechts), oder Ex (rechts)-En (rechts)-En (links) Ex (links)-En (links)-En (rechts), oder Ex (rechts)-En (rechts)-En (links) in 2D
Neigung des Augenwinkels in 2D	CT_2D	
Irisdurchmesser	ID	Lm-LI
Interpupilläre Distanz	PD	Pc (links)-Pc (rechts)
Innere interkanthale Distanz (Endokanthion zu Endokanthion)	EnD	En (links)-En (rechts)
Äußere interkanthale Distanz (Exokanthion zu Exokanthion)	ExD	Ex (links)-Ex (rechts)
Lidspaltenindex	PFI	PFH / PFW
Augenwinkelindex	CAI	LCA/MCA
Kanthusindex	CI	En (links)-En (rechts) / Ex (links)-Ex (rechts)

Vermessungen der Doppellidfalten

Medialer Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides	FPDm	FUm-Um
Medialer Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides (auf Höhe des medialen Limbus)	FLmD	FLm-Lm'
Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides	FPD	Ps-FPs
Lateraler Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides (auf Höhe des lateralen Limbus)	FLID	FLI-LI'
Lateraler Abstand der Doppellidfalte zum Rand des Augenlides	FPDI	FUI-UI
Abstand der Doppellidfalte zum Exokanthion	FExD	FEx-Ex
Abstand der Doppellidfalte zum lateralen Exokanthion	FExDI	FExI-Ex

Vermessungen der Augenbrauen

Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Endokanthion	EEnD	EEn-En
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des medialen Augenlides	EPDm	EUm-Um
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des medialen Augenlides (auf Höhe des medialen Limbus)	ELmD	ELm-Lm'
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des Augenlides (auf Höhe des Pupillarzentrums)	EPD	Ps-EPs
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des lateralen Augenlides (auf Höhe des lateralen Limbus)	ELID	ELI-LI'
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Rand des lateralen Augenlides	EPDI	EUI-UI
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Exokanthion	EExD	EEx-Ex
Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum lateralen Exokanthion	EExDI	EExI-Ex
Länge des unteren Augenbrauenrandes	EL	Em-EEn-EUm-ELm-EPs-ELI-EUI-EEx-EExI-EI

Die Parameter für Distanzen und Kurven werden in Millimetern angegeben. Die Parameter für Winkel werden in Grad angegeben. Quelle: Tabelle in Anlehnung an *Guo Y. et al.* ¹⁴

4. Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse und Daten wurden bereits vor Veröffentlichung dieser Monografie in der folgenden Publikation vorab publiziert:

Gao T, Guo Y, Rokohl AC, Fan W, Lin M, Ju S, Li X, Ju X, Hou X, Rosenkranz TA, Zhang G, Bai H, Ni K, Yao K, Heindl LM. **Racial and sexual differences of eyebrow and eyelid morphology: three-dimensional analysis in young Caucasian and Chinese populations.** Quant Imaging Med Surg. 2025 Jan 2;15(1):882-897. doi: 10.21037/qims-24-1113. Epub 2024 Dec 30. PMID: 39839011; PMCID: PMC11744102.

4.1 Demographische Daten

Für diese Studie wurden Bilder beider Augen von insgesamt 147 gesunden Probanden aufgenommen. Die Stichprobe setzte sich aus 86 Frauen (58,5 %) und 61 Männern (41,5 %) zusammen. Der Anteil der kaukasischen Probanden lag bei 101 (68,7 %), während der Anteil der chinesischen Probanden 46 (31,3 %) betrug. Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich des Geschlechts zwischen der kaukasischen und chinesischen Gruppe sowie hinsichtlich des Alters zwischen den vier Gruppen. In Tabelle 3 sind die demographischen Daten der Studienteilnehmer dargestellt.

Tabelle 3 Demographische Daten der Studie

Ethnie und Geschlecht	Anzahl und Mittelwert
<i>Chinesische Männer</i>	19 (12,9%)
Mittelwert des Alters \pm SD, Spannweite	25.61 \pm 2.91, 20.73-30.42
<i>Chinesische Frauen</i>	27 (18,4%)
Mittelwert des Alters \pm SD, Spannweite	24.71 \pm 3.20, 20.40-30.03
<i>Kaukasische Männer</i>	42 (28,6%)
Mittelwert des Alters \pm SD, Spannweite	25.31 \pm 3.04, 18.09-30.35
<i>Kaukasische Frauen</i>	59 (40,1%)
Mittelwert des Alters \pm SD, Spannweite	24.43 \pm 3.01, 18.20-29.94

4.2 Vergleich der Augen und Augenabstandsparameter

Ein Vergleich von 29 statistischen Parametern zwischen dem linken und rechten Auge ergab bei chinesischen und kaukasischen Frauen in jeweils zwei Parametern signifikante Unterschiede ($p < 0,002$). Allerdings lagen diese Unterschiede im Submillimeterbereich, was in praktischer Hinsicht als vernachlässigbar betrachtet werden kann. Bei den chinesischen Frauen betrugen die Differenzen zwischen dem linken und rechten Auge für FPDm und FLmD -0,57889 mm ($p < 0,001$) bzw. -0,57148 mm ($p < 0,001$). Bei den kaukasischen Frauen wurden Unterschiede von -0,37508 mm ($p < 0,001$) für PFW und -0,52068 mm ($p < 0,001$) für LPML gemessen. Obwohl es Situationen gibt, in denen das linke und rechte Auge unterschiedliche Formen aufweisen, wurden in dieser Studie bewusst Teilnehmerinnen mit sichtbaren Asymmetrien oder Deformationen der Augen ausgeschlossen.

Beim Vergleich der Parameter des Augenabstands (PD, EnD und ExD) zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede bei PD zwischen kaukasischen Männern und kaukasischen Frauen sowie zwischen chinesischen Frauen und kaukasischen Frauen. In beiden Fällen war der PD-Wert der kaukasischen Frauen geringer. Die Distanz zwischen den beiden Endokanthionpunkten (EnD) war bei chinesischen Männern und chinesischen Frauen im

Vergleich zu ihren kaukasischen Pendanten signifikant erhöht. Auch dieser Wert war bei kaukasischen Männern im Vergleich zu kaukasischen Frauen signifikant höher. Der letzte Parameter im Augenabstandsvergleich ist die Exokanthiondistanz (ExD), die bei kaukasischen Männern sowie bei chinesischen Frauen im Vergleich zu kaukasischen Frauen signifikant erhöht war.

Ein weiterer Augenparameter ist der Irisdurchmesser (ID), der bei chinesischen Frauen signifikant geringer war als bei kaukasischen Frauen. Die Mittelwerte sowie die Standardabweichungen und Konfidenzintervalle können Tabelle 4 und Abbildung 8 entnommen werden.

Tabelle 4 MW, SD und 95% CI der Augenabstandsparameter und des Irisdurchmessers

Parameter	chinesische Männer			kaukasische Männer		
	M	SD	CI	M	SD	CI
ID	11,55	0,48	11,41-11,70	12,11	0,41	12,01-12,20
PD	65,34	3,42	63,93-66,76	63,93	3,25	62,97-64,88
EnD	37,28	2,69	36,10-38,46	32,12	2,54	31,33-32,91
ExD	95,67	4,52	93,87-97,48	92,55	4,18	91,33-93,76
Parameter	chinesische Frauen			kaukasische Frauen		
	M	SD	CI	M	SD	CI
ID	11,44	0,58	11,32-11,56	11,83	0,39	11,75-11,91
PD	62,03	3,27	60,84-63,22	60,36	2,86	59,56-61,16
EnD	36,06	3,02	35,07-37,05	30,35	2,39	29,69-31,02
ExD	91,13	4,14	89,62-92,65	87,90	3,55	86,88-88,93

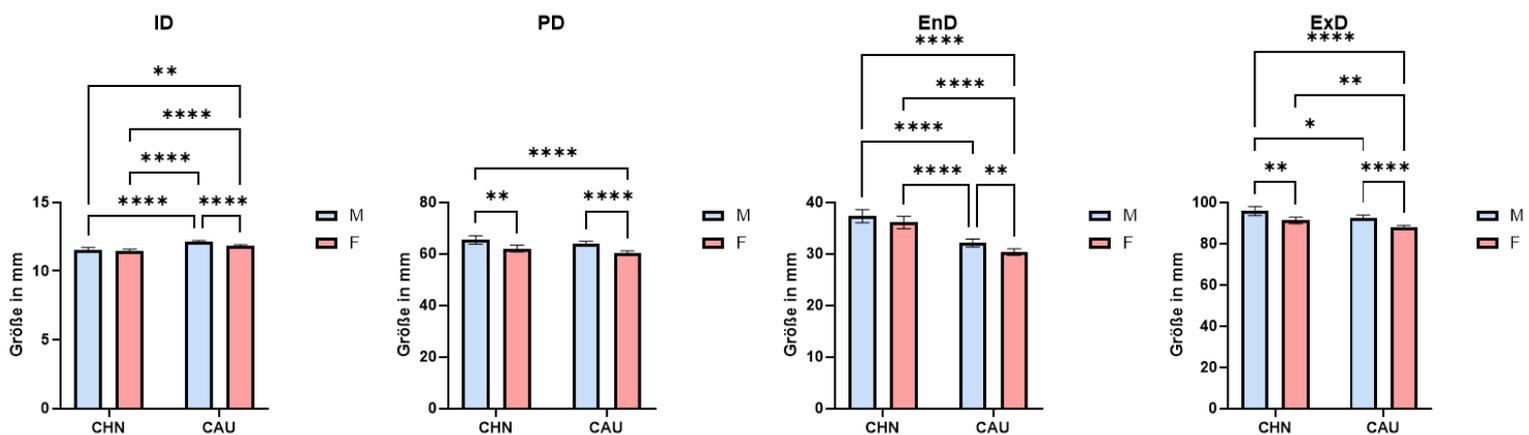


Abbildung 8: Darstellung der MW mit 95% CI von ID, PD, EnD und ExD

Die Sternmarkierungen zeigen die Signifikanz der verglichenen Werte der Gruppen. Ein Stern (*) bedeutet $p < 0,05$, zwei Sterne (**) $p < 0,01$, drei Sterne (***) $p < 0,001$ und vier Sterne (****) $p < 0,0001$

4.3 Vergleich ethnischer Gruppen

4.3.1. Statistische Ergebnisse der Lidspaltenvermessungen

Die Messwerte der Lidspalte waren bei männlichen Kaukasiern, mit Ausnahme des Kanthusindex (CI), durchweg größer als bei den chinesischen Männern. Statistisch signifikante Unterschiede der Lidspalte zeigten sich bei den Parametern PFH, LPML, LCA, CT, LCA_2D, CT_2D, PFI, CAI und CI. Keine statistisch signifikanten Unterschiede wurden bei den Parametern PFW, UPML, MCA und MCA_2D festgestellt. Der Vergleich zwischen chinesischen und kaukasischen Frauen zeigte bei den Parametern PFW, LPML, CT, LCA_2D, CT_2D und CAI signifikant größere Werte bei Kaukasierinnen. Im Gegensatz dazu waren die Werte für CI, MCA und MCA_2D bei den chinesischen Frauen signifikant erhöht. Die Parameter PFH, UPML und PFI wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. In Tabelle 5 und Abbildung 9 sind die Unterschiede der Lidspalte zwischen den vier Gruppen dargestellt.

Tabelle 5 MW, SD und 95% CI der Lidspaltenvermessung

Parameter	chinesische Männer			kaukasische Männer		
	MW	SD	CI	MW	SD	CI
PFW	30,24	1,96	29,66-30,82	31,15	1,96	30,76-31,54
PFH	10,73	1,17	10,39-11,07	11,61	1,02	11,39-11,84
UPML	39,96	2,78	39,10-40,83	41,04	2,69	40,45-41,62
LPML	33,23	2,43	32,50-33,96	34,87	2,38	34,37-35,36
MCA	39,1	4,7	37,86-40,34	39,11	3,8	38,28-39,94
LCA	32,21	2,79	31,18-33,24	36,21	3,45	35,51-36,90
CT	165,65	5,25	162,13-169,17	178,42	14,73	176,05-180,79
MCA_2D	37,55	4,71	36,30-38,80	38,17	3,83	37,33-39,02
LCA_2D	36,92	3,27	35,72-38,12	42,46	4,14	41,65-43,27
CT_2D	175,11	3,03	174,23-175,99	179,22	2,75	178,63-179,81
PFI	0,36	0,03	0,34-0,37	0,37	0,03	0,37-0,38
CAI	0,83	0,08	0,80-0,86	0,93	0,1	0,91-0,95
CI	0,39	0,03	0,38-0,40	0,35	0,02	0,34-0,35
Parameter	chinesische Frauen			kaukasische Frauen		
	MW	SD	CI	MW	SD	CI
PFW	28,63	1,87	28,15-29,12	29,69	1,63	29,36-30,02
PFH	11,52	1,08	11,24-11,81	11,63	1,04	11,44-11,83
UPML	38,65	2,86	37,93-39,38	39,36	2,66	38,87-39,86
LPML	31,63	2,48	31,02-32,25	33,16	2,08	32,75-33,58
MCA	44,21	4,37	43,18-45,25	40,8	3,39	40,10-41,51

LCA	36,24	3,28	35,38-37,11	38,16	3,19	37,57-38,74
CT	164,27	2,87	161,31-167,22	171,53	11,63	169,53-173,53
MCA_2D	42,56	4,46	41,51-43,61	40,08	3,42	39,37-40,79
LCA_2D	41,31	3,88	40,30-42,31	44,55	3,55	43,87-45,23
CT_2D	173,99	2,93	173,25-174,73	177,6	2,57	177,10-178,09
PFI	0,4	0,03	0,39-0,41	0,39	0,03	0,39-0,40
CAI	0,82	0,09	0,80-0,85	0,94	0,08	0,92-0,96
CI	0,4	0,03	0,39-0,41	0,35	0,02	0,34-0,35

4.3.2. Statistische Ergebnisse der Vermessung der Doppellidfalte

Die Ergebnisse der Messwerte der Doppellidfalte zeigten beim Vergleich zwischen kaukasischen und chinesischen Männern bei allen sieben Parametern (FPDm, FLmD, FPD, FLID, FPDl, FExD und FExDI) signifikant höhere Werte bei den Kaukasiern. Beim Vergleich der beiden Frauengruppen zeigte sich ein ähnliches Verhältnis: Mit Ausnahme von FPD wiesen alle Parameter statistisch signifikante Unterschiede auf. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und Abbildung 10 dargestellt.

Tabelle 6 MW, SD und 95% CI der Doppellidfaltenvermessung

Parameter	chinesische Männer			kaukasische Männer		
	MW	SD	95% CI	MW	SD	95% CI
FPDm	1,55	0,3	1,21-1,89	4,64	1,27	4,41-4,86
FLmD	1,61	0,4	1,24-1,98	4,16	1,37	3,91-4,41
FPD	1,54	0,43	1,20-1,89	3,35	1,23	3,11-3,58
FLID	2,19	0,54	1,83-2,56	3,72	1,31	3,48-3,96
FPDl	3,14	1,03	2,79-3,49	4,93	1,2	4,69-5,16
FExD	5,08	1,48	4,64-5,52	7,75	1,32	7,45-8,04
FExDI	3,84	0,94	3,47-4,21	5,28	1,26	5,03-5,53
Parameter	chinesische Frauen			kaukasische Frauen		
	MW	SD	95% CI	MW	SD	95% CI
FPDm	2,68	0,66	2,39-2,96	4,37	1,18	4,18-4,56
FLmD	2,89	0,87	2,58-3,20	4,1	1,26	3,89-4,30
FPD	2,97	0,86	2,68-3,26	3,39	1,22	3,19-3,59
FLID	2,85	1,2	2,54-3,15	3,77	1,12	3,57-3,98
FPDl	4,12	1,27	3,83-4,41	4,74	0,93	4,55-4,94
FExD	6,23	1,89	5,86-6,60	7,25	1,09	7,00-7,50
FExDI	4,14	1,11	3,83-4,44	4,87	1,14	4,66-5,08

4.3.3. Statistische Ergebnisse der Augenbrauenvermessung

Die Ergebnisse der Augenbrauenvermessung zeigten bei den männlichen Probanden keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die einzige Ausnahme bildete der Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Exokanthion (EExD), welcher bei den Kaukasiern größer war. Anders verhielt es sich bei den weiblichen Probandinnen: Die Werte für ELID, EPDI, EExD und EExDI waren bei den Kaukasierinnen signifikant größer als bei den Chinesinnen. Im Gegensatz dazu war der Abstand des unteren Augenbrauenrandes zum Endokanthion (EEnD) bei den Chinesinnen größer. Die Werte sind in Tabelle 7 und in Abbildung 11 dargestellt.

Tabelle 7 MW, SD und 95% CI der Augenbrauenvermessung der vier Gruppen

Parameter	chinesische Männer			kaukasische Männer		
	MW	SD	95% CI	MW	SD	95% CI
EEnD	18,55	2,68	17,81-19,28	17,36	1,99	16,86-17,85
EPDm	14,66	2,21	13,97-15,36	15	2,14	14,54-15,47
ELmD	11,04	2,76	10,31-11,77	11,03	2,06	10,54-11,53
EPD	10,45	2,72	9,70-11,20	9,48	2,22	8,98-9,99
ELID	10,01	2,59	9,16-10,86	9,73	2,75	9,16-10,30
EPDI	10,55	2,72	9,70-11,41	11,91	2,59	11,33-12,48
EExD	13,55	2,31	12,61-14,49	15,92	2,89	15,29-16,55
EExDI	12,21	2,14	11,41-13,01	13,5	2,15	12,96-14,04
EL	68,54	7,02	66,60-70,49	69,54	5,79	68,23-70,85
Parameter	chinesische Frauen			kaukasische Frauen		
	MW	SD	95% CI	MW	SD	95% CI
EEnD	19,42	2,43	18,81-20,04	17,52	2,32	17,10-17,94
EPDm	15,1	2,16	14,52-15,69	14,76	2,22	14,36-15,15
ELmD	11,61	2,56	11,00-12,23	11,64	2,16	11,22-12,05
EPD	10,86	2,29	10,23-11,49	10,93	2,32	10,50-11,35
ELID	10,64	2,98	9,92-11,35	12,04	2,46	11,56-12,52
EPDI	11,48	3,12	10,77-12,20	14,23	2,49	13,75-14,72
EExD	15,21	3,54	14,42-16,00	18,53	2,86	18,00-19,07
EExDI	13,61	3,11	12,94-14,28	15,12	2,55	14,66-15,57
EL	61,99	5,84	60,36-63,63	61,37	6,1	60,27-62,48

4.4 Vergleich zwischen den Geschlechtern

4.4.1. Statistische Ergebnisse der Lidspaltenvermessungen

Die Ergebnisse zeigten beim Vergleich zwischen chinesischen Männern und chinesischen Frauen signifikant höhere Werte für PFW und LPML bei den Männern. Im Gegensatz dazu wiesen die Frauen signifikant höhere Werte für PFH, MCA, LCA, MCA_2D, LCA_2D und PFI auf. Die Werte für CI, UPML, CT, CT_2D und CAI zeigten zwar Unterschiede, diese waren jedoch nicht statistisch signifikant.

In der kaukasischen Gruppe wiesen die Männer ebenfalls signifikant höhere Werte für PFW und LPML sowie für CT und CT_2D auf. Die Frauen zeigten, wie in der chinesischen Gruppe, ebenfalls signifikant höhere Werte für MCA, LCA, MCA_2D, LCA_2D und PFI. Die Parameter PFH, CAI und CI unterschieden sich nicht signifikant. Die Daten sind in Tabelle 5 und in Abbildung 9 dargestellt.

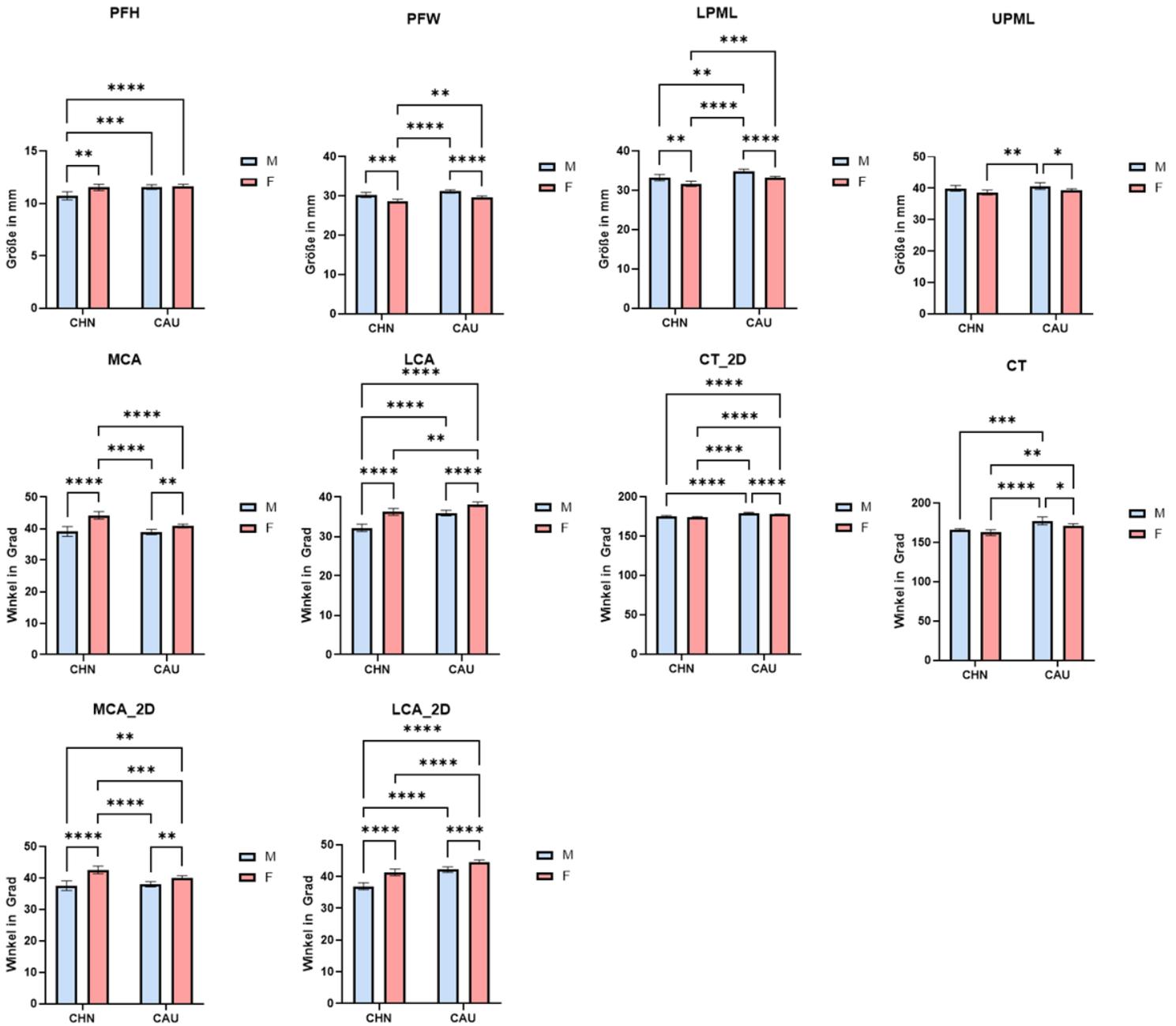


Abbildung 9: Darstellung der MW mit 95% CI der Lidspaltenparameter.

Die Sternmarkierungen zeigen die Signifikanz der verglichenen Werte der Gruppen. Ein Stern (*) bedeutet $p < 0,05$, zwei Sterne (**) $p < 0,01$, drei Sterne (***) $p < 0,001$ und vier Sterne (****) $p < 0,0001$

4.4.2. Statistische Ergebnisse der Vermessung der Doppellidfalte

Der Vergleich der chinesischen Probanden zeigte in allen Messungen der Doppellidfalte höhere Werte bei den Frauen. Mit Ausnahme von FExDI waren alle Werte statistisch signifikant erhöht. In der kaukasischen Gruppe wiesen die Männer zwar größere Werte für FPDm, FLmD, FPDl, FExD und FExDI auf, jedoch waren diese nicht statistisch signifikant. Im Gegensatz dazu waren FPD und FLID bei den Frauen größer, allerdings ebenfalls ohne statistische Signifikanz.

Eine Darstellung der Ergebnisse zum Vergleich der Geschlechter ist in Tabelle 6 und in Abbildung 10 zu finden.

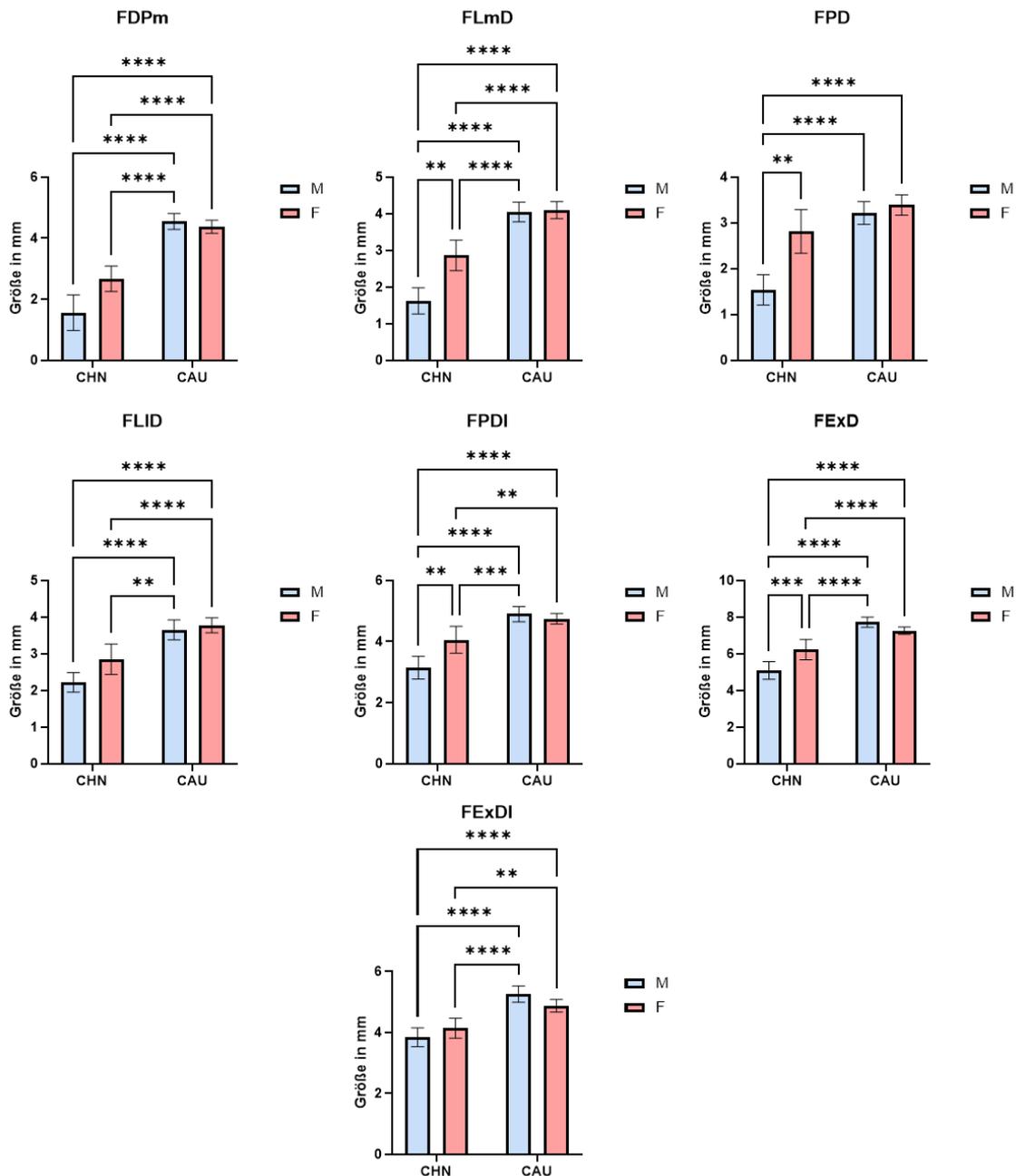


Abbildung 10: Darstellung der MW mit 95% CI der Doppellidfaltenparameter.

Die Sternmarkierungen zeigen die Signifikanz der verglichenen Werte der Gruppen. Ein Stern (*) bedeutet $p < 0,05$, zwei Sterne (**) $p < 0,01$, drei Sterne (***) $p < 0,001$ und vier Sterne (****) $p < 0,0001$

4.4.3. Statistische Ergebnisse der Augenbrauenvermessung

Bei den Männern aus der chinesischen Gruppe war im Vergleich zu den chinesischen Frauen der untere Augenbrauenrand (EL) signifikant höher positioniert. Im Gegensatz dazu war die Distanz zwischen dem unteren Augenbrauenrand und dem Exokanthion (EExD) signifikant

geringer als bei den chinesischen Frauen. Alle weiteren Parameter zeigten keine signifikanten Unterschiede.

Bei den kaukasischen Männern war, ebenso wie in der chinesischen Gruppe, der untere Augenbrauenrand (EL) signifikant höher positioniert als bei den kaukasischen Frauen. Im Gegensatz dazu waren die Werte für EPD, ELID, EPDI, EExD und EExDI bei den kaukasischen Frauen signifikant größer. Die Parameter EEnD, ELmD und EPDm zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die Ergebnisse der Vermessung der Augenbrauen sind in Tabelle 7 und Abbildung 11 dargestellt.

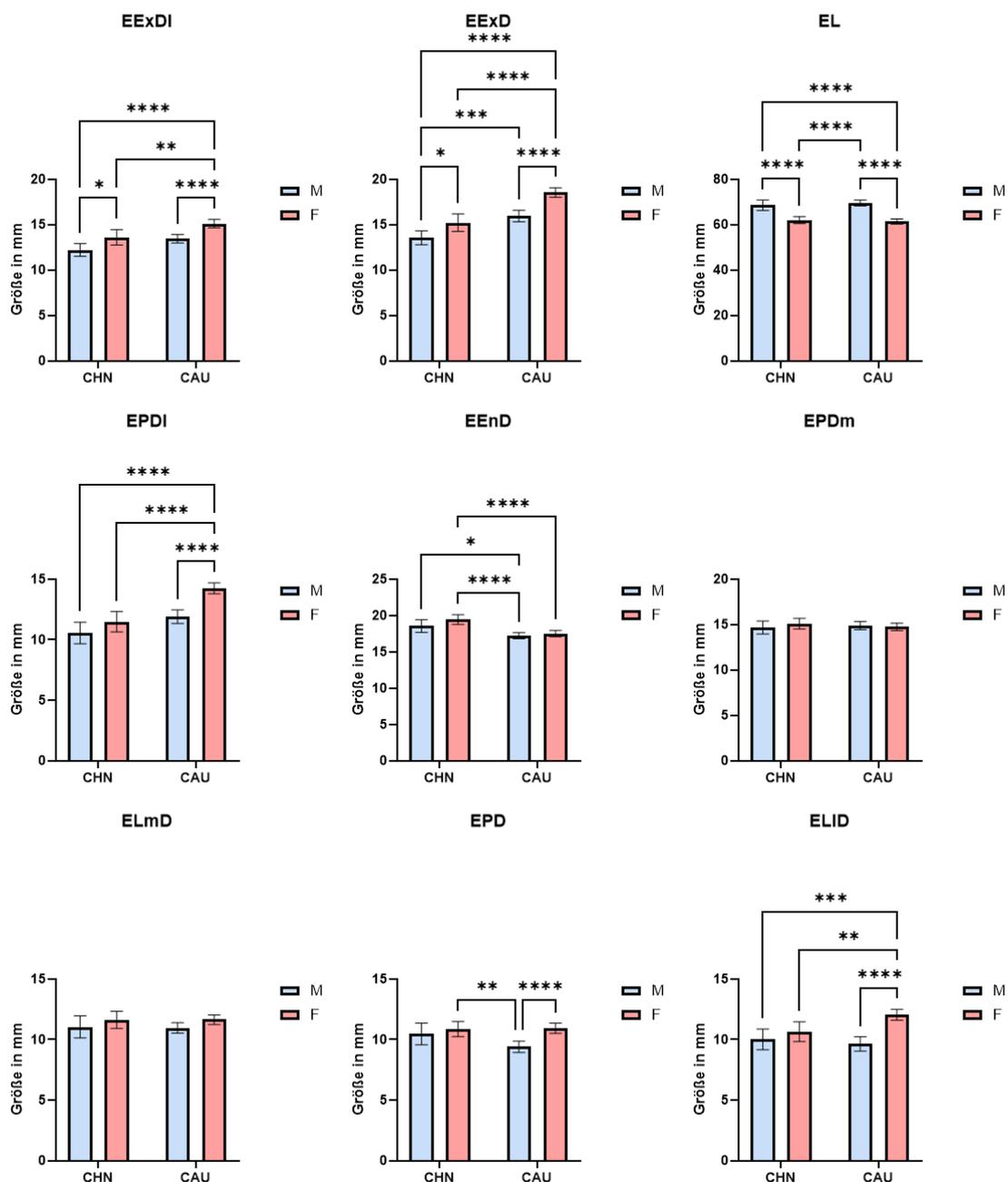


Abbildung 11: Darstellung der MW mit 95% CI der Augenbrauenparameter.

Die Sternmarkierungen zeigen die Signifikanz der verglichenen Werte der Gruppen. Ein Stern (*) bedeutet $p < 0,05$, zwei Sterne (**) $p < 0,01$, drei Sterne (***) $p < 0,001$ und vier Sterne (****) $p < 0,0001$

5. Diskussion

5.1 Einleitung und Überblick

Der periokuläre Bereich bildet aufgrund seiner Lage ein zentrales ästhetisches Merkmal des Gesichts und entsteht durch das komplexe Zusammenspiel vieler anatomischer Strukturen wie der Lidspalte, der Doppellidfalte, der Augenbraue sowie den medialen und lateralen Kanthuswinkeln. Diese Region weist eine hohe Variabilität auf, die durch Geschlecht, Ethnie und individuelle anatomische Besonderheiten geprägt ist. Mit der Zunahme multiethnischer Bevölkerungen infolge der fortschreitenden Globalisierung, insbesondere in Europa und den USA, ist ein tiefgreifendes Verständnis der ethnisch- und geschlechtsspezifischen Unterschiede für plastisch-rekonstruktive und ästhetische chirurgische Eingriffe unerlässlich geworden. Für ophthalmoplastische Chirurgen ist es daher von entscheidender Bedeutung, die detaillierte Anatomie des periokulären Bereichs in verschiedenen ethnischen Gruppen zu verstehen, um Disharmonien und funktionelle Beeinträchtigungen aufgrund einer inkorrekten Operationsplanung oder Diagnosestellung zu vermeiden.

Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, die dreidimensionalen morphologischen Unterschiede des periokulären Bereichs zwischen jungen kaukasischen und chinesischen Probanden systematisch zu untersuchen und geschlechtsspezifische Variationen zu analysieren. Bisherige Studien konzentrierten sich überwiegend auf direkte Vermessungen oder zweidimensionale Analysen und beschränkten sich auf eine begrenzte Anzahl von Parametern (z.B. Lidspaltenweite und -höhe) ^{23,57,97-99}. Diese Ansätze sind jedoch oft unzureichend, da sie die im periorbitalen Bereich besonders wichtigen dreidimensionalen Informationen, wie die räumliche Anordnung der Augenlider und die relative Positionierung der Augenbrauen, nicht vollständig erfassen können. Zudem sind viele dieser Studien auf bestimmte Populationen, wie Kaukasier aus Deutschland ^{57,97}, Italien ⁹⁸ oder der Türkei ⁵², Probanden aus Australien ¹⁰⁰ und Asiaten aus Korea ¹⁰¹, China ^{23,26,27} oder Japan ¹⁰² beschränkt und bieten nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit zwischen den Ethnien.

Um diese Lücke zu schließen, wurde in der vorliegenden Studie ein detailliertes und standardisiertes 3D-Stereophotogrammetrie-Protokoll angewendet, um erstmals geschlechts- und ethnizitätsspezifische Unterschiede in der Morphologie des periokulären Weichgewebes bei jungen kaukasischen und chinesischen Erwachsenen zu quantifizieren. Die Arbeit trägt damit zur Erweiterung der aktuellen 3D-anthropometrischen Grundlagendatenbank bei, die zukünftig in der Diagnose periokulärer Erkrankungen, der Planung von Operation in diesem Bereich sowie der Bewertung chirurgischer Ergebnisse eine wertvolle Grundlage darstellen könnte.

Durch die systematische Analyse dieser Daten ist es möglich, normative 3D-Daten zu erstellen, die sowohl geschlechtsspezifische als auch ethnische Variationen abbilden. Diese detaillierte Darstellung könnte nicht nur plastisch-rekonstruktive Eingriffe verbessern, sondern auch in der Entwicklung computergestützter Gesichtsanalyse- und Erkennungssysteme eingesetzt werden, die auf der Unterscheidung feiner morphologischer Unterschiede basieren. Beispielsweise zeigte unsere Studie, dass asiatische Populationen tendenziell eine geringere Lidspaltenhöhe (PFH) und kleinere Lidspaltenweite (PFW) aufweisen als ihre kaukasischen Pendanten, was bei ästhetischen Korrekturen wie der Blepharoplastik berücksichtigt werden sollte. Ferner ergaben sich signifikante Unterschiede in den medialen und lateralen Kanthuswinkeln (MCA und LCA) zwischen den Geschlechtern und ethnischen Gruppen, die in der klinischen Praxis bei der Planung und Durchführung von Eingriffen wie der Kanthoplastik beachtet werden sollten.

Durch die Identifikation geschlechts- und ethnizitätsspezifischer morphologischer Merkmale leistet diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von individualisierten, ethnisch und funktionell korrekten Normwerten für chirurgische Operationen des periorbitalen Bereichs.

5.2 Vergleich des periorbitalen Bereichs der Gruppen

Durch die Analyse der periokulären Morphologie zeigten sich signifikante Unterschiede der Strukturen zwischen den untersuchten Gruppen. Der Vergleich junger kaukasischer und chinesischer Probanden konnte zeigen, dass die Lidspalte, die Kanthuswinkel sowie die Position und Form der Augenbrauen stark durch die ethnische und geschlechtliche Zugehörigkeit geprägt ist.

5.2.1. Differenzen der Lidspalten

Die bestimmten Parameter der Lidspaltenhöhe (Palpebral Fissure Height, PFH) und der Lidspaltenbreiten (Palpebral Fissure Width, PFW) stellen ein zentrales Merkmal der periokulären Region dar und beeinflussen das Erscheinungsbild des Auges stark. Bereits viele Studien haben die Lidspalten bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen vermessen und diese miteinander verglichen¹⁰³⁻¹⁰⁶. Die Ergebnisse unserer Studie zeigten, dass in der Gruppe der chinesischen Männer (10,73 mm) die Lidspaltenhöhe PFH signifikant kleiner war als bei den kaukasischen Männern (11,61 mm) und Frauen (11,63 mm). Auch innerhalb der chinesischen Gruppe waren bei Frauen (11,52 mm) die Werte für die Lidspaltenhöhe signifikant größer als bei den Männern. Die Studie von *Kunjur et al.*¹⁰⁵ aus dem Jahr 2005 zeigte bei der Untersuchung von chinesischen Männern und Frauen ebenfalls eine kleinere Lidspalte bei Männern als bei Frauen (9,5mm bei Männern und 10,6mm bei Frauen). Die gleiche Tendenz zeigte sich auch in der Studie von *Wu et al.*²³, auch hier lagen die Werte für PFH bei

chinesischen Männern unter denen der Frauen. Der Vergleich zwischen kaukasischen und chinesischen Probanden blieb bei diesen Studien aus. Bezieht man sich auf Werte von Studien, die die Lidspaltenhöhe bei Kaukasiern gemessen haben wie diese von *Price et al.* ⁴⁹, so findet man niedrigere Werte für kaukasische Männer (9,4mm) und Frauen (10,3mm) als in unserer Studie. Dies kann an der Aufnahme der Bilder mittels einer 2D-Kamera liegen, da hierbei die dreidimensionale Struktur und Distanz der Lidspalte nicht optimal dargestellt werden kann.

Ähnlich wie bei der Lidspaltenhöhe PFH zeigten sich bei der Lidspaltenbreite PFW auch signifikant größere Werte bei den kaukasischen Probanden. Sowohl kaukasische Männer (31,15 mm) als auch Frauen (26,69 mm) wiesen statistisch signifikant größere Werte im Vergleich zu den chinesischen Frauen (28,63 mm) auf. Die Übersichtsarbeit von *Vasanthakumar et al.* ¹⁰³ zeigt, ebenfalls größere Werte für kaukasische Personen im Vergleich zu den chinesischen Probanden, auch wenn der Vergleich als Übersichtsarbeit zwischen verschiedenen Studien gezogen wurde. Stark signifikant war auch der Vergleich zwischen den Geschlechtern, sowohl chinesische als auch kaukasische Männer zeigten relevant größere Werte für PFW. Dies lässt sich auf die grundlegend größeren kraniofazialen Strukturen bei Männern zurückführen. *Vasanthakumar et al.* ¹⁰³ zeigten, mit einer Ausnahme bei einer indischen Population, dass bei allen untersuchten Ethnien Männer immer einen größeren Wert für PFW aufwiesen als Frauen.

Ein wichtiger Parameter in der Bewertung der Lidspalte ist der palpebrale Fissurenindex (PFI) der durch den Quotienten aus PFH durch PFW berechnet wird. Der PFI stellt damit die Proportionen der Augenform dar, ein geringer Wert bedeutet, dass die Lidspalte breiter bzw. niedriger ist. Chinesische Frauen wiesen den höchsten PFI (0,40) auf, kaukasische Frauen (0,39) und kaukasische Männer (0,37) lagen knapp über den chinesischen Männern (0,36). Im Vergleich zu den Vorstudien zeigt sich eine ähnliche Tendenz, auch hier hatten chinesische Frauen den größten Quotient aus PFH und PFW mit 0,39 ¹⁰³.

Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit von einer individualisierten chirurgischen Planung, insbesondere bei der Durchführung von Blepharoplastiken. Die Höhe und Weite der Lidspalte ist in einem komplexen Zusammenspiel von Ethnie und Geschlecht sowie Faktoren wie dem Levatormuskel, dem Tarsus, der Spannung des medialen und lateralen Kanthus und der Elastizität der Haut ²⁶. Bei inkorrekt rekonstruierter Lidspalte kann es neben ästhetischen Beschwerden auch zu Problemen wie trockenen Augen mit einer entsprechenden Symptomatik kommen ¹⁰⁷.

Neben der Vermessung der Lidspalte ist die Bestimmung der Länge des oberen und unteren Augenlides von klinischer Relevanz. Die Spannung der Augenlider ist in der Diagnostik von Augenerkrankungen wie einem Entropium, Ektropium oder auch bei einer Ptosis wichtig, um die Schwere der Erkrankung einzuschätzen und eine mögliche Operation zu planen^{8-10,108}. Somit ist es wichtig LPML und UPML als Referenzwerte für die Länge der Augenlider zu kennen. In unserer Studie zeigte sich bei kaukasischen Männern der längste obere Augenlidrand (UPML) mit 41,04 mm, dieser war signifikant größer als bei kaukasischen Frauen (39,36 mm) und chinesischen Frauen (38,65 mm). Im Vergleich zu chinesischen Männern (39,96 mm) zeigten sich keine statistisch signifikant geringeren Werte. Bei der unteren Lidrandlänge (LPML) lässt sich aufgrund der statistisch signifikanten Ergebnisse zusammenfassend sagen, dass Männer längere untere Lidränder als Frauen haben und kaukasische Personen ebenfalls längere untere Lidränder haben als chinesische Personen. Kaukasische Männer (34,87 mm) wiesen die größten Werte auf, gefolgt von chinesischen Männern (33,23 mm), kaukasischen Frauen (33,16 mm) und chinesischen Frauen (31,63 mm). Die Werte passen zu den gemessenen Ergebnissen der Lidspaltenbreite PFW. Aus den Daten lässt sich eine länglichere, aber schmalere Lidspaltenform bei chinesischen Männern schlussfolgern. Eine Studie an Neugeborenen von *Leung et al.*¹⁰⁹ hatte im Vergleich zwischen verschiedenen Ethnien bereits eine längere Lidspalte bei chinesischen Neugeborenen im Vergleich zu westlichen (amerikanisch und türkisch) Neonaten nachgewiesen. Insbesondere bei rekonstruktiven Eingriffen der Augenlider im Rahmen von Entropiums- und Ektropiumsoperationen sind die Werte UPML und LPML somit von Relevanz, da bei diesen Eingriffen die horizontale Länge der Augenlider verkürzt wird, um der Erschlaffung der Lider entgegenzuwirken^{63,64}.

Die Winkel des medialen und lateralen Kanthus MCA und LCA sind von zentraler Bedeutung für die Form des menschlichen Auges und damit auch für das Erscheinungsbild einer Person. In unserer Studie wurden die Winkel ausgehend vom Endokanthion oder Exokanthion zu Ps und Pi, den Punkten die auf einer vertikalen Linien durch das Pupillenzentrum am oberen Lidrand (Ps) und unteren Lidrand (Pi) liegen, berechnet. Beide Winkel sind wichtige Parameter zur Diagnose von Augenfehlstellungen bzw. Pathologien der Lidbänder, da sie durch Veränderungen der Spannung in den Lidbändern und Augenlidern direkt beeinflusst werden. In der Studie von *Chong et al.*¹¹⁰ wurde gezeigt, dass eine Ptose des oberen Augenlides zu einer Verringerung von MCA und LCA um jeweils etwa 15° führt.

Die Ergebnisse unserer Studie zeigten den größten Winkel des medialen Kanthus bei chinesischen Frauen (44,21°), dieser war signifikant größer als bei chinesischen Männern (39,10°), kaukasischen Männern (39,11°) und kaukasischen Frauen (40,80°). Auffällig ist dabei jedoch, dass chinesische Männer keine signifikant kleinere Werte für MCA haben,

obwohl ihr PFH signifikant kleiner war. PFH ist insofern für die Größe von MCA und LCA entscheidend, da eine größere Lidspaltenöffnung bei gleicher Lidspaltenbreite zwangsläufig zur Vergrößerung des Winkels am Endokanthion und Exokanthion führt. Eine mögliche Erklärung für die Werte der chinesischen Probanden könnte im Vorliegen eines Epikanthus liegen, da dieser durch die zusätzliche Haut den Winkel vergrößern kann. Dieser ist ein typisches Merkmal bei asiatischen Personen und liegt eher selten bei europäischen Personen vor^{111,112}. Zwischen den Geschlechtern zeigten sich nur in der Gruppe der chinesischen Probanden signifikante Unterschiede, chinesische Frauen wiesen einen deutlich stärkeren Winkel auf als die Männer, was durch die geringe Lidspaltenhöhe der chinesischen Männer zu erklären wäre.

Die Werte des lateralen Lidwinkels LCA zeigten andere Werte als beim MCA. Möglicherweise aufgrund des fehlenden Epikanthus und damit auch der ausbleibenden Verschleierung der Winkel am medialen Augenlid zeigte sich bei chinesischen Männern der kleinste Winkel bei LCA (32,21°). Betrachtet man die geringe Lidspaltenhöhe ist dieser Wert ein schlüssiges Ergebnis. Passend dazu ist der Winkel bei chinesischen Frauen (36,24°) signifikant kleiner als bei kaukasischen Frauen (38,16°). Dies belegt auch weiterhin die Hypothese, dass die hohen Werte für MCA bei chinesischen Personen durch das Vorliegen eines Epikanthus zustande kommen. Kaukasische Männer hingegen weisen mit 36,21° signifikant geringere lateralen Winkel auf als ihre weiblichen Pendanten, auch chinesische Frauen haben signifikant größere Werte als die chinesischen Männer. Die Werte lassen sich durch die kleinere Lidspaltenbreite und dafür höhere Lidspalte bei Frauen erklären.

Eine weitere Differenz zwischen kaukasischen und chinesischen Probanden zeigt sich beim Vergleich des Kanthuswinkelindex CAI, welcher durch die Division von LCA durch MCA berechnet wird. Zwischen den Geschlechtern zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, dafür aber zwischen den Ethnien. Wie bereits erwähnt führt ein Epikanthus zu einer Veränderung des medialen Augenwinkels, was die höheren Werte bei den chinesischen Gruppen erklärt. Der Kanthuswinkelindex stellt dieses Phänomen gut dar, weil mit ansteigendem MCA der CAI sinkt. Bei chinesischen Männern lag der Wert bei 0,83, bei kaukasischen Männern bei 0,93. Ähnlich zeigten sich die Werte bei chinesischen Frauen (0,82) und kaukasischen Frauen (0,94).

Unsere Studie unterscheidet sich insofern von vorangegangenen Studien, dass wir die Werte für MCA und LCA sowohl dreidimensional als auch zweidimensional gemessen haben. Die Werte für MCA_2D und LCA_2D zeigten ähnliche Werte wie die dreidimensionalen Varianten. Die höchsten Werte für MCA_2D hatten auch chinesische Frauen (42,56°), gefolgt von kaukasischen Frauen (40,08°), kaukasischen Männern (38,17°) und chinesischen Männern

(37,55°). Auch wenn die Werte nicht exakt mit den MCA-Werten übereinstimmen, zeigen sie die gleichen Verhältnisse der Untergruppen zueinander. Der einzige Unterschied lag im Vergleich zwischen chinesischen Männern und kaukasischen Frauen. Dieser war bei MCA nicht statistisch signifikant, bei MCA_2D jedoch schon.

Vergleichbare Ergebnisse zeigte auch LCA_2D, mit der Ausnahme, dass hier kaukasische Männer (42,46°) einen leicht größeren Wert als chinesische Frauen (41,31°) aufwiesen. Wie bei LCA zeigten auch bei LCA_2D kaukasische Frauen (44,55°) den größten und chinesische Männer (36,92°) den geringsten Wert.

Die zweidimensionale Vermessung des medialen und lateralen Kanthus wurde in vorangegangenen Studien durch die Bestimmung des Winkels zwischen zwei Linien, die das Ober- und Unterlid tangieren, berechnet²⁴. Da durch die dreidimensionale Vermessung eine neue Ebene mitaufgenommen wird, funktioniert diese Methode nicht mehr für 3D-Modelle. In unserer Studie haben wir deswegen mit der standardisierten Platzierung von Landmarken Referenzpunkte genutzt. Die Landmarken wurden bereits in vorangegangenen Studien validiert^{11-14,71}. Die Landmarken zur Messung von LCA und MCA waren jeweils das Endo- oder Exokanthion sowie die Lidränder auf Höhe des medialen und lateralen korneoskleralen Limbus. Es gibt aktuell noch keine einheitliche Methode, wie der mediale und laterale Kanthuswinkel in einem dreidimensionalen Bild gemessen werden sollte, weshalb eine zukünftige Validierung dieser Varianten durchgeführt werden muss.

Bereits mehrere dreidimensionale⁹⁸ und zweidimensionale^{113,114} Studien konnten zeigen, dass eine leichte Neigung der Lidspalte als attraktives Merkmal einer Person bewertet wird und damit ein zentrales Merkmal der Augen ist. In unserer Studie wurde die Neigung der Lidspalte durch den Wert CT oder CT_2D angegeben. Dieser wird aus den Distanzen zwischen Endokanthion und Exokanthion berechnet (siehe Tabelle 2). Je höher das Exokanthion liegt, desto geringer wird der Winkel der Strecken und damit auch der Wert für CT bzw. CT_2D.

Die größte Neigung und damit den niedrigsten CT_2D Wert hatten chinesische Frauen (173,95°), gefolgt von chinesischen Männern (175,11°), kaukasischen Frauen (177,6°) und kaukasischen Männern (179,22°). Es zeigten sich statistisch signifikante Differenzen zwischen allen chinesischen und kaukasischen Gruppen und zwischen kaukasischen Männern und Frauen. Die Werte passen zu den Werten von *Park et al.*²⁰, die bei asiatischen Frauen eine stärkere Neigung (8,8° bzw. 171,2°) zeigten als bei asiatischen Männern (7,9° bzw. 172,1°). Aufgrund des Vergleichs lässt sich zusammenfassen, dass chinesische Personen eine stärkere Neigung der Lidspalte haben, was durch eine höhere Lage des Exokanthions zu erklären ist. Auch die dreidimensionale Vermessung der Lidspaltenneigung CT zeigte eine ähnliche Tendenz. Die Reihenfolge der Gruppen war die gleiche: chinesischen Frauen (164,27°),

chinesische Männer (165,65°), kaukasische Frauen (171,53°) und kaukasische Männer (178,42°). Ein Unterschied zwischen CT_2D und CT lag bei der statistischen Signifikanz zwischen chinesischen Männern und kaukasischen Frauen vor, war diese noch beim zweidimensionalen Winkel gegeben, zeigten die dreidimensionalen Werte keine statistisch signifikanten Unterschiede mehr. Interessant ist der Vergleich der zwei- bzw. dreidimensionalen Werte bei kaukasischen Männern. Die Werte haben im Vergleich zu den anderen Gruppen kaum Differenz (0,8° im Vergleich zu CHN F 9,68°, CHN M 9,46° und CAU F 6,07). Das zeigt, dass die dritte Ebene, die durch die 3D Aufnahme hinzukommt, bei kaukasischen Männern kaum Einfluss auf den Winkel hat, während sie bei allen anderen Gruppen die Werte verändert.

Trotzdem ist der relevantere Wert der Lidspaltenneigung CT_2D, da dieser bei der Frontalansicht eines Menschen primär wahrgenommen wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Neigungswinkel der Lidspalte stark zwischen Ethnie und Geschlecht variiert und bei Operationen der laterale Kanthus entsprechend rekonstruiert werden sollte. Es ist zu diskutieren, ob aufgrund dieser Daten chinesische Patienten und kaukasische Frauen bei Augenlidoperationen eine standardmäßig höhere Platzierung des Exokanthions erhalten sollten bzw. kaukasische Männer eine tiefere Positionierung brauchen. Insbesondere wenn man die Ergebnisse von *Flowers et al.*¹¹⁵ berücksichtigt, die ein altersbedingtes Absinken des lateralen Kanthus zeigen und eine Kanthopexie als routinemäßigen Teil einer Blepharoplastik fordern, wird die Komplexität der Lidspaltenneigung deutlich. Die Referenzwerte unserer Studie könnten bei der Operationsplanung und Positionierung des Exokanthions helfen, zufriedenstellende Operationsergebnisse bei den verschiedenen Patienten zu erhalten.

Neben den Vermessungen der Lidspalte und Augenlider spielen die Distanzen zwischen dem linken und rechten Auge PD (interpupilläre Distanz), der Irisdurchmesser ID, EnD (Distanz zwischen linken und rechtem Endokanthion) und ExD (Distanz zwischen linken und rechtem Exokanthion) eine entscheidende Rolle in der Bewertung der Ästhetik eines Gesichts¹¹⁶. Die interpupilläre Distanz war bei chinesischen Männern mit 65,34 mm und bei kaukasischen Männern mit 63,93 mm signifikant größer als bei ihren weiblichen Pendanten (CHN F 62,03 mm, CAU F 60,36 mm). Die Studie *Rhee et al.*¹¹⁷ zeigte bereits einen Unterschied der interpupillären Distanz bei kaukasischen (61,47 mm) und koreanischen (63,5 mm) Personen, auch wenn kein Vergleich zwischen den Geschlechtern gezogen wurde, passen die Daten zu den nachgewiesenen ethnischen Unterschieden unserer Studie. Die größeren Distanzen bei Männern zeigten sich auch in der Studie von *Hayat et al.*¹¹⁸ an pakistanischen Personen (M

= 62,7 mm und F = 60,7 mm) und in der Arbeit von *Pointer et al.*¹¹⁹ an kaukasischen Probanden (M = 65,3 mm und F = 62,3 mm).

Der Irisdurchmesser bzw. in anderen Studien der Kornealdurchmesser^{50,120} stellt eine altersunabhängige Konstante im periorbitalen Bereich des Menschen dar. Die Studie von *Sanchis-Gimeno et al.*¹²¹ hatte den Kornealdurchmesser bei 379 emmetropen Probanden untersucht und einen Mittelwert von 11,9 mm bei Männern und 11,8 mm bei Frauen festgestellt. Eine Arbeit an 399 iranischen Personen aus Teheran zeigte bei Männern einen CD von 11,76 mm und bei Frauen 11,63 mm¹²². Die Werte unserer Studie passen zu den genannten Ergebnissen, weisen jedoch bei den chinesischen Probanden leicht niedrigere Werte (CHN M 11,55 mm, CHN F 11,44 mm) und bei kaukasischen Teilnehmern minimal größere Werte (CAU M 12,11 mm, CAU F 11,83 mm) auf. Eine Studie an Kaukasiern aus Spanien von *Arriola-Villalobos*¹²³ zeigte für WTW (White-to-White Distanz, entspricht dem Irisdurchmesser unserer Studie) bei kaukasischen Männern (11,99 mm) und Frauen (11,81 mm) ähnliche Werte wie unsere Studie. Vergleicht man diese Werte mit Werten einer chinesischen Population wie der von *Xu et al.*¹²⁴ zeigen sich ebenfalls kleinere Werte für chinesische Männer (11,75 mm, Wert aus Untergruppe LM) und Frauen (11,57 mm, Wert aus Untergruppe LM). Daraus kann geschlossen werden, dass chinesische Personen einen kleineren Irisdurchmesser haben als kaukasische Probanden.

Die innere interkanthale Distanz EnD zeigte bereits in verschiedenen Studien Differenzen zwischen verschiedenen ethnischen Gruppen. *Packiriswamy et al.*⁴⁵ verglichen die Gruppen der malaiischen Chinesen, malaiischen Inder und malaiischen Malaien und stellten signifikante Unterschiede der interkanthalen Distanz zwischen den Ethnien fest. Die malaiischen Chinesen wiesen mit 37,1 mm bei den Männern und 36,2 mm bei den Frauen die größten Werte auf und zeigten gleichzeitig auch signifikante Größenunterschiede zwischen den Geschlechtern. Die Werte stehen im Einklang zu den Werten die von *Wu et al.*²³ bei chinesischen Männern (37,51 mm) und Frauen (35,55 mm) erhoben wurden. Unsere Studie zeigte vergleichbare Werte mit 37,28 mm bei chinesischen Männern und 36,06 mm bei chinesischen Frauen. Kaukasische Männer (32,12 mm) und kaukasische Frauen (30,35 mm) zeigten signifikant geringere Werte. Die Ursache dieser Distanzunterschiede könnte auch wieder im Vorliegen des Epikanthus bei der chinesischen Bevölkerungsgruppe liegen, da dieser durch die zusätzliche Haut den Punkt des Endokanthions nach lateral verschiebt und damit die interkanthale Distanz zunimmt¹¹¹.

Auch der Vergleich der Distanz von Exokanthion zu Exokanthion zeigte statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Ethnien. Die absteigende Reihenfolge zeigte sich wie folgt: chinesische Männer mit 95,67 mm, kaukasische Männer mit 92,55 mm,

chinesische Frauen mit 91,13 mm und kaukasische Frauen mit 87,90 mm. Vergleicht man EnD und ExD fällt die verhältnismäßig größere Zunahme von ExD bei kaukasischen Männern im Vergleich zu chinesischen Frauen auf, was durch die weiter oben bereits erläuterten Werte für die Lidspaltenbreite PFW zustande kommen. Diese sind bei kaukasischen Männern signifikant größer als bei chinesischen Frauen und erklären den Unterschied zwischen EnD und ExD. Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern wurde bereits in der Studie von *Öztürk et al.*⁵² mit 91,3 mm bei türkischen Männern und 90,1 mm bei türkischen Frauen sowie beim Vergleich pakistanischer Männer (86,3 mm) und Frauen (84,0 mm) von *Hayat et al.*¹¹⁸ gezeigt. Der Kanthusindex CI, berechnet aus EnD geteilt durch ExD, steigt bei einer größeren inneren kanthalen Distanz bzw. bei einem niedrigen PFW. In unserer Studie zeigten sich zwischen den Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede, dafür aber zwischen den Ethnien. Chinesische Männer (0,39) und chinesische Frauen (0,40) wiesen höhere Werte auf als kaukasische Männer (0,35) und kaukasische Frauen (0,35), was an den relativ betrachteten großen EnD-Werten bei den chinesischen Probanden liegen kann.

5.2.2. Unterschiede der Doppellidfalte

Das Vorliegen einer doppelten Augenlidfalte wird als zentrales Merkmal für ein ästhetisches Auge angesehen⁴⁷, liegt allerdings bei ostasiatischen Menschen nur in 50% der Fälle überhaupt vor¹²⁵. In den meisten Fällen (40%) liegt bei chinesischen Personen eine einfach Lidfalte vor²⁶, die Korrektur dieser Lidfalte mittels Blepharoplastik ist eine der häufigsten kosmetischen Eingriffe in dieser Region¹²⁵.

Die Vermessung der Doppellidfalte wurde in früheren Studien anhand von zweidimensionalen Bildern durch die einfache Abstandsmessung zwischen dem Rand des oberen Augenlides und der Doppellidfalte gemessen¹²⁶. Bei asiatischen Personen zeigten sich leicht größere Werte bei Frauen (1,52 mm) als bei Männern (1,33 mm)¹²⁶. Deutlich größer waren die Werte bei kaukasischen Personen, so zeigten *van den Bosch et al.*⁵⁰ für Frauen 3,0 mm und für Männer 2,1 mm. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Ethnien wurde bereits mehrfach in der Literatur beschrieben¹²⁷⁻¹²⁹.

Die Vermessung der Doppellidfalte wurde in unserer Studie aufwendiger und genauer durchgeführt als bislang. Das System der Landmarkenplatzierung hat sieben Distanzen vom oberen Augenlidrand zur Doppellidfalte erzeugt, womit die Kurve und Form der Doppellidfalte deutlich präziser vermessen wurde als mit der einfachen zweidimensionalen Vermessung der bereits erwähnten früheren Studien. Zwischen kaukasischen Männern und Frauen zeigten sich bei keiner der Distanzen statistisch signifikante Unterschiede, jedoch wiesen chinesische Männer im Vergleich zur kaukasischen Gruppe in allen Parametern statistisch signifikant

geringere Werte auf. FLmD, FPD, FPDl und FExD waren zudem bei chinesischen Männern statistisch signifikant geringer als bei chinesischen Frauen. Letztere zeigten im Vergleich zur kaukasischen Gruppe bei allen Parametern bis auf FPD auch signifikant kleinere Werte. Die Ausnahme von FPD ist interessant, da dieser Wert durch die Distanz von Ps zu FPs berechnet wird (also die Strecke zwischen dem oberen Augenlid zur Doppellidfalte auf Höhe des Pupillarzentrums). Dies entspricht der Messung bei der zweidimensionalen Vermessung der Doppellidfalte in der Arbeit von *Burusapat et al.*¹²⁶. Während unsere Werte für chinesische Männer mit denen von *Burusapat et al.* übereinstimmen (1,54 mm versus 1,33 mm), weichen die Werte für chinesische Frauen stark ab (2,97 mm versus 1,52 mm). Dieses Phänomen kann zwei denkbare Ursachen haben: einerseits kann die zweidimensionale Bildgebung keine Distanz in der dritten Ebene darstellen, welche möglicherweise bei der weiblichen chinesischen Doppellidfalte vorliegt. Andererseits kann es sein, dass innerhalb unserer Gruppe der chinesischen Frauen mehr „echte“ Doppellidfalten als bei *Burusapat et al.* vorliegen. *Cai et al.*²⁶ beschrieben bereits, dass es bei asiatischen Personen neben der häufigen einfachen Lidfalte auch weitere Formen, darunter bspw. eine Parallelfalte oder „echte“ Doppellidfalten, gibt. Auch wenn diese nicht so häufig wie bei kaukasischen Personen auftreten¹³⁰, kann es sein, dass in unserer Probandengruppe überdurchschnittlich viele chinesische Teilnehmerinnen eine Doppellidfalte besaßen.

5.2.3. Unterschiede der Augenbrauen

Die Augenbrauen stellen ein klassisches geschlechtsspezifisches Unterscheidungsmerkmal dar^{45,46,48}, spielen aber ebenfalls eine wichtige Rolle in der Kommunikation durch die Mimik. *Mukhiddinov et al.*¹³¹ konnten in einer Studie zeigen, dass die Augenbrauen einige Emotionen wie Überraschung und Wut durch minimale Veränderungen ihrer Form beeinflussen. Bislang gab es nur wenige Versuche, die ideale Position der Augenbrauen wissenschaftlich zu untersuchen. Im Jahr 1983 haben *Ellenbogen et al.*¹³² Kriterien für die idealen Augenbrauen festgehalten, die dann 1986 von *Whitaker et al.*¹³³ erweitert wurden. *Gunter et al.*¹³⁴ verglichen im Jahr 1997 die Gesichter von Zeitschriften-Models mit Gesichtern von Patienten, die eine plastisch-ästhetischen Operation in ihrer Praxis durchführen wollten und zogen aus dem Vergleich Zielwerte. Die bereits bestehenden Kriterien sind allerdings nicht mehr auf dem aktuellen Stand und berücksichtigen nicht ausreichend Faktoren wie Geschlecht, Ethnie, Kultur, Alter und aktuelle Trends²³.

Ein wichtiger Wert der Augenbrauenvermessung unserer Studie war EPD, also die Augenbrauenhöhe vertikal zum Pupillenzentrum. Die geringsten Werte zeigten hier kaukasische Männer mit 9,48 mm, dieser war signifikant kleiner als bei kaukasischen Frauen (10,93 mm) und chinesischen Frauen (10,86 mm). Zwar etwas größer aber ohne statistische

Signifikanz zu einer Gruppe war der Wert für chinesische Männer (10,45 mm). Die ermittelten Werte passen zu den Vorstudien der Augenbrauen. *Packiriswamy et al.*⁴⁵ zeigten bei allen in ihrer Studie untersuchten ethnischen Gruppen größere Werte für die Augenbrauenhöhe (EH) bei Frauen als bei Männern. Ähnliche Ergebnisse zeigten auch *Price et al.*⁴⁹ beim Vergleich der Augenbrauen kaukasischer und afroamerikanischer Personen, auch hier hatten Frauen immer einen größeren Wert für die Augenbrauenhöhe. Die von *van den Bosch et al.*⁵⁰ gemessene Distanz bei kaukasischen Frauen beträgt durchschnittlich 11,8 mm sowie 9,4 mm bei Männern und liegt damit in einem vergleichbaren Bereich wie unsere Werte. Bei asiatischen Personen zeigte sich ein Durchschnittswert von 12,4 mm bei Männern und 12,0 mm bei Frauen²⁰, die Studie von *Lu et al.*¹³⁵ ermittelte 11,67 mm bei chinesischen Männern und 11,93 mm bei chinesischen Frauen und liegt damit näher an unseren gemessenen Werten. Die Werte für eine junge chinesische Population zeigte am linken Auge 12,53 mm bei Männern und 12,50 mm bei Frauen, sowie am rechten Auge 12,11 mm bei Männern und 12,22 mm bei Frauen²³. Die deutlichen Schwankungen der Werte in der Literatur lassen sich durch die uneinheitliche Vermessung der Distanzen erklären. Die verwendeten Kamerasysteme unterscheiden sich zwischen den Studien, teilweise wurde auch minimal unterschiedliche Messpunkte verwendet, die die Differenzen und Gegensätze der Ergebnisse erklären können.

Wir haben in unserer Studie neben EPD acht weitere Parameter bestimmt um die Form und Lage der Augenbrauen detailliert zu vermessen. Diese Parameter lassen sich in mediale und laterale Parameter unterteilen, wobei sich bei kaukasischen Frauen im Bereich der lateralen Parameter eine Tendenz zu höheren Werten zeigte. Bei ELID, EExDI, EExD und EPDI zeigten sich signifikant größere Werte als bei allen anderen Gruppen. Vergleichsweise sind die Werte für die mediale Gruppe (EEnD, EPDm und ELmD) nicht signifikant größer als bei den anderen Gruppen. Bei EEnD wiesen chinesischen Frauen mit 19,42 mm den größten Wert auf, gefolgt von chinesischen Männern (18,55 mm), kaukasischen Frauen (17,52 mm) und kaukasischen Männern (17,36 mm). Die Werte für EEnD lassen sich wieder durch den häufiger vorkommenden Epikanthus^{111,112} bei chinesischen Personen und die damit veränderten Werte für den medialen Kanthus erklären.

Die lateralen Werte der Augenbrauen zeigten neben den bereits erklärten Auffälligkeiten bei kaukasischen Frauen nur bei den Exokanthionwerten EExD und EExDI noch signifikante Unterschiede zwischen chinesischen Männern und Frauen. Bei EExD wiesen Frauen (CHN 15,21 mm CAU 18,53 mm) relevant größere Werte als Männer (CHN 13,55 mm CAU 15,92 mm) auf, ähnliche Werte waren bei EExDI im Vergleich zwischen Frauen (CHN 13,61 mm CAU 15,12 mm) und Männern (CHN 12,21 mm CAU 13,5 mm) zu finden. Die Werte können durch eine bei Frauen höherliegende laterale Augenbrauenposition erklärt werden. In einer Gruppe

von indisch-amerikanischen Personen wurde bereits gezeigt, dass die Distanz zwischen dem lateralen Kanthus zum lateralen Augenbrauenende bei Frauen größer ist als bei Männern ¹³⁶ und damit unsere Werte stützt.

Die Bestimmung des Augenbrauenhöhepunktes und des Winkels von diesem blieb in unserer Studie aufgrund der fehlenden Bestimmung entsprechender standardisierter Landmarken aus. Die Literatur hat bislang jedoch gezeigt, dass relevante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und im Alter im Bereich des Augenbrauenhöhepunktes bestehen und diese auch relevant für Operationen des Bereichs sind ^{45,51,136,137}.

Der letzte relevante Wert der Augenbrauenvermessung ist die Augenbrauenlänge EL. Kaukasische Männer hatten mit 69,54 mm den größten Wert, gefolgt von chinesischen Männern mit 68,54 mm, chinesischen Frauen mit 61,99 mm und kaukasischen Frauen mit 61,37 mm. Zwischen den Ethnien bestanden keine signifikanten Unterschiede, dafür aber zwischen den Geschlechtern. Die Ergebnisse kann man durch die größeren Strukturen bei Männern, insbesondere die größere und breitere Stirn, ¹³⁷ zurückführen.

5.3 Limitationen

Die vorliegende Studie weist mehrere methodische Einschränkungen auf, die im Kontext zukünftiger Forschung berücksichtigt werden sollten. Erstens ist die Auswahl der Probanden von entscheidender Bedeutung, da China ein Land mit einer großen Flächenausdehnung und einer sehr heterogenen Bevölkerung ist. In China leben 55 verschiedene ethnische Gruppen ¹³⁸, die voneinander zu unterscheiden sind. Die Gesichts- und speziell die periorbitale Morphologie variiert signifikant zwischen den verschiedenen Ethnien und Regionen. In unserer Studie beschränkten sich die Probanden auf Han-Chinesen, die in Deutschland studieren und sowohl aus dem nördlichen als auch südlichen China stammen. Dies ermöglicht zwar eine gewisse geographische Repräsentation, spiegelt jedoch nicht die komplexe ethnische Diversität Chinas wider. Besonders in Regionen wie dem Westen und Südwesten Chinas, in denen ethnische Minderheiten wie die Uiguren, Tibeter oder Zhuang leben, könnten signifikante Unterschiede in der periorbitalen Morphologie auftreten, die in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt wurden. Daher wäre es notwendig in zukünftigen Studien die ethnische Vielfalt Chinas zu berücksichtigen.

Zweitens ist die eingeschränkte Stichprobengröße ein weiterer limitierender Faktor. Da es sich bei den Probanden um chinesische Studierende im Ausland handelt, deren Altersgruppe sich auf 20 bis 30 Jahre beschränkt, repräsentiert die Studie nicht die gesamte demografische Bandbreite der jungen erwachsenen chinesischen Bevölkerung. Die geringe Stichprobengröße führt möglicherweise zu einer eingeschränkten statistischen Aussagekraft

und kann zu einem Selektionsbias führen. Außerdem berücksichtigt die Studie nicht die altersbedingten Veränderungen des periorbitalen Bereichs, auch wenn versucht wurde durch das Studiendesign mit ausschließlich jungen Personen diesen Faktor auszuklammern. Der maximale Altersunterschied beträgt in unserer Studie 12 Jahre. *Van den Bosch et al.*⁵⁰ zeigten in ihrer Studie, dass bereits bei 10 Jahren Altersunterschied Veränderungen der Gesichtsmorphologie auftreten. Die ermittelten Unterschiede könnten somit teilweise auch an einem Altersunterschied zwischen den Probanden gelegen haben, obwohl das jeweils bestimmte mittlere Alter der vier Gruppen kaum Differenz zeigt.

Auch wenn sich die Landmarkenplatzierung bereits in mehreren Studien als zuverlässig präsentiert hat und eine deutlich größere Menge an Distanzen zur Vermessung als vorangegangene Studien anbieten kann, ist die Anzahl der Landmarken und Parameter eventuell noch nicht detailliert genug. Beispielsweise bietet die Vermessung der Augenbrauen in unserer Studie noch keine Möglichkeit, den Winkel der Augenbrauenschwungung und die Lokalisation des Höhepunktes der Augenbrauen zu bestimmen. Beide Parameter sind für die Wahrnehmung und chirurgische Korrektur der periorbitalen Region von Relevanz und in künftigen Studien zu berücksichtigen. Außerdem fehlt ein System um Besonderheiten der Augen, wie beispielsweise ein Epikanthus, im Landmarkensystem einzukalkulieren und damit die Verzerrung der standardisierten Landmarken zu verhindern.

Neben den demographischen Einschränkungen und der Methodik der Landmarkenplatzierung sollten auch Verzerrungen durch die Mimik und den Gesichtsausdruck miteinbezogen werden. In unserer Studie wurde den Teilnehmern gesagt, dass sie einen neutralen Gesichtsausdruck einnehmen sollen, was zwar einen gewissen Standard erzeugt, aber individuell unterschiedlich ausgelegt werden kann. Die mimische Aktivität beeinflusst stark die Form der Augenlider, Augenbrauen sowie der Lidspalte und damit auch die Platzierung der Landmarken. Differenzen in der Auslegung eines neutralen Gesichtsausdrucks können damit Unterschiede zwischen Personen verstärken oder abschwächen. Eine detaillierte Anleitung der Teilnehmer, wie sie ihre Augen entspannen sollen wäre in folgenden Studien sinnvoll, um einen einheitlichen neutralen Gesichtsausdruck als Standard für die Landmarkenplatzierung zu schaffen.

Ein weiterer relevanter Aspekt ist die Tatsache, dass alle Messungen von einem einzelnen erfahrenen Operator durchgeführt wurden. Obwohl dies eine einheitliche Messmethodik und somit eine Reduktion der Inter-Rater-Variabilität sicherstellt, könnte die Reliabilität der Messungen durch den Einbezug mehrerer unabhängiger Operatoren weiter verbessert

werden. Durch eine deutlich standardisierte oder eventuell sogar automatisierte Platzierung der fünf Hauptlandmarken könnte die Objektivität der Messungen erhöht werden.

In Anbetracht der Tatsache, dass die vorliegende Studie eine der ersten ist, die eine so detaillierte 3D-Beschreibung des periorbitalen Bereichs bei jungen chinesischen und kaukasischen Erwachsenen bietet, sind die Ergebnisse dennoch von wissenschaftlicher Relevanz. Nichtsdestotrotz sollten die oben genannten Einschränkungen bei der Interpretation und Anwendung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Zukünftige Forschungsarbeiten dieser Thematik müssen eine größere Probandengruppe von detaillierter ethnischer Zugehörigkeit umfassen, um die Variabilität des periorbitalen Bereichs umfassender abzubilden. Außerdem sollten sie das bestehende Landmarkensystem erweitern, sodass mehr relevante Parameter der Region berücksichtigt werden können.

5.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit hat die Unterschiede des periorbitalen Bereichs zwischen jungen kaukasischen und chinesischen Erwachsenen unter Berücksichtigung von ethnischen und geschlechtsspezifischen Faktoren untersucht. Als Messverfahren wurde ein standardisiertes Stereophotogrammetrie-Protokoll angewendet, um detaillierte Werte für die einzelnen Parameter zu erhalten. Die präsentierten Ergebnisse konnten signifikante Unterschiede der periorbitalen Strukturen zeigen, die sowohl auf ethnische als auch auf geschlechtsspezifische Ursachen zurückzuführen sind. Dabei waren die Differenzen der Werte für die Lidspalte, die Doppellidfalte und die Augenbrauen nicht einheitlich gestaffelt, sondern wiesen teilweise gegensätzliche Unterschiede der Parameter auf. Kaukasische Frauen zeigten beispielsweise die größte Lidspaltenhöhe, allerdings war der Durchschnittswert für die Lidspaltenbreite nach dem der chinesischen Frauen der kleinste Wert. Daraus lässt sich das komplexe Zusammenspiel der Faktoren erkennen, dass für den Aufbau des periorbitalen Bereichs relevant ist. Die Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Männer zeigten bei den Abstandsparametern zwischen beiden Augen signifikant größere Werte als Frauen
- Chinesische Personen zeigen einen größeren inneren interkanthalen Abstand als kaukasische Probanden
- Männer zeigten eine breitere, aber niedrigere Lidspalte als Frauen
- Chinesische Personen zeigten eine stärkere Neigung des Augenwinkels als kaukasische Probanden

- Frauen zeigten größere Werte für den medialen und lateralen Kanthuswinkel als Männer
- Kaukasische Personen zeigten einen größeren Wert für den lateralen Kanthuswinkel
- Chinesische Frauen zeigten größere Werte für den medialen Kanthuswinkel als kaukasische Frauen
- Kaukasische Personen haben ausgeprägtere Werte für die Doppellidfalte als chinesischen Probanden
- Männer zeigten längere Augenbrauen als Frauen
- Frauen zeigten höher liegende Augenbrauen als Männer

Im Vergleich zu den bestehenden Studien, die häufig zweidimensionale Vermessungen durchgeführt haben, stellt diese Arbeit einen detaillierteren Standard für die Untersuchung des periorbitalen Bereichs dar. Durch die dreidimensionalen Aufnahmen und die standardisierten Landmarken konnten Referenzwerte für sowohl ethnische als auch geschlechtsspezifische Unterschiede geschaffen werden. Insbesondere in der rekonstruktiven Augenheilkunde und plastisch-ästhetischen Chirurgie sind diese Werte für Operateure von Relevanz, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erreichen. Dies ist insbesondere im Zuge der zunehmenden Globalisierung und der daraus resultierenden multikulturellen Bevölkerungsstruktur von Bedeutung. In Kombination mit der zunehmenden Nachfrage an ästhetischen Eingriffen im Gesicht ist es wichtig, einen Katalog an Referenzwerten für Chirurgen zu erstellen, um die feinen Unterschiede zwischen Geschlecht, Ethnie und Alter darzustellen.

Die gewonnenen Daten und Erkenntnisse spielen nicht nur in der Chirurgie eine wichtige Rolle, sondern können auch im Bereich der computergestützten Gesichtsanalyse- und Erkennungssysteme relevant sein. Die Unterscheidung kleinster Differenzen ermöglicht eine automatisierte Erkennung und Analyse von Gesichtern, was beispielsweise bei präoperativen Aufnahmen von Patienten als ein diagnostischer Schritt eingebaut werden könnte. Neben der klinischen Anwendung können die Ergebnisse auch für die Weiterentwicklung von Gesichtserkennungsprogrammen eingesetzt werden. Die Komplexität des periorbitalen Bereichs bietet dabei eine für jedes Individuum einzigartige Kombination und somit auch eine zuverlässige Identitätsprüfung.

Trotz der Ergebnisse sind aufgrund der in 5.3 erklärten Limitationen weitere Studien nötig, um die Validität der Daten zu festigen. Eine Studie mit mehr chinesischen Probanden aus einer der 55 chinesischen ethnischen Gruppen ist nötig, um sicherzustellen, dass die festgestellten Unterschiede nicht aufgrund einer zu kleinen Probandengruppe zustande gekommen sind. Sollten die folgenden Studien das gleiche Protokoll nutzen mit den gleichen standardisierten Landmarken, könnte man sich jeweils auf eine Ethnie fokussieren und anschließend eine Übersichtsarbeit zum Vergleich der Ethnien erstellen.

Ebenfalls wäre es interessant, neben dem Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Probanden, Altersgruppen zu vergleichen, da in der Literatur bereits deutliche altersbedingte Differenzen des periorbitalen Bereichs gezeigt wurden. Die vorliegende Arbeit beschränkte sich auf junge Erwachsene, so dass keine Übertragbarkeit auf eine ältere Population möglich ist. Dies ist besonders relevant, da viele ästhetische Eingriffe der Region mit dem Wunsch der optischen Verjüngung durchgeführt werden. Referenzwerte für die verschiedenen Altersgruppen sind deshalb notwendig, um die Effekte des Alterungsprozess besser zu verstehen.

Zukünftige Studien sollten die Methodik der dreidimensionalen Analyse weiter verfeinern und weitere relevante Landmarken und Parameter zu dem bereits bestehenden System hinzufügen. Vor allem der Augenbrauenhöhepunkt sollte als eigene Landmarke bestimmt werden, von welchem aus Linien zur Bestimmung der Augenbraunenneigung gezogen werden sollten. Außerdem wäre eine Erkennung bzw. Vermessung eines Epikanthus oder anderer Auffälligkeiten am Auge wichtig, um Verzerrungen beispielsweise des medialen Kanthus zu verhindern. Diese Landmarken sollten nach einem definierten Schema platziert werden, sodass perspektivisch eine automatisierte Landmarkenplatzierung eingeführt werden kann, was zu einer höheren Reliabilität führen könnte.

Insgesamt leistet diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der komplexen periorbitalen Anatomie und legt den Grundstein für weiterführende Forschung auf diesem Gebiet. Die entwickelten 3D-Datensätze können zukünftig in der klinischen Praxis sowie in der Grundlagenforschung als wertvolle Referenz dienen und helfen, individuelle, ethnisch und funktionell korrekte Operationsplanungen im periorbitalen Bereich umzusetzen.

6. Literaturverzeichnis

1. Gao T, Guo Y, Rokohl AC, et al. Racial and sexual differences of eyebrow and eyelid morphology: three-dimensional analysis in young Caucasian and Chinese populations. *Quant Imaging Med Surg* 2025; **15**(1): 882-97.
2. Canfield Scientific I. VECTRA M3 User Guide Software Version 6.10. 2020.
3. Vegter F, Hage JJ. Clinical anthropometry and canons of the face in historical perspective. *Plast Reconstr Surg* 2000; **106**(5): 1090-6.
4. Othman SA, Majawit LP, Wan Hassan WN, Wey MC, Mohd Razi R. Anthropometric Study of Three-Dimensional Facial Morphology in Malay Adults. *PLoS One* 2016; **11**(10): e0164180.
5. Dong Y, Zhao Y, Bai S, Wu G, Zhou L, Wang B. Three-dimensional anthropometric analysis of chinese faces and its application in evaluating facial deformity. *J Oral Maxillofac Surg* 2011; **69**(4): 1195-206.
6. Kau CH, Richmond S, Zhurov A, et al. Use of 3-dimensional surface acquisition to study facial morphology in 5 populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; **137**(4 Suppl): S56.e1-9; discussion S-7.
7. Sarkar D, Seth S, Jyoti D, Hasan M, Pattanayak A, Ojha M. Establishment of Cephalometric Norms using Tetragon Analysis in Bengali Population. *J Pharm Bioallied Sci* 2023; **15**(Suppl 2): S1244-s9.
8. 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.
9. Hou X, Rokohl AC, Meinke MM, et al. Standardized Three-Dimensional Lateral Distraction Test: Its Reliability to Assess Medial Canthal Tendon Laxity. *Aesthetic Plast Surg* 2021; **45**(6): 2798-807.
10. Hou XY, Rokohl AC, Meinke MM, et al. A modified 3D stereophotogrammetry-based distraction test for assessing lower eyelid tension. *Int J Ophthalmol* 2022; **15**(11): 1757-64.
11. Guo Y, Liu J, Ruan Y, et al. A novel approach quantifying the periorbital morphology: A comparison of direct, 2-dimensional, and 3-dimensional technologies. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2021; **74**(8): 1888-99.
12. Guo Y, Rokohl AC, Fan W, et al. A novel standardized approach for the 3D evaluation of upper eyelid area and volume. *Quant Imaging Med Surg* 2023; **13**(3): 1686-98.
13. Guo Y, Rokohl AC, Schaub F, et al. Reliability of periorbital anthropometry using three-dimensional digital stereophotogrammetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; **257**(11): 2517-31.
14. Guo Y, Schaub F, Mor JM, Jia R, Koch KR, Heindl LM. A Simple Standardized Three-Dimensional Anthropometry for the Periorbital Region in a European Population. *Plast Reconstr Surg* 2020; **145**(3): 514e-23e.
15. 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.
16. Hammond P, Hutton TJ, Allanson JE, et al. 3D analysis of facial morphology. *Am J Med Genet A* 2004; **126a**(4): 339-48.
17. Hicks K, Sclafani AP, Thomas JR. Evolution of Blepharoplasty. *Facial Plast Surg* 2019; **35**(4): 340-52.
18. Neves JC, Arancibia-Tagle D, Medel-Jiménez R, Vásquez LM. Periorbital Surgical Anatomy. *Facial Plast Surg* 2020; **36**(3): 317-28.
19. Tarbet KJ, Lemke BN. Clinical anatomy of the upper face. *Int Ophthalmol Clin* 1997; **37**(3): 11-28.
20. Park DH, Choi WS, Yoon SH, Song CH. Anthropometry of asian eyelids by age. *Plast Reconstr Surg* 2008; **121**(4): 1405-13.
21. Wang D, Qian G, Zhang M, Farkas LG. Differences in horizontal, neoclassical facial canons in Chinese (Han) and North American Caucasian populations. *Aesthetic Plast Surg* 1997; **21**(4): 265-9.

22. Wirthlin J, Kau CH, English JD, Pan F, Zhou H. Comparison of facial morphologies between adult Chinese and Houstonian Caucasian populations using three-dimensional imaging. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013; **42**(9): 1100-7.
23. Wu XS, Jian XC, He ZJ, Gao X, Li Y, Zhong X. Investigation of anthropometric measurements of anatomic structures of orbital soft tissue in 102 young han chinese adults. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2010; **26**(5): 339-43.
24. Li Q, Zhang X, Li K, et al. Normative anthropometric analysis and aesthetic indication of the ocular region for young Chinese adults. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016; **254**(1): 189-97.
25. Jayaratne YS, Deutsch CK, Zwahlen RA. Normative findings for periocular anthropometric measurements among Chinese young adults in Hong Kong. *Biomed Res Int* 2013; **2013**: 821428.
26. Cai X, Chen Y, Li Q, et al. Anthropometric Analysis on the Ocular Region Morphology of Children and Young Adults in Chinese Han Population. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2019; **35**(4): 326-32.
27. Chi Y, Li T, Li J, et al. Gender- and Age-Related Characterization of Lower Eyelid Morphology: Three-Dimensional Analysis in a Chinese Population. *Aesthetic Plast Surg* 2024.
28. Segal UA. Globalization, migration, and ethnicity. *Public Health* 2019; **172**: 135-42.
29. Packirisamy V. Photogrammetric Analysis of Nasal Dimensions in Indian Malaysian Adults. *J Craniofac Surg* 2022; **33**(2): e168-e70.
30. Farkas LG, Forrest CR, Litsas L. Revision of neoclassical facial canons in young adult Afro-Americans. *Aesthetic Plast Surg* 2000; **24**(3): 179-84.
31. Steenen SA, Gül A, Hupkens P, Bauland CG. [Cosmetic facial surgery: a bird's eye view]. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2023; **130**(12): 495-506.
32. Kwak ES. Asian cosmetic facial surgery. *Facial Plast Surg* 2010; **26**(2): 102-9.
33. Lin YN, Wu YC, Huang SH, Chou CK, Takahashi H, Lin TM. Periorbital Rejuvenation for Asians. *Clin Plast Surg* 2023; **50**(1): 91-100.
34. Ko AC, Satterfield KR, Korn BS, Kikkawa DO. Eyelid and Periorbital Soft Tissue Trauma. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2021; **33**(3): 317-28.
35. Wesley RE, McCord CD, Jr., Jones NA. Height of the tarsus of the lower eyelid. *Am J Ophthalmol* 1980; **90**(1): 102-5.
36. Branham G, Holds JB. Brow/Upper lid anatomy, aging and aesthetic analysis. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2015; **23**(2): 117-27.
37. Kashkouli MB, Abdolalizadeh P, Abolfathzadeh N, Sianati H, Sharepour M, Hadi Y. Periorbital facial rejuvenation; applied anatomy and pre-operative assessment. *J Curr Ophthalmol* 2017; **29**(3): 154-68.
38. Takahashi Y, Watanabe A, Matsuda H, et al. Anatomy of secretory glands in the eyelid and conjunctiva: a photographic review. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2013; **29**(3): 215-9.
39. Lam VB, Czyz CN, Wulc AE. The brow-eyelid continuum: an anatomic perspective. *Clin Plast Surg* 2013; **40**(1): 1-19.
40. Czyz CN, Hill RH, Foster JA. Preoperative evaluation of the brow-lid continuum. *Clin Plast Surg* 2013; **40**(1): 43-53.
41. 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.
42. Anderson RL, Beard C. The levator aponeurosis. Attachments and their clinical significance. *Arch Ophthalmol* 1977; **95**(8): 1437-41.
43. Bergstrom R, Czyz CN. Ectropion Lower Eyelid Reconstruction. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2024, StatPearls Publishing LLC.; 2024.
44. Briceño CA, Zhang-Nunes SX, Massry GG. Minimally invasive options for the brow and upper lid. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2015; **23**(2): 153-66.
45. Packiriswamy V, Kumar P, Bashour M. Anthropometric and Anthroposcopic Analysis of Periorbital Features in Malaysian Population: An Inter-racial Study. *Facial Plast Surg* 2018; **34**(4): 400-6.

46. Pelletier AT, Few JW. Eyebrow and eyelid dimensions: an anthropometric analysis of African Americans and Caucasians. *Plast Reconstr Surg* 2010; **125**(4): 1293-4.
47. Hwang HS, Spiegel JH. The effect of "single" vs "double" eyelids on the perceived attractiveness of Chinese women. *Aesthet Surg J* 2014; **34**(3): 374-82.
48. Richer V, Berkowitz J, Trindade de Almeida A. Eyebrow Shape Preference Across Age, Gender, and Self-reported Ethnic Group. *Dermatol Surg* 2023; **49**(2): 171-6.
49. Price KM, Gupta PK, Woodward JA, Stinnett SS, Murchison AP. Eyebrow and eyelid dimensions: an anthropometric analysis of African Americans and Caucasians. *Plast Reconstr Surg* 2009; **124**(2): 615-23.
50. van den Bosch WA, Leenders I, Mulder P. Topographic anatomy of the eyelids, and the effects of sex and age. *Br J Ophthalmol* 1999; **83**(3): 347-52.
51. Yağcınkaya E, Cingi C, Söken H, Ulusoy S, Muluk NB. Aesthetic analysis of the ideal eyebrow shape and position. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016; **273**(2): 305-10.
52. Öztürk F, Yavas G, Inan UU. Normal periocular anthropometric measurements in the Turkish population. *Ophthalmic Epidemiol* 2006; **13**(2): 145-9.
53. Liu D, Stasior OG. Lower eyelid laxity and ocular symptoms. *Am J Ophthalmol* 1983; **95**(4): 545-51.
54. Hill JC. Analysis of senile changes in the palpebral fissure. *Trans Ophthalmol Soc U K (1962)* 1975; **95**(1): 49-53.
55. Damasceno RW, Avgitidou G, Belfort R, Jr., Dantas PE, Holbach LM, Heindl LM. Eyelid aging: pathophysiology and clinical management. *Arq Bras Oftalmol* 2015; **78**(5): 328-31.
56. Lambros V. Observations on periorbital and midface aging. *Plast Reconstr Surg* 2007; **120**(5): 1367-76.
57. Kraus D, Formoly E, Iblher N, Stark GB, Penna V. A morphometric study of age- and sex-dependent changes in eyebrow height and shape(☆). *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2019; **72**(6): 1012-9.
58. Chin T, Lee XE, Ng PY, Lee Y, Dreesen O. The role of cellular senescence in skin aging and age-related skin pathologies. *Front Physiol* 2023; **14**: 1297637.
59. DeAngelis DD, Carter SR, Seiff SR. Dermatochalasis. *Int Ophthalmol Clin* 2002; **42**(2): 89-101.
60. Oh SR, Chokthaweesak W, Annunziata CC, Priel A, Korn BS, Kikkawa DO. Analysis of eyelid fat pad changes with aging. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2011; **27**(5): 348-51.
61. Baylis HI, Goldberg RA, Kerivan KM, Jacobs JL. Blepharoplasty and periorbital surgery. *Dermatol Clin* 1997; **15**(4): 635-47.
62. Damasceno RW, Osaki MH, Dantas PE, Belfort R, Jr. Involutional entropion and ectropion of the lower eyelid: prevalence and associated risk factors in the elderly population. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2011; **27**(5): 317-20.
63. Hakim F, Phelps PO. Entropion and ectropion. *Dis Mon* 2020; **66**(10): 101039.
64. Vallabhanath P, Carter SR. Ectropion and entropion. *Curr Opin Ophthalmol* 2000; **11**(5): 345-51.
65. Zhou J, Ding J, Li D. Blepharochalasis: clinical and epidemiological characteristics, surgical strategy and prognosis-- a retrospective cohort study with 93 cases. *BMC Ophthalmol* 2021; **21**(1): 313.
66. Koursh DM, Modjtahedi SP, Selva D, Leibovitch I. The blepharochalasis syndrome. *Surv Ophthalmol* 2009; **54**(2): 235-44.
67. Pe'er J. Pathology of eyelid tumors. *Indian J Ophthalmol* 2016; **64**(3): 177-90.
68. Peris K, Fargnoli MC, Kaufmann R, et al. European consensus-based interdisciplinary guideline for diagnosis and treatment of basal cell carcinoma-update 2023. *Eur J Cancer* 2023; **192**: 113254.
69. Farkas LG. Accuracy of anthropometric measurements: past, present, and future. *Cleft Palate Craniofac J* 1996; **33**(1): 10-8; discussion 9-22.
70. Lekakis G, Claes P, Hamilton GS, 3rd, Hellings PW. Three-Dimensional Surface Imaging and the Continuous Evolution of Preoperative and Postoperative Assessment in Rhinoplasty. *Facial Plast Surg* 2016; **32**(1): 88-94.

71. 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.
72. 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.
73. 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.
74. 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.
75. Akan B, Akan E, Şahan AO, Kalak M. Evaluation of 3D Face-Scan images obtained by stereophotogrammetry and smartphone camera. *Int Orthod* 2021; **19**(4): 669-78.
76. 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.
77. Nike E, Radzins O, Pirttiniemi P, Vuollo V, Slaidina A, Abeltins A. Evaluation of facial soft tissue asymmetric changes in Class III patients after orthognathic surgery using three-dimensional stereophotogrammetry. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2023; **52**(3): 361-70.
78. Choi JW, Lee JY, Oh TS, Kwon SM, Yang SJ, Koh KS. Frontal soft tissue analysis using a 3 dimensional camera following two-jaw rotational orthognathic surgery in skeletal class III patients. *J Craniomaxillofac Surg* 2014; **42**(3): 220-6.
79. 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.
80. 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.
81. Metzler P, Sun Y, Zemmann W, et al. Validity of the 3D VECTRA photogrammetric surface imaging system for crano-maxillofacial anthropometric measurements. *Oral Maxillofac Surg* 2014; **18**(3): 297-304.
82. Hoefert CS, Bacher M, Herberts T, et al. Implementing a superimposition and measurement model for 3D sagittal analysis of therapy-induced changes in facial soft tissue: a pilot study. *J Orofac Orthop* 2010; **71**(3): 221-34.
83. Ju X, Henseler H, Peng MJ, Khambay BS, Ray AK, Ayoub AF. Multi-view stereophotogrammetry for post-mastectomy breast reconstruction. *Med Biol Eng Comput* 2016; **54**(2-3): 475-84.
84. Figueiredo MN, Limongi RM, Tao JP. A Prospective Randomized Study of Lateral Brow-Eyelid Complex Volume after Internal Browpexy Using Three-Dimensional Stereophotogrammetry. *Facial Plast Surg Aesthet Med* 2024; **26**(3): 288-93.
85. Chi Y, Yang Y, Jin L, et al. Protocol Establishment and Reliability Verification of Three-Dimensional Digital Stereophotogrammetry in Lower Eyelid Anthropometry. *Aesthetic Plast Surg* 2024; **48**(7): 1276-87.
86. Miranda RE, Matayoshi S. Vectra 3D Simulation in Lower Eyelid Blepharoplasty: How Accurate is it? *Aesthetic Plast Surg* 2022; **46**(3): 1241-50.
87. 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.
88. Liu J, Rokohl AC, Guo Y, et al. Reliability of Stereophotogrammetry for Area Measurement in the Periocular Region. *Aesthetic Plast Surg* 2021; **45**(4): 1601-10.
89. Raschke GF, Bader RD, Rieger UM, Schultze-Mosgau S. Photo-assisted analysis of blepharoplasty results. *Ann Plast Surg* 2011; **66**(4): 328-33.
90. Raschke GF, Rieger UM, Bader RD, et al. The zygomaticomaxillary complex fracture - an anthropometric appraisal of surgical outcomes. *J Craniomaxillofac Surg* 2013; **41**(4): 331-7.

91. Starck WJ, Griffin JE, Jr., Epker BN. Objective evaluation of the eyelids and eyebrows after blepharoplasty. *J Oral Maxillofac Surg* 1996; **54**(3): 297-302; discussion -3.
92. Li X, Rokohl AC, Fan W, et al. Quantifying Dermatochalasis Using 3-Dimensional Photogrammetry. *Aesthetic Plast Surg* 2024; **48**(7): 1288-97.
93. Calder AJ, Burton AM, Miller P, Young AW, Akamatsu S. A principal component analysis of facial expressions. *Vision Res* 2001; **41**(9): 1179-208.
94. Knoll BI, Attkiss KJ, Persing JA. The influence of forehead, brow, and periorbital aesthetics on perceived expression in the youthful face. *Plast Reconstr Surg* 2008; **121**(5): 1793-802.
95. Canfield Scientific I. VECTRA M3 Imaging System. 2024. <https://www.canfieldsci.com/imaging-systems/vectra-m3-3d-imaging-system/> (accessed 09.09.2024 2024).
96. De Stefani A, Barone M, Hatami Alamdari S, et al. Validation of Vectra 3D Imaging Systems: A Review. *Int J Environ Res Public Health* 2022; **19**(14).
97. Liu J, Rokohl AC, Liu H, et al. Age-related changes of the periorbital morphology: a two- and three-dimensional anthropometry study in Caucasians. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; **261**(1): 213-22.
98. Sforza C, Dolci C, Grandi G, Tartaglia GM, Laino A, Ferrario VF. Comparison of soft-tissue orbital morphometry in attractive and normal Italian subjects. *Angle Orthod* 2015; **85**(1): 127-33.
99. Zhuang Z, Landsittel D, Benson S, Roberge R, Shaffer R. Facial anthropometric differences among gender, ethnicity, and age groups. *Ann Occup Hyg* 2010; **54**(4): 391-402.
100. Rana K, Beecher MB, Caltabiano C, Zhao Y, Verjans J, Selva D. Normal periorbital anthropometric measurements in an Australian population. *Int Ophthalmol* 2023; **43**(8): 2695-701.
101. Kwon SH, Choi JW, Kim HJ, et al. Three-Dimensional Photogrammetric Study on Age-Related Facial Characteristics in Korean Females. *Ann Dermatol* 2021; **33**(1): 52-60.
102. Imaizumi K, Taniguchi K, Ogawa Y, et al. Three-dimensional analyses of aging-induced alterations in facial shape: a longitudinal study of 171 Japanese males. *Int J Legal Med* 2015; **129**(2): 385-93.
103. Vasanthakumar P, Kumar P, Rao M. Anthropometric analysis of palpebral fissure dimensions and its position in South Indian ethnic adults. *Oman Med J* 2013; **28**(1): 26-32.
104. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR, et al. International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg* 2005; **16**(4): 615-46.
105. Kunjur J, Sabesan T, Ilankovan V. Anthropometric analysis of eyebrows and eyelids: an inter-racial study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006; **44**(2): 89-93.
106. Preechawai P. Anthropometry of eyelid and orbit in four southern Thailand ethnic groups. *J Med Assoc Thai* 2011; **94**(2): 193-9.
107. Zhang SY, Yan Y, Fu Y. Cosmetic blepharoplasty and dry eye disease: a review of the incidence, clinical manifestations, mechanisms and prevention. *Int J Ophthalmol* 2020; **13**(3): 488-92.
108. Alghoul M, Pacella SJ, McClellan WT, Codner MA. Eyelid reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2013; **132**(2): 288e-302e.
109. Leung AK, Ma KC, Siu TO, Robson WL. Palpebral fissure length. In Chinese newborn infants. Comparison with other ethnic groups. *Clin Pediatr (Phila)* 1990; **29**(3): 172-4.
110. Chong Y, Li J, Liu X, et al. Three-dimensional anthropometric analysis of eyelid aging among Chinese women. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2021; **74**(1): 135-42.
111. Xu J, Grant-Kels JM, Parish LC, Grzybowski A. Epicanthoplasty: Social and historical perspectives. *Clin Dermatol* 2024; **42**(4): 351-4.
112. Wang C, Mei X, Pu LLQ. Asian Upper Blepharoplasty in Women: A Comprehensive Approach for a Natural and Aesthetically Pleasing Outcome. *Aesthet Surg J* 2021; **41**(12): 1346-55.
113. Bashour M, Geist C. Is medial canthal tilt a powerful cue for facial attractiveness? *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2007; **23**(1): 52-6.
114. Volpe CR, Ramirez OM. The beautiful eye. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2005; **13**(4): 493-504.

115. Flowers RS. Canthopexy as a routine blepharoplasty component. *Clin Plast Surg* 1993; **20**(2): 351-65.
116. Bashour M. History and current concepts in the analysis of facial attractiveness. *Plast Reconstr Surg* 2006; **118**(3): 741-56.
117. Rhee SC, Woo KS, Kwon B. Biometric study of eyelid shape and dimensions of different races with references to beauty. *Aesthetic Plast Surg* 2012; **36**(5): 1236-45.
118. Hayat N, Alkhairy S, Cheema A, Ehsan M, Khan MA. Normal interpupillary, inner canthal distance and outer canthal distance in a normal population of Pakistan. *Pak J Med Sci* 2019; **35**(1): 50-4.
119. Pointer JS. The interpupillary distance in adult Caucasian subjects, with reference to 'readymade' reading spectacle centration. *Ophthalmic Physiol Opt* 2012; **32**(4): 324-31.
120. Muzyka-Woźniak M, Woźniak S, Łabuz G. Interchangeability in Automated Corneal Diameter Measurements Across Different Biometric Devices: A Systematic Review of Agreement Studies. *J Refract Surg* 2024; **40**(3): e182-e94.
121. Sanchis-Gimeno JA, Sanchez-Zuriaga D, Martinez-Soriano F. White-to-white corneal diameter, pupil diameter, central corneal thickness and thinnest corneal thickness values of emmetropic subjects. *Surg Radiol Anat* 2012; **34**(2): 167-70.
122. Hashemi H, Khabazkhoob M, Yazdani K, Mehravaran S, Mohammad K, Fotouhi A. White-to-white corneal diameter in the Tehran Eye Study. *Cornea* 2010; **29**(1): 9-12.
123. Arriola-Villalobos P, Burgos-Blasco B, Fernández-Vigo JI, et al. Biometry data and prevalence of corneal astigmatism in caucasian spanish candidates for cataract surgery. *J Fr Ophthalmol* 2021; **44**(1): 76-83.
124. Xu G, Wu G, Du Z, et al. Distribution of White-to-White Corneal Diameter and Anterior Chamber Depth in Chinese Myopic Patients. *Front Med (Lausanne)* 2021; **8**: 732719.
125. McCurdy JA, Jr. Beautiful eyes: characteristics and application to aesthetic surgery. *Facial Plast Surg* 2006; **22**(3): 204-14.
126. Burusapat C, Thanapurirat S, Wanichjaroen N, Pruksapong C, Attainsee A, Jankajorn S. Anthropometry Analysis of Beautiful Upper Eyelids in Oriental: New Eyelid Crease Ratio and Clinical Application. *Aesthetic Plast Surg* 2020; **44**(2): 392-410.
127. Gao Y, Niddam J, Noel W, Hersant B, Meningaud JP. Comparison of aesthetic facial criteria between Caucasian and East Asian female populations: An esthetic surgeon's perspective. *Asian J Surg* 2018; **41**(1): 4-11.
128. Jeong S, Lemke BN, Dortzbach RK, Park YG, Kang HK. The Asian upper eyelid: an anatomical study with comparison to the Caucasian eyelid. *Arch Ophthalmol* 1999; **117**(7): 907-12.
129. Liu D, Hsu WM. Oriental eyelids. Anatomic difference and surgical consideration. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 1986; **2**(2): 59-64.
130. Saonanon P. Update on Asian eyelid anatomy and clinical relevance. *Curr Opin Ophthalmol* 2014; **25**(5): 436-42.
131. Mukhiddinov M, Djuraev O, Akhmedov F, Mukhamadiyev A, Cho J. Masked Face Emotion Recognition Based on Facial Landmarks and Deep Learning Approaches for Visually Impaired People. *Sensors (Basel)* 2023; **23**(3).
132. Ellenbogen R. Transcoronal eyebrow lift with concomitant upper blepharoplasty. *Plast Reconstr Surg* 1983; **71**(4): 490-9.
133. Whitaker LA, Morales L, Jr., Farkas LG. Aesthetic surgery of the supraorbital ridge and forehead structures. *Plast Reconstr Surg* 1986; **78**(1): 23-32.
134. Gunter JP, Antrobus SD. Aesthetic analysis of the eyebrows. *Plast Reconstr Surg* 1997; **99**(7): 1808-16.
135. Lu TY, Kadir K, Ngeow WC, Othman SA. The Prevalence of Double Eyelid and the 3D Measurement of Orbital Soft Tissue in Malays and Chinese. *Sci Rep* 2017; **7**(1): 14819.
136. Sadacharan CM, Packirisamy V. Photogrammetric Analysis of Eyebrow and Eyelid Dimensions in Indian American Adults. *J Craniofac Surg* 2020; **31**(8): e796-e800.
137. Ding A. The Ideal Eyebrow: Lessons Learnt From the Literature. *Aesthetic Plast Surg* 2021; **45**(2): 536-43.
138. Zhao X, Hong F, Yin J, et al. Cohort Profile: the China Multi-Ethnic Cohort (CMEC) study. *Int J Epidemiol* 2021; **50**(3): 721-l.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: VECTRA-M3 Kamera.....	26
Abbildung 2: Kalibrierungsablauf der VECTRA-M3 Kamera	27
Abbildung 3: Ausrichtungslinien der VECTRA M3 Software.....	28
Abbildung 4: Modell im Face Sculptor	29
Abbildung 5: Modell im VECTRA Analyse Modul.....	30
Abbildung 6: Landmarken der Studie.....	31
Abbildung 7: Ablauf der Platzierung von Landmarken in der periorbitalen Region.	32
Abbildung 8: Darstellung der MW mit 95% CI von ID, PD, EnD und ExD.....	38
Abbildung 9: Darstellung der MW mit 95% CI der Lidspaltenparameter.....	43
Abbildung 10: Darstellung der MW mit 95% CI der Doppellidfaltenparameter.....	44
Abbildung 11: Darstellung der MW mit 95% CI der Augenbrauenparameter.....	45

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Definitionen der 32 gesetzten Landmarken	33
Tabelle 2 Definitionen der 33 periorbitalen Parameter	34
Tabelle 3 Demographische Daten der Studie.....	37
Tabelle 4 MW, SD und 95% CI der Augenabstandsparameter und des Irisdurchmessers ...	38

Tabelle 5 MW, SD und 95% CI der Lidspaltenvermessung	39
Tabelle 6 MW, SD und 95% CI der Doppellidfaltenvermessung.....	40
Tabelle 7 MW, SD und 95% CI der Augenbrauenvermessung der vier Gruppen	41

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Die folgenden Ergebnisse und Daten wurden bereits vor Veröffentlichung dieser Monografie in der folgenden Publikation vorab publiziert:

Gao T, Guo Y, Rokohl AC, Fan W, Lin M, Ju S, Li X, Ju X, Hou X, Rosenkranz TA, Zhang G, Bai H, Ni K, Yao K, Heindl LM. **Racial and sexual differences of eyebrow and eyelid morphology: three-dimensional analysis in young Caucasian and Chinese populations.** Quant Imaging Med Surg. 2025 Jan 2;15(1):882-897. doi: 10.21037/qims-24-1113. Epub 2024 Dec 30. PMID: 39839011; PMCID: PMC11744102.