

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
(Direktor: Professor Dr. H. Fischer-Brandies)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Analyse kraniofazialer Anomalien bei Patienten
mit gesicherter juveniler idiopathischer Arthritis
mittels VECTRA® 3D Imaging System**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

vorgelegt von
Wencke Kristin Riggert

aus
Uelzen
2016

-
1. Berichterstatter: Prof. Dr. Helge Fischer-Brandies, Klinik für Kieferorthopädie
 2. Berichterstatter: Prof. Dr. Birte Größner-Schreiber, Klinik für Zahnerhaltungskunde
und Parodontologie

Tag der mündlichen Prüfung: 30.08.2017

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 26.06.2017

gez.: Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang
(Vorsitzender der Prüfungskommission)

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG.....	1
1.1	Juvenile idiopathische Arthritis	1
1.1.1	Differentialdiagnose und Epidemiologie	1
1.1.2	Klassifikation	2
1.1.3	Anatomie des Kiefergelenks.....	5
1.1.4	Wachstum des Kiefergelenks.....	7
1.1.5	Symptome der JIA.....	9
1.2	Ziel	10
2.	PATIENTEN UND METHODEN.....	11
2.1	Methoden	11
2.1.1	Messsystem VECTRA® 3D Imaging System	11
2.1.2	Aufnahmemethode	13
2.1.3	Messpunkte, Distanzen und Winkel.....	14
2.3	Statistische Auswertung.....	19
3.	ERGEBNISSE.....	21
3.1	Ergebnisse der dreidimensionalen Weichteilanalyse des Gesichts von Distanzen und Winkeln.....	21
3.2	Prozentuale Verteilung der JIA- Patienten mit pathologischer Asymmetrie.....	22
3.3	Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von Distanzen im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte	24
3.3.1	Frontal gemessene Distanzen	24
3.3.2	Lateral gemessene Distanzen	24
3.3.3	Direkt gemessene Distanzen	25
3.4	Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von gemessenen Winkeln im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte	26
3.5	Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von gemessenen Distanzen und Winkel im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte nach Geschlecht	27
3.6	Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von direkt, frontal und lateral gemessenen Distanzen im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte im Vergleich zueinander	29

4.	DISKUSSION	32
4.1	Einführung	32
4.2	Studien zu Asymmetrien.....	32
4.3	Methoden- und Ergebniskritik.....	35
4.3.1	Patientenauswahl	35
4.3.2	Dreidimensionale Aufnahmen und Weichgewebsanalyse.....	35
4.3.3	Reproduzierbarkeit der Messpunkte.....	36
4.4	Weichgewebsasymmetrie.....	37
4.4.1	Vergleichbarkeit zwischen Studien.....	38
4.4.2	Asymmetrisch auffällige Distanzen des Weichgewebes im kraniofazialen Bereich	39
4.4.3	Vergleich mit den Ergebnissen von Demant et al. 2011	42
4.4.4	Asymmetrisch auffällige Winkel.....	44
4.4.5	Geschlechterspezifischen Analyse.....	44
4.4.6	Asymmetrien der Gesichtshälften	45
4.4.7	Asymmetrien von Gesichtsregionen	45
4.5	Kraniofaziale Anomalien.....	46
4.5.1	Vergleich mit Syndrom-Patienten	46
4.5.2	Vergleich mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten	46
4.6	Wiederherstellung der Alteration	47
4.7	Vergleichbarkeit von zwei- zu dreidimensionalen Aufnahmen	48
4.7.1	Vorteile von dreidimensionaler Auswertung.....	48
4.7.2	Prozentuale Verteilung von erhöhter Asymmetrie bei JIA- Patienten	49
4.7.3	Vergleichbarkeit von zwei- zu dreidimensionaler Analyse	50
4.8	Klinische Relevanz	50
5.	ZUSAMMENFASSUNG	52
6.	LITERATURVERZEICHNIS	55
7.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	63
8.	TABELLENVERZEICHNIS	65
9.	ANHANG.....	68
10.	VERÖFFENTLICHUNG	81

INHALTSVERZEICHNIS

11.	DANKSAGUNG	82
12.	LEBENS LAUF	83

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

JIA	juvenile idiopathische Arthritis
TMJ	<i>temporomandibular joints</i>
JRA	juvenile rheumatoide Arthritis
JCA	juvenile chronische Arthritis
N	Hautnasion
Sn	Subnasale
Sto	Stomion
Pog	Pogonion
Me	Menton
Tra	Tragion
Go	Kieferwinkel
R.L.	Verhältnis der Differenzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte
f	von <i>frontal</i> gemessen
l	von <i>lateral</i> gemessen
d	von <i>direkt</i> gemessen
MW	Mittelwert
SD	Standardabweichung
Go-Me	Distanz Kieferwinkel- Menton
Go-N	Distanz Kieferwinkel- Hautnasion
Go-Pog	Distanz Kieferwinkel- Pogonion
Go-Sn	Distanz Kieferwinkel- Subnasale
Go-Sto	Distanz Kieferwinkel- Stomion
Tra-Go	Distanz Tragion- Kieferwinkel
Tra-Me	Distanz Tragion- Menton
Tra-N	Distanz Tragion- Hautnasion
Tra-Pog	Distanz Tragion- Pogonion
Tra-Sn	Distanz Tragion- Subnasale
Tra-Sto –f	Distanz Tragion- Stomion von <i>frontal</i> gemessen
Tra-Sto –d	Distanz Tragion- Stomion von <i>direkt</i> gemessen
Tra-Sn –l	Distanz Tragion- Subnasale von <i>lateral</i> gemessen
Tra-Sn –f	Distanz Tragion- Subnasale von <i>frontal</i> gemessen
Tra-Sn –d	Distanz Tragion- Subnasale von <i>distal</i> gemessen

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Tra-Pog –l	Distanz Tragion- Pogonion von <i>lateral</i> gemessen
Tra-Pog –f	Distanz Tragion- Pogonion von <i>frontal</i> gemessen
Tra-Pog –d	Distanz Tragion- Pogonion von <i>direkt</i> gemessen
Tra-N –l	Distanz Tragion- Hautnasion von <i>lateral</i> gemessen
Tra-N –f	Distanz Tragion- Hautnasion von <i>frontal</i> gemessen
Tra-N –d	Distanz Tragion- Hautnasion von <i>direkt</i> gemessen
Tra-Me –l	Distanz Tragion- Menton von <i>lateral</i> gemessen
Tra-Me –f	Distanz Tragion- Menton von <i>frontal</i> gemessen
Tra-Me –d	Distanz Tragion- Menton von <i>direkt</i> gemessen
Tra-Go –l	Distanz Tragion- Kieferwinkel von <i>lateral</i> gemessen
Tra-Go –f	Distanz Tragion- Kieferwinkel von <i>frontal</i> gemessen
Tra-Go –d	Distanz Tragion- Kieferwinkel von <i>direkt</i> gemessen
Go-Sto –l	Distanz Kieferwinkel- Stomion von <i>lateral</i> gemessen
Go-Sto –f	Distanz Kieferwinkel- Stomion von <i>frontal</i> gemessen
Go-Sto –d	Distanz Kieferwinkel- Stomion von <i>direkt</i> gemessen
Go-Sn –l	Distanz Kieferwinkel- Subnasale von <i>lateral</i> gemessen
Go-Sn –f	Distanz Kieferwinkel- Subnasale von <i>frontal</i> gemessen
Go-Sn –d	Distanz Kieferwinkel- Subnasale von <i>direkt</i> gemessen
Go-Pog –l	Distanz Kieferwinkel- Pogonion von <i>lateral</i> gemessen
Go-Pog –f	Distanz Kieferwinkel- Pogonion von <i>frontal</i> gemessen
Go-Pog –d	Distanz Kieferwinkel- Pogonion von <i>direkt</i> gemessen
Go-N –f	Distanz Kieferwinkel- Hautnasion von <i>frontal</i> gemessen
Go-N –d	Distanz Kieferwinkel- Hautnasion von <i>direkt</i> gemessen
Go-Me –l	Distanz Kieferwinkel- Menton von <i>lateral</i> gemessen
Go-Me –f	Distanz Kieferwinkel- Menton von <i>frontal</i> gemessen
Go-Me –d	Distanz Kieferwinkel- Menton von <i>direkt</i> gemessen
Sn-Pog –f	Distanz Subnasale- Pogonion von <i>frontal</i> gemessen
Sn-Pog –d	Distanz Subnasale- Pogonion von <i>direkt</i> gemessen
Sn-Me –f	Distanz Subnasale- Menton von <i>frontal</i> gemessen
Sn-Me –d	Distanz Subnasale- Menton von <i>direkt</i> gemessen
N-Sto –f	Distanz Hautnasion- Stomion von <i>frontal</i> gemessen
N-Sn –f	Distanz Hautnasion- Subnasale von <i>frontal</i> gemessen
N-Sn –d	Distanz Hautnasion- Subnasale von <i>direkt</i> gemessen
N-Pog –f	Distanz Hautnasion- Pogonion von <i>frontal</i> gemessen

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

N-Pog –d	Distanz Hautnasion- Pogonion von <i>direkt</i> gemessen
N-Me –f	Distanz Hautnasion- Menton von <i>frontal</i> gemessen
N-Me –d	Distanz Hautnasion- Menton von <i>direkt</i> gemessen
N-Me-Go	Winkel Hautnasion- Menton- Kieferwinkel
N-Pog-Go	Winkel Hautnasion- Pogonion- Kieferwinkel
Sn-Me-Go	Winkel Subnasale- Menton- Kieferwinkel
Sn-Pog-Go	Winkel Subnasale- Pogonion- Kieferwinkel
Tra-Go-Me	Winkel Tragion- Kieferwinkel- Menton
Tra-Go-Pog	Winkel Tragion- Kieferwinkel- Pogonion

1. EINLEITUNG

Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde ist die Lehre von Prophylaxe, Diagnostik und Therapie von Erkrankungen der Zähne, des Mundes und der Kiefer (Lehmann, Hellwig, & Wenz, 2012). Das Lehrgebiet der Kieferorthopädie umfasst die Erkennung, Verhütung und Behandlung von Dysgnathien und beinhaltet alle morphologischen und funktionellen Abwegigkeiten im Bereich des orofazialen Systems (Kahl-Nieke, 2010). Dazu gehören neben Orthodontie, Funktionskieferorthopädie und Orthopädie auch die Behandlung und Therapie von Erkrankungen, die das orofaziale System beeinflussen. Die primäre kausale Therapie der juvenilen idiopathischen Arthritis obliegt der Kinderrheumatologie. Im Hinblick auf eine mögliche Kiefergelenkbeteiligung ist die interdisziplinäre Einbindung und Unterstützung durch die Kieferorthopädie sinnvoll.

1.1 Juvenile idiopathische Arthritis

Juvenile idiopathische Arthritis (JIA) ist eine häufige autoimmune Erkrankung im Kindesalter. Es handelt sich um entzündliche Erkrankungen der kindlichen Gelenke und weiterer Organe. Definiert wird JIA als eine mindestens 6 Wochen bestehende Arthritis bei Patienten vor Vollendung des 16. Lebensjahres. Der Erkrankungsgipfel liegt zwischen dem 2. und 4. Lebensjahr. Oft beginnt die Erkrankung sehr schleichend; bis zur Diagnose können Monate bis Jahre vergehen (Twilt, Schulten, Nicolaas, Dulger, & van Suijlekom-Smit, 2006).

1.1.1 Differentialdiagnose und Epidemiologie

Bei der Diagnose von JIA müssen unter anderem Kollagenose, Borreliose, Malignome, Osteomyelitis, infektiös bedingte Synovitis (viral, bakteriell, septisch und postinfektiös-reaktiv) und Arthropathie im Sinne eines Immundefekts, einer Leukämie oder einer Gerinnungsstörung als Ursache ausgeschlossen werden. Es handelt sich ausschließlich um eine Ausschlussdiagnose (Villinger & Seitz, 2006).

Obwohl JIA eine relativ seltene Erkrankung ist, tritt sie häufiger auf als der Allgemeinbevölkerung und vor allem den Ärzten bewusst ist. Ihre Prävalenz wird von Manners et al. (Manners & Bower, 2002) mit etwa 2 von 1000 Kindern beschrieben, die Inzidenz mit etwa 1 von 10.000 Kindern pro Jahr. Dies ist in etwa vergleichbar mit der Häufigkeit von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (Gundlach & Maus, 2006).

Unabhängig von den Untergruppen der JIA sind die TMJ („*temporomandibular joints*“) häufig betroffene Gelenke. Die Prävalenzen variieren zwischen 17-87% basierend auf unterschiedliche Auswahlkriterien, Untersuchungszeitpunkten, diagnostischen Methoden sowie bildgebende versus klinische Diagnostik (Larheim et al.; Twilt, van der Giesen, Moberg, ten Cate, & van Suijlekom-Smit, 2003; Weiss et al., 2008)

1.1.2 Klassifikation

Generell ist es möglich nach 6-monatigem Verlauf der Erkrankung eine genauere Einteilung der JIA-Rheumaformen vorzunehmen.

Die Bemühungen für eine Nomenklatur dieser Untergruppen haben zu drei verschiedenen Namen geführt:

- juvenile rheumatoide Arthritis (JRA) vom American College of Rheumatology (Brewer et al., 1977)
- juvenile idiopathische Arthritis (JIA) von der International League against Rheumatism (Petty, 1998)
- juvenile chronische Arthritis (JCA) von der European League against Rheumatism (EULAR) und der WHO (Aletaha et al., 2010)

Die ILAR-Definition dient häufig als Grundlage klinischer Studien und Dokumentationen, sodass auch von dieser Definition auszugehen ist (Hettenkofer, 2003).

Anhand des Verlaufs und der Anzahl befallender Gelenke lässt sich JIA in 7 Untergruppen aufteilen:

- juvenile idiopathische Arthritis, systemische Form
- juvenile idiopathische Arthritis, oligoartikuläre Form: maximal vier Gelenke innerhalb der ersten sechs Krankheitsmonate sind getroffen
- juvenile idiopathische Arthritis, polyartikuläre, rheumafaktornegative Form
- juvenile idiopathische Arthritis, polyartikuläre, rheumafaktorpositive Form
- juvenile idiopathische Arthritis mit Enthesitis
- juvenile Psoriasisarthritis
- nicht-klassifizierbare Form

Die systemische Verlaufsform, oft auch „Still-Syndrom“ genannt, weist Fieberschübe über mindestens zwei Wochen auf, die mehrere Tage überweilen können.

Nachmittags oder abends kommt es häufig zum Schüttelfrost mit schwerem Krankheitsgefühl, das nachts verschwinden kann. Die systemische Verlaufsform tritt mit oder gefolgt von einer Mono- oder Polyarthrit auf und kommt zusätzlich mit einem oder mehreren der folgenden Symptome vor: flächiges, lachsfarbenes Exanthem; generalisierte Polylymphadenopathie; Hepato- oder Splenomegalie und/oder Serositis. Zudem finden sich deutliche Entzündungszeichen wie Anämie, Thrombozytose, Granulozytose, erhöhtes CRP und Senkungsbeschleunigungen. Problematisch kann die kardiale Beteiligung im Sinne einer Perimyokarditis sein.

Bei Patienten mit oligoartikulärem Gelenkbefall können verschiedene Symptome auftreten. Bei ungefähr der Hälfte dieser Patienten lassen die Krankheitssymptome nach einer Entzündungsphase von mehreren Monaten nach. Ein Rezidiv ist schubartig möglich. Bei der anderen Hälfte dieser Patienten hält der persistierende Gelenkbefall oft bis weit ins Erwachsenenalter vor.

Kommt es zu einem ausgedehnten polyartikulären Verlauf der Gelenksymptomatik in den ersten sechs Monaten, ist mit einem chronisch-destruierenden Verlauf zu rechnen, der prognostisch ungünstig ist.

Die häufigste Form der juvenilen idiopathischen Arthritis ist die oligoartikuläre Form. Bei ihr tritt die Arthritis im ersten halben Jahr bei maximal vier Gelenken auf. Bleibt es nach 6 Monaten bei 1 bis 4 befallenen Gelenken, bezeichnet man die Oligoarthrit als „persistent“, kommen mehr Gelenke dazu, spricht man von der „extended“ Form. Das erste Auftreten findet im ersten bis fünften Lebensjahr statt und Mädchen sind 2- bis 4-mal häufiger betroffen als Jungen. Die Befunde der Erstmanifestation sind asymmetrische Gelenkschwellungen großer Gelenke wie zum Beispiel Knie, Sprunggelenke und Ellenbogen. Allgemeine Krankheitszeichen sind gering oder fehlen und Schmerzen werden oft nicht angegeben. Die Arthritis kann nach einigen Jahren in Remission kommen oder schubweise verlaufen. Auftretende Spätfolgen sind potenziell reversible Muskelatrophien, irreversible knöcherne Deformationen infolge von Wachstumsstörungen, Wachstumsstimulation aufgrund der Entzündung oder vorzeitiger Epiphysenverschluss. Vor, während oder nach Auftreten der Gelenksymptomatik kann es zu einer chronischen Iridozyklitis eines oder beider Augen kommen, welches eine regelmäßige Augenkontrolle von Entzündung der Iris und Ziliarkörper zur Folge hat.

Bei der seronegativen Polyarthrit sind in den ersten sechs Monaten der Erkrankung mindestens fünf Gelenke befallen und der Rheumafaktor ist negativ. Die Krankheit

liegt bei 20-30% der Rheumatiker-Patienten vor, davon sind 70-75% Mädchen. Der Gipfel des Krankheitsausbruchs liegt zwischen dem 2. und 4. Lebensjahr, kann aber während der gesamten Kindheit ausbrechen. Die Symptome sind vielseitig. Bei einigen dieser JIA-Patienten kommt es zu schmerzhaften und schleichenden Synovitiden. Möglich sind auch leichte Adenopathien, Hepatosplenomegalie sowie erhöhte Temperatur und Müdigkeit. Antinukleare Antikörper sind in 40% der Fälle (ANA-Positivität) vorhanden. Andere Patienten leiden eher unter Steifigkeit und wachsender Bewegungseinschränkung. Auch nach fünf bis zehn Jahren Behandlungsdauer können irreversible Bewegungseinschränkungen der Gelenke und eine Fehlstellung sowie Versteifung der Halswirbelsäule auftreten.

Bei der polyartikulären rheumafaktor-positiven Form der juvenilen idiopathischen Arthritis sind ebenfalls 5 oder mehr Gelenke innerhalb ersten 6 Wochen der Erkrankung betroffen. Der Unterschied besteht in der Positivität des Rheumafaktors bei 2 Untersuchungen im Abstand von mindestens 3 Monaten und macht etwa 5% der JIA aus, davon sind 80-90% Mädchen betroffen. Der Gelenkbefall beginnt erst in der späten Kindheit oder Erwachsenenalter. Typisch sind unter der Haut liegende Rheumaknoten und die Arthritis der Halswirbelsäule, Kiefergelenke und Extremitäten. Bei diesem Subtyp der JIA dauert die Krankheit über viele Jahre an und weist einen chronisch-destruktiven Verlauf auf. Unspezifische Entzündungen und ANA-Positivität können vorliegen.

Unter Arthritis mit Enthesitis leiden 10-15% der erkrankten Kinder. Es treten Arthritis und Entzündungen im Bereich der Sehnenansatzpunkte gemeinsam auf. Wenn nur eines dieser Symptome diagnostiziert wird, dann werden zwei oder mehrere der folgenden Kriterien gefordert: Arthritis des Iliosakralgelenks, HLA-B27-positiv und/oder HLA-B27-assoziierte Erkrankungen bei Verwandten 1. oder 2. Grades, Beginn der Arthritis bei einem Jungen über 8 Jahren sowie anteriore Uveitis mit akuten Symptomen. Die Familienanamnese ist ein Einschlusskriterium. Typisch ist eine asymmetrische Oligoarthritis der unteren Extremitäten. Bei bis zu 50% der Patienten kommt es zu einer andauernden Remission, die jedoch bei Adoleszenten wieder aufflammen kann.

Der Subtyp der juvenilen Psoriasis beschreibt die Kinder, die Arthritis mit Psoriasis oder solche mit Arthritis und mindestens 2 der Merkmale wie Daktylitis, Nagelauffälligkeiten und familiäre Psoriasisbelastung haben. Der Verlauf kann oligo- oder polyartikulär sein. Nach Remission sind späte Rezidive möglich.

Der Subtyp der nicht-klassifizierten Form steht für Arthritiden, die sich nicht in die bisherigen Kategorien zuordnen lassen oder zu mehreren Untergruppen passen können (Hettenkofer, 2003; Villinger & Seitz, 2006).

Generell weisen bis zu 50% der Erkrankungen einen asymptomatischen Verlauf auf und können erst durch die Anwendung bildgebender Verfahren, vor allem durch die MRT-Diagnostik sicher diagnostiziert werden (Kuseler, Pedersen, Herlin, & Gelineck, 1998; Müller et al., 2009). Eine langfristige Manifestation von JIA in den TMJ ist häufig. Meistens liegt eine bilaterale Beteiligung mit einer flach deformierten Kondyle, einer großen flachen Fossa, einem dünnen perforierten Diskus in normaler Position oder einem fehlenden Diskus, Osteoarthritis und einer leichten Synovitis (Arvidsson, Smith, Flato, & Larheim, 2010).

1.1.3 Anatomie des Kiefergelenks

Das Kiefergelenk, auch *Articulatio temporomandibularis* und im englischen *temporomandibular joint (TMJ)* genannt, wird in Abbildung 1 dargestellt.

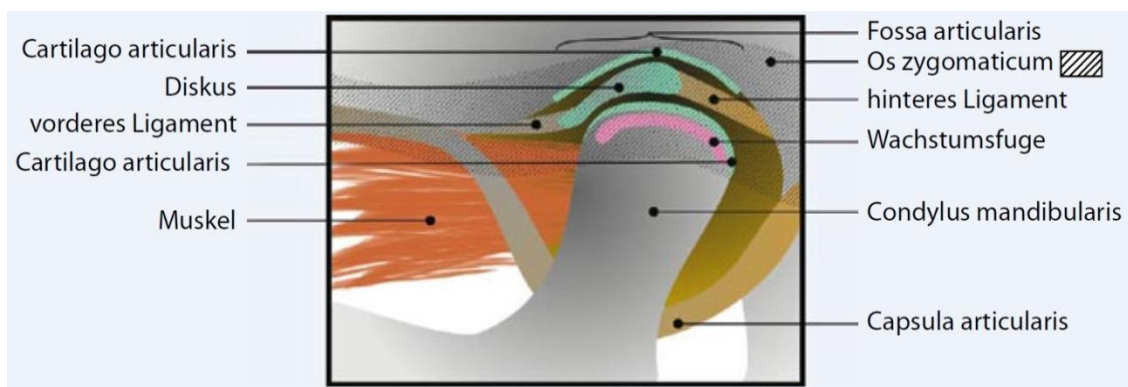


Abbildung 1. Darstellung des Kiefergelenks (Tzaribachev, Weber, & Horgler, 2010), mit Fossa articularis, Diskus articularis, Cartilago articularis, Ligamenti, Capsula articularis und Condylus articularis. Wichtig ist hier die subchondrale Wachstumsfuge und dass das Kiefergelenk teilweise hinter dem Os zygomaticum liegt und somit für die Palpation unzugänglich ist.

Die Kiefergelenke liegen symmetrisch vor dem Meatus acusticus externus und hinter der Wurzel des Arcus zygomaticus. Sie bestehen jeweils aus den Anteilen des Os temporale- der Fossa mandibularis und dem Tuberculum articulare- dem Kondylus, dem Diskus articularis, einer Gelenkkapsel und mehreren Ligamenti. Beim *Articulatio temporomandibularis* spricht man auch von einem Spaltgelenk oder Synovialgelenk.

Es wird als Diarthrose bezeichnet, die generell beschreibt, dass durch einen Spalt voneinander getrennte knorpelbedeckte Gelenkflächen vorhanden sind. Durch eine Kapsel, die mit Synovialflüssigkeit gefüllt ist und neben Schmierfunktion die Ernährungs- und Reinigungsfunktionen übernimmt, werden die Gelenke von der Umgebung abgetrennt (Strub, Türp, Witkowski, Hürzeler, & Kern, 2005).

Die Fossa mandibularis bildet die sogenannte Gelenkgrube, die kaudal von der Pars squamosa des Os temporale liegt. In dorsaler lateraler Richtung liegt der Processus postglenoidale (DuBrul, 1988). Das von kaudal betrachtete Schläfenbein zeigt medial des dorsalen Bereiches des Gelenkgrube die Fissura petrosquamosa, lateral die Fissura tympanosquamosa und die Fissura petrotympanica, die parallel in dorsaler Richtung zu Fissura petrosquamosa verläuft. Die Gelenkgrube wird durch diese Fissuren in einen anterioren und einen posterioren Bereich untergliedert. Die Gelenkfläche, auch Facies articularis genannt, bildet den anterioren Teil bis hin zum Tuberculum articulare und ist der Bereich für den Processus condylaris vorgesehen. Der posteriore Bereich besteht aus lockerem Bindegewebe, Fett, Nerven und Venen. Er ist Bestandteil des sogenannten retroartikulären Polsters für das Weichgewebe (Dauber, 1987).

Durch das Caput mandibulae, Kondylus und Kieferköpfchen, des Processus condylaris wird der Gelenkkopf gebildet.

Der Diskus articularis, die Gelenkzwischenscheibe, trennt die Kiefergelenkanteile des Os temporale und des Unterkiefers in zwei vollständig voneinander getrennte Gelenkkammern. Kranial des Diskus articularis liegt die diskotemporale und kaudal befindet sich die diskomandibuläre Gelenkkammer. Die Kammer ist mit Synovialflüssigkeit gefüllt. Das Kiefergelenk wird als Doppelgelenk bezeichnet, da die Rotationsbewegung des Kondylus gegenüber dem Diskus im diskomandibulären Scharniergelenk und die Translationsbewegung des Kondylus-Diskus-Komplexes in der diskotemporalen Gelenkkammer gegenüber dem Tuberculum articulare stattfindet.

Der Diskus articularis wird in einen anterioren avaskulären, kollagenfaserreichen und einen posterioren vaskularisierten Teil eingeteilt. Beim anterioren Teil unterscheidet man ein anteriores Band, das etwa 2 mm dick ist, eine dünne intermediäre Zone, die in knapp 1 mm nur dick ist und ein posteriores Band, welches fast 3 mm dick ist. Insgesamt hat der Diskus articularis eine bikonkave Form. Der hintere Teil ist stark vaskularisiert und innerviert. In dorsaler Richtung entsteht eine bilaminäre Zone aus

zwei Blättern. Die Lamina superior enthält elastische Fasern und inseriert in die Fissura petrosquamosa und Fissura tympanosquamosa. Die Lamina inferior ist kollagenfaserreich und fest am Collum mandibulae befestigt. Zwischen der Lamina superior und inferior befindet sich das retroartikuläre Polster. Anterior grenzt der Diskus articularis mit der Kiefergelenkkapsel an einen Teil des M. pterygoideus lateralis. Über Diskusligamente ist der Diskus medial und lateral an die medialen und lateralen Seiten des Kondylus befestigt.

Das Gelenk wird von einer Gelenkkapsel, der Capsula articularis, umgeben, die Blutgefäßen und Nervenfasern enthält. Die Capsula articularis ist am Übergang des Caput zum Collum mandibulae und am Pars squamosa des Os temporale befestigt. Sie ist mit einer Synovialmembran von innen ausgekleidet und mit Synovialflüssigkeit gefüllt. Zur seitlichen Verstärkung zieht das starke Ligamentum laterale vom seitlichen Bereich des Tuberculum articulare in kaudaler und dorsaler Richtung zur lateralen Seite des Collum mandibulae. Das schwächere Ligamentum mediale befindet sich im medialen Bereich der Kapselwand. Bei kleiner Kieferöffnung, nur Rotationsbewegung, werden die Ligamenti gespannt, bei großer Kieferöffnung, mit zusätzlicher Translation des Kondylus, werden die Bänder entspannt (Strub et al., 2005).

1.1.4 Wachstum des Kiefergelenks

Ausgehend vom pränatalen Wachstum ist der Unterkiefer von sehr kurzen, aber breiten Rami, rudimentär ausgebildeten Processus condylares und einem offenen Kieferwinkel mit einem am kaudalen Rand verlaufenden Mandibularkanal geprägt. Im Vergleich zum Erwachsenen beträgt der Winkel statt 126° etwa 140° . Die rechte und linke Knochenspange verbindet eine suturenähnliche Synchondrose. Sie führt zur intrauterinen Kieferverbreiterung. Die transversale Entwicklung ist im Vergleich zur sagittalen doppelt so schnell. Der wöchentliche Zuwachs weist bei der transversalen 0,7 mm im Vergleich zu 0,35 mm bei der sagittalen auf. Dies führt zu einer generellen Formveränderung. Die Strukturierung des Unterkiefers besteht aus einer Unterkieferschneidekante, die der Oberkieferschneideplatte gegenüber liegt und deren abgerundete Form durch eine spätere spitze Form abgelöst wird. Zudem kommt es zu einer Verkleinerung des Kieferwinkels (Kahl-Nieke, 2010; Schmuth, 1994).

Der Verbund der rechten und linken Knorpelspange durch eine Synarthrose geht im ersten Lebensjahr in eine Synostose über. Die weitere Entwicklung des Unterkiefers führt zur Abnahme des Kieferwinkels, Längenzunahme bei verringerter Breitenentwicklung, Höhenzunahme des Corpus mandibulae sowie Ausformung und Vergrößerung des Articulatio temporomandibularis (Kahl-Nieke, 2010; Schmuth, 1994).

Das Wachstum der Mandibula ist die Folge von Resorption und Deposition. Generell könnte an jeder Oberfläche der Mandibula, die komplett von Periost umgeben ist, Knochen gebildet oder abgebaut werden. Dieses Wachstum ist aber an den verschiedenen Bereichen des Unterkiefers unterschiedlich stark ausgebildet (Sander, Schwenger, & Ehrenfeld, 2011).

Beim Größenwachstum der Mandibula spielt das Kieferköpfchen des Unterkiefers eine wichtige Rolle. Es beeinflusst vor allem die Wachstumsrichtung, weniger die voluminöse Knochenzunahme (Strub et al., 2005).

Da der Processus condylaris besonders intensiv wächst, kommt es zu einer Höhenzunahme der Rami ascendens und hat eine Verlagerung des Unterkiefers in kaudo-ventraler Richtung zur Folge (Kahl-Nieke, 2010; Schmuth, 1994). Beim Processus condylaris und Processus coronoideus kommt es zu Resorptionsvorgängen im anterioren Bereich. Parallel findet eine Deposition in den posterioren Bereichen statt, die auch Displacement genannt wird. Diese Remodellierung bewirkt die posteriore Veränderung des kompletten Ramus. Zusätzlich entwickelt sich der Alveolarkamm mit Zahnbildung, wodurch die apikale Basis der Mandibula verlängert wird. Es entsteht Platz für die Zahnkeime der permanenten Zähne und deren Wachstum. Die Mandibula wird nach vorne verlagert (Sander et al., 2011).

Die Folge der Expansion des Weichgewebes ist das Displacement der Mandibula. Es kommt zum Kondylenwachstum, da die Lagebeziehung des Kiefergelenks in ventrale Richtung verlagerten Unterkiefers wieder kompensiert werden muss. Das Displacement der Mandibular modifiziert sich im gleichen Ausmaß wie die Dilatation des Oberkieferbasalbogens. Das Wachstum der mittleren Schädelgrube passt sich dem vorderen Teil der Kondylen an. Daher ist das sekundäre Displacement des Unterkiefers kleiner als das des Oberkiefers. Demzufolge herrscht eine distale Lagebeziehung zwischen Maxilla und Mandibula, obwohl ein gleicher Längenzuwachs stattfand (Kahl-Nieke, 2010).

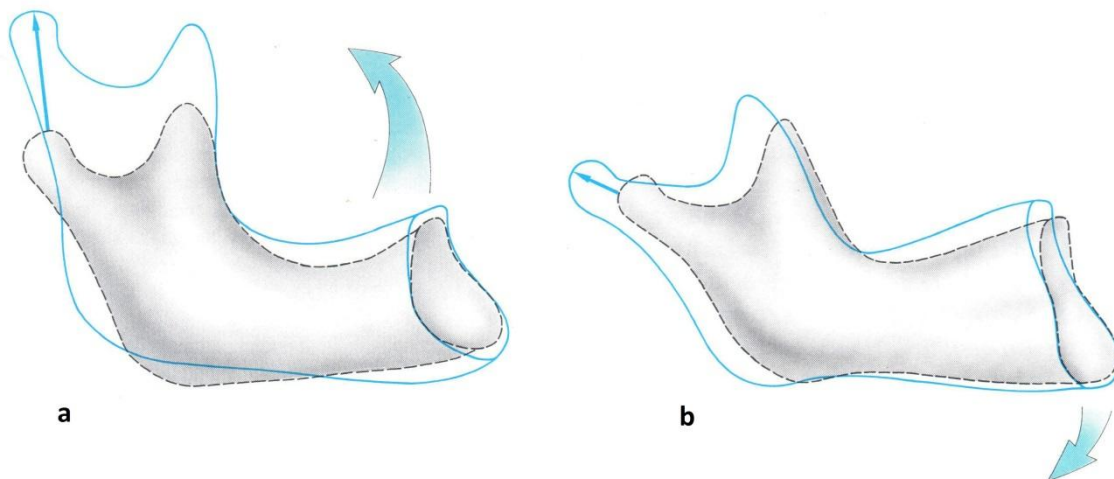


Abbildung 2. Schematische Darstellung des Wachstums des Unterkiefers (Schmuth, 1994). Zusammenhang zwischen der Wachstumsrichtung des Processus condylaris (dünner Pfeil) und der Unterkieferrotation (dicker Pfeil). a. Kondylenwachstum: kraniio-ventral, Rotationsmuster: brachyfazial; b. Kondylenwachstum dorsokraniial, Rotationsmuster: dolichofazial

Zum Wachstumsmuster trägt die Wachstumsrichtung des Processus condylaris bei und beeinträchtigt die Unterkieferrotation. Rotiert der Unterkiefer nach vorn-oben, spricht man von einem brachy-fazialen Wachstumsmuster und der Kondylus bildet sich in kraniio-ventraler Richtung aus. Bei einem verstärkten dorsal-kranialem Wachstum des Kondylus rotiert der Unterkiefer nach unten-hinten (Kahl-Nieke, 2010; Schmuth, 1994).

1.1.5 Symptome der JIA

Entscheidend für Symptome der juvenilen idiopathischen Arthritis ist der anatomische Aufbau der TMJ. Die TMJ liegen hinter dem Os zygomaticum und werden von lockerem Bandapparat gehalten, wodurch ein begrenzter Zugang für die Palpation entsteht.

Wie in Abbildung 1 dargestellt ist, sind die Wachstumsfugen der mandibulären Kondylen subchondral lokalisiert. Daher wirken sich die rheumatischen Entzündungen direkt auf die Wachstumsfugen aus. Dies führt zum Teil noch vor symptomatischen Beschwerden zu verfrühten Wachstumsstörungen und Fehlbildungen des Unterkiefers. Daraus resultiert ein verändertes Erscheinungsbild

durch eine Retrognathie der Mandibula, einem vertikaler Überbiss, einem vergrößerter Overjet und eine Verbreiterung des Kieferwinkels (Demant et al., 2011). Zudem trägt die erhöhte Schmerzschwelle bei Kindern dazu bei, dass der Gelenkschmerz leicht vernachlässigt wird (Tzaribachev et al., 2010).

Daher ist eine frühe Erkennung und adäquate Behandlung der TMJ-Entzündung besonders wichtig, um genau diese Kiefer- und Gebissformung zu vermeiden, da bei fast der Hälfte dieser Kinder die Gelenkentzündung asymptomatisch verläuft (Twilt et al., 2008).

Bei symptomatischen Verläufen ist besonders neben Schmerzen beim Kauen und nicht lokalisierten Kopfschmerzen eine asymmetrische Mundöffnung auffällig und hilft für eine frühe Diagnose. Die maximale Inzisioröffnung (MIO) vermindert sich von der Norm $> 4,5$ cm auf ungefähr 2,6 cm (Sheppard & Sheppard, 1965).

1.2 Ziel

Das Ziel dieser Dissertation ist die Erfassung von Weichgewebsveränderungen der Gesichtsmorphologie bei Patienten mit einer juvenilen idiopathischen Arthritis (JIA) in Bezug auf Gesichtsasymmetrien mittels VECTRA® 3D Imaging System.

Dabei soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern Weichgewebsasymmetrien im kraniofazialen Bereich der JIA-Patienten vorliegen und ob diese sich signifikant von normalen Asymmetrien bei gesunden Patienten unterscheiden. Zusätzlich soll erarbeitet werden, inwiefern zweidimensionale und dreidimensionale Daten vergleichbar sind.

Die primäre Zielsetzung dieser Studie ist es, für die Messung von Asymmetrien, Vergleiche zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte zu ziehen. Dafür werden Messpunkte auf ein dreidimensionales Abbild, welches mittels des VECTRA® 3D Imaging System von der Weichgewebsoberfläche des Gesichtes der JIA-Patienten gemacht wurde, gesetzt. Diese Messpunkte werden zu Strecken und Winkel definiert und später verglichen, um somit krankheitsbedingte Entwicklungsstörungen darzustellen.

2. PATIENTEN UND METHODEN

Die Studienpopulation bestand aus 100 konsekutiv behandelten Patienten der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel, die für diese Studie retrospektiv anhand der vorhandenen Patientenunterlagen ausgewählt und deren Daten anonymisiert wurden.

Von den 100 Probanden waren 72 weiblichen und 28 männlichen Geschlechts. Das Alter der Probanden dieser Studie lag zwischen 3 und 20 Jahren. Die Studienpopulation war zum Zeitpunkt der Untersuchung durchschnittlich 12,34 Jahre alt mit einer Standardabweichung von 3,40 Jahren. 89 Probanden wiesen ein Alter zwischen 6 und einschließlich 16 Jahren auf.

Anzahl der Probanden	Alter		Geschlecht	Anzahl	Alter	
	MW [Jahre]	SD [Jahre]			MW [Jahre]	SD [Jahre]
100	12,34	3,4	weiblich	72	12,4	3,6
			männlich	28	12,3	2,8

Tabelle 1. Studienpopulation, Gesamtanzahl der Probanden unterteilt in Alter und Geschlecht; bei n=100 in Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD)

Primäres Einschlusskriterium war eine durch einen Kinderrheumatologen gesicherten Diagnose „juvenile idiopathische Arthritis“ sowie weiterhin eine dokumentierte kieferorthopädische Anfangsdiagnostik einschließlich einer extraoralen dreidimensionalen Fotografie. Ausschlusskriterien waren vorangegangene Traumata, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten oder syndromale Erkrankungen.

2.1 Methoden

2.1.1 Messsystem VECTRA® 3D Imaging System

Das VECTRA® 3D Imaging System, hergestellt von Canfield Imaging Systems (Fairfield, New Jersey, USA), ist ein fotografisches System, das unter dem Einsatz von passiver stereofotogrammetrischer Technologie eine dreidimensionale Abbildung des menschlichen Körpers zum beabsichtigten Einsatz von Analyse, darauffolgender

Simulation und fotografischer Dokumentation erzeugt (O'Neal, 2014). Das VECTRA® 3D Imaging System wird vor allem zur Behandlungsplanung in der Kieferorthopädie und innerhalb der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie zum Scannen von Gesichtern und Köpfen verwendet. Es ermöglicht eine räumliche Datengewinnung der Weichgewebsoberfläche (Canfield Scientific, 2014).

Das VECTRA® Kamera System, dargestellt in Abbildung 3, umfasste drei Sets von gepaarten digitalen einzelnen Lins-Reflexkameras (SLR). Bei der Bilderfassung brachte jede SLR-Kamera ein einzelnes digitales Bild hervor. Das VECTRA® System nahm sich bei jedem Bild die üblich gebräuchlichen Punkte vor und ermittelte die kartesischen Koordinaten für den jeweiligen bestimmten Punkt. Danach wurden die bestimmten Punkte zu Eck- bzw. Scheitelpunkten für ein dreidimensionales oberflächliches Modell. Die farbliche Bildgebung wurde angewandt, um einen Effekt von Haut und Textur auf das Modell zu erzeugen. Das Ergebnis war eine präzise statische dreidimensionale Repräsentation des erfassten Objekts (O'Neal, 2014).

Durch eine Spiegeleinheit wurde in nur einer Aufnahme von zwei Digitalkameras gleichzeitig in 0,8 Sekunden ein Blickwinkel von ungefähr 170° erfasst. Dies ermöglichte eine Aufnahme vom Gesicht des Patienten von einem Ohr zum anderen. Das Prinzip bestand darin, Lichtstreifen auf das Patientengesicht zu projizieren. Die reflektierten Lichtstreifen wurden von den beiden hochwertigen Kameras mit 640 x 480 Pixel aufgenommen. Es wurde ein 3D-Datensatz erzeugt. Zusätzlich wurde die Textur der Weichgewebsoberfläche aufgenommen. Die erworbenen Daten wurden vollautomatisch gefiltert, registriert und zusammengesetzt (Berneburg et al., 2010).



Abbildung 3. Darstellung des VECTRA® 3D Imaging System, hergestellt von Canfield Imaging Systems (USA), der Foto-Abteilung des Universitätsklinikums Kiel für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

2.1.2 Aufnahmemethode

Alle dreidimensionalen Aufnahmen wurden von einer Fotografin mit dem VECTRA® 3D Imaging System durchgeführt.

Während den Aufnahmen blickte der Patient ungezwungen geradeaus, hielt die Lippen geschlossen und die Ohrmuscheln waren unbedeckt. Bei der Frontalaufnahme verläuft die Bipupillarlinie parallel zur Horizontalebene. Der Kopf ist bei der Halbseitenaufnahme parallel zur Frankfurter Horizontale ausgerichtet. Die Sagittalebene verläuft in 45° zum Film (O'Neal, 2014).

Die Aufnahmen wurden an ein leistungsstarkes Bildbearbeitungssystem übertragen und mit dem Software Programm OnyxCeph3™ (von Image Instruments, Chemnitz, Deutschland) als dreidimensionales, naturgetreues Bild wiedergegeben.

Diagnostisch relevante Bilder (klinische Fotos, intraorale Fotos, Modellfotos, Röntgenbilder etc.) ließen sich mit OnyxCeph3™ patientenbezogen einlesen, auswerten, klassifizieren und präsentieren. Es konnten Fernröntgenbilder, Orthopantogramme, Abdruckmodelle und Patientenfotos in 2D und 3D ausgewertet werden. Letztere waren für diese Studie entscheidend (Instruments, 2014).

Die dreidimensionalen Patientenfotos wurden bearbeitet, bevor sie zur Auswertung heran gezogen werden konnten. Dazu wurden die irrelevanten Körperteile wie z.B. die Schultern oder der untere Halsbereich herausgeschnitten. Der Datensatz musste möglichst klein gehalten werden. Zusätzlich wurde jede Patientenabbildung horizontal, sagittal und vertikal ausgerichtet, um die folgende Auswertung zu vereinfachen.

2.1.3 Messpunkte, Distanzen und Winkel

Die dreidimensionale Auswertung sollte in Anlehnung an Messpunkte nach Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer, Ayoub, Millett, Bock, & Siebert, 2002) erfolgen, die in Berneburgs Studie (Berneburg et al., 2010) auf Reproduzierbarkeit in dreidimensionalen Analysen geprüft wurden. Die für die Auswertung errechneten Variablen, wie Distanzen und Winkel, sollten Aufschluss geben, ob signifikante Weichgewebsasymmetrien bei den JIA-Patienten vorlagen.

Für die dreidimensionale Auswertung in der Klinik für Kieferorthopädie wurden Messpunkte (Abbildung 4, Tabelle 2), Distanzen (Abbildung 5, Tabelle 3) und Winkel, (Abbildung 4, Tabelle 5) in Anlehnung an Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer et al., 2002) verwendet.

Für die Analyse der gespeicherten Daten wurde eigens für diese Studie ein Programm von OnyxCeph3™ programmiert, welches es ermöglichte die bestimmten Messpunkte, Distanzen und Winkel zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte zu vergleichen.

1. Messpunkte:

Die Messpunkte für die Analyse der Patientendaten sind in Tabelle 2 dargestellt und mussten eindeutig definiert sein. Daher haben wir uns, wie auch die anderen bekannten Studien (Leslie G. Farkas, 1994; Gwilliam, 2006; Hajeer et al., 2002), an den definierten Punkten von Farkas und Hajeer et al. (Leslie G. Farkas, 1994; Hajeer

et al., 2002) orientiert. Die Messpunkte mussten zum Vergleich reproduzierbar sein (Berneburg et al., 2010).

Messpunkte		Definition
Hautnasion	N	Mittelpunkt des Nasenwurzel und der frontalen Nasosutura, immer oberhalb der Linie, wo sich oberes und unteres Augenlid treffen (entspricht dem knöchernen Nasion)
Subnasale	Sn	Am weitesten posterior bzw. dorsal gelegenen Punkt der nasolabialen Kurvatur, d.h. des Übergangs vom Nasensteg zur Oberlippe (entspricht nicht dem knöchernen Punkt der Spina nasalis anterior oder dem A-Punkt)
Stomion	Stom	Schnittpunkt von vertikaler Mittelgesichtslinie mit horizontaler bei geschlossenen Lippen und natürlicher Okklusion
Pogonion	Pog	Anteriorster Mittelpunkt des Kinns, im Weichgewebe direkt über dem knöchernen Pogonion
Menton	Me	Niedrigster Punkt in der Mitte des Unterkiefers des vordersten Ursprungs
Tragion rechts	TraR	Projektion lateral rechts auf die Haut, die den Knorpel des Meatus arcusticus externus bedeckt
Rechter Kieferwinkel	GoR	Lateralster Punkt des Kieferwinkels rechts (dicht beim knöchernen Gonion)
Tragus links	TraL	Projektion lateral links auf die Haut, die den Knorpel des Meatus arcusticus externus bedeckt
Linker Kieferwinkel	Go L	Lateralster Punkt des Kieferwinkels links (dicht beim knöchernen Gonion)

Tabelle 2. 3D-Landmarken der 3D-Weichteilanalyse, definierte Messpunkte nach Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer et al., 2002)

Die Messpunkte wurden bei jedem unserer Aufnahmen von einer Person sorgfältig bepunktet. Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Messpunkte Nasion, Subnasale, Stomion, Weichteilpogonion, Weichteilmenton, Tragus rechts und links sowie Kieferwinkel rechts und links. Die Bepunktung von nur einer Person sollte eine mögliche Fehlerquelle im Voraus vermeiden, da die Reproduzierbarkeit von Messpunkten bei dreidimensionalen digitalen Oberflächen von dem individuellen

Erfassungsvermögen eines einzelnen Auswerters abhängig ist (Boldt, Weinzierl, Hertrich, & Hirschfelder, 2009).

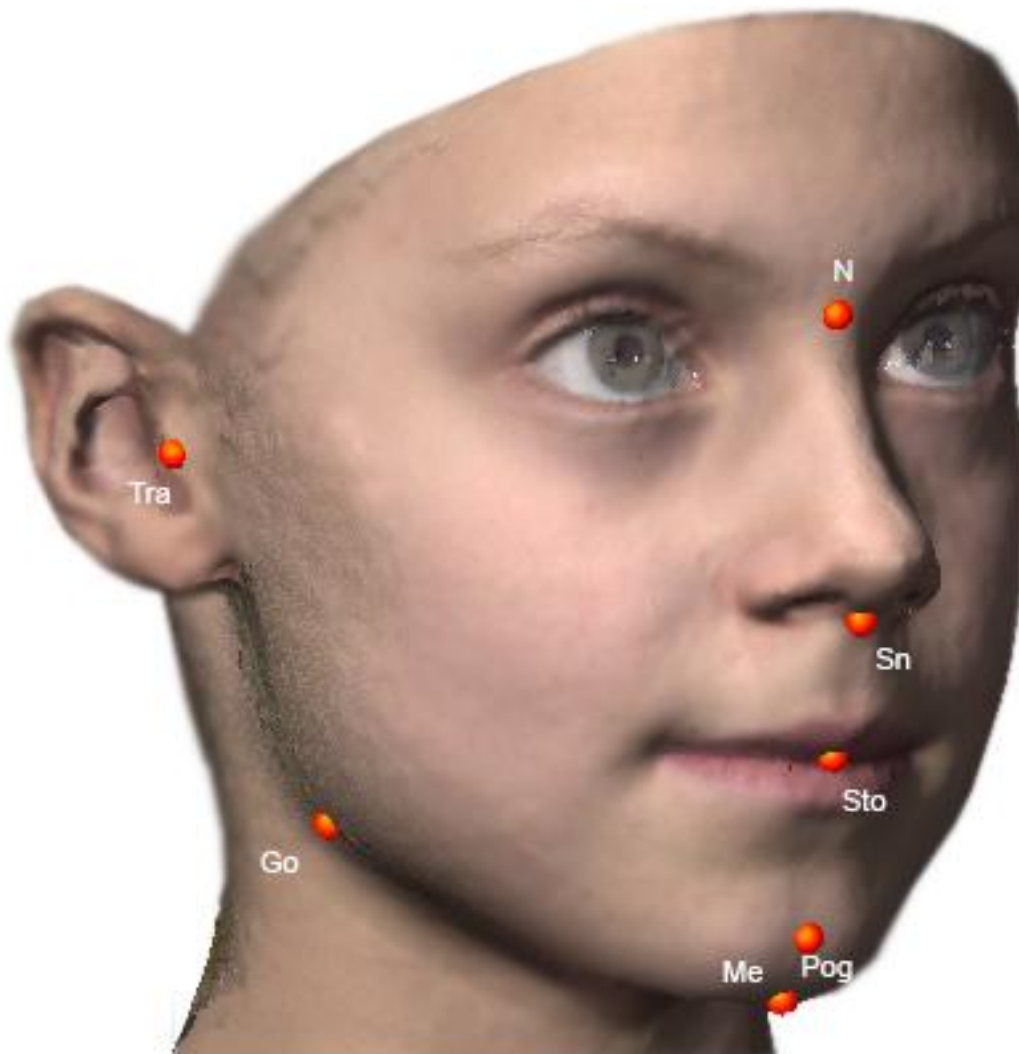


Abbildung 4. Exemplarische Darstellung einer 3D-Aufnahme, (Patient K25, JIA): mit Messpunkten nach Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer et al., 2002) auf der rechten Gesichtshälfte dargestellt. (Software Programm OnyxCeph3™; von Image Instruments, Chemnitz, Deutschland). N=Hautnasion, Sn=Subnasale, Sto=Stomion, Pog=Weichteilpogonion, Me=Weichteilmenton, TraR/L=Tragus rechts/links, GoR/L=Kieferwinkel rechts/links

2. Distanzen:

Die in Tabelle 2 beschriebenen Messpunkte wurden miteinander verbunden. Dadurch entstehen Distanzen. Diese Messstrecken in Tabelle 3 stellen Distanzen dar, die zur Beurteilung der Asymmetrien heran gezogen werden.

Die dreidimensionalen Fotos der JIA-Patienten wurden systematisch von frontal, lateral und direkt vermessen. Dabei stand der Vergleich zwischen der rechten und linken Seite im Vordergrund. Bei den frontal und lateral gemessenen Distanzen handelte es sich um zweidimensionale Messungen, bei den direkten Messungen waren es dreidimensionale Messungen. Die späteren Abkürzungen sind f für frontale, l für laterale und d für direkte Messungen.

Frontale Messungen	Seitliche Messungen	Direkte Messungen
Go-Me	Go-Me	Go-Me
Go-N	Go-Pog	Go-N
Go-Pog	Go-Sn	Go-Pog
Go-Sn	Go-Sto	Go-Sn
Go-Sto	Tra-Go	Go-Sto
Tra-Go	Tra-Me	Tra-Go
Tra-Me	Tra-N	Tra-Me
Tra-N	Tra-Pog	Tra-N
Tra-Pog	Tra-Sn	Tra-Pog
Tra-Sn		Tra-Sn

Tabelle 3. 3D-Landmarken der 3D-Weichteilanalyse, Bezugslinien frontal, lateral und direkt gemessen; als Distanzen

3. Winkel:

Um die Auswirkungen der JIA auf die Weichgewebsveränderungen des Patienten beurteilen zu können, wurden die errechneten Winkel in

Tabelle 4 für die Auswertung verwendet. Auch hier sollten die Winkel von der rechten mit der linken Gesichtshälfte der Probanden verglichen werden.

Abbildung 5 veranschaulicht in dem Abbild eines anonymisierten JIA-Patienten die Distanzen und Winkel, die frontal, lateral und direkt bei jedem Probanden auf den dreidimensionalen Bildern gemessen werden. Diese Distanzen und Winkel wurden sowohl auf der rechten als auch auf der linken Gesichtshälfte bei jedem Probanden gemessen.

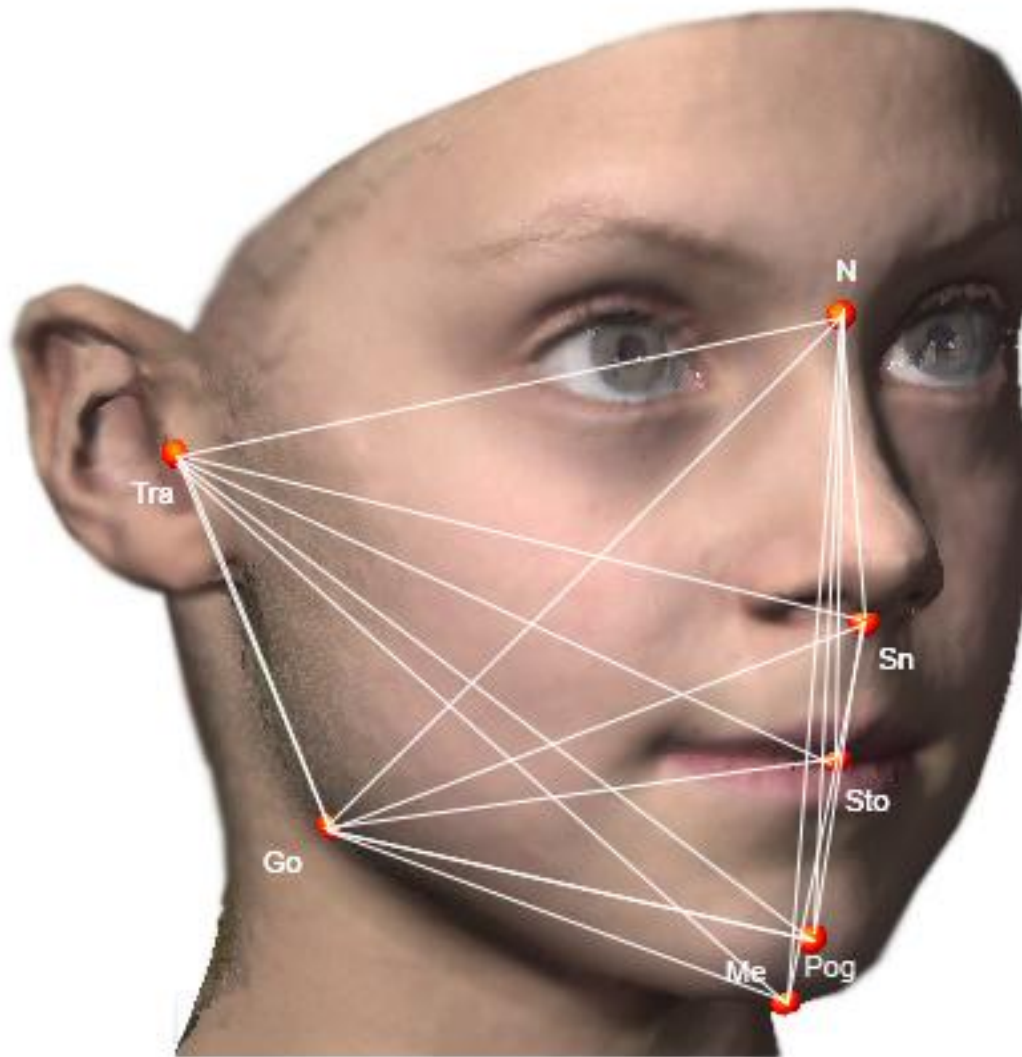


Abbildung 5. Exemplarische Darstellung einer 3D-Aufnahme, (Patient K25, JIA): mit Messpunkten, Distanzen und Winkel nach Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer et al., 2002) auf der rechten Gesichtshälfte dargestellt. (Software Programm OnyxCeph3™; von Image Instruments, Chemnitz, Deutschland). N=Hautnasion, Sn=Subnasale, Sto=Stomion, Pog=Weichteilpogonion, Me=Weichteilmenton, TraR/L=Tragus rechts/links, GoR/L=Kieferwinkel rechts/links

Messwinkel	Definition
Tra-Go-Pog	Winkel zwischen den Projektionen der Messpunkte des Weichteiltragions, des Weichteilgonions und des Weichteilpogonions von lateral
Tra-Go-Me	Winkel zwischen den Projektionen der Messpunkte des Weichteiltragions, des Weichteilgonions und des Weichteilmentons von lateral
Sn-Pog-Go	Winkel zwischen den Projektionen der Messpunkte des Weichteilsubnasales, des Weichteilpogonions und des Weichteilgonions von lateral
Sn-Me-Go	Winkel zwischen den Projektionen der Messpunkte des Weichteilsubnasales, des Weichteilmentons und des Weichteilgonions von lateral
N-Pog-Go	Winkel zwischen den Projektionen der Messpunkte des Weichteilhautnasion, des Weichteilpogonions und des Weichteilgonions von lateral
N-Me-Go	Winkel zwischen den Projektionen der Messpunkte des Weichteilhautnasion, des Weichteilmentons und des Weichteilgonions von lateral

Tabelle 4. 3D-Landmarken der 3D-Weichteilanalyse, definierte Messwinkel in Grad

2.3 Statistische Auswertung

Die gesammelten Daten wurden in das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft® Office Excel® 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) überführt und mit Hilfe der Statistiksoftware JMP® 11 PC (Statistical Discovery from SAS; Cary, North Carolina, USA) ausgewertet. Die JMP-Software hat ihren Schwerpunkt in der explorativen Datenanalyse und Visualisierung.

In dieser Studie wurde eine retrospektive Auswertung von vorhandenen diagnostischen Unterlagen aus kieferorthopädischer Behandlung zur Analyse von Weichgewebsveränderungen bei Patienten mit JIA in Bezug auf Gesichtsasymmetrien mittels VECTRA® 3D Imaging System vorgenommen. Dabei wurde ein Vergleich zwischen den dreidimensionalen Patientenfotos der JIA-Patienten gezogen und auf die Fragen eingegangen, ob und in welchem Ausmaß eine Asymmetrie der Weichgewebsoberfläche der JIA vorlag. Zusätzlich wurde geklärt, welche Messstrecken und Winkel besonders auffällig im kraniofazialen

Bereich bei den JIA-Patienten waren und ob signifikante Unterschiede zwischen zwei- und dreidimensionalen Messaufnahmen bestanden.

Aus den Werten der Messpunkte, Distanzen und Winkel wurden für den Vergleich der Gesichtshälften Differenzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte der JIA-Patienten gebildet. Von den Distanzen und Winkeln wurden für die allgemeine Übersicht die absoluten Mittelwerte mit Standardabweichungen für die rechte und linke Gesichtshälfte zusammen ermittelt. Von jeder Differenz wurden Mittelwerte mit Standardabweichungen, Medianwerte, Minimum und Maximum bestimmt.

Zunächst wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test die Verteilung einer Stichprobe auf Normalverteilung überprüft. Eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung wurde für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ angenommen. Der Shapiro-Wilk-Test wies keine Normalverteilung auf. Daher waren non-parametrische Tests zu präferieren.

Daraufhin wurden die Daten zum Vergleich von den Verhältnissen aller gemessenen Distanzen und Winkel mit dem Tukey-Kramer Honest Signifikant Differenz (HSD)-Test analysiert. Der Tukey-Kramer Honest Signifikant Differenz (HSD)-Test ist ein parametrischer Test. Die Ergebnisse wurden in einer Liste von den homogenen Gruppen als Stufen dargestellt. Die Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, haben sich signifikant unterschieden.

Zur geschlechterspezifischen Analyse der Verhältnisse der Distanzen und Winkel von der rechten zur linken Gesichtshälfte wurden die Daten mit dem nichtparametrischen Wilcoxon Test analysiert. Eine signifikante geschlechterspezifische Asymmetrie wurde mit einer Chi²-Approximation von $< 0,05^*$ beschrieben. Von einem signifikanten Trend wurde bei $0,05 < \text{Chi}^2 > 0,10^{**}$ besprochen.

Die Wilcoxon-Methode wurde auch bei dem Vergleich zwischen den frontalen, den lateralen und den direkten Messungen angewendet. Auch hierbei galt, dass bei einer Chi²-Approximation von $< 0,05^*$ von einem signifikanten Unterschied und bei $0,05 < \text{Chi}^2 > 0,10^{**}$ von einem signifikanten Trend gesprochen wurde.

3. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der dreidimensionalen Weichteilanalyse des Gesichts werden in Kapitel 3 dargestellt.

Es wird auf die Frage eingegangen, wieviel Prozent der JIA-Patienten eine erhöhte Asymmetrie im Vergleich zu einer normalen Asymmetrie bei gesunden Patienten aufweisen. Zusätzlich soll geklärt werden, welche Messstrecken und Winkel besonders auffällig im kraniofazialen Bereich bei den JIA-Patienten sind. Außerdem werden metrische Vergleiche zwischen den frontal, lateral und direkt gemessenen Distanzverhältnissen der rechten und linken Gesichtshälfte gezogen, um die Frage zu klären, ob zwei- und dreidimensionale Messungen vergleichbar sind.

3.1 Ergebnisse der dreidimensionalen Weichteilanalyse des Gesichts von Distanzen und Winkeln

In Tabelle 5 werden die relevanten gemessenen Distanzen und Winkel als Mittelwert mit Standardabweichung von den 100 JIA-Patienten dargestellt. Eine Übersicht aller Messwerte befindet sich im Anhang in Tabelle 9 .

Distanz	MW	SD	Winkel	MW	SD
	[mm]	[mm]		[°]	[°]
Tra-Sto -f	73,91	1,07	Tra-Go-Me	127,91	1,80
Tra-Sn -f	70,86	1,83	Tra-Go-Pog	118,57	1,76
Tra-N -d	115,21	0,02			
Tra-Go -d	48,56	0,38			

Tabelle 5. Darstellung von besonders hervorzugebenden Distanzen und Winkeln in Absolutwerten [mm] und [°]. Übersicht von den gemessenen Strecken und Winkeln in der rechten und linken Gesichtshälfte sowie der Mittellinie mittels einer dreidimensionalen Abbildung des Weichgewebes der Gesichter der JIA-Patienten: MW=Mittelwert (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte) und SD=Standardabweichung (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte)

Die Spanne aller gemessenen durchschnittlichen Werte liegt bei den Distanzen zwischen 43,73 mm und 128,06 mm und bei den Winkeln zwischen 74,5° und 127,91°.

3.2 Prozentuale Verteilung der JIA- Patienten mit pathologischer Asymmetrie

In diesem Abschnitt wird der Frage nachgegangen, wieviel Prozent der JIA-Patienten eine erhöhte Asymmetrie im Vergleich zu einer normalen Asymmetrie bei gesunden Patienten aufweisen.

Eine pathologische Asymmetrie wird ab einem prozentualen Grenzwert $> 6\%$ definiert. Dieser Wert basiert auf den Ergebnissen einer Vergleichsstudie nach Shaner, die eine Asymmetrie für gesunde Patienten metrisch ermittelt hat (Shaner, Peterson, Beattie, & Bamforth, 2000). Diese metrischen Analysen wurden mathematisch zur Vergleichbarkeit prozentual umgerechnet.

JIA-Patienten mit einer Asymmetrie, die größer ist als der Grenzwert bei gesunden Patienten, also größer 6%, wird eine pathologische Asymmetrie zugeschrieben.

Abbildung 6 zeigt eine exemplarische Darstellung der prozentualen Verteilung des Verhältnisses der Distanz „Relation TraMe-I R.L. [%]“. „Relation TraMe-I R.L. [%]“ beschreibt das Verhältnis der Distanz, die vom Weichteiltragon zum Weichteilmenton auf der rechten Gesichtshälfte und linken Gesichtshälfte von lateral gemessen wird in Prozent. Dabei wird in dieser Studie für die Berechnungen der Verhältnisse der Distanzen oder Winkel immer die rechte Seite durch die linke Seite dividiert. Da wir von einer normalen Asymmetrie bis zu 6% im Weichgewebe bei gesunden Patienten ausgehen, haben in diesem Beispiel 55% der Patienten eine physiologische Asymmetrie bei dem Verhältnis der Distanz „Relation TraMe-I R.L. [%]“. Bei den anderen 45% der Patienten liegt eine pathologische Asymmetrie bei dem Verhältnis der Distanz „Relation TraMe-I R.L. [%]“ vor, wobei bis zu 12% Abweichung zwischen der rechten und linken Distanz bei 33% der JIA-Patienten vorliegt. Weitere 12% der Patienten weisen Abweichungen bis zu 30% auf.

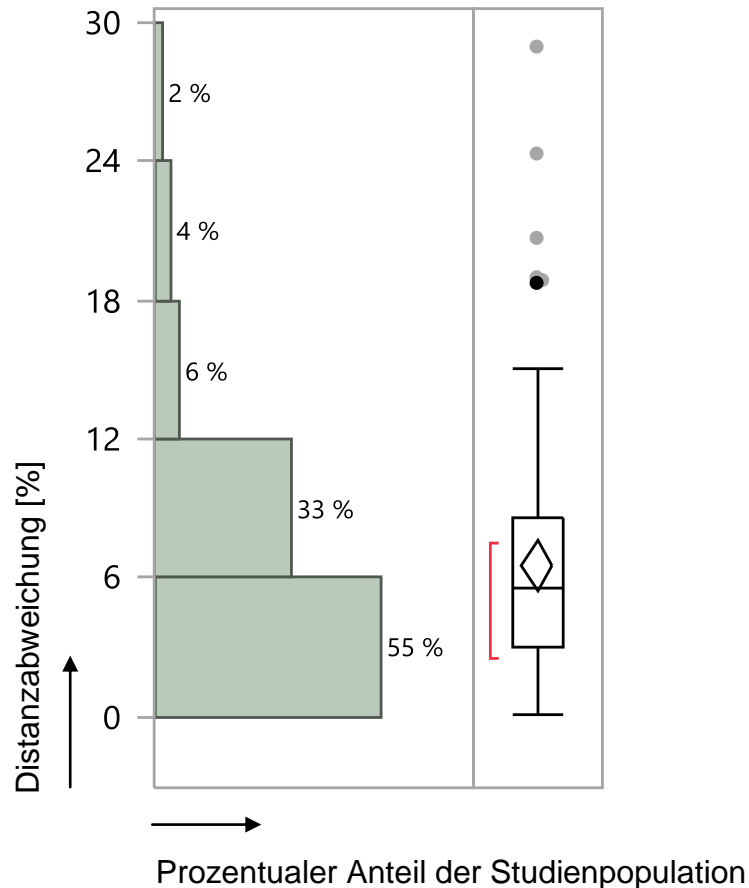


Abbildung 6. Exemplarische Darstellung der prozentualen Verteilung des Verhältnisses der Distanz „Relation TraMe-l R.L.[%]“ von der rechten zur linken Gesichtshälfte. Distanzabweichungen bis zum Grenzwert 6% entsprechen einer physiologischen Asymmetrie (55% der JIA-Patienten), Distanzen mit > 6% Abweichung werden als pathologisch bezeichnet (45%).

Prozentual gesehen ist die pathologische Asymmetrie von all unseren JIA-Patienten, bezüglich der Verhältnissen der Distanzen in [%] von der rechten zur linken Gesichtshälfte, besonders auffällig bei „Relation TraGo-d R.L.“ und „Relation TraN-d R.L.“ mit jeweils mit einer pathologischen Asymmetrie bei 52%. Bei den direkt gemessenen Distanzverhältnissen treten sonst kleine Werte zwischen 7% und 14% vermehrt auf, wohingegen bei frontalen und lateralen Messungen eher Werte zwischen 45% und 72% auftreten, mit einem Ausreißer von 34% bei „Relation GoN-f R.L.“.

Eine Übersicht der prozentualen Verteilung einer pathologischen Asymmetrie von all unseren JIA-Patienten, bezüglich der Verhältnisse der Distanzen in [%] von der rechten zur linken Gesichtshälfte, befindet sich im Anhang unter Tabelle 10.

3.3 Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von Distanzen im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte

Es wird auf die Frage eingegangen, welche Messstrecken besonders auffällig im kraniofazialen Bereich sind. Die Unterkapitel 3.3.1, 3.3.2 und 3.3.3 zeigen die unterschiedlichen Ergebnisse von den frontalen, lateralen und direkten Messungen.

3.3.1 Frontal gemessene Distanzen

Nach dem definierten Asymmetriegrenzwert von 6% zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte bei gesunden Patienten, basierend auf der Studie von Shaner (Shaner et al., 2000), lässt sich die Aussage treffen, dass bei einem Wert größer 6% eine auffällige Asymmetrie bei unseren JIA-Patienten vorliegt.

Eine Übersicht der einfaktoriellen Analyse der frontal gemessenen Distanzverhältnissen zwischen rechter und linker Gesichtshälfte befindet sich im Anhang in Abbildung 9, Tabelle 11 und Tabelle 12.

Anhand der Ergebnisse der Verhältnisse der frontal gemessenen Distanzen mit Mittelwert und Standardabweichung wird auffällig, dass die Asymmetrien im Durchschnitt bei den JIA-Patienten deutlich über der 6% Grenze liegen, mit Ausnahme von „Relation GoN-f R.L. [%]“, der sowohl beim Mittelwert als auch beim Medianwert mit 5,16% (SD=5,28%) bzw. 4,11% in die normale Asymmetrie fällt und somit als nicht auffällig bewertet wird. Die Spannweite der Asymmetrien liegen beim Mittelwert zwischen 8,64% und 17,94% (SD=5,28% bis 24,25%) und beim Medianwert zwischen 6,39% und 11,98%.

Die Ergebnisse des Tukey Kramer HSD-Tests für die Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der frontal gemessenen Distanzen zeigen Auffälligkeiten bei „Relation TraSn-f R.L.“ und „Relation GoPog-f R.L.“ (beide nur mit dem Buchstaben „A“ versehen) mit Werten von 17% und einer Signifikanz zu „Relation TraGo-f R.L.“, „Relation TraMe-f R.L.“ und „Relation GoN-f R.L.“.

3.3.2 Lateral gemessene Distanzen

Wie anhand der Ergebnisse von den Verhältnissen der lateral gemessenen Distanzen deutlich wird, liegen im Vergleich zu den frontalen Distanzverhältnissen kleinere Abweichungen vor. Die Spannweite der Mittelwerte von den Distanzverhältnissen liegt zwischen 6,54% und 9,67%. Laut der Definition des

Grenzwertes von 6% zeigen alle Distanzverhältnisse eine auffällige Asymmetrie auf. Betrachtet man den Medianwert dieser Distanzen liegen fast alle Abweichungen zwischen 6% und 8%. Nur drei Distanzen weisen eine Abweichung unter 6% auf, nämlich „Relation TraGo-I R.L.“, „Relation TraPog-I R.L.“ und „Relation TraMe-I R.L.“. Die Untersuchungen aus dem Tukey-Kramer HSD- Test keine Signifikanzen im Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der lateral gemessenen Distanzen vorliegen.

Die lateral gemessenen Distanzen werden in Anhang in Abbildung 10, Tabelle 13 und Tabelle 14 als einfaktorielle Analyse dargestellt.

3.3.3 Direkt gemessene Distanzen

Zwar liegen bei den frontal und lateral gemessenen Distanzverhältnissen auffällige Ergebnissen bei bestimmten Distanzen vor, dennoch sind keine so signifikant auffällig wie bei der einfaktoriellen Analyse der direkt gemessenen Distanzverhältnissen zwischen rechter und linker Gesichtshälfte.

Bei den Ergebnissen von den Verhältnissen der distal gemessenen Distanzen ist nur bei der Distanz „Relation TraGo-d R.L.“ ein Überschreiten des Grenzwertes von 6% vorzufinden, wie in

Tabelle 6 hervorgehoben werden soll. Alle anderen direkt gemessenen Distanzverhältnisse liegen im Mittel bei 2% oder 3%. „Relation TraGo-d R.L.“ liegt mit einem Mittelwert von 7,79% (SD=6,94%) deutlich über dem Grenzwert, wohin gegen der Medianwert mit 6,14% nur knapp über der normalen Asymmetrie von gesunden Patienten liegt.

Die Untersuchungen des Tukey-Kramer HSD- Tests zum Vergleich von den Verhältnissen aller Paare der direkt gemessenen Distanzen zeigen eine Signifikanz von „Relation TraGo-d R.L.“ zu den anderen direkt gemessenen Distanzverhältnissen mit seinem Mittelwert von 7,79%. Somit zeigt „Relation TraGo-d R.L.“ eine signifikant auffällige Asymmetrie im kraniofazialen Bereich des Weichgewebes.

Distanz	MW	SD	Median	Minimum	Maximum
(Relation R.L.)	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
TraGo-d	7,79	6,94	6,14	0,04	37,11
TraN-d	2,28	2,34	1,73	0,05	12,60

Tabelle 6. Darstellung von den Verhältnissen der distal gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum

Die einfaktorielle Analyse der direkt gemessenen Distanzverhältnissen zwischen rechter und linker Gesichtshälfte sowie der Vergleich von den Verhältnissen aller Paare der direkt gemessenen Distanzen wird in Anhang in Abbildung 11, Tabelle 15 und Tabelle 16 dargestellt.

3.4 Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von gemessenen Winkeln im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte

Nachdem in Kapitel 3.3 die Ergebnisse der Distanzen im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte aufgezeigt wurden, bezieht sich Kapitel 3.4 auf die Ergebnisse der Winkel im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte.

Die Ergebnisse von den Verhältnissen der gemessenen Winkel in [°] weisen Mittelwerte zwischen 1,79° und 5,78° und Medianwerte zwischen 1,51° und 4,96° auf.

Prozentual gesehen liegen die Mittelwerte der Winkel im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte I zwischen 2,43% und 4,88% und liegen somit unter dem definierten Grenzwert von 6%, der als normal und physiologisch angesehen ist. Die gemessenen Winkel im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte in [°] und [%] sind im Anhang unter Tabelle 17 und Tabelle 18 zu finden.

Abbildung 7 stellt die Verhältnissen der gemessenen Winkel von der rechten zur linken Gesichtshälfte noch einmal graphisch zur Veranschaulichung dar. Es wird noch einmal deutlich, dass sich alle Winkelverhältnisse unter 5% Abweichung befinden. Die „Relation TraGoMe R.L.“ und „Relation TraGoPog R.L.“ haben im Vergleich zu den anderen Winkeln vermehrte Ausreißer mit größeren Asymmetrien.

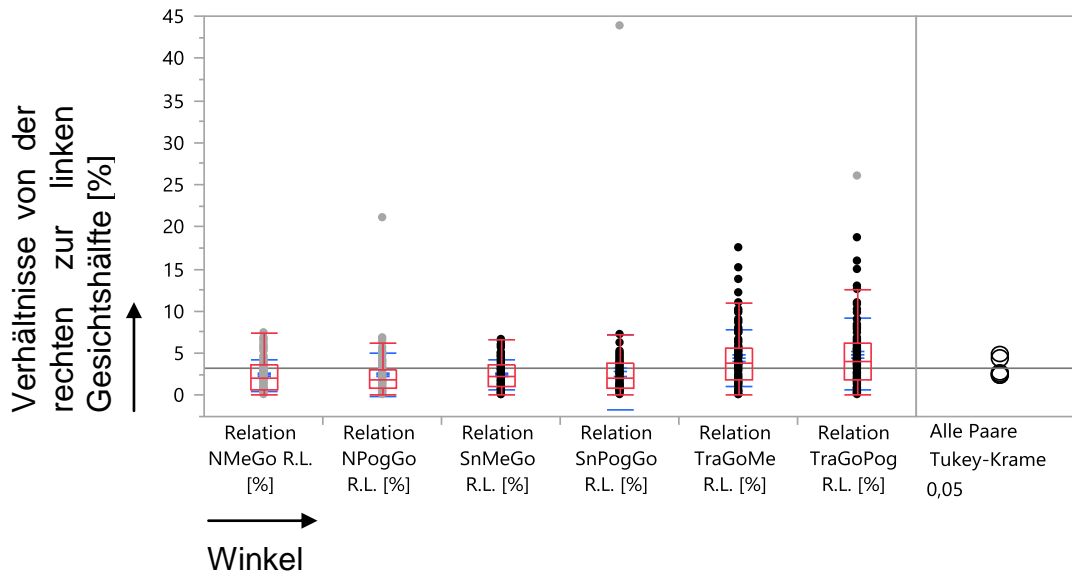


Abbildung 7. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der gemessenen Winkel von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen

Bei dem Vergleich von den Verhältnissen aller Paare der Winkel in [%] mit dem Tukey-Kramer HSD-Test zeigen die „Relation TraGoMe R.L.“ und „Relation TraGoPog R.L.“ eine signifikante Abweichung im Vergleich zu den anderen Winkelverhältnissen. Diese liegt jedoch, wie schon zuvor beschrieben, nicht über dem Grenzwert für eine pathologische Asymmetrie.

Die vollständigen Ergebnisse des Tukey-Kramer HSD-Tests befinden sich im Anhang Tabelle 19.

3.5 Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von gemessenen Distanzen und Winkel im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte nach Geschlecht

Die Ergebnisse der Verhältnisse der Distanzen zwischen rechter und linker Gesichtshälfte nach Geschlecht in [%] weist eine Spanne der Mittelwerte mit Standardabweichungen von 2,38% (SD=1,79%) bis 20,77% (SD=27,63%) auf. Auffällig ist grundsätzlich, dass die weiblichen Mittelwerte, wenn sie nicht mit den männlichen übereinstimmen, größer sind als die männlichen Mittelwerte. Bei den folgenden Verhältnissen der Distanzen der rechten und linken Gesichtshälfte sind nach dem nichtparametrischen Wilcoxon Test (Tabelle 20 im Anhang) signifikante Unterschiede zwischen den weiblichen und männlichen Patienten aufzuweisen.

ERGEBNISSE

Bei „Relation GoSn-f R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz laut der Chi-Quadrat-Approximation von 0,0222*, bei „Relation GoSto-f R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0215*, bei „Relation TraMe-l R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0170*, bei „Relation TraN-f R.L. [%]“ liegt ein signifikanten Trend von 0,0677*, bei „Relation TraPog-l R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0099*, bei „Relation TraSn-f R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0476* und bei „Relation TraSn-l R.L. [%]“ liegt ein signifikanter Trend von 0,0579* vor.

Die weiblichen Patienten weisen bei den Ergebnissen der Verhältnisse der Winkel in [%] geschlechterspezifisch Mittelwerte auf, die immer größer sind, als die der männlichen Patienten. Die Werte beider Geschlechter liegen zwischen 2,16% (SD=1,70%) und 5,36% (SD=4,5%).

Die Untersuchungen des nichtparametrischen Wilcoxon Tests zeigen einen signifikanten Trend bei den Verhältnissen „Relation TraGoPog R.L. [%]“ mit $\text{Chi}^2=0,0643^{**}$ und „Relation TraGoMe R.L. [%]“ mit $\text{Chi}^2=0,0912^{**}$. Die anderen Verhältnisse der Winkel von der rechten zur linken Gesichtshälfte weisen keine Signifikanzen auf. Die vollständigen Ergebnisse sind in Tabelle 21 zu finden.

Winkel (Relation R.L.)	weiblich		männlich		Wahrscheinlichkeit > Chi^2
	MW	SD	MW	SD	
	[%]	[%]	[%]	[%]	
TraGoPog	5,36	4,51	3,66	3,06	0,0643**
TraGoMe	4,78	3,60	3,45	2,68	0,0912**

Tabelle 7. Darstellung von der Verhältnisse der Winkel in [%] geschlechterspezifisch mit Mittelwert und Standardabweichung für das weibliche und männliche Geschlecht sowie der Chi-Quadrat-Approximation nach dem nichtparametrisch Wilcoxon Test: männlich (n=28), weiblich (n=72), Signifikanz (S) bei: $\text{Chi}^2 < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < \text{Chi}^2 < 0,10^{**}$ signifikanter Trend

3.6 Ergebnisse der einfaktoriellen Analyse von direkt, frontal und lateral gemessenen Distanzen im Verhältnis zwischen rechter und linker Gesichtshälfte im Vergleich zueinander

In diesem Kapitel wird auf die Frage eingegangen, ob die Distanzmessungen von frontal, lateral und direkt miteinander vergleichbar sind. Die frontalen und lateralen Messungen sind zweidimensionale Messungen. Die direkten Messungen sind dreidimensionale Messungen, da sie durch das Gewebe hindurch gemessen werden. Die Mittelwerte der metrischen Verhältnisse der Distanzen haben eine Spannweite zwischen 2,88 mm (SD=2,07 mm) und 11,00 mm (SD=10,81 mm). „Relation TraSn-f R.L.“ und „Relation TraSto-f R.L.“ weisen mit den Mittelwerten 11,00 mm und 10,28 mm die größte Asymmetrie der Distanzverhältnisse auf.

Anhand der Ergebnisse in Tabelle 8 lässt sich eine Aussage über die Vergleiche von den frontalen, lateralen und direkten Messungen machen. Die nichtparametrischen Vergleiche für jedes Distanzpaar mithilfe der Wilcoxon-Methode werden als p-Wert angegeben. Der p_1 -Wert beschreibt den Vergleich der Verhältnisse der Distanzen von frontal zu direkten Messungen, der p_2 -Wert beschreibt den Vergleich der Verhältnisse der Distanzen von frontal zu lateralen Messungen und der p_3 -Wert beschreibt den Vergleich der Verhältnisse der Distanzen von lateral zu direkten Messungen.

Die Untersuchungen der Wilcoxon-Methode zeigen, dass bei dem Vergleich zwischen den frontalen mit direkten Messungen und lateralen mit direkten Messungen alle Distanzverhältnisse eine Signifikanz von $< 0,0001^*$ aufweisen, mit der Ausnahme von „Relation TraGo R.L.“, bei dem keine Signifikanz vorliegt und „Relation GoN-d R.L.“, bei dem $p_1=0,0008^*$ ist.

Bei „Relation GoN R.L.“ und „Relation TraSto R.L.“ wurden keine lateralen Messungen durchgeführt.

ERGEBNISSE

Distanz (Relation R.L.)	MW [mm]	SD [mm]	P₁-Wert von f zu d	P₂-Wert von f zu l	P₃-Wert von l zu d
GoMe-d	3,13	2,54	< 0,0001*		
GoMe-f	7,68	7,41		0,6967	
GoMe-l	6,84	6,02			< 0,0001*
GoN-d	2,88	2,07	0,0008*		
GoN-f	5,02	4,60			
GoPog-d	3,37	3,08	< 0,0001*		
GoPog-f	8,88	8,79		0,3718	
GoPog-l	7,31	6,53			< 0,0001*
GoSn-d	3,09	2,33	< 0,0001*		
GoSn-f	7,65	7,79		0,6190	
GoSn-l	7,61	6,81			< 0,0001*
GoSto-d	2,98	2,55	< 0,0001*		
GoSto-f	8,29	8,70		0,9416	
GoSto-l	7,65	6,93			< 0,0001*
TraGo-d	3,68	3,14	0,8326		
TraGo-f	3,83	3,23		0,4179	
TraGo-l	3,46	3,09			0,4977
TraMe-d	3,38	3,49	< 0,0001*		
TraMe-f	8,05	6,83		0,5063	
TraMe-l	7,12	5,86			< 0,0001*
TraN-d	2,61	2,64	< 0,0001*		
TraN-f	8,17	8,47		0,2399	
TraN-l	8,85	7,69			< 0,0001*
TraPog-d	3,52	4,49	< 0,0001*		
TraPog-f	9,34	8,11		0,2753	
TraPog-l	7,75	6,31			< 0,0001*
TraSn-d	2,91	3,04	< 0,0001*		
TraSn-f	11,00	10,81		0,1637	
TraSn-l	8,95	7,49			< 0,0001*
TraSto-d	3,08	3,13	< 0,0001*		
TraSto-f	10,28	9,64			

Tabelle 8. Darstellung von den metrischen Verhältnissen der Distanzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [mm] mit Mittelwerten und Standardabweichungen sowie nichtparametrischer Vergleiche für jedes Distanzpaar mittels Wilcoxon-Methode (p-Wert); p_1 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu direkten Messungen, p_2 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu lateralen Messungen und p_3 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von lateral zu direkten Messungen; $p < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < p < 0,10^{**}$ signifikanter Trend

4. DISKUSSION

4.1 Einführung

In dieser Studie wurden die Weichgewebsveränderungen der Gesichtsmorphologie bei Patienten mit einer juvenilen idiopathischen Arthritis (JIA) in Bezug auf Gesichtsasymmetrien mittels des dreidimensionalen VECTRA® 3D Imaging System analysiert.

Die normale Asymmetrie vom Weichgewebe im kraniofazialen Bereich, basierend auf einer Studie von Shaner (Shaner et al., 2000), wurde bei gesunden Patienten bei einem Verhältnis von Messstrecken zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte bei einem Grenzwert von 6% festgelegt. Bei Patienten mit einem höheren Wert wurde die Weichgewebsasymmetrie als pathologisch gewertet. Des Weiteren wurde dargestellt, wieviel Prozent der JIA-Patienten eine erhöhte Asymmetrie im Vergleich zu einer normalen Asymmetrie bei gesunden Patienten aufweisen.

Zusätzlich sollte geklärt werden, welche Messstrecken und Winkel besonders auffällig im kraniofazialen Bereich bei den JIA-Patienten waren. Außerdem wurden metrische Vergleiche zwischen den frontal, lateral und direkt gemessenen Distanzverhältnissen der rechten und linken Gesichtshälfte gezogen, um zu beweisen, dass die zweidimensionalen Daten nicht mit den dreidimensionalen Daten vergleichbar sind.

4.2 Studien zu Asymmetrien

Vorangegangene Studien zeigen, dass JIA-Patienten mit TMJ-Beteiligung vor allem auf Auswirkungen auf die knöchernen Strukturen untersucht wurden. In diesem Zusammenhang wurden mittels Röntgenaufnahmen, MRT und CT kephalometrischen Untersuchungen beschrieben und psychogene Fehlentwicklungen beobachtet.

Die abnormalen knöchernen Gelenke zeigen deformierte Kondylen und eine abgeflachte Fossa (Arvidsson et al., 2010; Kjellberg, 1998; Kjellberg, Fasth, Kiliaridis, Wenneberg, & Thilander, 1995; Twilt et al., 2006). Häufig liegen kondyläre Läsionen mit einer Retrognathie und einer posterioren Rotation des Unterkiefers vor (Sidiropoulou-Chatzigianni, Papadopoulos, & Kolokithas, 2001; Twilt et al., 2006). Bei einer schweren Verlaufsform der JIA kommt es zu einem großen Ausmaß an mandibulärer Reposition und zu einem verkleinerten Unterkiefer (Kjellberg et al.,

1995; Larheim & Haanaes, 1981; Larheim, Haanaes, & Ruud, 1981; Stabrun, Larheim, Hoyeraal, & Rosler, 1988). Es besteht eine Beziehung zwischen dem JIA-Typ und der kondylären Läsion (Ince, Ince, & Moore, 2000; Pedersen, Jensen, Melsen, & Herlin, 2001; Sidiropoulou-Chatzigianni et al., 2001; Sidiropoulou-Chatzigianni, Papadopoulos, & Kolokithas, 2008).

Typisch bei Patienten mit JIA ist die kondyläre Asymmetrie. Wie sich diese Asymmetrie auf das äußere Erscheinungsbild auswirkt, konnte nur in Studien unter Zuhilfenahme von Panoramaschichtaufnahmen und Fernröntgenseitenbildern des Schädels zweidimensional analysiert werden (Kjellberg et al., 1995; Twilt et al., 2006).

Es gibt zur Zeit nur eine Studie der Universität Kopenhagen, die die Auswirkungen von JIA in Bezug auf die TMJ-Beteiligung auf das Weichgewebe des Gesichts dreidimensional analysiert hat (Demant et al., 2011).

Zum Vergleich mit Weichgewebsasymmetrien gibt es eine Studie von Shaner, die sich mit Asymmetrien bei gesunden und Syndrom-Patienten beschäftigt (Shaner et al., 2000).

Dorlands Medizin Lexikon (2007) definiert Asymmetrie als ein Fehlen oder Mangel an Symmetrie bzw. einer Ungleichheit von entsprechenden Körper- oder Organpartien bei unterschiedlichen Körperseiten, die normalerweise gleich sind. Eine faziale Asymmetrie ist dadurch definiert, dass eine Seite größer bzw. kleiner als die andere ist (Smith, 2000).

Bei normalem Wachstum und Entwicklung des Körpers einschließlich des Gesichts treten leichte Asymmetrien auf (Ferrario, Sforza, Miani, & Serrao, 1995; Shaner et al., 2000). Zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte gibt es selbst bei gesunden Patienten kleine Unterschiede. Diese haben aber alleine keine negativen Auswirkungen auf das ästhetische Erscheinungsbild des Gesichts (Ferrario, Sforza, Ciusa, Dellavia, & Tartaglia, 2001; Ferrario et al., 1995).

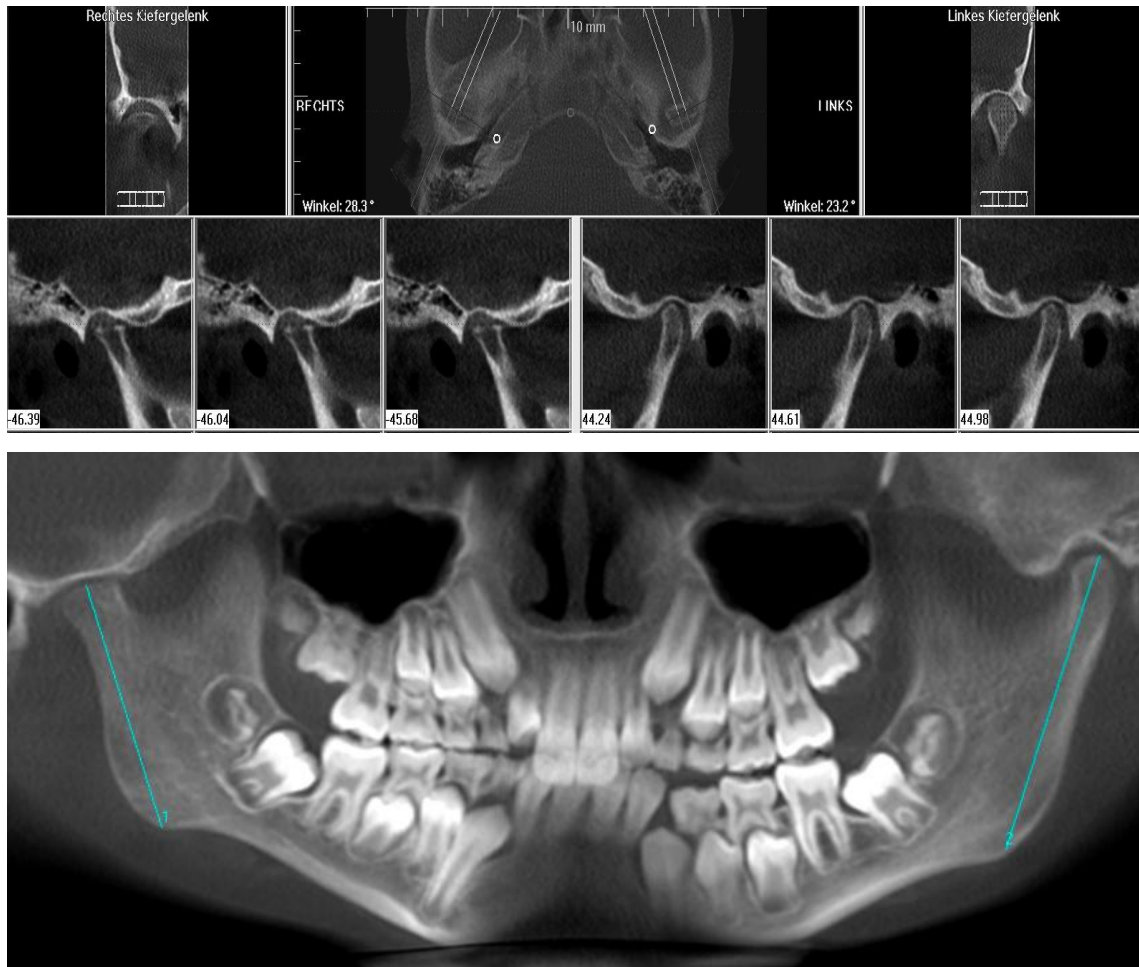


Abbildung 8. DVT-Auschnitt: Kondylen, Patient mit JIA, weiblich, 10 Jahre, Oligoarthritis, extended (polyartikulärer Verlauf) (Koos et al., 2014)

Die Weichgewebsveränderungen der Gesichtsasymmetrie bei JIA-Patienten wurden bislang nur auf Gesichtsregionen bezogen und nur nach Einteilung der JIA-Patienten nach TMJ-Beteiligung analysiert (Demant et al., 2011). Es existiert bislang noch keine Studie über die auffälligen Strecken und prozentualer Asymmetrie für JIA-Patienten außerhalb der Gruppeneinteilung. Da nicht von allen Patienten eine MRT oder eine DVT vorlag, wurde auf die Einteilung nach dem betroffenen TMJ verzichtet, sondern stattdessen die Veränderungen des Weichgewebes im kraniofazialen Bereich bezüglich der Asymmetrie im Vergleich zu gesunden Patienten analysiert.

4.3 Methoden- und Ergebniskritik

4.3.1 Patientenauswahl

Die retrospektiv eingeschlossenen Patientendaten stammten aus der Poliklinik der Kieferorthopädie der Universitätsklinik Kiel, zugehörig zum Universitätsklinikum Schleswig-Holstein. Die Studienpopulation besteht aus 100 konsekutiv behandelten Patienten der Kieferorthopädie mit der Diagnose juvenile idiopathische Arthritis. Patienten mit vorangegangenen Operationen am knöchernen Schädel- oder im Gesichtsbereich, sowie Patienten mit einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (LKG), Traumata oder syndromalen Erkrankungen (kraniofaziale Syndrome) wurden nicht in die Studie mit einbezogen.

Von den 100 Probanden sind 72% weiblichen und 28% männlichen Geschlechts. Das Alter der Probanden dieser Studie liegt zwischen 3 und 20 Jahren, von denen 89 Probanden ein Alter zwischen 6 und einschließlich 16 Jahren aufweisen.

Alle Probanden hatten eine vorherige oder aktuelle Diagnose. Jedoch wird in dieser Studie keine Rücksicht auf das betroffene TMJ genommen.

4.3.2 Dreidimensionale Aufnahmen und Weichgewebsanalyse

Das Verhalten fazialer Weichteile ist bei der kieferorthopädischen Behandlung Gegenstand vieler Untersuchungen und ist auch für einen ästhetischen Behandlungserfolg nötig. Primär kann das untere Gesichtsdrittel in der Kieferorthopädie beeinflusst werden. Das Untergesicht ist im anterioren und posterioren Anteil je nach Therapiewahl veränderbar (Kochel, Meyer-Marcotty, Kochel, Schneck, & Stellzig-Eisenhauer, 2010).

Das Ziel dieser Studie war es, die Weichgewebsveränderungen der Gesichtsmorphologie bei Patienten mit einer juvenilen idiopathischen Arthritis (JIA) in Bezug auf Gesichtsasymmetrien und Wachstumsentwicklung mittels des dreidimensionalen VECTRA® 3D Imaging System zu analysieren.

Zum Vergleich unserer Ergebnisse mit anderen Studien musste auf die metrische Analyse, wie es in anderen Studien der Fall war (Demant et al., 2011; Ferrario et al., 2001; Shaner et al., 2000), verzichtet werden und sich ausschließlich auf die prozentualen Asymmetrien bezogen werden.

4.3.3 Reproduzierbarkeit der Messpunkte

Um unsere Studienergebnisse beurteilen zu können, muss auf die Frage eingegangen werden, ob dreidimensionale Messpunkte reproduzierbar sind. Die Reproduzierbarkeit von kephalometrischen, sowie auch die von Weichteilmessungen, wurden bereits in verschiedenen Studien untersucht (Gwilliam, 2006; Hajeer et al., 2002; Plooij et al., 2009; Toma, Zhurov, Playle, Ong, & Richmond, 2009).

Wichtig ist zuerst einmal, dass die Messpunkte für die Auswertung eindeutig definiert sein müssen, wozu sich diese Studie, wie auch die anderen bekannten Studien (Leslie G. Farkas, 1994; Gwilliam, 2006; Hajeer et al., 2002), an den definierten Punkten von Farkas und Hajeer et al. (Leslie G. Farkas, 1994; Hajeer et al., 2002) orientiert. Die Messpunkte müssen zum Vergleich reproduzierbar sein (Berneburg et al., 2010).

In der Studie von Gwilliam waren bei nur einem Untersucher 12 von 24 Punkten mit einer Standardabweichung von < 1 mm reproduzierbar. Bei mehreren Untersuchern waren nur 2 Punkte auf allen 3D-Scans reproduzierbar (Gwilliam, 2006). Bei Hajeer et al. hingegen waren 20 von 30 Punkten mit einer Standardabweichung von $< 0,5$ mm sehr gut reproduzierbar. Jedoch wurde auf die Untersuchung der Reproduzierbarkeit bei mehreren Untersuchungen verzichtet und der Abstand zwischen den Auswertungen betrug maximal eine Woche (Hajeer et al., 2002). Es ist möglich, dass sich die Untersucher nach kurzem zeitlichen Abstand an die Position der Punkte erinnern und die Studienergebnisse daher besser scheinen (Berneburg et al., 2010). Dieser Memoryeffekt kann durch einen Abstand zwischen den Auswertungen ≥ 2 Wochen vermieden werden (Peerlings, Kuijpers-Jagtman, & Hoeksma, 1995).

Ein möglicher Grund für eine schlechte Reproduzierbarkeit mancher Punkte ist möglicherweise die Bildqualität. Im Bereich von Ohren und Haaren können auf den Abbildungen kleine Hohlräume entstehen, die die genaue Positionierung von Punkten erschweren (Berneburg et al., 2010). Die in unserer Studie relevanten Messpunkte wie Gonion und Euryon sind relativ schlecht reproduzierbar, da diese Punkte auf Weichgewebkonturen ohne Ecken und Vorsprünge liegen und daher eine definierte Position vor allem in der y- und z- Achse schwer festzulegen ist. Bei der x-Achse kann möglicherweise das Hautbild einen Anhaltspunkt für die korrekte

Punktposition bieten und ist somit besser positionierbar (Berneburg et al., 2010; Gwilliam, 2006; Hajeer et al., 2002).

Der Punktposition des Gonions ist aber besonders aussagekräftig und muss im Falle konstruiert werden (Berneburg et al., 2010).

Die Ergebnisse zur Reproduzierbarkeit fallen besser aus, wenn nur ein Untersucher die Auswertung durchführt. Als signifikanter Grund wird die Einarbeitung in die Software genannt. Der Untersucher ist mit den Funktionen wie Zoomen, Rotieren, Kontrast verschärfen usw. vertraut und kann somit die dreidimensionalen Bilder besser zum Auffinden der Messpunkte nutzen (Berneburg et al., 2010).

Ungenauigkeiten durch Betrachterwechsel konnten somit ausgeschlossen werden (Schwenzer & Austermann, 2002).

Die dreidimensionalen Aufnahmen wurden, im Rahmen der klinischen Routinehandlung, von der Fotografin der kraniofazialen Fehlentwicklungs- und Helmtherapie-Sprechstunde durchgeführt. Bei der Auswertung der dreidimensionalen Aufnahmen ist aufgefallen, dass manche Patienten ein wenig gelächelt haben und die vorgegebene Positionierung nicht korrekt umsetzen konnten. Bei der aufgesetzten Haube, die dazu diente die Haare aus dem Gesicht fern zu halten, wurden zum Beispiel der Stirnansatz und der Hinterkopf verdeckt, was eine genaue Positionierung der Auswertungspunkte nicht immer ganz möglich machte. Die Punkte wurden dann in der Auswertung nicht berücksichtigt. Manchmal konnte der Tragus nicht korrekt eingezeichnet werden, da das VECTRA System dieses Gebiet nicht fehlerfrei aufgenommen hat. Dies ist auf die Bildqualität zurück zu führen. Im Bereich von Ohren und Haaren können auf den Abbildungen kleine Hohlräume entstehen, die die genaue Positionierung von Punkten erschwert (Berneburg et al., 2010).

Bei einer weiterführenden Studie mit einer Analyse kraniofazialer Anomalien bei Patienten mit gesicherter juveniler idiopathischer Arthritis mittels 3D Gesichtsscan muss darauf geachtet werden, dass die dreidimensionalen Aufnahmen hinsichtlich der Bildqualität von relevanten Messpunkten besser durchgeführt wird.

4.4 Weichgewebsasymmetrie

Wie schon in Kapitel 1 beschrieben wurde, ist eine Asymmetrie nach Dorlands Medizin Lexikon (2007) als eine Ungleichheit von den entsprechenden Körperpartien unterschiedlicher Körperhälften, die normalerweise gleich sind, definiert. Faziale

Asymmetrien beschreiben also, dass eine Seite größer als die andere ist (Smith, 2000).

4.4.1 Vergleichbarkeit zwischen Studien

Die Studie von Shaner et al. gibt an, dass normale Weichgewebsasymmetrien von der unteren und mittleren Gesichtsregion nicht über 5 mm beim männlichen Geschlecht und 6 mm beim weiblichen Geschlecht hinaus gehen. Bei den Messungen, die die untere Gesichtsregion betreffen, liegt eine größere Varianz der Asymmetrie im Normalfall vor (Shaner et al., 2000).

Die metrische Analyse nach Shaner ist nicht vergleichbar. Daher muss sich von der metrischen Analyse gelöst werden und eine prozentuale individuelle Asymmetrie für die realistische Vergleichbarkeit errechnet werden.

Der Grund keine metrische Analyse für einen Vergleich der Werte untereinander oder auch miteinander zu führen, ist zuerst einmal die Tatsache, dass sich unsere Patienten im Wachstum befinden. Somit muss für einen realistischen Vergleich die prozentuale individuelle Asymmetrie betrachtet werden. Zusätzlich kommt hinzu, dass die Altersgruppe unserer Patienten eine relativ große Altersspanne von 3 bis 20 Jahren aufweist und auch die Altersgruppe unserer gesunden Patienten aus der Vergleichsstudie (Shaner et al., 2000) unterschiedlich ist. Zudem werden hier zum Teil unterschiedliche Distanzverhältnisse miteinander verglichen.

Um einen realistischen Vergleich zwischen den als normal gewerteten Asymmetrien bei gesunden Patienten aus der Shaner Studie mit den prozentual individuellen Asymmetrien unserer JIA-Probanden ziehen zu können, müssen die Distanzwerte von der rechten und linken Gesichtshälfte aus Shaners Studie mit folgender Formel prozentual umgerechnet werden.

$$\left| \frac{\text{LinkeDISTANZ} - \text{RechteDISTANZ}}{\text{LinkeDISTANZ}} \right| \cdot 100$$

Formel 1. Metrische Distanzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte prozentual umgerechnet

Dabei entsteht zum Beispiel bei der Distanz Gonion zu Pogonion bei einem Distanzwert von 92,5 mm auf der rechten Gesichtshälfte und bei einem Distanzwert

von 87,7 mm auf der linken Gesichtshälfte eine Abweichung von 5,47%. Dies ist der durch die oben aufgeführte Formel errechnete Maximalwert von allen vorliegenden Messdistanzen nach Shaner (Shaner et al., 2000) für gesunde Probanden. Um einen Sicherheitsraum zu schaffen, bewerten wir eine Abweichung von der rechten zur linken Gesichtshälfte ab einem Grenzwert von 6% als eine pathologische Asymmetrie des Weichgewebes im kraniofazialen Bereich.

Nach dem definierten Asymmetriegrenzwert von 6% zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte bei gesunden Patienten, lässt sich die Aussage treffen, dass bei einem Wert $\geq 6\%$ eine auffällige Asymmetrie bei unseren JIA-Patienten vorliegt.

4.4.2 Asymmetrisch auffällige Distanzen des Weichgewebes im kraniofazialen Bereich

Anhand der in Kapitel 3.3.1 dargestellten Ergebnisse der Verhältnisse der frontal gemessenen Distanzen wird auffällig, dass die Asymmetrien im Durchschnitt bei den JIA-Patienten deutlich über der 6% Grenze liegen, mit der Ausnahme von „Relation GoN-f R.L. [%]“, der sowohl beim Mittelwert als 5,16% (SD=5,28%) bzw. in die normale Asymmetrie fällt. Da dieser Wert jedoch relativ dicht am Grenzwert liegt, und dieser nur wegen einem Sicherheitsabstand so hoch gewählt wurde, kann man „Relation GoN-f R.L. [%]“ mit einem leichten Trend zur asymmetrischen Auffälligkeit bewerten. Die Spannweite der Asymmetrien liegt beim Mittelwert zwischen 8,64% und 17,94%.

Im Vergleich zu den frontalen Distanzverhältnissen liegen bei den lateralen Messungen kleinere Abweichungen vor. Die Spannweite der Mittelwerte von den Distanzverhältnissen liegt zwischen 6,54% und 9,67%. Der Medianwert wird hier nicht berücksichtigt. Laut der Definition des Grenzwertes von 6% zeigen alle Distanzverhältnisse eine auffällige Asymmetrie auf, auch wenn sie kleiner als bei den frontalen Messungen sind.

Die dargestellten Ergebnisse von den Verhältnissen der distal gemessenen Distanzen in Kapitel 3.3.3 zeigen nur bei der Distanz „Relation TraGo-d R.L.“ ein Überschreiten des Grenzwertes von 6%. Alle anderen Distanzverhältnisse liegen mit dem Mittelwert bei 2% oder 3%. „Relation TraGo-d R.L.“ liegt mit einem Mittelwert von 7,79% (SD=6,94%) deutlich über dem Grenzwert.

Diese Ergebnisse lassen sich auf den Entzündungsprozess der TMJ während des Wachstums zurückführen.

Beim Größenwachstum der Mandibula spielt das Kieferköpfchen des Unterkiefers eine wichtige Rolle (Strub et al., 2005). Es beeinflusst vor allem die Wachstumsrichtung, weniger die voluminöse Knochenzunahme (Strub et al., 2005). Zum Wachstumsmuster trägt die Wachstumsrichtung des Processus condylaris bei und beeinträchtigt die Unterkieferrotation.

Ein größeres Ausmaß an mandibulärer Reposition und einem verkleinerten Unterkiefer wurde bei Patienten mit kompletter Zerstörung des Kiefergelenkköpfchens im Vergleich zu den Patienten mit nur teilweise zerstörtem Kondylus gefunden (Kjellberg et al., 1995; Larheim & Haanaes, 1981; Larheim, Haanaes, & Ruud, 1981; Stabrun et al., 1988). Bei Patienten mit JIA besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass eine Retrognathie (67%) und eine posteriore Rotation (52%) des Unterkiefers vorliegen. Bei Beteiligung der TMJ steigt die Wahrscheinlichkeit auf 82% bzw. 58% an. Laut Twilt et al. scheint eine Retrognathie und eine posteriore Rotation des Unterkiefers ein Anzeichen für einen TMJ-Befall bei Patienten mit JIA zu sein (Twilt et al., 2006). Die hohe Prävalenz der Retrognathie und der posterioren Rotation bei allen Patienten mit JIA kann durch einen negativen Effekt aufs kraniofaziale Wachstum, bedingt durch die Erkrankung JIA selbst, erklärt werden (Twilt, Schulten, Prah-Andersen, & van Suijlekom-Smit, 2009).

Da die Wachstumsfugen der mandibulären Kondylen subchondral lokalisiert sind und sich die rheumatische Entzündung direkt auf die Wachstumsfugen auswirkt, beeinflusst die JIA die kraniofazialen Strukturen. Dies führt zum Teil noch vor symptomatischen Beschwerden zu verfrühten Wachstumsstörungen und Fehlbildungen des Unterkiefers. Daraus resultiert ein verändertes Erscheinungsbild durch eine Unterkieferretrognathie, einem vertikalen Überbiss, einem vergrößerten Overjet und eine Verbreiterung des Kieferwinkels (Arabshahi, Baskin, & Cron, 2007; Demant et al., 2011; Sidiropoulou-Chatzigianni et al., 2001). Zusätzlich wirkt sich die Destruktion der JIA auf Länge des mandibulären Ramus aus. Diese kraniofazialen Asymmetrien demonstrieren die Wichtigkeit einer frühen Diagnose und eine rechtzeitige Behandlung zur Vermeidung dieser Wachstumsstörungen (Koos, Gassling, Bott, Tzaribachev, & Godt, 2014).

Derzeitige Studien beschreiben Wachstumsveränderungen assoziiert mit JIA und Beteiligung der TMJ. Allerdings haben sich diese zuerst einmal auf die knöchernen

Komponenten des Gesichts mittels Röntgenaufnahmen bezogen (Koos, Gassling, et al., 2014). Diese zeigen in den allermeisten Fällen jedoch nur die Spätfolgen der Gelenkentzündung und geben keine Aussage über die vorhandene Entzündung (Arabshahi et al., 2007).

Ein großer Unterschied bei der JIA tritt im Gegensatz zu gesunden Patienten bei den kondylären Läsionen und den veränderten kraniofazialen Strukturen, sowie der Unterkiefer-Retroposition und der posterioren Rotation des Unterkiefers auf (Sidiropoulou-Chatziagianni et al., 2001).

Die Hälfte der JIA-Patienten weist eine Beziehung zwischen dem Typ der JIA und der Läsion der Kondylen auf. Es liegen 75% kondyläre Läsionen beim polyartikulären und 20% beim pauciartikulären Typ vor (Ince et al., 2000; Pedersen et al., 2001; Sidiropoulou-Chatziagianni et al., 2001, 2008).

JIA-Patienten haben eine veränderte faziale Morphologie vor allem bei Beteiligung der TMJ (Twilt et al., 2006). Sie weisen eine steilere Unterkieferplane und vermehrte anteriore Gesichtshöhen auf. Es scheint ein Effekt von einem weiter anterior verlagerten schmalen Unterkiefer bei Kindern mit JIA zu sein, der illustriert wird von einem verkleinerten N-S-Ar-Winkel im Vergleich zum N-S-Ba-Winkel (Kjellberg et al., 1995). Der Rückschluss, dass die Kondylen weiter anterior in der Fossa positioniert sind, stimmt mit Ergebnissen Röntgenstudien überein (Larheim, Dale, & Tveito, 1981; Larheim, Haanaes, & Dale, 1981; Stabrun, 1991).

Weibliche Patientinnen mit bilateraler innerer Schädigung des TMJ haben signifikante größere Asymmetrien in vertikaler Position des Antegonium. Bei fortgeschrittener innerer Schädigung des TMJ auf einer Seite ist der Ramus auf ipsilateraler Seite kürzer. Daraus entsteht eine signifikante Asymmetrie in dieser Region. In den anderen Regionen besteht keine prägnante Asymmetrie. Folglich entsteht eine Entwicklung von vertikaler mandibulärer Diskrepanz (Trpkova, Major, Nebbe, & Prasad, 2000).

Bei unilateralem Befall der TMJ kommt es zum asymmetrischen Wachstum mit Unterentwicklung der betroffenen Seite (Stabrun, 1991; Stabrun et al., 1988).

Maurice et al. berichteten, dass eine mandibuläre dimensionale Asymmetrie von 2- 3 mm Unterschied zwischen beiden Seiten der Mandibular eine mögliche Auswirkung auf das äußere Erscheinungsbild haben kann, wohingegen Skvarilova 4-5 mm noch als normale Asymmetrie betrachtet (Maurice & Kula, 1998; Skvarilova, 1993).

Ramirez-Yanez klassifizierte den Unterschied zwischen den beiden Seiten der Mandibula von 3- 5 mm als moderate Asymmetrie, wohingegen eine ausgeprägte Asymmetrie bei größer 5mm vorliegt (Ramirez-Yanez, Stewart, Franken, & Campos, 2011).

Wie sich diese beschriebenen knöchernen Komponenten auf das kraniofaziale Weichgewebe auswirken, bedarf noch weiterer Untersuchung.

Das Überschreiten des Grenzwertes der direkt gemessenen Distanz „Relation TraGo-d R.L.“ in Kapitel 3.3.3 zeigt, dass sich die Entzündung der TMJ besonders auf das vertikale untere Gesichtsdrittel auswirkt.

Dies lässt sich vermutlich damit belegen, dass kondyläre Läsionen, die radiologisch sichtbar sind, die Folge von der Entzündung der TMJ-Strukturen während des Wachstums sind. Sie spiegeln die verzögerte Unterkieferentwicklung und die rückwärts rotierenden Wachstumsstrukturen wieder und scheinen nach Kjellberg et al. der Hauptgrund für die abweichende kraniofaziale Morphologie und für die Okklusion bei Patienten mit chronischer Arthritis zu sein (Barriga, Lewis, & Law, 1974; Kjellberg, 1998; Larheim, Haanaes, & Dale, 1981; Larheim, Haanaes, & Ruud, 1981; Ronning & Valiaho, 1975; Stabrun et al., 1988; Teittinen & Jamsa, 1984).

Wie die Ergebnisse darlegen, scheinen sich auch die Entzündungen der TMJ-Strukturen auf das Weichgewebe des Gesichts der JIA-Patienten auszuwirken.

Warum die anderen distal gemessenen Distanzen keine asymmetrische Auffälligkeit aufweisen ist noch zu klären.

4.4.3 Vergleich mit den Ergebnissen von Demant et al. 2011

In Demants Studie wird die Einteilung der TMJ-Beteiligung bei einer vorliegenden JIA anhand einer Panoramaschichtaufnahme vorgenommen (Demant et al., 2011).

Anhand einer Panoramaschichtaufnahme, wie es in der Studie nach Demant (Demant et al., 2011) der Fall war, lässt sich keine aktive Entzündung signifikant nachweisen. Es gibt nur Auskunft, ob eine Destruktion im Kiefergelenk vorliegt, jedoch nicht über den Entzündungsgrad (Arabshahi et al., 2007). Sie sollte daher nicht zur routinemäßigen Klassifizierung genutzt werden. Sind Befunde, die die Diagnose beeinflussen zu erwarten, wird ein zusätzliches MRT in Erwägung gezogen (Winocur, Reiter, Krichmer, & Kaffe, 2010).

Im Vergleich zu kieferorthopädischen und rheumatologischen Untersuchungen sowie Ultraschalluntersuchungen kann mittels MRT die TMJ-Beteiligung bzw. Nichtbeteiligung bei den JIA-Patienten prognostiziert werden (Müller et al., 2009). Um eine Unter- oder Überbehandlung von JIA- Patienten zu verhindern, kann für eine korrekte Diagnose unterstützend die Gadolinium- verbesserte Magnetresonanztomographie hinzugezogen werden (Koos, Twilt, et al., 2014).

Es ist zwar möglich jedem jungen JIA-Patienten einem MRT zu unterziehen, um eine genaue Klassifizierung durchführen zu können, jedoch fraglich, ob der emotionale Stress für die JIA- Patienten, wie es in der Studie von Jaite (Jaite et al., 2013) beschrieben wird, zu rechtfertigen ist. In dieser Studie verzichteten wir daher auf die Klassifizierung.

Die Gruppeneinteilung nach uni-, bilateraler und keiner TMJ-Beteiligung zeigt bei Demant (Demant et al., 2011) eine durchschnittliche Asymmetrie von 1,7 mm auf, hauptsächlich im Mittelgesicht. Die Gruppe mit keiner TMJ-Beteiligung zeigt eine ansteigende Asymmetrie von rund 2,3 mm im Bereich der unteren Wange. Die Gruppe mit unilateraler TMJ-Beteiligung weist hingegen im Unterkiefer im Bereich von der Kondyle zum Kinn eine durchschnittliche Asymmetrie von bis zu 3,5 mm auf. Die Gruppe mit bilateraler Beteiligung zeigt einen Anstieg von Gesichtsasymmetrie, der jedoch geringer ist als bei der unilateralen Beteiligung (Demant et al., 2011).

Zwar stellen wir die Gruppeneinteilung und die metrische Darstellung der Messergebnisse von Demant in Frage, dennoch zeigen selbst unsere metrischen Messergebnisse im Durchschnitt in Kapitel 3.6 weitaus stärkere Asymmetrien. Unsere Mittelwerte der metrischen Verhältnisse der Distanzen haben eine Spannweite zwischen 2,88 mm (SD=2,07 mm) und 11,00 mm (SD=10,81 mm). „Relation TraSn-f R.L.“ und „Relation TraSto-f R.L.“ weisen mit den Mittelwerten 11,00 mm und 10,28 mm die größte Asymmetrie der Distanzverhältnisse auf.

In der Literatur waren keine Angaben speziell zu vergrößerten Distanzen im Mittelgesicht zu finden. Dennoch ist zu beachten, dass es noch weitere Faktoren gibt, die einen möglichen Einfluss auf die abweichende kraniofaziale Morphologie haben können wie zum Beispiel die Kopfhaltung (Solow & Kreiborg, 1977), gedehntes Weichgewebe, Krankheitsaktivitäten und –schübe (Stabrun et al., 1988), medikamentöse Therapie, Typ beim Ausbruch der Erkrankung, Muskelschwäche (Kiliaridis, Mejersjo, & Thilander, 1989), verminderte funktionelle Fähigkeiten, orthodontische Therapie und dem Kauapparat (Kjellberg, 1998; Kjellberg et al.,

1995). Die Kombination von diesen Faktoren mit den Entzündungsauswirkungen der JIA können die Asymmetrien der „Relation TraSn-f R.L.“ und „Relation TraSto-f R.L.“ erklären.

4.4.4 Asymmetrisch auffällige Winkel

Anhand der Ergebnisse von den Verhältnissen der gemessenen Winkel in [%] in Tabelle 18 lassen sich keine auffälligen Asymmetrien auffinden, obwohl in der Literatur Angaben zur Verbreiterung des Kieferwinkels (Arabshahi et al., 2007; Demant et al., 2011; Sidiropoulou-Chatzianni et al., 2001) vorliegen. Zu vermuten ist, dass die normale Kieferwinkelverkleinerung während des Wachstums durch die entzündungsbedingte Verbreiterung des Kieferwinkels kompensiert wird und daher keine Auffälligkeiten bei unseren JIA-Patienten vorzufinden sind.

4.4.5 Geschlechterspezifischen Analyse

Bei der geschlechterspezifischen Analyse gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben (Ercan et al., 2008; Ferrario et al., 2001; Smith, 2000). Die Anzahlen der signifikanten Asymmetrien sind im Allgemeinen bei dem weiblichen Geschlecht höher als bei dem männlichen (Ercan et al., 2008; Shaner et al., 2000).

Nach den Ergebnissen in Kapitel 3.5.2 treten auch in unserer Studie bei den folgenden Verhältnissen der Distanzen zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte nach dem nichtparametrischen Wilcoxon Test signifikante Unterschiede zwischen den weiblichen und männlichen Patienten auf.

Bei „Relation GoSn-f R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz laut der Chi-Quadrat-Approximation von 0,0222*, bei „Relation GoSto-f R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0215*, bei „Relation TraMe-l R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0170*, bei „Relation TraN-f R.L. [%]“ liegt ein signifikanten Trend von 0,0677*, bei „Relation TraPog-l R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0099*, bei „Relation TraSn-f R.L. [%]“ liegt eine Signifikanz von 0,0476* und bei „Relation TraSn-l R.L. [%]“ liegt ein signifikanter Trend von 0,0579* vor. Bei den Ergebnissen der Verhältnisse der Winkel in [%] treten geschlechterspezifisch keine Signifikanzen auf, dennoch ist ein signifikanter Trend bei den Verhältnissen „Relation TraGoPog R.L. [%]“ mit $\text{Chi}^2=0,0643$ und „Relation TraGoMe R.L. [%]“ mit $\text{Chi}^2=0,0912$ zu beobachten.

Alle Werte liegen unterhalb des definierten Grenzwertes. Dennoch weisen die weiblichen Patienten Mittelwerte auf, die immer größer sind, als die der männlichen Patienten. Somit lässt sich von einer weiblich größeren Tendenz zu asymmetrischen Auffälligkeiten im Weichgewebe des kraniofazialen Bereiches sprechen.

4.4.6 Asymmetrien der Gesichtshälften

Für die Aussage, welche Gesichtshälfte dominant ist, gibt es in der Literatur keine eindeutige Übereinstimmung. In manchen Studien wird die Dominanz der rechten Gesichtshälfte (L. G. Farkas & Cheung, 1981; Ferrario et al., 1995; Ferrario, Sforza, Poggio, & Tartaglia, 1994; Shaner et al., 2000), wohingegen in anderen Studien die linke Gesichtshälfte als dominant beschrieben wird (Ercan et al., 2008; McIntyre & Mossey, 2002; Vig & Hewitt, 1975). Daher haben wir keine Analyse über die dominante Gesichtshälfte gemacht. Uns interessiert viel mehr, inwiefern welche Distanzen und Winkel des Weichgewebes im kraniofazialen Bereich auffällig sind.

4.4.7 Asymmetrien von Gesichtsregionen

In der Literatur gibt es unterschiedliche Angaben zu signifikanten Asymmetrien in bestimmten Gesichtsregionen. Nach einer Studie von Farkas liegen die größten Weichgewebsasymmetrien im unteren Gesichtsdrittel mit 69,2% (L. G. Farkas & Cheung, 1981). Ferrario beschreibt eine Weichgewebsasymmetrie im mittleren (Tragus) und unteren (Gonion) Gesichtsdrittel (Ferrario et al., 1994). Die Messpunkte Tragon und Gonion wird eine starke asymmetrische Eigenschaft zugeschrieben (Ferrario et al., 2001; Shaner et al., 2000). Dies wird auch bei unseren Ergebnissen deutlich. „Relation TraSn-f R.L.“ und „Relation TraSto-f R.L.“ weisen mit den Mittelwerten 11,00 mm und 10,28 mm die größte Asymmetrie der Distanzverhältnisse auf.

„Relation TraGo-d R.L.“ zeigt bei den distal gemessenen Werten ein Überschreiten des Grenzwertes. Zusätzlich weisen die Distanzverhältnisse „Relation TraGo-d R.L.“ und „Relation TraN-d R.L.“ jeweils bei 52% unserer JIA-Patienten eine pathologische Asymmetrie $\geq 6\%$ auf. Die Aussage in der Literatur bestätigt, dass im unteren Gesichtsdrittel größere Weichgewebsasymmetrien vorliegen (Haraguchi, Takada, & Yasuda, 2002; Shaner et al., 2000). Jedoch wird auch beschrieben, dass im unteren Gesichtsdrittel auch größere Weichgewebsasymmetrien vorliegen als im mittleren

oder oberen Gesichtsdrittel (Haraguchi et al., 2002; Shaner et al., 2000). Die „Relation TraN-d R.L.“ gehört zum mittleren bzw. oberen Gesichtsdrittel und scheint laut unseren Ergebnissen ebenfalls genauso stark beeinflusst zu sein wie das untere.

4.5 Kraniofaziale Anomalien

Eine kraniofaziale Anomalie ist eine wachstumsbedingte Fehlbildung, die vor allem den Schädel, das Gesicht und den Kiefer betrifft. Sie kann eine erworbene oder anlagebedingte Wachstumsstörung sein (Schwenzer & Austermann, 2002).

Das Ausmaß der Erkrankung der JIA-Patienten ist vergleichbar mit den Weichgewebsasymmetrien der kraniofazialen Anomalien der Syndrom- und Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten. Dies unterstreicht die erhöhte Relevanz der Analyse der Weichgewebsasymmetrien von JIA-Patienten.

4.5.1 Vergleich mit Syndrom-Patienten

Vergleicht man die prozentualen Ergebnisse der Weichgewebsasymmetrien der JIA-Patienten mit denen der häufig relevanten Syndrom-Patienten aus der Studie von Shaner (Shaner et al., 2000), fallen ähnlich hohe Asymmetrien bei beiden Krankheitsgruppen auf. Die maximale Abweichung zwischen rechter und linker Gesichtshälfte der Syndrom-Patienten liegt ebenfalls bei der Distanz zwischen Gonion und Pogonion mit einer Asymmetrie von 10,10% nach der Errechnung mit der Formel 1 vor.

Nach den Ergebnissen der JIA-Patienten mit einem Maximum von 17% lässt sich somit schließen, dass die Population mit JIA zum Teil vergleichbar schwere kraniofaziale Anomalien aufweisen wie Syndrom-Patienten.

4.5.2 Vergleich mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten

Zwar besteht bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten bei einer einseitigen Spalte kein Zusammenhang zwischen Asymmetrie und der Spaltseite und es sind sowohl symmetrische als auch asymmetrische Weichgewebeverlagerungen im oberen und unteren Mittelgesicht zu beobachten, umso wichtiger ist die Tatsache, dass die therapeutischen Maßnahmen mit einer Gaumennahterweiterung und einer Delaire-Maske eine deutliche Beeinflussung auf das Weichgewebe der Patienten

zeigen, die sich als Vorverlagerung und Vorschwenkung im unteren Mittelgesicht im dento-alveolären Bereich widerspiegelt (Sade Hoefert et al., 2010).

Bei Patienten mit einer einseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte bestehen bezüglich der Asymmetrie statistisch signifikante Unterschiede im Bereich des Kieferwinkels (Kurt, Bayram, Uysal, & Ozer, 2010). Auch bei Patienten mit einer beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte liegen, im Vergleich zu Patienten ohne Spalte, erhöhte Asymmetrien vor, die mit dem Wachstum ansteigen und ihr größtes Ausmaß im postpubertären Wachstumsschub erreichen (Laspos, Kyrkanides, Tallents, Moss, & Subtelny, 1997).

Im interdisziplinären Kontext der Zahnheilkunde verstärken die Aussagen aus Kapitel 4.4.1 und Kapitel 4.4.2 die erhöhte Relevanz der Untersuchung und Behandlung der JIA-Patienten. Die Tatsache, dass ähnliche hohe Asymmetrien bei den Syndrom-Patienten und LKG-Spalten-Patienten auftreten, wie bei den JIA-Patienten, stellt einen hohen Stellenwert der Erkrankung JIA dar.

Die gleichen auffallenden Wachstumsstörungen unterstreichen die Wichtigkeit der Patientengruppe der JIA-Patienten.

4.6 Wiederherstellung der Alteration

Die Wiederherstellung der Alteration des kraniofazialen Wachstums ist möglich, wenn die JIA in ihrer Aktivität vermindert wird. Bei den meisten Patienten kann die Aktivität der Erkrankung JIA durch medikamentöse Therapie kontrolliert werden (Twilt et al., 2009). Bei niedriger Krankheitsaktivität kann die kondyläre Umbau sich verbessern oder sogar regenerieren (Twilt et al., 2008). Eine 5-Jahres Studie von Twilt et al. hat gezeigt, dass die posteriore Rotation häufiger eine Verbesserung aufweist als die Retrognathie. Die posteriore Rotation beschreibt die vertikale Beziehung/Relation und die Retrognathie die sagittale Relation. Das sagittale Wachstum wird vom kondylären Wachstum durch Knochenremodellierung gelenkt. Zytokine, vor allem Interleukin 6 beeinflusst die Remodellierungsprozesse des Knochens. Dies kann der Grund sein, weshalb die Retrognathie bei Patienten mit JIA verbleibt (Twilt et al., 2009).

4.7 Vergleichbarkeit von zwei- zu dreidimensionalen Aufnahmen

4.7.1 Vorteile von dreidimensionaler Auswertung

Bei den bisherigen kephalometrischen Studien zur Untersuchung der skelettalen und weichgeweblichen Strukturen werden gesunde Kinder ionisierende Strahlen ausgesetzt (Berneburg et al., 2010). Dies ist durch den VECTRA® 3D zu vermeiden. Durch die Schnelligkeit und Strahlungsfreiheit der Aufnahmen mit dem VECTRA® 3D Imaging System erlaubt es den Einsatz auch bei Kindern.

Im Vergleich zu zweidimensionalen Bildern weisen dreidimensionale Bilder vermehrt Vorteile auf. Der menschliche Körper ist dreidimensional. Um genaue Messungen vom Kopf machen zu können, muss die Bilderfassung ebenfalls dreidimensional sein. Nur mit dreidimensionalen Bildern können volumetrische Messungen angefertigt werden, um Unterschiede in Form und Gestalt vergleichen zu können. Zusätzlich kann der Benutzer praktisch eine unbegrenzte Auswahl von zweidimensionalen Images von dreidimensionalen Images übernehmen, indem er das dreidimensionale Bild in die geeignete Betrachtungsperspektive rotiert und diese dann als 2D-Image sichert. Perspektiven, die praktisch mit einer 2D-Kamera unmöglich oder besonders schwer zu erfassen sind, sind leicht mit der Benutzung der 3D-Bildern zu erhalten (O'Neal, 2014). Es entstehen überlagerungsfreie Darstellungen (Nitsche, Menzebach, & Wiltfang, 2011), die es ermöglichen die Gesichter der Patienten so exakt wie möglich abzubilden und auszuwerten.

Demzufolge sind 3D-Images zeitlos, indem sie dem Benutzer erlauben jederzeit 2D-Images abzurufen, wohingegen der Fotograf alle 2D-Images während der ersten Fotosession erfassen muss (O'Neal, 2014).

Die dreidimensionalen Aufnahmen liefern Details über die dreidimensionale Asymmetrie, die die Anzahl, den Ort und das räumliche Ausmaß der Asymmetrie beschreibt. Zusätzlich kann man die unterschiedlichen Richtungen der Asymmetrie in transversal, sagittal und vertikal unterteilen und unterscheiden (Demant et al., 2011).

Die dreidimensionale Gesichtsoberfläche kann sehr genau wieder gegeben werden. Winder et al. gibt eine Abweichung von 0,057 mm und eine Varianz von 0,0016 mm in seiner Studie an (Winder, Darvann, McKnight, Magee, & Ramsay-Baggs, 2008).

Bei VECTRA System wird die, durch die mögliche Bewegung der jungen Patienten hervorgerufene, Unschärfe durch Kompensationsalgorithmen nahezu ausgeglichen. Weitere Vorteile sind automatische Datenerfassung und Auswertung, virtueller

Datenaustausch, fotorealistische Dokumentation, exakte Verlaufskontrolle und Auswirkung der Erkrankung auf Weichgewebsteile des Gesichtes (Canfield Scientific, 2014).

Studien betreffend der dreidimensionalen Analyse von Weichgewebe haben eine präzise und umfassende Weichteildiagnostik erwiesen (Kochel et al., 2010).

4.7.2 Prozentuale Verteilung von erhöhter Asymmetrie bei JIA-Patienten

Alle dreidimensionalen Aufnahmen mit dem VECTRA® 3D Imaging System wurden im Rahmen der Aufnahmediagnostik erstellt und zur Analyse in das Software Programm OnyxCeph3™ (von Image Instruments, Chemnitz, Deutschland) als dreidimensionales, naturgetreues Bild wiedergegeben.

Betrachtet man die Untersuchungen aus Kapitel 3.2 bezüglich der Fragestellung wieviel Prozent der JIA-Patienten eine erhöhte Asymmetrie im Vergleich zu gesunden Patienten aufweisen, wird deutlich, dass bei allen Distanzverhältnissen der JIA-Patienten eine pathologische Asymmetrie mit $\geq 6\%$ vorzufinden ist. Bei den frontal und lateral gemessenen Distanzverhältnissen zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte liegen die Asymmetrien von $\geq 6\%$ bei 45 bis 72% unserer JIA-Patienten vor. Besonders auffällig sind die „Relation TraGo-d R.L.“ und „Relation TraN-d R.L.“ jeweils mit einer pathologischen Asymmetrie bei 52% unserer JIA-Patienten, wohingegen bei den anderen direkten Messungen die Asymmetrien von $\geq 6\%$ bei 7 bis 14% unserer JIA-Patienten vorliegen. Betrachtet man diese Ergebnisse kritisch, steht fest, dass zwei- und dreidimensionale Messungen zuerst einmal nicht vergleichbar sind. Bei den frontalen und lateralen Messungen handelt es sich um zweidimensionale Messungen, wohingegen die direkte die dreidimensionale Messung verkörpert. Sie nimmt die dreidimensionalen räumlichen Koordinaten und misst die Distanz direkt durch das Gewebe hindurch und ermöglicht daher genauere Aussagen über Weichgewebsasymmetrien.

4.7.3 Vergleichbarkeit von zwei- zu dreidimensionaler Analyse

Die Untersuchungen der Wilcoxon-Methode in Kapitel 3.6 zeigen, dass bei dem Vergleich zwischen den frontalen mit direkten Messungen und lateralen mit direkten Messungen alle Distanzverhältnisse eine Signifikanz von $< 0,0001^*$ aufweisen, mit der Ausnahme von allen „Relation TraGo R.L.“, bei denen keine Signifikanz vorliegt und „Relation GoN-d R.L.“, bei dem $p_1=0,0008^*$ ist.

Dies bestätigt, dass zweidimensionale Aufnahmen keineswegs mit den dreidimensionalen Aufnahmen vergleichbar sind. Daher sind vor allem die direkten Messungen besonders ausschlaggebend und beschreiben die wahren Strecken dreidimensional präziser.

Zweidimensionale Messungen geben nach unseren Ergebnissen ein Extremum der eigentlichen realen Weichgewebsasymmetrie wieder und müssen zukünftig als kritisch betrachtet werden.

4.8 Klinische Relevanz

Die Entscheidung aufgrund von einer vorliegenden Weichgewebsasymmetrie eine Behandlung zu beginnen, muss mit Sorgfalt bedacht werden. Studien zeigen, dass die mandibuläre Asymmetrie während des Wachstums bei gesunden Kindern abschwächt oder sogar verschwinden kann (Liukkonen, Sillanmaki, & Peltomaki, 2005) und werden daher im Wechselgebissalter als normal betrachtet (Maurice & Kula, 1998). Die dimensionale mandibuläre Asymmetrie ist unabhängig von Geschlecht und Alter (Ferrario et al., 2001).

Die dreidimensionalen fazialen Weichgewebsaufnahmen können nicht zur echten Früherkennung genutzt werden, da sie die aktuellen Wachstums- und Entzündungsprozesse darstellen. Eine echte Früherkennung von JIA ist schwierig und wird derzeit durch bildgebende Verfahren mittels CT oder MRT durchgeführt (Kuseler et al., 1998). Jedoch muss hierbei bei den Kindern auf die erhöhte Strahlenbelastung der CT Rücksicht genommen werden und ist daher eher kontraindiziert (Arabshahi et al., 2007; Fritz et al., 2009; Tzaribachev et al., 2010). Echte Früherkennung würde heißen möglichst flächendeckend verfügbar, non-invasiv und aussagekräftig zu sein. Das in der Studie von Assaf (Stoustrup, Kuseler, Kristensen, Herlin, & Pedersen, 2013) beschriebene Verfahren zur Früherkennung

von JIA mit hoch-auflösender Ultraschalluntersuchung ist wünschenswert, aber noch nicht etabliert.

Die dreidimensionalen Weichgewebsaufnahmen sind dennoch ein wichtiges Verfahren, das vor allem frühzeitig Entwicklungs- und Wachstumsstörungen, basierend auf die Entzündung der Kiefergelenke, erkennbar macht und somit Asymmetrien kieferorthopädisch kompensiert werden können.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die juvenile idiopathische Arthritis zählt zu einer häufigen Autoimmunerkrankung im Kindesalter. Es handelt sich um entzündliche Erkrankungen der kindlichen Gelenke und weiterer Organe. Von einer juvenilen idiopathischen Arthritis spricht man ab einer mindestens 6 Wochen bestehenden Entzündung bei Patienten vor Vollendung des 16. Lebensjahres. Der Erkrankungsgipfel liegt zwischen dem 2. und 4. Lebensjahr. Die Prävalenz wird in der Literatur mit etwa 2 von 1000 Kindern beschrieben, die Inzidenz mit etwa 1 von 10.000 Kindern pro Jahr (Manners & Bower, 2002).

Unabhängig von der Untergruppeneinteilung sind die am häufigsten betroffenen Gelenken die Temporomandibulargelenke mit einer variierenden Prävalenz zwischen 17% und 87%, die auf unterschiedliche Auswahlkriterien, Untersuchungszeitpunkte, diagnostische Methoden sowie bildgebende versus klinische Diagnostik basiert (Twilt et al., 2006; Twilt et al., 2003; Villinger & Seitz, 2006; Weiss et al., 2008).

Die Analyse von Weichgewebsasymmetrien im kraniofazialen Bereich bezüglich der Veränderungen der Gesichtsmorphologie bei Patienten mit einer juvenilen idiopathischen Arthritis mittels eines dreidimensionalen Imaging System wurde bislang kaum erforscht.

Konventionelle Untersuchungsmethoden wie beispielsweise Ultraschalluntersuchungen und Röntgenaufnahmen zeigen knöcherne Wachstumsveränderungen (Kjellberg et al., 1995; Twilt et al., 2006). Diese weisen meist nur die Spätfolgen der Gelenkentzündungen nach, geben aber keine Aussage über die vorhandene Entzündung. Mittels eines MRT oder auch einem Gadoliniumverbessertem MRT können die Beteiligungen bzw. Nichtbeteiligungen der Temporomandibulargelenke bei den Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis prognostiziert werden. Dies ist jedoch praktisch nicht immer umsetzbar und es ist fraglich, ob hierfür eine ausreichende Abwägung zwischen der Belastung und dem Nutzen für den Patienten vorliegt (Jaite et al., 2013; Koos, Gassling, et al., 2014).

Die Weichgewebsveränderungen der Gesichtsasymmetrie bei Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis wurden bislang nur auf Gesichtsregionen bezogen und nur nach Einteilung der beteiligten Temporomandibulargelenke analysiert (Demant et al., 2011). Es existiert bislang noch keine Studie über die auffälligen Strecken und die prozentuale Weichgewebsasymmetrie für Patienten mit juveniler idiopathischer

Arthritis. Dieses liegt lediglich als metrische Analyse in der Studie von Shaner et. al für gesunde Patienten und Syndrom-Patienten vor (Shaner et al., 2000).

Im Rahmen dieser Dissertation wurden dreidimensionale Daten vom Gesichtsw weichgewebe bei Patienten mit einer juvenilen idiopathischen Arthritis in Bezug auf Gesichtsasymmetrien, die mittels des VECTRA® 3D Imaging System angefertigt wurden, retrospektiv eingeschlossen, ausgewertet und analysiert.

Dabei wurde der Frage nachgegangen, inwiefern Weichgewebsasymmetrien im kraniofazialen Bereich der Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis vorliegen und ob diese sich signifikant von normalen Asymmetrien bei gesunden Patienten unterscheiden. Zusätzlich sollte herausgefunden werden, ob zweidimensionale und dreidimensionale Daten vergleichbar sind.

Die Studienpopulation bestand aus 100 Patienten mit JIA, wovon 28 Probanden männlich und 72 Probanden weiblich waren. Der älteste Patient war 20 Jahre und der jüngste 3 Jahre alt. Die Studienpopulation war zum Zeitpunkt der Untersuchung durchschnittlich 12,34 Jahre alt. 89 Probanden weisen ein Alter zwischen 6 und einschließlich 16 Jahren auf. Alle 3D-Aufnahmen wurden von einer Fotografin durchgeführt. Während den Aufnahmen blickte der Patient ungezwungen geradeaus, hielt die Lippen geschlossen und die Ohrmuscheln waren unbedeckt. Zusammenfassend ließ sich feststellen, dass zwei- und dreidimensionale Messungen im Weichgewebe des Gesichts nicht vergleichbar sind. Bei den frontalen und lateralen Messungen, die zweidimensional durchgeführt wurden, lagen weitaus größere Asymmetrien vor und waren signifikant unterschiedlich zu den direkten Messungen, die dreidimensional durchgeführt wurden. Die dreidimensionalen direkten Messungen lieferten vergleichbare und realistische Ergebnisse, die mit den räumlichen Dimensionen im menschlichen Körper vergleichbar sind.

Bei den direkten Messungen der Verhältnisse von Distanzen zwischen der rechten und linken Gesichtshälfte in [%] waren besonders „Relation Tra-Go-d R.L.“ mit einer pathologischen Asymmetrie auffällig. Die Entzündung der Temporomandibulargelenke wirkt sich besonders auf das vertikale untere Gesichtsdrittel aus und hat somit einen großen Einfluss auf eine asymmetrische Gesichtsmorphologie.

Aus den Ergebnissen der prozentualen Verteilung von pathologischer Asymmetrie bei unseren Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis ließ sich zeigen, dass auch bei dem Distanzverhältnis „Relation Tra-Go-d R.L.“ und zusätzlich bei „Relation Tra-

N-d R.L.“ eine pathologische Asymmetrie bei jeweils 52% unserer Studienpopulation vorlag.

Das vertikale untere Gesichtsdrittel ist mit der Distanz vom Tragus zum Gonion bei den Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis sehr häufig beeinflusst.

In der Schlussfolgerung führt dies dazu, dass bei Patienten mit juveniler idiopathischer Arthritis und einer Beteiligung der Kiefergelenke relevante kraniofaziale Entwicklungsstörungen auftreten können. Diese führten in der untersuchten Patientengruppe in etwa 50% zu einer pathologischen Asymmetrie, was den Stellenwert der kieferorthopädischen Diagnostik und der unterstützenden funktionskieferorthopädischen Behandlung hervorhebt.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- Aletaha, D., Neogi, T., Silman, A. J., Funovits, J., Felson, D. T., Bingham, C. O., 3rd, . . . Hawker, G. (2010). 2010 Rheumatoid arthritis classification criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Arthritis Rheum*, 62(9), 2569-2581.
- Arabshahi, B., Baskin, K. M., & Cron, R. Q. (2007). Reactive arthritis of the temporomandibular joints and cervical spine in a child. *Pediatr Rheumatol Online J*, 5, 4.
- Arvidsson, L. Z., Smith, H. J., Flato, B., & Larheim, T. A. (2010). Temporomandibular joint findings in adults with long-standing juvenile idiopathic arthritis: CT and MR imaging assessment. *Radiology*, 256(1), 191-200.
- Barriga, B., Lewis, T. M., & Law, D. B. (1974). An investigation of the dental occlusion in children with juvenile rheumatoid arthritis. *Angle Orthod*, 44(4), 329-335.
- Berneburg, Mirjam, Schubert, Carolin, Einem, Claudia, Schaupp, Edgar, Möller, Mathias, & Göz, Gernot. (2010). The Reproducibility of Landmarks on Threedimensional Images of 4- to 6-year-old Children. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 71(4), 256-264.
- Boldt, F., Weinzierl, C., Hertrich, K., & Hirschfelder, U. (2009). Comparison of the spatial landmark scatter of various 3D digitalization methods. *J Orofac Orthop*, 70(3), 247-263.
- Brewer, E. J., Jr., Bass, J., Baum, J., Cassidy, J. T., Fink, C., Jacobs, J., . . . Stillman, J. S. (1977). Current proposed revision of JRA Criteria. JRA Criteria Subcommittee of the Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Section of The Arthritis Foundation. *Arthritis Rheum*, 20(2 Suppl), 195-199.
- Canfield Scientific. (2014). *VECTRA M3 Brochure, 3D imaging solution for face and neck* Retrieved from <http://www.canfieldsci.com/FileLibrary/VECTRAM3Brochure.pdf>
- Dauber, W. (1987). Die Nachbarschaftsbeziehungen des Discus articularis des Kiefergelenks und ihre funktionelle Bedeutung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 97, 427-437.

- Demant, S., Hermann, N. V., Darvann, T. A., Zak, M., Schatz, H., Larsen, P., & Kreiborg, S. (2011). 3D analysis of facial asymmetry in subjects with juvenile idiopathic arthritis. *Rheumatology (Oxford)*, 50(3), 586-592.
- DuBrul, E.L. (1988). *Sicher's Oral Anatomy*. St. Louis: Mosby.
- Ercan, I., Ozdemir, S. T., Etoz, A., Sigirli, D., Tubbs, R. S., Loukas, M., & Guney, I. (2008). Facial asymmetry in young healthy subjects evaluated by statistical shape analysis. *J Anat*, 213(6), 663-669.
- Farkas, L. G., & Cheung, G. (1981). Facial asymmetry in healthy North American Caucasians. An anthropometrical study. *Angle Orthod*, 51(1), 70-77.
- Farkas, Leslie G. (1994). *Anthropometry of the Head and Face*. Raven Press, 9-59.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Ciusa, V., Dellavia, C., & Tartaglia, G. M. (2001). The effect of sex and age on facial asymmetry in healthy subjects: a cross-sectional study from adolescence to mid-adulthood. *J Oral Maxillofac Surg*, 59(4), 382-388.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani, A., Jr., & Serrao, G. (1995). A three-dimensional evaluation of human facial asymmetry. *J Anat*, 186 (Pt 1), 103-110.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Poggio, C. E., & Tartaglia, G. (1994). Distance from symmetry: a three-dimensional evaluation of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg*, 52(11), 1126-1132.
- Fritz, J., Thomas, C., Tzaribachev, N., Horger, M. S., Claussen, C. D., Lewin, J. S., & Pereira, P. L. (2009). MRI-guided injection procedures of the temporomandibular joints in children and adults: technique, accuracy, and safety. *AJR Am J Roentgenol*, 193(4), 1148-1154.
- Gundlach, K. K., & Maus, C. (2006). Epidemiological studies on the frequency of clefts in Europe and world-wide. *J Craniomaxillofac Surg*, 34 Suppl 2, 1-2.
- Gwilliam, J. R. (2006). Reproducibility of soft tissue landmarks on three-dimensional facial scans. *The European Journal of Orthodontics*, 28(5), 408-415.
- Hajeer, M. Y., Ayoub, A. F., Millett, D. T., Bock, M., & Siebert, J. P. (2002). Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: the clinical application of a new method. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 17(4), 318-330.
- Haraguchi, S., Takada, K., & Yasuda, Y. (2002). Facial asymmetry in subjects with skeletal Class III deformity. *Angle Orthod*, 72(1), 28-35.
- Hettenkofer, Hans-Jürgen. (2003). *Entzündliche rheumatische Erkrankungen Rheumatologie*. Thieme, Stuttgart.

- Ince, D. O., Ince, A., & Moore, T. L. (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.
- Instruments, Image. (2014). *FaceSCAN³ 3D Orthodontic Face Scanner Application Software* Retrieved from http://www.image-instruments.de/Onyx3/Spezifikation_FaceScan_EN.pdf
- Jaite, C., Bachmann, C., Dewey, M., Weschke, B., Spors, B., von Moers, A., . . . Kappel, V. (2013). [Magnetic resonance imaging (MRI) in children and adolescents - study design of a feasibility study concerning examination related emotions]. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*, 41(6), 447-451.
- Kahl-Nieke, B. (2010). *Einführung in die Kieferorthopädie*: Deutscher Zahnärztl Verlag, Köln.
- Kiliaridis, S., Mejersjo, C., & Thilander, B. (1989). Muscle function and craniofacial morphology: a clinical study in patients with myotonic dystrophy. *Eur J Orthod*, 11(2), 131-138.
- Kjellberg, H. (1998). Craniofacial growth in juvenile chronic arthritis. *Acta Odontol Scand*, 56(6), 360-365.
- Kjellberg, H., Fath, A., Kiliaridis, S., Wenneberg, B., & Thilander, B. (1995). Craniofacial structure in children with juvenile chronic arthritis (JCA) compared with healthy children with ideal or postnormal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 107(1), 67-78.
- Kochel, Janka, Meyer-Marcotty, Philipp, Kochel, Michael, Schneck, Susanne, & Stellzig-Eisenhauer, Angelika. (2010). 3D Soft Tissue Analysis – Part 2: Vertical Parameters. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 71(3), 207-220.
- Koos, B., Gassling, V., Bott, S., Tzaribachev, N., & Godt, A. (2014). Pathological changes in the TMJ and the length of the ramus in patients with confirmed juvenile idiopathic arthritis. *J Craniomaxillofac Surg*, 42(8), 1802-1807.
- Koos, B., Twilt, M., Kyank, U., Fischer-Brandies, H., Gassling, V., & Tzaribachev, N. (2014). Reliability of clinical symptoms in diagnosing temporomandibular joint arthritis in juvenile idiopathic arthritis. *J Rheumatol*, 41(9), 1871-1877.
- Kurt, G., Bayram, M., Uysal, T., & Ozer, M. (2010). Mandibular asymmetry in cleft lip and palate patients. *Eur J Orthod*, 32(1), 19-23.

- Kuseler, A., Pedersen, T. K., Herlin, T., & Gelineck, J. (1998). Contrast enhanced magnetic resonance imaging as a method to diagnose early inflammatory changes in the temporomandibular joint in children with juvenile chronic arthritis. *J Rheumatol*, 25(7), 1406-1412.
- Larheim, T. A., Dale, K., & Tveito, L. (1981). Radiographic abnormalities of the temporomandibular joint in children with juvenile rheumatoid arthritis. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*, 22(3A), 277-284.
- Larheim, T. A., Doria, A. S., Kirkhus, E., Parra, D. A., Kellenberger, C. J., & Arvidsson, L. Z. TMJ imaging in JIA patients—An overview. *Seminars in Orthodontics* 21(2), 102–110.
- Larheim, T. A., & Haanaes, H. R. (1981). Micrognathia, temporomandibular joint changes and dental occlusion in juvenile rheumatoid arthritis of adolescents and adults. *Scand J Dent Res*, 89(4), 329-338.
- Larheim, T. A., Haanaes, H. R., & Dale, K. (1981). Radiographic temporomandibular joint abnormality in adults with micrognathia and juvenile rheumatoid arthritis. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*, 22(4), 495-504.
- Larheim, T. A., Haanaes, H. R., & Ruud, A. F. (1981). Mandibular growth, temporomandibular joint changes and dental occlusion in juvenile rheumatoid arthritis. A 17-year follow-up study. *Scand J Rheumatol*, 10(3), 225-233.
- Laspos, C. P., Kyrkanides, S., Tallents, R. H., Moss, M. E., & Subtelny, J. D. (1997). Mandibular and maxillary asymmetry in individuals with unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J*, 34(3), 232-239.
- Lehmann, K.M., Hellwig, E., & Wenz, H.-J. (2012). *Zahnärztliche Propädeutik*: Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln.
- Liukkonen, M., Sillanmaki, L., & Peltomaki, T. (2005). Mandibular asymmetry in healthy children. *Acta Odontol Scand*, 63(3), 168-172.
- Manners, P. J., & Bower, C. (2002). Worldwide prevalence of juvenile arthritis why does it vary so much? *J Rheumatol*, 29(7), 1520-1530.
- Maurice, T. J., & Kula, K. (1998). Dental arch asymmetry in the mixed dentition. *Angle Orthod*, 68(1), 37-44.
- McIntyre, G. T., & Mossey, P. A. (2002). Asymmetry of the parental craniofacial skeleton in orofacial clefting. *J Orthod*, 29(4), 299-305; discussion 278-299.

- Müller, L., Kellenberger, C. J., Cannizzaro, E., Ettlin, D., Schraner, T., Bolt, I. B., . . . Saurenmann, R. K. (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), 680-685.
- Nitsche, T., Menzebach, M., & Wiltfang, J. (2011). What are the indications for three-dimensional X-ray-diagnostics and image-based computerised navigation aids in dental implantology? *Eur J Oral Implantol*, 4(5), 49-58.
- O'Neal, D. (2014). [The VECTRA® 3D Imaging System].
- Pedersen, T. K., Jensen, J. J., Melsen, B., & Herlin, T. (2001). Resorption of the temporomandibular condylar bone according to subtypes of juvenile chronic arthritis. *J Rheumatol*, 28(9), 2109-2115.
- Peerlings, R. H., Kuijpers-Jagtman, A. M., & Hoeksma, J. B. (1995). A photographic scale to measure facial aesthetics. *Eur J Orthod*, 17(2), 101-109.
- Petty, R. E. (1998). Classification of childhood arthritis: a work in progress. *Baillieres Clin Rheumatol*, 12(2), 181-190.
- Plooi, J. M., Swennen, G. R., Rangel, F. A., Maal, T. J., Schutyser, F. A., Bronkhorst, E. M., . . . Berge, S. J. (2009). Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 38(3), 267-273.
- Ramirez-Yanez, G. O., Stewart, A., Franken, E., & Campos, K. (2011). Prevalence of mandibular asymmetries in growing patients. *Eur J Orthod*, 33(3), 236-242.
- Ronning, O., & Valiaho, M. L. (1975). [Involvement of the facial skeleton in juvenile rheumatoid arthritis]. *Ann Radiol (Paris)*, 18(4), 347-353.
- Sade Hoefert, Claudia, Bacher, Margit, Herberts, Tina, Krimmel, Michael, Reinert, Siegmund, & Göz, Gernot. (2010). 3D Soft Tissue Changes in Facial Morphology in Patients with Cleft Lip and Palate and Class III Mal occlusion under Therapy with Rapid Maxillary Expansion and Delaire Facemask. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 71(2), 136-151.
- Sander, Franz Günter, Schwenzer, Norbert, & Ehrenfeld, Michael. (2011). Postnatales Wachstum des Gesichtsschädels *Kieferorthopädie*: Thieme, Stuttgart.
- Schmuth, G. (1994). Schädelentwicklung *Kieferorthopädie I.*: Urban & Schwarzenberg, München.

- Schwenzer, N., & Austermann, K. H. (2002). *Spezielle Chirurgie: 41 Tabellen*: Thieme, Stuttgart.
- Shaner, D. J., Peterson, A. E., Beattie, O. B., & Bamforth, J. S. (2000). Assessment of soft tissue facial asymmetry in medically normal and syndrome-affected individuals by analysis of landmarks and measurements. *Am J Med Genet*, 93(2), 143-154.
- Sheppard, I. M., & Sheppard, S. M. (1965). Maximal Incisal Opening--a Diagnostic Index? *J Dent Med*, 20, 13-15.
- Sidiropoulou-Chatzigianni, S., Papadopoulos, M. A., & Kolokithas, G. (2001). Dentoskeletal morphology in children with juvenile idiopathic arthritis compared with healthy children. *J Orthod*, 28(1), 53-58.
- Sidiropoulou-Chatzigianni, S., Papadopoulos, M. A., & Kolokithas, G. (2008). Mandibular condyle lesions in children with juvenile idiopathic arthritis. *Cleft Palate Craniofac J*, 45(1), 57-62.
- Skvarilova, B. (1993). Facial asymmetry: type, extent and range of normal values. *Acta Chir Plast*, 35(3-4), 173-180.
- Smith, W. M. (2000). Hemispheric and facial asymmetry: gender differences. *Laterality*, 5(3), 251-258.
- Solow, B., & Kreiborg, S. (1977). Soft-tissue stretching: a possible control factor in craniofacial morphogenesis. *Scand J Dent Res*, 85(6), 505-507.
- Stabrun, A. E. (1991). Impaired mandibular growth and micrognathic development in children with juvenile rheumatoid arthritis. A longitudinal study of lateral cephalographs. *Eur J Orthod*, 13(6), 423-434.
- Stabrun, A. E., Larheim, T. A., Hoyeraal, H. M., & Rosler, M. (1988). Reduced mandibular dimensions and asymmetry in juvenile rheumatoid arthritis. Pathogenetic factors. *Arthritis Rheum*, 31(5), 602-611.
- Stoustrup, P., Kuseler, A., Kristensen, K. D., Herlin, T., & Pedersen, T. K. (2013). Orthopaedic splint treatment can reduce mandibular asymmetry caused by unilateral temporomandibular involvement in juvenile idiopathic arthritis. *Eur J Orthod*, 35(2), 191-198.
- Strub, J.R., Türp, J.C., Witkowski, S., Hürzeler, M.B., & Kern, M. (2005). Einführende anatomisch-prothetische Grundlagen *Curriculum Prothetik Band 1*: Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin.

- Teittinen, M., & Jamsa, T. (1984). The impact of juvenile rheumatoid arthritis on the growth of the mandible. *Proc Finn Dent Soc*, 80(4), 182-185.
- Toma, A. M., Zhurov, A., Playle, R., Ong, E., & Richmond, S. (2009). Reproducibility of facial soft tissue landmarks on 3D laser-scanned facial images. *Orthod Craniofac Res*, 12(1), 33-42.
- Trpkova, B., Major, P., Nebbe, B., & Prasad, N. (2000). Craniofacial asymmetry and temporomandibular joint internal derangement in female adolescents: a posteroanterior cephalometric study. *Angle Orthod*, 70(1), 81-88.
- Twilt, M., Schulten, A. J., Nicolaas, P., Dulger, A., & van Suijlekom-Smit, L. W. (2006). Facioskeletal changes in children with juvenile idiopathic arthritis. *Ann Rheum Dis*, 65(6), 823-825.
- Twilt, M., Schulten, A. J., Prah-Andersen, B., & van Suijlekom-Smit, L. W. (2009). Long-term follow-up of craniofacial alterations in juvenile idiopathic arthritis. *Angle Orthod*, 79(6), 1057-1062.
- Twilt, M., Schulten, A. J., Verschure, F., Wisse, L., Prah-Andersen, B., & van Suijlekom-Smit, L. W. (2008). Long-term followup of temporomandibular joint involvement in juvenile idiopathic arthritis. *Arthritis Rheum*, 59(4), 546-552.
- Twilt, M., van der Giesen, E., Mober, S. M., ten Cate, R., & van Suijlekom-Smit, L. W. (2003). Abrupt condylar destruction of the mandibula in juvenile idiopathic arthritis. *Ann Rheum Dis*, 62(4), 366-367.
- Tzaribachev, N., Weber, D., & Horger, M. (2010). [Juvenile idiopathic arthritis: the silent killer of pediatric temporomandibular joints]. *Z Rheumatol*, 69(2), 124-129.
- Vig, P. S., & Hewitt, A. B. (1975). Asymmetry of the human facial skeleton. *Angle Orthod*, 45(2), 125-129.
- Villinger, Peter Matthias, & Seitz, Michael. (2006). Pädiatrische Rheumatologie *Rheumatologie in Kürze* (Vol. 2): Thieme, Stuttgart.
- Weiss, P. F., Arabshahi, B., Johnson, A., Bilaniuk, L. T., Zarnow, D., Cahill, A. M., . . . Cron, R. Q. (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), 1189-1196.

- Winder, R. J., Darvann, T. A., McKnight, W., Magee, J. D., & Ramsay-Baggs, P. (2008). Technical validation of the Di3D stereophotogrammetry surface imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg*, *46*(1), 33-37.
- Winocur, E., Reiter, S., Krichmer, M., & Kaffe, I. (2010). Classifying degenerative joint disease by the RDC/TMD and by panoramic imaging: a retrospective analysis. *Journal of oral rehabilitation*, *37*(3), 171-177.

7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. Darstellung des Kiefergelenks (Tzaribachev et al., 2010), mit Fossa articularis, Diskus articularis, Cartilago articularis, Ligamenti, Capsula articularis und Condylus articularis. Wichtig ist hier die subchondrale Wachstumsfuge und dass das Kiefergelenk teilweise hinter dem Os zygomaticum liegt und somit für die Palpation unzugänglich ist. 5

Abbildung 2. Schematische Darstellung des Wachstums des Unterkiefers (Schmuth, 1994). Zusammenhang zwischen der Wachstums-richtung des Processus condylaris (dünner Pfeil) und der Unterkieferrotation (dicker Pfeil). a. Kondylenwachstum: kranio-ventral, Rotationsmuster: brachyfazial; b. Kondylenwachstum dorsokranial, Rotationsmuster: dolichofazial 9

Abbildung 3. Darstellung des VECTRA® 3D Imaging System, hergestellt von Canfield Imaging Systems (USA), der Foto-Abteilung des Universitätsklinikums Kiel für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 13

Abbildung 4. Exemplarische Darstellung einer 3D-Aufnahme, (Patient K25, JIA): mit Messpunkten nach Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer et al., 2002) auf der rechten Gesichtshälfte dargestellt. (Software Programm OnyxCeph3™; von Image Instruments, Chemnitz, Deutschland). N=Hautnasion, Sn=Subnasale, Sto=Stomion, Pog=Weichteilpogonion, Me=Weichteilmenton, TraR/L=Tragus rechts/links, GoR/L=Kieferwinkel rechts/links..... 16

Abbildung 5. Exemplarische Darstellung einer 3D-Aufnahme, (Patient K25, JIA): mit Messpunkten, Distanzen und Winkel nach Farkas (Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al. (Hajeer et al., 2002) auf der rechten Gesichtshälfte dargestellt. (Software Programm OnyxCeph3™; von Image Instruments, Chemnitz, Deutschland). N=Hautnasion, Sn=Subnasale, Sto=Stomion, Pog=Weichteilpogonion, Me=Weichteilmenton, TraR/L=Tragus rechts/links, GoR/L=Kieferwinkel rechts/links..... 18

Abbildung 6. Exemplarische Darstellung der prozentualen Verteilung des Verhältnisses der Distanz „Relation TraMe-I R.L.[%]“ von der rechten zur linken Gesichtshälfte. Distanzabweichungen bis zum Grenzwert 6% entsprechen einer physiologischen Asymmetrie (55% der JIA-Patienten), Distanzen mit > 6% Abweichung werden als pathologisch bezeichnet (45%)..... 23

Abbildung 7. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der gemessenen Winkel von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen.....	27
Abbildung 8. DVT-Auschnitt: Kondylen, Patient mit JIA, weiblich, 10 Jahre, Oligoarthritis, extended (polyartikulärer Verlauf) (Koos, Twilt, et al., 2014)	34
Abbildung 9. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der Distanzen, die von frontal gemessen sind, von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen.	71
Abbildung 10. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der Distanzen, die von lateral gemessen sind, von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen	72
Abbildung 11. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der Distanzen, die von direkt gemessen sind, von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen	74

8. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1. Studienpopulation, Gesamtanzahl der Probanden unterteilt in Alter und Geschlecht; bei n=100 in Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) 11

Tabelle 2. 3D-Landmarken der 3D-Weichteilanalyse, definierte Messpunkte nach Farkas(Leslie G. Farkas, 1994) und Hajeer et al.(Hajeer et al., 2002) 15

Tabelle 3. 3D-Landmarken der 3D-Weichteilanalyse, Bezugslinien frontal, lateral und direkt gemessen; als Distanzen..... 17

Tabelle 4. 3D-Landmarken der 3D-Weichteilanalyse, definierte Messwinkel in Grad 19

Tabelle 5. Darstellung von besonders hervorzugebenden Distanzen und Winkeln in Absolutwerten [mm] und [°]. Übersicht von den gemessenen Strecken und Winkeln in der rechten und linken Gesichtshälfte sowie der Mittellinie mittels einer dreidimensionalen Abbildung des Weichgewebes der Gesichter der JIA-Patienten: , MW=Mittelwert (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte) und SD=Standardabweichung (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte)..... 21

Tabelle 6. Darstellung von den Verhältnissen der distal gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum 26

Tabelle 7. Darstellung von der Verhältnisse der Winkel in [%] geschlechterspezifisch mit Mittelwert und Standardabweichung für das weibliche und männliche Geschlecht sowie der Chi-Quadrat-Approximation nach dem nichtparametrisch Wilcoxon Test: männlich (n=28), weiblich (n=72), Signifikanz (S) bei: $\chi^2 < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < \chi^2 < 0,10^{**}$ signifikanter Trend..... 28

Tabelle 8. Darstellung von den metrischen Verhältnissen der Distanzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [mm] mit Mittelwerten und Standardabweichungen sowie nichtparametrischer Vergleiche für jedes Distanzpaar mittels Wilcoxon-Methode (p-Wert); p_1 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu direkten Messungen, p_2 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu lateralen Messungen und p_3 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von lateral zu direkten Messungen; $p < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < p < 0,10^{**}$ signifikanter Trend..... 31

Tabelle 9. Darstellung von Distanzen und Winkeln in Absolutwerten [mm] und [°]. Übersicht von den gemessenen Strecken und Winkeln in der rechten und linken Gesichtshälfte sowie der Mittellinie mittels einer dreidimensionalen Abbildung des Weichgewebes der Gesichter der JIA-Patienten: , MW=Mittelwert (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte) und SD=Standardabweichung (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte) 69

Tabelle 10. Darstellung der prozentualen Verteilung von den Verhältnissen der Distanzen in [%] von der rechten zur linken Gesichtshälfte mit einer pathologischen Asymmetrie. Pathologische Asymmetrien der Distanzverhältnisse in [%]. 70

Tabelle 11. Darstellung von den Verhältnissen der frontal gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum. 71

Tabelle 12. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der frontal gemessenen Distanzen mit dem Tukey-Kramer HSD- Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant..... 72

Tabelle 13. Darstellung von den Verhältnissen der lateral gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum 73

Tabelle 14. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der lateral gemessenen Distanzen mit dem Tukey-Kramer HSD- Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant 73

Tabelle 15. Darstellung von den Verhältnissen der distal gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum 74

Tabelle 16. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der direkt gemessenen Distanzen mit dem Tukey-Kramer HSD-Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant. 75

Tabelle 17. Darstellung von den Verhältnissen der gemessenen Winkel in [°] mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum 75

Tabelle 18. Darstellung von den Verhältnissen der gemessenen Winkel in mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum 76

Tabelle 19. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der Winkel in [%] mit dem Tukey-Kramer HSD-Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant.. 76

Tabelle 20. Darstellung von der Verhältnisse der Distanzen in [%] geschlechterspezifisch mit Mittelwert und Standardabweichung für das weibliche und männliche Geschlecht sowie der Chi-Quadrat-Approximation nach dem nichtparametrischen Wilcoxon Test: männlich (n=28), weiblich (n=72), Signifikanz (S) bei: $\text{Chi}^2 < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < \text{Chi}^2 > 0,10^{**}$ signifikanter Trend 78

Tabelle 21. Darstellung von der Verhältnisse der Winkel in [%] geschlechterspezifisch mit Mittelwert und Standardabweichung für das weibliche und männliche Geschlecht sowie der Chi-Quadrat-Approximation nach dem nichtparametrischen Wilcoxon Test: männlich (n=28), weiblich (n=72), Signifikanz (S) bei: $\text{Chi}^2 < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < \text{Chi}^2 > 0,10^{**}$ signifikanter Trend..... 79

Tabelle 22. Darstellung von den metrischen Verhältnissen der Distanzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [mm] mit Mittelwerten und Standardabweichungen sowie nichtparametrischer Vergleiche für jedes Distanzpaar mittels Wilcoxon-Methode (p-Wert); p_1 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu direkten Messungen, p_2 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu lateralen Messungen und p_3 -Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von lateral zu direkten Messungen; $p < 0,05^*$ =signifikant, $0,05 < p > 0,10^{**}$ signifikanter Trend..... 80

9. ANHANG

Distanz	MW [mm]	SD [mm]	Winkel	MW [°]	SD [°]
Tra-Sto -f	73,90	1,07	N-Me-Go	74,50	0,76
Tra-Sto -d	118,22	0,48	N-Pog-Go	79,63	0,63
Tra-Sn -l	95,52	1,64	Sn-Me-Go	83,55	0,82
Tra-Sn -f	70,86	1,83	Sn-Pog-Go	87,86	0,60
Tra-Sn -d	118,27	0,22	Tra-Go-Me	127,91	1,80
Tra-Pog -l	106,20	1,96	Tra-Go-Pog	118,57	1,76
Tra-Pog -f	86,94	0,64			
Tra-Pog -d	126,97	0,51			
Tra-N -l	91,72	0,87			
Tra-N -f	82,64	1,83			
Tra-N -d	115,21	0,02			
Tra-Me -l	107,56	1,97			
Tra-Me -f	95,47	0,47			
Tra-Me -d	128,06	0,48			
Tra-Go -l	46,37	0,14			
Tra-Go -f	45,36	0,62			
Tra-Go -d	48,56	0,38			
Go-Sto -l	81,68	0,06			
Go-Sto -f	60,88	1,41			
Go-Sto -d	98,95	0,54			
Go-Sn -l	91,66	0,38			
Go-Sn -f	70,85	1,92			
Go-Sn -d	107,40	0,88			
Go-Pog -l	78,93	0,57			
Go-Pog -f	57,27	0,72			
Go-Pog -d	96,64	0,19			
Go-N -f	103,24	1,70			
Go-N -d	123,15	1,11			
Go-Me -l	74,00	0,83			
Go-Me -f	60,27	0,43			

Distanz	MW	SD	Winkel	MW	SD
	[mm]	[mm]		[°]	[°]
Go-Me -d	92,60	0,09			
Sn-Pog -f	49,55	7,72			
Sn-Pog -d	50,64	6,31			
Sn-Me -f	63,61	7,34			
Sn-Me -d	65,63	6,24			
N-Sto -f	63,79	9,94			
N-Sn -f	43,73	7,63			
N-Sn -d	47,21	4,64			
N-Pog -f	93,04	14,29			
N-Pog -d	95,81	9,63			
N-Me -f	107,27	13,56			
N-Me -d	109,54	8,47			

Tabelle 9. Darstellung von Distanzen und Winkeln in Absolutwerten [mm] und [°]. Übersicht von den gemessenen Strecken und Winkeln in der rechten und linken Gesichtshälfte sowie der Mittellinie mittels einer dreidimensionalen Abbildung des Weichgewebes der Gesichter der JIA-Patienten: , MW=Mittelwert (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte) und SD=Standardabweichung (keine Unterschiede zwischen rechter und linker Gesichtshälfte)

Distanz	[%]	Distanz	[%]
(Relation R.L.)			
GoMe-f	60	GoMe-d	14
GoN-f	34	GoN-d	7
GoPog-f	65	GoPog-d	13
GoSn-f	59	GoSn-d	10
GoSto-f	65	GoSto-d	13
TraGo-f	53	TraGo-d	52
TraMe-f	55	TraMe-d	9
TraN-f	59	TraN-d	52
TraPog-f	66	TraPog-d	11
TraSn-f .	72	TraSn-d	10
TraSto-f .	69	TraSto-d	9
GoMe-l	61		
GoPog-l	55		
GoSn-l	51		
GoSto-l	56		
TraGo-l	49		
TraMe-l	45		
TraN-l	60		
TraPog-l	48		
TraSn-l	59		

Tabelle 10. Darstellung der prozentualen Verteilung von den Verhältnissen der Distanzen in [%] von der rechten zur linken Gesichtshälfte mit einer pathologischen Asymmetrie. Pathologische Asymmetrien der Distanzverhältnisse in [%].

Distanz (Relation R.L.)	MW [%]	SD [%]	Median	Minimum	Maximum
GoMe-f	13,57	14,93	9,88	0,02	81,16
GoN-f	5,158	5,28	4,11	0,04	31,34
GoPog-f	17,26	21,63	11,93	0,35	146,14
GoSn-f	12,29	16,11	7,76	0,09	105,48
GoSto-f	15,97	23,26	10,11	0,09	169,40
TraGo-f	9,31	10,14	6,39	0,05	77,29
TraMe-f	8,64	7,65	7,25	0,24	32,66
TraN-f	11,21	15,06	7,75	0,09	110,51
TraPog-f	11,27	10,80	8,56	0,17	48,81
TraSn-f	17,94	24,25	11,98	0,20	182,26

Tabelle 11. Darstellung von den Verhältnissen der frontal gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum.

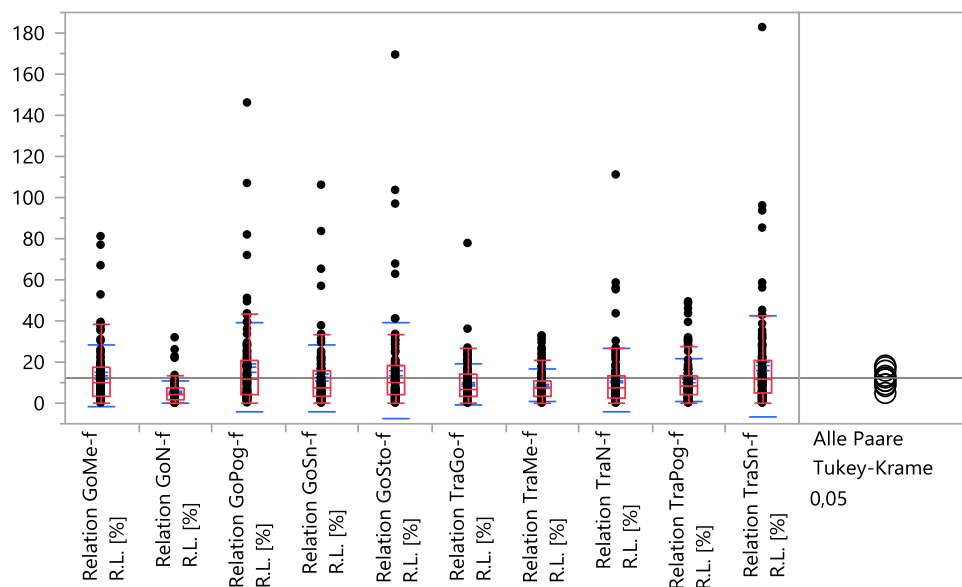


Abbildung 9. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der Distanzen, die von frontal gemessen sind, von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen.

Distanz (Relation R.L.)	MW [%]
TraSn-f	A 17,94
GoPog-f	A 17,26
GoSto-f	A B 15,97
GoMe-f	A B C 13,57
GoSn-f	A B C D 12,29
TraPog-f	A B C D 11,27
TraN-f	A B C D 11,21
TraGo-f	B C D 9,32
TraMe-f	C D 8,64
GoN-f	D 5,16

Tabelle 12. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der frontal gemessenen Distanzen mit dem Tukey-Kramer HSD- Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant.

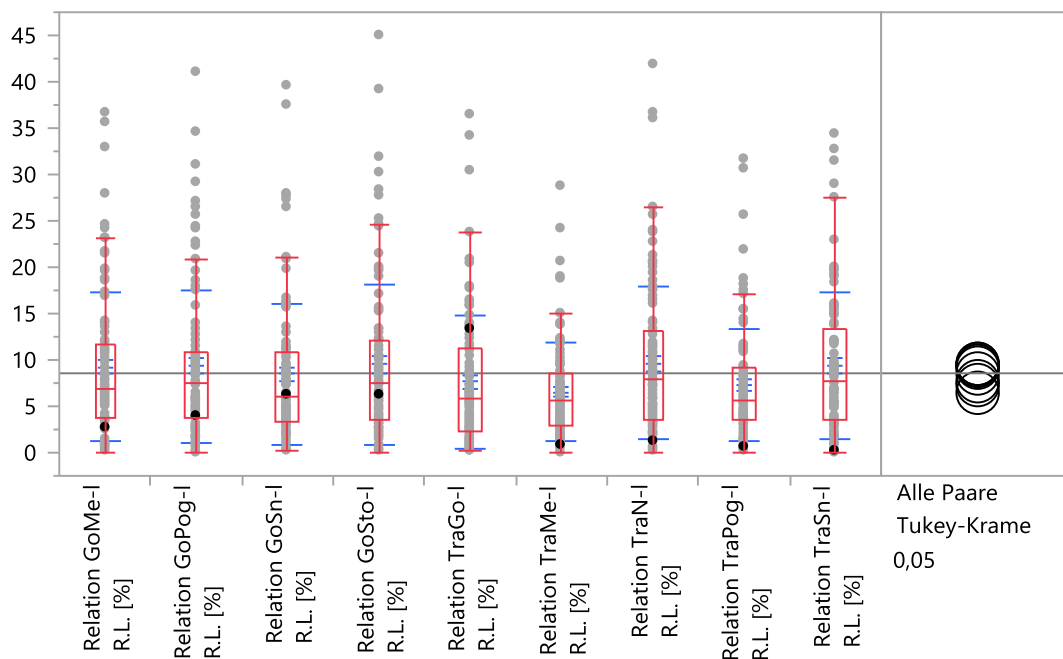


Abbildung 10. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der Distanzen, die von lateral gemessen sind, von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen

Distanz (Relation R.L.)	MW [%]	SD [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
GoMe-I	9,25	7,97	6,90	0,10	36,74
GoPog-I	9,33	8,27	7,46	0,08	41,12
GoSn-I	8,46	7,59	6,10	0,20	39,55
GoSto-I	9,48	8,55	7,50	0,08	45,09
TraGo-I	7,65	7,22	5,79	0,12	36,53
TraMe-I	6,53	5,29	5,54	0,04	28,85
TraN-I	9,67	8,23	7,82	0,09	41,78
TraPog-I	7,28	6,04	5,71	0,10	31,67
TraSn-I	9,38	7,83	7,78	0,02	34,29

Tabelle 13. Darstellung von den Verhältnissen der lateral gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum

Distanz (Relation R.L.)	MW [%]
TraN-I	A 9,67
GoSto-I	A 9,48
TraSn-I	A 9,38
GoPog-I	A 9,33
GoMe-I	A 9,25
GoSn-I	A 8,46
TraGo-I	A 7,65
TraPog-I	A 7,28
TraMe-I	A 6,53

Tabelle 14. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der lateral gemessenen Distanzen mit dem Tukey-Kramer HSD- Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant

Distanz (Relation R.L.)	MW [%]	SD [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
GoMe-d	3,42	2,84	2,79	0,02	15,32
GoN-d	2,39	1,79	2,15	0,01	7,48
GoPog-d	3,54	3,31	2,79	0,02	22,31
GoSn-d	2,94	2,28	2,21	0,25	10,29
GoSto-d	3,07	2,71	2,43	0,06	12,28
TraGo-d	7,79	6,94	6,14	0,04	37,11
TraMe-d	2,66	2,75	1,67	0,01	16,39
TraN-d	2,28	2,34	1,73	0,05	12,60
TraPog-d	2,86	4,31	1,63	0,02	37,30
TraSn-d	2,47	2,63	1,74	0,02	13,55
TraSto-d	2,61	2,72	1,66	0,09	14,17

Tabelle 15. Darstellung von den Verhältnissen der distal gemessenen Distanzen mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum

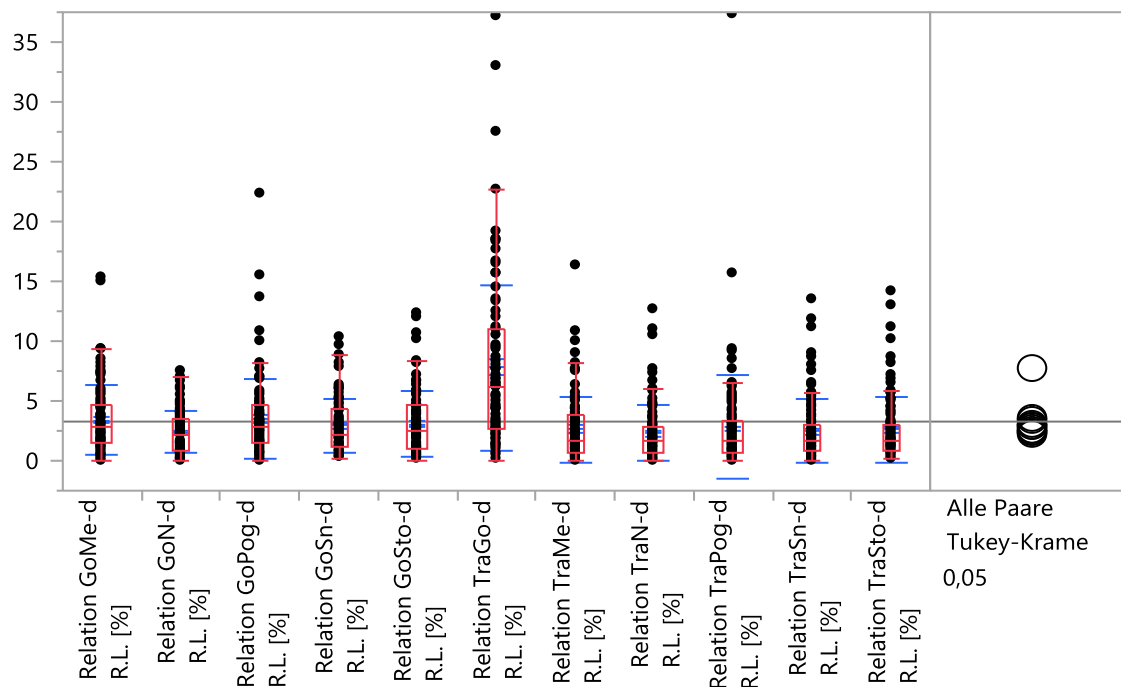


Abbildung 11. Graphische Darstellung von den Verhältnissen der Distanzen, die von direkt gemessen sind, von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [%] mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Quantilen

Distanz (Relation R.L.)		MW [%]
TraGo-d	A	7,79
GoPog-d	B	3,54
GoMe-d	B	3,42
GoSto-d	B	3,07
GoSn-d	B	2,94
TraPog-d	B	2,86
TraMe-d	B	2,66
TraSto-d	B	2,61
TraSn-d	B	2,47
GoN-d	B	2,39
TraN-d	B	2,28

Tabelle 16. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der direkt gemessenen Distanzen mit dem Tukey-Kramer HSD-Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant.

Winkel (Relation R.L.)	MW [°]	SD [°]	Median [°]	Minimum [°]	Maximum [°]
NMeGo	1,79	1,36	1,55	0,03	5,37
NPogGo	1,99	2,64	1,51	0,02	24,67
SnMeGo	2,04	1,41	1,85	0,01	5,68
SnPogGo	2,55	5,50	1,79	0,02	55,32
TraGoMe	5,72	4,48	4,96	0,05	23,11
TraGoPog	5,78	4,65	4,73	0,05	23,24

Tabelle 17. Darstellung von den Verhältnissen der gemessenen Winkel in [°] mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum

Winkel (Relation R.L.)	MW [%]	SD [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
NMeGo	2,43	1,87	2,08	0,04	7,32
NPogGo	2,44	2,54	1,91	0,03	21,14
SnMeGo	2,48	1,71	2,23	0,01	6,60
SnPogGo	2,76	4,44	1,99	0,02	43,74
TraGoMe	4,41	3,41	3,81	0,04	17,54
TraGoPog	4,88	4,21	4,01	0,04	25,91

Tabelle 18. Darstellung von den Verhältnissen der gemessenen Winkel in mit Mittelwert, Standardabweichung, Medianwert, Minimum und Maximum

Winkel (Relation R.L.)		MW [%]
TraGoPog	A	4,88
TraGoMe	A	4,41
SnPogGo	B	2,76
SnMeGo	B	2,48
NPogGo	B	2,44
NMeGo	B	2,43

Tabelle 19. Vergleiche von den Verhältnissen aller Paare der Winkel in [%] mit dem Tukey-Kramer HSD-Test; Liste homogener Gruppen: Stufen, die nicht durch denselben Buchstaben verbunden sind, unterscheiden sich signifikant

ANHANG

Distanz (Relation R.L.)	weiblich		männlich		Wahrschein- lichkeit > Chi ²
	MW [%]	SD [%]	MW [%]	SD [%]	
GoMe-d)	3,40	2,76	3,46	3,08	0,9633
GoMe-f	15,15	16,57	9,51	8,47	0,1779
GoMe-l	9,80	8,64	7,85	5,82	0,4896
GoN-d	2,38	1,79	2,43	1,81	0,9510
GoN-f	5,75	5,89	3,63	2,72	0,1489
GoPog-d	3,55	3,41	3,53	3,12	0,8962
GoPog-f	19,84	24,32	10,65	9,89	0,0419
GoPog-l	9,83	8,90	8,05	6,33	0,5910
GoSn-d	3,01	2,26	2,79	2,37	0,5700
GoSn-f	14,43	18,23	6,80	5,79	0,0222*
GoSn-l	9,00	8,03	7,05	6,21	0,2559
GoSto-d	3,12	2,74	2,95	2,66	0,8179
GoSto-f	18,83	26,49	8,63	7,80	0,0215*
GoSto-l	10,03	9,10	8,07	6,88	0,4202
TraGo-d	8,03	7,39	7,15	5,70	0,7413
TraGo-f	9,50	10,92	8,86	7,94	0,8840
TraGo-l	8,06	7,62	6,62	6,09	0,3732
TraMe-d	2,89	3,07	2,06	1,54	0,5240
TraMe-f	9,14	7,91	7,37	6,89	0,3334
TraMe-l	7,39	5,81	4,34	2,65	0,0170*
TraN-d	2,38	2,26	2,04	2,58	0,2527
TraN-f	12,99	17,11	6,65	5,57	0,0677**
TraN-l	10,32	8,97	8,02	5,77	0,4291
TraPog-d	3,10	4,99	2,26	1,47	0,6673
TraPog-f	12,25	11,62	8,75	7,96	0,2165
TraPog-l	8,28	6,62	4,68	2,95	0,0099*
TraSn-d	2,68	2,85	1,94	1,93	0,3183
TraSn-f	20,77	27,63	10,65	8,57	0,0476*
TraSn-l	10,44	8,47	6,67	5,04	0,0579**
TraSto-d	2,83	3,05	2,03	1,46	0,8538

Distanz (Relation R.L.)	weiblich		männlich		Wahrschein- lichkeit > Chi ²
	MW	SD	MW	SD	
	[%]	[%]	[%]	[%]	
TraSto-f	16,89	18,84	10,54	8,44	0,1998

Tabelle 20. Darstellung von der Verhältnisse der Distanzen in [%] geschlechterspezifisch mit Mittelwert und Standardabweichung für das weibliche und männliche Geschlecht sowie der Chi-Quadrat-Approximation nach dem nichtparametrischen Wilcoxon Test: männlich (n=28), weiblich (n=72), Signifikanz (S) bei: Chi² < 0,05*=signifikant, 0,05 < Chi² > 0,10** signifikanter Trend

Winkel (Relation R.L.)	weiblich		männlich		Wahrscheinlichkeit > Chi ²
	MW	SD	MW	SD	
	[%]	[%]	[%]	[%]	
TraGoPog	5,36	4,51	3,66	3,06	0,0643**
TraGoMe	4,78	3,60	3,45	2,68	0,0912**
SnPogGo	2,95	5,14	2,26	1,52	0,7471
SnMeGo	2,60	1,71	2,16	1,70	0,2193
NPogGo	2,49	2,84	2,30	1,52	0,7240
NMeGo	2,44	1,92	2,41	1,77	0,9633

Tabelle 21. Darstellung von der Verhältnisse der Winkel in [%] geschlechterspezifisch mit Mittelwert und Standardabweichung für das weibliche und männliche Geschlecht sowie der Chi-Quadrat-Approximation nach dem nichtparametrisch Wilcoxon Test: männlich (n=28), weiblich (n=72), Signifikanz (S) bei: Chi² < 0,05*=signifikant, 0,05 < Chi² > 0,10** signifikanter Trend

Distanz (Relation R.L.)	MW	SD	P ₁ -Wert	P ₂ -Wert	P ₃ -Wert
	[mm]	[mm]	von f zu d	von f zu l	von l zu d
GoMe-d	3,13	2,54	< 0,0001*		
GoMe-f	7,68	7,41		0,6967	
GoMe-l	6,84	6,02			< 0,0001*
GoN-d	2,88	2,07	0,0008*		
GoN-f	5,02	4,60			
GoPog-d	3,37	3,08	< 0,0001*		
GoPog-f	8,88	8,79		0,3718	
GoPog-l	7,31	6,53			< 0,0001*
GoSn-d	3,09	2,33	< 0,0001*		
GoSn-f	7,65	7,79		0,6190	
GoSn-l	7,61	6,81			< 0,0001*
GoSto-d	2,98	2,55	< 0,0001*		
GoSto-f	8,29	8,70		0,9416	
GoSto-l	7,65	6,93			< 0,0001*
TraGo-d	3,68	3,14	0,8326		

Distanz (Relation R.L.)	MW [mm]	SD [mm]	P₁-Wert von f zu d	P₂-Wert von f zu l	P₃-Wert von l zu d
TraGo-f	3,83	3,23		0,4179	
TraGo-l	3,46	3,09			0,4977
TraMe-d	3,38	3,49	< 0,0001*		
TraMe-f	8,05	6,83		0,5063	
TraMe-l	7,12	5,86			< 0,0001*
TraN-d	2,61	2,64	< 0,0001*		
TraN-f	8,17	8,47		0,2399	
TraN-l	8,85	7,69			< 0,0001*
TraPog-d	3,52	4,49	< 0,0001*		
TraPog-f	9,34	8,11		0,2753	
TraPog-l	7,75	6,31			< 0,0001*
TraSn-d	2,91	3,04	< 0,0001*		
TraSn-f	11,00	10,81		0,1637	
TraSn-l	8,95	7,49			< 0,0001*
TraSto-d	3,08	3,13	< 0,0001*		
TraSto-f	10,28	9,64			

Tabelle 22. Darstellung von den metrischen Verhältnissen der Distanzen von der rechten zur linken Gesichtshälfte in [mm] mit Mittelwerten und Standardabweichungen sowie nichtparametrischer Vergleiche für jedes Distanzpaar mittels Wilcoxon-Methode (p-Wert); p₁-Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu direkten Messungen, p₂-Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von frontal zu lateralen Messungen und p₃-Wert vergleicht Verhältnisse der Distanzen von lateral zu direkten Messungen; p < 0,05*=signifikant, 0,05 < p > 0,10** signifikanter Trend

10. VERÖFFENTLICHUNG

Die vorliegende Arbeit wurde auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie in Hannover (DGKFO 2016) als Vortrag präsentiert und wurde im Abstract bei dieser Tagung veröffentlicht. (V39)

11. DANKSAGUNG

An erster Stelle bedanke ich mich bei Prof. Dr. med. dent. habil. Helge Fischer-Brandies für die vielen konstruktiven Diskussionen um das Thema und die Möglichkeit meine Dissertation an seinem Lehrstuhl zu schreiben.

Mein ganz besonderer Dank gilt PD Dr. med. dent. habil. Bernd Koos für seine Mitbetreuung und Ratschläge.

Weiterhin danke ich Herrn Robert Ciesielski für die stetige Unterstützung, vor allem bei der statischen Auswertung.

Auch Frau Ketelsen danke ich für Ihre Hilfe im Hinblick auf die dreidimensionalen Fotografien des VECTRA® 3D Imaging System.

Abschließend danke ich meinen Eltern und meinem Mann für ihre moralische Unterstützung und ihre Geduld.

12. LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Wencke Riggert geb. Riedel
Geburtsdatum: 15.06.1988
Geburtsort: Uelzen
Familienstand: verheiratet

Schulbildung

1994 – 1998 Grundschule Sternschule (Uelzen)
1998 – 2000 Orientierungsstufe Sternschule (Uelzen)
2000 – 2007 Herzog- Ernst-Gymnasium Uelzen
Abitur 2007

Soziale Arbeit

2008 mit „Up with People“ in den Vereinigten Staaten, Mexiko und Thailand
2012 Famulatur in der Clinica Dental, Fundacion Terra Nueva in Quito, Ecuador im Bereich Chirurgie, Prothetik und Kinderzahnheilkunde

Studium der Zahnmedizin

10/2008 – 11/2013 Studium der Zahnmedizin an der Christian-Albrechts Universität Kiel
Vorphysikum
Physikum
Staatsexamen

Dissertation

5/2013 Beginn Dissertation am UKSH Kiel im Fach Kieferorthopädie; Thema: Analyse kraniofazialer Anomalien bei Patienten mit gesicherter juveniler idiopathischer Arthritis mittels VECTRA® 3D Imaging System

Zahnärztliche Tätigkeit

Seit 6/2015 Assistenz Zahnärztin in Hamburg