

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums
für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Direktorin: Prof. Dr. med. dent. B. Kahl-Nieke

Gesichtsasymmetrien sind bei Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis stärker ausgeprägt als bei nicht erkrankten Kindern und Jugendlichen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Sophia Nathalie Noémi Uken
aus Hamburg

Hamburg 2021

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: **01.09.2021**

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: **Prof. Dr. Dr. Ralf Smeets**

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: **Prof. Dr. Bärbel Kahl-Nieke**

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitshypothese und Fragestellung	4
2	Einleitung.....	4
2.1	Juvenile idiopathische Arthritis.....	4
2.1.1	Definition und Klassifikation.....	4
2.1.2	Epidemiologie	4
2.1.3	Diagnosemöglichkeiten der JIA mit Kiefergelenkbeteiligung	5
2.2	Arten und Grade der Asymmetrie	7
2.2.1	Ursachen für Gesichtsasymmetrien	8
2.2.2	Methoden zur Vermessung von Gesichtsasymmetrien	9
3	Material und Methode	17
3.1	Material	17
3.2	Methode	18
3.2.1	Beispielbild Messmethode.....	18
3.2.2	Erklärung der Messmethode	19
3.2.3	Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“	23
3.3	Statistische Methode.....	24
4	Auswertung	25
4.1	Ausschlusskriterien	25
4.2	Alter und Geschlecht.....	26
4.3	Beteiligung Kiefergelenk.....	26
5	Ergebnisse	27
5.1	Mittelwerte und T-Tests der Parameter	27
5.1.1	Ratio A	27
5.1.2	Abweichung Kinns Spitze	30
5.1.3	Ratio Cheilion	33
5.1.4	Mundneigung.....	36
5.1.5	Ratio Alare	39
5.1.6	Nasenneigung.....	42
5.1.7	Ratio Fläche.....	45
5.1.8	Ratio Umfang.....	48
5.1.9	Ratio Kompaktheit	51
5.2	Messfehler	54
5.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	54

6	Diskussion	55
6.1	Diskussion des Materials.....	55
6.2	Diskussion der Methoden	55
6.3	Diskussion der Ergebnisse.....	57
7	Zusammenfassung	64
8	Summary.....	65
9	Abkürzungsverzeichnis	67
10	Literaturverzeichnis.....	68
11	Danksagung	73
12	Lebenslauf.....	74
13	Eidesstattliche Versicherung.....	75

1 Arbeitshypothese und Fragestellung

Ziel dieser Arbeit war es, die Gesichtsasymmetrie von Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis (JIA) an 2D-Fotografien zu quantifizieren und mit einer Kontrollgruppe zu vergleichen. Es sollte überprüft werden, ob die in der Literatur beschriebenen ausgeprägten Gesichtsasymmetrien bei an JIA erkrankten Kindern und Jugendlichen im Vergleich mit „symmetrischen“ Kontrollpatienten objektivierbar sind. Des Weiteren sollte untersucht werden, welche der in dieser Arbeit angewandten Analysen am zuverlässigsten das Vorliegen einer JIA aufzeigen und somit für den kieferorthopädischen Alltag nutzbar sind. Die frühzeitige Erkennung einer Gesichtsasymmetrie mit Hilfe der objektivierbaren Analysen kann auf das Vorliegen einer JIA hindeuten. Auf diese Weise kann bei Bestätigung des Verdachtes eine baldige Therapie zur Vermeidung einer Progredienz der Asymmetrie erfolgen.

2 Einleitung

2.1 Juvenile idiopathische Arthritis

2.1.1 Definition und Klassifikation

Die juvenile idiopathische Arthritis (JIA) ist die häufigste chronische rheumatische Erkrankung des Kindes- und Jugendalters (Ince et al. 2000, Ringold et al. 2011, Minden et al. 2014). Sie wird definiert als Arthritis eines oder mehrerer Gelenke mit unklarer Ätiologie, einem Beginn vor dem 16. Geburtstag und einer Mindestdauer von sechs Wochen. Andere Erkrankungen mit ähnlicher Symptomatik sind ausgeschlossen (Petty et al. 2004, Minden et al. 2014).

Die JIA wird aktuell nach der International League of Associations for Rheumatology (ILAR) in folgende sieben Kategorien unterteilt: Systemische Arthritis, Oligoarthritis, Rheumafaktor-negative Polyarthritis, Rheumafaktor-positive Polyarthritis, Psoriasisarthritis, Enthesitis-assoziierte Arthritis und Undifferenzierte Arthritis (Petty et al. 2004, Minden et al. 2014).

2.1.2 Epidemiologie

Angaben zur Inzidenz und Prävalenz der JIA weisen eine hohe Variation auf. Die publizierte durchschnittliche jährliche Inzidenz liegt zwischen 0,8 und 22,6 pro 100.000, die Prävalenz zwischen 7 und 401 pro 100.000 Kinder unter 16 Jahren (Manners und Bower 2002).

Die Oligoarthritis ist mit etwa 50 % die häufigste Form der JIA in der europäischen Bevölkerung, gefolgt von der RF-negativen Polyarthritis mit etwa 20 %, der Enthesitis-assoziierten Arthritis mit 10 % und der systemischen Form mit 4–7 % (Hyrich et al. 2009, Oen et al. 2010,

Nordal et al. 2011). Mädchen erkranken mit einer Rate von 2–3:1 häufiger an einer JIA als Jungen (Minden et al. 2014).

Eine Beteiligung des Kiefergelenks (KG) ist seit der Beschreibung durch Still im Jahre 1896 (Still 1990) bekannt. Es liegt jedoch nicht bei jeder radiologisch erkennbaren Kiefergelenkbeteiligung eine eindeutige klinisch relevante Veränderung vor. So haben laut Untersuchungen von Larheim et al. nur 65 % der Patienten mit radiologisch erkennbaren KG-Veränderungen klinische Symptome und/oder Zeichen. Am häufigsten ist hierbei die eingeschränkte Mundöffnung. 19 % der Patienten ohne radiologische KG-Veränderungen haben unsichere klinische Zeichen wie Schmerzen, Druckdolenz und eine leicht eingeschränkte Mundöffnung (Larheim et al. 1982).

Die Prävalenz der JIA mit KG-Beteiligung variiert sehr stark und liegt bei 17–87 %, abhängig vom JIA Subtyp, diagnostischen Methoden (OPG, Ultraschall, kontrastmittelverstärktes MRT, seltener CT) sowie der untersuchten Bevölkerung (Billiau et al. 2007).

Laut Untersuchungen von Pedersen et al. ist das KG bei Patienten mit einer polyartikulären JIA mit 65,8 % häufiger betroffen als bei einem oligoartikulären Verlauf mit 44,5 % und systemischem Verlauf mit 42,9 %. Bei einem frühen Erkrankungsbeginn (Vergleich der Altersgruppe 3–6 Jahre mit 6–9 Jahren) sind eine häufigere KG-Beteiligung sowie stärkere Resorptionen zu beobachten. Zudem ist bei Mädchen mit 53,1 % die KG-Beteiligung häufiger als bei Jungen mit 40,9 % (Pedersen et al. 2001).

2.1.3 Diagnosemöglichkeiten der JIA mit Kiefergelenkbeteiligung

Bei einer Beteiligung des KG durch die JIA kann es in Abhängigkeit von der Schwere des Krankheitsverlaufs zu Funktionseinschränkungen, kondylären Läsionen und in der Folge zu Wachstumsstörungen kommen. Ein frühes Erkennen und Behandeln sind von großer Bedeutung. Typische Funktionseinschränkungen sind eine morgendliche Steifigkeit der Gelenke mit Schmerzen und eine eingeschränkte Mundöffnung (Larheim und Haanaes 1981). Die kondylären Läsionen wirken sich durch die direkt unter dem Faserknorpel liegenden Wachstumsfugen unmittelbar auf das Unterkieferwachstum aus (Muller et al. 2009, Ringold und Cron 2009). Charakteristisch sind eine kurze, retropositionierte und nach dorsokaudal rotierte Mandibula, (Fjeld et al. 2009, Arvidsson et al. 2010) formatypische, meist abgeflachte Kondylen, eine vergrößerte vordere Gesichtshöhe sowie eine asymmetrische Mundöffnung (Tzaribachev et al. 2010). Die klinisch relevanten Folgen sind eine verminderte Kaufähigkeit, Malokklusionen bei etwa 66 % der Kinder mit JIA und Mikrognathie treten bei etwa 30 % der Kinder auf. Häufig liegt ein anterior offener Biss vor, der zu einer Überlastung der posterioren

Bereiche führt und mit Kaubeschwerden und Schmerzen in der KG-Region einhergehen kann (Carvalho et al. 2012). Bereits geringe radiologisch erkennbare Veränderungen des KG können mit einem gestörten mandibulären Wachstum und deutlichen kraniofazialen Veränderungen assoziiert sein (Ringold und Cron 2009).

Bei einseitig verstärktem Befall kann es im Verlauf des seitenungleichen Wachstums zu einer progredienten asymmetrischen Entwicklung des Unterkiefers und zu einer Gesichtsasymmetrie kommen. Das Kinn weicht dann zur stärker betroffenen Seite ab (Piancino et al. 2015). Intraoral zeigen sich durch gnathische Mittellinienabweichungen Kreuzbisse, welche funktionelle Störungen, wie eine Fehlbelastung der Zähne und eine gestörte Kaufunktion, zur Folge haben können. Oft wird eine Kinnabweichung mit einer asymmetrischen Angle Klasse II im Molarenbereich auf der stärker betroffenen Seite assoziiert (Fjeld et al. 2009, Piancino et al. 2015).

Laut Stabrun et al. (1989) existieren die als Stabrun-Trias bekannten drei effektiven Indikatoren einer Kiefergelenkbeteiligung:

- 1) eine eingeschränkte maximale Mundöffnung
- 2) eine vertikale Differenz der Kieferwinkelregion
- 3) und eine Deviation des Unterkiefers bei maximaler Protrusion.

Bis zu einer Häufigkeit von 71 % ist der KG-Befall asymptomatisch (Weiss et al. 2008, Tzaribachev et al. 2010), sodass das frühzeitige Erkennen eine besondere Herausforderung darstellt. Durch die nahe anatomische Lage der Wachstumsfugen zum Gelenk können entzündliche Prozesse sehr früh zu Wachstumsstörungen führen, oft noch bevor Beschwerden auftreten (Tzaribachev et al. 2010).

Beim Verdacht auf eine KG-Beteiligung sind bildgebende Verfahren nötig, um eine eindeutige Diagnose stellen zu können. Am weitesten verbreitet ist das OPG. Hierauf können die knöchernen Veränderungen der Kondylen beurteilt werden. Dieses ist ebenfalls im CT möglich (Ringold und Cron 2009). Beide Methoden zeigen jedoch nur die Folgen einer aktiven Entzündung und es lässt sich kein Rückschluss daraus ziehen, ob zum Untersuchungszeitpunkt eine aktive Entzündung vorliegt. Eben dies zeigt sich jedoch im kontrastmittelverstärkten MRT. Hiermit kann schon frühzeitig eine synoviale Entzündung mit noch fehlender knöcherner Veränderung erkannt werden kann (Ringold und Cron 2009). Gelenkerguss und Pannusbildung sind ebenfalls im kontrastmittelverstärkten MRT und auch im Ultraschall zu erkennen. Auf diese Weise lässt sich eine Aussage über die Aktivität der JIA machen (Ringold und Cron 2009, Abramowicz et al. 2011). Das kontrastmittelverstärkte MRT ist im Vergleich zum

Ultraschall eine deutlich sensitivere Methode (Weiss et al. 2008). Nachteilig ist jedoch, dass sehr kleine Kinder für die Untersuchung sediert werden müssen und die Kosten im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren sehr hoch sind (Ringold und Cron 2009, Assaf et al. 2013).

2.2 Arten und Grade der Asymmetrie

Das Problem, die Vielfalt der menschlichen Physis zu beschreiben, beschäftigt nicht nur Künstler seit Jahrtausenden. Bereits die Ägypter haben damit angefangen, Regeln zur Beschreibung von Proportionen des menschlichen Körpers in der Kunst zu entwickeln. Während der Renaissance haben Künstler wie Leonardo da Vinci und Albrecht Dürer die „idealen“ Proportionen des Körpers beschrieben und Maßstäbe definiert, die auch heute noch in der künstlerischen und chirurgischen Literatur gefunden werden (Farkas 1981). Das von diesen Künstlern beschriebene Konzept der Symmetrie des menschlichen Gesichts basiert auf der Konstruktion einer gesichtshalbierenden Senkrechte. Diese verläuft durch die Zentren der Nase, der Lippen und des Kinns. Von dieser Senkrechte ausgehend sollen die Pupillen gleich weit entfernt liegen und die Bipupillarlinie soll im rechten Winkel zur Gesichtshalbierenden verlaufen (Sutton 2004). Dieses symmetrische Idealbild wurde von einigen Autoren unterstützt, Simon ging davon aus, dass bilaterale Symmetrie eine höchst manifeste morphologische Eigenschaft des Körpers und insbesondere des Kopfes sei (Sutton 2004).

Die Vorstellung, dass das Gesicht vollständig symmetrisch sei und die eine Hälfte das Spiegelbild der anderen darstelle, wurde allerdings von vielen Autoren kritisch betrachtet. Liebreich bedachte, dass die Asymmetrie des Schädels und Gesichts eine konstante und charakteristische Eigenschaft der menschlichen Spezies sei (Sutton 2004). Laut Mills sei die Asymmetrie von Strukturen und Funktion ein grundlegender Zustand des menschlichen Körpers zum jetzigen Stand der Evolution (Mills 1925, Sutton 2004). Laut Thompson (1943) gelte, dass normale Asymmetrie nicht sehr offensichtlich sei, wobei abnormale Asymmetrie nicht zu übersehen sei. Auch Schwarz (1925) unterstützt die Ansicht, dass ein gewisser Grad an Asymmetrie normal sei. Die Gesichtsasymmetrie kann in allen drei Körperebenen zur Ausprägung kommen. Die Ursachen (vgl. Kapitel 2.2.1 Ursachen für Gesichtsasymmetrien) können skelettal, muskulär oder funktional sein (Sutton 2004).

Das Vorliegen einer Gesichtsasymmetrie ist, wie von den oben genannten Autoren beschrieben, ein natürlich vorliegendes Phänomen und muss keinen Krankheitswert aufweisen. Ein gewisses Maß an Asymmetrie kann sogar als schön wahrgenommen werden (Thornhill und Gangestad 1999). Farkas schreibt in „Anthropometry of the head and face in medicine.“

(1981), dass ein absolut symmetrisches Gesicht, falls dieses überhaupt existiere, dazu neigen würde, uninteressant zu sein, da sich Attraktivität nicht durch absolute Perfektion, sondern durch subtile Abweichung unter Wahrung der Einheit mit der ganzen Form auszeichne. Gerade diese Variationen seien verantwortlich für den Charakter eines Gesichts und die Eigenschaft, Interesse zu erwecken. Der Punkt, an dem eine normale, kaum wahrnehmbare Gesichtsasymmetrie in eine abnormale und bei der Betrachtung als störend empfundene Gesichtsasymmetrie übergehe, lasse sich allerdings nur schwer definieren (Liukkonen et al. 2005).

Es kann zwischen direktonaler und fluktuierender Asymmetrie unterschieden werden, wobei die direktonale Asymmetrie die natürlicherweise vorkommende Asymmetrie ist, welche auch als Lateralität bezeichnet wird und sowohl im Gesicht, als auch bei einigen Organen wie z.B. dem Herzen, vorkommt. Die fluktuierende Asymmetrie, bei der einzelne paarige Merkmale, wie z.B. die Augen, unterschiedlich angeordnet sind, entsteht in Folge von gestörten Entwicklungs- und Wachstumsprozessen (Grammer 1996, Becker 2003). Eine stark ausgeprägte Form der Asymmetrie hat negativen Einfluss auf die Attraktivität des Gesichts (Grammer und Thornhill 1994, Watson und Thornhill 1994, Scheib et al. 1999, Braun und Gründl 2001, Rhodes 2006). Evolutionsbiologen sehen sogar einen Zusammenhang zwischen Gesichtssymmetrie und der körperlichen Gesundheit sowie der „genetischen Qualität“ eines Menschen (Watson und Thornhill 1994). Folglich lassen sich beim Vorliegen einer ausgeprägten Gesichtsasymmetrie ein negativer Einfluss auf die Lebensqualität sowie soziale Nachteile nicht ausschließen (Herget 2012).

2.2.1 Ursachen für Gesichtsasymmetrien

Neben der JIA gibt es eine Vielzahl von Ursachen für das Vorliegen von ausgeprägten Gesichtsasymmetrien. Hierzu gehören Kreuzbisse, die eine funktionelle Asymmetrie zur Folge haben, Wachstumsstörungen in Folge von Traumata des Gesichtsschädels, sowie Unterkieferfrakturen, die hemimandibuläre Elongation, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, ein persistierender Schiefhals und syndromal angeborene Fehlbildungen wie die hemifaziale Mikrosomie, das Treacher-Collins-Syndrom sowie das Aurikulo-kondyläre Syndrom. Des Weiteren kann eine einseitige Kaugewohnheit zur Entstehung einer Gesichtsasymmetrie führen und auch eine Fazialisparese kann eine temporäre oder dauerhafte Asymmetrie des Gesichts zur Folge haben. (Moss 1997, Hwang et al. 2007, Kaissi et al. 2007, Deleurant et al. 2008, Pirttiniemi et al. 2009, Papagrigorakis et al. 2011).

2.2.2 Methoden zur Vermessung von Gesichtsasymmetrien

Zur Bestimmung von Gesichtsasymmetrien gibt es verschiedene Methoden. Die Anthropometrie vermisst bestimmte Leitstrukturen und Punkte direkt am Menschen mit einem Tasterzirkel und ermöglicht durch gezielte Berechnungen Aussagen über die Gesichtsproportionen und Symmetrien. Eine direkte Vermessung am Menschen ist jedoch nicht immer möglich, sodass die Kephalometrie zur skelettalen Symmetrieanalyse und die zweidimensionale Fotoanalyse zur Weichteilvermessung von großer Bedeutung sind. Darüberhinaus gibt es dreidimensionale Analyseverfahren zur Bestimmung von Gesichtsasymmetrien mit Hilfe computerunterstützter Verfahren.

2.2.2.1 Anthropometrie

Der Begriff der Anthropometrie, welche die wissenschaftliche Beschreibung der physikalischen Eigenschaften des menschlichen Körpers darstellt (Farkas 1981, Preedy 2012), wurde zuerst von Johann Sigismund Elsholtz (1654) in seiner Doktorarbeit erwähnt. Er war auch derjenige, der den ersten Anthropometer erfand (Farkas 1981).

Durch die Markierung von Orientierungspunkten und deren Vermessung direkt am Körper mit Hilfe solch eines Anthropometers, oder durch Zuhilfenahme von CT, MRT, Ultraschall und elektromagnetischer Bilderfassung, lassen sich Formen von Körperteilen charakterisieren. Grundsätzlich umfasst die Anthropometrie die Vermessung jeglicher Körperteile, wie beispielsweise Arme, Beine etc. Die anthropometrische Vermessung des Gesichts stellt dabei ein Spezialgebiet dar (Farkas 1981, Preedy 2012).

Die Idee den menschlichen Körper zu vermessen und die aus den Daten gewonnenen Mittelwerte als „Idealwerte“ einer bestimmten Gruppe zu sehen, kam im 19. Jahrhundert auf und löste die antiken Maßstäbe ab. Die Entwicklung quantitativer Methoden, den menschlichen Körper inklusive Kopf und Gesicht zu charakterisieren, ermöglichte es, Bevölkerungsgruppen metrisch und nicht nur subjektiv zu beschreiben. Der bekannteste Index ist der von Anders Retzius vor der Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte „cephalic index“. Dieser setzt die maximale Breite des Kopfes zur maximalen Länge ins Verhältnis. Auf diese Weise findet eine Unterteilung in Dolicho-, Meso- und Brachykephal statt (Farkas 1981).

Eine seit langem aus der Kunstgeschichte bekannte Methode zur Analyse von Gesichtern ist die „Zergliederung“ des Gesichts nach Proportionen. Sie dient zur Beurteilung eines harmonischen oder disharmonischen Gesichtsaufbaus und wurde auch schon von Leonardo da Vinci und Albrecht Dürer angewandt (Diedrich 2000).

Leslie Farkas beschreibt in seinem Buch „Anthropometric Facial Proportions in Medicine“ (Farkas 1981), dass durch das Betrachten von Proportionen quantifizierbare Analysen von Gesichtern durchgeführt werden können. Diese stehen in ihrer Aussagekraft über dem Messen von absoluten Strecken.

Farkas führt den „numerical proportion index“ ein, mit dem Verhältnisse zwischen zwei anatomischen Bereichen zum Ausdruck kommen. Dafür werde der kleinere Messwert (Zähler) mit 100 multipliziert und durch den größeren Messwert (Nenner) geteilt. Auf diese Weise werde der kleinere Messwert als prozentualer Anteil des größeren Messwertes ausgedrückt. Die Messwerte können z.B. Strecken, Flächen und Winkel sein. Wenn es sich um Messwerte aus derselben anatomischen Region (z.B. Augen, Nase) handle, seien es laut Farkas „areal indices“, wenn es sich um Messwerte aus mehreren anatomischen Regionen (z.B. Augen und Nase, Nase und Gesicht) handle, seien es „interareal indices“ (Farkas 1981).

In diversen Studien hat Farkas Gesichter verschiedener ethnischer Gruppen (Farkas et al. 2005) und Altersstufen auf diverse Indizes hin untersucht. Anhand der aus diesen Studien gewonnenen durchschnittlichen Index-Werte seien Aussagen möglich, ob ein Gesicht Disproportionen aufweise und in welchem Maße. Auch für verschiedene angeborene Erkrankungen, die mit Veränderungen der Gesichtsmorphologie einhergehen (z.B. Morbus Crouzon, Hemifaziale Mikrosomie), liegen Index-Werte vor, die einerseits die Ist-Situation beschreiben, andererseits eine Hilfestellung in der plastischen und rekonstruktiven Chirurgie darstellen (Farkas et al. 1977, Kolar et al. 1988).

2.2.2.2 Kephalometrie

Anhand eines frontalen Kephalogramms können Messungen von Strecken, Winkeln und Flächen zur Symmetrieanalyse durchgeführt werden. Es gibt diverse unterschiedliche Methoden zur Vermessung solcher Röntgenbilder. Hier werden beispielhaft zwei Methoden aufgeführt.

Hwang et al. vermessen in ihrer Arbeit (2007) frontale Kephalogramme ausgehend von einer midsagittalen Referenzlinie (MSR), welche durch die Punkte Crista galli und die Spina nasalis anterior geht.

Folgende Messungen wurden durchgeführt:

- 1) Menton (Me) Abweichung (X_1): Winkel zwischen der Crista galli–Me Linie und der MSR
- 2) Abweichung der Mittellinien der apikalen Basen (X_2): horizontale Distanz zwischen den Wurzeln der zentralen Inzisivi im Ober- und Unterkiefer

3) Vertikale Distanz zwischen dem rechten und linken Antegonion (X_3)

4) Horizontale Differenz zwischen dem rechten und linken Antegonion (X_4)

5) Neigung der Oberkieferbasis (X_5):
Winkel zwischen der Linie, welche die Referenzpunkte am Jochbein miteinander verbindet, und der horizontalen Referenzlinie, welche senkrecht zur MSR verläuft

6) Neigung der Oberkieferalveolen (X_6):
Winkel zwischen der Linie, welche die Punkte, die durch die bukkale Kontur der ersten Molaren und dem angrenzenden Alveolarknochen gebildet wird, verbindet und der horizontalen Referenzlinie

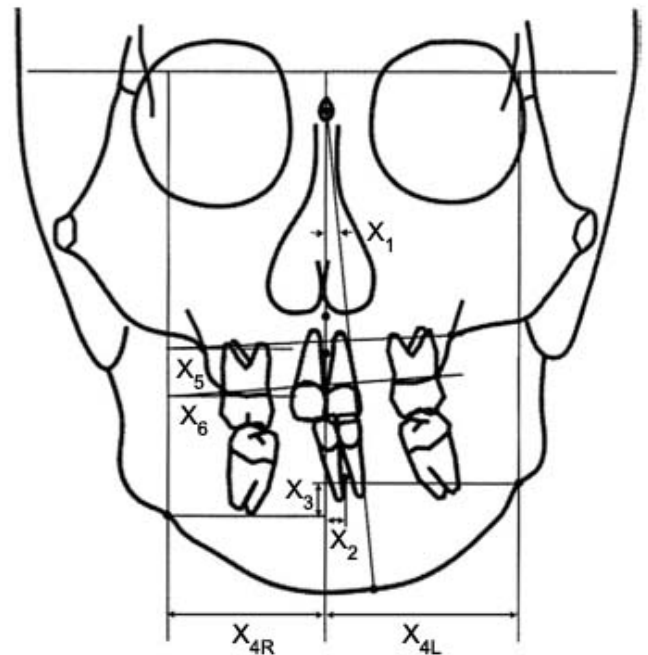


Abb. 1: Ausmessen eines frontalen Kephalogramms nach Hwang et al. (2007)

Shah und Joshi (1978) benutzen eine andere Methode zur Symmetrieanalyse von frontalen Kephalogrammen. Hierzu werden zunächst folgende Referenzpunkte eingezeichnet: die Mittellinienpunkte sind Sella turcica, Spina nasalis anterior, Menton und der Inzisalpunkt. Die bilateralen Punkte sind der Kondylenpunkt, Mastoidale, Jochbeinpunkt, Molarenpunkt und Gonion. Die Mittellinie des Gesichts wird durch die bestpassendste Gerade auf den vier Mittellinienpunkten gebildet. Im Anschluss werden pro Gesichtshälfte diverse Dreiecke A bis G durch das Verbinden von jeweils drei Referenzpunkten eingezeichnet. Die Flächen der Dreiecke beider Seiten werden miteinander verglichen,

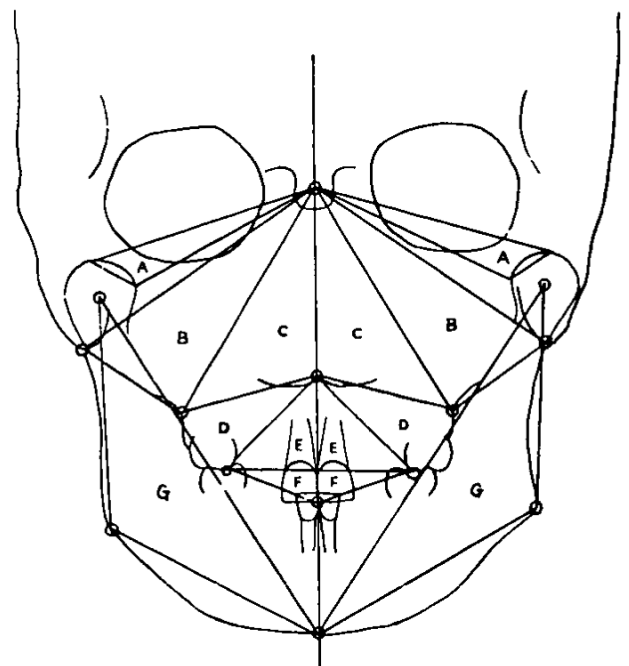


Abb. 2: Ausmessen eines frontalen Kephalogramms nach Shah und Joshi (1978)

um ein Maß für die vorliegende Asymmetrie zu erhalten.

2.2.2.3 Die zweidimensionale Fotoanalyse

Zur Dokumentation des Behandlungsverlaufs, zur Befundanalyse sowie zur Behandlungsplanung werden in der Kieferorthopädie und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie standardisierte Fotoaufnahmen des Kopfes gemacht. Hierzu gehören extra- sowie intraorale Aufnahmen. In der extraoralen Befundanalyse wird die Sagittalebene in der Profilansicht und die Transversalebene in der en face Ansicht untersucht. Die Vertikalebene kann in beiden Ansichten beurteilt werden. Die Bilder können visuell und metrisch ausgewertet werden. Zur visuellen Auswertung gehören die Beurteilung der Kopf- und Gesichtsform (Knochen und Weichteile), des Weichteilprofils (konkav, gerade, konvex), der Nase (Verlauf, Länge und Prominenz) sowie des Mundes (Lage und Größe der Lippen) mit Lippenlage beim Lachen (Diedrich 2000).

Mit Hilfe der frontalen Gesichtsfotos (en face) können Aussagen über Symmetrie und Asymmetrie getroffen, sowie vertikale und transversale Messungen durchgeführt werden. Als Referenzebene der Symmetrieanalyse dient in der Regel die Gesichtsmittellinie (GML). In der Literatur wird beschrieben, dass die GML auf unterschiedliche Weise konstruiert werden kann. Einige Autoren verwenden dazu die Punkte Nasion und Subnasale, andere konstruieren die GML als halbierende Senkrechte der Bipupillarlinie, der Strecke Exokanthion–Exokanthion oder Endokanthion–Endokanthion (Nakamura et al. 2001, Song et al. 2007, Little et al. 2008, Berlin et al. 2014). Ebenfalls beschrieben wird die GML als halbierende Senkrechte der Strecke Otobasion inferior rechts und links (Edler et al. 2002).

Als Grundlage der metrischen Auswertung gibt es in der kieferorthopädischen Literatur diverse Referenzpunkte, -linien und -winkel, einige für diese Arbeit relevanten Punkte werden nachfolgend beschrieben.

Tabelle 1: Referenzweichteilpunkte in der en face Ansicht (Ferrario et al. 1995, Diedrich 2000, George 2007, Haraguchi et al. 2008, Nötzel und Schultz 2009)

Kürzel	Bezeichnung	Definition
tr	Trichion	Haaransatz
gb	Glabella	der am weitesten vorstehende Punkt der Weichteildecke über der Nasenwurzel
hn	Hautnasion	die tiefste Einziehung der Kurvatur zwischen Stirn- und Nasenrücken an der Nasenwurzel
sn	Subnasale	das dorsale Ende der Columella vom Übergang in die Kurvatur der Oberlippe, Nasenbasis
ls	Labiale superior	obere Lippenrotkante

sto	Stomion	Lippenkontakt, Mundspalte
li	Labiale inferior	untere Lippenrotkante
ch	Cheilion	Mundwinkel
al	Alare	der lateralste Punkt des Nasenflügels
p	Pupille	Sehloch
ex	Exokanthion	der laterale Augenwinkel
en	Endokanthion	der mediale Augenwinkel
me	Menton	der am weitesten kaudal gelegene Punkt des Weichteilkinns
oto	Otobasion inferior	kaudale Ansatzstelle des Ohres am Gesicht

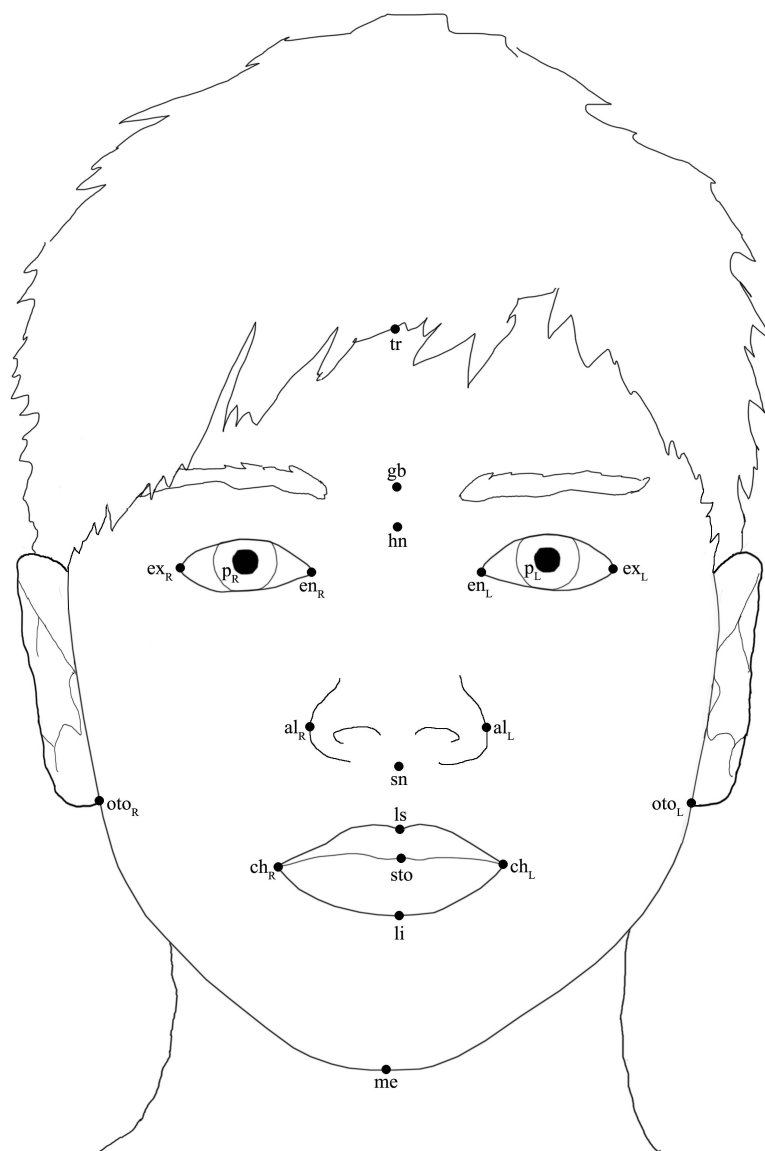


Abb. 3: Referenzweichteilpunkte in der en face Ansicht

Anhand eines lateralen Gesichtsfotos (Profil) kann die Harmonie eines Gesichts in der Sagittalen und Vertikalen beurteilt werden. Hierfür werden verschiedene Parameter beurteilt. Die Analyse der Profilansicht ist nicht Gegenstand dieser Arbeit, sodass auf die Beschreibung dieser verzichtet wird.

2.2.2.3.1 Zweidimensionale Fotoanalysen zur Quantifizierung von Gesichtsasymmetrien

Anhand zweidimensionaler Fotos können Gesichtsasymmetrien metrisch erfasst und quantifiziert werden. Hierzu werden in der Literatur unterschiedliche Methoden beschrieben.

Eine wichtige Referenzebene ist die oben beschriebene Gesichtsmittellinie (GML). Ausgehend von dieser können Entfernungen bilateraler Punkte, wie Exokanthion, Endokanthion, Alare und Cheilion als Asymmetrie-Maß in der Transversalen gemessen werden (Nakamura et al. 2001, Song et al. 2007, Little et al. 2008).

Zur Berechnung eines Symmetriewertes haben Nakamura et al. (2001) den Asymmetrie-Index *AI* eingeführt. Ausgehend von der GML werden die Distanzen bilateraler Punkte gemessen und der Index wie folgt berechnet:

$$AI = |(R-L)/(R+L)| \times 100 (\%)$$

Dabei ist *R* die gemessene Strecke rechts und *L* die gemessene Strecke links. Bei einem perfekt symmetrischen Gesicht liegt der *AI* bei 0 %. Steigende Asymmetrien äußern sich in höheren Werten des *AI* (Nakamura et al. 2001).

Weitere Methoden messen Winkel zwischen horizontalen oder vertikalen Linien, welche jeweils zwei Referenzpunkte verbinden. Symmetrie liegt vor, wenn die Linien parallel zueinander sind. Mit Hilfe dieser Methoden wird zum Beispiel die Neigung der Mundebene zu einer horizontalen Referenzebene bestimmt (Song et al. 2007, Altug-Atac et al. 2008, Yamashita et al. 2009, Yu et al. 2009). Des Weiteren können Winkel zwischen einer vertikalen Referenzebene und einer vertikalen Linie bestimmt werden. Es kann zum Beispiel die Abweichung der Kinns Spitze von der Gesichtsmittellinie gemessen werden (Hwang et al. 2007, Altug-Atac et al. 2008, Yamashita et al. 2009, Yu et al. 2009).

Eine weitere Möglichkeit, Gesichter auf Asymmetrien zu untersuchen, ist die Unterteilung der rechten und linken Gesichtshälfte in klar definierte Flächen, welche miteinander verglichen werden können. Nach Legović et al. (2001) wird das Gesicht in sechs Flächen entlang der durch die Punkte Trichion, Glabella, Subnasale und Gnathion verlaufenden Mediosagittal-Linie und entsprechenden horizontalen Linien durch die eben genannten Punkte unterteilt. Auf Millimeterpapier werden die Flächen beider Seiten ausgemessen und verglichen.

Nach Edler et al. (2001) werden die beiden Hälften des Untergesichts in ihrer Fläche verglichen. Hierzu werden in einem Computerprogramm die Punkte des kaudalen Ansatzes des Ohres am Gesicht (oto) rechts und links eingezeichnet und miteinander verbunden. Anschließend wird auf der entstandenen Strecke die halbierende Senkrechte gebildet, sowie der Umriss des Unterkiefers eingezeichnet. Auf diese Weise entstehen zwei Areale, deren Fläche das Computerprogramm berechnen und vergleichen kann. Darüberhinaus werden der Umfang und die Kompaktheit (definiert als Umfang zum Quadrat geteilt durch die Fläche) beider Areale miteinander verglichen und die Verhältnisse berechnet.

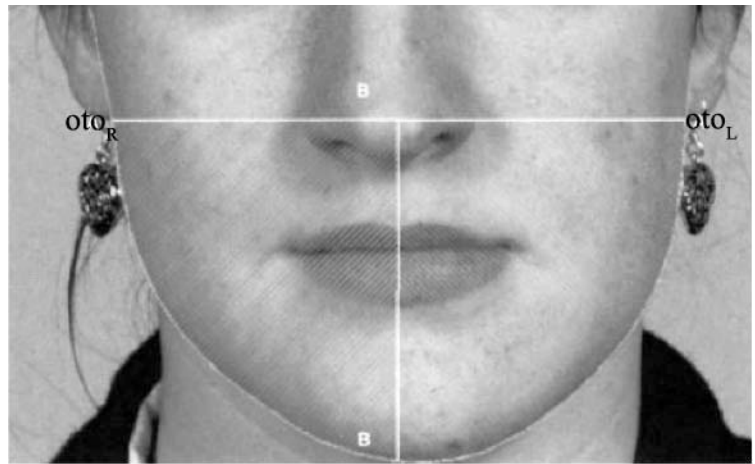


Abb. 4: Flächenvergleich nach Edler et al. (2001)

2.2.2.4 Dreidimensionale Analyseverfahren

Eine weitere Methode, Gesichtsasymmetrien zu erfassen, sind dreidimensionale Verfahren. Bei diesen ist mit Hilfe von Kamera- und Infrarotsystemen eine Oberflächenerfassung des Gesichts möglich. Das Verfahren nennt sich „Stereophotogrammetry“ und ein hierfür genutztes System ist das 3dMDface System (Tolleson et al. 2010, Demant et al. 2011). Mit Hilfe der gewonnenen Daten können anschließend am Computer anthropometrische Messungen und Asymmetrie-Analysen durchgeführt werden. Durch den dreidimensionalen Datensatz ist es möglich, einen Symmetrievergleich in allen drei Ebenen, der Sagittalen, Vertikalen und Transversalen durchzuführen. Es werden bilaterale Referenzpunkte markiert, jeweils entlang einer midsagittalen Ebene gespiegelt und die Diskrepanz der Lage beider Punkte mit Hilfe eines Vektors dargestellt. Die Abweichungen im Seitenvergleich werden in Millimeter ausgedrückt.

Demant et al. (2011) quantifizieren und vergleichen in der Publikation „3D analysis of facial asymmetry in subjects with juvenile idiopathic arthritis“ die Gesichtsasymmetrien von JIA-Patienten mit unilateraler, bilateraler sowie ohne Kiefergelenkbeteiligung. Bei den Patienten mit unilateraler Kiefergelenkbeteiligung waren die Asymmetrien am stärksten ausgeprägt, gefolgt von denen mit bilateraler Kiefergelenkbeteiligung. Die Patienten ohne Kiefergelenkbeteiligung wiesen die geringsten Asymmetrie-Werte auf.

Die 3D-Analyse stellt eine gute und detaillierte Möglichkeit der Quantifizierung von Gesichtsasymmetrien dar. Sie bedarf jedoch auch der entsprechenden technischen Voraussetzungen, welche im kieferorthopädischen Alltag nicht unbedingt gegeben sind. Somit hat die Analyse von Gesichtsasymmetrien anhand der standardmäßig durchgeführten 2D-Fotografie immer noch einen hohen Stellenwert.

3 Material und Methode

Retrospektiv wurden die en face Fotos einer randomisierten Gruppe von JIA-Patienten mit Hilfe eines komplexen Messverfahrens hinsichtlich ihrer Asymmetrien analysiert. Bei der Kontrollgruppe wurde dasselbe Messverfahren vergleichend durchgeführt.

Im Messverfahren wurden für die 2D-Foto-Analyse typische Referenzpunkte und -ebenen des Gesichts gewählt und übliche sowie neu entwickelte Analysen durchgeführt.

Das Ausmessen und Einzeichnen der Bilder erfolgte auf einem MacBook Pro 13" (2010) mit dem Programm Adobe Photoshop CS5 Extended Version 12.0. Hilfsmittel waren eine Logitech Wireless Mouse M325 und ein Samsung Monitor 24" Model S24B350H zur vergrößerten Darstellung der auszumessenden Gesichter.

3.1 Material

Das Material zur Untersuchung setzte sich wie folgt zusammen:

- 267 Akten von Patienten, die in den Jahren 2008–2012 in der Poliklinik für Kieferorthopädie mit dem Verdacht auf JIA mit Kiefergelenkbeteiligung behandelt wurden
- Akten einer in Alter und Geschlecht angepassten und randomisierten Kontrollgruppe aus dem Beratungsarchiv 2004–2011 der Poliklinik für Kieferorthopädie

Zu den *Einschlusskriterien* zählten ein vorhandenes en face Foto des Patienten mit neutralem Gesichtsausdruck am Tag der Erstvorstellung. Der Verdacht einer JIA wurde durch einen Kinderreumatologen mit Hilfe von kontrastmittelverstärkten MRT-Untersuchungen bestätigt. Hierbei wurde zwischen Patienten mit Beteiligung der Kiefergelenke und Patienten mit Beteiligung anderer Gelenke ohne Kiefergelenkbeteiligung unterschieden.

Als *Ausschlusskriterium* galten verdeckte Ohren, Kinn, Mund, Nase und Unterkieferrand, ein deutlich in der Axialen verdrehter Kopf, ein Kontur maskierendes Doppelkinn. Ebenfalls ausgeschlossen wurden Patienten mit syndromal angeborenen Fehlbildungen sowie jene mit einer Unterkieferfraktur in der Anamnese.

Im Rahmen der Analyse wurden nachträglich Patienten ausgeschlossen, die dem Kriterium „Rotation des Kopfes“ (vgl. Kapitel 3.2.3 Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“) entsprachen.

3.2 Methode

3.2.1 Beispielbild Messmethode

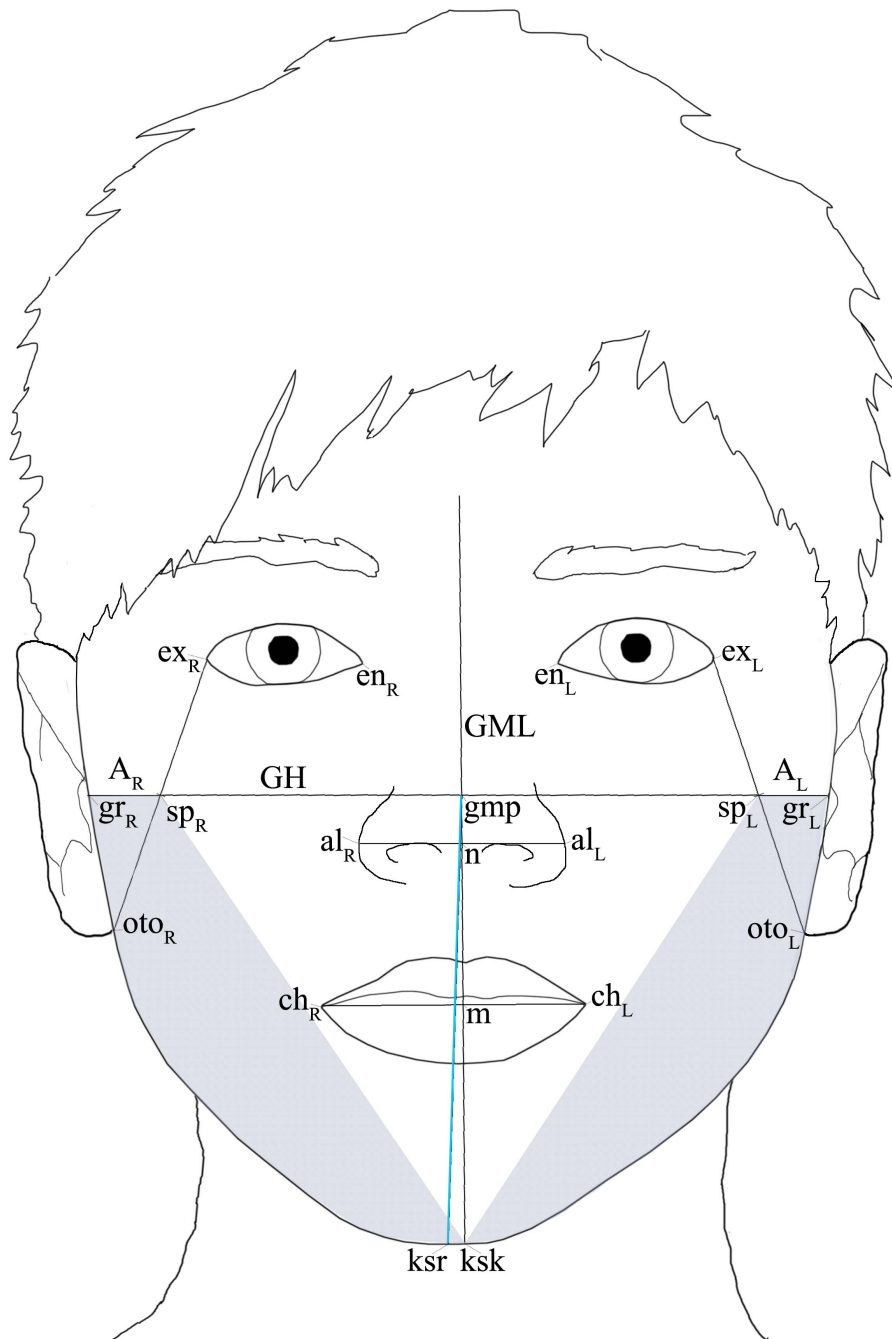


Abb. 5: Messpunkte, Linien und Flächen zur Symmetrieanalyse

Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis der Abb. 5

ex	Exokanthion	oto	Otobasion inferior	ksr	Kinnspitze real	sp	Schnittpunkt (Hälfte der Strecke ex-oto)
en	Endokanthion	GML	Gesichtsmittellinie	ksk	Kinnspitze konstruiert		
al	Alare	GH	Gesichtshalbierende	gr	Gesichtsrand auf der GH	m	Schnittpunkt GML und „Mundebene“
ch	Cheilion	gmp	Gesichtsmittelpunkt	A	Strecke A = [sp gr]	n	Schnittpunkt GML und „Nasenebene“

3.2.2 Erklärung der Messmethode

Für ein valides Verfahren zur Quantifizierung von Gesichtsasymmetrien ist es von zentraler Bedeutung die Referenzebene mit Hilfe von eindeutig reproduzierbaren Punkten zu konstruieren. Wie bereits beschrieben (vgl. Kapitel 2.2.2.3 Die zweidimensionale Fotoanalyse), gibt es für die Konstruktion der Gesichtsmittellinie (GML) unterschiedliche Methoden. Der Punkt Hautnasion (die tiefste Einziehung der Krümmung zwischen Stirn- und Nasenrücken an der Nasenwurzel) ist in der en face Ansicht nicht eindeutig zu ermitteln. Dies liegt daran, dass er ein Punkt ist, der nur in der Lateralansicht eindeutig eingezeichnet werden kann. Somit stellt er keinen zuverlässigen Ausgangspunkt für die Konstruktion einer GML dar. Der Nachteil, die Pupillen als Ausgangspunkt zu verwenden, liegt darin, dass Kinder und Jugendliche auf den Fotos in der en face Ansicht den Blick vereinzelt nicht direkt auf die Kamera richten, sodass eine abweichende GML resultieren würde. Im Gegensatz dazu sind in der Frontalansicht die Punkte Otobasion inferior (oto), sowie Endokanthion (en) und auch Exokanthion (ex) eindeutig zu bestimmen. Problematisch ist es jedoch, wenn entweder Ohren oder Augen asymmetrisch positioniert sind. Um diese Fehlerquelle zu minimieren, wurde in dieser Arbeit zur Konstruktion der GML (vgl. Abb. 6) zunächst der Mittelpunkt als Schnittpunkt ($sp_{R/L}$) der Strecke [oto ex] auf beiden Seiten bestimmt und auf der Strecke [sp_R sp_L] die halbierende Senkrechte als GML eingezeichnet. Die Strecke [sp_R sp_L] liegt auf der Gesichtshalbierenden (GH). Der Schnittpunkt zwischen der GH und der GML wurde als Gesichtsmittelpunkt (gmp) bezeichnet. Der Punkt, an dem die GML den Unterkieferrand schneidet, wurde als konstruierte Kinnschneidung (ksk) definiert.

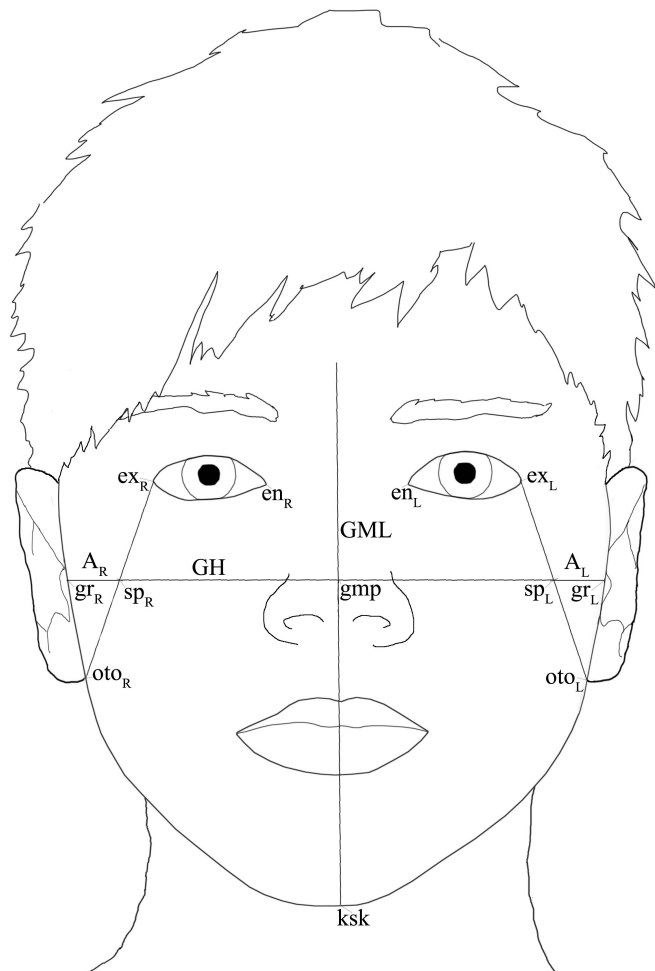


Abb. 6: Konstruktion der GML

Dies ist der Punkt, an dem bei einem symmetrischen Gesicht die Kinnspitze liegen sollte. Um unbeeinflusst von den bisher eingezeichneten Linien, die reale Kinnspitze (ksr) zu markieren, wurden diese mit der Funktion „Ausblenden“ unterdrückt. Nach dem wieder Einblenden der bisher eingezeichneten Linien wurde eine Verbindungslinie zwischen gmp und ksr gezogen (vgl. Abb.7).

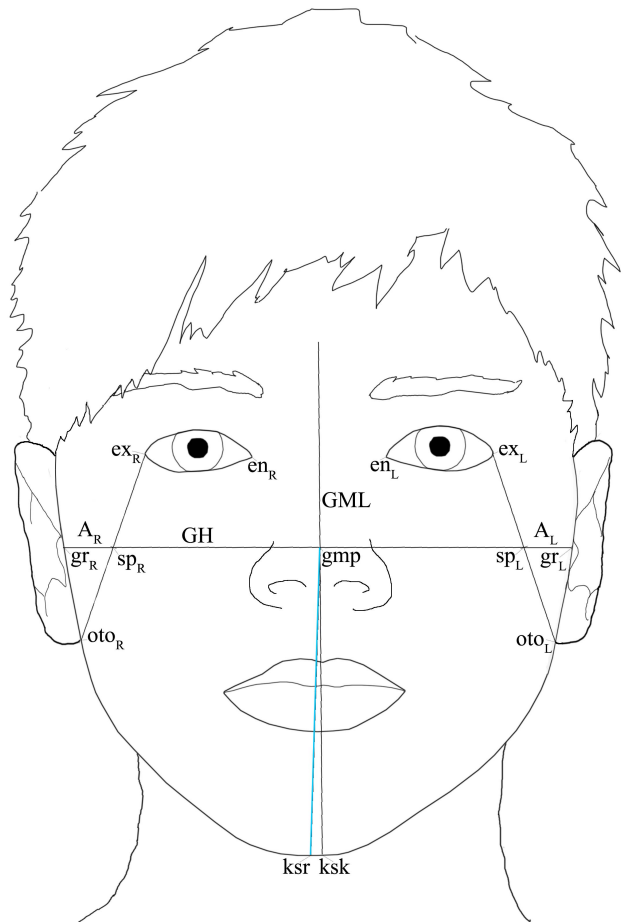


Abb. 7: Konstruktion der realen Kinnspitze

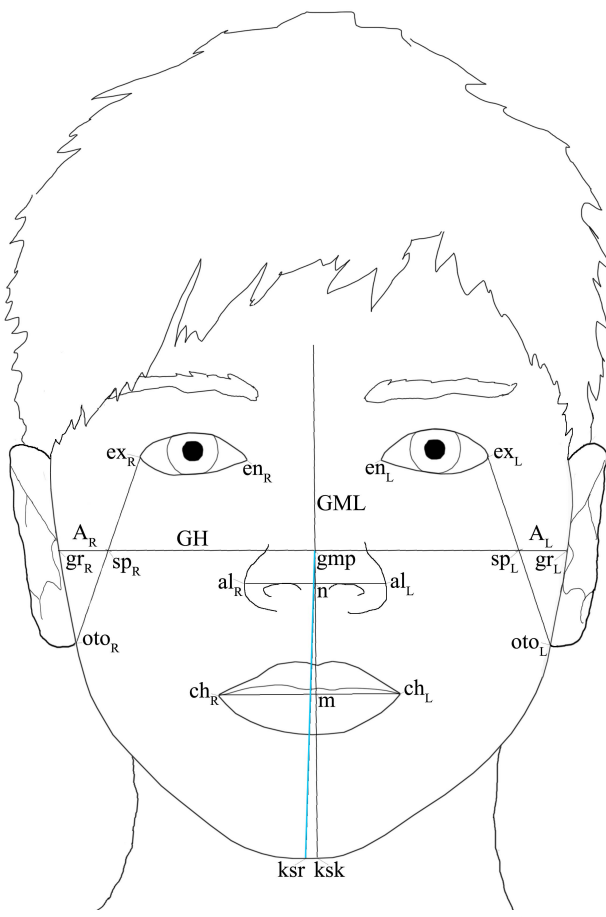


Abb. 8: Konstruktion der „Mundebene“
und „Nasenebene“

Zusätzlich wurden (vgl. Abb. 8) weitere Punkte wie Cheilion rechts und links bestimmt und die Strecke $[ch_R \ ch_L]$ als „Mundebene“ definiert und eingezeichnet. Die Tangente des Oberrandes beider Nasenöffnungen wurde bis zum Rand der Nasenflügel verlängert. Dieser Schnittpunkt wurde als Alare rechts und links definiert. Die Strecke Alare rechts und links $[al_R \ al_L]$ wurde als „Nasenebene“ bezeichnet. Auf der Gesichtshalbietenden (GH) wurde an beiden Gesichtsrändern der Punkt (gr) markiert und der Abschnitt $[sp_R \ gr_R]$ bzw. $[sp_L \ gr_L]$ als Strecke A_R bzw. A_L definiert.

Um einen Flächenvergleich beider Gesichtshälften durchführen zu können, wurde zum Markieren zweier vergleichbarer Flächen, wie in Abb. 9 farblich dargestellt, folgendermaßen verfahren: Die Punkte ksk und sp wurden beidseits mit einer Linie verbunden, anschließend wurde entlang der Strecke A zum Punkt gr weitergezeichnet und dann jeweils entlang des Gesichtsaußenrandes die Markierung bis zum Punkt ksk weiter geführt. Auf diese Weise wurde je eine definierte Fläche für beide Gesichtshälften abgegrenzt.

Der Vorteil der Subtraktion der gleichschenkeligen Dreiecke gleichen Flächeninhaltes (vgl. Abb. 9 weißer Bereich) bewirkt bei der Berechnung der Verhältnisse einen leichteren Umgang mit dem dimensionslosen Zahlenwert.

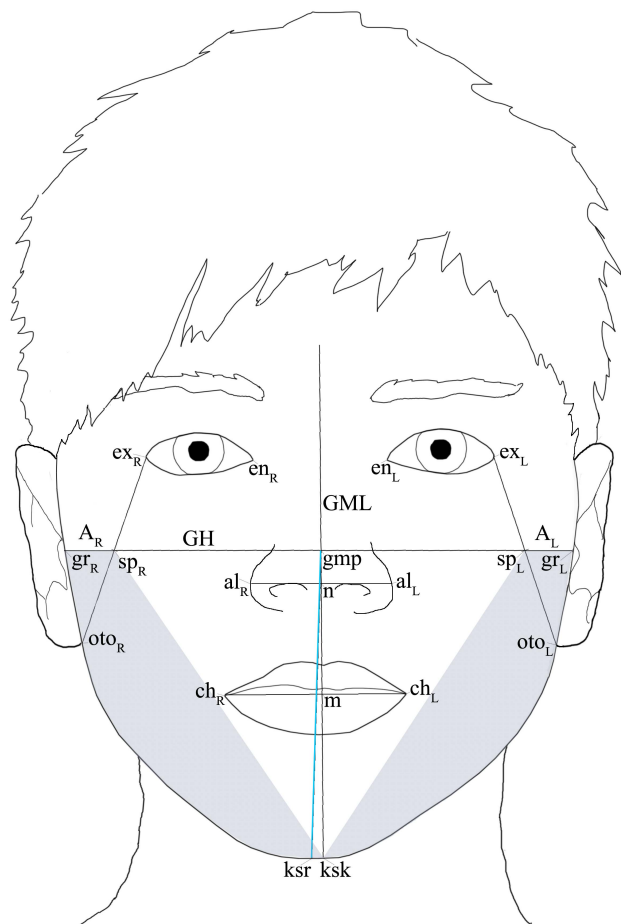


Abb. 9: Konstruktion der Flächen

Zur Quantifizierung der Gesichtsasymmetrien wurden Analysen durchgeführt, welche Verhältnisse zwischen Strecken bildeten, um eine prozentuale Abweichung beider Gesichtshälften zueinander zu ermitteln. Hierfür wurde jeweils der größere Messwert durch den kleineren geteilt und die Information, welche Seite den größeren Wert aufwies, notiert. Bei symmetrischen Werten lag das Ergebnis bei eins, bei asymmetrischen Werten über eins. Zu diesen Parametern gehörten Ratio A, Ratio Cheilion, Ratio Alare, Ratio Fläche, Ratio Umfang und Ratio Kompaktheit. Darüberhinaus wurden Winkel zwischen Strecken gemessen. Diese Parameter waren Abweichung der Kinns Spitze, Mundneigung und Nasenneigung.

I. Ratio A:

Das Verhältnis der Gesichtsbreiten auf Höhe des Kiefergelenks ist definiert als Strecke A_R zu A_L bzw. A_L zu A_R (gemessen in Pixel).

II. Abweichung der Kinns Spitze von der Gesichtsmittellinie:

Sie ist definiert als Winkel zwischen den Strecken $[gmp\ ksk]$ und $[gmp\ ksr]$ unter Berücksichtigung der Abweichungsrichtung (gemessen in Grad).

III. Ratio Cheilion:

Die Abweichung des Mundes von der Gesichtsmittellinie (GML) ist definiert als Verhältnis der Strecken $[ch_R\ m]$ zu $[ch_L\ m]$ bzw. $[ch_L\ m]$ zu $[ch_R\ m]$ (gemessen in Pixel).

IV. Mundneigung:

Sie ist definiert als Winkel zwischen der „Mundebene“ und der Gesichtshalbierenden (GH) unter Berücksichtigung der Seite auf der die Abweichung nach oben hin vorliegt (gemessen in Grad).

V. Ratio Alare:

Die Abweichung der Nase von der Gesichtsmittellinie (GML) ist definiert als Verhältnis der Strecken $[al_R\ n]$ zu $[al_L\ n]$ bzw. $[al_L\ n]$ zu $[al_R\ n]$ (gemessen in Pixel).

VI. Nasenneigung:

Sie ist definiert als Winkel zwischen der „Nasenebene“ und der Gesichtshalbierenden (GH) unter Berücksichtigung der Seite auf der die Abweichung nach oben hin vorliegt (gemessen in Grad).

VII. Ratio Fläche:

Das Verhältnis der oben beschriebenen Flächen (A) beider unterer Gesichtshälften gibt ein Maß für einen Flächenvergleich der an die Gesichtskontur angrenzenden Areale (gemessen in Pixel).

VIII. Ratio Umfang:

Der Umfang (U) beider Flächen wurde ermittelt (gemessen in Pixel) und das Verhältnis beider Seiten gebildet.

IX. Ratio Kompaktheit:

Die Kompaktheit wurde definiert als Umfang zum Quadrat geteilt durch die Fläche (Kompaktheit = U^2/A). Der Wert wurde für beide untere Gesichtshälften berechnet und das Verhältnis gebildet.

3.2.3 Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“

Ein Problem der Auswertung von Gesichtsasymmetrien anhand von Fotos stellt die Rotation des Kopfes entlang der Längsachse und eine damit verbundene ungleiche Darstellung beider Gesichtshälften dar. Um aussagekräftige Ergebnisse der Asymmetrie-Analyse zu erhalten, ist es wichtig, die Aufnahmen, welche solch eine Rotation des Kopfes aufweisen, von der Untersuchung auszuschließen. Hierfür wurden die Punkte Endokanthion rechts und links als Ausgangspunkte für die Konstruktion einer neuen Gesichtsmittellinie (halbierende Senkrechte der Strecke [en en]) und Kinnschmelze (ks en-en) gewählt, da die Punkte Endokanthion näher an der Längsachse des Kopfes liegen als die Punkte Exokanthion und Otopasion inferior (vgl. Abb. 10). Je weiter lateral ein Punkt von der Rotationsachse liegt, desto verzerrter wird er abgebildet. Der weiter medial gelegene Punkt Endokanthion wird in seiner Darstellung auf dem Foto weniger durch eine Rotation des Kopfes beeinflusst. Der Winkel zwischen beiden konstruierten Kinnschmelzen ksk und ks en-en wurde ausgehend vom Punkt gmp gemessen. Lag der Winkel über $0,5^\circ$, wurde das entsprechende Foto aussortiert. Das in Abb. 10 gezeigte Beispiel, welches eine deutlich sichtbare Rotation des Kopfes nach links aufweist, musste auf Grund einer Abweichung beider Kinnschmelzen um $3,5^\circ$, aussortiert werden.

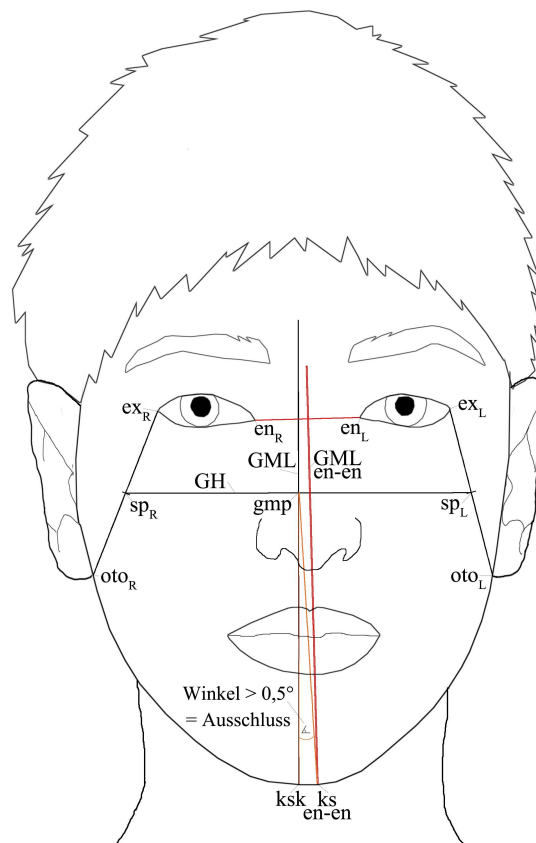


Abb. 10: Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“, Abkürzungsverzeichnis siehe Tabelle 2

3.3 Statistische Methode

Die statistischen Analysen erfolgten mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 22 für Macintosh.

Um die JIA-Gruppe und die Kontrollgruppe hinsichtlich der Asymmetrie kennzeichnenden Parameter Ratio A, Abweichung Kinns Spitze, Ratio Cheilion, Mundneigung, Ratio Alare, Nasenneigung, Ratio Fläche, Ratio Umfang und Ratio Kompaktheit zu vergleichen, wurden die gewonnenen Daten mit Hilfe des T-Tests für unabhängige Stichproben ausgewertet. Zur grafischen Darstellung der Gruppenvergleiche wurden der Boxplot sowie das Kreisdiagramm gewählt. Als Signifikanzniveau wurde $p = 0,05$ gewählt. P-Werte $\leq 0,05$ galten somit als signifikant, p-Werte $\leq 0,01$ als sehr signifikant und p-Werte $\leq 0,001$ als hoch signifikant. Für Ergebnisse mit P-Werten $> 0,05$ lag keine Signifikanz vor.

Um die „Test-Retest-Reliabilität“ zu bestimmen, wurde der Intra-Klassen-Koeffizient ermittelt.

4 Auswertung

4.1 Ausschlusskriterien

Von den ursprünglich 267 Patienten der JIA-Gruppe sind nach Anwenden der Ausschlusskriterien 68 auswertbare Fälle verblieben (vgl. Abb. 11). Für die Kontrollgruppe galten dieselben Ausschlusskriterien wie für die JIA-Gruppe und es wurden per Losverfahren in Alter und Geschlecht angepasste Patienten ausgewählt, bis eine vergleichbare Gruppengröße von 67 Patienten erreicht wurde.

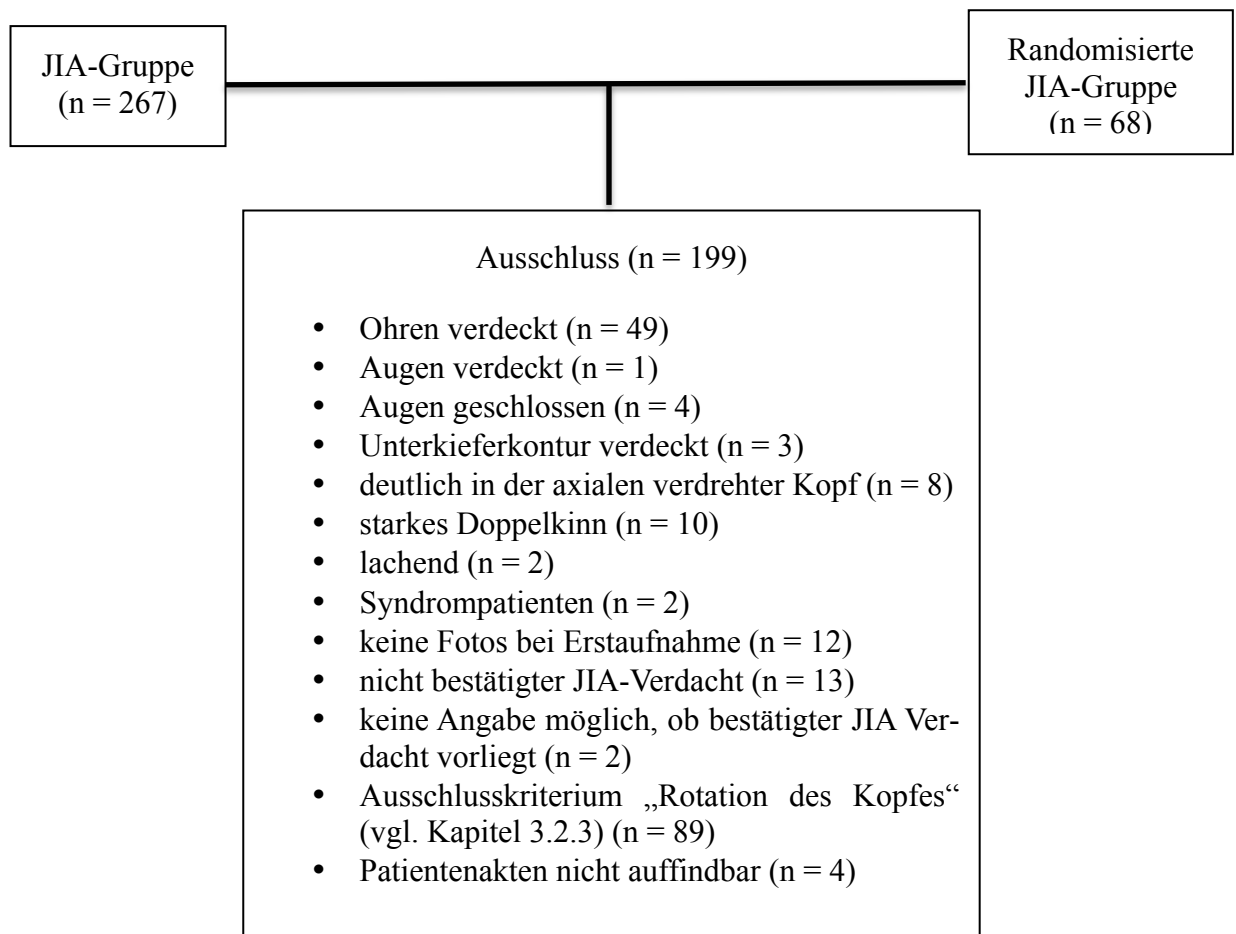


Abb. 11: Studiendesign

4.2 Alter und Geschlecht

Das Alter der randomisierten JIA-Gruppe variierte von drei bis sechszehn Jahren, wobei 47 Patienten weiblich und 21 Patienten männlich waren.

Tabelle 3: Geschlechterverteilung JIA-Gruppe

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
weiblich	47	69,1
männlich	21	30,9
Total	68	100,0

Tabelle 4: Altersverteilung JIA-Gruppe

Alter in Jahren	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
Häufigkeit	1	3	4	2	2	9	3	7	6	9	7	6	5	4	68
Prozent	1,5	4,4	5,9	2,9	2,9	13,2	4,4	10,3	8,8	13,2	10,3	8,8	7,4	5,9	100

4.3 Beteiligung Kiefergelenk

Bei 50 der 68 JIA-Patienten konnte durch einen Kinderrheumatologen mittels kontrastmittelverstärktem MRT eine beidseitige Beteiligung der Kiefergelenke nachgewiesen werden. Bei elf Patienten konnte keine Entzündung im Kiefergelenk detektiert werden. Fünf Patienten zeigten eine Inflammation des rechten, zwei Patienten des linken Kiefergelenkes.

Tabelle 5: Häufigkeiten innerhalb der JIA-Gruppe nach Gelenkbeteiligung

Kiefergelenkbeteiligung	Häufigkeit	Prozent
beide Kiefergelenke beteiligt	50	73,5
Kiefergelenk rechts beteiligt	5	7,4
Kiefergelenk links beteiligt	2	2,9
Nur andere Gelenke als das Kiefergelenk beteiligt	11	16,2
Total	68	100,0

5 Ergebnisse

5.1 Mittelwerte und T-Tests der Parameter

5.1.1 Ratio A

Verhältnis der Gesichtsbreiten auf Höhe des Kiefergelenks

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Ratio A mit einem p-Wert von 0,022 **signifikant** „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,09864 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,08275 bis 1,11453. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,07372 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,05987 bis 1,08758.

Tabelle 6: Gruppenvergleich Ratio A

Parameter	Gruppe	Mittelwert	95 % Konfidenzintervall		Median	Minimum	Maximum	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Ratio A	JIA-Gruppe	1,09864	1,08275	1,11453	1,08450	1,00764	1,33077	68	,022
	Kontrollgruppe	1,07372	1,05987	1,08758	1,05353	1,0001	1,27617	67	

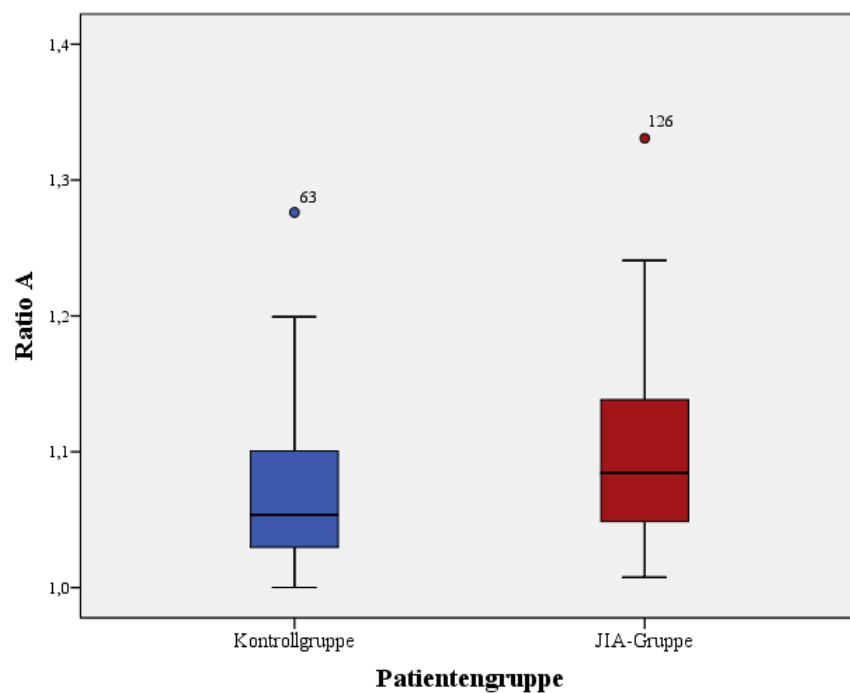


Abb. 4: Boxplot des Parameters Ratio A für den Vergleich Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.1.1 Dominierende Seite von Ratio A

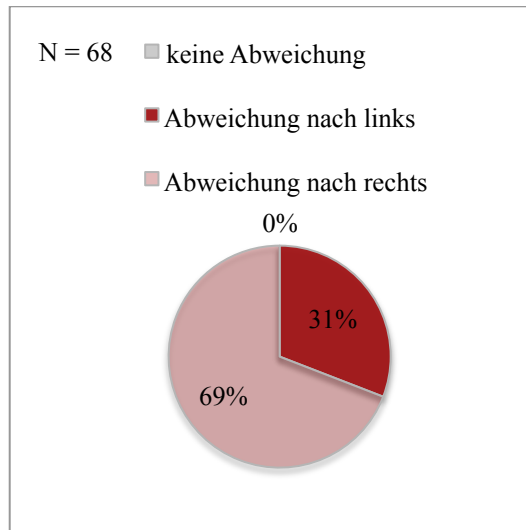


Abb. 5 Dominierende Seite von Ratio A in der JIA-Gruppe

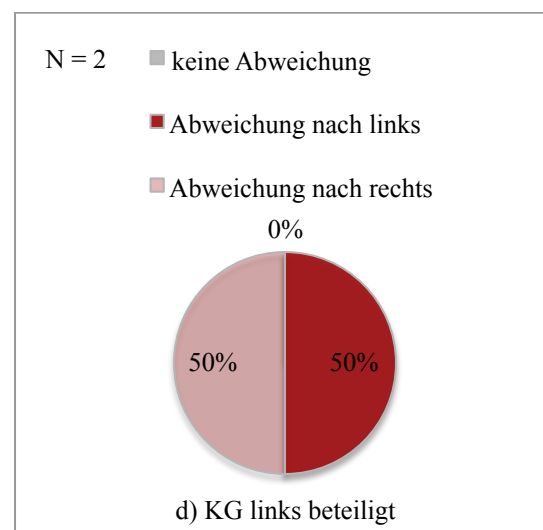
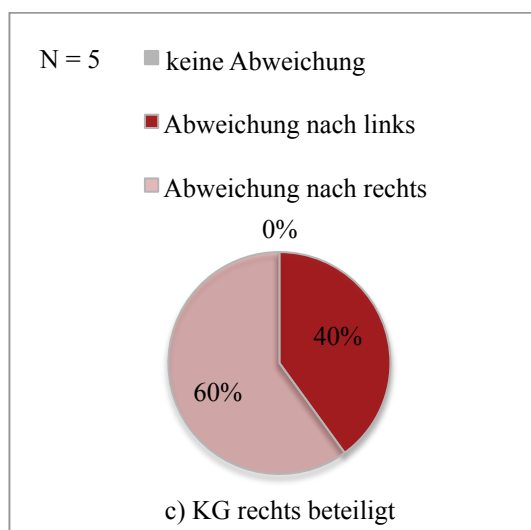
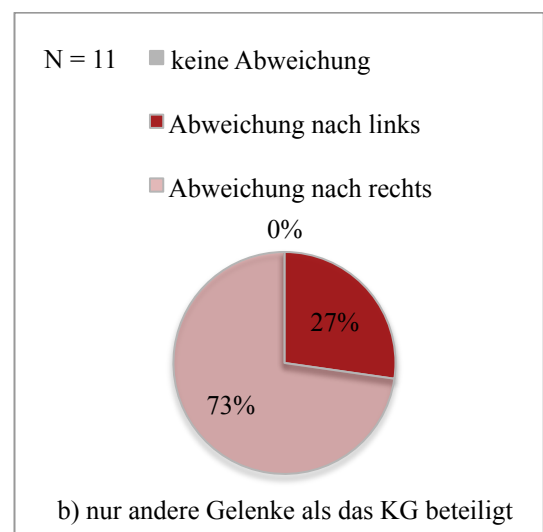
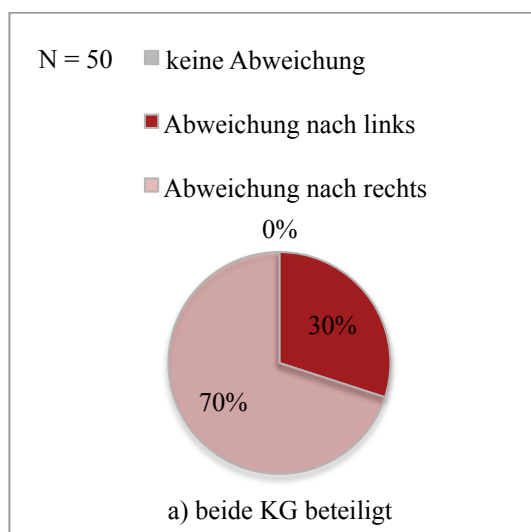


Abb. 6: a-d: Dominierende Seite von Ratio A in den JIA-Untergruppen

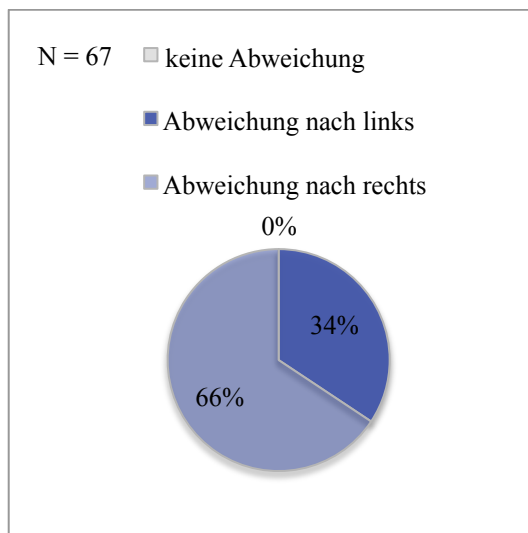


Abb. 7: Dominierende Seite von Ratio A in der Kontrollgruppe

Die dominierende Seite des Parameters Ratio A war sowohl für die JIA-Gruppe mit 69 % als auch für die Kontrollgruppe mit 66 % rechts. Bei Betrachtung der JIA-Untergruppen fällt auf, dass bis auf die Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ alle eben diese Dominanz der rechten Seite aufwiesen.

5.1.2 Abweichung Kinnspitze

Abweichung der Kinnspitze von der Gesichtsmittellinie

Im Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Abweichung Kinnspitze „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe auf, die jedoch mit einem p-Wert von 0,250 statistisch **nicht signifikant** waren. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,644° bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,37685° bis 1,91115°. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,448° bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,24866° bis 1,64733°.

Tabelle 7: Gruppenvergleich Abweichung Kinnspitze

Parameter	Gruppe	Mittelwert [in °]	95 % Konfidenzintervall [in °]		Median [in °]	Minimum [in °]	Maximum [in °]	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Abweichung Kinnspitze	JIA-Gruppe	1,644	1,37685	1,91115	1,450	,0	5,0	68	,250
	Kontrollgruppe	1,448	1,24866	1,64733	1,400	,0	4,1	67	

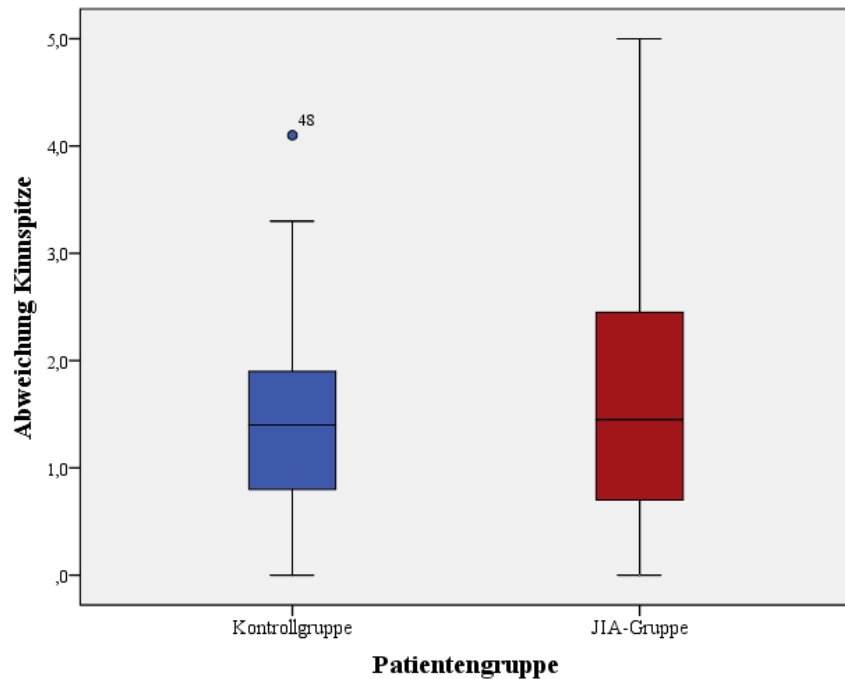


Abb. 8: Boxplot des Parameters Abweichung Kinnspitze für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.2.1 Dominierende Seite der Kinnsitzenabweichung

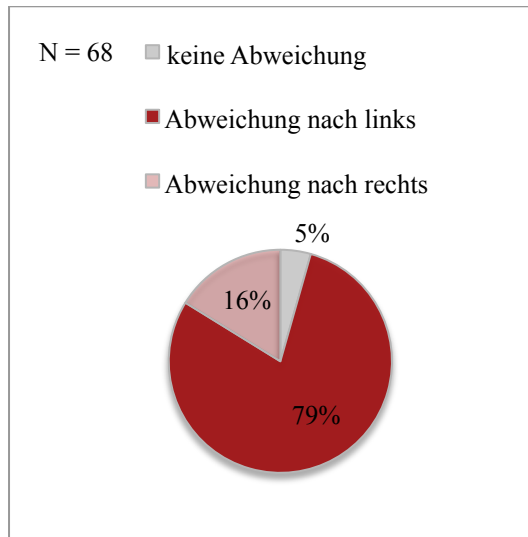


Abb. 9 Dominierende Seite der Kinnsitzenabweichung in der JIA-Gruppe

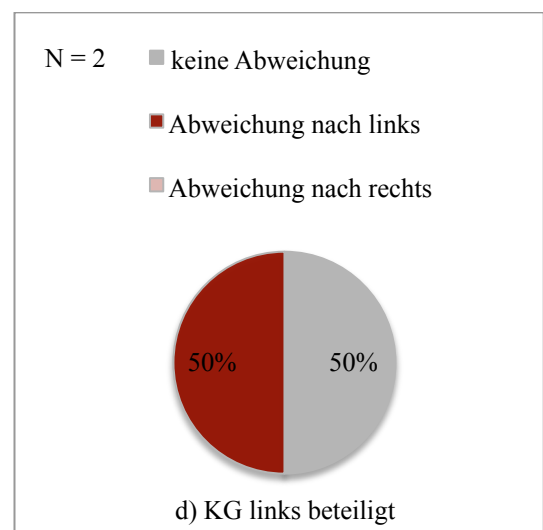
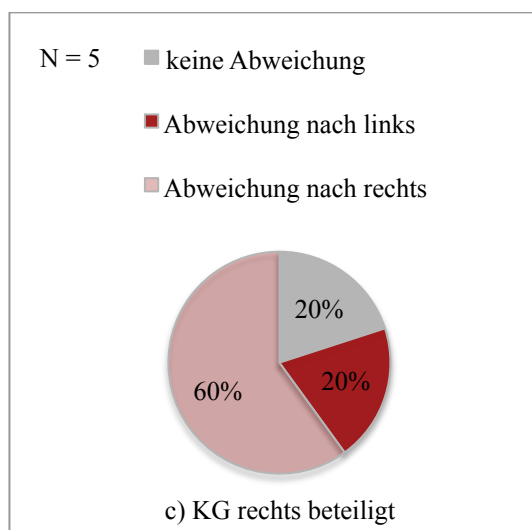
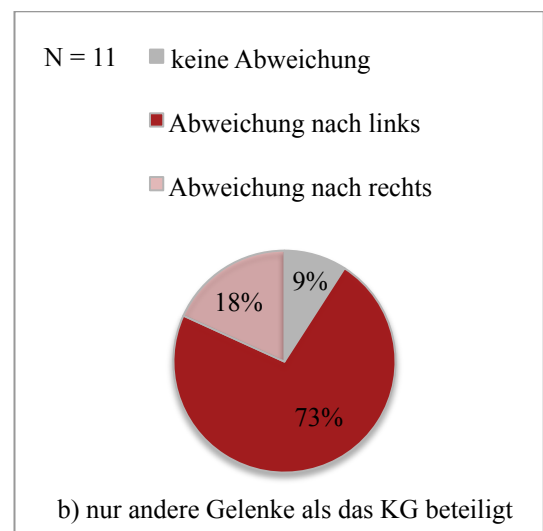
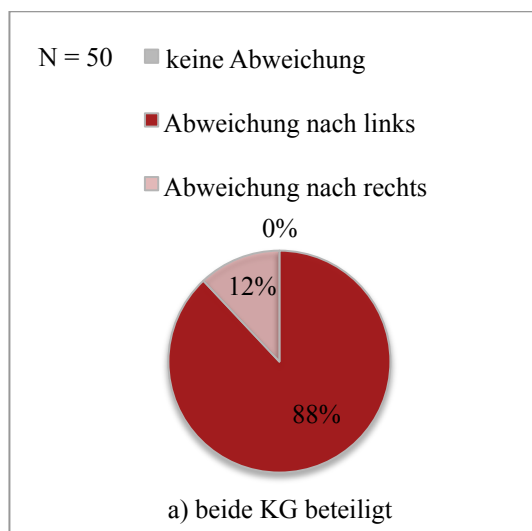


Abb. 10 a-d: Dominierende Seite der Kinnsitzenabweichung in den JIA-Untergruppen

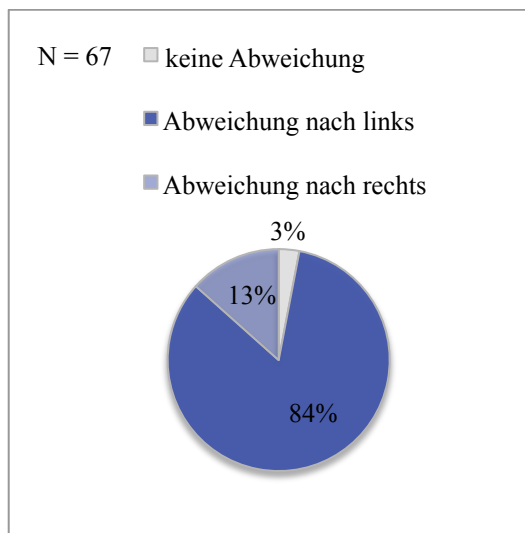


Abb. 11: Dominierende Seite der Kinnsitzenabweichung in der Kontrollgruppe

Sowohl bei der JIA-Gruppe als auch der Kontrollgruppe dominierte die Kinnsitzenabweichung nach links sehr deutlich (in der JIA-Gruppe 79%, in der Kontrollgruppe 84%). Bei den beiden JIA-Untergruppen „beide Kiefergelenke beteiligt“, sowie „nur andere Gelenke als das Kiefergelenk beteiligt“, wich ebenfalls ein Großteil der Kinnsitzen nach links ab. Bei der JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ dominierte die Kinnsitzenabweichung nach rechts. Bei der JIA-Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ gab es gleich viele Abweichungen nach links wie keine Abweichungen.

5.1.3 Ratio Cheilion

Abweichung des Mundes von der Gesichtsmittellinie

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Ratio Cheilion mit einem p-Wert von 0,006 **sehr signifikant** „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,10624 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,08627 bis 1,12622. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,07192 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,05850 bis 1,08535.

Tabelle 8: Gruppenvergleich Ratio Cheilion

Parameter	Gruppe	Mittelwert	95 % Konfidenzintervall		Median	Minimum	Maximum	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Ratio Cheilion	JIA-Gruppe	1,10624	1,08627	1,12622	1,08948	1,00104	1,33962	68	,006
	Kontrollgruppe	1,07192	1,05850	1,08535	1,06171	1,00211	1,24280	67	

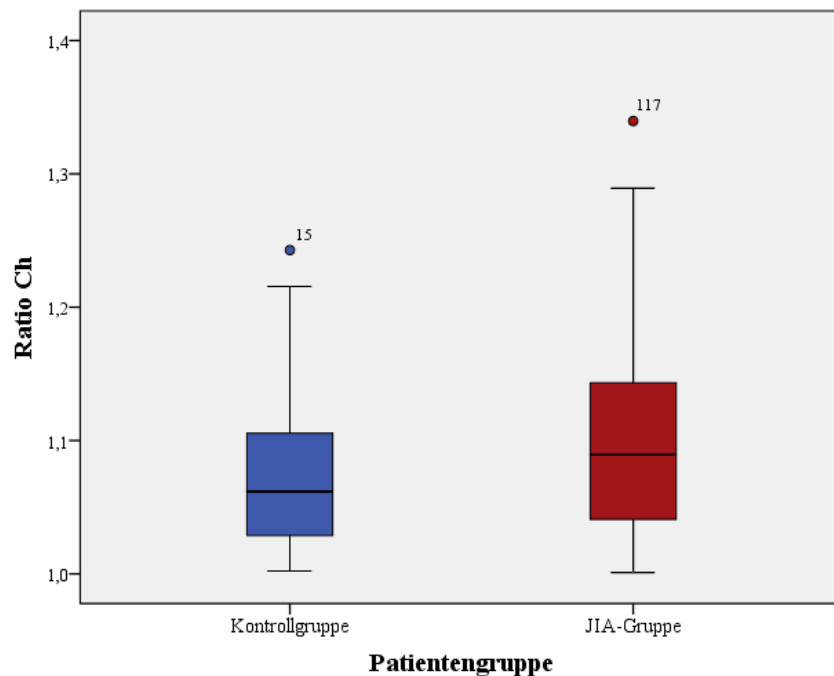


Abb. 12: Boxplot des Parameters Ratio Cheilion für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.3.1 Dominierende Seite von Ratio Cheilion

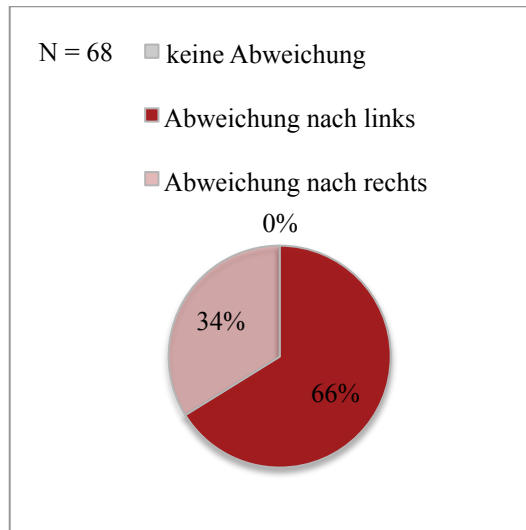


Abb. 13: Dominierende Seite von Ratio Cheilion in der JIA-Gruppe

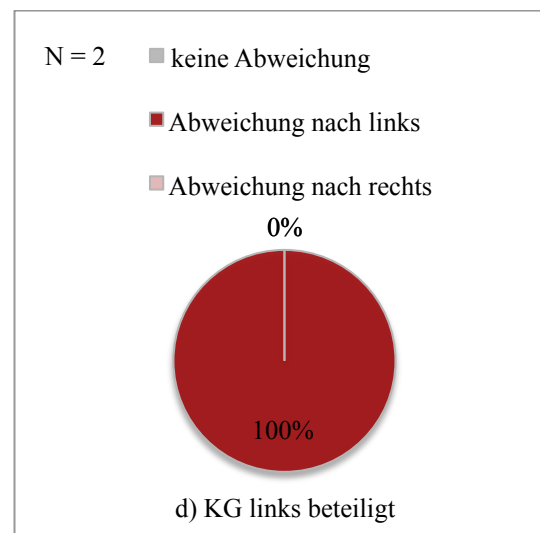
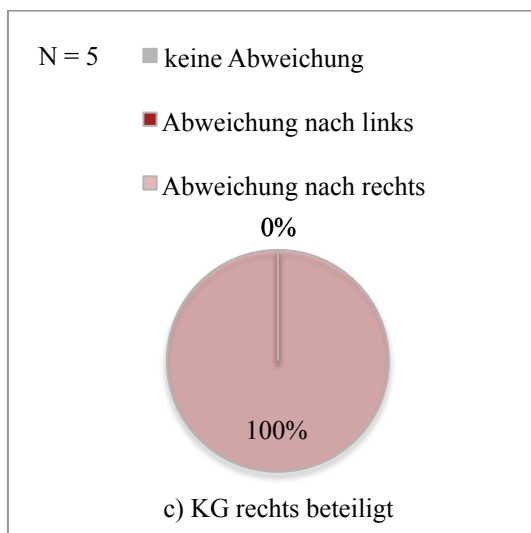
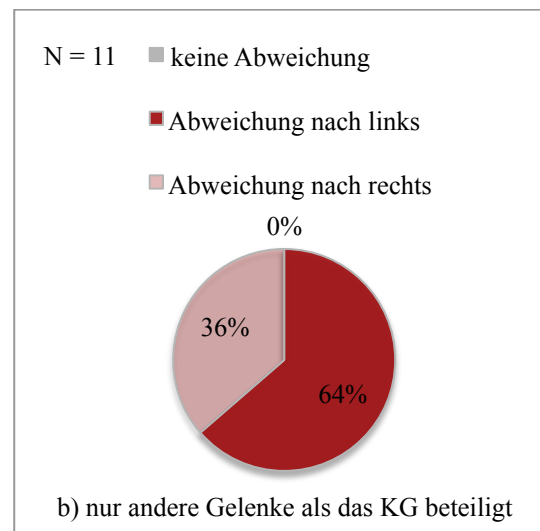
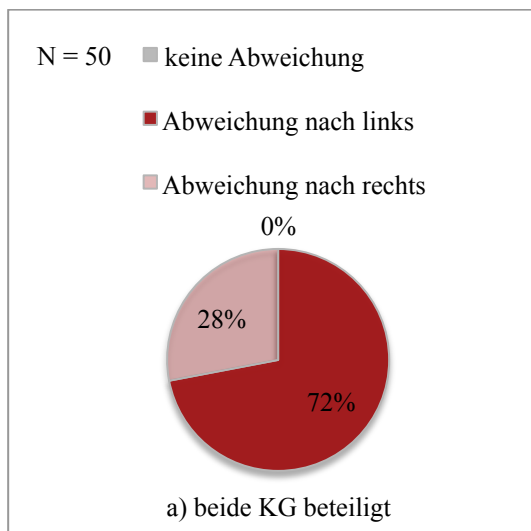


Abb. 14 a-d: Dominierende Seite von Ratio Cheilion in den JIA-Untergruppen

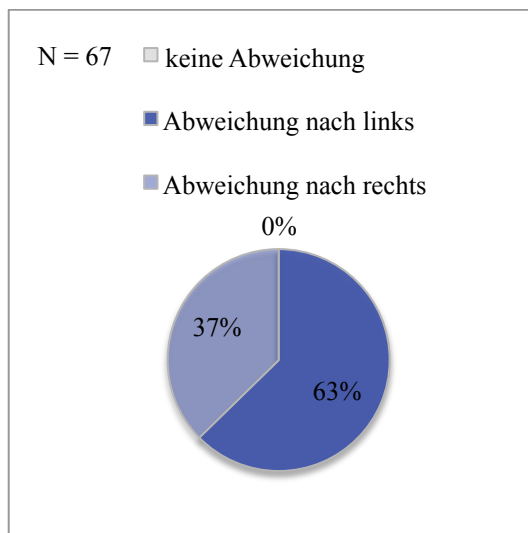


Abb. 15: Dominierende Seite von Ratio Cheilion in der Kontrollgruppe

Die dominierende Seite des Parameters Ratio Cheilion war mit 66 % für die JIA-Gruppe und 63 % für die Kontrollgruppe links. Von den JIA-Untergruppen wiesen „beide Kiefergelenke beteiligt“ und „nur andere Gelenke als das Kiefergelenk beteiligt“ eine linksseitige Dominanz auf. Für die Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ lagen ausschließlich Abweichungen nach rechts vor. Für die Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ lagen ausschließlich Abweichungen nach links vor.

5.1.4 Mundneigung

Abweichung der „Mundebene“ von der Gesichtshalbierenden

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Mundneigung mit einem p-Wert von 0,619 **keinen signifikanten** Unterschied beider Gruppen auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,147° bei einem 95 % Konfidenzintervall von 0,90318° bis 1,39082°. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,063° bei einem 95 % Konfidenzintervall von 0,83799° bis 1,28801°.

Tabelle 9: Gruppenvergleich Mundneigung

Parameter	Gruppe	Mittelwert [in °]	95 % Konfidenzintervall [in °]		Median [in °]	Minimum [in °]	Maximum [in °]	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Mundneigung	JIA-Gruppe	1,147	0,90318	1,39082	,800	,0	3,7	68	,619
	Kontrollgruppe	1,063	0,83799	1,28801	,800	,0	3,7	67	

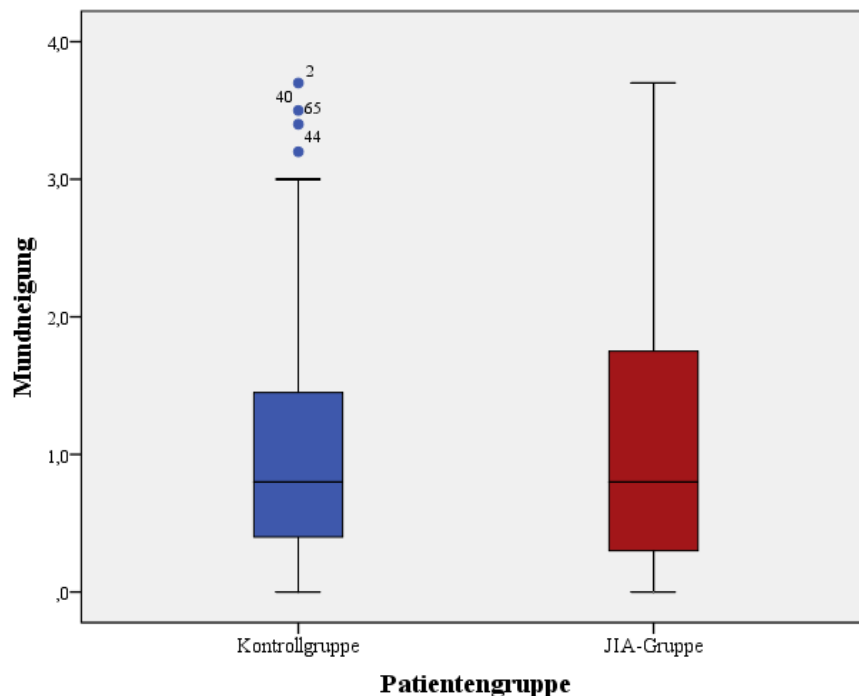


Abb. 16: Boxplot des Parameters Mundneigung für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.4.1 Dominierende Richtung der Mundneigung

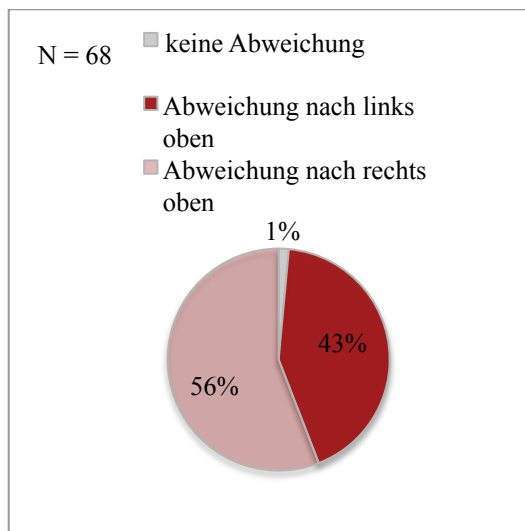


Abb. 17: Dominierende Richtung der Mundneigung in der JIA-Gruppe

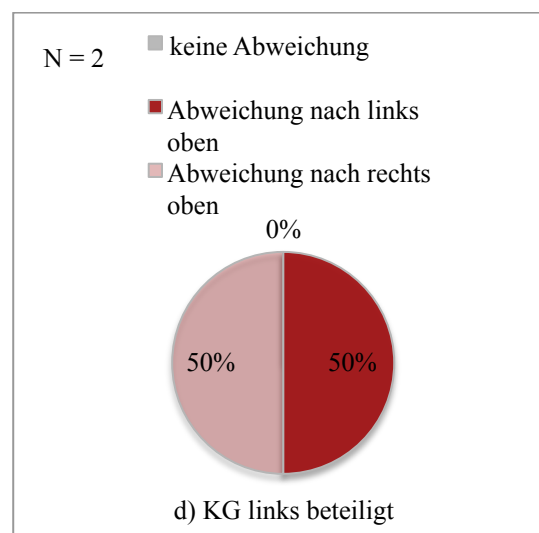
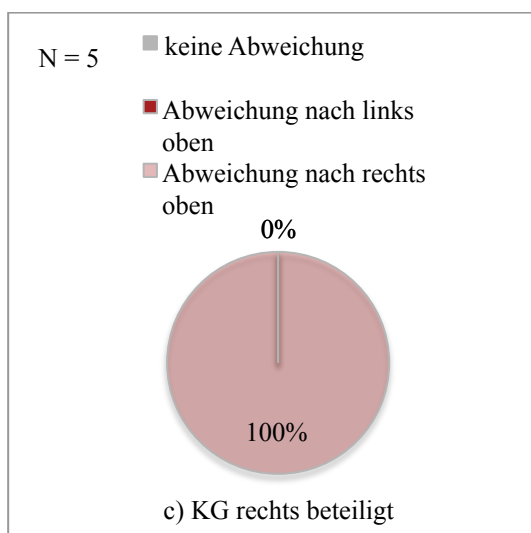
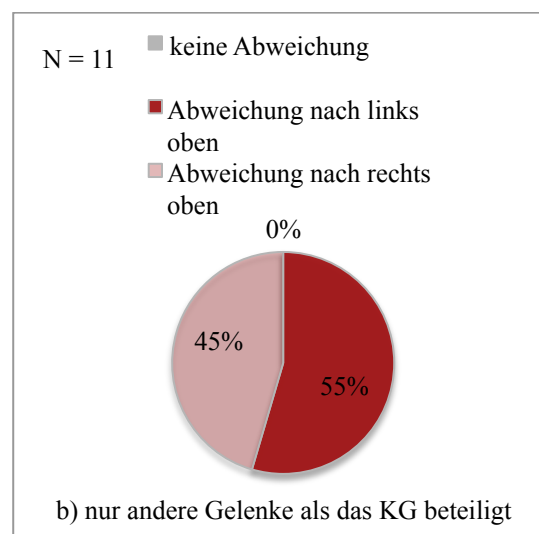
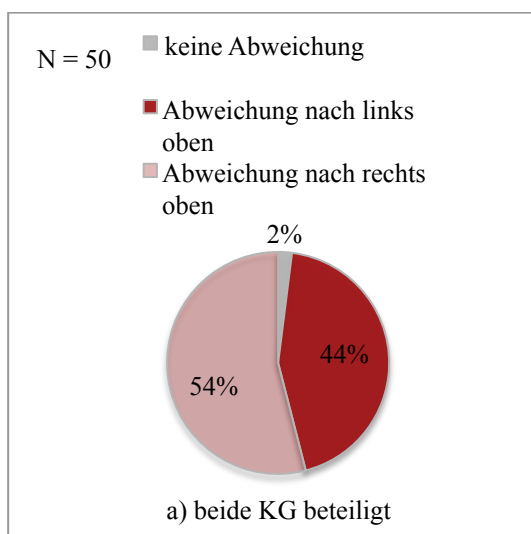


Abb. 18 a-d: Dominierende Richtung der Mundneigung in den JIA-Untergruppen

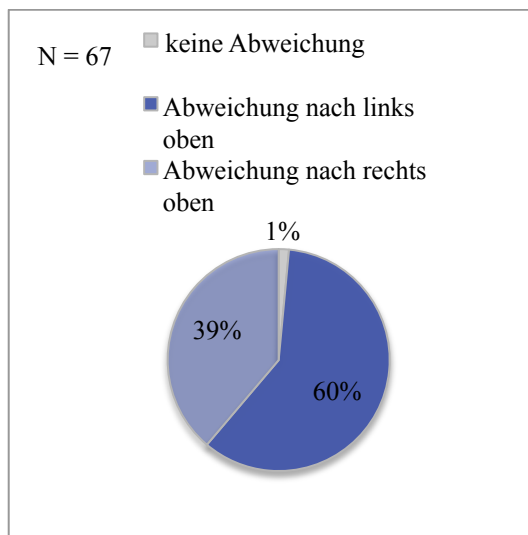


Abb. 19: Dominierende Richtung der Mundneigung in der Kontrollgruppe

Bei der JIA-Gruppe lag eine annähernde Gleichverteilung der Richtungen der Mundneigung vor, wobei die Abweichung nach rechts oben mit 56 % dominierte. Für die JIA-Untergruppen galt die annähernde Gleichverteilung bis auf die Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“, bei der die Abweichung nach rechts oben zu 100 % dominierte. Die Kontrollgruppe wies zu 60 % eine Abweichung nach links oben auf.

5.1.5 Ratio Alare

Abweichung der Nase von der Gesichtsmittellinie

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Ratio Alare mit einem p-Wert von 0,0005 **hoch signifikant** „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,14546 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,11851 bis 1,17241. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,08609 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,06843 bis 1,10376.

Tabelle 10: Gruppenvergleich Ratio Alare

Parameter	Gruppe	Mittelwert	95 % Konfidenzintervall		Median	Minimum	Maximum	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Ratio Alare	JIA-Gruppe	1,14546	1,11851	1,17241	1,08948	1,00104	1,48471	68	,0005
	Kontrollgruppe	1,08609	1,06843	1,10376	1,06171	1,00349	1,34916	67	

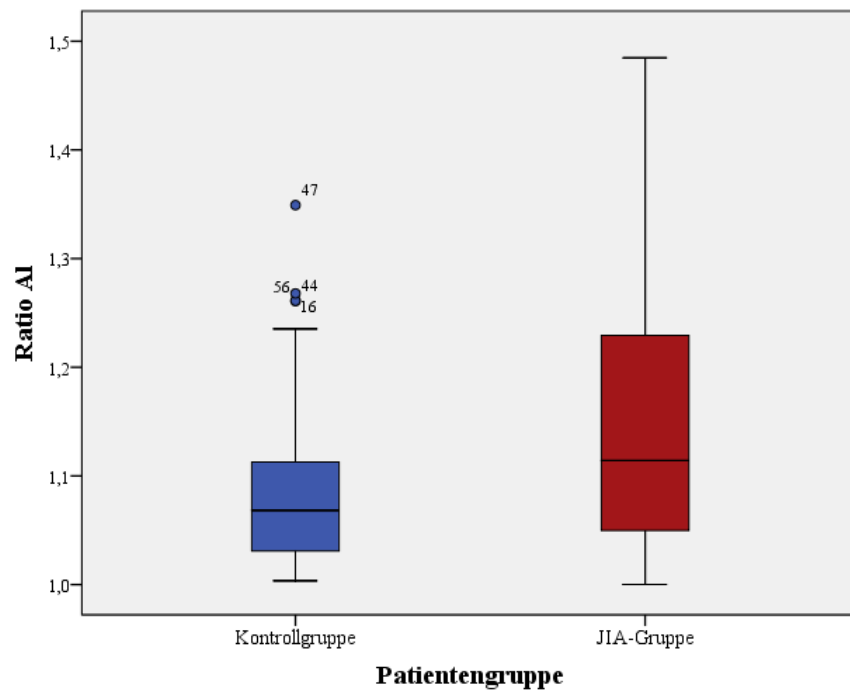


Abb. 20: Boxplot des Parameters Ratio Alare für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.5.1 Dominierende Seite von Ratio Alare

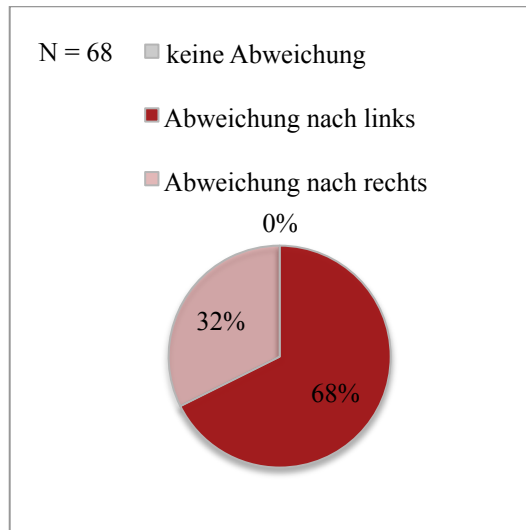


Abb. 21: Dominierende Seite von Ratio Alare in der JIA-Gruppe

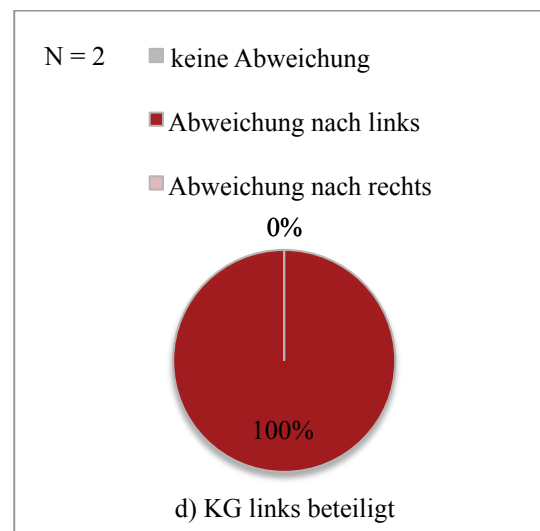
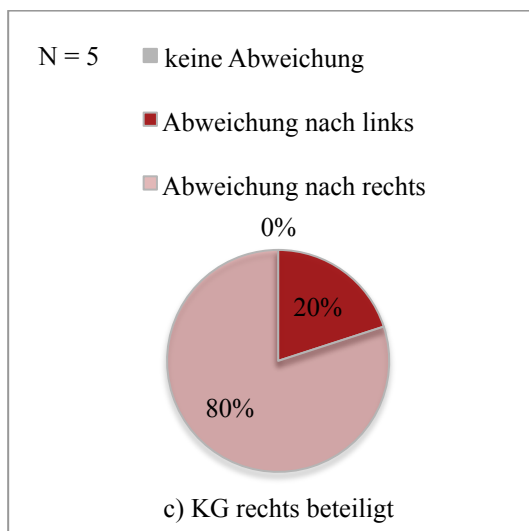
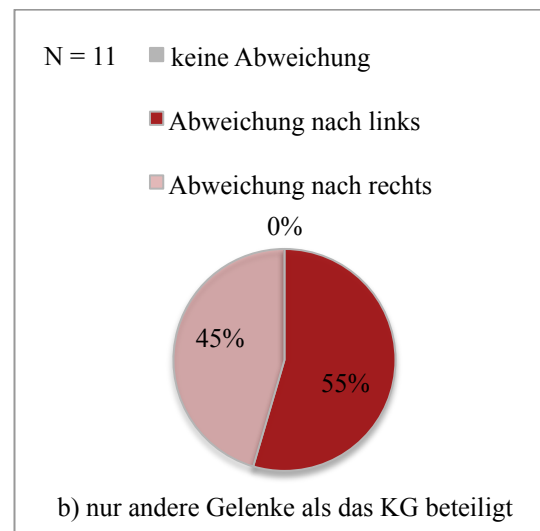
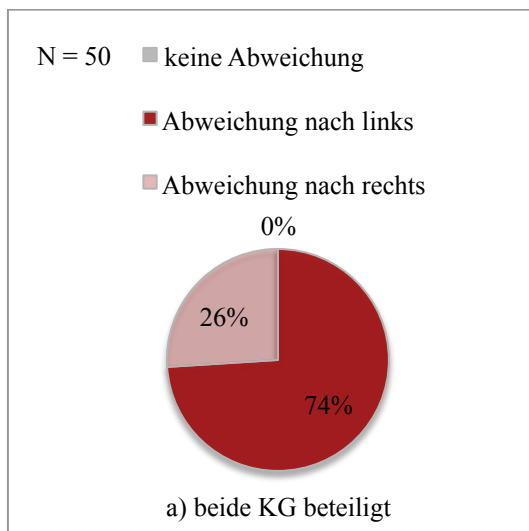


Abb. 22 a-d: Dominierende Seite von Ratio Alare in den JIA-Untergruppen

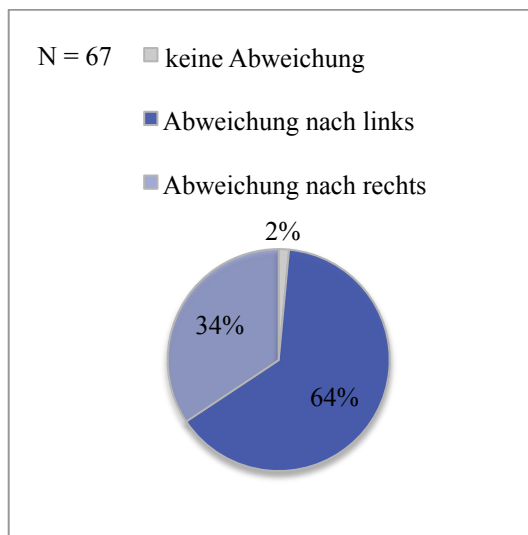


Abb. 23: Dominierende Seite von Ratio Alare in der Kontrollgruppe

Sowohl in der JIA-Gruppe als auch in der Kontrollgruppe dominierte die Abweichung des Parameters Ratio Alare nach links mit 68 % und 64 %. Die JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ wies eine Dominanz der rechten Seite von 80 % auf, wohingegen die Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ zu 100 % nach links abwich.

5.1.6 Nasenneigung

Abweichung der „Nasenebene“ von der Gesichtshalbierenden

Im Vergleich der Kontrollgruppe und der JIA-Gruppe wies der Parameter Nasenneigung mit einem p-Wert von 0,783 **keinen signifikanten** Unterschied beider Gruppen auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,072° bei einem 95 % Konfidenzintervall von 0,86267° bis 1,28133°. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,113° bei einem 95 % Konfidenzintervall von 0,90661° bis 1,31939°.

Tabelle 11: Gruppenvergleich Nasenneigung

Parameter	Gruppe	Mittelwert [in °]	95 % Konfidenzintervall [in °]		Median [in °]	Minimum [in °]	Maximum [in °]	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Nasenneigung	JIA-Gruppe	1,072	0,86267	1,28133	,800	,1	4,0	68	,783
	Kontrollgruppe	1,113	0,90661	1,31939	,900	,0	3,7	67	

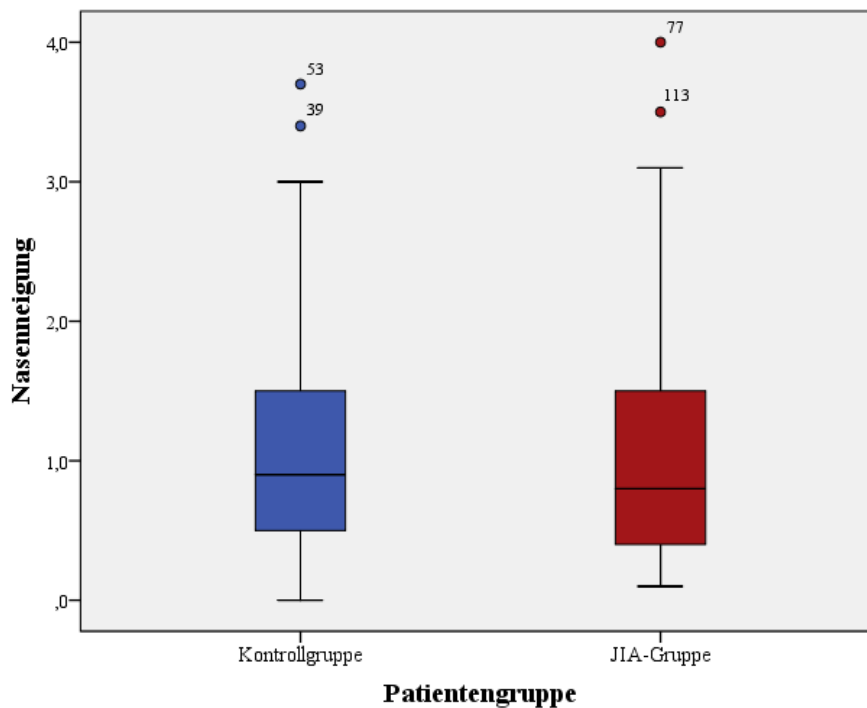


Abb. 24: Boxplot des Parameters Nasenneigung für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.6.1 Dominierende Richtung der Nasenneigung

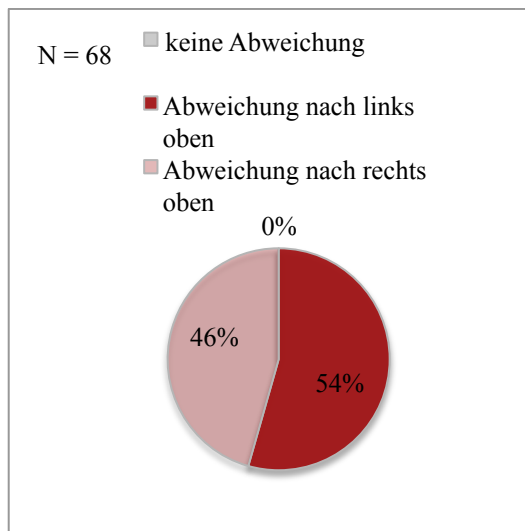


Abb. 25 Dominierende Richtung der Nasenneigung in der JIA-Gruppe

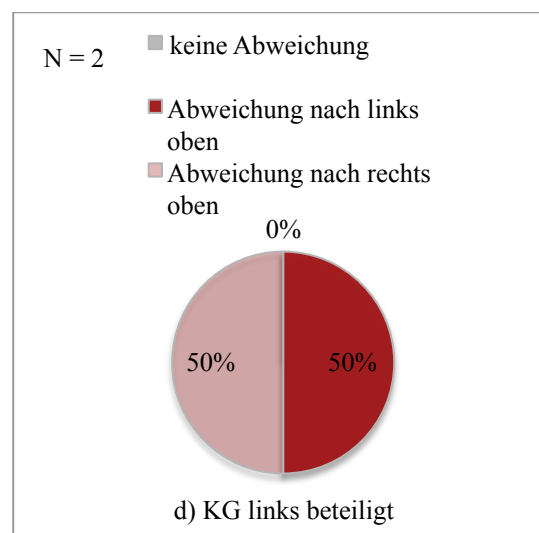
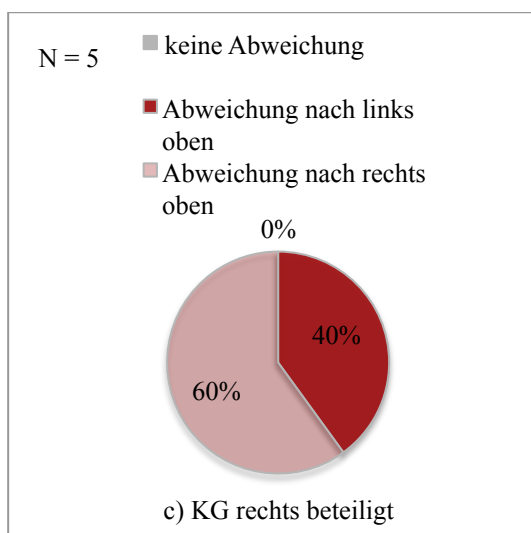
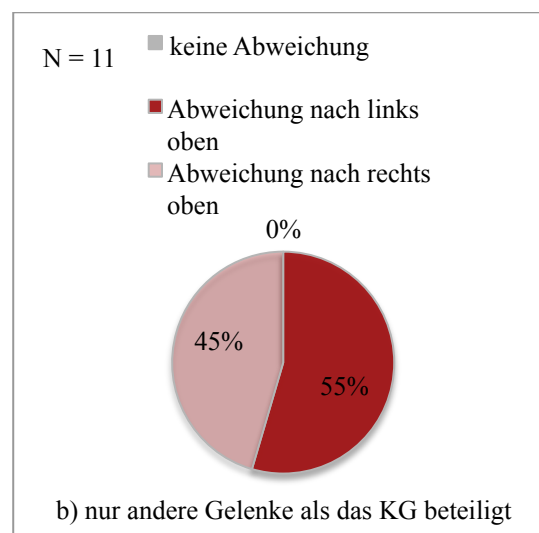
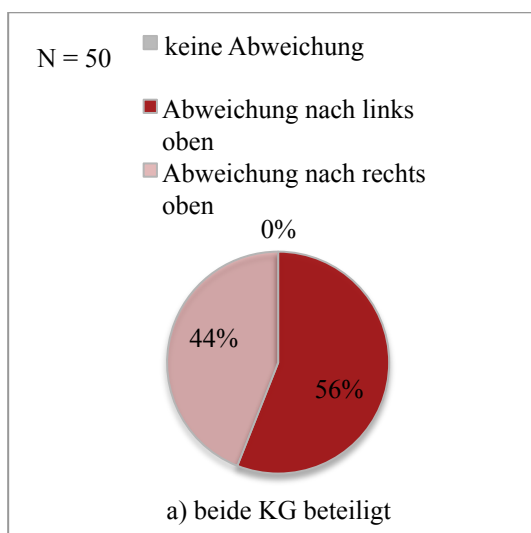


Abb. 26 a-d: Dominierende Richtung der Nasenneigung in den JIA-Untergruppen

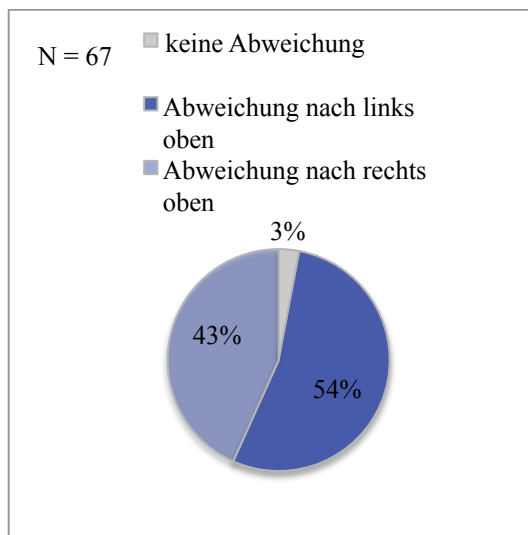


Abb. 27: Dominierende Richtung der Nasenneigung in der Kontrollgruppe

Für die JIA-Gruppe und für die Kontrollgruppe gab es eine annähernd gleiche Verteilung des Parameters Nasenneigung mit einer leichten Dominanz der Abweichung nach links oben. Bei der JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ dominierte die Abweichung nach rechts oben mit 60 %, für die Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ war die Verteilung zu beiden Seiten gleich.

5.1.7 Ratio Fläche

Flächenvergleich beider an die Gesichtskontur angrenzenden Areale

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Ratio Fläche „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe auf, die jedoch mit einem p-Wert von 0,301 statistisch **nicht signifikant** waren. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,05001 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,04099 bis 1,05903. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,04386 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,03657 bis 1,05115.

Tabelle 12: Gruppenvergleich Ratio Fläche

Parameter	Gruppe	Mittelwert	95 % Konfidenzintervall		Median	Minimum	Maximum	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Ratio Fläche	JIA-Gruppe	1,05001	1,04099	1,05903	1,04279	1,001	1,161	68	,301
	Kontrollgruppe	1,04386	1,03657	1,05115	1,04117	1,002	1,160	67	

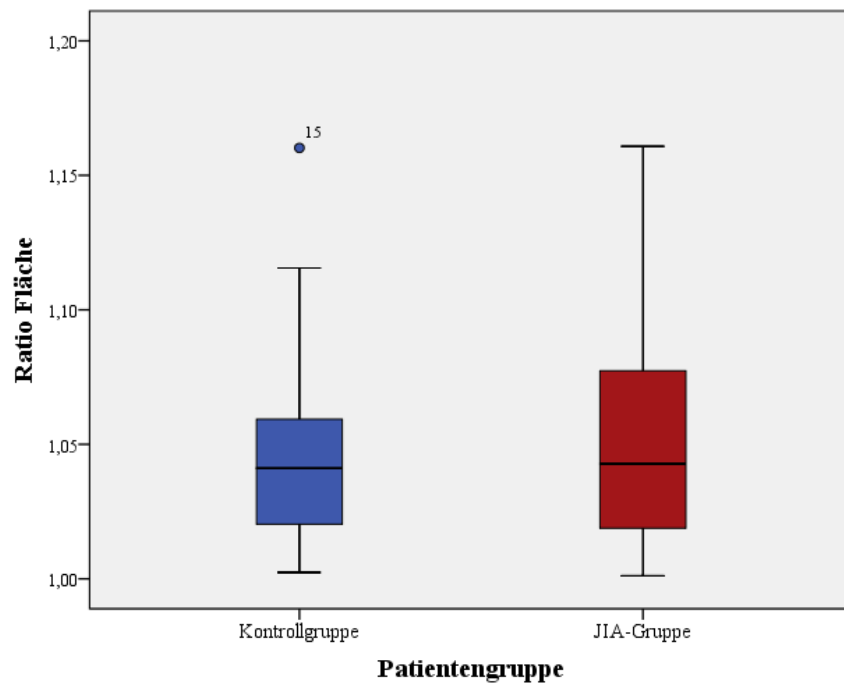


Abb. 28: Boxplot des Parameters Ratio Fläche für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.7.1 Dominierende Seite von Ratio Fläche

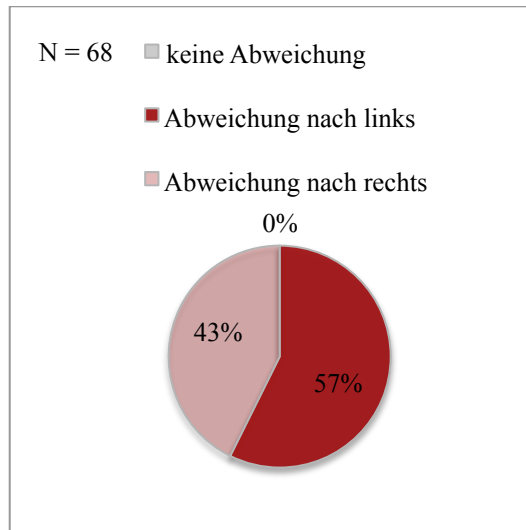


Abb. 29 Dominierende Seite von Ratio Fläche in der JIA-Gruppe

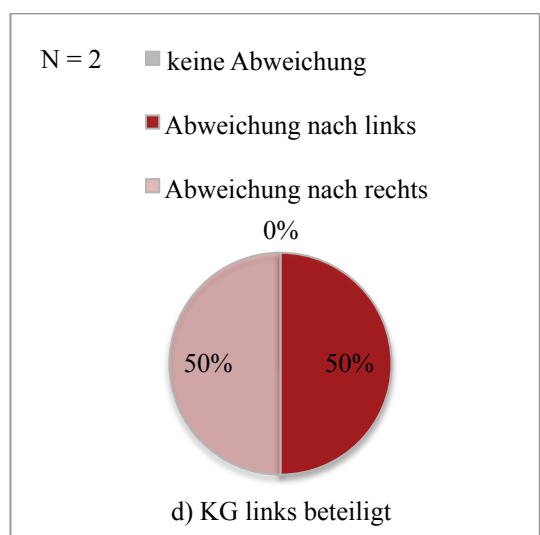
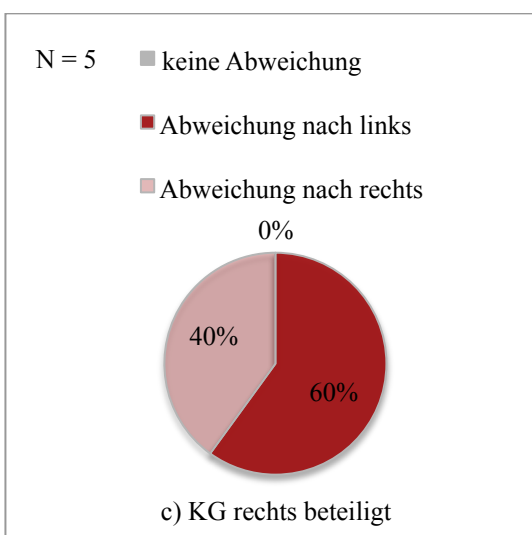
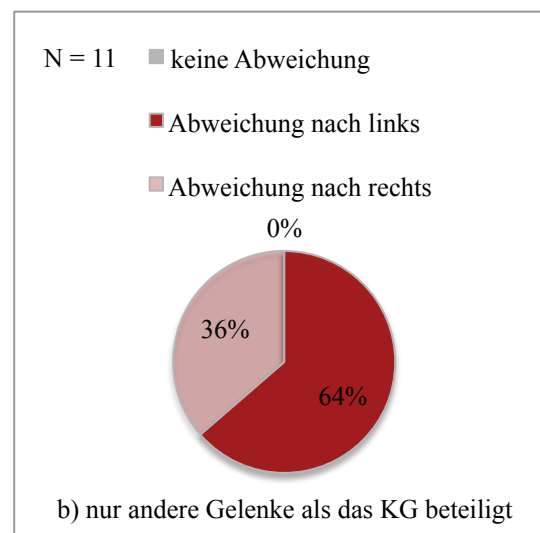
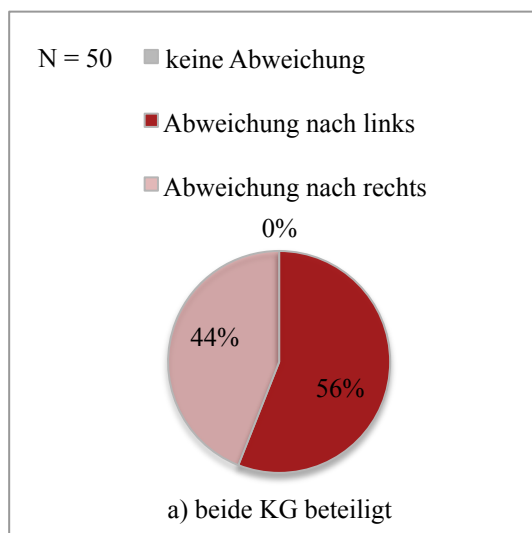


Abb. 30 a-d: Dominierende Seite von Ratio Fläche in den JIA-Untergruppen

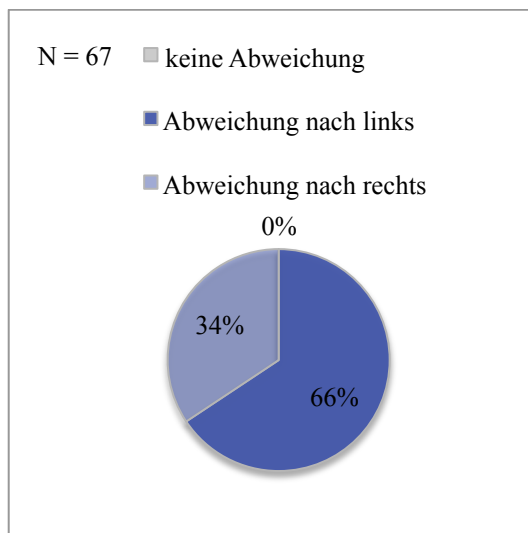


Abb. 31: Dominierende Seite von Ratio Fläche in der Kontrollgruppe

Für die JIA-Gruppe sowie für die Kontrollgruppe dominierte die Abweichung des Parameters Ratio Fläche nach links. Bei der JIA-Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ war die Verteilung in beide Richtungen gleich.

5.1.8 Ratio Umfang

Vergleich des Umfangs beider Gesichtsflächen

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Ratio Umfang mit einem p-Wert von 0,015 **signifikant** „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,00961 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,00781 bis 1,01141. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,007 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,00596 bis 1,00804.

Tabelle 13: Gruppenvergleich Ratio Umfang

Parameter	Gruppe	Mittelwert	95 % Konfidenzintervall		Median	Minimum	Maximum	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Ratio Umfang	JIA-Gruppe	1,00961	1,00781	1,01141	1,00835	1,000	1,039	68	,015
	Kontrollgruppe	1,007	1,00596	1,00804	1,00611	1,000	1,018	67	

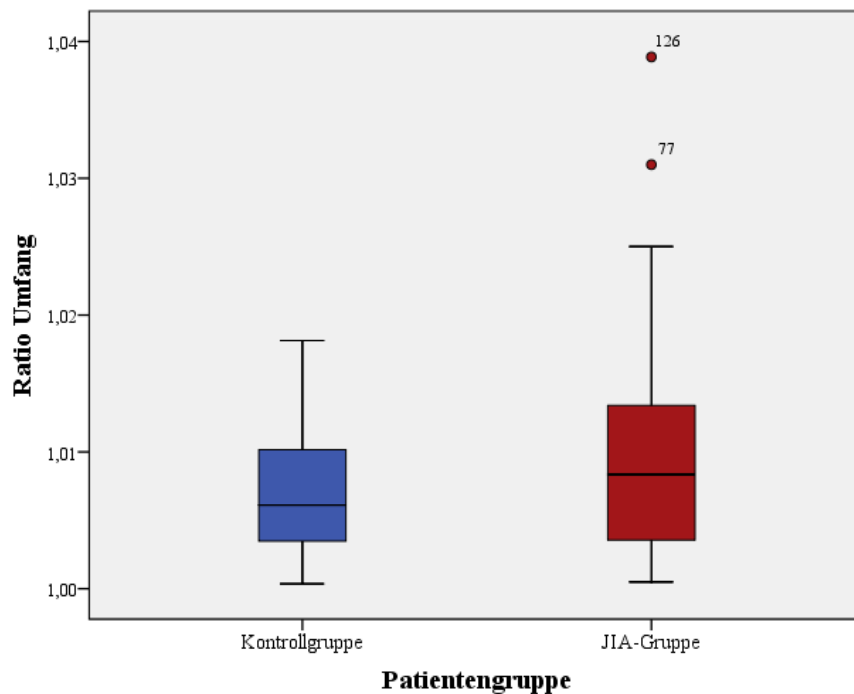


Abb. 32: Boxplot des Parameters Ratio Umfang für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.8.1 Dominierende Seite von Ratio Umfang

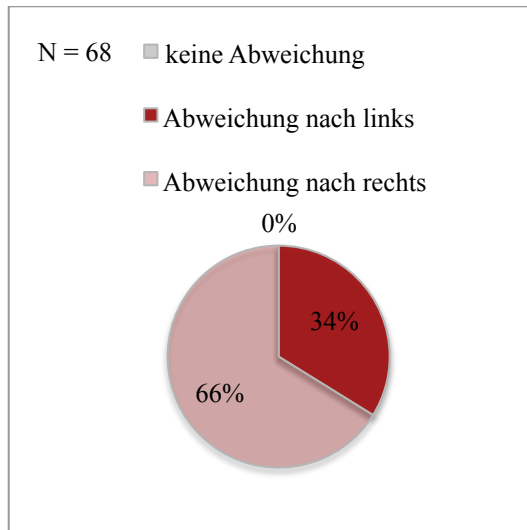


Abb. 33 Dominierende Seite von Ratio Umfang in der JIA-Gruppe

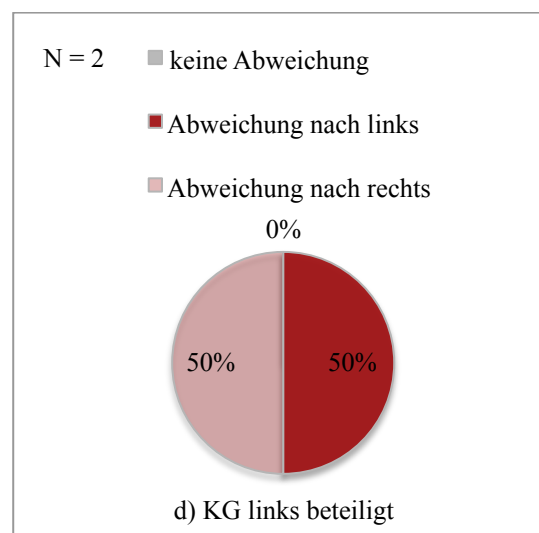
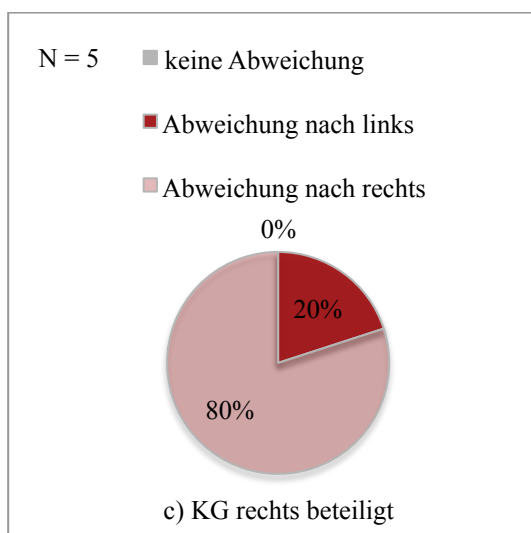
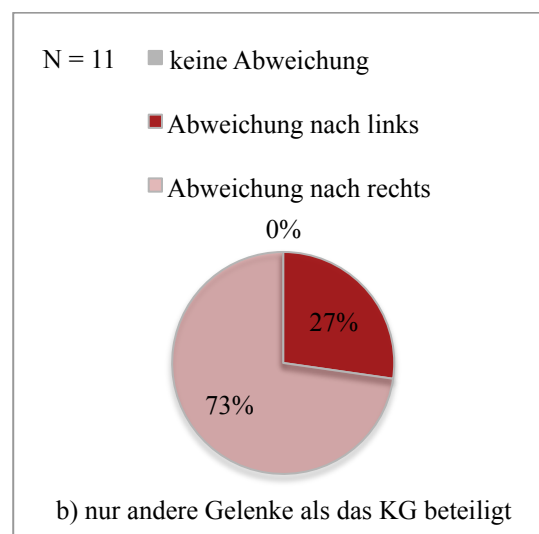
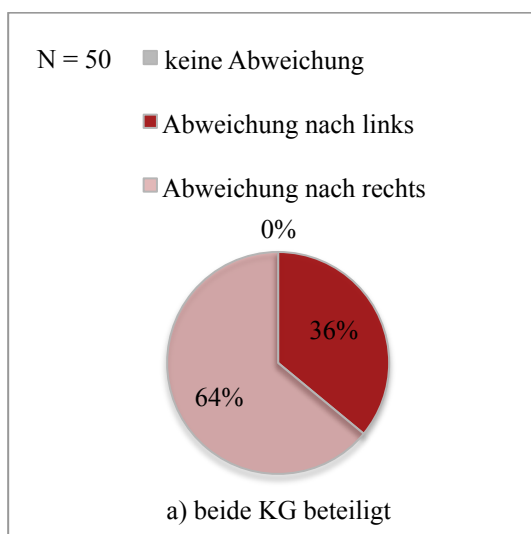


Abb. 34 a-d: Dominierende Seite von Ratio Umfang in den JIA-Untergruppen

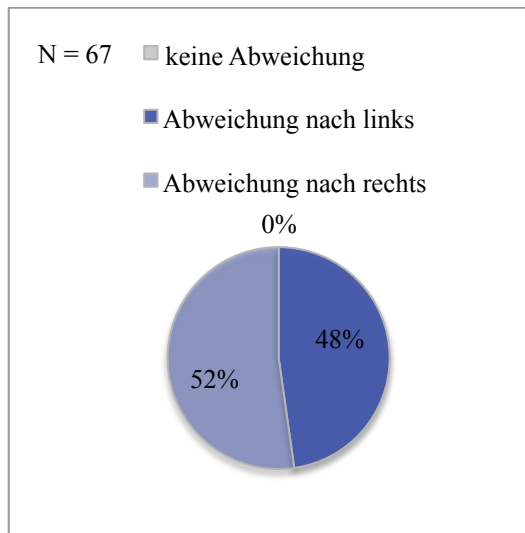


Abb. 35: Dominierende Seite von Ratio Umfang in der Kontrollgruppe

Die Abweichung nach rechts dominierte für die JIA-Gruppe mit 66 %, für die Kontrollgruppe mit 52 %. Bei der JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ fiel eine starke Dominanz der Abweichung zur rechten Seite mit 80 % auf, für die JIA-Untergruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ war die Verteilung zu beiden Seiten gleich.

5.1.9 Ratio Kompaktheit

Vergleich der Kompaktheit beider Gesichtsareale

Im Vergleich von Kontrollgruppe und JIA-Gruppe wies der Parameter Ratio Kompaktheit mit einem p-Wert von 0,457 **keinen signifikanten** Unterschied beider Gruppen auf. Der Mittelwert für die JIA-Gruppe betrug 1,03781 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,03078 bis 1,04484. Für die Kontrollgruppe betrug der Mittelwert 1,03422 bei einem 95 % Konfidenzintervall von 1,02794 bis 1,04050.

Tabelle 14: Gruppenvergleich Ratio Kompaktheit

Parameter	Gruppe	Mittelwert	95 % Konfidenzintervall		Median	Minimum	Maximum	N	p-Wert
			untere Kante	obere Kante					
Ratio Kompaktheit	JIA-Gruppe	1,03781	1,03078	1,04484	1,02797	1,000	1,114	68	,457
	Kontrollgruppe	1,03422	1,02794	1,04050	1,03171	1,000	1,130	67	

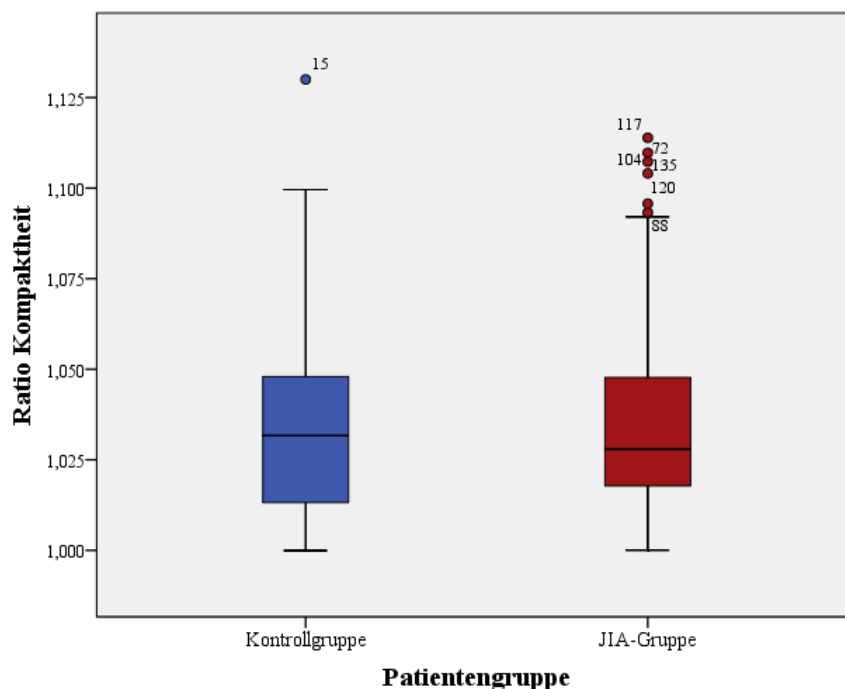


Abb. 36: Boxplot des Parameters Ratio Kompaktheit für den Vergleich zwischen Kontrollgruppe und JIA-Gruppe

5.1.9.1 Dominierende Seite von Ratio Kompaktheit

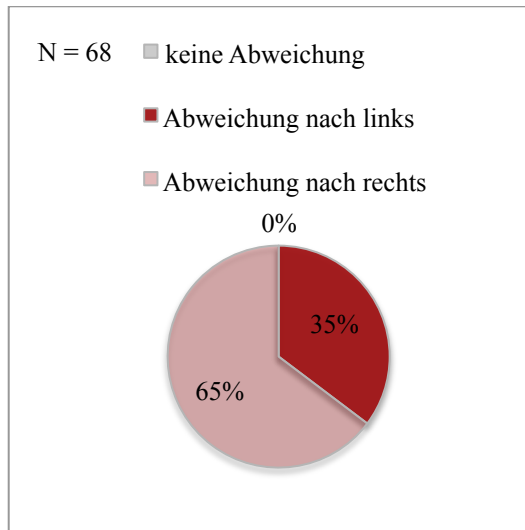


Abb. 37 Dominierende Seite von Ratio Kompaktheit in der JIA-Gruppe

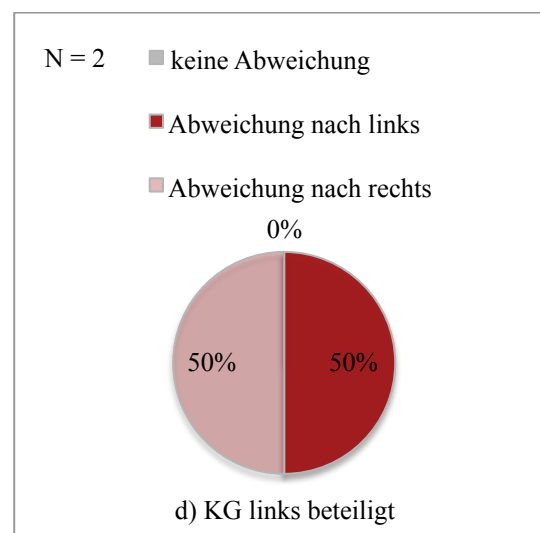
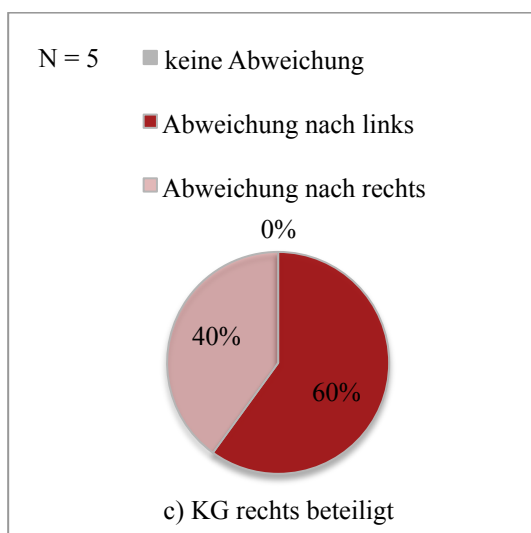
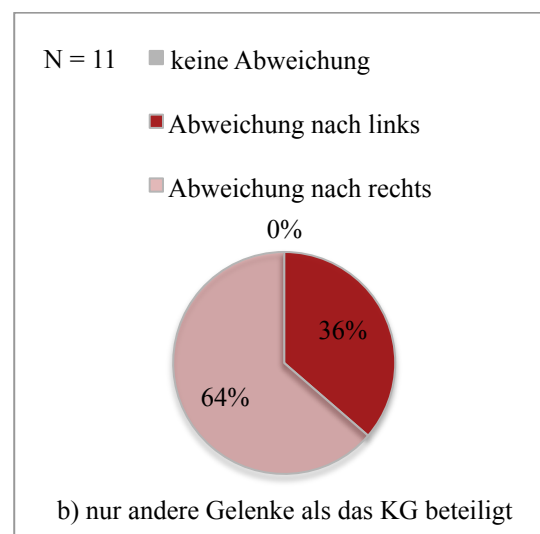
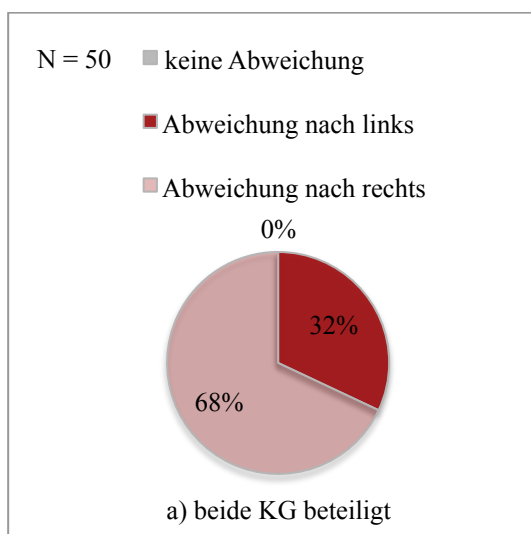


Abb. 38 a-d: Dominierende Seite von Ratio Kompaktheit in den JIA-Untergruppen

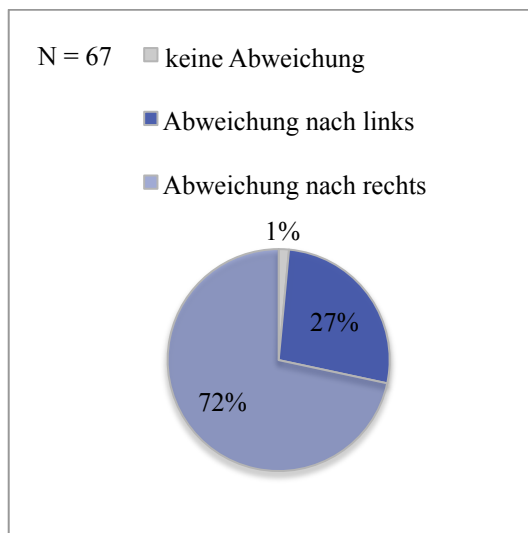


Abb. 39: Dominierende Seite von Ratio Kompaktheit in der Kontrollgruppe

Für die JIA-Gruppe sowie für die Kontrollgruppe lag eine Dominanz der Abweichung nach rechts vor. Die JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ wich stärker zur linken Seite ab, die Gruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ verteilte sich in beide Richtungen gleich.

5.2 Messfehler

Basierend auf den Varianzen wurde der Intra-Klassen-Koeffizient berechnet, der den Grad der Übereinstimmung der Einzelmessungen darstellt. Diese „Test-Retest-Reliabilität“ zeigt den Grad der Genauigkeit an, mit der die Referenzpunkte und demzufolge die Parameter durch die beschriebenen Methoden gemessen werden. Je näher der Wert an 1,0 liegt, desto höher ist die Reliabilität. Um den Intra-Klassen-Koeffizienten zu bestimmen, wurden 20 Gesichter mit einem zeitlichen Abstand von mehreren Monaten doppelt ausgewertet.

Tabelle 15: Intra-Klassen-Koeffizient (ICC)

Parameter	Intra-Klassen-Koeffizient
Ratio A	0,78
Abweichung Kinns Spitze	0,63
Ratio Cheilion	0,88
Mundneigung	0,81
Ratio Alare	0,97
Nasenneigung	0,51
Ratio Fläche	0,89
Ratio Umfang	0,86
Ratio Kompaktheit	0,90

5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Nach Anwenden des T-Tests für unabhängige Stichproben auf die gemessenen Asymmetriewerte ist im Vergleich der JIA-Gruppe zur Kontrollgruppe deutlich geworden, dass acht der neun Werte höher, also „asymmetrischer“ waren. Davon wiesen vier Werte eine statistische Signifikanz mit einem p-Wert kleiner 0,05 auf. Die Parameter, welche statistisch signifikant „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe lieferten, waren: Ratio A, Ratio Cheilion, Ratio Alare und Ratio Umfang.

6 Diskussion

6.1 Diskussion des Materials

In dieser Arbeit sind Gesichtsasymmetrien von an JIA erkrankten Kindern und Jugendlichen mit einer Kontrollgruppe quantitativ verglichen worden. Bei der Recherche nach vergleichbaren Veröffentlichungen sind keine Publikationen gefunden worden, in denen solch ein quantitativer Vergleich erfolgte.

Durch die etablierte Rheumasprechstunde in der Poliklinik für Kieferorthopädie lag ein großer Pool an Patientenakten mit den für die Asymmetrie-Analyse nötigen en face Aufnahmen bei Erstvorstellung vor. Durch die beim Kinderreumatologen erfolgten MRT-Untersuchungen der Gelenke und insbesondere der Kiefergelenke war die Diagnose JIA, bei den in die Asymmetrie-Analyse eingeschlossenen Patienten, gesichert.

Die Zweidimensionalität der untersuchten Fotos kann als Schwäche dieser Arbeit gesehen werden, da sie im Vergleich zu 3D-Gesichtsscans eine limitierte Aussage über die Asymmetrien eines Gesichts ermöglicht. In der Publikation von Hartmann et al. (2007) wurde untersucht, dass mit Hilfe eines dreidimensionalen Analyseverfahrens „eine wesentlich präzisere Diagnostik von Asymmetrien der Gesichtsweichteile als [mit] zweidimensionale[n] En-face-Aufnahmen“ möglich sei.

In der Veröffentlichung von Demant et al. (2011) wurden unilateral und bilateral am Kiefergelenk befallene JIA-Patienten sowie solche ohne Kiefergelenkbefall quantitativ mit Hilfe von 3D-Gesichtsscans auf Gesichtsasymmetrien verglichen. Hier fehlt jedoch der Vergleich mit einer Kontrollgruppe.

3D-Aufnahmen erfordern eine entsprechende technische Ausstattung, welche nicht überall vorliegt. Zweidimensionale Fotos stellen also das am weitesten verbreitete Material für Asymmetrie-Analysen dar. Absolute Streckenmessungen auf Fotos weichen laut Franke-Gromberg et al. (2009) im Vergleich zu direkten anthropometrischen Messungen bis zu 13 % ab. Abgesehen von der Limitation der absoluten Streckenmessung sei die Analyse von zweidimensionalen Fotos jedoch eine zuverlässige Methode.

6.2 Diskussion der Methoden

Zur Analyse von Gesichtsasymmetrien muss eine Referenzebene für den Symmetrievergleich definiert werden. Wie unter 2.2.2.3 (Die zweidimensionale Fotoanalyse) beschrieben, gibt es hierfür verschiedene Möglichkeiten. In dieser Arbeit wurde als Referenzebene die Gesichts-

mittellinie gewählt, welche mit Hilfe der Punkte Exokanthion und Otobasion inferior konstruiert wurde (vgl. Kapitel 3.2.2 Erklärung der Messmethode).

Bei den Augen und Ohren handelt es sich laut Aksu und Ras (Ras et al. 1995, Aksu et al. 2010) um zuverlässige Referenzpunkte, da die hauptsächliche Entwicklung dieser Bereiche sehr früh in der Kindheit erfolge. Laut Ras sei die beste Referenzebene die, welche als halbierende Senkrechte der Referenzpunkte Exokanthion–Exokanthion konstruiert werde (Ras et al. 1995).

Edler nennt als einfachste Referenzebene die halbierende Senkrechte der Referenzpunkte Otobasion inferior–Otobasion inferior. Bei asymmetrischen Ohren weist er jedoch darauf hin, lieber die Punkte Exokanthion oder Endokanthion als Ausgangspunkte für die Konstruktion der Referenzebene zu wählen (Edler et al. 2001).

Durch die in dieser Arbeit gewählten Punkte Exokanthion sowie Otobasion inferior zur Konstruktion der Gesichtsmittellinie können Fehlerquellen einer anatomischen Region (Augen oder Ohren) minimiert werden (vgl. Kapitel 3.2.2 Erklärung der Messmethode).

Die Einbeziehung mehrerer Regionen des Gesichts in die hier angewandte Asymmetrie-Analyse ermöglicht eine „mehrdimensionale“ Erfassung mit Hilfe von Winkeln, sowie Ratios. Die Ratios sind Verhältnisse von bilateralen Strecken, Flächen, Umfängen und Kompaktheiten (vgl. Kapitel 3.2.2 Erklärung der Messmethode).

Die Verwendung dieser Ratios umgeht die Problematik der Ungenauigkeit absoluter Streckenmessungen auf dem zweidimensionalen Bild (vgl. Kapitel 6.1 Diskussion des Materials). Auch wenn die zweidimensionale Eigenschaft eines Fotos gewisse Verzerrungen des dreidimensionalen Bildes mit sich bringt, liegt nach Farkas der Schwerpunkt der Gesichtsanalyse auf der Identifikation von Gesichtsproportionen und nicht auf genauen Messungen (Farkas et al. 1980).

Die Diskussion der einzelnen in dieser Arbeit zur Anwendung gekommenen Parameter erfolgt in der Diskussion der Ergebnisse.

Eine wichtige Grundvoraussetzung für das Durchführen einer Asymmetrie-Analyse ist die Auswertbarkeit der Fotos. Neben dem Ausschlusskriterium verdeckter Ohren, Kinn, Mund, Nase und des Unterkieferrandes kam in dieser Arbeit das Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“ zum Einsatz (vgl. Kapitel 3.2.3 Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“). Trpkova weist darauf hin, dass der Projektionswinkel zur Symmetrieebene bedeutsam sei, da mit zunehmendem Winkel zwischen Aufnahme-richtung und Symmetrieebene, ein ideal symmetrisches Gesicht größere Asymmetrien aufweise (Trpkova et al. 2003). Es war Zweck des

Ausschlusskriteriums „Rotation des Kopfes“ diese Fehlerquelle für die Analyse zu minimieren. Es mussten auf Grund dieses Ausschlusskriteriums zwar ein Drittel der Bilder aussortiert werden, aber im Anschluss lagen dann auswertbare Bilder vor. Eine weitere Ausführung der Problematik nicht standardisierter Fotos erfolgt in der Diskussion der Ergebnisse.

6.3 Diskussion der Ergebnisse

Von den ursprünglich 267 JIA-Patienten verblieb eine randomisierte Gruppe von 68 Patienten. Durch das Ausschlusskriterium „Rotation des Kopfes“ mussten 89 der Fotos aussortiert werden, gefolgt von 49 auf Grund von verdeckten Ohren. Dieses weist darauf hin, dass die Fotoaufnahmen in der Poliklinik für Kieferorthopädie nicht perfekt standardisiert erfolgen. Im Klinikalltag werden die Bilder unter Zeitdruck und ohne Stativ angefertigt, Verdeckungen von wichtigen Gesichtsarealen durch Haare sowie Rotationen des Kopfes sind die Folge. Optimaler wäre es, die Aufnahmen mit Hilfe eines Stativs zu machen. Auch der Patientenkopf sollte durch Ohrfixierungen in fester und zur Kamera parallel ausgerichteter Position sein. So könnten Rotationen vermieden werden. Diese Methode kam von Haraguchi zur Analyse von Gesichtssymmetrien zum Einsatz (Haraguchi et al. 2008).

Die in der Literatur bekannte Geschlechtsverteilung, dass Mädchen in einem Verhältnis von 2-3:1 häufiger an einer JIA erkranken als Jungen (Minden et al. 2014) spiegelt sich in der Geschlechtsverteilung dieser Arbeit wieder. Hier lag ein Verhältnis von 2,2 Mädchen zu 1 Jungen vor. In der Veröffentlichung von Demant (Demant et al. 2011) lag ein vergleichbares Verhältnis von 2,5 Mädchen zu 1 Jungen vor.

Die Verteilung der Gelenkbeteiligungen in der Untersuchung von Demant weicht von den Ergebnissen dieser Arbeit ab. Hier dominierte die bilaterale KG-Beteiligung mit 73,5 %, wohingegen bei Demant die größte Gruppe die ohne KG-Beteiligung mit 54 % war. Die Dominanz der Patienten ohne KG-Beteiligung bei Demant könnte daran liegen, dass es sich um eine weniger vorausgewählte Gruppe als in dieser Arbeit handelte. Es waren Patienten, die in der pädiatrischen Abteilung für Rheumatologie der Universitätsklinik in Kopenhagen behandelt und zur jährlichen Kontrolle der Kiefergelenke in der Zahnklinik vorstellig wurden. Die Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie in Hamburg kamen gezielt wegen des Verdachtes auf eine Kiefergelenkbeteiligung, sodass es sich um einen vorselektierten Patientenpool handelte.

Im Folgenden werden die einzelnen Parameter diskutiert.

- I. **Ratio A** vermittelt ein Maß für die Differenz der Gesichtsbreiten auf Höhe des Kiefergelenks. Die hohe Signifikanz im Gruppenvergleich mit asymmetrischeren Werten für

die JIA-Gruppe weist darauf hin, dass diese Region unmittelbar durch Wachstumsstörungen betroffen ist. Der ICC-Wert von Ratio A lag bei 0,78. Dieser Wert deutet auf eine akzeptable Reliabilität hin. Die Dominanz der rechten Seite ist sowohl für die JIA-Gruppe als auch Kontrollgruppe auffällig. Dies könnte sich durch die in der Literatur beschriebene Dominanz der rechten Gesichtshälfte erklären (Haraguchi et al. 2002), worauf im folgenden Abschnitt zum Parameter „Abweichung der Kinnspitze“ weiter eingegangen wird.

II. Die Abweichung der Kinnspitze wird in der visuellen Asymmetrie-Analyse im kieferorthopädischen Alltag meist als Standardmethode verwendet. Zur metrischen Asymmetrie-Analyse wird die Abweichung der Kinnspitze als Strecke in mm (Fong et al. 2010, Berlin et al. 2014) oder Winkel in Grad (Yu et al. 2009) gemessen. Um die Problematik der absoluten Streckenmessung (vgl. Kapitel 6.2 Diskussion der Methoden) zu umgehen, wurde in dieser Arbeit der Winkel zur Bestimmung der Kinnspitzenabweichung gewählt. Im Gruppenvergleich konnten zwar asymmetrischere Werte für die JIA-Gruppe gezeigt werden, diese waren jedoch statistisch nicht signifikant. In der Arbeit von Yu et al. (2009) wurden Patienten vor und nach orthognather Chirurgie zur Mittellinienkorrektur mit Hilfe von Winkeln auf Gesichtsasymmetrien untersucht. Keiner der Winkel bestimmt die Abweichung der Kinnspitze von der Gesichtsmittellinie in einer vergleichbaren Art wie in dieser Arbeit. Der präoperative Mittelwert dieses Winkels lag bei 2,07°, der postoperative bei 1,13°. In dieser Arbeit lagen die Ergebnisse des Mittelwertes für die Abweichung der Kinnspitze bei 1,45° für die Kontrollgruppe und bei 1,65° für die JIA-Gruppe. Im Vergleich zu der Arbeit von Yu lässt sich feststellen, dass der Mittelwert der JIA-Gruppe näher am Mittelwert der präoperativen Gruppe lag. Dennoch handelt es sich um noch moderatere Werte als bei den OP-indizierenden Gesichtsasymmetrien von Yu (Yu et al. 2009).

Der ICC-Wert für die Abweichung der Kinnspitze ist mit einem Wert von 0,63 nicht ausreichend belastbar. Die geringe Reliabilität deutet auf eine Ungenauigkeit der Kinnspitzenbestimmung hin. Zur visuellen Beurteilung der Kinnspitzenabweichung mag diese Methode geeignet sein, für reliable metrische Ergebnisse ist sie jedoch zu ungenau.

Bei der Beurteilung der Richtungsverteilung der Kinnspitzenabweichung fällt auf, dass sowohl bei der JIA-Gruppe (mit 79,4 %) als auch bei der Kontrollgruppe (mit 83,6 %) die Abweichung nach links dominiert. Dies entspricht den von Severt und Proffit (1997) publizierten Daten zur Prävalenz von Gesichtsasymmetrien. In ihrer Un-

tersuchung lag eine linksseitige Lateralität der Kinnschuppe von 80 bis 90 % vor. Auch Haraguchi (Haraguchi et al. 2008) publizierte eine linksseitige Lateralität der Kinnschuppe von 79,3 %. Seine Interpretation dafür ist, dass der Mensch das angeborene Potential des dominanten Wachstums der rechten Gesichtshälfte oder des geringeren Wachstums der linken Gesichtshälfte habe (Haraguchi et al. 2002). Bei der Betrachtung der JIA-Untergruppen fällt auf, dass für die beiden Gruppen mit unilateralem Befall insgesamt in vier von sieben Fällen die Kinnschuppe zur Seite des betroffenen Kiefergelenks abwich, bei zwei von sieben Fällen keine Abweichung vorlag und bei einem von sieben Fällen die Abweichung zur anderen Seite war. Bei diesem Fall handelte es sich um eine nach links abweichende Kinnschuppe bei rechtsseitigem Kiefergelenkbefall. Eine Erklärung hierfür könnte die oben beschriebene grundsätzlich vorhandene gehäufte linksseitige Lateralität sein.

- III. Ratio Cheilion** vermittelt ein Maß für die Abweichung des Mundes von der Gesichtsmittellinie und hatte mit einem p-Wert von 0,006 eine hohe Signifikanz. Diese Methode fand auch in den Arbeiten von Song und Little zur Asymmetrie-Analyse Anwendung (Song et al. 2007, Little et al. 2008). Song beschreibt den Mund als asymmetrischste Struktur des Gesichts, welches mit lateralen Abweichungen des Unterkiefers zusammenhänge (Song et al. 2007). Für die JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ lagen alle Abweichungen des Parameters Ratio Cheilion nach rechts und für die Gruppe „Kiefergelenk links beteiligt“ nach links vor. Dies zeigt eine Korrelation zwischen der betroffenen Seite und der Richtung der Abweichung des Mundes von der Gesichtsmittellinie. Der ICC-Wert von 0,88 deutet auf eine gute Reliabilität hin. Es handelt sich bei Ratio Cheilion um einen statistisch signifikanten und reliablen Parameter, sodass ihm bei der Analyse von Gesichtsasymmetrien eine große Bedeutung zukommen sollte.
- IV. Die Mundneigung** ist ein Maß für die Schiefe des Mundes. Mit einem p-Wert von 0,619 lag im Gruppenvergleich keine statistische Signifikanz vor. Der ICC-Wert lag mit 0,81 im akzeptablen Bereich. In der Arbeit von Altug-Atac et al. (2008) wurden die skelettalen Veränderungen sowie Weichgewebsveränderungen in Folge einer unilateralen mandibulären Distraktionsosteogenese untersucht. Die Patienten litten alle an kraniofazialer Mikrosomie. Eine der zur Anwendung kommenden Methoden zur Analyse der Weichgewebsveränderungen war die Winkelmessung zwischen der „Mundebene“ durch die Punkte Cheilion rechts und links und der Augenebene durch die Punkte Exonkanthion rechts und links. Es liegt hiermit eine mit dieser Arbeit ver-

gleichbare Methode vor. Die Asymmetrie-Werte der Patienten von Altug-Atac waren, wie bei der vorliegenden Grunderkrankung der untersuchten Patienten zu erwarten, deutlich stärker ausgeprägt als in dieser Arbeit. Der präoperative Mittelwert lag bei $4,63^\circ$, der postoperative bei $1,04^\circ$ (Altug-Atac et al. 2008). In der Arbeit von Yu kam derselbe Parameter zum Einsatz. Er untersuchte die Gesichtsasymmetrien von Patienten bei denen eine Le Fort I Osteotomie und Bilaterale Sagittale Split Osteotomie durchgeführt wurden prä- und postoperativ. Der präoperative Mittelwert lag bei $2,19^\circ$, der postoperative bei $1,45^\circ$ (Yu et al. 2009).

Yamashita untersuchte die Asymmetrien der Lippen bei Patienten mit Kieferfehlbildungen und Gesichtsasymmetrien und nutzte ebenfalls die oben beschriebene Methode und definierte sie als horizontale Inklinationswinkel der Lippen. Auch diese Patienten wurden prä- und postoperativ analysiert. Der präoperative Mittelwert lag bei $2,7^\circ$, der postoperative bei $0,5^\circ$ (Yamashita et al. 2009).

In der hier vorliegenden Arbeit lag der Mittelwert bei $1,06^\circ$ für die Kontrollgruppe und bei $1,15^\circ$ für die JIA-Gruppe. Es handelt sich im Vergleich zu den präoperativen Werten der oben genannten Publikationen um moderat asymmetrische Werte. Der Unterschied beider Gruppen ist nicht stark ausgeprägt. Bei der Verteilung der Richtung, in welche die „Mundebene“ abwich, fiel auf, dass bei der JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ zu 100 % die Abweichung nach rechts oben war. Die Unterentwicklung der rechten Gesichtshälfte durch das von der JIA betroffene Kiefergelenk (vgl. Stabrun et al. 1988) und eine damit einhergehende Abweichung der „Mundebene“ zu der Seite oben könnte die Erklärung hierfür sein.

- V. **Ratio Alare** vermittelt ein Maß für die Abweichung der Nase von der Gesichtsmittellinie und hatte mit einem p-Wert von 0,0005 eine sehr hohe Signifikanz. Der ICC-Wert lag mit 0,97 sehr hoch und deutet auf eine sehr gute Reliabilität hin. Diese Methode war auch Teil der Asymmetrie-Analyse von Little (Little et al. 2008). Bei der Betrachtung der Lateralität fiel auf, dass für die JIA-Untergruppe „Kiefergelenk rechts beteiligt“ zu 80 % eine Abweichung der Nase von der Gesichtsmittellinie nach rechts vorlag. Hier lag somit eine Korrelation zwischen der Seite des betroffenen Kiefergelenks und der Abweichung der Nase vor. Dieses deutet auf einen komplexen Zusammenhang zwischen dem betroffenen Gelenk und der folgenden Wachstumsstörung hin. Es könnte sein, dass die Unterentwicklung einer Unterkieferseite sich über Muskelzüge der mimischen Muskulatur auf die Nase auswirken kann. Ähnlich wie bei dem Parameter Ratio Cheilion handelt es sich bei Ratio Alare um einen sehr reliablen und sta-

tistisch signifikanten Parameter, sodass ihm bei der Analyse von Gesichtsasymmetrien eine große Bedeutung zukommen sollte.

VI. Die Nasenneigung ist ein Maß für die Schiefe der Nase. Im Gruppenvergleich lag mit einem p-Wert von 0,783 keine statistische Signifikanz vor. Der ICC-Wert lag mit 0,51 in einem kritischen Bereich. Auf Grund der geringen Reliabilität sollte dieser Parameter in zukünftigen Untersuchungen keinen hohen Stellenwert bekommen.

VII. Ratio Fläche stellt einen Vergleich der Flächen beider Gesichtshälften dar. Mit einem p-Wert von 0,301 lag keine Signifikanz vor. Der ICC lag mit 0,89 im akzeptablen Bereich. Diese Methode des Flächenvergleiches geht auf die Arbeiten von Edler et al. (2001, 2002, 2003, 2006) zurück. In ihnen wurden die beiden Gesichtshälften unterhalb der Strecke Otobasion inferior rechts und links zueinander ins Verhältnis gesetzt.

In der hier vorliegenden Arbeit wurden wie oben beschrieben (vgl. Kapitel 3.2.2 Erklärung der Messmethode) nicht nur die Punkte Otobasion inferior rechts und links, sondern zusätzlich auch noch die Punkte Exokanthion rechts und links als Ausgangspunkte zur Konstruktion der horizontalen Referenzebene gewählt. Ein weiterer Unterschied lag darin, dass in dieser Arbeit ein gleichschenkliges Dreieck aus der Gesamtfläche ausgespart wurde, um einen leichteren Umgang mit dem dimensionslosen Zahlenwert zu ermöglichen. Dies könnte erklären, warum die Zahlenwerte in dieser Arbeit etwas über den Werten der Arbeit von Edler et al. (2002) lagen. Für die Kontrollgruppe und für die JIA-Gruppe lag der Median bei 1,04. Edler unterteilte die untersuchten Patienten in drei Gruppen. Für die „normale“ Gruppe lag der Median für die Abweichung von 1 bei 0,015 (entspricht 1,015). Für die „leicht asymmetrische“ Gruppe lag der Median für die Abweichung von 1 bei 0,03 (entspricht 1,03), für die „chirurgische“ Gruppe bei 0,0775 (entspricht 1,0775). Da es sich bei der Kontrollgruppe um eine gesunde Gruppe handelt, sollte der Wert eher im Bereich zwischen der „normalen“ und der „leicht asymmetrischen“ Gruppe liegen. Der Wert war jedoch um 0,01 „asymmetrischer“ als die „leicht asymmetrische“ Gruppe. Dies ist entweder wie oben erwähnt auf die geringere Gesamtfläche zurückzuführen, wodurch sich Flächenunterschiede im Zahlenwert deutlicher zeigen. Oder die Kontrollgruppe dieser Arbeit war asymmetrischer als die beiden beschriebenen Gruppen von Edler et al. (2002).

VIII. Ratio Umfang stellt einen Vergleich der Umfänge beider Gesichtshälften dar und der Unterschied beider Gruppen war mit einem p-Wert von 0,015 signifikant. Der ICC lag mit 0,86 im akzeptablen Bereich. Auch diese Methode geht auf die Arbeiten von Edler

et al. (2001, 2002, 2003, 2006) zurück. Der Median lag in der hier vorliegenden Arbeit bei 1,006 für die Kontrollgruppe sowie bei 1,008 für die JIA-Gruppe. In der Publikation von Edler lag der Median für die Abweichung von 1 bei 0,0025 (1,0025) für die „normale“ Gruppe, bei 0,005 (1,005) für die „leicht asymmetrische“ Gruppe, sowie bei 0,02 (1,02) für die „chirurgische Gruppe“. Wie oben schon bezüglich des Parameters Ratio Fläche diskutiert, fällt auch hier auf, dass die Mediane der Kontrollgruppe im Vergleich zur „normalen“ und „leicht asymmetrischen“ Gruppe von Edler asymmetrischer sind (Edler et al. 2002).

IX. Ratio Kompaktheit stellt einen Vergleich der Kompaktheiten beider Gesichtshälften dar, wobei mit einem p-Wert von 0,457 keine statistische Signifikanz vorlag. Der ICC lag mit 0,9 im akzeptablen Bereich. Auch diese Methode geht auf die Arbeiten von Edler et al. (2001, 2002, 2003, 2006) zurück. Der Median lag in der hier vorliegenden Arbeit bei 1,03 für die Kontrollgruppe sowie die JIA-Gruppe. In der Publikation von Edler lag der Median für die Abweichung von 1 bei 0,0125 (1,0125) für die „normale“ Gruppe, bei 0,02 (1,02) für die „leicht asymmetrische“ Gruppe, sowie bei 0,0375 (1,0375) für die „chirurgische Gruppe“. Bezüglich des Vergleich der Kontrollgruppe mit der „normalen“ und „leicht asymmetrischen“ Gruppe von Edler gilt dasselbe wie bei Ratio Fläche und Ratio Umfang (Edler et al. 2002).

Die Ergebnisse zeigen, dass die in dieser Arbeit untersuchten an JIA erkrankten Kinder und Jugendliche asymmetrischere Gesichter aufwiesen als die der Kontrollgruppe. Die Parameter Ratio Cheilion, Ratio Alare, Ratio A und Ratio Umfang zeigten eine statistische Signifikanz mit einem p-Wert kleiner 0,05. Für den Parameter Nasenneigung war im Gruppenvergleich kein Unterschied zu erkennen. Die weiteren Parameter Abweichung der Kinnspitze, Mundneigung, Ratio Fläche und Ratio Kompaktheit wiesen im Gruppenvergleich asymmetrischere Werte für die JIA-Gruppe auf. Eine statistische Signifikanz lag jedoch nicht vor. Durch eine Vergrößerung des Patientenpools könnte sich für diese Parameter vermutlich eine statistische Signifikanz ergeben.

Die Problematik, dass die JIA des Kiefergelenks zu Beginn häufig asymptomatisch verläuft, wurde im Kapitel 2.1.3 (Diagnosemöglichkeiten der JIA mit Kiefergelenkbeteiligung) dargelegt. Eine frühzeitige Erkennung und Behandlung sind entscheidend, um gravierende Wachstumsstörungen zu vermeiden. Das Vorliegen eines über dem Durchschnitt liegenden Asymmetrie-Wertes könnte auf eine Kiefergelenkbeteiligung hinweisen und sollte Anlass für eine ausführlichere Untersuchung sein.

Es stellt sich nun die Frage, welche der in dieser Arbeit angewandten Parameter im alltags-tauglichen Screening-Verfahren genutzt werden könnten, um Gesichtsasymmetrien zu quanti-fizieren. Von den signifikanten und reliablen Parametern eignen sich Ratio Cheilion und Ratio Alare besonders gut dafür (vgl. Kapitel 3.2.2 Erklärung der Messmethode). Beide Parameter lassen sich unabhängig von der Art der Gesichtsmittellinienbestimmung nutzen, um ein en face Foto auf Asymmetrien zu untersuchen. Dieses kann sogar mit einfachen Hilfsmitteln er-folgen, wie mit einem Lineal. Eine Auswertung am Computer wäre nicht unbedingt nötig.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage, ob die in der Literatur beschriebene Gesichtsasymmetrie bei an JIA erkrankten Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe objektivierbar ist.

Es wurden retrospektiv anhand einer komplexen 2D-Fotoanalyse 68 en face Fotos der JIA-Gruppe auf Gesichtsasymmetrien untersucht. Vergleichend wurde diese Analyse an einer Kontrollgruppe (n = 67) durchgeführt.

Zur Analyse gehörten folgende Parameter:

- I. Ratio A: Verhältnis der Gesichtsbreiten auf Höhe des Kiefergelenks
- II. Abweichung der Kinns Spitze von der Gesichtsmittellinie
- III. Ratio Cheilion (Ch): Abweichung des Mundes von der Gesichtsmittellinie
- IV. Mundneigung: Abweichung der „Mundebene“ von der Gesichtshalbierenden
- V. Ratio Alare (Al): Abweichung der Nase von der Gesichtsmittellinie
- VI. Nasenneigung: Abweichung der „Nasenebene“ von der Gesichtshalbierenden
- VII. Ratio Fläche: Flächenvergleich (A) beider an die Gesichtskontur angrenzenden Areale
- VIII. Ratio Umfang: Vergleich des Umfangs (U) dieser beiden Flächen
- IX. Ratio Kompaktheit: Vergleich der Kompaktheit beider Areale ($\text{Kompaktheit} = U^2/A$)

Nach Anwenden des T-Tests für unabhängige Stichproben auf die gemessenen Asymmetriewerte ist im Vergleich der JIA-Gruppe zur Kontrollgruppe deutlich geworden, dass acht der neun Parameter hohe Werte für Asymmetrie ergaben. Davon wiesen vier Parameter eine statistische Signifikanz mit einem p-Wert kleiner 0,05 auf. Die Parameter, welche statistisch signifikant „asymmetrischere“ Werte für die JIA-Gruppe liefern, waren: **Ratio Cheilion, Ratio Alare, Ratio A und Ratio Umfang**.

Die „Test-Retest-Reliabilität“ wurde mit Hilfe des Intra-Klassen-Koeffizienten (ICC) bestimmt, indem 20 Gesichter doppelt ausgewertet wurden. Die Parameter Ratio A, Ratio Cheilion, Ratio Alare, Mundneigung, Ratio Fläche, Ratio Umfang und Ratio Kompaktheit wiesen hohe ICC-Werte auf. Die ICC-Werte der Parameter Nasenneigung sowie Abweichung der Kinns Spitze deuteten auf eine weniger gute Reliabilität hin.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Gesichtsasymmetrie ein für die JIA charakteristischer Befund ist. Neben den statistisch signifikanten Ergebnissen deuten auch weitere Parameter auf „asymmetrischere“ Werte der JIA-Gruppe hin. Durch eine Vergrößerung des Patien-

tenpools könnten vermutlich auch diesbezüglich signifikante Werte gezeigt werden. Die Parameter Ratio Cheilion und Ratio Alare weisen eine hohe statistische Signifikanz sowie Reliabilität auf, sodass sie objektivierbar eine vorliegende Gesichtsasymmetrie aufzeigen können. Diese beiden Methoden sollten zum metrischen Screening auf Gesichtsasymmetrien im kieferorthopädischen Alltag Anwendung finden.

8 Summary

This work deals with the question whether the facial asymmetry of children and adolescents suffering from juvenile idiopathic arthritis (JIA) is objectifiable compared to a control group.

The facial asymmetry of 68 en face pictures from the JIA-group has been analyzed retrospectively using a complex 2D picture analysis. This analysis has been performed comparatively on a control group (n = 67).

Following parameters were part of the analysis:

- I. Ratio A: proportion of the facial width at height of the temporomandibular joint
- II. Deviation of the chin from the facial midline
- III. Ratio cheilion (Ch): mouth deviation from the facial midline
- IV. Mouth inclination: deviation of the “mouth level“ from the facial bisector
- V. Ratio alare (Al): nose deviation from the facial midline
- VI. Nose inclination: deviation of the “nose level“ from the facial bisector
- VII. Ratio area: area comparison (A) of both zones that are bordering the facial contour
- VIII. Ratio perimeter: perimeter comparison (U) of these two areas
- IX. Ratio compactness: compactness comparison of both zones ($\text{compactness} = U^2/A$)

After using the t-test for independent samples on the measured asymmetry values comparing the JIA-group and control group it became clear that eight of nine parameters had high values of asymmetry. Four of these parameters showed a statistical significance of less than 0.05. The parameters which showed statistically more “asymmetrical“ values for the JIA-group were **ratio cheilion, ratio alare, ratio A and ratio perimeter**.

The test-retest-reliability was determined using the intraclass correlation coefficient (ICC) by analyzing 20 faces twice. The parameters ratio A, ratio cheilion, ratio alare, mouth inclination, ratio area, ratio perimeter und ratio compactness showed good ICC-values. The ICC-values of the parameters nose inclination as well as the deviation of the chin from the facial midline indicate a moderate reliability.

The results of this work show that facial asymmetry can be a characteristic finding of JIA. Next to the statistically significant values, there are further parameters that point at more “asymmetrical“ values of the JIA-group. By extending the patient pool it is probable that these values could also be significant. The parameters ratio cheilion and ratio alare indicate a high statistical significance and reliability, which shows that they can point out a present facial asymmetry. These two methods should be part of the orthodontic routine in the metrical screening of facial asymmetries.

9 Abkürzungsverzeichnis

AI	Asymmetrie Index
al	Alare
ch	Cheilion
CT	Computertomografie
en	Endokanthion
ex	Exokanthion
gb	Glabella
GH	Gesichtshalbierende
GML	Gesichtsmittellinie
gmp	Gesichtsmittelpunkt
gr	Gesichtsrand auf der GH
hn	Hautnasion
ICC	Intra-Klassen-Koeffizient
JIA	Juvenile Idiopathische Arthritis
KG	Kiefergelenk
ksk	Kinnspitze konstruiert
ksr	Kinnspitze real
li	Labiale inferior
ls	Labiale superior
m	Schnittpunkt GML und „Mundebene“
me	Menton
MRT	Magnetresonanztomografie
MSR	midsagittale Referenzlinie
n	Schnittpunkt GML und „Nasenebene“
OPG	Orthopantomogramm
oto	Otobasion inferior
p	Pupille
RF	Rheumafaktor
sn	Subnasale
sp	Schnittpunkt (Hälfte der Strecke ex-oto)
sto	Stomion
tr	Trichion

10 Literaturverzeichnis

- Abramowicz S, Cheon J-E, Kim S, Bacic J, Lee EY (2011) Magnetic resonance imaging of temporomandibular joints in children with arthritis. *J Oral Maxillofac Surg.* 69(9):2321–8.
- Aksu M, Kaya D, Kocadereli I. (2010) Reliability of reference distances used in photogrammetry. *Angle Orthod.* 80(4):670–7.
- Altug-Atac AT, Grayson BH, McCarthy JG (2008) Comparison of skeletal and soft-tissue changes following unilateral mandibular distraction osteogenesis. *Plast Reconstr Surg.* 121(5):1751–9.
- Arvidsson LZ, Fjeld MG, Smith H-J, Flatø B, Øgaard B, Larheim TA (2010) Craniofacial growth disturbance is related to temporomandibular joint abnormality in patients with juvenile idiopathic arthritis, but normal facial profile was also found at the 27-year follow-up. *Scand J Rheumatol.* 39(5):373–9.
- Assaf AT, Kahl-Nieke B, Feddersen J, Habermann CR (2013). Is high-resolution ultrasonography suitable for the detection of temporomandibular joint involvement in children with juvenile idiopathic arthritis? *Dentomaxillofac Radiol.* 42(3):20110379.
- Becker M (2003) *Gesichtsform und Attraktivität.* Diplomarbeit. Universität des Saarlandes.
- Berlin NF, Berssenbrügge P, Runte C, Wermker K, Jung S, Kleinheinz J, et al. (2014) Quantification of facial asymmetry by 2D analysis - A comparison of recent approaches. *J Craniomaxillofac Surg.* 42(3):265–71.
- Billiau AD, Hu Y, Verdonck A, Carels C, Wouters C (2007) Temporomandibular joint arthritis in juvenile idiopathic arthritis: prevalence, clinical and radiological signs, and relation to dentofacial morphology. *J Rheumatol.* 34(9):1925–33.
- Braun C, Gründl M (2001) *Beautycheck: Ursachen und Folgen von Attraktivität.* Projektabschlussbericht. Universität Regensburg.
- Carvalho RT de, Braga FSFF, Brito F, Capelli Junior J, Figueredo CM, Sztajn bok FR (2012) Temporomandibular joint alterations and their orofacial complications in patients with juvenile idiopathic arthritis. *Rev Bras Reumatol.* 52(6):907–11.
- Deleurant Y, Zimmermann A, Peltomäki T (2008) Hemimandibular elongation: treatment and long-term follow-up. *Orthodontics & Craniofacial Research.* 11(3):172–9.
- Demant S, Hermann NV, Darvann TA, Zak M, Schatz H, Larsen P, et al. (2011) 3D analysis of facial asymmetry in subjects with juvenile idiopathic arthritis. *Rheumatology (Oxford).* 50(3):586–92.
- Diedrich P (2000) *Kieferorthopädie I.* 4 ed. Urban&Fischer Verlag. 322-323.
- Edler R, Agarwal P, Wertheim D, Greenhill D (2006) The use of anthropometric proportion indices in the measurement of facial attractiveness. *Eur J Orthod.* 28(3):274–81.
- Edler R, Wertheim D, Greenhill D (2001) Clinical and computerized assessment of mandibular asymmetry. *Eur J Orthod.* 23(5):485–94.

- Edler R, Wertheim D, Greenhill D (2002) Mandibular outline assessment in three groups of orthodontic patients. *Eur J Orthod.* 24(6):605–14.
- Edler R, Wertheim D, Greenhill D (2003) Comparison of radiographic and photographic measurement of mandibular asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 123(2):167–74.
- Farkas LG. Farkas (1981) *Anthropometry of the head and face in medicine.* Elsevier. 5-152.
- Farkas LG, Bryson W, Klotz J (1980) Is photogrammetry of the face reliable? *Plast Reconstr Surg.* 66(3):346–55.
- Farkas LG, Ross RB, James JS (1977) Anthropometry of the face in lateral facial dysplasia: the bilateral form. *Cleft Palate J.* 14(1):41–51.
- Farkas LGL, Katic MJM, Forrest CRC, Alt KWK, Bagic II, Baltadjiev GG, et al. (2005) International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg.* 16(4):615–46.
- Ferrario VF, Sforza C, Miani A, Serrao G (1995) A three-dimensional evaluation of human facial asymmetry. *J Anat.* 186(1):103–10.
- Fjeld MG, Arvidsson LZ, Stabrun AE, Birkeland K, Larheim TA, Øgaard B (2009) Average craniofacial development from 6 to 35 years of age in a mixed group of patients with juvenile idiopathic arthritis. *Acta Odontol Scand.* 67(3):153–60.
- Fong JH-J, Wu H-T, Huang M-C, Chou Y-W, Chi L-Y, Fong Y, et al. (2010) Analysis of Facial Skeletal Characteristics in Patients With Chin Deviation. *J Chin Med Assoc.* 73(1):29–34.
- Franke-Gromberg CC, Schüler GG, Hermanussen MM, Scheffler CC (2009) Digital 2D-photogrammetry and direct anthropometry—a comparing study on test accomplishment and measurement data. *Anthropol Anz.* 68(1):11–20.
- George RM (2007) *Facial Geometry.* Charles C Thomas Publisher.
- Grammer K (1996) *Signale der Liebe.* dtv Verlag.
- Grammer K, Thornhill R (1994) Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness. *J Comp Psychol.* 108(3):233–42.
- Haraguchi S, Iguchi Y, Takada K (2008) Asymmetry of the Face in Orthodontic Patients. *Angle Orthod.* 78(3):421–6.
- Haraguchi S, Takada K, Yasuda Y (2002) Facial asymmetry in subjects with skeletal Class III deformity. *Angle Orthod.* 72(1):28–35.
- Hartmann J, Meyer-Marcotty P, Benz M, Häusler G, Stellzig-Eisenhauer A (2007) Reliability of a Method for Computing Facial Symmetry Plane and Degree of Asymmetry Based on 3D-data. *J Orofac Orthop.* 68(6):477–90.
- Herget C (2012) *Visuelle Gesichtswahrnehmung von unilateralen Lippen-Kiefer-Gaumenspaltpatienten und Dysgnathiepatienten mit skelettaler Klasse III im Vergleich zu einer Kontrollgruppe.* Med. Dissertation. Universität Würzburg.

- Hwang H-S, Youn I-S, Lee K-H, Lim H-J (2007) Classification of facial asymmetry by cluster analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 132(3):279–279.
- Hyrich KL, Lal SD, Foster HE, Thornton J, Adib N, Baildam E, et al. (2009) Disease activity and disability in children with juvenile idiopathic arthritis one year following presentation to paediatric rheumatology. Results from the Childhood Arthritis Prospective Study. *Rheumatology (Oxford).* 49(1):116–22.
- Ince DO, Ince A, Moore TL (2000) Effect of methotrexate on the temporomandibular joint and facial morphology in juvenile rheumatoid arthritis patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 118(1):75–83.
- Kaissi Al A, Ben Chehida F, Gharbi H, Ben Ghachem M, Grill F, Varga F, et al. (2007) Persistent torticollis, facial asymmetry, grooved tongue, and dolicho-odontoid process in connection with atlas malformation complex in three family subjects. *Eur Spine J.* 16 Suppl 3:265–70.
- Kolar JC, Munro IR, Farkas LG (1988) Patterns of dysmorphology in Crouzon syndrome: an anthropometric study. *Cleft Palate J.* 25(3):235–44.
- Larheim TA, Haanaes HR (1981) Micrognathia, temporomandibular joint changes and dental occlusion in juvenile rheumatoid arthritis of adolescents and adults. *Scand J Dent Res.* 89(4):329–38
- Larheim TA, Høyeraal HM, Stabrun AE, Haanaes HR (1982) The temporomandibular joint in juvenile rheumatoid arthritis. Radiographic changes related to clinical and laboratory parameters in 100 children. *Scand J Rheumatol.* 11(1):5–12.
- Legović M, Papa D, Marić M, Legović A (2001) Estimating facial asymmetries in individuals with malocclusion and normocclusion. *Minerva Stomatol.* 50(6):193–9.
- Little AC, Jones BC, Waitt C, Tiddeman BP, Feinberg DR, Perrett DI, et al. (2008) Symmetry Is Related to Sexual Dimorphism in Faces: Data Across Culture and Species. *PLoS ONE.* 3(5):e2106.
- Liukkonen M, Sillanmäki L, Peltomäki T (2005) Mandibular asymmetry in healthy children. *Acta Odontol Scand.* 63(3):168–72.
- Manners PJ, Bower C (2002) Worldwide prevalence of juvenile arthritis why does it vary so much? *J Rheumatol.* 29(7):1520–30.
- Mills L (1925) Eyedness and Handedness - ScienceDirect. *Am J Ophthalmol.* 8(12):933-941.
- Minden K, Frosch M, Roth J, Holzinger D, Ganser G, Dannecker G, et al. (2014) Juvenile idiopathische Arthritis. *Pädiatrische Rheumatologie.* 2. Ausgabe. Springer Berlin Heidelberg, 169–281.
- Moss ML (1997) The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 112(1):8-11.
- Muller L, Kellenberger CJ, Cannizzaro E, Ettlin D, Schraner T, Bolt IB, et al. (2009) Early diagnosis of temporomandibular joint involvement in juvenile idiopathic arthritis: a pilot study comparing clinical examination and ultrasound to magnetic resonance imaging.

- Rheumatology (Oxford). 48(6):680–5.
- Nakamura T, Okamoto K, Maruyama T (2001) Facial asymmetry in patients with cervicobrachial pain and headache. *J Oral Rehabil.* 28(11):1009–14.
- Nordal E, Zak M, Aalto K, Berntson L, Fasth A, Herlin T, et al. (2011) Ongoing disease activity and changing categories in a long-term nordic cohort study of juvenile idiopathic arthritis. *Arthritis Rheum.* 63(9):2809–18.
- Nötzel F, Schultz C (2009) Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Deutscher Ärzteverlag, 1–12.
- Oen K, Duffy CM, Tse SML, Ramsey S, Ellsworth J, Chédeville G, et al. (2010) Early outcomes and improvement of patients with juvenile idiopathic arthritis enrolled in a Canadian multicenter inception cohort. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 62(4):527–36.
- Papagrigorakis MJ, Karamolegou M, Vilos G, Apostolidis C, Karamesinis K, Synodinos PN (2011) Auriculo-condylar syndrome. *Angle Orthod.* 82(3):556–64.
- Pedersen TK, Jensen JJ, Melsen B, Herlin T (2001) Resorption of the temporomandibular condylar bone according to subtypes of juvenile chronic arthritis. *J Rheumatol.* 28(9):2109–15.
- Petty RE, Southwood TR, Manners P, Baum J, Glass DN, Goldenberg J, et al. (2004) International League of Associations for Rheumatology classification of juvenile idiopathic arthritis: second revision. *J Rheumatol.* 31(2):390–2.
- Piancino MG, Cannavale R, Dalmaso P, Tonni I, Filipello F, Perillo L, et al. (2015) Condylar asymmetry in patients with juvenile idiopathic arthritis: Could it be a sign of a possible temporomandibular joints involvement? *Semin Arthritis Rheum.* 45(2):208–213.
- Pirttiniemi P, Peltomäki T, Müller L, Luder HU (2009) Abnormal mandibular growth and the condylar cartilage. *Eur J Orthod.* 31(1):1–11.
- Preedy VR (2012) *Handbook of Anthropometry.* Springer Verlag.
- Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, Prahl-Andersen B (1995) Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry. *Angle Orthod.* 65(3):233–9.
- Rhodes G (2006) The evolutionary psychology of facial beauty. *Annu Rev Psychol.* 57:199–226.
- Ringold S, Cron RQ (2009) The temporomandibular joint in juvenile idiopathic arthritis: frequently used and frequently arthritic. *Pediatr Rheumatol Online J.* 7:11.
- Ringold S, Thapa M, Shaw EA, Wallace CA (2011) Heterotopic ossification of the temporomandibular joint in juvenile idiopathic arthritis. *J Rheumatol.* 38(7):1423–8.
- Scheib JE, Gangestad SW, Thornhill R (1999) Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes. *Proc Biol Sci.* 266(1431):1913–7.
- Schwarz R (1925) New cephalometric method and apparatus and its application to orthodontia. *International Journal of Orthodontia.* 11(11):989–1017.

- Severt TR, Proffit WR (1997) The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 12(3):171–6.
- Shah SM, Joshi MR (1978) An Assessment of Asymmetry in the Normal Craniofacial Complex. *Angle Orthod.* 48(2):141–8.
- Song W-C, Koh K-S, Kim S-H, Hu K-S, Kim H-J, Park J-C, et al. (2007) Horizontal Angular Asymmetry of the Face in Korean Young Adults With Reference to the Eye and Mouth. *J Oral Maxillofac Surg.* 65(11):2164–8.
- Stabrun AE, Larheim TA, Høyeraal HM, Rösler M (1988) Reduced mandibular dimensions and asymmetry in juvenile rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.* 31(5):602–11.
- Stabrun AE, Larheim TA, Høyeraal HM (1989) Temporomandibular joint involvement in juvenile rheumatoid arthritis. Clinical diagnostic criteria. *Scand J Rheumatol.* 18(4):197–204.
- Still GF (1990) On a form of chronic joint disease in children. 1896. *Clin Orthop Relat Res.* (259):4–10.
- Sutton PRN (2004) Lateral Facial Asymmetry - Methods of Assessment. 1–11.
- Thompson JR (1943) Asymmetry of the Face. *J Am Dent Assoc.* 30:1859.
- Thornhill R, Gangestad S (1999) Facial attractiveness. *Trends Cogn Sci (Regul Ed).* 3(12):452–60.
- Tolleson SR, Kau CH, Lee RP, English JD, Harila V, Pirttiniemi P, et al. (2010) 3-D analysis of facial asymmetry in children with hip dysplasia. *Angle Orthod.* 80(4):519–24.
- Trpkova B, Prasad NG, Lam EWN, Raboud D, Glover KE, Major PW (2003) Assessment of facial asymmetries from posteroanterior cephalograms: validity of reference lines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 123(5):512–20.
- Tzaribachev N, Weber D, Horger M (2010) Juvenile idiopathic arthritis: the silent killer of pediatric temporomandibular joints. *Z Rheumatol.* 69(2):124–9.
- Watson PJ, Thornhill R. Fluctuating asymmetry and sexual selection. (1994) *Trends Ecol Evol (Amst).* 9(1):21–5.
- Weiss PF, Arabshahi B, Johnson A, Bilaniuk LT, Zarnow D, Cahill AM, et al. (2008) High prevalence of temporomandibular joint arthritis at disease onset in children with juvenile idiopathic arthritis, as detected by magnetic resonance imaging but not by ultrasound. *Arthritis Rheum.* 58(4):1189–96.
- Yamashita Y, Nakamura Y, Shimada T, Nomura Y, Hirashita A (2009) Asymmetry of the lips of orthognathic surgery patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop. American Association of Orthodontists;* 136(4):559–63.
- Yu C-C, Bergeron L, Lin C-H, Chu Y-M, Chen Y-R (2009) Single-splint technique in orthognathic surgery: intraoperative checkpoints to control facial symmetry. *Plast Reconstr Surg.* 124(3):879–86.

11 Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meiner Doktormutter Frau Prof. Kahl-Nieke für die Überlassung des Themas und ihre Unterstützung durch wertvolle Ratschläge, Hinweise und Kritiken.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Pinnschmidt (Biometrie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf), der mich in der Phase der statistischen Auswertung der Ergebnisse immer wieder beraten hat.

Für das Korrekturlesen danke ich meiner Schwägerin Agnes und meinen Freundinnen Claudia und Iris.

Ich möchte an dieser Stelle auch meiner Mutter Eva danken, die seit der Geburt unseres Sohnes Lennard durch ihre liebevolle Unterstützung dazu beigetragen hat, dass ich diese Arbeit zu Ende bringen konnte.

Mein besonderer Dank gilt meinem Mann Ralf, der stets ein offenes Ohr hatte und durch konstruktive Diskussionen maßgeblich zum Fortschritt dieser Arbeit beigetragen hat.

Auch meinem Schwager Thomas möchte ich für die inspirierenden Gespräche in der Anfangszeit danken, durch die ich die in dieser Arbeit zur Anwendung kommende Messmethode entwickeln konnte.

12 Lebenslauf

„Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt“.

13 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt, oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: