

Aus der
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Poliklinik für Kieferorthopädie

**Prospektive Untersuchung der Kaufunktion von Patienten
mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und/oder Robin-Sequenz
in kieferorthopädischer Behandlung**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Schmidt, Maria, geb. Buckisch

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler
1. Berichterstatter: Professor Dr. B. Koos
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. R. M. Zimmerer

Tag der Disputation: 03.06.2025

Für meinen Ehemann und meine Familie.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	10
1 Einleitung	13
1.1 Prävalenz	13
1.2 Ätiologie	14
1.3 Embryologie	16
1.3.1 Allgemeine Embryologie	16
1.3.2 Bildung von Hart- und Weichgaumen, Lippen und Nase	17
1.3.3 Entstehung von maxillofazialen Spalten	19
1.4 Klassifikation von Spaltformen	22
1.5 Erscheinungsbild der Spalterkrankungen	24
1.5.1 Lippen-Kiefer-Spalten	25
1.5.2 Spalten des Hart- und Weichgaumens	26
1.5.3 Einseitige Lippen-Kiefer-Gaumenspalte	27
1.5.4 Doppelseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte	28
1.6 Robin-Sequenz	29
1.7 Interdisziplinäres LGKS-Behandlungskonzept der Universitätsklinik Tübingen	31
1.8 Kieferorthopädisch relevante skelettale und dentoalveoläre Anomalien	33
1.8.1 Skelettale Klassen	33
1.8.2 Angle Klassen	35
1.8.3 Kreuzbisse	36
1.8.4 Therapeutische Intervention	37
1.9 Die Kaufunktion	38
1.10 Bewegungsabläufe während des Kauvorgangs	41
1.11 Kauvermögen und Kaeffizienz	43
1.12 Kauffunktionstest	44
1.12.1 Kauffunktionstest mit Nüssen	44

Inhaltsverzeichnis

1.12.2	Kauffunktionstest mit Wachswürfeln _____	45
1.12.3	KFT mit diagnostischem Kaugummi _____	45
1.12.4	Kauffunktionstest mit Optosil Putty _____	46
1.12.5	Kauffunktionstest mit Karotten _____	47
1.12.6	Standardisierter Kauffunktionstest nach Slavicek (SKT) _____	48
1.13	Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität _____	49
1.14	Zielsetzung _____	49
1.15	Hypothesen _____	51
2	Material, Patienten und Methoden _____	52
2.1	Studiendesign _____	52
2.1.1	Ethikkommission _____	52
2.1.2	Einschlusskriterien _____	52
2.1.3	Ausschlusskriterien _____	53
2.1.4	Probanden _____	53
2.1.5	Aufklärung der Probanden _____	53
2.1.6	Einverständniserklärung _____	53
2.1.7	Datenschutz _____	54
2.2	Untersuchungsphase _____	54
2.2.1	Untersuchungsbogen Kauffunktionstest _____	54
2.2.2	OHIP-G14-Fragebogen _____	55
2.2.3	Klinische Untersuchung _____	57
2.2.4	Standardisierter Kauffunktionstest nach Slavicek _____	57
2.2.5	Statistische Auswertung _____	63
3	Ergebnisse _____	65
3.1	Auswertung des Anamnesebogens _____	65
3.2	Auswertung des standardisierten Kauffunktionstests nach Slavicek _____	71
3.2.1	CD-Gruppe vs. C-Gruppe _____	71
3.2.2	Auswirkung der unterschiedlichen Kauseiten und Härtegrade der Testbodies auf die Kauleistung _____	72
3.2.3	Auswirkung der Faktoren Alter und Geschlecht auf die Kauleistung _____	73
3.2.4	Auswirkung des Dentitionsstadium auf die Kauleistung _____	77

Inhaltsverzeichnis

3.2.5	Auswirkung des Faktors Geschlecht auf die Kauleistung _____	79
3.2.6	Einfluss der unterschiedlichen Spaltformen bzw. der RS auf die Kauleistung _____	80
3.2.6.1	Einfluss der Kauseite auf die Kauleistung der Patienten mit unterschiedlichen Spaltformen _____	82
3.2.6.2	Einfluss der verschiedenen Härtegrade auf die Kauleistung der verschiedenen Spaltformen _____	85
3.2.7	Einfluss der skelettalen Klasse auf die Kauleistung _____	88
3.2.7.1	Einfluss der skelettalen Klasse auf die CD-Gruppe _____	90
3.2.7.2	Einfluss der skelettalen Klasse auf die C-Gruppe _____	92
3.2.8	Einfluss der Angle Klasse auf die Kauleistung _____	94
3.2.8.1	Einfluss der Angle Klasse auf die CD-Gruppe _____	97
3.2.8.2	Einfluss der Angle Klasse auf die C-Gruppe _____	100
3.2.9	Einfluss von Kreuzbissen auf die Kauleistung _____	101
3.2.10	Einfluss von kieferorthopädischen Apparaturen auf die Kauleistung _____	104
3.3	Auswertung des OHIP-G14-Fragebogens _____	106
3.3.1	Einfluss von CD auf das funktionelle Wohlbefinden _____	107
3.3.2	Einfluss von CD auf das psychologische Wohlbefinden _____	107
3.3.3	Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Kaufunktions-test und denen des OHIP-G14-Fragebogens _____	111
4	Diskussion _____	112
4.1	Kaufunktion der C- und der CD-Gruppe _____	112
4.2	Einfluss der Kauseite auf die Kaufunktion von Probanden mit einseitiger LKGS _____	113
4.3	Einfluss der Härte der Modellnahrung auf die Kaufunktion _____	114
4.4	Einfluss der verschiedenen Formen der Spalterkrankung auf die Kaufunktion _____	115
4.5	Einfluss von sekundären Faktoren wie Alter, Geschlecht und Dentitionsstadium _____	117
4.6	Einfluss von sekundären Faktoren wie skelettaler Klasse, Angle Klasse und vorliegenden Kreuzbissen _____	118
4.7	Einfluss von kieferorthopädischen Apparaturen auf die Kaufunktion _____	122
4.8	Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens _____	123

Inhaltsverzeichnis

4.9	Schlussfolgerung	127
4.10	Ausblick	129
5	Zusammenfassung	131
6	Literaturverzeichnis	134
7	Anhang	174
8	Erklärung zum Eigenanteil	175
9	Veröffentlichungen	177
10	Danksagung	178

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Das multifaktorielle Schwellenmodell	15
Abbildung 2 Modifikationen des multifaktoriellen Schwellenmodells	15
Abbildung 3 Stadien der Gesichtsentwicklung	18
Abbildung 4 Stadien der Gaumenentwicklung	19
Abbildung 5 Primäre und sekundäre Spaltentstehung	21
Abbildung 6 LAHSHAL Klassifikation in Projektion auf eine Linie und zugehörige Nomenklatur	23
Abbildung 7 Formen orofazialer Spalten	25
Abbildung 8 Patient mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Spalte	25
Abbildung 9 Patient mit Hart- und Weichgaumenspalte	27
Abbildung 10 Patient mit linksseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte	28
Abbildung 11 Patient mit rechtsseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte	28
Abbildung 12 Typische klinische Ausprägungen der Robin-Sequenz	29
Abbildung 13 Patient mit RS	31
Abbildung 14 Interdisziplinäres Behandlungskonzept für Kinder mit LKGS	32
Abbildung 15 Kephalometrie nach Segner/Hasund	34
Abbildung 16 Grafische Darstellung der Angle-Klassen	36
Abbildung 17 Trajekturen des unteren Interinzisalpunktes bei Kindern und Adulten	43
Abbildung 18 Kauffunktionstest mit mehrfarbigem Wachswürfel	45
Abbildung 19 Visuelle Vergleichsskala für Kauffunktionstest („Möhrentest“)	47
Abbildung 20 CHEW-Box, Platten zum Ausstreichen der Testbodies, Sieb und Testbodies	59
Abbildung 21 Standardisierte Modellnahrung in drei Härtegraden	59
Abbildung 22 Vorläufer-Konstruktion der CHEW-Box	60
Abbildung 23 Endergebnis eines durchgeführten SKT	61
Abbildung 24 Beispiele für SKT mit roter (= harter) Modellnahrung	62
Abbildung 25 Beispiel für die tabellarische Ergebnisauflistung eines SKT	62
Abbildung 26 Diagnosen und Verteilung innerhalb der CD-Gruppe	65
Abbildung 27 Verteilung der Probanden auf die Studiengruppen C1, C2, CD1, CD2	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 28 Verteilung der skel. Klassen u. der Angle Klassen der Studienpopulation	67
Abbildung 29 Formen des Kreuzbisses innerhalb der Studienpopulation.....	67
Abbildung 30 Kieferorthopädische Apparaturen u. Logopädie der CD-/C-Gruppe	68
Abbildung 31 Kauleistungskurven zum Vergleich von C- und CD- Gruppe	71
Abbildung 32 Kauleistungskurve der C1-Gruppe.....	75
Abbildung 33 Kauleistungskurve der C2-Gruppe.....	76
Abbildung 34 Kauleistungskurve der CD1-Gruppe	76
Abbildung 35 Kauleistungskurve der CD2-Gruppe	77
Abbildung 36 Balkendiagramm mit Konfidenzintervall der Ergebnisse des SKT der CD-Gruppe.....	81
Abbildung 37 Grafische Darstellung des Rankings der Kaeffizienz der Spaltformen.....	82
Abbildung 38 Grafik zur Darstellung der mittleren Oberfläche A als Ergebnis des SKT der CD-Gruppe	87
Abbildung 39 Grafik zur Darstellung der mittleren Partikelanzahl N als Ergebnis des SKT der CD-Gruppe.....	87
Abbildung 40 Boxplot Diagramm zur Darstellung der N-Werte des SKT aller Probanden für die Angle Klassen I-III.....	95
Abbildung 41 Boxplot Diagramm zur Darstellung der A-Werte des SKT aller Probanden für die Angle Klassen I-III.....	96
Abbildung 42 Boxplot Diagramm zur Darstellung der N-Werte des SKT der CD-Gruppe für die Angle Klassen I-III.....	98
Abbildung 43 Boxplot Diagramm zur Darstellung der N-Werte des Kaufunktionstest der CD-Gruppe für die Angle Klassen I-III	99
Abbildung 44 Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens für die C- und die CD-Gruppe.....	106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Römische Einteilung der Spalterkrankungen von 1967	22
Tabelle 2	Kephalometrische Messungen, Normwerte und Bedeutung	35
Tabelle 3	Einteilung der Untersuchungsgruppen und Codierung	52
Tabelle 4	Bewertungsmatrix für den OHIP-G14-Fragebogen.....	56
Tabelle 5	Dentitionsstadien der Studienpopulation	69
Tabelle 6	Zusammensetzung der Dentition der Gesamtstudienpopulation ..	69
Tabelle 7	Ergebnis der Partikelanzahl N des Kauffunktionstest für alle Kauzyklen und Härtegrade für CD-Gruppe und C-Gruppe	73
Tabelle 8	Ergebnis der mittlere Partikeloberfläche A des Kauffunktionstest für alle Kauzyklen und Härtegrade für CD-Gruppe und C-Gruppe.....	73
Tabelle 9	Ergebnis für mittlere Partikelanzahl N und mittlere Oberfläche A des Kauffunktionstests der C- und CD-Gruppe in Bezug auf das Alter der Probanden.....	74
Tabelle 10	Dentitionsstadium der Probanden in C- und CD-Gruppe, Anzahl und prozentualer Anteil	77
Tabelle 11	Ergebnisse des Kauffunktionstests für die unterschiedlichen Wechselgebissphasen.....	78
Tabelle 12	Ergebnisse der durchschnittlichen Partikelanzahl und der mittleren Oberfläche des Kauffunktionstests für die CD- und C-Gruppe aufgeteilt nach Geschlechtern	80
Tabelle 13	Ergebnis der Partikelanzahl für die Kauvorgänge (KV) rechts, links, beidseitig des Kauffunktionstests für die unterschiedlichen Spaltformen	83
Tabelle 14	Ergebnisse für Partikelzahl und Oberfläche des Kauffunktionstests für die Spalt- und non-Spalt Seite für LKGS	84
Tabelle 15	Ergebnis für Partikelanzahl N und Oberfläche A für die verschiedenen Härtegrade des Kauffunktionstests bezogen auf die unterschiedlichen Spaltformen	85
Tabelle 16	Ergebnisse Kauffunktionstest Gesamtpopulation, aufgeteilt auf skelettale Klassen I-III.....	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 17	Ergebnisse für Partikelanzahl N und Oberfläche A des Kaufunktionstest für C- und CD-Gruppe aufgeteilt auf die skelettalen Klassen	89
Tabelle 18	Ergebnisse der Partikelanzahl N für den Kaufunktionstest der CD-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III.....	91
Tabelle 19	Ergebnisse der mittleren Oberfläche A in mm ² für den Kaufunktionstest der CD-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III	92
Tabelle 20	Ergebnisse Kauffunktionstest für die C-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A für verschiedene Kauvorgänge	93
Tabelle 21	Ergebnisse Kauffunktionstest für die C-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A für die verschiedenen Härtegrade	93
Tabelle 22	Ergebnisse Kauffunktionstest für die gesamte Studienpopulation aufgeteilt in Angle Kl. I-III rechts und linksseitig, Partikelanzahl N und mittlere Oberfläche A von allen neun Kauzyklen.....	95
Tabelle 23	Ergebnisse des Kauffunktionstest für C- und CD-Gruppe, aufgeteilt auf die Angle Klassen rechts und links, Partikelanzahl N gesamt und durchschnittliche Oberfläche A für alle neun Kauzyklen	97
Tabelle 24	Ergebnisse Kauffunktionstest für die CD-Gruppe unterteilt in Angle Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und Partikeloberfläche A für verschiedene Kauzyklen bzw. Kauseiten	100
Tabelle 25	Ergebnisse Kauffunktionstest für die C-Gruppe unterteilt in Angle Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A verschiedene Kauzyklen bzw. Kauseiten...	101
Tabelle 26	Anzahl und prozentuale Verteilung der Diagnose Kreuzbiss innerhalb der Studiengruppen.....	102
Tabelle 27	Statistisch signifikante Ergebnisse der Kauzyklen von CD- Probanden mit und ohne Kreuzbiss, durchschnittliche Partikelanzahl N verschiedener Kauzyklen.....	103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 28	Statistisch signifikante Ergebnisse der Kauzyklen von CD- Probanden mit und ohne Kreuzbiss, durchschnittliche Partikeloberfläche A verschiedener Kauzyklen.....	104
Tabelle 29	Übersicht über die Art und Anzahl der sich in situ befindlichen kieferorthopädischen Apparaturen der CD- und C-Gruppe, Alter und Anzahl der Probanden	105
Tabelle 30	Ergebnisse des Kaufunktionstest für CD- und C-Gruppe mit festsitzenden/herausnehmbaren Apparaturen, durchschnittliche Partikelanzahl N aller Kauzyklen und mittlere Oberfläche A für alle neun Kauzyklen	106
Tabelle 31	Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens für die CD und C-Gruppe, Zusammenfassung Teilergebnisse (funktionelles und psychologisches Wohlbefinden) und Gesamtergebnisse.....	109
Tabelle 32	Ergebnisse für die Untersuchung einer Korrelation der Kaufunktionstest- und der OHIP-Fragebogenergebnisse	109

Abkürzungsverzeichnis

♀	weiblich
♂	männlich
A	Oberfläche
Abb.	Abbildung
bds.	beidseits/beidseitig
C	Controll (engl.) = Kontrolle
CD	Craniofacial Disorder (engl.) = Kraniofaziale Anomalie
CL	Cleft Lip (engl.) = Lippen-Kiefer-Spalte
CL/P	Cleft Lip/Palate (engl.) = Lippen-Kiefer-(Gaumen)-Spalte
cm	Zentimeter
CP	Cleft palate (engl.) = isolierte Gaumenspalte
EDV	Elektronisches Datenverarbeitungssystem
EW	Embryonalwoche
et al.	et alia
FZG	Frontzahnggebiet
g	Gramm
GNE	Gaumennahterweiterung
KFT	Kaufunktionstest
Kl.	Klasse
KV	Kauvorgänge

Abkürzungsverzeichnis

li	links/linksseitig
LKGS	Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte
LKS	Lippen-Kiefer-Spalte
MBA	Multiband-Multibracket-Apparatur
Mean	(engl.) = Mittelwert
MG	Milchgebiss
MLQ	Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität
mm ²	Quadratmillimeter
MW	Mittelwert
N	Anzahl Partikel KFT
n	Anzahl Probanden
OHIP	Oral Health Impact Profile
OK	Oberkiefer
PG	Permanentgebiss
QoL	Quality of Life (engl.) = Lebensqualität
re	rechts/rechtsseitig
RS	Robin-Sequenz
SD	standard deviation (engl.) = Standardabweichung
SZG	Seitenzahnggebiet
skel.	skelettal(e)
SKT	Standardisierter Kaufunktionstest nach Slavicek
SSW	Schwangerschaftswoche

Abkürzungsverzeichnis

UK	Unterkiefer
UKT	Universitätsklinikum Tübingen
u. a.	unter anderem
WGP	Wechselgebissphase

1 Einleitung

Kauen ist eine lebenswichtige Funktion unseres Körpers, die für die Aufspaltung der Nahrung und somit als erster Schritt der Verdauungskette elementar ist (Kumar et al., 2018). Eine inadäquate Kauleistung geht häufig mit schlechterer Nahrungsaufnahme, einem Mangel an Mikronährstoffen und einem reduzierten Gesundheitszustand einher (Bauer et al., 2013). Dies kann Auswirkungen auf die Lebensqualität haben. Die am Kauvorgang beteiligten Strukturen wie Muskulatur, Kiefergelenke, Maxilla, Mandibula und natürlich auch die Zähne können bei Patienten mit Spalterkrankungen und/oder Robin-Sequenz (RS) verändert sein. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich deshalb mit den Auswirkungen dieser Fehlbildungen auf die Kaeffizienz und die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität (MLQ). Zielstellung dieser Arbeit ist es, Defizite zu erkennen und diesen bestmöglich vorzubeugen.

1.1 Prävalenz

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (LKGS), auch als orofaziale Spalten bezeichnet, gehören zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen (Dixon, 2011). Durchschnittlich ist eins von 600 Neugeborenen von dieser Erkrankung betroffen (Cobourne, 2004). Am häufigsten ist dabei die durchgehende LGKS, also eine Kombination aus einem Defekt des primären und sekundären embryonalen Gaumens. Die Auslöser können exo- und/oder endogener Art sein. Es gibt zahlreiche verschiedene Formen und Ausprägungen dieser kraniofazialen Anomalie, die auch zusätzlich mit syndromalen Erkrankungen vergesellschaftet sein kann. Dies ist in ca. 8 % der Fälle zutreffend (Mueller et al., 2007). Ein Beispiel hierfür ist die RS. Sie ist in 80-90 % der Fälle mit einer isolierten Gaumenspalte kombiniert (Robin, 1923, Reinert und Krimmel, 2003, Caouette-Laberge et al., 1994). Jährlich werden circa 80 betroffene Kinder in Deutschland geboren. Die Prävalenz beträgt 11,3:100.000 (Maas und Poets, 2014, Vatlach et al., 2014). Die RS zeichnet sich durch die Symptom-Trias einer Retrognathie, einer in den Rachen zurückfallenden Zunge (Glossoptose) und einer Obstruktion der oberen Atemwege aus (Robin, 1923, Laitinen et al., 1997). Ohne eine multidisziplinäre Therapie kann die Lebenserwartung der betroffenen Kinder sehr gering sein.

Eine Spalterkrankung geht häufig mit ausgeprägten skelettalen und dentoalveolären Veränderungen einher. Sie hat vielfältige Auswirkungen auf das gesamte stomatognathe System. Die Spaltbildung von äußerlich sichtbaren Strukturen wird als belastender empfunden, als intraoral liegende Spalten (Mossey und Modell, 2012). Unter anderem liegt oftmals ein starker Platzmangel sowohl in der transversalen Ebene, als auch in der sagittalen Dimension vor. Zusätzlich können Hypo- oder Hyperdontien, Aplasien und/oder Hypoplasien sowie Anomalien der Zahnhartsubstanz der Zähne nahe des Spaltbereiches vorliegen. Weiterhin leiden die Patienten häufig unter funktionellen Störungen. Betroffen davon können Atmung, Sprache, Nahrungsaufnahme und das Gehör sein (Koos et al., 2018).

1.2 Ätiologie

Die Ursachen für die Entstehung von LKGS sind vielfältig. Ein anerkanntes Modell zur Erklärung der Entstehung der Fehlbildung ist das multifaktorielle Schwellenwertmodell von Falconer (1965). Hierbei wird die Kombination von additiv wirksamen genetischen Faktoren beschrieben. Allerdings sind auch verschiedene exogene Faktoren bekannt, welche die Spaltbildung begünstigen. Hierzu zählen beispielsweise Medikamente, Drogen, Virusinfektionen, Folsäuremangel, Hyperthermie und ionisierende Strahlung denen die werdende Mutter während der Schwangerschaft ausgesetzt ist (Neumann, 1989). Auch die jahreszeitliche Schwankung exogener Faktoren, wie zum Beispiel das Ausmaß der ultravioletten Strahlung, Infektionserkrankungen und die teratogene Wirkung von Pflanzenschutzmitteln in der Nahrung, ist ausschlaggebend (Krost und Schubert, 2006).

Die Wahrscheinlichkeit zur phänotypischen Ausbildung von LKGS ist eine gleichmäßig in einer Population verteilte Größe. Sie basiert auf genetischen Faktoren und den im oberen Abschnitt beschriebenen Umwelteinflüssen. Mittels einer Gaußschen Glockenkurve kann dies veranschaulicht werden (Vgl. Abbildung 1). Die Kurve wird von einer Senkrechten geschnitten, welche den Schwellenwert darstellt, der zur Manifestation der Fehlbildung führt (Schubert et al., 1988).

Einleitung

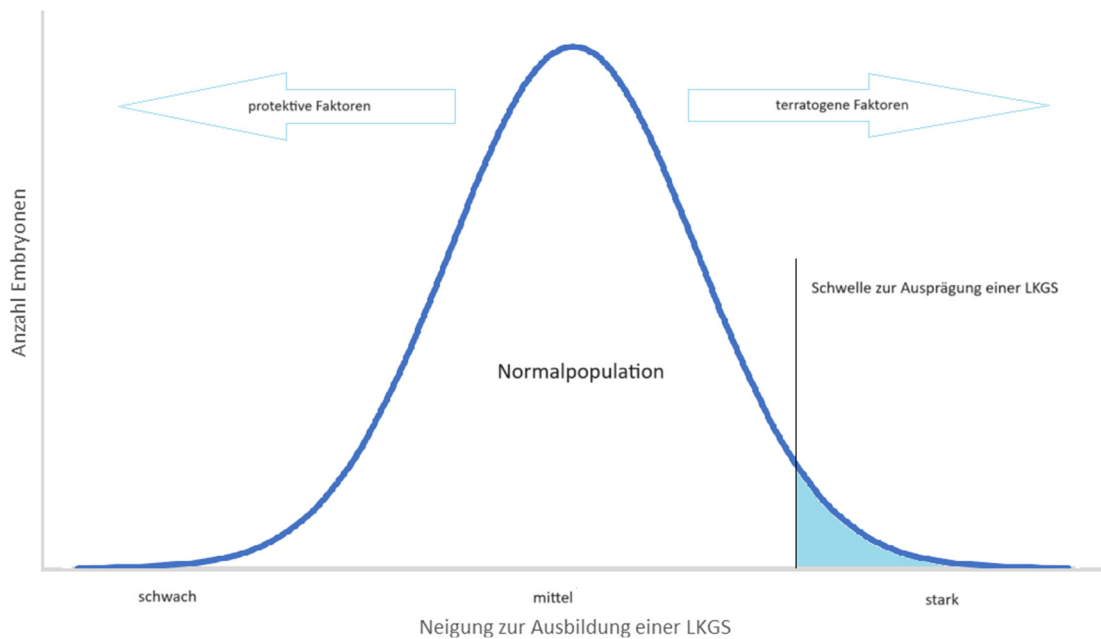


Abbildung 1 Das multifaktorielle Schwellenmodell mit dem Einfluss protektiver und teratogener Faktoren (frei nach Krost, 2001)

Diese Glockenkurve verschiebt sich, je nach betrachteter Spalterkrankung, Geschlecht des Patienten, erblicher Vorbelastung und Vorhandensein oder Abwesenheit der oben beschriebenen schädlichen exogenen Einflüsse nach rechts oder links. Der teratogene Einfluss der exogenen Faktoren zeigt sich durch die Verschiebung der Kurve in Richtung Schwellenwert. Schützende Einflüsse hingegen bewegen die Verteilung in die entgegengesetzte Richtung. Die Schwelle für Mikroformen und Anomalien liegt dabei weiter links als die für eine vollständige Ausprägung (Schubert, 1988).

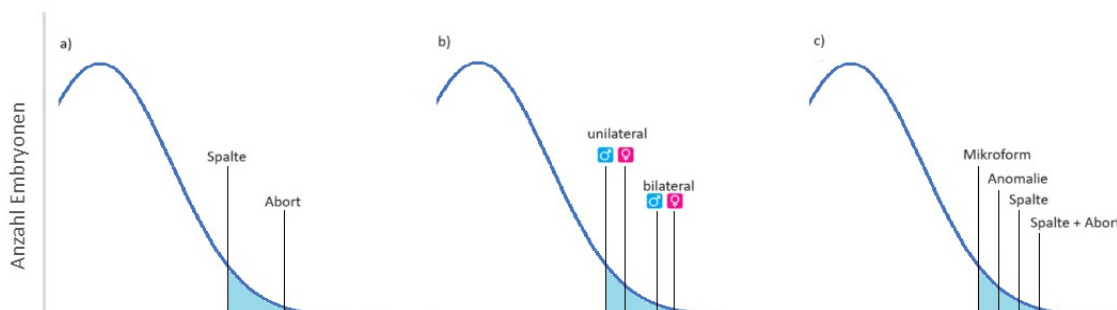


Abbildung 2 Modifikationen des multifaktoriellen Schwellenmodells: a) multifaktorielles 2-Schwellenmodell nach Niswander, b) 4-Schwellenmodell nach Tolarova, c) multifaktorielles Mehrschwellenwertmodell nach Schubert (frei nach Krost, 2001)

Das multifaktorielle Schwellenwertmodell von Falconer ist über die Jahre immer wieder modifiziert und anhand neuer Untersuchungsergebnisse spezifiziert worden, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist (Krost, 2001). Niswander et al., (1972) zeigen mit Hilfe des 2-Schwellen-Modells, dass es bei bestimmter Ausprägung von exogenen Faktoren zur Missbildung eines Organismus kommen kann. Sind diese schädlichen Einflüsse zu groß, führt dies zum Überschreiten der nächsten Schwelle und damit zum Abort. Weiterhin sind genauere Aussagen über den Einfluss von Geschlecht und Ausprägung der Spalterkrankung möglich (Tolarova, 1987). Jungen sind demnach anfälliger für die Ausbildung von Spalterkrankungen als Mädchen. Das ausführlichste und am ehesten auf die Physiologie eines Embryos angepasste Modell stammt von Schubert (1988).

1.3 Embryologie

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen der humanen Embryonalentwicklung. Dabei wird hauptsächlich auf die für diese Arbeit relevante Gesichtsbildung und mögliche Fehlbildungen eingegangen.

1.3.1 Allgemeine Embryologie

Die Organbildung erfolgt innerhalb der ersten acht Schwangerschaftswochen (SSW), welche in zwei Phasen eingeteilt werden. Zunächst bilden sich in der präembryonalen Phase (erste bis vierte Woche) die drei Keimblätter: das Entoderm, Ektoderm und Mesoderm. Sie sind die Grundlage für alle Organanlagen (Ulfig und Brand-Saberi, 2017). Diese bilden sich in der tatsächlichen Embryonalphase, welche von der vierten bis zur achten Woche dauert. Aus dem Entoderm entwickeln sich dabei das Verdauungssystem inklusive der Mundhöhle, die Leber, die Schild- und die Bauchspeicheldrüse, weiterhin der Respirationstrakt und Harnleiter sowie Harnröhre. Das Ektoderm bildet die Haut, die Zähne, alle Sinnesorgane und das Nervensystem. Weiterhin entsteht im Rahmen der sogenannten Neurulation des Ektoderms das dritte Keimblatt, das embryonale Mesoderm. Aus diesem entwickeln sich neben dem Bewegungsapparat, die Niere, die Blut- und Lymphgefäße, das Herz und die inneren Geschlechtsorgane. Weiterhin entsteht aus ihm die glatte Muskulatur der

inneren Organe (Reinert und Krimmel, 2003, Holtgrave und Rudzki-Jansen, 2002).

1.3.2 Bildung von Hart- und Weichgaumen, Lippen und Nase

Mit einer Krümmung des Embryos wird die Entwicklung des Viszerokraniums in der vierten Embryonalwoche (EW) eingeleitet. Der Gesichtsschädel bildet sich aus dem Mesenchym des ersten und zweiten Kiemen- bzw. Schlundbogens (Zilles und Tillmann, 2010). Der Gesichtsschädel und auch die Kiemenbögen leiten sich aus der Neuralleiste ab (Kuratani et al., 1997).

Es bilden sich mesenchymale Polster, die fünf Gesichtswülste, welche die embryonale Mundbucht umgeben. Die paarig angelegten Ober- und Unterkieferwülste und der Stirnfortsatz entwickeln sich aus mesektodermalen Zellen der Neuralleiste durch Proliferation (siehe Abbildung 3 a). Das Prosencephalon (Vorderhirnbläschen) dehnt sich aus. Es umgrenzt somit, zusammen mit dem ersten Schlundbogen, den paarigen Oberkieferwülsten und dem kaudal liegenden Herzwulst, das sogenannte Stomatodeum (Mundbucht) (Sadler, 2003, Hinrichsen, 1990). Am Stirnfortsatz entwickeln sich paarige Verdickungen, die Riechplakoden. Mit fortschreitender Entwicklung werden sie zu den Riechgruben. Sie weisen jeweils einen medialen und einen lateralen Nasenwulst auf (Holtgrave und Rudzki-Janson, 2002). An der Bildung der Mundhöhle sind die lateralen Nasenwülste nicht beteiligt. Sie stellen die Grundlage für die Nasenflügel dar (siehe Abbildung 4 b). Die beiden Unterkieferwülste fusionieren miteinander und bilden so den Unterkiefer (UK) und die Unterlippe (Sadler, 2003).

Die paarigen Oberkieferwülste nehmen an Volumen zu, wachsen dabei in Richtung der medialen Nasenwülste und verschmelzen mit ihnen (Hinrichsen, 1990). Aus der Verbindung der medialen Nasenwülste entsteht das sogenannte Zwischenkiefersegment (Vgl. Abbildung 3c und 4a). Aus diesem entwickelt sich das Philtrum, welches die Grundlage für die vier oberen Inzisiven inklusive ihrem Knochenanteil und den primären Gaumen, sowie den mittleren Teil der Oberlippe bildet. Durch diese Fusion entsteht also der anterioren Teil des harten Gaumens (Ulfig und Brand-Saberi, 2017). Die Zunge nimmt anfangs den Raum zwischen

Einleitung

den Kieferplatten ein und unterzieht sich dabei einer kaudoventralen Positionsveränderung im Zusammenhang mit der anterioren Entwicklung des Unterkiefers (UK) und der Aufrichtung der Gaumenfortsätze (Hinrichsen, 1990).

Die seitlichen Gaumenwülste treffen sich in der Mitte, verschmelzen miteinander und nach kranial mit der Nasenscheidewand (siehe Abbildung 4 b und c). Sie bilden den sekundären Gaumen und die velopharyngeale Muskulatur (Sadler, 2003). Die Gaumenfortsätzen sind auch die Grundlage für die lateralen Anteile der Oberlippe. Hinter den Schneidezähnen liegt der Canalis incisivus. Dieser bildet die Grenze zwischen primären und sekundären embryonalen Gaumen. Zuletzt bilden sich der die Uvula und der Weichgaumen. Die Induktion der Knochenbildung erfolgt durch die Migration von neuralem Gewebe in den Oberkiefer (OK) (Ulfig und Brand-Saberi, 2017).



Abbildung 3 Stadien der Gesichtsentwicklung a) 5. Woche, b) 6. Woche, c) 7. Woche, d) 10. Woche (Ulfig und Brand-Saberi, 2017)

Bleibt eine der beschriebenen Verschmelzungen aus, bilden sich Spalten, welche bereits bei Embryonen ab der 19.–20. SSW sichtbar sind und im Ultraschall diagnostiziert werden können.



Abbildung 4 Stadien der Gaumenentwicklung: a) 6. Woche, b) 7. Woche, c) vorderer Gaumen adult (Ulfig und Brand-Saberi, 2017)

1.3.3 Entstehung von maxillofazialen Spalten

Ist die Fusion der Gesichtsfortsätze unvollständig, kommt es zur Spaltbildung in der maxillofazialen Region. Diese kann ein- und beidseitig sowie unvollständig und komplett vorliegen. Häufig liegen auch Begleitfehlbildungen, z.B. im Rahmen von Syndromen wie dem Mikrodeletion-22q11-Syndrom (Velocardiofaziales Syndrom oder Di-George-Syndrom), Trisomie 13, 18 (Hodgkinson et al., 2005) oder 21 (Kjær, 2012) vor. Zur genauen Ursache der Spaltbildung gibt es unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze.

Der richtige zeitliche Ablauf sowie die regelrechte Positionierung und Aufrichtung der Gesichtswülste bei der Verschmelzung sind absolute Voraussetzungen für die korrekte Ausbildung des Gesichts. Bereits kleine Abweichungen können zu einer Fehlbildung führen (Cohen und Michael, 2002, Gorlin und Cohen, 1998). Kommt es beispielsweise aufgrund von unzureichender Bildung embryonaler

Einleitung

Zellen während des Wachstums nicht zum Kontakt der Gesichtsfortsätze, bleibt die Verschmelzung dieser aus (Hinrichsen 1990). Es entsteht eine Spalte.

Die Anlagerung der Oberkieferfortsätze an die Nasenwülste löst die Bildung der sogenannte Hochstetter'schen Epithelmauer (Hochstetter, 1891) aus. Diese trennt die Kompartimente zunächst vollständig voneinander. Erst nach Abbau der Zellmauer können die mesenchymalen Anteile sich miteinander verbinden und damit den Gaumen und die Oberlippe bilden. Ist die Bildung der Epithelmauer insuffizient, so kommt es auf Grund der mangelnden Zelladhäsion nicht zur Fusion der Fortsätze und somit zur Spaltbildung. Weiterhin kann die Durchdringung der Hochstetter'schen Epithelmauer durch mesenchymale Epithelzellen unvollständig oder insuffizient sein. Auch in diesem Fall resultiert eine Spalte. Cobourne (2004) sowie Johnston und Bronsky (1995) postulieren, dass ein solcher Defekt sekundär, also durch ein Wiederaufreißen der Verschmelzungsstellen entsteht.

Je nach Zeitpunkt und Ort der Fusionsstörung kommt es zu unterschiedlichen Ausprägungen der Fehlbildung. In der vierten bis fünften EW findet die Bildung des primären Gaumens statt. In diesem Zeitraum entstehen Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalten. Die Ausdehnung von Spalten der Lippe und des primären Gaumens werden durch das Foramen incisivum begrenzt. In der siebten und achten EW bildet sich der sekundäre Gaumen (Ulfig und Brand-Saberi, 2017). Bleibt hierbei die Verschmelzung aus, bilden sich Hart- und Weichgaumenspalten sowie isolierte Weichgaumenspalten.

Erfolgt die Vereinigung zu einem späteren Zeitpunkt, entstehen häufiger Mikroformen oder submuköse Malformationen an Hart- und/oder Weichgaumen sowie am Vomer. Die Entstehung von primären und sekundären Spalten ist in Abbildung 5 dargestellt.

Ist die Morphogenese von primärem und sekundärem Gaumen gestört, kommt es zur Bildung von LKGS. Je nachdem, ob die Ursache der Spaltbildung primär oder sekundär ist, kommt es zu einer unterschiedlichen klinischen Darstellung der Spalte.

Einleitung

Bei primären Spalten gab es nie eine Verschmelzung der Gesichtsfortsätze. Das Gewebe am Rand der Spalte ist dünn und hypotroph. Das Lippenrot zieht sich oftmals bis in die Nasenschleimhaut hinein. Außerdem kommt es vermehrt zu Aplasien und/oder Hypoplasien der zweiten OK Inzisiven und die Spaltbreite ist meist größer (Mangold et al., 2017). Sekundären Spalten sind Folge einer insuffizienten Fusion oder späteren Ruptur der Kompartimente. Das Lippenrot endet vor dem Naseneingang und es zeigen sich hyperplastische Bereiche an der Spaltkante. Pfeifer (1966) unterteilt die Fehlbildungen daher anhand von Spaltbreiten und Lippenrotverlauf. Als Resultat dieser Dysplasien können darauffolgende Reifungsprozesse gehemmt werden. Beispielsweise kann es zur Mikrognathie der Maxilla oder zur Nichtanlage von Zahnkeimen im Spaltbereich kommen.

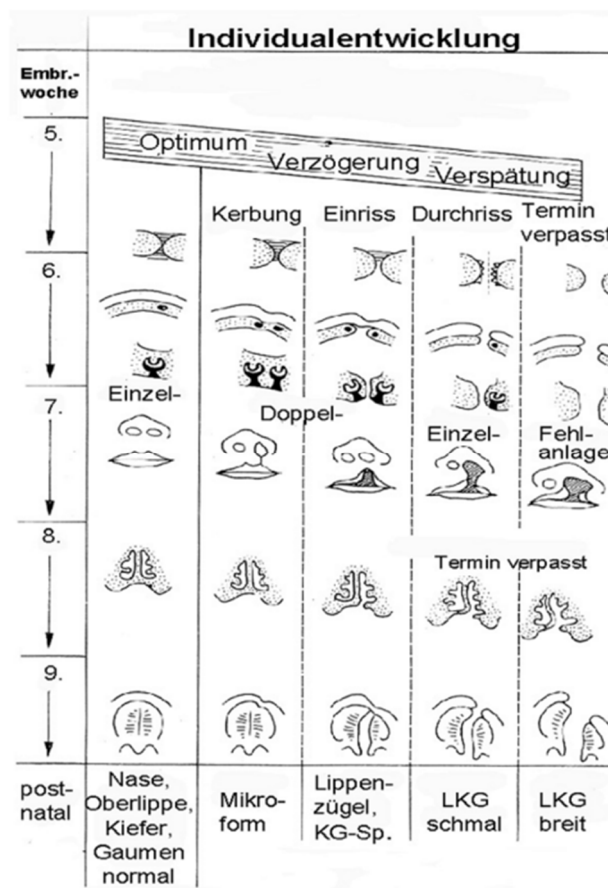


Abbildung 5 Primäre und sekundäre Spaltentstehung (Pfeifer, 1960)

1.4 Klassifikation von Spaltformen

Die Einteilung der orofazialen Spalten erfolgt anhand anatomischer und embryologischer Gesichtspunkte und ist therapieorientiert. Seit 1967 gilt die von der Gesellschaft für Plastische- und Wiederherstellungschirurgie in Rom eingeführte Klassifikation (Römische Klassifikation in Pfeifer (1981)). Sie teilt die kraniofazialen Fehlbildungen nach ihrer anatomischen Lokalisation und der zeitlichen embryonalen Entwicklung in vier Gruppen ein (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Römische Einteilung der Spalterkrankungen von 1967 in Pfeifer (1981)

Gruppe I	Spalten des primären Gaumens	Lippe und/oder Kiefer	links
			beidseitig
			rechts
Gruppe II	Spalten des primären und sekundären Gaumens	Lippen-Kiefer-Gaumenspalten	links
			beidseitig
			rechts
Gruppe III	Spalten des sekundären Gaumens	Hart- und Weichgaumenspalte	links
			beidseitig
			rechts
		Isolierte Weichgaumenspalte	median
Gruppe IV	Seltene Spalten	mediane Gesichtsspalten	mit Hypoplasie des OK
			ohne Hypoplasie des OK
		schräge Gesichtsspalten (oroorbital)	links
			beidseitig
			rechts
		quere Gesichtsspalten (oroauriculär)	links
			beidseitig
			rechts
		Spalten der Unterlippe, Nase, andere seltene Spalten	links
			beidseitig
rechts			

Die erste Gruppe umfasst die Spaltformen, die aus der Fehlbildung des primären Gaumens resultieren. Dazu zählen Lippen- und Lippenkieferspalten sowie ihre Mikroformen wie zum Beispiel Lippenfurchen und Kieferkerben. Die zweite Gruppe beinhaltet Erkrankungen, die aus der Dysgenese von primärem und sekundärem Gaumen resultieren. Dazu zählen ein- und beidseitige LKGS. Die dritte Gruppe enthält die Spaltformen des sekundären Gaumens, also die Hart-

Einleitung

und Weichgaumenspalte sowie die isolierte Weichgaumenspalte. In der vierten Gruppe werden alle seltenen Spalten zusammengefasst. Dazu zählen schräge, quere und mediane Gesichtsspalten und auch Spalten der Nase, der Unterlippe oder andere seltene Spaltformen (Ulrich, 2021).

Eine weitere gängige und topografisch sehr anschauliche Einteilung stammt von Kriens aus dem Jahr 1989 (Kriens, 1989). Er übernimmt den 1968 eingeführten LAHS-Code von Koch (1968) und projiziert ihn auf seine Grafik ausgehend von der Mittellinie jeweils nach rechts und links in einer Linie nebeneinander. So wird aus dem LAHS-Code die LAHSHAL-Klassifikation (Kriens, 1989). Die einzelnen Kompartimente werden mit Großbuchstaben bezeichnet. L steht für die Lippe, A für den Alveolarfortsatz, H für den harten Gaumen und S für den weichen Gaumen (soft palate). Die Klassifikation bezeichnet die vollständige Spaltform mit Großbuchstaben, während subtotale Formen mit kleinen Buchstaben codiert werden (siehe Abbildung 6).

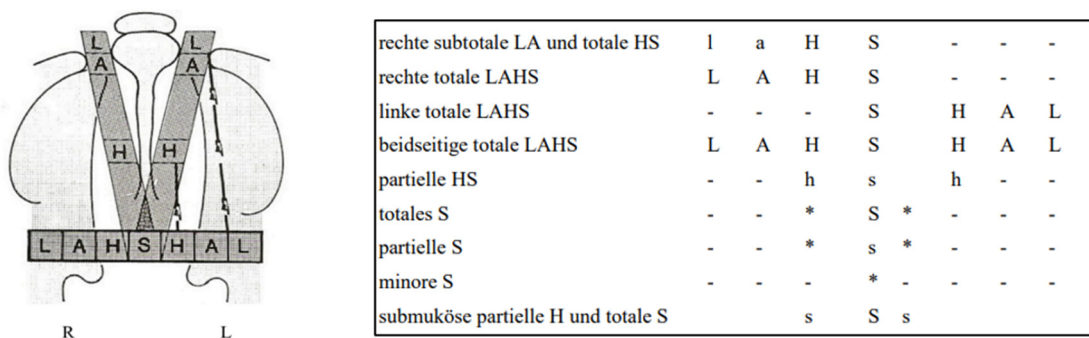


Abbildung 6 LAHSHAL Klassifikation in Projektion auf eine Linie (Kriens, 1989) und zugehörige Nomenklatur (aus Reining, 2010)

Klinisch nicht betroffene Regionen werden mit einer „0“ oder einem Mittelstrich (-) gekennzeichnet. Die Seiteneinteilung entspricht der Aufsicht, also steht der linke Teil der Nomenklatur für die rechte Seite des Patienten. Kriens übernimmt auch die Dokumentation des Schweregrads der Ausprägung mit den Ziffern 1–3 von Koch (1968) und von Vilar-Sancho (1966) und verwendet selbst das Sternsymbol (*) für minore Ausprägungsformen (Reining, 2010). Die LAHSHAL-Codierung und die Nomenklatur nach Kriens sind in Abbildung 6 dargestellt. Durch diese Codierung ist es möglich auf einen Blick die Ausprägung der

Fehlbildung und ihre Lokalisation zu erkennen, weshalb sie im klinischen Alltag oft eingesetzt wird.

1.5 Erscheinungsbild der Spalterkrankungen

Die Formen der kraniofazialen Fehlbildung sind vielfältig und so ist auch das klinische Erscheinungsbild sehr variabel. Betroffenen Patienten benötigen meist von Anfang an eine gute interdisziplinäre Betreuung, da die Erkrankungen mit funktionellen und ästhetischen Defiziten einher gehen.

Fehlbildungen bei der Entwicklung des primären Gaumens resultieren in Lippen- und Lippen-Kieferspalten, die ein- und beidseitig auftreten und sich total oder partiell manifestieren können (Reining, 2010). Ist auch der sekundäre Gaumen von der Malformation betroffen, bilden sich LKGS, die ebenfalls ein- oder beidseitig auftreten. Besonders häufig ist hierbei die linksseitige Ausprägung (Grosen et al., 2010). Die Gaumenspalten können als kombinierte Hart- und Weichgaumenspalte oder als isolierte Weichgaumenspalte auftreten. Sie resultieren aus der alleinigen Fehlbildung des sekundären Gaumens und sind extraoral nicht sichtbar. Beispiele für die verschiedenen Spaltformen sind in Abbildung 7 zu sehen.

Nicht immer treten die Fehlbildungen in totaler Form auf, häufig findet man auch Mikroformen der Spalterkrankungen wie Lippen- oder Kieferkerben, ein quergestelltes Nasenloch oder hypoplastische Inzisiven. Diese sind Anzeichen für eine Störung der Morphogenese des Gesichts und treten oftmals mit anderen verdeckten Symptomen wie einer okkulten Kieferspalte oder einer Uvula bifida zusammen auf.

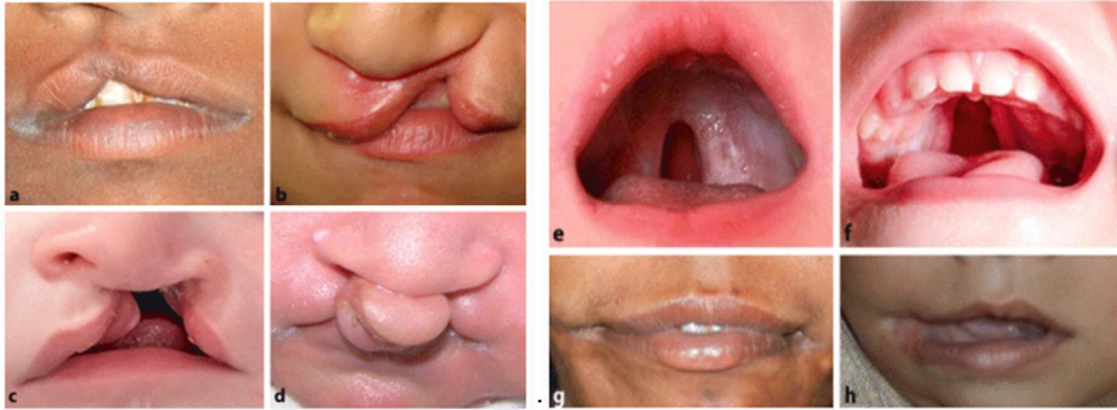


Abbildung 7 Formen orofazialer Spalten. a) Inkomplette Lippenspalte rechts, b) Lippenspalte links, c) Lippen-Kiefer-Spalte rechts (keine Aussage zum Gaumen möglich), d) Beidseitige Lippen-Kiefer-Spalte, e) Weichgaumenspalte, f) Spalte in Hart- und Weichgaumen, g, h) Horizontale Gesichtsspalten im Bereich des Mundwinkels (Mangold et al., 2017)

1.5.1 Lippen-Kiefer-Spalten

Lippen-Kiefer-Spalten sind im Vergleich zu den LKGS mildere Spaltformen (Vgl. Abbildung 7 c). Sie betreffen 1:940 Lebendgeburten (Parker et al., 2010) und führen zu ästhetischen und funktionellen Einschränkungen bei den Patienten. Betroffen sind die Lippe und das zahntragende Kiefersegment. Lippen-Kiefer-Spalten können ein- und beidseitig vorkommen. Der Ringmuskel des Mundes ist teilweise oder vollständig durchbrochen. Der Naseneingang auf der betroffenen Seite ist verzogen, die Nase abgeflacht. Es können Nichtanlagen oder Mehrfachanlagen im betroffenen Kieferbereich vorliegen. Der Gaumen der Patienten ist nicht von der Erkrankung verändert (Vgl. Abbildung 8).



Abbildung 8 Patient mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Spalte und Multiband-Multibracket-Apparatur in situ nach erfolgter plastischer Rekonstruktionschirurgie, Nicht-Anlage der Oberkiefer 2er, Vorverlagerung des Zwischenkiefersegments, Ansicht frontal, OK Aufsicht, Schlussbisslage seitlich (zur Verfügung gestellt von Fr. Dr. Christina Weismann)

1.5.2 Spalten des Hart- und Weichgaumens

Diese Spaltformen sind, im Gegensatz zu den vorher erwähnten, nicht direkt sichtbar, was es für die Betroffenen etwas einfacher macht, mit ihrer Erkrankung umzugehen (Mossey und Modell, 2012). Spalten des Hartgaumens sind immer mit Weichgaumenspalten kombiniert, dies ist der embryonalen Entwicklung geschuldet. Lippe und Nase der Probanden sind normal entwickelt, gleiches gilt für den zahortragenden Kieferabschnitt. Die Malformation geht vom sekundären Gaumen aus. Das Gaumendach und die Nasenschleimhaut sind unterbrochen. Mund- und Nasenhöhle sind nicht mehr voneinander getrennt (Vgl. Abbildung 7 e und f). Dies führt zu einem erhöhten Infektionsrisiko und Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme. Die größten Auswirkungen hat diese Spaltform auf die Gaumenmuskulatur. Der M. Levator veli palatini, der beim gesunden Menschen für das Heben des Gaumensegels zuständig ist und damit auch zur Belüftung der Tuba auditiva benötigt wird, inseriert an den falschen Stellen und kann somit seine Funktion nicht erfüllen (Schwenzer und Norbert, 2011). Dies führt bei den Betroffenen oftmals zu einem verminderten Druckausgleich und Hörstörungen durch Paukenergüsse. Außerdem ist die Sprache der Erkrankten meist nasal und die Bildung von Explosivlauten eingeschränkt. Mikroformen oder verdeckte Gaumenspalten sind relativ häufig. Symptome können beispielsweise eine Uvula bifida (gespaltenes Zäpfchen), tastbare Muskeldefekte im Gaumenbereich und eine v-förmige Kerbe am Gaumenhinterrand, durch fehlenden knöchernen Anteil des Vomers sein. Isolierte Weichgaumenspalten betreffen nur das Gaumensegel und die Rachenmuskulatur (Vgl. Abbildung 7 e). Der knöcherne Anteil des Hartgaumens ist unversehrt. Mädchen sind davon häufiger betroffen als Jungen (Bernheim et al., 2006). Funktionelle Einschränkungen sind jedoch auch hier vorhanden (Schwenzer und Norbert, 2011). Die Therapie erfolgt mittels kombiniertem Hart- und Weichgaumenverschluss mit 12 Monaten. Hierdurch kann eine Trennung von Mund- und Nasenraum erreicht (siehe Abbildung 9) und die Funktion für die Patienten verbessert werden.



Abbildung 9 Patient mit Hart- und Weichgaumenspalte, Zustand nach erfolgtem Spaltverschluss mit persistierendem Restloch (zur Verfügung gestellt von Fr. Dr. Christina Weismann)

1.5.3 Einseitige Lippen-Kiefer-Gaumenspalte

Die einseitige LKGS ist die häufigste Gesichtsfehlbildung mit einer Inzidenz von 1:600 (Cobourne, 2004). Sie kommt deutlich häufiger auf der linken Seite vor (Bernheim et al., 2006). Die Gründe dafür sind bis heute nicht vollständig verstanden. Außerdem leiden männliche Patienten bedeutend öfter an dieser Form der Spalterkrankung (Grosen et al., 2010), das Verhältnis liegt ungefähr bei 1,8:1 (männlich: weiblich). Die LKGS ist eine kombinierte Spalte des primären und sekundären Gaumens. Sie führt zu Deformationen der Lippen und der Nase und oft zu Asymmetrien im gesamten Gesicht. Nahrungsaufnahme, Sprache und Gehör sind durch die Spalterkrankung eingeschränkt. Klinisch ist eine gespaltene Lippe auf der entsprechenden Seite zu erkennen. Der Verlauf des M. orbicularis oris ist unterbrochen, die Anteile setzen an der Basis des Nasenstegs und des Nasenflügels an (Vgl. Abbildung 7 c). Die Nase der Patienten ist zur Spaltseite hin verzogen und das Nasenloch auf der entsprechenden Seite ist nicht normal ausgebildet (Schwenzer und Norbert, 2011). Es ist ein Spalt im Gaumenbereich zu erkennen, der den Blick auf die Nasenscheidewand ermöglicht. Dieser resultiert aus einem fehlenden oder stark verkürztem Nasenboden auf der betroffenen Seite (Salyer, 1992). Die Mund- und Nasenhöhle sind dort also nicht getrennt. Diese gleichermaßen eindrückliche wie auch erschreckende Physiognomie verhindert bei den betroffenen Babys ein normales Saugverhalten,

Einleitung

was deren Ernährung deutlich erschwert. Die Therapie erfolgt am Universitätsklinikum Tübingen (UKT) zunächst mittels einer Gaumenabdeckplatte und dann nach dem interdisziplinären Behandlungskonzept (Vgl. Kapitel 1.7). Im Rahmen der Therapie kann für die Patienten meist eine deutliche Verbesserung der Optik und der Funktion erzielt werden (Vgl. Abbildung 10 und 11).



Abbildung 10 Patient mit linksseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte und Multiband-Multibracket-Apparatur in situ, Nichtanlage Zahn 22, Zustand nach plastischen Rekonstruktionseingriffen gemäß Tübinger interdisziplinärem Behandlungskonzept, Ansicht frontal und OK Aufsicht (zur Verfügung gestellt von Fr. Dr. Christina Weismann)



Abbildung 11 Patient mit rechtsseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte und Multiband-Multibracket-Apparatur in situ, Fehlstellung Zahn 12, Zustand nach plastischen Rekonstruktionseingriffen gemäß Tübinger interdisziplinärem Behandlungskonzept, Ansicht frontal und OK Aufsicht (zur Verfügung gestellt von Fr. Dr. Christina Weismann)

1.5.4 Doppelseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte

Die doppelseitige LKGS ist wohl die schwerste nicht-syndromale Spalterkrankung. Wie auch bei der einseitigen Form sind Lippe, Kiefer, Nase und

Einleitung

Gaumen der Patienten gespalten. In diesem Fall sind jedoch beide Seiten betroffen. Oftmals imponiert das nicht-verschmolzene Zwischenkiefersegment vorstehend (Vgl. Abbildung 7 d). Der Nasensteg ist verkürzt, die Nase wirkt platt und die Naseneingänge sind beidseitig deformiert. Der Gaumen ist in zwei laterale und einen mittigen Anteil segmentiert. Der mittige Anteil ist dabei mit der Nasenscheidewand verbunden. Die Behandlung der doppelseitigen LKGS ist schwieriger als die der einseitigen. Die Patienten haben meist auch nach erfolgreich durchgeführter multidisziplinärer Therapie mit starken optischen und funktionellen Einschränkungen zu kämpfen.

1.6 Robin-Sequenz

Bei Patienten mit einer LKGS kann zusätzlich eine syndromale Erkrankung vorliegen. Die RS ist eine kongenitale Erkrankung und in 80-90 % der Fälle mit einer u-förmigen Spalte im Weich- und Hartgaumen assoziiert (Bacher et al., 2010, Maas und Poets, 2014). Sie zeichnet sich außerdem durch eine mandibuläre Retrognathie mit Glossoptose, sowie durch eine Einengung der oberen Atemwege (upper airway obstruction = UAO) aus (siehe Abbildung 12).

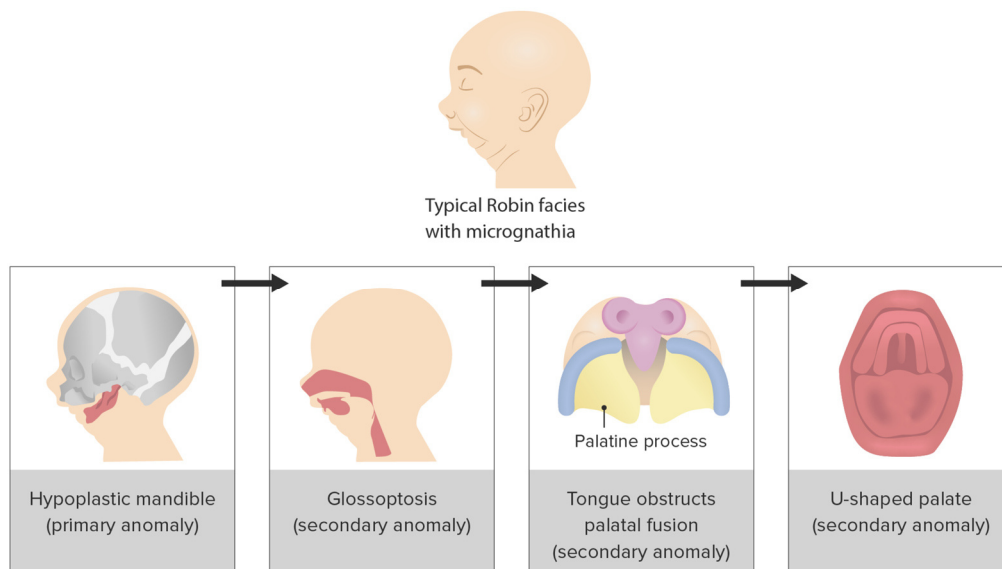


Abbildung 12 Typische klinische Ausprägungen der Robin-Sequenz (lecturio.com)

Es handelt sich hierbei um eine angeborene Erkrankung mit idiopathischer Ursache. Ein isoliertes Auftreten der RS, sowie auch die Kombination mit

Einleitung

weiteren Syndromen sind möglich. Die Prävalenz liegt bei 11,3:100.000 Geburten (Maas und Poets, 2014).

Die Versorgung der betroffenen Säuglinge ist postnatal unabdingbar, da es aufgrund der Unterkieferrücklage oft zu einem Zurückfallen der Zunge, der sogenannten Glossoptose und damit zu akuter Atemnot mit teilweise lebensbedrohlichen Sauerstoffabfällen kommt. Folgen können geistige Retardierung oder sogar der Tod der Kinder sein. Zusätzlich sind auch Probleme bei der Nahrungsaufnahme, Störungen der Sprachentwicklung, Wachstumsstörungen des Oberkiefers, Hörstörungen und psychosoziale Probleme Resultate dieser Erkrankung (Müller-Hagedorn et al., 2017). Das primäre Behandlungsziel ist hierbei die Sicherung der oberen Atemwege und die Vorverlagerung der Zunge (Schwenzer und Ehrenfeld, 2010). Die Behandlungsmethoden sind weltweit vielfältig und reichen von Lagerung in Bauchlage und nasopharyngealer Intubation über die chirurgische Fixation der Zunge an der Unterlippe bis zu einer Tracheotomie oder einer Distraction der Mandibula (Evans et al., 2011). Die Tübinger Plattenapparatur mit einer velopharyngealer Verlängerung (Tübingen Palate Plate = TPP) zur Sicherung der Atemwege stellt hierbei eine der weniger invasiven Therapiemöglichkeiten dar (Müller-Hagedorn et al., 2017, Poets et al., 2017:). Sie wird innerhalb des Zeitraums von kurz nach der Geburt bis zu einem Alter von sechs bis neun Monaten angewendet. Im Rahmen der interdisziplinären Sprechstunde der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie und der Kieferorthopädie des UKT werden die betroffenen Patienten gemäß des therapeutischen Stufenschemas mindestens einmal jährlich untersucht. Es erfolgt eine Kontrolle der Sprachentwicklung, des körperlichen Wachstums und der Zahnentwicklung. Anschließend wird der weitere Therapieverlauf festgelegt. Die chirurgische Behandlung im Sinne einer intravelaren Veloplastik und gegebenenfalls der Verschluss der Hartgaumenspalte erfolgen bei den betroffenen Patienten aufgrund der Atemwegsproblematik im Alter von elf Monaten (Koos et al., 2018). Diese frühe Therapie führt meist zu stark ausgeprägten transversalen Defiziten durch den im Oberkiefer entstehenden Narbenzug. Ab einem Alter von ca. vier Jahren werden diese mittels funktionskieferorthopädischer Geräte wie beispielsweise dem

Einleitung

Funktionsregler nach Fränkel Typ III, aktiven Platten und/oder festsitzenden Apparaturen, wie einer Kunststoffkappen-Gaumennahterweiterungsapparatur (GNE), therapiert. Die Zusammenarbeit von Eltern und Behandlern, sowie die Compliance der Patienten sind ausschlaggebend für den Erfolg dieses komplizierten und langjährigen Vorgangs. Die Therapie kann zu einer Verbesserung der skelettalen und dentalen Verhältnisse führen, trotzdem bleibt die Unterentwicklung des UK meist erkennbar und die Bissverhältnisse schwierig (Vgl. Abbildung 13).



Abbildung 13 Patient mit RS und Multiband-Multibracket-Apparatur in situ, Enface und Profilaufnahme, Schlussbisslage von frontal (zur Verfügung gestellt von Fr. Dr. Christina Weismann)

1.7 Interdisziplinäres LGKS-Behandlungskonzept der Universitätsklinik Tübingen

Am UKT wird das Vorgehen bei Patienten mit LKGS durch ein konservatives und operatives Stufenschema vorgegeben. Dabei hat sich eine interdisziplinäre Zusammenarbeit (Opitz, 2002) von Kinderärzten, Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen, Neonatologen, Logopäden, Hals-Nasen-Ohren-Ärzten und Kieferorthopäden mit minimal invasivem Therapiekonzept (Vgl. Abbildung 14) etabliert. Postnatal wird schnellstmöglich eine Abformung oder ein digitaler Scan des Patienten durchgeführt und mit der Anfertigung einer Gaumenabdeckplatte begonnen (von Bodman et al., 2003, Reinert und Krimmel, 2003). Diese verschließt den Spaltraum und verbessert das Saug- und Trinkverhalten des Säuglings. Zusätzlich kann durch gezieltes Freischleifen der Apparatur eine Annäherung der Spaltsegmente erreicht werden, welche den späteren operativen Verschluss erleichtern (Schwenzer und Ehrenfeld 2010). Bei LKGS wird im Alter von vier bis sechs Monaten mit dem Verschluss der Weichgewebsdefekte begonnen. Hierzu zählen die Lippenspaltplastik und die intravelare Veloplastik nach Kriens. Die Lippenspaltplastik erfolgt bei einseitigen

Einleitung

Spalten nach der Technik von Tennison und Randall. Hierbei wird durch eine Verschiebeplastik von vorher genau ausgemessenen Dreieckslappen ein Längengewinn der Oberlippe auf der Spaltseite erreicht (Tennison, 1946, Randall, 1959). Bei doppelseitigen LKGS wird der Wellenschnitt nach Pfeifer angewendet (Pfeifer, 1981).

Interdisziplinäres Behandlungskonzept für Kinder mit LKG (in der Schwangerschaft vorangeschaltetes Pränatalscreening)							
Disziplin	Postnatal	3 Monate	4–6 Monate	2. Lebensjahr	Vorschulalter	Schulalter	16–18 Jahre
Neonatologie	postnatale Überwachung, Stand-by während Abdrucknahme durch KFO						
Kieferorthopädie	Gaumenplatte (24–48h), ggf. Ergänzung mit NAM	Kontrolle und ggf. Neuanpassung der Gaumenplatte, Einbindung interdisziplinäre Sprechstunde	Kontrolle und ggf. Neuanpassung der Gaumenplatte	Kontrolle interdisziplinäre Sprechstunde	Wachstumsfördernde Kieferorthopädie (FKO)	FKO und dentoalveoläre KFO-Therapie	ggf. kombiniert KFO-/KCH-Therapie
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	Ggf. Entfernung extraalveolärer Zahnkeime		Intravelare Veloplastik, Lippen-spaltplastik mit geschlossener Rhinoplastik	plastischer Hartgaumenverschluss	Ggf. Nasenstegverlängerung	sekundäre Kieferspaltosteoplastik	ggf. orthognathe Chirurgie, Septorhinoplastik
Logopädie/Physiotherapie	Castillo Morales	logopädische Therapie			Ggf. weitere logopädische Therapie		

Abbildung 14 Interdisziplinäres Behandlungskonzept für Kinder mit LKGS (Koos et al., 2018)

Ziel der Eingriffe ist die Wiederherstellung des M. orbicularis oris und der velopharyngealen Sphinkter, also die Verbesserung der Funktion und Ästhetik (Schwenzer und Ehrenfeld, 2010). Im Alter von zwei Jahren wird der plastische Hartgaumenverschluss mittels Brücken- oder Stiellappenplastik durchgeführt (Koos et al., 2018). Hierbei ist zu erwähnen, dass sich ein möglichst früher Eingriff positiv auf die Sprachbildung der Patienten auswirkt (Huyskens et al., 2006). Allerdings kann diese Vorgehensweise einen negativen Einfluss auf das Wachstum des OKs haben (Akcem et al., 2010, Al Jamal et al., 2010). Der Schwerpunkt der kieferorthopädischen Therapie liegt zu diesem Zeitpunkt auf der Nachentwicklung der Maxilla. Bei zusätzlich vorhandenen Kieferspalten wird zunächst der Durchbruch der lateralen Schneidezähne abgewartet, um die Zahnkeime nicht während eines operativen Eingriffes zu verletzen (Koos et al.,

2018). Ziel der Therapie ist eine möglichst große funktionelle und ästhetische Rehabilitation der Patienten.

1.8 Kieferorthopädisch relevante skelettale und dentoalveoläre Anomalien

Um die kieferorthopädische Behandlung bei Patienten mit Kraniofazialen Anomalien (engl. Craniofacial Disorders = CD) ordentlich durchführen zu können, sind Kenntnisse über die Ausprägung der Fehlbildungen erforderlich. In der Eingangsdagnostik werden dafür Modelle, Fotos und Röntgenbilder des zu Behandelnden angefertigt. Ziel ist es, Kenntnisse über die Größenverhältnisse von Zähnen und Kiefern zu gewinnen und möglichst effektiv das zu erwartende Wachstumsmuster der Patienten abzuschätzen. Bissanomalien resultieren sowohl aus veränderten Lagebeziehungen der zahntragenden Kieferabschnitte, als auch der gesamten Kieferbasen. Oftmals liegen Kombinationen vor (Ngan et al., 1997). Diese Informationen sind für die Behandlungsplanung elementar. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Diagnosen erklärt und beschrieben.

1.8.1 Skelettale Klassen

Die Diagnostik der skelettalen Klasse erfolgt mittels der Fernröntgen-Seiten-Aufnahme (FRS). Hierbei steht der Patient mit der linken Seite zum Röntgensensor/Röntgenfilm und beißt fest zu. Die Frankfurter Horizontale des Patienten wird parallel zum Fußboden eingestellt. Die Fixierung des Schädels erfolgt über die Ohrlöcher und die Nasenstütze. Früher wurde die Aufnahme aus großer Entfernung (ca. vier Meter (m)) gemacht, um eine Parallelisierung der Strahlen und somit möglichst geringe Verzerrung des Bildes zu erreichen. Heute ist es mit modernen Geräten möglich, dieselbe Aufnahme, mit geringfügig stärkerer Vergrößerung, aus 1,5 m Entfernung zu machen (4 m = 2–3 % Vergrößerung, 1,5 m = 9–10% Vergrößerung) (Sander, 2011). Ziel ist eine möglichst genaue Aufnahme des Gesichtsschädels. Auf dem FRS-Bild werden, früher händisch, heute mittels Auswertungssoftware, festgelegte Bezugspunkte gesucht und markiert. Diese sind an markanten skelettalen und weichteiligen Strukturen zu finden. Einige müssen auch aus anderen konstruiert werden.

Einleitung

Anschließend findet eine Vermessung der resultierenden Längen und Winkel statt (siehe Abbildung 15). Mittels des FRS können Aussagen bezüglich der Beziehung von OK und UK zueinander und ihrer sagittalen Lage getätigt werden. Weiterhin ist es möglich, das Wachstumsmuster des Patienten zu bestimmen sowie die Achsenstellung der Inzisiven und die Lage der OK Molaren zu beurteilen (Kahl-Nieke, 2009).

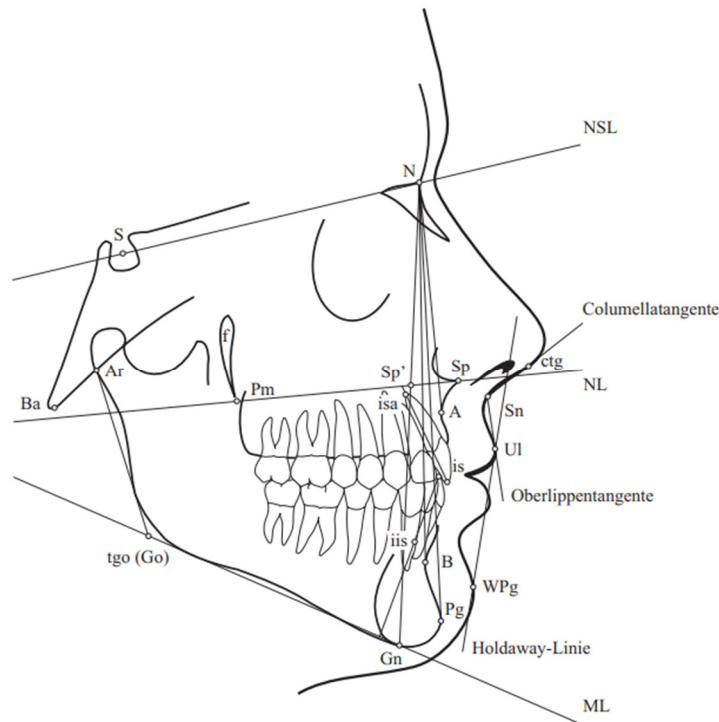


Abbildung 15 Kephalemetrie nach Segner/Hasund (F. Nötzel, 2001, Hasund and Bøe, 1974)

Zu den wichtigsten Winkeln gehören der SNA (Sella-Nasion-A-Punkt-Winkel), der SNB (Sella-Nasion-B-Punkt-Winkel) und der SNPg (Sella-Nasion-Pogonion-Winkel). Zieht man vom SNA-Winkel den SNB-Winkel ab, erhält man den ANB-Winkel, der die Lagebeziehung der Kiefer zueinander beschreibt (Sander, 2011). Entsprechen die ermittelten Werte der Norm, liegt eine skelettale Klasse I vor. Abweichungen führen, je nachdem in welchem Kiefer sie überwiegen, zur skelettalen Kl. II oder III (siehe Tabelle 2).

Einleitung

Tabelle 2 Kephalometrische Messungen, deren Normwerte und Bedeutung (abgewandelt aus Bumann, 2003)

	Normwert	Winkel vergrößert	Winkel verkleinert
SNA	$82 \pm 3^\circ$	OK prognath	OK retrognath
SNB	$80 \pm 3^\circ$	UK prognath	UK retrognath
ANB	$2 \pm 2^\circ$	skel. Kl. II	skel. Kl. III

1.8.2 Angle Klassen

Die Angle-Klassifikation wird in der Modell-Analyse oder bei der klinischen Untersuchung am Patienten in Schlussbisslage durchgeführt. Angle ging damals vom Dogma der Molarenkonstanz (16 und 26) aus. Seine Einteilung basierte also darauf, dass die sagittale Position der oberen ersten Molaren stets korrekt sei. Damals wurde die mittels Angle Klassifikation gestellte Diagnose mit dem Ergebnis der FRS-Auswertung gleichgestellt. Die Angle-Klassifikation unterteilt die Bisslage in drei Hauptkategorien (siehe Abbildung 16):

Angle-Klasse I: In dieser Konfiguration liegen die Oberkieferzähne leicht vor den Unterkieferzähnen. Die mesiale Höckerspitze des ersten Molaren greift in die Furche zwischen den beiden vestibulären Höckern des ersten unteren Molaren. Hierbei spricht man von der Neutralbisslage.

Angle-Klasse II: Bei der Klasse II liegt der Unterkiefer im Bezug zum Oberkiefer weiter distal. Daher bezeichnet man diese Konfiguration auch als Distalbisslage. Die mesiale Höckerspitze des ersten Oberkiefermolaren liegt weiter mesial und greift teilweise sogar in den Approximalraum zwischen unterem Prämolaren und Molar. Die Angle-Klasse II kann weiter unterteilt werden in Kl. II/1 und Kl. II/2.

Klasse II/1: Hier sind die Oberkiefer Inzisiven nach ventral protrudiert und oftmals aufgefächert.

Klasse II/2: Die Oberkieferzähne sind dabei retroinkliniert, also nach palatinal gekippt.

Klasse III: Bei der Kl. III Konfiguration liegt der Unterkiefer zu weit mesial, daher auch der Name Mesialbisslage. Der distobukkale Höcker des ersten oberen

Einleitung

Molaren greift nun in die Fossa zwischen den beiden mesialen Höckern des unteren ersten Molaren (Proffit und Fields, 2007).

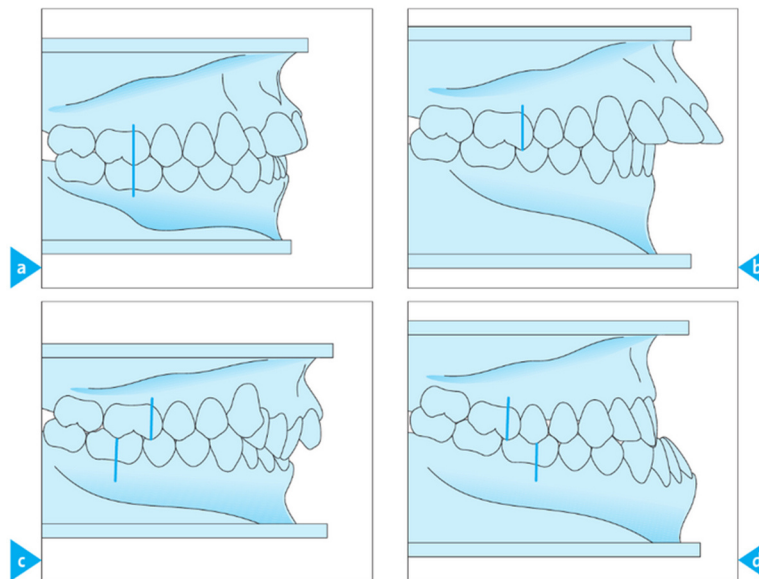


Abbildung 16 Graphische Darstellung der Angle-Klassen a) Angle Klasse I = Neutralbisslage, b) Angle Klasse II/ 1 = Distalbisslage mit Anteinklination der OK-Front, c) Angle Klasse II/ 2 = Distalbisslage mit Retroinklination der OK-Front, d) Angle Klasse III = Mesialbisslage, (Kahl-Nieke, 2009):

1.8.3 Kreuzbisse

Von einem Kreuzbiss spricht man, wenn die Zähne des OK nicht wie gewöhnlich den UK übergreifen, sondern die umgekehrte Situation der Fall ist. Sie zählen zu den Kompressionsanomalien (Wichelhaus, 2012). Ist das Seitenzahnggebiet (SZG) betroffen handelt es sich um transversale und bei Kreuzbiss im Frontzahnggebiet (FZG) um sagittale Okklusionsabweichungen (Harzer 1999). Die Ursachen können dentoalveolär oder gnathisch sein (Kahl-Nieke, 2009, Proffit und Fields, 2007).

Sehr eindrücklich sind frontale Kreuzbisse. Sie sind definiert durch das Vorliegen einer umgekehrten sagittalen Beziehung zwischen den oberen und unteren Inzisiven. Hotz (1980) unterteilte den frontalen Kreuzbiss gemäß den progenen Formkreises in drei Arten: den progenen Zwangsbiss, die Pseudoprogenie und die echte Progenie. Bei betroffenen Patienten können beispielsweise veränderte Lagebeziehungen von Maxilla und Mandibula vorliegen, wobei der OK eine Rück- und der UK eine Vorverlagerung aufweist (Kahl-Nieke, 2009). Weiterhin können

auch Wachstumsstörungen der Maxilla beispielsweise durch Narbenzug nach vorangegangenen Verschluss-Operationen, ursächlich sein. Dann spricht man von einer maxillaren Mikrognathie. In beiden Fällen liegt eine echte Progenie vor. Schlussendlich können auch eine veränderte Position und/oder Inklinationen der Frontzähne dazu führen, dass Patienten einen frontalen Kreuzbiss aufweisen (Proffit und Fields, 2007). Sind die oberen Inzisiven re- und unteren protrudiert, kann eine negative Frontzahnstufe resultieren (Kahl-Nieke, 2009). In diesem Fall handelt es sich um eine Pseudoprogenie, da die Kiefer korrekt ausgerichtet sind und die Okklusionsstörung rein dentoalveolär ist. Letztere kann zusätzlich mit einer Zwangsführung beim Kieferschluss durch Interferenzen einzelner Zähne kombiniert sein, dann spricht man von einem progenen Zwangsbiss.

Auch das SZG kann von transversalen Abweichungen betroffen sein. Liegt eine Normokklusion vor, greifen die linguale Höcker der OK Molaren in die Fossa der Backenzähne im Gegenkiefer. Wenn die Molare der Mandibula weiter außen liegen als die der Maxilla, spricht man von einem posterioren bukkalen Kreuzbiss. Auch die linguale Form kann auftreten. Kreuzbisse können zum Beispiel aufgrund von Wachstumsstörungen der Maxilla oder muskulären Problemen wie einer tiefen Zungenlage, fehlendem Zungendruck von palatinal oder einem erhöhten Druck der Wangenmuskulatur entstehen (Kahl-Nieke, 2009). Häufig liegen auch Habits, also schlechte Angewohnheiten, wie Daumenlutschen oder funktionelle Defizite, beispielsweise eine Mundatmung durch einen verkleinerten Posterior Airway Space (PAS) zugrunde (Astl, 2018). Meist handelt es sich um unilaterale Kreuzbisse, welche mit einer Mittellinienabweichung und einer Zwangsführung einhergehen. Die Diagnose wird häufiger im Milch- als im Wechselgebiss oder bei adulter Bezahnung gestellt (Astl, 2018).

1.8.4 Therapeutische Intervention

Bei frontalen Kreuzbissen besteht die kieferorthopädische Therapie im Regelfall aus der Nachentwicklung der Maxilla und somit einer Erweiterung des Zahnbogens durch herausnehmbare und/oder festsitzende Apparaturen (Kahl-Nieke, 2009). Bei frontalem Kreuzbiss im Milch- und Wechselgebiss werden hierzu beispielsweise herausnehmbare Dehnplatten oder aber festsitzende

Gaumennahterweitungsapparaturen (GNE) in Kombination mit Delaire-Masken verwendet (Astl, 2018, Kahl-Nieke, 2009). Hierbei wird das Restwachstum der Patienten so gut es geht ausgenutzt. Liegen Zwangsbisse vor, werden die Zähne, die Interferenzen verursachen, im Milchgebiss eingeschliffen oder sogar entfernt (Kahl-Nieke, 2009). Gleichzeitig muss versucht werden, vorliegende Habits festzustellen und diese wenn möglich zu unterbinden. Bei älteren Patienten können intermaxilläre Kl. III Gummizüge, approximale Schmelzreduktion und Delaire-Maske in Kombination mit einer Multiband-Multibracket-Apparatur (MBA) eingesetzt werden. Häufig sind jedoch nach Abschluss des Wachstums operative Eingriffe zur Korrektur nötig (Astl, 2018, Kahl-Nieke, 2009).

Auch im SZG wird ein Kreuzbiss über eine Nachentwicklung des mikrognathen Kiefers erreicht. Man setzt hierfür im Milch- und Wechselgebiss ebenfalls auf Dehnplatten und die GNE. Bei Erwachsenen Patienten wird die Dehnungstherapie aufgrund der maxillären Verknöcherung oftmals chirurgisch unterstützt (Astl, 2018).

1.9 Die Kaufunktion

Die Zerkleinerung und Prozessierung von Nahrung ist eine der wichtigsten Funktionen des stomatognathen Systems. Bei Patienten mit LKGS und/oder RS sind viele Strukturen, die an diesem Vorgang beteiligt sind, verändert. Das kann zu Einschränkungen führen.

Das Kauen ist ein komplexer feinmotorischer Vorgang, welcher der Nahrungszerkleinerung und der Befeuchtung durch den Speichel dient, um sie gleitfähiger und damit schluckbar zu machen (Lund, 1991, Mishellany et al., 2006). Die Mastikation ist ein rhythmischer Prozess. Dieser wird willkürlich gestartet und im Weiteren unbewusst fortgesetzt. Die Berührung mit der Nahrung sorgt für das Einsetzen von reflektorischen Kaubewegungen. Möglich wird dieser Vorgang durch ein gut koordiniertes Zusammenspiel der einzelnen Bestandteile des Kausystems. Dieses besteht unter anderem aus Kaumuskulatur, Kiefergelenken und den bezahnten Kiefern. Weiterhin sind das Parodont, die Nackenmuskulatur, die Zungen- und Halsmuskulatur und die mimische Muskulatur beteiligt. Auch die großen und kleinen Speicheldrüsen, die vaskuläre

Einleitung

und neuronale Versorgung der entsprechenden Regionen, sowie die Haut, Schleimhäute und das zentrale Nervensystem sind für den Kauvorgang relevant (Lund, 1991).

Die mechanische Zerkleinerung der Nahrung ist der erste Schritt der Verdauung und leitet auch deren enzymatische Aufspaltung ein. Bei den meisten Säugetieren führt eine geringere Kaueffizienz direkt zu einer schlechteren Nahrungsaufnahme und bedeutet somit eine eingeschränkte Lebenserwartung (Lucas, 2004). Dieses Konzept gilt nur bedingt für den Menschen. Ein unzureichend versorgtes bzw. rekonstruiertes Kauorgan korreliert mehreren Studien zufolge nicht messbar mit einem schlechten Gesamternährungszustand (Appollonio et al., 1997, Witter et al., 1990). Häufig geht eine eingeschränkte Kaufunktion aber mit einer Anpassung der Ernährung einher (Bradbury et al., 2008) und kann bei Betroffenen zu einem Mangel an Mikronährstoffen führen (Kolb et al., 2016). Oftmals wird bei verschlechterter Kauleistung auf eine zucker- und fetthaltigere Nahrung ausgewichen, was zu Folgeerkrankungen führen kann (Müller et al., 2005). Das Kauen weniger fester Nahrung kann eine schlechtere mastikatorische Auslastung, ein vermindertes Sättigungsgefühl und eine geringere Anregung des Energiestoffwechsels zur Folge haben (Ohrbach et al., 2008). In manchen Fällen geht eine eingeschränkte Kaufunktion mit Unsicherheit und Angst im alltäglichen Leben der Betroffenen einher (Garcia et al., 1989).

Schmerzen im orofazialen Bereich, beispielsweise durch fehlende oder beschädigte Zähne, kurz vor der Exfoliation stehende Milchzähne oder muskuläre Probleme können den Kauvorgang erschweren und zu einer verringerten Kauleistung führen. Dies gilt für dentale Problematiken wie auch für muskuläre Beschwerden (Henrikson et al., 1998, Kurita et al., 2001).

Es gibt bereits zahlreiche Hinweise darauf, dass ein schlechter Zahnstatus Einfluss auf die Fähigkeit, Nahrung zu zerkleinern, hat. Hierzu zählen auch fehlende Zähne (Garcia et al., 1989) oder dentale Fehlstellungen (Gavião et al., 2001, Souto-Souza et al., 2020). Beides tritt bei Patienten mit Spalterkrankungen und/oder RS vermehrt auf. Jedoch ist kein direkter Rückschluss von der Anzahl der vorhandenen Zähne auf die Kaueffizienz von Patienten möglich. Studien

Einleitung

belegen, dass sich diese bei Patienten mit der gleichen Anzahl von Zähnen teilweise deutlich unterscheidet (Carlsson, 1984, Helkimo et al., 1977, Helkimo et al., 1978). Faktoren, die Auswirkungen auf den Kauvorgang haben, sind unter anderen die Geometrie der Kiefer und die Morphologie der Zähne, der Zahnstatus, die Aktivität der Kaumuskulatur, die Schmerzempfindlichkeit des Kauenden und das individuelle Kauvermögen. Auch können anatomische Anomalien wie Nichtanlagen oder ungünstige Bisskonstellationen zu Schwierigkeiten beim Kauvorgang führen. Weiterhin haben die Größe des Bolus und die Konsistenz einen Einfluss auf die Kau-effizienz (Bourdiol und Mioche, 2000, Rennebeck, 2015).

Eine veränderte Form des Zahnbogens, sowie eine sagittale und/oder transversale Unterentwicklung der Kiefer und Narbenbildung aufgrund von vorangegangenen Spaltoperationen, haben ebenfalls eine negative Auswirkung auf die Kaufunktion (Montes et al., 2018). Es ist erwiesen, dass die morphologische Entwicklung von Schädel und Kiefer nicht nur genetisch determiniert ist. Selbiges gilt auch für die okklusalen Beziehungen. Auch lokale und allgemeine epigenetische Einflüsse wirken sich auf diese Entwicklung aus. Dies zeigen einige deskriptive Studien, welche den dentalen Status von Populationen mit moderner und ursprünglicher Lebensart vergleichen (Andrik, 1986, Waugh, 1937). Eine weiche und kohlenhydratreiche Ernährung bei inadäquater Mundhygiene begünstigt Karies (Miller, 1890). Insbesondere bei Kindern kann dies zu vorzeitigem Milchzahnverlust und damit zu Engständen oder anderen dentalen und skelettalen Fehlbildungen führen. Hierzu zählen Kreuzbisse, Außen- und Hochstände der Oberkiefer Eckzähne, starke Schmalstände der Zahnbögen, frontale Engstände, und eine negative Frontzahnstufe. Diese Malformationen und auch Karies treten vermehrt in Populationen mit einem westlichen Ernährungs- und Lebensstil auf (Waugh, 1937).

Die Kaufunktion hat somit einen direkten Einfluss auf das Wachstum der Knochen und Muskeln des stomatognathen Systems (Le Révérend et al., 2014, Foster et al., 2006, van den Bilt und Abbink 2017, Naqvi et al., 2015, Matsuda et

al., 2006). Ist dieses in seiner Funktion eingeschränkt, so wird wiederum die Kaufunktion verschlechtert.

Die erwähnten Malformationen bedürfen deshalb multidisziplinärer Therapie, da sie sonst zu funktionellen und ästhetischen Einschränkungen der betroffenen Probanden führen können.

1.10 Bewegungsabläufe während des Kauvorgangs

Die Kaubewegung des Menschen ist an die Aufnahme von Mischkost angepasst. Das menschliche Gebiss enthält 32 Zähne, unterteilt in acht Schneidezähne (Inzisivi) und vier Eckzähne (Canini) zum Abbeißen von Nahrungsstücken, sowie 16 Backenzähnen (acht Prämolaren und zwölf Molaren) zum Zerkleinern der Nahrung. Allen Säugetieren liegt dieses Merkmal der sogenannten Heterodontie zugrunde (Lehmann et al., 2006). Die dritten Molaren (Weisheitszähne) sind nicht bei jedem Menschen vorhanden, weshalb ein Gebiss mit 28 Zähnen als vollständig gilt.

Zwischen den Gebissen und den Bewegungen von Carnivoren (Fleischfresser), Omnivoren (Allesfresser) und Herbivoren (Pflanzenfresser) gibt es starke Unterschiede, da sie jeweils auf die von ihnen präferierte Nahrung angepasst sind. Reine Carnivoren besitzen spitze Reißzähne und können mit ihren Kiefergelenken fast ausschließlich rotatorische Bewegungen durchführen (Häupl, 1961, Schliemann, 2015). Im Gegensatz dazu stehen die breiten und rilligen Zähne von Wiederkäuern, welche sehr mobile und konkave Kondylen und gewölbten Gelenkhöckern, statt konkaven Gruben besitzen. Diese sind nur durch Bänder begrenzt und dienen dazu, grobe und kräftige Mahlbewegungen zur Zerkleinerung der zellulosehaltigen Pflanzenbestandteile durchzuführen. Nagetiere führen beim Kauen hauptsächlich Vor- und Rückschubbewegungen durch (Häupl 1961, Hutterer 2015). Das menschliche Kauverhalten und die Morphologie unsere Zähne stellt eine Kombination der oben genannten Bewegungen dar (Häupl, 1961).

Der erwachsene Mensch führt bei der Nahrungszerkleinerung also komplexe Bewegungen aus. Diese finden sowohl in der horizontalen, als auch in der vertikalen Ebene statt. Die Öffnungsbewegung wird zunächst mehr oder weniger

Einleitung

mittig ausgeführt, ist jedoch gegen Ende von einem Ausholen nach lateral begleitet (siehe Abbildung 17). Beim Schließen bewegt sich der Inzisialpunkt wieder nach medial zurück und führt somit eine Mahlbewegung (Laterotrusion) zur Arbeitsseite hin aus (Slavicek, 2010). Die Schließbahnen der Molaren auf der Arbeitsseite bewegen sich dann von hinten her in Richtung der Interkuspurationsposition. Bei Erwachsenen bewegen sich die Molarhöcker also nach vorne, oben und zur Mitte hin (Gibbs et al., 1981a, Gibbs et al., 1981b). Gesunde Erwachsene sind in der Lage, ihre Muskelaktivität und ihre Bewegungsabläufe effektiv an verschiedene Nahrungskonsistenzen anzupassen und somit eine gute Zerkleinerung zu gewährleisten.

Im Gegensatz dazu führen Kinder im Milchgebiss initial eine nach außen gerichtete Bewegung zur Arbeitsseite hin bei der Mundöffnung aus (siehe Abbildung 17). Beim Schließen bewegt sich der Kiefer dann direkt wieder nach innen. Kinder nähern sich der habituellen Interkuspuration also auf direkterem Weg als Erwachsene (Gibbs et al., 1982). In einer Studie von Almotairy et al. (2021) wurde festgestellt, dass Kinder von 3-14 Jahren eine ähnlich gute Kaufunktion wie Erwachsene haben, aber ihre Muskelaktivität und die Bewegungen schlechter an unterschiedliche Härtegrade der Nahrung anpassen können.

Es findet also eine Änderung des Bewegungsmusters beim Wechsel vom Milchgebiss in die bleibende Dentition statt (Kubota et al., 2010, Slavicek, 2010).

Einleitung

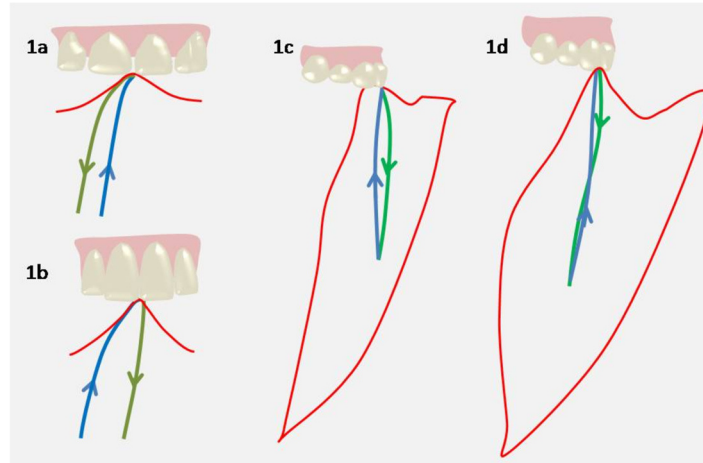


Abbildung 17 Trajektorien des unteren Interinzisalpunktes bei Kindern im Wechselgebiss (a, c) und Erwachsenen (b, d) während des Kauvorgangs, rot = Grenzbewegungen des unteren Interinzisalpunktes, grün = Öffnungsbewegung, blau = Kieferschluss (a, b) frontale Ansicht; (c, d) laterale Ansicht (Slavicek, 2010, adaptiert von Gibbs et al., 1981)

1.11 Kauvermögen und Kaeffizienz

Um die Fähigkeit eines Patienten, Nahrung zu zerkleinern beschreiben zu können, werden oftmals die Begriffe Kauvermögen, Kaeffizienz oder Kauleistung verwendet. Das Kauvermögen beschreibt Schimmel et al. (2015) zufolge die subjektive Wahrnehmung der Probanden bezüglich ihrer Kaufunktion. Dies wird mithilfe von Interviews oder speziellen Fragebögen bewertet.

Die Kauleistung kann mittels standardisierten und evaluierten Kaufunktionstests (KFT) ermittelt werden. Die Definitionen sind dabei allerdings nicht einheitlich. Nach Bates et al. beschreiben die Kaeffizienz die erzeugte Partikelgröße nach einer vorgeschriebenen Zeit oder einer vorgeschriebenen Anzahl von Kauzyklen (Bates et al., 1976). Schimmel et al. (2015) definieren sie als die Fähigkeit, Nahrung innerhalb einer bestimmten Anzahl dieser Zyklen bis zur gewünschten Partikelgröße zu zerkleinern. Eine andere Definition von Fontijn-Tekamp et al. und Bates et al. beschreiben die Kaeffizienz darüber, wie viele Kauzyklen notwendig sind um eine bestimmte Partikelgröße zu erreichen (Fontijn-Tekamp et al., 2000, Bates et al., 1976).

Eine einheitliche Beschreibung zu finden, ist daher schwierig. Oftmals hängt die Definition auch davon ab, welcher Kaufunktionstest verwendet wurde. In dieser Arbeit werden die Begriffe Kaeffizienz und Kaufunktion verwendet, um die

Fähigkeit von Probanden zu beschreiben, eine gewissen Partikelgröße oder -anzahl in einer vorgegebenen Zeit zu erreichen.

1.12 Kauffunktionstest

Um eine objektive Einschätzung der Kauleistung einer Person vornehmen zu können, werden bereits seit 1983 KFT bei Patienten durchgeführt. Die Methoden unterscheiden sich dabei, doch das Prinzip ist ähnlich. Eine vorgegebene Menge an Testnahrung wird dem Probanden zum Kauen gegeben und anschließend auf Parameter wie Zerkleinerung oder Durchmischung untersucht. Andere Methoden zur Bestimmung der Kauffunktion sind beispielsweise die Untersuchung mittels Myografie zur Bestimmung der Aktivität der Kaumuskulatur (Kulchutisin et al., 2022) oder durch Ermittlung der maximalen Beißkraft (Garcia et al., 2016). Die Methoden zur Auswertung der Kauffunktionstests mit Testnahrung haben sich dabei immer weiter verfeinert und sind mittlerweile zum Großteil computergestützt. Einige bekannte Vorgehensweisen sind im Weiteren beschrieben. Der in der Studie verwendete KFT wird im Material und Methodenteil ausführlich beschrieben, dieses Kapitel dient zur Erklärung des Stellenwerts der Kauffunktionstest allgemein.

1.12.1 Kauffunktionstest mit Nüssen

Eine Möglichkeit zur Untersuchung von vollbezahnten Probanden ist der KFT mit Mandeln oder Erdnüssen (Mowlana et al., 1994, Singh et al., 2014). Mowlana et al. lassen dabei Probanden Mandeln zerkauen und untersucht anschließend den Speisebolus. Die Auswertung erfolgt zum einen mittels eines optischen Scanners und zum anderen durch die Siebmethode von Manly und Braley (1950). Bei Letzterer wird der Speisebrei durch drei Siebe mit unterschiedlicher Maschengröße gefiltert und die jeweils zurückbleibende Menge an Partikeln der entsprechenden Größe getrocknet und gewogen. Weiterhin erfolgt eine Bestimmung der durchschnittlichen Partikelgröße. Diese Methode stellt bis heute den Goldstandard dar. Sie ist allerdings sehr zeitaufwendig und nur schwer in den klinischen Alltag zu integrieren. Mowlana et al. (1994) stellen in der Studie fest, dass das digitale Verfahren vergleichbare Ergebnisse zur manuellen Auswertung lieferte.

1.12.2 Kaufunktionstest mit Wachswürfeln

Eine weitere Methode, die Kaufunktion von Patienten zu überprüfen, ist ein Durchmischungstest. Ein KFT dieser Art wird Hilfe eines Paraffinwachswürfel mit 12 mm Kantenlänge durchgeführt. Dieser hat eine spezielle Schichtung, welche sich auf der Außenseite als Karomuster darstellt. Der Würfel wird nach zehn Kauzyklen von jeder Seite mit einer CCD-Kamera fotografiert, um die Farb- und Musteränderungen auszuwerten und damit durch den Grad der Durchmischung Rückschlüsse auf die Kaufunktion der Probanden ziehen zu können (siehe Abbildung 18).

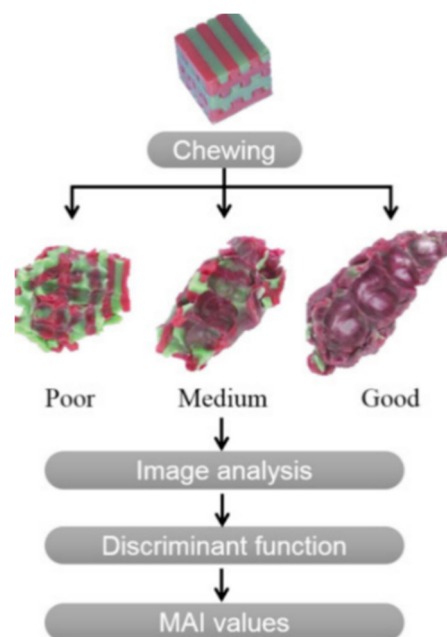


Abbildung 18 Kauffunktionstest mit mehrfarbigem Wachswürfel, Durchmischungsergebnisse und Interpretation, MAI = Mastication Ability Index (Kim et al., 2017)

Sato et al. (2003) wenden diesen KFT bei Prothesenträgern und Probanden mit natürlicher Bezahnung mit natürlicher Bezahnung an. Eine weitere Studie von Kim et al. (2017) beschreibt die Untersuchung von älteren Patienten mittels des KFT mit Wachswürfeln.

1.12.3 KFT mit diagnostischem Kaugummi

Bei dem 1996 in Japan entwickelten Messverfahren wird ein diagnostisches Kaugummi der Firma Lotte (Masticatory Performance Evaluating Gum Xylitol, Fa. Lotte, Tokio, Japan) von vollbezahnten Probanden in 60 Kauzyklen gekaut.

Einleitung

Hierbei kommt es zu einer Farbänderung von grün zu gelb zu rot, mittels einer chemischen Reaktion. Die Beurteilung erfolgt nach dem Auswälzen auf ca. 1 mm Dicke mittels einer Farbskala des Herstellers oder einer Colorimeters (Katzer et al., 2015).

Eine Studie von Halazonetis et al. von 2013 beschreibt die Verwendung eines KFT mit zweifarbigem Kaugummi. Hierbei werden 20 Teilnehmer aufgefordert mehrere Kauzyklen unterschiedlicher Länge durchzuführen. Das Kaugut wird anschließend untersucht und visuell und per Computer Programm Adobe Photoshop Elements ausgewertet (Halazonetis et al., 2013).

Der KFT mit Kaugummi ist relativ einfach durchzuführen und gut auswertbar. Man muss nicht befürchten, dass Stücke der Testnahrung verschluckt oder gar aspiriert werden könnten. Lediglich Träger von Totalprothesen lehnen ihn vermehrt ab, da ein Abhebeln der Prothesen befürchtet wird (Nguyen et al., 2001).

1.12.4 Kaufunktionstest mit Optosil Putty

Optosil Putty (Fa. Heraeus Kulzer, Hanau) ist ein kondensationsvernetzendes Silikon, welches für Vorabdrücke von präparierten Zahnstümpfen in der zahnärztlichen Prothetik zum Einsatz kommt. Eine Studie von Slagter et al. 1992 beschreibt dessen Verwendung als Kaugut zur Untersuchung der Kaufunktion von Totalprothesenträger. Hierzu schneidet man Optosilwürfel mit einer Länge von 5,6 mm und reicht diese den Probanden zum Zerkauen. Es werden mehrere Kauzyklen unterschiedlicher Länge durchgeführt und anschließend ausgewertet. Es folgt die Trocknung der gekauten Menge, die Filterung durch neun Siebe von unterschiedlichen Lochdurchmessern (5,6 bis 0,5 mm) und eine Erhebung des Gewichts nach jedem Siebdurchlauf. 29 % der Probanden sind dabei laut Veröffentlichung nicht in der Lage, die Würfel überhaupt zu zerkleinern (Slagter et al., 1992).

In zwei weiteren Studien werden auch bezahnte Probanden und Probanden mit implantatgetragenen Prothesen untersucht. Diese Gruppen erreichen einen wesentlichen besseren Grad an Zerkleinerung (Slagter et al., 1993, Mendonça et al., 2009).

1.12.5 Kaufunktionstest mit Karotten

Die erste Studie mit genormten Karottenscheiben als Surrogatparameter und Auswertung mittels Siebmethode findet man aus dem Jahr 1983 (Lucas, 1983). Der Karottentest ist wahrscheinlich der am häufigsten durchgeführte Kaufunktionstest. Studien von Nguyen, Johannes, Leischker und Mausbach verwenden diese Methode (Nguyen et al., 2001, Johannes, 2016, Leischker et al., 2010, Mausbach et al., 2018). Die Karotten werden mittels einer Schablone nach Wöstmann auf eine Größe von 20 mm Durchmesser und 10 mm Breite zugeschnitten. Diese zerkauen die Probanden für eine vorgegebene Zeit und spucken sie dann in ein Auffangbehältnis. Der Bolus wird hinterher ausgestrichen und fotodokumentiert. Mittels der sechsstufigen Bewertungsskala nach Wöstmann (Kolb et al., 2016) kann anschließend eine Beurteilung erfolgen (siehe Abbildung 19).

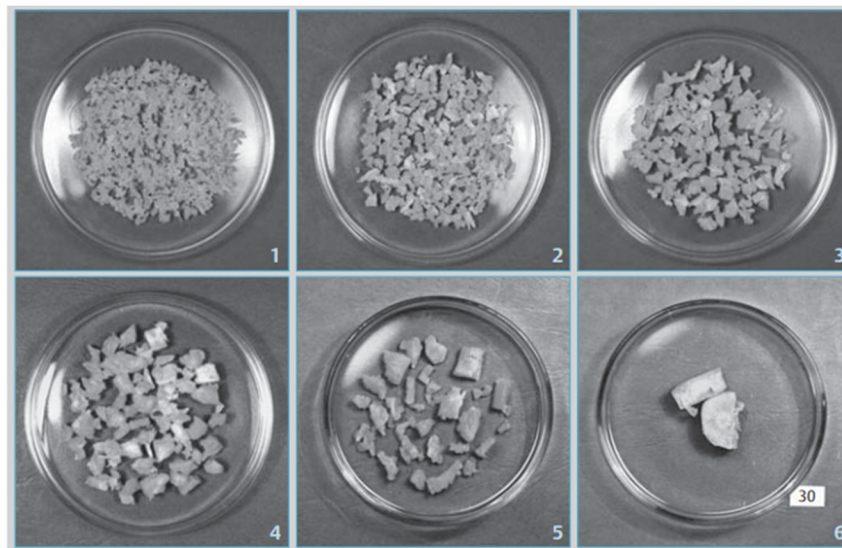


Abbildung 19 Visuelle Vergleichsskala für Kauffunktionstest („Möhrentest“), Zerkleinerungsgrad 1: sehr fein, 2: fein, 3: mittel, 4: grob, 5: sehr grob, 6: nicht möglich. (Kolb et al., 2016)

Die Vorteile dieses Kauffunktionstest sind klar erkennbar. Karotten sind kostengünstig und gut erhältlich. Die Herstellung der genormten Stücke ist zwar aufwendig, doch es handelt sich um ein bekanntes Lebensmittel, welches nicht verklumpt, gut auswertbar ist und von den Probanden gut angenommen wird. Da Karotten Naturprodukte sind, können jedoch Schwankungen in der Konsistenz

und der Härte der Testkörper vorliegen, dies kann das Ergebnis des KFT beeinflussen.

1.12.6 Standardisierter Kaufunktionstest nach Slavicek (SKT)

Die von Prof. Slavicek 2009 entwickelte Methode eines standardisierten KFT verwendet Fruchtgummi als Kaugut. In der vorliegenden Arbeit wird diese Testmethode verwendet. Die Testbodies werden, abhängig von der Menge an enthaltener Gelatine, in die drei Härtegrade hart (rot = 31 g pro Masse), medium (gelb = 23 g pro Masse) und weich (grün = 15,5 g pro Masse) eingeteilt. Ihre Form ist standardisiert. Alle Proben weisen zwei Centimeter (cm) Durchmesser und einen cm Höhe auf. Jede Sorte wird pro Studienteilnehmer in drei Sequenzen gekaut. Die Probanden kauen also dreimal auf der rechten Seite für jeden Härtegrad, dreimal auf der linken Seite und dreimal beidseits. Insgesamt durchläuft jeder Proband also neun Kauzyklen. Die Testnahrung wird nach dem 30 Sekunden dauernden Kauintervall in ein Sieb gespuckt und mit kaltem Wasser abgewaschen, der Proband spült mit Wasser nach und spuckt eventuelle Reste ebenfalls in das Sieb. Es folgt die Dokumentation mittels Fotografie von oben in der ChewBox (siehe 2.2.4). Die Auswertung erfolgt im Institut OrehabMinds mittels einer optischen Scan-Software. Diese zählt die zuvor auf einer Platte ausgestrichenen und fotografierten Fragmente der Probe aus und misst deren Partikelgröße. Der SKT bietet die Möglichkeit, verschiedene Nahrungskonsistenzen mit den Testbodies zu simulieren und somit die Kaufunktion genauer beurteilen zu können. In einigen Studien erfolgt zusätzlich die elektronische Dokumentation der Dynamik des Unterkiefers. Es kann nachgewiesen werden, dass die Konsistenz der Proben einen großen Einfluss auf diese hat. (Slavicek, 2010, Slavicek et al., 2009a, Slavicek et al., 2009b, Slavicek et al., 2009c, Slavicek et al., 2010). Eine Studie von Velten et al. untersucht die Kaueffizienz von 111 Probanden neben weiteren auch mit Slaviceks Methode. Der Proband kaut dabei 30 Sekunden lang das erste Testbody (grün = weich). Dann wird dieses ausgespuckt und der Grad der Zerkleinerung beurteilt. Kann die erste Probe nicht zerkaut werden, ist der Test beendet und es erfolgt die Bewertung mit Grad 1. Kann diese entzwei geteilt werden, entspricht die Wertung Grad 2, bei mehr als zwei Partikeln Grad 3. Es

folgt eine Wiederholung des Tests mit den nächsthärteren Testkörpern bei den Probanden mit Grad 2 und 3. Die Wertung wird bei den härteren Proben genau wie bei dem weichen vorgenommen (Mausbach et al., 2018). Inzwischen ist es möglich, den Kaufunktionstest nach Slavicek mit relativ geringem Aufwand auch in der zahnärztlichen Praxis durchzuführen.

1.13 Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität

Mundgesundheit, der allgemeine Gesundheitszustand und die Lebensqualität beeinflussen sich gegenseitig (Sheiham, 2005). Dabei ist zu beachten, dass mit Gesundheit nicht nur die Abwesenheit von Krankheiten, sondern laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO = World Health Organisation) (1948) auch das physische, soziale und mentale Wohlbefinden gemeint ist. Um eine Aussage über die Lebensqualität in Bezug auf die orale Gesundheit treffen zu können, liegen verschiedene Werkzeuge in Form von Fragebögen vor. Hierzu zählt unter anderem auch der Oral Health Impact Profile (OHIP)-Q14 Fragebogen. Ziel der Erhebung ist dabei eine vom Patienten stammende Einschätzung über seine Mundgesundheit und die damit verbundene Lebensqualität. Mithilfe der MLQ können vorliegende Erkrankungen wie beispielsweise Karies oder Parodontitis aufgedeckt werden. Sie kann aber auch dabei helfen, funktionelle Einschränkungen im stomatognathen System zu erkennen. Der OHIP- Fragebogen dient als Entscheidungshilfe bei Therapiefindung. Durch ihn kann eine Erfolgsbewertung und Monitoring der Therapie erfolgen und er gibt Aufschluss über die Patientenzufriedenheit (Sischo und Broder, 2011).

1.14 Zielsetzung

Die Studie soll im Rahmen einer prospektiven Untersuchung pseudonymisierter Daten die Funktion des stomatognathen Systems von Patienten mit LKGS und/oder RS, die sich in kieferorthopädischer Behandlung befinden, untersuchen und erfassen. Diese werden im Folgenden als Probanden mit CD bezeichnet. Gleichzeitig erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse mit denen einer gesunden Kontrollgruppe (C), die keine CD aufweisen. Es soll gegenübergestellt werden, ob es Unterschiede zwischen den Probanden mit Spalterkrankungen und/oder RS und der gesunden Kontrollgruppe in der Kaufunktion und der MLQ gibt.

Einleitung

Weiterhin wird untersucht, ob sekundäre Faktoren wie Alter, Geschlecht und Dentitionsstadium, die skelettale Klasse, die Angle Klasse und vorliegende Kreuzbisse einen Einfluss auf die Kaufunktion haben. Es gilt auch herauszufinden, ob sich die Ergebnisse des Kauffunktionstests in denen des OHIP-Fragebogens widerspiegeln.

Die Ergebnisse der Studie sollen zur Steigerung der Effektivität des Tübinger Behandlungskonzepts beitragen und die Versorgung und Zufriedenheit der Patienten langfristig verbessern.

1.15 Hypothesen

Ziel der Untersuchung ist es zu ermitteln, ob Patienten mit LKG-Spalten eine verminderte Kauleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollpatienten haben und welche weiteren Parameter die Kaufunktion beeinflussen. Weiterhin soll die MLQ von Probanden mit und ohne CD untersucht und herausgefunden werden, ob sich die Ergebnisse der Kaufunktionstests in den Ergebnissen des OHIP-Fragebogens widerspiegeln.

Folgende 0-Hypothesen sind aufgestellt und werden im Folgenden untersucht:

- Das Vorliegen einer Spalterkrankung hat keinen Einfluss auf die Kaufunktion.
- Es gibt keinen Unterschied in der Kauffunktion zwischen Spaltseite und gesunder Seite bei einseitigen LKGS-Probanden.
- Die Härte der Modellnahrung hat keinen Einfluss auf die Kauffunktion.
- Die Art der Spalterkrankung hat keine Auswirkung auf die Kauffunktion.
- Sekundäre Faktoren wie Alter, Dentitionsstadium und Geschlecht haben keinen Einfluss auf die Kaeffizienz.
- Sekundäre Faktoren wie die skelettale Klasse, die Angle Klasse und vorliegende Kreuzbisse haben keine Auswirkung auf die Kauffunktion. Festsitzende und herausnehmbare Apparaturen haben keinen unterschiedlichen Einfluss auf die Kaeffizienz von Probanden mit und ohne CD.
- Das Vorliegen einer Spalterkrankung hat keinen Einfluss auf die Ergebnisse des OHIP-Fragebogens.
- Die Ergebnisse der CD und der C-Gruppe im Kaeffizienztests korrelieren mit den Ergebnissen der CD und der C-Gruppe des OHIP-Fragebogens.

2 Material, Patienten und Methoden

Nachfolgend sind die Details zum Studiendesign und zur Patientenkohorte dargelegt. Außerdem werden die in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen, Tests und das verwendete Material beschrieben und erklärt.

2.1 Studiendesign

Die prospektive Untersuchung mit Kontrollgruppe sollte pseudonymisierte Daten über die Kaufunktion und die MLQ bei Patienten mit und ohne LKGS und/oder RS sammeln. Die Probandenzahl betrug 42 erkrankte und 77 Kontrollpatienten im Alter von 7 bis 21 Jahren. In Tabelle 3 ist die Einteilung der Untersuchungsgruppen dargestellt.

Tabelle 3 Einteilung der Untersuchungsgruppen und Codierung

	Merkmal	Code	Untergruppe Alter
Gruppe 1	Referenzgruppe (Control-Group)	C	C1 (Alter: 7-12 Jahre)
			C2 (Alter: 13-21 Jahre)
Gruppe 2	Probanden mit LKGS oder PRS (Craniofacial Disorder-Group)	CD	CD1 (Alter: 7-12 Jahre)
			CD2 (Alter: 13-21 Jahre)

Mit 12 Jahren ist der Wechsel der Zähne zum bleibenden Gebiss meist abgeschlossen. Weiterhin ist eine altersbedingte Änderung im Kauverhalten zu erwarten (Almotairy et al., 2018). Daher wurde ein Alter von 12 Jahren als Teilungszeitpunkt für die beiden Studiengruppen gewählt. Es liegen bislang keine weiteren klinischen Datenerhebungen zur Kaufunktion von CD-Patienten und gesunden Kontrollprobanden in kieferorthopädischer Behandlung vor.

2.1.1 Ethikkommission

Das Studienkonzept vom 07.05.2019 wurde der Ethikkommission Tübingen von Fr. Dr. Christina Weismann zur Beratung vorgelegt und am 10.07.2019 positiv beurteilt (Nummer des Ethikantrages: 332/2019BO1).

2.1.2 Einschlusskriterien

Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des UKT mit CD in Form einer LKGS und/oder Robin-Sequenz

sowie Patienten ohne kraniofaziale Anomalien werden als Probanden ausgewählt.

2.1.3 Ausschlusskriterien

Bei fehlender Einwilligung des volljährigen Probanden oder der Erziehungsberechtigten bei Minderjährigen wurden diese von der Untersuchung ausgeschlossen. Ebenfalls erfolgte keine Untersuchung von Patienten mit komplexen Fehlbildungen.

2.1.4 Probanden

Alle Studienteilnehmer befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in kieferorthopädischer Behandlung an der Poliklinik für Kieferorthopädie des UKT. Insgesamt erfüllten 141 Personen die Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie. Neun Patienten gaben kein Interesse an einer Teilnahme an der Studie an. Zwölf weitere Teilnehmer wollten zunächst an den Untersuchungen teilnehmen, konnten dann jedoch aufgrund von Krankheit oder anderen persönlichen Gründen nicht untersucht werden. Die Ergebnisse eines Probanden konnte aufgrund fehlerhafter Beschriftung der Dokumentationsplatten nicht ausgewertet werden. Insgesamt nahmen 120 Probanden an der Studie teil und es konnten 119 auswertbare Datensätze gewonnen werden.

2.1.5 Aufklärung der Probanden

Die Aufklärung der Patienten erfolgte mittels angepasster Patienteninformationsblätter (siehe Anhang) sowie persönlich oder telefonisch durch die Studienleiter. Bei minderjährigen Patienten war bei der Aufklärung immer ein Erziehungsberechtigter zugegen.

2.1.6 Einverständniserklärung

Die Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie musste von volljährigen Patienten oder den Erziehungsberechtigten minderjähriger Teilnehmer unterschrieben werden. Die Aufbewahrung der unterschriebenen Dokumente in Papierform erfolgte in der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des UKT.

2.1.7 Datenschutz

Gemäß der Europäischen Datenschutzvereinbarung (Art. 89 Abs. 1 DS-GVO) wurden die Informationen zur Datenaufnahme und Datenauswertung vollständig pseudonymisiert gespeichert. Während der Studie waren die Daten verschlüsselt auf einem eigens eingerichteten Rechner der Poliklinik für Kieferorthopädie des UKT abgelegt, der nur den Projektleitern zugänglich war. Bei Abbruch der Studie erfolgte die sachgerechte Vernichtung der Daten nach den Datenschutzrichtlinien des UKT. Die erhobenen Daten befanden sich in der hausinternen digitalen Verwaltung, sowie pseudonymisiert in Papierform im Büro der Studienleiter. Die Patientennamen verschlüsselten wir mittels einer 8-stelligen Ziffernzahl. Die Datenübersicht wurde dabei zu jeder Zeit getrennt vom Entschlüsselungsbogen aufbewahrt.

2.2 Untersuchungsphase

Die Untersuchungsphase begann unmittelbar nach der positiven Beratung durch die Ethikkommission und der vorangegangenen Patientenrekrutierung. Aufgrund der COVID-19-Pandemie entstand eine Unterbrechung des Untersuchungszeitraums von circa fünf Monaten. Die Datenerhebungen wurden während der für die kieferorthopädische Therapie notwendigen Kontrollterminen durchgeführt. Dabei kamen die unter Punkt 2.2.1 – 2.2.4 beschriebenen Untersuchungstechniken zur Anwendung.

2.2.1 Untersuchungsbogen Kaufunktionstest

Zu Beginn der Untersuchung erfolgte eine Erhebung mittels eines zehneitigen Frage- und Untersuchungsbogen in Form eines strukturierten Interviews. Volljährige Probanden wurden alleine, Minderjährige in Anwesenheit ihrer Eltern befragt. Die Pseudonymisierung der Fragebögen erfolgte durch die achtstellige Studiennummer der Probanden. Die ersten Fragen bezogen sich auf anamnestische und medizinische Befunde, dazu zählten das Alter und Geschlecht der Probanden, ein verändertes Ernährungsverhalten, Gewichtsverlust, Beschwerden im Oberbauchbereich, Allergien und Unverträglichkeiten. Weiterhin wurde eine Medikamentenanamnese durchgeführt und Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes, des kardiovaskulären

Systems, des zentralen und peripheren Nervensystems sowie des rheumatischen Formkreises erfragt. Auch metabolische und hormonelle Erkrankungen dokumentierten wir in der Anamnese. Im nächsten Schritt folgte die Erhebung vorangegangener Traumata des Kopf-Hals-Bereichs und chirurgischer Eingriffe. Bei positiver Anamnese wurde die genaue Art des Eingriffs oder der Verletzung, wenn möglich mit Datum, vermerkt. Bei den Probanden der Cranio-Gruppe konnte im Nachhinein ein Abgleich diese Informationen mit den in der Klinik- EDV hinterlegten Daten erfolgen. Zuletzt wurde die skelettale Klasse des Probanden aus der Klinikdatenbank recherchiert und vermerkt.

2.2.2 OHIP-G14-Fragebogen

Der letzte Teil des Interviews beinhaltete den OHIP-G14-Fragebogen zur MLQ des Instituts der Deutschen Zahnärzte von 2005 (siehe Anhang). Der OHIP-Germany ist die deutsche Variante dieses international anerkannten Fragebogens und dient als Instrument zur Erfassung der subjektiven MLQ bei Erwachsenen. Er setzt diese in Bezug zur individuellen Lebensqualität. Der Fragebogen ermöglicht also einen Vergleich der Probanden. Aufgrund seiner „psychometrischen Eigenschaften (Reliabilität, Validität)“ (Locker, 1995: 24) gilt der Oral Health Impact Profile gegenüber anderen Instrumenten als überlegen (John et al. 2000).

Für die jüngeren Studienteilnehmer mussten einige Fragen aufgrund des Alters umformuliert werden. So änderte sich beispielsweise die Frage „Hatten Sie im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder Ihrem Zahnersatz das Gefühl, Ihr Geschmackssinn sei beeinträchtigt?“ in die kindgerechtere Variante „Hattest du im letzten Monat aufgrund von Problemen mit deinen Zähnen oder deinem Mundbereich das Gefühl, dass dein Essen schlechter oder weniger schmeckt?“ um. Die Probanden gaben bei jeder Frage eine Einschätzung von „sehr oft“ bis „nie“ an. Die jeweiligen Antworten werden mit Punkten bewertet (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 Bewertungsmatrix für den OHIP-G14-Fragebogen

Punktzahl	Wertung
0	„sehr oft“
1	„oft“
2	„ab und zu“
3	„kaum“
4	„nie“

Aus den Ergebnissen für die einzelnen Fragen errechnete sich am Ende ein Gesamtscore und zwei Teilwerte für die funktionelle und die psychologische MLQ. Somit war ein Vergleich zwischen den Probanden und eine Aussage über die Gründe vorliegender Einschränkungen möglich.

Das Vorgehen unterschied sich dahingehend zu dem von bereits vorliegenden Studien, als dass die Bewertung umgekehrt vorgenommen wurde. Normalerweise steht ein niedriger OHIP-Score für eine hohe Lebensqualität. In diesem Fall war es genau andersherum, es wurde eine Umkodierung vorgenommen, da man bildlich eine hohe Lebensqualität eher mit einem hohen als mit einem niedrigen Wert implizierte.

Auch ein Vergleich mit den bereits existierenden Referenzwerten für Erwachsene war möglich, hierfür musste der ermittelte Wert lediglich vom Maximalwert 56 für den OHIP-G14 abgezogen werden. John et al. (2003) stellen Referenzwerte für die deutsche Langversion des OHIP und für die Kurzversionen (John et al. 2004) OHIP-G21, OHIP-G14 und OHIP-G5 zur Verfügung. Mit diesen Werten ist es möglich, die Probanden mit Menschen die keine Behandlung suchen, in Bezug zu setzen. Mit Hinblick auf den OHIP-G14 ergeben sich mediane Summenwerte bei Patienten ohne herausnehmbaren Zahnersatz von 0 (keine Angabe von Problemen), bei Patienten mit herausnehmbaren Teilprothesen von 4, bei Totalprothesenträger von 6. Umkodiert auf das in dieser Studie verwendete Schema lauten die Bezugswerte also 56 für vollbezahnte Probanden, 52 für Teil- und 50 für Totalprothesenträger.

2.2.3 Klinische Untersuchung

Nachdem das Interview abgeschlossen war, folgte die klinische Untersuchung. Hierfür wurde ein zahnärztlicher Befund erhoben und auf dem Untersuchungsbogen vermerkt. Fehlende Zähne kennzeichnete man mit „f“, vorhandene Zähne mit „v“, im Durchbruch befindliche Zähne werden mit „iD“. Milchzähne erhielten die Markierung „m“ und kurz vor der Exfoliation stehende Zähne ein „w“. Mittels dieser Befunde konnte im Nachgang das Dentitionsstadium der Probanden ermitteln werden. Die Kennzeichnung von vorhandenem Zahnersatz erfolgte klassisch mit „K“ für eine Krone und „B“ für ein Brückenglied. Herausnehmbaren Zahnersatz gab es innerhalb der Studiengruppe nicht.

Weiterhin wurde die sich momentan in situ befindliche kieferorthopädische Versorgung handschriftlich vermerkt. Relevant war hierbei, ob es sich um eine festsitzende oder eine herausnehmbare Apparatur handelt und ob eine Gaumennahterweiterungsapparatur angebracht war. Die hier erfragten Informationen konnten mit den vorliegenden Patientendaten des UKT abgeglichen werden.

Im nächsten Schritt erfolgte die Untersuchung der Bisslage in sagittaler Ebene nach Angle für die rechte und linke Seite des Probanden. In der Kieferorthopädie wird die Angle-Klassifikation verwendet, um die Art und den Schweregrad von Kieferfehlstellungen zu bestimmen. Diese Klassifikation basiert auf der Beziehung zwischen den Oberkiefer- und Unterkieferzähnen sowie deren Position zueinander. Der Studienleiter begutachtete die Zähne in Schlussbisslage und teilte sie anhand der Angle-Klassifikation ein.

Weiterhin wurde festgestellt, ob ein Kreuzbiss vorlag. Auch dies erfolgte mittels einer klinischen Untersuchung in der Schlussbisslage. Der Kreuzbiss wurde in rechtsseitigen, linksseitigen und beidseitigen, sowie anterioren Kreuzbiss unterteilt.

2.2.4 Standardisierter Kaufunktionstest nach Slavicek

Eine effektive Methode zur Untersuchung der Kaufunktion, die in der Praxis gut anwendbar ist, ist der SKT nach Prof. G. Slavicek.

Der SKT wurde mit Modellnahrung (Zusammensetzung siehe Anhang) durchgeführt, um dadurch Rückschlüsse auf die neurobiologische Kaufunktion und die Fähigkeit zur Zerkleinerung von Nahrung zu erhalten. Die Modellnahrung diente dabei als Surrogatparameter für die Ernährungsmöglichkeiten der Probanden.

Für den Test wurden je drei Testkörper in unterschiedlichen Härtegraden, eine Stoppuhr oder dentale Einheit mit Stoppuhrfunktion, neun Testplatten zur Aufnahme des Ausstrichs (früher Papierträger), ein Sieb, ein Kunststoffspatel zur Verteilung des Ausstrichs, fließendes kaltes Wasser und die CHEW-Box (Aufnahmegerät von OrehabMinds GmbH) sowie ein digitales Speichergerät benötigt (Vgl. Abbildung 20).

Die Testkörper waren gelatinehaltige Fruchtgummis (siehe Abbildung 21) (Gelatine SPM 5765, Biogel AG, Luzern, Schweiz) mit einer Höhe von einem Centimeter (cm) und einem Durchmesser von zwei cm. Sie lagen in drei Härtegraden vor (grün = weich, gelb = mittel, rot = hart). Die Testbodies wurden jeweils einzeln für einen Kauzyklus von 30 Sekunden nur auf der rechten, dann in einem zweiten Durchgang nur auf der linken Seite und dann zuletzt beidseits zerkaut. Jeder Proband durchlief also neun Kauzyklen und wurde dabei angehalten, möglichst keine Partikel herunterzuschlucken.

Es wurde, wie bei anderen Tests zur Bestimmung der Kaueffizienz (beispielsweise der „Karottentest“ nach Wörstmann), ein zeitliches Limit gesetzt und keine vorgegebene Anzahl der Kauzyklen. Die Einhaltung dieser Zeit war mittels der Timer-Funktion an den Einheiten deutlich leichter zu überprüfen, als die Anzahl an durchgeführten Kauzyklen. Die zerkleinerte Modellnahrung wurde nach jedem Zyklus in ein Sieb ausgespuckt, unter fließendem, kaltem Wasser abgespült um die Einzelteile voneinander zu lösen und dann auf entsprechend gekennzeichneten und kalibrierten Prüfplatten (früher Papierträger (Vgl. Abbildung 22)) ausgestrichen.

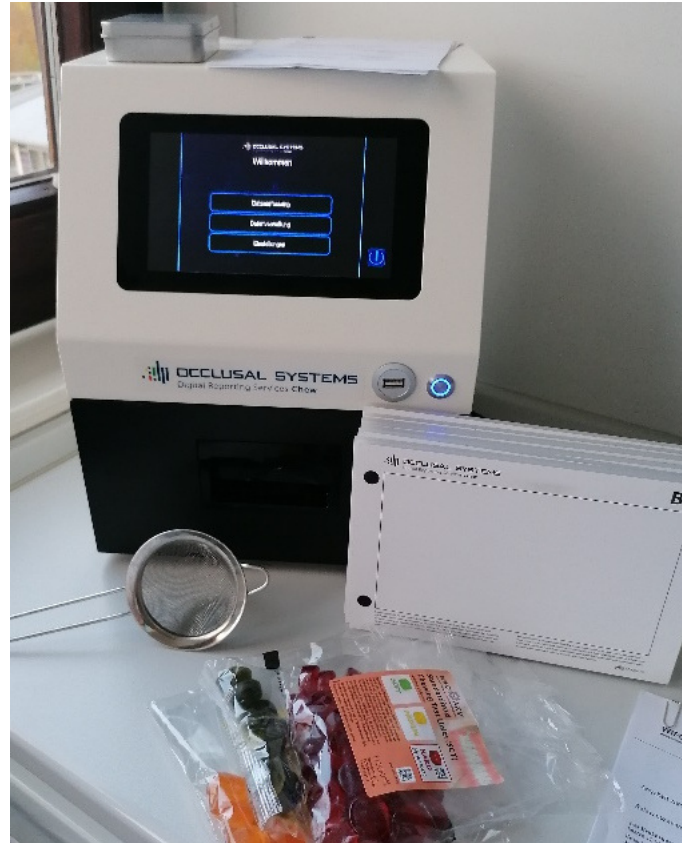


Abbildung 20 CHEW-Box, Platten zum Ausstreichen der Testbodies, Sieb und Testbodies

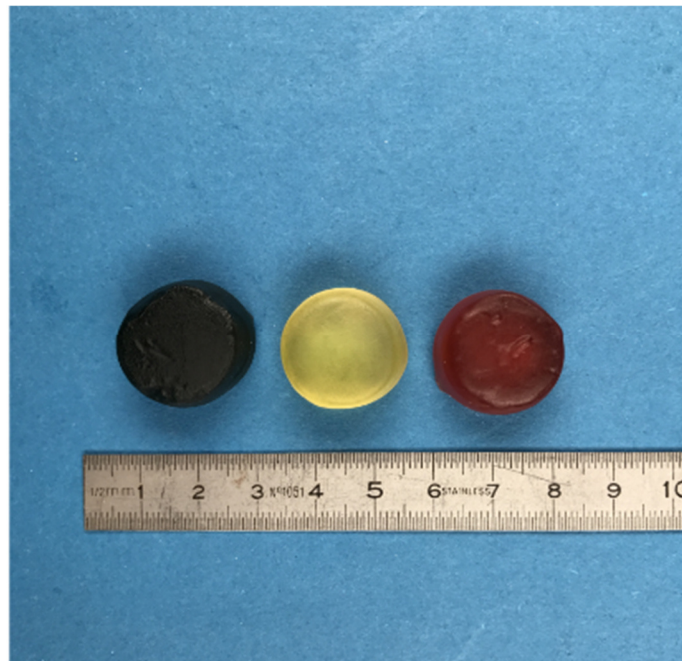


Abbildung 21 Standardisierte Modellnahrung in drei Härtegraden (rot = hart, gelb = mittel, grün = weich)

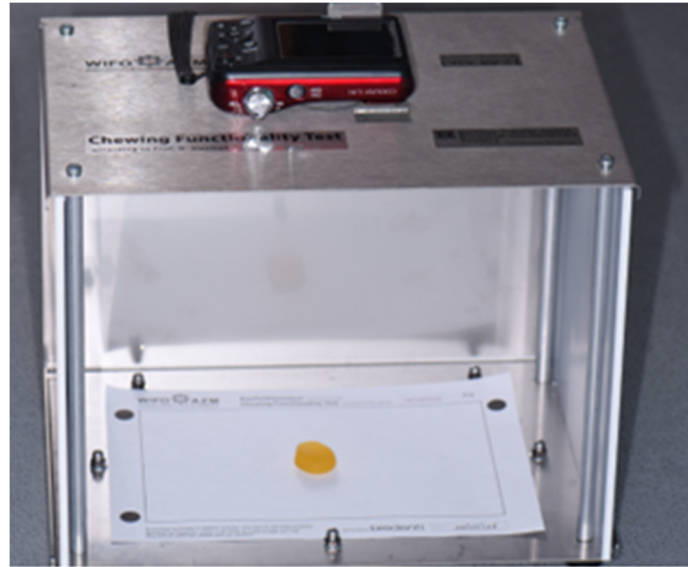


Abbildung 22 Vorläufer-Konstruktion der CHEW-Box; Papierträger in Fotodokumentations-vorrichtung, Digitalkamera in Stativ fixiert, (Cresti 2018: 27)

Jede Prüfplatte wurde durch den achtstelligen Patientencode und die Codierung des Kauzyklus markiert. Die Reihenfolge, in der die Probanden die Testkörper zerkauen sollten, war wie folgt: 1) grün-rechts, 2) grün-links, 3) grün-beidseits, 4) gelb-rechts, 5) gelb-links, 6) gelb-beidseits, 7) rot-rechts, 8) rot-links, 9) rot-beidseits. Abbildung 23 zeigt einen vollständig durchgeführten SKT.

Material, Patienten und Methoden

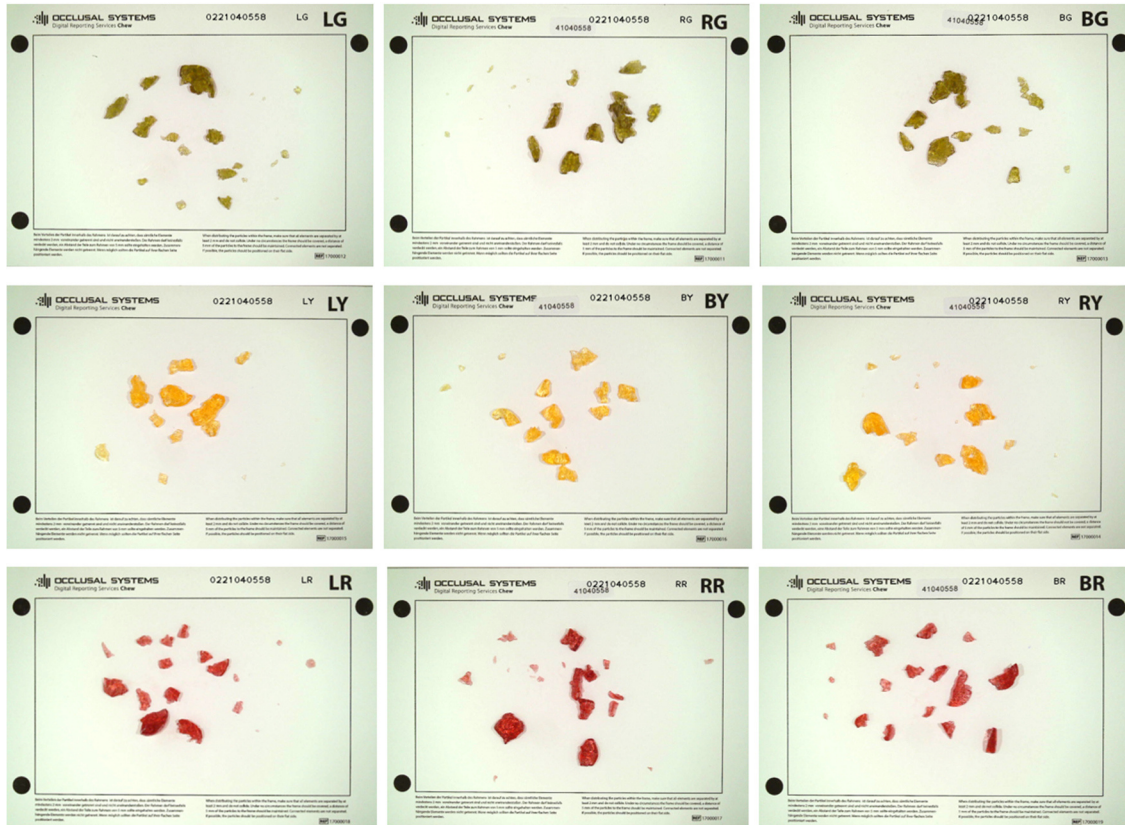


Abbildung 23 Endergebnis eines durchgeführten Standardisierten Kau funktionsstests nach Slavicek

Es folgte die Fotografie des Ausstrichs mittels des zugehörigen Aufnahmegeräts, der CHEW-Box. Dies stellte eine große Verbesserung im Vergleich zur vorigen Methode (mittels einer in einer Metallbox fixierten Digitalkamera mit manuellem Fokus (Vgl. Abbildung 22) dar, da diese oft unscharfe Aufnahmen lieferte. Diese unscharfen Bilder erforderten eine aufwendige, digitale Nachbearbeitung. Die Fotos wurden über eine Dropbox-Verbindung an die Firma Orehab Minds übermittelt. Dort erfolgte die Auswertung mittels computergestützter Fotoanalyse, wobei die Gesamtanzahl der zerkauten Teilchen N und die durchschnittliche Oberfläche A der Partikel in mm^2 für jede Platte eines jeden Probanden ermittelt wurde. Eine große Anzahl an Teilchen entsprach dabei einer guten Kauleistung, ebenso wie eine geringe durchschnittliche Oberfläche der Partikel (Vgl. Abbildung 24).

Material, Patienten und Methoden

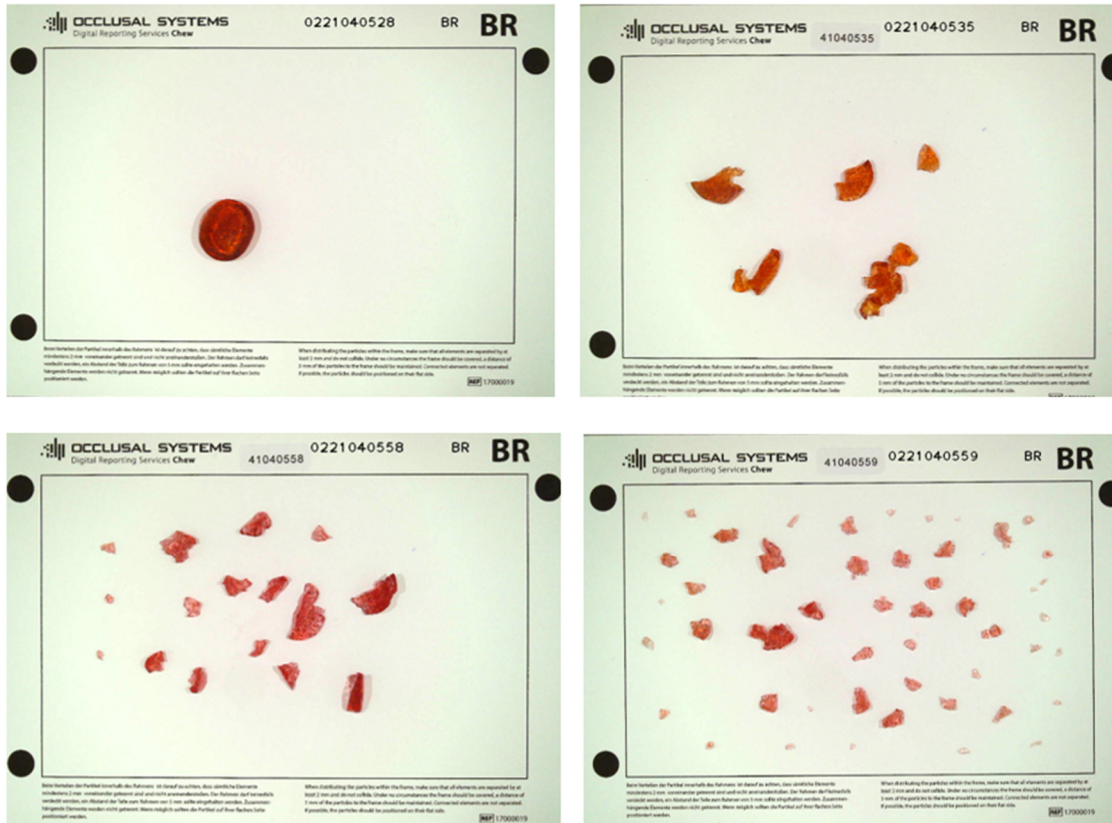


Abbildung 24 Beispiele für SKT mit roter (= harter) Modellnahrung, von oben links nach unten rechts zunehmende Kaeffizienz, sichtbar an mehr Partikeln mit kleinerer Oberfläche

Die Ergebnisse des SKT wurden in einer Tabelle (siehe Abbildung 25) dargestellt und übermittelt. Zum besseren Vergleich und zur Einordnung der Kaufunktion des Probanden wurden die Norm-Werte für Erwachsene zusätzlich angegeben.

	Anzahl <i>n</i> (Norm)	Größe <i>mm</i> ² (Norm)
alle Kausequenzen	17 (108.0-118.0)	274.97 (151.00-76.00)
rechte Kausequenzen	9 (36.0-46.0)	201.65 (151.00-76.00)
linke Kausequenzen	3 (36.0-46.0)	426.59 (151.00-76.00)
bilaterale Kausequenzen	5 (36.0-46.0)	315.99 (151.00-76.00)
weiche SKTE	6 (36.0-46.0)	231.34 (151.00-76.00)
medium SKTE	5 (36.0-46.0)	340.69 (151.00-76.00)
harte SKTE	6 (36.0-46.0)	263.85 (151.00-76.00)

Abbildung 25 Beispiel für die tabellarische Ergebnisauflistung eines durchgeführten SKT, die in Klammern dargestellten Werte sind die Norm-Wert für Erwachsene

2.2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit freundlicher Unterstützung durch Frau Dr. Christina Weismann und Frau MSc. Maite Aretxabaleta. Die Patientendaten wurden den Studienbögen entnommen und pseudonymisiert. Die statistische Auswertung und deskriptive Statistik der Daten erfolgten mit JMP (Version 15.2.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), SPSS® Statistics (Version 29, IBM®, Armonk, New York, United States) und Excel (Microsoft®). Zunächst wurde eine explorative Datenanalyse zur Gewinnung von Information für die deskriptive Statistik durchgeführt. Im Ergebnis standen Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) jeder Stichprobe. Es folgte die Ermittlung von Varianz, Schiefe und Kurtosis der Werte. Es wurden Tests auf Normalverteilung der Daten durchgeführt. Hierbei kam zum einen ein grafisches Verfahren im Sinne des QQ-Plots und zum anderen der Kolmogorov-Smirnov-Test, sowie der Shapiro-Wilk-Test zum Einsatz. Es wurde hierbei stets die angenommen, dass die Daten normalverteilt sind. Für normalverteilte Daten wurde ein t-Test (Vergleich C und CD-Gruppe) und eine ANOVA (für Gruppenvergleiche bei mehr als zwei Gruppen, z.B. alle Spaltformen) durchgeführt. Bei Vergleichen von Kauzyklen innerhalb einer Gruppe kam der gepaarte t-Test zum Einsatz. Nicht normalverteilte Daten wurden mittels des Mann-Whitney-U- Tests (für Gruppenvergleiche zwischen C und CD-Gruppe), des Kruskal-Wallis-Test (für Gruppenvergleiche bei mehr als zwei Gruppen, z.B. alle Spaltformen) und des Wilcoxon-Tests (für Vergleiche von Kauzyklen innerhalb einer Gruppe) ausgewertet.

Die Auswertung der Untersuchungen der Kaufunktion und die Ergebnisse des OHIP-Fragebogens erfolgte einzeln. Die Unterschiede zwischen den Gruppen C und CD wurden statistisch ausgewertet und in Zusammenhang mit anderen sekundären Faktoren wie Geschlecht, Alter und Kauseite gebracht. Die Analyse der Auswirkung des Gebissstadiums auf die Kaufunktion erfolgt nur deskriptiv, da die Stichprobengröße zu klein war. Innerhalb der CD-Gruppe untersuchte man auch auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Spaltformen bei der Kaeffizienz. Weiterhin erfolgte eine Untersuchung dahingehend, ob es einen

Material, Patienten und Methoden

Zusammenhang zwischen der erkrankten Seite und einer schlechteren Kaufunktion auf dieser gibt.

Für die Ergebnisse des OHIP-Q14 Fragebogens, sowohl für die Einzelfragen, als auch für die Teilergebnisse und den Gesamtscore, wurden folgende Berechnungen durchgeführt: MW, Median, SD, Minimum, Maximum, Boden-Decken-Effekt, Schiefe und Kurtosis. Die Überprüfung der Daten auf Normalverteilung erfolgte mittels Shapiro-Wilk-Test. Für nicht normalverteilte Daten verwendete man den Mann-Whitney-Test, um die signifikanten Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen in den Punkteergebnissen zu bewerten. Das statistische Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

Die Erstveröffentlichung eines Teils der im Rahmen der Studie erhobenen Daten erfolgte in mehreren wissenschaftlichen Publikationen am 28.02.2023 (Schmidt et al., 2023) (Weismann et al., 2024). In diese Publikationen wurden bereits Teile der Auswertung der Ergebnisse des Kaufunktionstest vorgestellt. Weitere Publikationen zu den Ergebnissen des OHIP- Fragebogens und ein Methodik-Artikel sind geplant. Der Artikel „The effect of malocclusion, speech therapy and orthodontic treatment on oral health impact among orthodontic patients with craniofacial disorders“ in welchem die OHIP-Ergebnisse veröffentlicht werden sollen befindet sich derzeit im Peer Review.

3.1 Auswertung des Anamnesebogens

Die Studienkohorte besteht aus insgesamt 119 Probanden im Alter von 7 bis 21 Jahren. Die Studienpopulation unterteilt sich in zwei Gruppen, die CD-Gruppe (n = 42, Durchschnittsalter $13,45 \pm 5,2$ Jahre) und die C-Gruppe (n = 77, Durchschnittsalter $14,3 \pm 3,27$ Jahre) (Schmidt et al., 2023). Alle Probanden sind Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie des UKT und befinden sich in kieferorthopädischer Behandlung. Zu den 42 Teilnehmern mit CD gehören 38 Probanden mit einer Spalterkrankung und vier RS-Patienten. Die Patienten mit einer Form der LKGS werden weiter in rechtsseitige Spalte (n = 8), linksseitige Spalte (n = 18), bilaterale Spalte (n = 6), Lippenspalte (n = 2) und Gaumenspalte (n = 4) unterteilt (siehe Abbildung 26) (Schmidt et al., 2023).

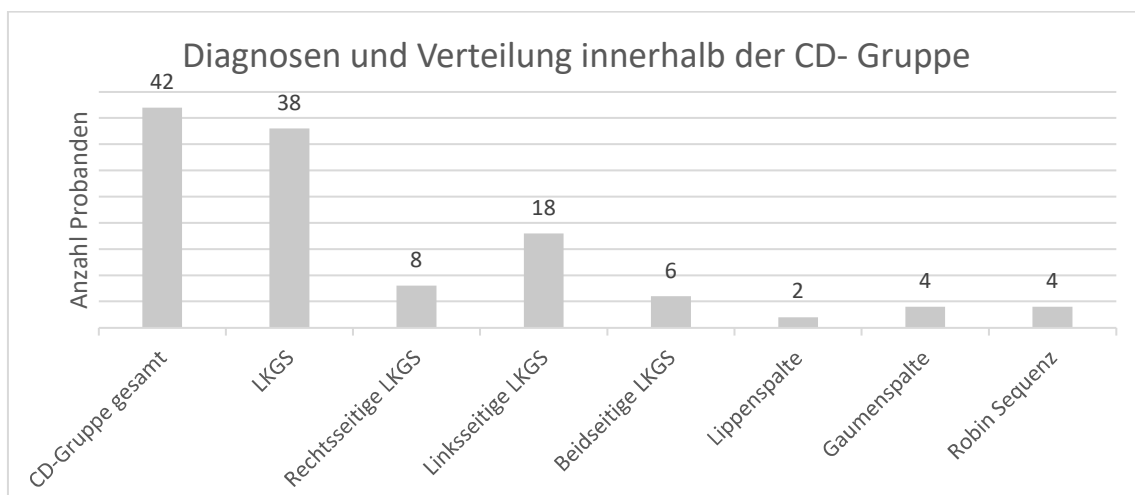


Abbildung 26 Diagnosen und Verteilung innerhalb der CD-Gruppe

Ergebnisse

Die Verteilung auf die altersabhängigen Untergruppen ist wie folgt:

In der Kontrollgruppe (C-Gruppe) gehören 22 Probanden der C1-Gruppe (7-12 Jahre) an. Der Altersdurchschnitt beträgt $10,45 \pm 1,6$ Jahre. 55 Teilnehmer können der C2-Gruppe, bei einem Altersdurchschnitt von $15,84 \pm 2,8$ Jahren, zugeordnet werden (Schmidt et al., 2023). Die Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppe ist ausgeglichen mit 46,75% männlichen und 53,25% weiblichen Teilnehmern (siehe Abbildung 27).

Die CD-Gruppe unterteilt sich ebenfalls. Die CD1-Gruppe enthält 20 Probanden mit einem Altersdurchschnitt von $9,95 \pm 1,67$ Jahren und die CD2-Gruppe 22 Teilnehmer mit einem Altersdurchschnitt von $16,64 \pm 5,29$ Jahren. In der CD-Gruppe sind 59,53% der Untersuchten männlich und 40,48% der Probanden weiblich (siehe Abbildung 27).

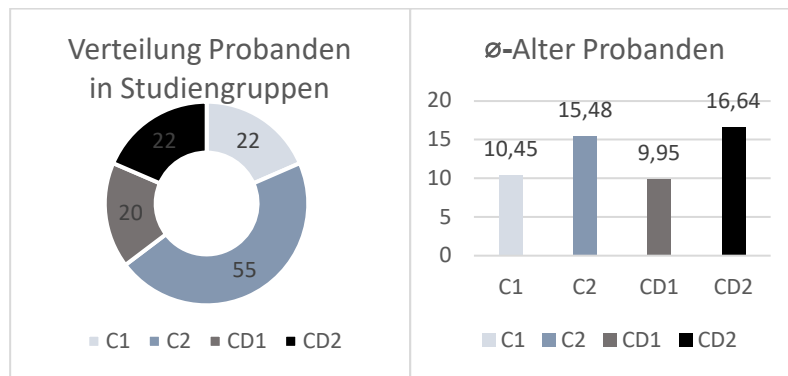


Abbildung 27 Verteilung der Probanden auf die Studiengruppen C1, C2, CD1, CD2 und deren Altersdurchschnitt (frei nach Schmidt et al., 2023)

Innerhalb der Kontrollgruppe der Studie können 32 Patienten (41,56%) der skelettalen Klasse I, 34 der skelettalen Klasse II und 11 der skelettalen Klasse III zugeordnet werden. Die CD- Gruppe enthält sechs Kl. I Probanden, 13 Kl. II- und 23 Kl. III Teilnehmer (siehe Abbildung 28). Weiterhin wird eine Einteilung anhand der Angle Klassifikation vorgenommen. Dabei können bei 42 Patienten der Kontrollgruppe eine Angle Kl. I, bei 24 die Angle Kl. II/1, bei einem Probanden eine Kl. II/2 und zehn die Angle Kl. III diagnostiziert werden. Die CD- Gruppe enthält 20 Teilnehmer mit Angle Kl. I, neun mit Kl. II/1, einen mit Kl. II/2 und 12 Patienten mit Angle Kl. III (siehe Abbildung 28) (Weismann et al., 2024). Auch auf vorhandene Kreuzbissformationen werden die Probanden untersucht und

Ergebnisse

dementsprechend eingeteilt. In der C-Gruppe liegt bei 72 Teilnehmern kein Kreuzbiss vor. Je ein Proband hat einen rechtsseitigen, linksseitigen und beidseitigen Kreuzbiss. Zwei Untersuchte weisen einen frontalen Kreuzbiss auf. In der CD-Gruppe gibt es 28 Patienten ohne Kreuzbiss, acht mit frontalem, zwei mit beidseitigem, einen mit linksseitigem und drei mit rechtsseitigem Kreuzbiss (Weismann et al., 2024). Die Verteilung der Diagnose Kreuzbiss auf die C und CD-Gruppe ist in Abbildung 29 dargestellt.

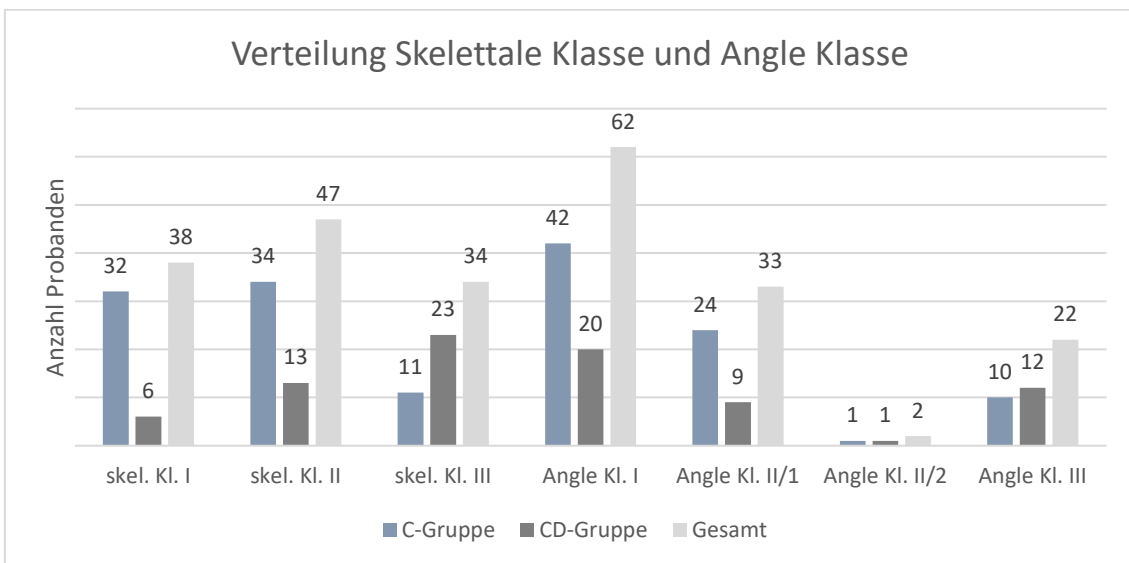


Abbildung 28 Verteilung der skelettalen Klassen und der Angle Klassen innerhalb der Studienpopulation (frei nach Weismann et al., 2024)

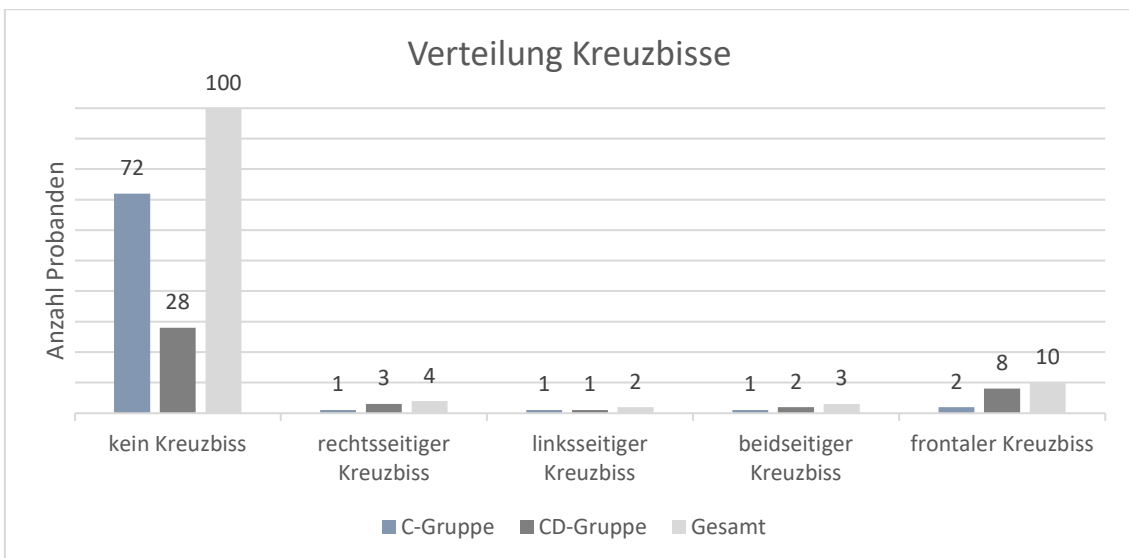


Abbildung 29 Verteilung der Kreuzbissformen innerhalb der Studienpopulation (frei nach Weismann et al., 2024)

Ergebnisse

Die Verteilung von sich in situ befindlichen kieferorthopädischen Geräten sowie der erfolgten logopädischen Therapie sind in Abbildung 30 dargestellt. Von insgesamt 119 Patienten haben 55 eine MBA in situ, dabei gehören 39 Teilnehmer der Kontrollgruppe und 16 der CD-Gruppe an. 6 Probanden, je drei von C- und CD- Gruppe, sind mit einer GNE mit Aufbissen versorgt. Je zwei Patienten beider Gruppen tragen eine MBA mit GNE in situ. 32 Probanden der Kontrollgruppe und 21 der CD-Gruppe sind zum Zeitpunkt der Untersuchung mit einer herausnehmbaren Apparatur versorgt (Vgl. Abbildung 30) (Weismann et al., 2024).

Logopädische Therapie erhalten sieben Patienten (9,09%) der Kontrollgruppe und 40 Probanden (95,24%) der CD-Gruppe (siehe Abbildung 30) (Weismann et al., 2024).

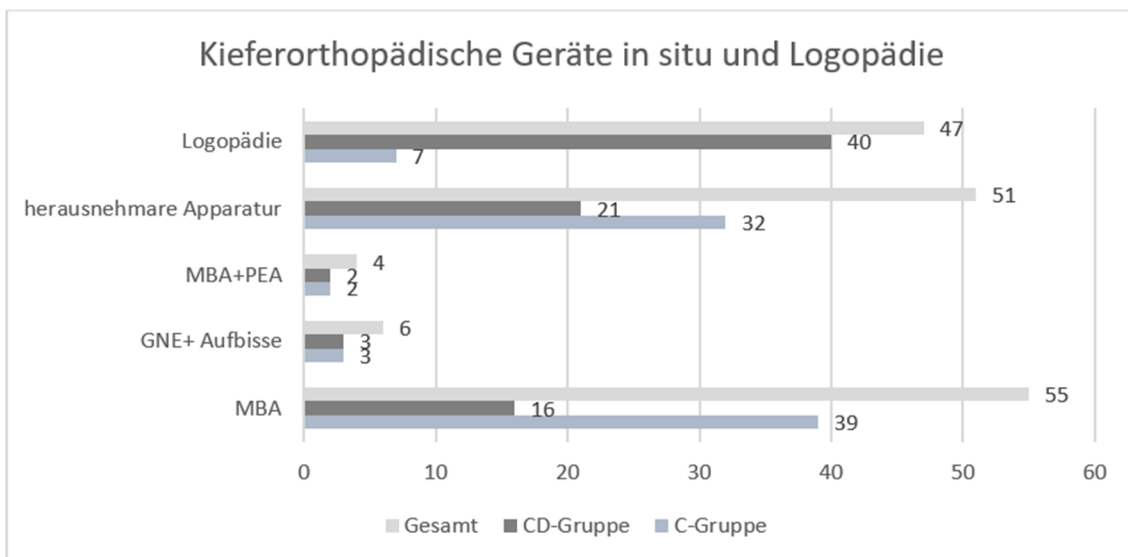


Abbildung 30 Verteilung und Anzahl der kieferorthopädischen Apparaturen und laufende logopädische Therapie und deren Anzahl in der CD-/C-Gruppe (fei nach Weismann et al., 2024)

Die Untersuchung der Mundhygiene ergibt bei fünf Teilnehmern der C-Gruppe ein „sehr gutes“, bei 56 Teilnehmern ein „gutes“, bei 25 ein „durchschnittliches“ und bei einem Patienten ein „nicht zufriedenstellendes“ Resultat. In der CD-Gruppe kann einem Patienten „sehr gute“, 16 Patienten „gute“, 21 Teilnehmern „mittelmäßige“, drei Probanden „wenig zufriedenstellende“ und einem „nicht zufriedenstellende“ Mundhygiene bescheinigt werden.

Ergebnisse

Innerhalb der CD-Gruppe liegt bei keinem der Probanden ein reines Milchgebiss vor, fünf Teilnehmer befinden sich in der ersten Wechselgebissphase, keiner in der Ruhephase, 20 in der zweiten Wechselgebissphase und 28 im permanenten Gebiss. In der C-Gruppe weisen zwei Probanden ein reines Milchgebiss auf, zwei weitere befinden sich in der ersten Wechselgebissphase. Die Dentition von drei Patienten der C-Gruppe kann der Ruhephase zugeordnet werden. 24 Probanden befinden sich in der zweiten Wechselgebissphase und bei 46 liegt ein permanentes Gebiss vor (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 Dentitionsstadien der Studienpopulation

Dentitionsstadium	CD- Gruppe Anzahl	CD- Gruppe prozentualer Anteil	C- Gruppe Anzahl	C-Gruppe prozentualer Anteil
Milchgebiss	0	0 %	2	2,30 %
1. WGP	4	9,52 %	2	2,30 %
Ruhephase	0	0 %	3	3,90 %
2. WGP	20	47,62 %	24	24 %
Permanentgebiss	18	42,86 %	46	59,74 %

Die bestehende Dentition der Probanden wird neben dem Stadium auch auf die Anzahl vorhandener Zähne untersucht. Dabei werden Zähne welche sich im Durchbruch befinden nicht als vorhanden gezählt, da sie noch keinen Kontakt zum Antagonisten haben und somit nicht vollständig für die Mastikation zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6 Zusammensetzung der Dentition der Gesamtstudienpopulation

Stadium	vorhandene Zähne	Milchzähne	bleibende Zähne	Zähne im Durchbruch	fehlende Zähne
Milchgebiss	20	20	0	0	0
1. WGP	19,5	9,2	10,3	0,33	4,17
Ruhephase	19,7	6,4	13,3	0,55	3,65
2. WGP	20,3	3,4	16,9	1,58	2,22
Adultes Gebiss	26	0,4	25,6	0,4	1,63

Bei allen Probanden erfolgt eine kurze studienbezogene Anamnese. Hierbei ergibt sich bei neun Probanden (C-Gruppe sechs, CD-Gruppe drei) ein

Ergebnisse

verändertes Ernährungsverhalten innerhalb der letzten drei Monaten. Zwei Patienten erteilen zu diesem Punkt keine Auskunft. Die restlichen 108 Patienten geben keine Änderungen im Ernährungsverhalten an. Weiterhin berichten drei Teilnehmer der C- und drei Teilnehmer der CD-Gruppe, über eine starke Gewichtsabnahme (mehr als 10% des Körpergewichts) in den letzten drei Monaten. Alle anderen Probanden verneinen dies. Symptome wie Bauchschmerzen, Druck- und/oder Völlegefühl werden von neun Patienten angegeben. Dabei gehören drei zur Cranio-Gruppe und sechs zur Kontrollgruppe. Allergien und/oder Nahrungsmittelunverträglichkeiten werden von acht Probanden der C-Gruppe und acht Probanden der CD- Gruppe bejaht. Eine positive Medikamentenanamnese liegt bei zehn Teilnehmern, je fünf aus der Kontrollgruppe und fünf aus der erkrankten Gruppe, vor. Hierbei handelt es sich bei drei Probanden um ein Salbutamol- und bei zwei weiteren um ein Cortison-Spray. Zwei Probanden nehmen Pharmazeutika zur Behandlung von ADHS. Weiterhin vertretene Medikamente sind L-Thyroxin, Antiepileptika, Kontrazeptiva, MTX, Folsäure und Pipamperon.

3.2 Auswertung des standardisierten Kaufunktionstests nach Slavicek

3.2.1 CD-Gruppe vs. C-Gruppe

Der SKT nach Slavicek gibt Aufschluss über die Kaeffizienz der Studienteilnehmer. Folgende Ergebnisse wurden bereits veröffentlicht (Schmid et al., 2023). Eine höhere Anzahl an erreichten Partikeln bei einer kleineren durchschnittlichen Oberfläche dieser Teile steht für eine bessere Kaeffizienz. Die gesunde Gruppe kann in der Gesamtheit aller neun Kaudurchläufe eine größere Anzahl an Partikeln ($n_C = 84,58$ vs. $n_{CD} = 61,76$) mit einer kleineren durchschnittlichen Oberfläche der Fragmente ($A_C = 146,84 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD} = 192,91 \text{ mm}^2$; $p = 0,04$) erzeugen als die CD-Gruppe (Schmidt et al., 2023). Die mittlere Partikelanzahl ist also bei den erkrankten Probanden um 26,98% geringer als bei den Gesunden. Gleichzeitig ist die mittlere Oberfläche der Partikel um 31,37 % größer. Die CD-Gruppe erzeugt also weniger Partikel, mit größerer Oberfläche und haben damit einer schlechtere Kauleistung als die Kontrollgruppe. Eine statistische Relevanz ist in der Gesamtstatistik nur für die mittlere Oberfläche der Partikel ($p = 0,04$), nicht aber für die Anzahl der erkauten Teilchen ($p = 0,0794$) nachweisbar (Schmidt et al., 2023). In Abbildung 31 ist die Kaeffizienz der Probanden der C- und CD-Gruppe in Form einer Kauleistungskurve dargestellt.

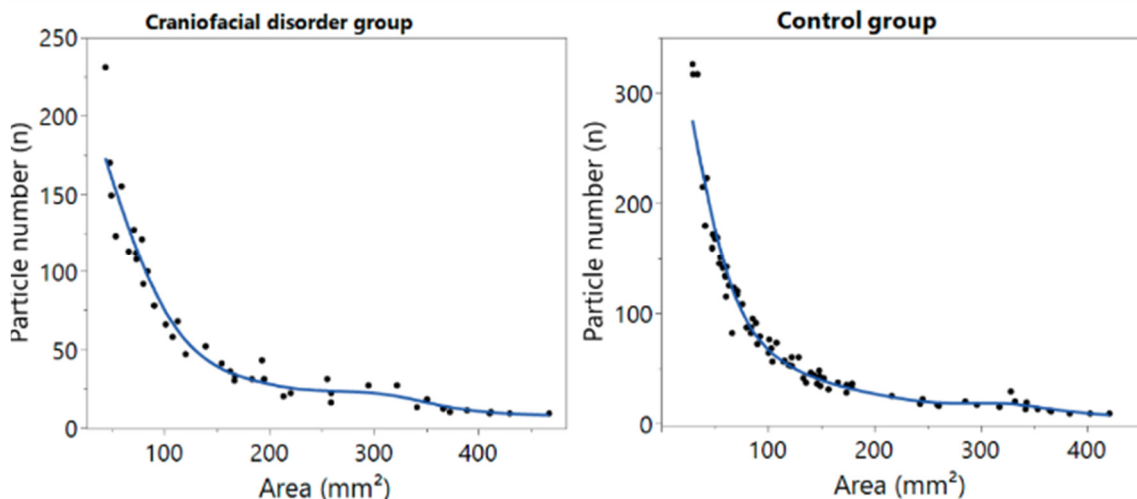


Abbildung 31 Kauleistungskurven zum Vergleich von Patienten mit kraniofazialen Erkrankungen ($n = 42$) und der gesunden Kontrollgruppe ($n = 77$), gekaute Gesamtpartikelzahl (N) gegen die durchschnittliche Partikeloberfläche (A) [mm^2] (Schmidt et al., 2023)

Am flacheren Verlauf der Kurve der CD-Gruppe erkennt man die schlechtere Kaeffizienz. Außerdem kumulieren bei der C-Gruppe deutlich mehr Werte in einem im linken Bereich der Grafik, also bei einer kleineren mittleren Partikeloberfläche. Auch dies ist ein Hinweis auf eine bessere Kaufunktion der C-Gruppe. Generell finden sich in der Grafik mehr Ausreißer mit niedriger durchschnittlicher Partikelanzahl und geringer Oberfläche bei den Probanden der CD-Gruppe.

3.2.2 Auswirkung der unterschiedlichen Kauseiten und Härtegrade der Testbodies auf die Kauleistung

Die detaillierte Betrachtung der einzelnen Kauzyklen (rechts = KV_{re} , links = KV_{li} , beidseits = KV_{bds}) und der unterschiedlichen Härtegrade ergibt für die CD-Gruppe in allen Bereichen schlechtere Werte als für die Kontrollgruppe (siehe Tabelle 7 und 8).

In allen Kombinationen von Kauseite und Härtegrad werden bei Probanden mit Spalterkrankung eine geringere Teilchenanzahl und eine erhöhte Oberflächengröße mit Vergleich zur gesunden Gruppe festgestellt. Eine statistische Signifikanz kann in Bezug auf die mittlere Partikelanzahl allerdings nur bei den linksseitigen Kauzyklen und bei denen mit harter Modellnahrung festgestellt werden. Die auffällig verminderte Kauleistung der CD-Gruppe auf der linken Seite stellt sich durch eine 34,28-prozentige Abnahme der durchschnittlichen Partikelanzahl im Vergleich zur Kontrollgruppe ($N_{KV_{li}_{CD}} = 20,17$ vs. $N_{KV_{li}_{C}} = 30,69$; $p = 0,02$) dar (Schmidt et al., 2023). Weiterhin ergibt sich bei der Auswertung der mittleren Partikeloberfläche eine statistische Signifikanz für die verringerte Kaeffizienz der CD-Gruppe bei den linksseitigen Kauzyklen und denen mit Proben mittlerer Härte. Diese zeigt sich durch eine Zunahme der durchschnittlichen Oberfläche der Teilchen ($A_{KV_{li}_{CD}} = 215,40 \text{ mm}^2$ vs. $A_{KV_{li}_{C}} = 145,40 \text{ mm}^2$; $p < 0,004$) um 48,1 %. Darüber hinaus erzielt die CD-Gruppe eine um 34,66 % geringere Partikelanzahl in den Kauzyklen mit der harten (roten) Testnahrung als die Kontrollgruppe ($N_{CD_{hart}} = 19,21$ vs. $N_{C_{hart}} = 29,40$; $p = 0,04$) und eine um 33,08 % erhöhte mittlere Oberfläche der Teilchen ($A_{CD_{hart}} = 209,63 \text{ mm}^2$ vs. $A_{C_{hart}} = 157,52 \text{ mm}^2$;

Ergebnisse

p = 0,04) (Schmidt et al., 2023). Die Kaueffizienz der von LKGS betroffenen Probanden ist also bei einzelnen Kauvorgängen und auch bei der Betrachtung der Gesamtstatistik im Vergleich zu den Kontrollpatienten verringert. Bei den Kauvorgängen mit der mittelharten Modellnahrung, beim beidseitigen Kauen und bei den Durchgängen auf der rechten Seite können keine signifikanten Unterschiede in der Kaueffizienz zwischen gesunden und erkrankten Teilnehmern festgestellt werden.

Tabelle 7 Ergebnis der Partikelanzahl N des Kaufunktionstest für alle Kauzyklen und Härtegrade für die CD-Gruppe (n = 42) und die C-Gruppe (n = 77), Mean ± SD, statistisches Signifikanzniveau p = 0,05, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet (adaptiert nach Schmidt et al., 2023)

Mittlere Partikelanzahl N							
	Gesamt	KV _{re}	KV _{li}	KV _{bds}	Weich (grün)	Mittel (gelb)	Hart (rot)
CD-Gruppe	61,76 ± 10,38	19,83 ± 18,02	20,17 ± 18,84	21,76 ± 3,77	21,43 ± 0,54	21,36 ± 20,24	19,21 ± 3,85
C-Gruppe	84,58 ± 7,66	24,86 ± 23,46	30,69 ± 26,04	29,18 ± 2,79	27,84 ± 24,44	27,35 ± 22,85	29,40 ± 2,84
F-Rate	3,13	1,46	5,33	2,5	2,16	2	4,45
p-Value	0,08	0,23	0,02*	0,12	0,14	0,16	0,04*

Tabelle 8 Ergebnis der mittlere Partikeloberfläche A des Kaufunktionstest für alle Kauzyklen und Härtegrade für die CD-Gruppe (n = 42) und die C-Gruppe (n = 77), Mean ± SD, statistisches Signifikanzniveau p = 0,05, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet (adaptiert nach Schmidt et al., 2023)

Mittlere Partikeloberfläche A [mm ²]							
	Gesamt	KV _{re}	KV _{li}	KV _{bds}	Weich (grün)	Mittel (gelb)	Hart (rot)
CD-Gruppe	192,91 ± 128,16	192,91 ± 128,16	192,91 ± 128,16	189,91 ± 135,18	199,11 ± 143,23	209,63 ± 20,4	192,53 ± 123,52
C-Gruppe	146,84 ± 107,12	146,84 ± 107,12	145,40 ± 14,34	151,27 ± 120,24	162,51 ± 129,07	157,53 ± 15,09	151,58 ± 123,24
F-Rate	4,37	1,52	8,41	2,57	2,02	4,21	3,21
p-Value	0,04 *	0,22	>0,004 *	0,11	0,16	0,04 *	0,08

3.2.3 Auswirkung der Faktoren Alter und Geschlecht auf die Kauleistung

Die Studienkohorte wird weiterhin auf die Auswirkungen der Faktoren Alter und Geschlecht überprüft. Dafür erfolgt zunächst eine Aufteilung aller Probanden

Ergebnisse

innerhalb ihrer Studiengruppe in zwei Untergruppen, Gruppe 1 im Alter von 5–12 und Gruppe 2 von 13–21 Jahren (Codierung siehe Tabelle 9). Dasselbe Vorgehen wird auch für den Faktor Geschlecht angewandt. Dann erfolgt eine Untersuchung auf deren Signifikanz. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 9 dargestellt.

Es wird festgestellt, dass sich die Kauleistung mit höherem Alter verbessert. In beiden Gruppen erreichen die älteren Probanden (C2- und CD2-Gruppe) größere N Werte, jedoch ist dieser Effekt in der Kontrollgruppe nicht statistisch signifikant ($N_{C2} = 87,48$; $N_{C1} = 77,82$; $p = 0,26$). Auffällig ist, dass die C1-Gruppe zwar eine geringere Partikelanzahl als die C2 Gruppe erreichte, aber eine kleine mittlere Oberfläche ($A_{C1} = 132,23 \text{ mm}^2$; $A_{C2} = 152,69 \text{ mm}^2$) der einzelnen Partikel (Schmidt et al., 2023). Diese weist auf eine bessere Kaueffizienz hin, genau wie eine hohe Partikelanzahl. Daraus lässt sich schließen, dass der Einfluss des Alters auf die Kauleistung bei gesunden Probanden deutlich kleiner ist, als bei denen mit CD.

Tabelle 9 Ergebnis für mittlere Partikelanzahl N und mittlere Oberfläche A in mm^2 des Kaufunktionstests der C- und CD-Gruppe in Bezug auf das Alter der Probanden, angegeben sind Mean \pm SD für alle neun Kauzyklen, statistisches Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Signifikanz mit (*) gekennzeichnet (adaptiert nach Schmidt et al., 2023)

	Code	Untergruppe Alter	Anzahl Probanden	Partikelanzahl N	Oberfläche A in [mm^2]
C-Gruppe (n=42)	C	C1 5–12 Jahre	55	77,82 \pm 49,91	132,23 \pm 99,37
		C2 13–21 Jahre	22	86,25 \pm 81,29	152,69 \pm 110,40
p-Wert				0,35	0,43
CD-Gruppe (n=77)	CD	CD1 5–12 Jahre	22	46,80 \pm 11,79	207,41 \pm 28,84
		CD2 13–21 Jahre	20	75,36 \pm 11,24	179,72 \pm 132,6
p-Wert				0,04*	0,49

Ältere Patienten mit CD hingegen zeigen eine signifikant bessere Kauleistung ($n_{CD2} = 75,36$; $n_{CD1} = 46,80$; $p = 0,04$) im Vergleich zu den jüngeren Probanden derselben Gruppe (Schmidt et al., 2023). Die CD2-Gruppe produziert 61,02 %

Ergebnisse

mehr Teilchen als die CD1-Gruppe und die erzeugten Partikel sind um 13,3 % kleiner. Die Werte der jungen Probanden mit CD sind also deutlich schlechter, als die der älteren Probanden mit Spalterkrankung (siehe Tabelle 9). Im Vergleich zur C1-Gruppe können die Probanden der CD1-Gruppe lediglich 60,8% deren Partikelanzahl erreichen. Auch hier ist deutlich die reduzierte Kaeffizienz der CD-Gruppe in jungen Jahren ersichtlich. Die Kauleistung der CD2-Gruppe ist im Vergleich zur C2-Gruppe vermindert, was sich durch eine um 12,63 % verminderte Partikelanzahl und eine um ein 17,7 % erhöhte mittlere Partikeloberfläche zeigt.

Die bessere Kauleistung ist in den Abbildungen 32, 33, 34 und 35 als eine steilere Kurve bei den älteren Probanden zu erkennen. Außerdem kumulieren bei den Gruppen C1 und C2 mehr Werte im vorderen Bereich der Kurve, also bei einer kleineren durchschnittlichen Oberfläche der Partikel, was ebenfalls für eine bessere Zerkleinerung der Modellnahrung durch die Kontrollprobanden spricht.

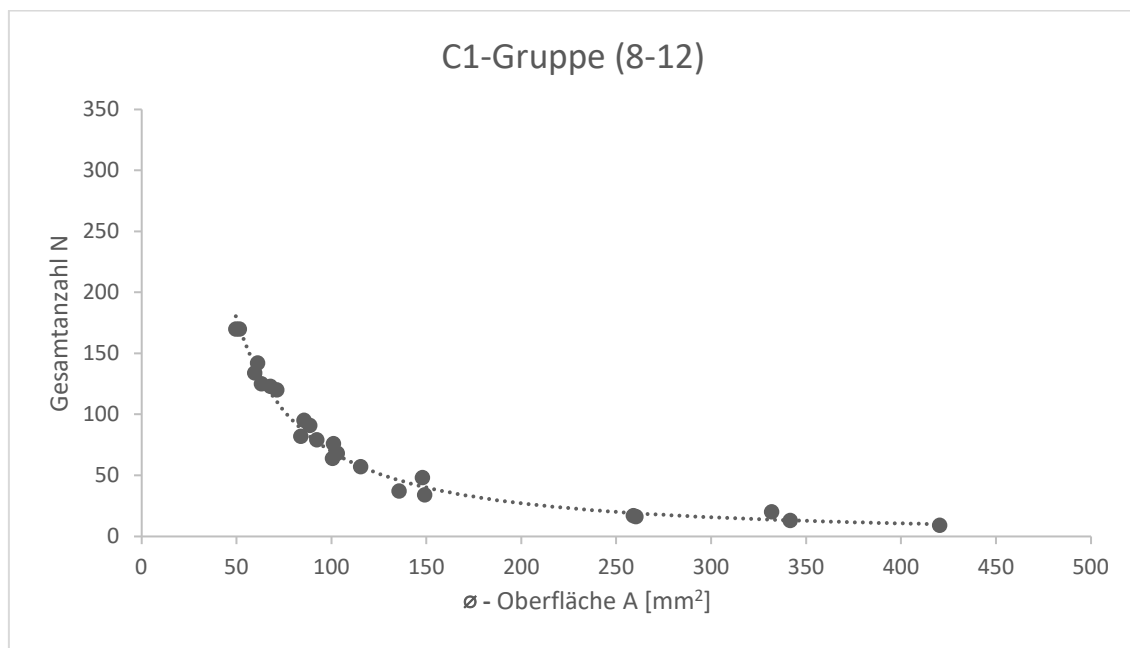


Abbildung 32 Kauleistungskurve der C1-Gruppe, x-Achse durchschnittlichen Oberfläche A in mm², y-Achse Gesamtanzahl der Partikel N

Ergebnisse

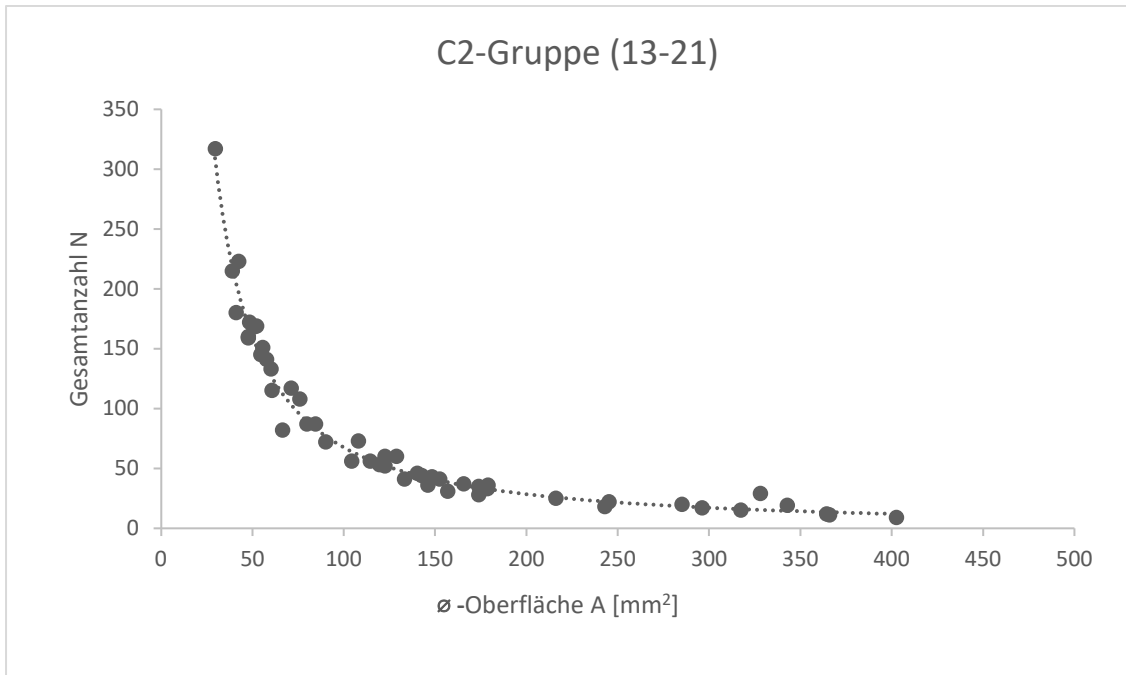


Abbildung 33 Kauleistungskurve der C2-Gruppe, x-Achse durchschnittlichen Oberfläche A in mm², y-Achse Gesamtanzahl der Partikel N

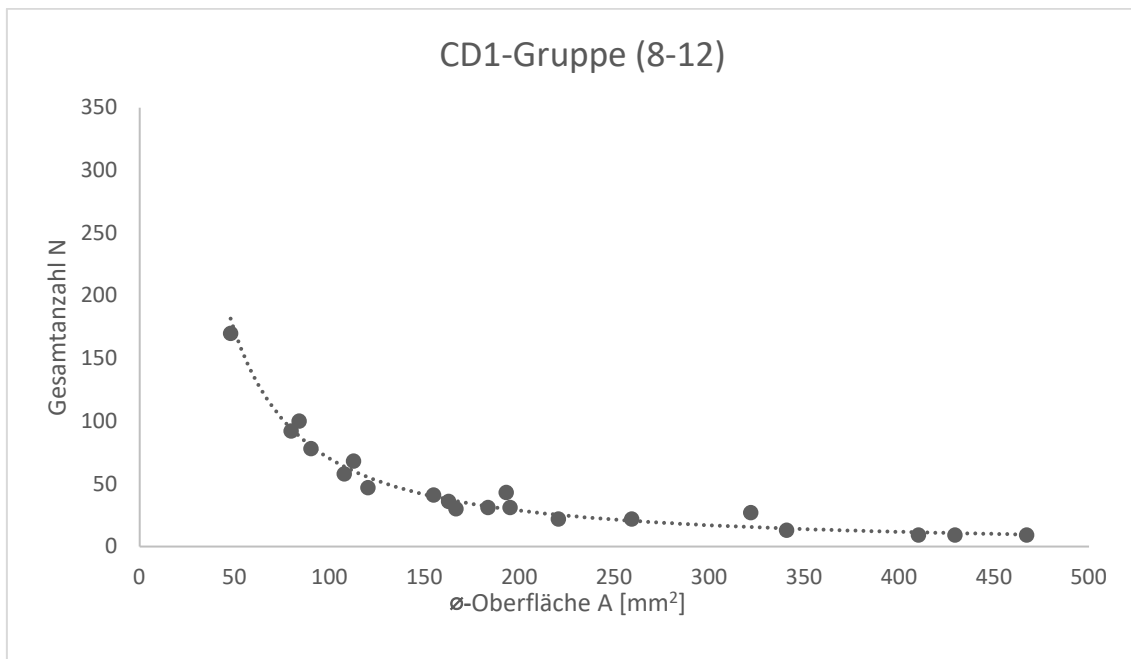


Abbildung 34 Kauleistungskurve der CD1-Gruppe, x-Achse durchschnittlichen Oberfläche A in mm², y-Achse Gesamtanzahl der Partikel N

Ergebnisse

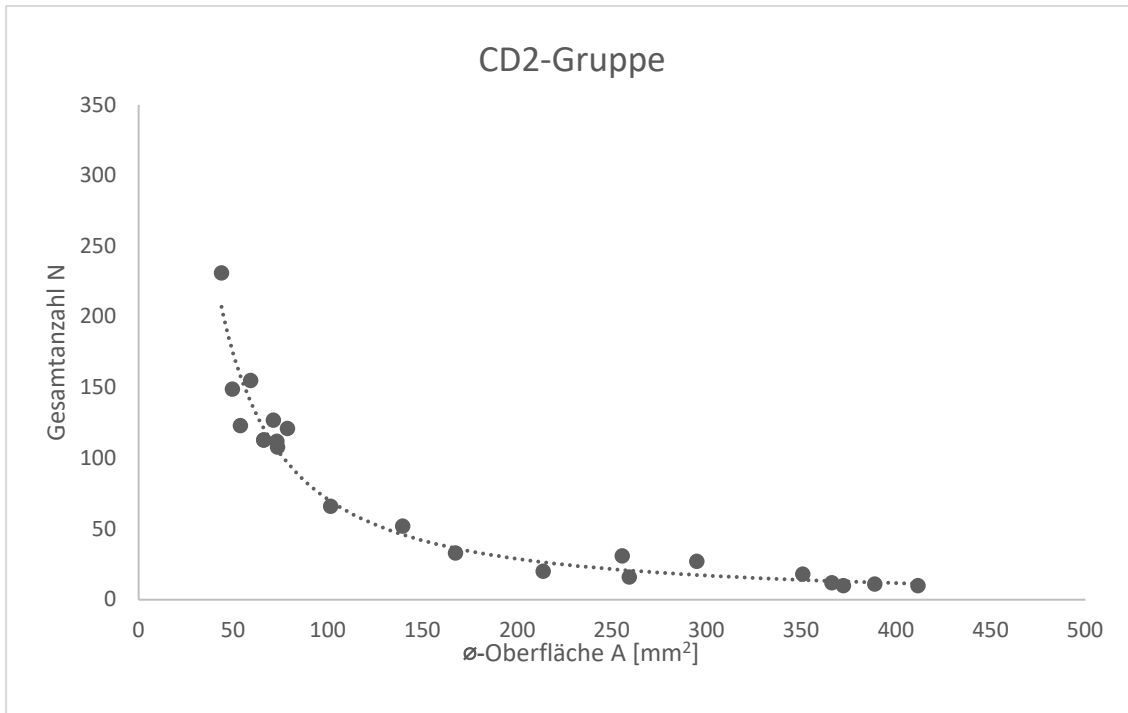


Abbildung 35 Kauleistungskurve der CD2-Gruppe, x-Achse durchschnittlichen Oberfläche A in mm², y-Achse Gesamtanzahl der Partikel N

3.2.4 Auswirkung des Dentitionsstadium auf die Kauleistung

Die Untersuchung der unterschiedlichen Dentitionsstadien und ihrem Einfluss auf die Kaufunktion ergeben sich folgende Resultate (siehe Tabelle 11). Die Verteilung der Probanden auf die unterschiedlichen Stadien sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10 Dentitionsstadium der Probanden in C- und CD-Gruppe, Anzahl und prozentualer Anteil

Dentitionsstadium	CD-Gruppe		C-Gruppe	
	n	%	n	%
Milchgebiss	0	0,00 %	2	2,30 %
Erste Wechselgebissphase	4	9,52 %	2	2,30 %
Ruhephase	0	0,00 %	3	3,90 %
Zweite Wechselgebissphase	20	47,62 %	24	31,17 %
Permanentgebiss	18	42,86 %	46	59,74 %

Bei den Teilnehmern der C-Gruppe liegt zu 47,62 % (n = 20) die zweite Wechselgebissphase (WGP) und zu 42,86 % (n = 18) ein Permanentgebiss (PG) vor. Vier Probanden befinden sich in der 1.WGP (9,52 %). Ein reines Milchgebiss

Ergebnisse

liegt nicht vor. Auch die Ruhephase (RP) wird nicht festgestellt. Innerhalb der C-Gruppe haben zwei Probanden (2,3 %) ein Milchgebiss (MG), zwei weitere Probanden (2,3 %) die 1. WGP und drei Teilnehmern (3,9 %) die Ruhephase erreicht. 31,17 % der Probanden befinden sich in der 2. WGP und der Großteil (n = 46; 59,74 %) der Teilnehmer weist ein Permanentgebiss auf.

Bei den Probanden der CD-Gruppe ist gut erkennbar, wie sich die Kaeffizienz mit zunehmender Reife der Dentition und höherem Alter verbessert. Dies spiegelt sich in den Werten der Probanden durch eine Zunahme von N und eine Abnahme von A wider ($N_{CD_1.WGP} = 35,75$; $N_{CD_2.WGP} = 54,10$; $N_{CD_PG} = 46,06$ und $A_{CD_1.WGP} = 262,56 \text{ mm}^2$, $A_{CD_2.WGP} = 194,32 \text{ mm}^2$; $A_{CD_PG} = 175,87 \text{ mm}^2$) (siehe Tabelle 11) (Schmidt et al., 2023). Die Probanden in der 1. WGP weisen also im Vergleich zu denen mit adulter Dentition um 53 % verringerte Partikelzahlen auf. Im Vergleich zu denen in der 2. WGP ist die Partikelanzahl um 33,2 % vermindert. Weiterhin haben die erzeugten Teilchen eine im Vergleich zur 2. WGP um 35,11 % und zum adulten Gebiss um 49,31 % größere Oberfläche. Bei den Teilnehmern der Kontrollgruppe ist das Ergebnis nicht so eindeutig. In dieser Gruppe erreichen die Probanden mit Milchgebiss das beste Resultat ($N_{C_MG} = 94,50$; $A_{C_MG} = 82,10 \text{ mm}^2$). Dieses ist jedoch aufgrund der kleinen Stichprobe (n=2) kritisch zu betrachten. Die Probanden mit vollständiger bleibender Dentition schneiden marginal schlechter ab ($N_{C_PG} = 94,50$; $A_{C_PG} = 82,10 \text{ mm}^2$), allerdings immer noch deutlich besser als die Probanden mit CD (Schmidt et al., 2023). Abgesehen von den Probanden mit Milchgebiss lässt sich auch in der C-Gruppe eine Zunahme der Kaeffizienz mit voranschreitendem Zahnwechsel bemerken. Auch in dieser Gruppe verbessern sich die Werte mit zunehmender Reife der Dentition. Die Probanden in der 1. WGP zeigen eine um 81,86 % geringere Partikelanzahl als die mit adultem Gebiss. Auch in der Ruhephase, also ohne aktiven Zahnwechsel, ist die Zahl der gekauten Partikel im Wechselgebiss um 38,44 % geringer als im Erwachsenenengebiss. Aufgrund der ungleichen Gruppenverteilung und teilweise kleinen Stichprobengröße, wird für die Dentitionsstadien lediglich eine deskriptive und keine induktive Statistik durchgeführt.

Ergebnisse

Tabelle 11 Ergebnisse des Kaufunktionstests für die unterschiedlichen Wechselgebissphasen, mittlere Partikelanzahl N gesamt und mittlere Oberfläche A gesamt in mm² für alle neun Kauzyklen, Mean ± SD, (adaptiert aus Schmidt et al., 2023)

	CD-Gruppe			C-Gruppe		
	Anzahl	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm ²]	Anzahl	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm ²]
Dentitionsstadium						
Milchgebiss	0	/	/	2	94,50 ± 54,45	82,10 ± 31,27
Erste Wechselgebissphase	4	35,75 ± 33,38	262,56 ± 182,15	2	17,00 ± 1,41	251,57 ± 12,39
Ruhephase	0	/	/	3	57,67 ± 57,84	181,77 ± 142,58
Zweite Wechselgebissphase	20	54,10 ± 43,32	194,32 ± 120,56	24	75,38 ± 54,73	145,73 ± 104,75
Permanentgebiss	18	76,06 ± 65,59	175,87 ± 126,73	46	93,67 ± 83,50	143,41 ± 109,88

3.2.5 Auswirkung des Faktors Geschlecht auf die Kauleistung

Die Geschlechterverteilung innerhalb der Studiengruppen ist relativ ausgewogen. Die CD-Gruppe besteht aus 25 männlichen (59,52 %) und 17 weiblichen (40,45 %) Teilnehmern. Die C-Gruppe enthält 36 männliche (46,75 %) und 41 weibliche (53,25 %) Probanden. Die Ergebnisse des SKT sind in Tabelle 12 dargestellt. Innerhalb der CD-Gruppe erreichen männliche und weibliche Teilnehmer in Bezug auf die Partikelanzahl beinahe identische Ergebnisse ($n_{\delta CD} = 61,96$; $n_{\text{♀}CD} = 61,47$, $p = 0,98$) (Schmidt et al., 2023). Auch bei der durchschnittlichen Partikeloberfläche gab es keine signifikanten Unterschiede ($A_{\delta CD} = 181,29 \text{ mm}^2$; $A_{\text{♀}CD} = 209,99 \text{ mm}^2$; $p = 0,48$). Anders stellt sich dies bei der Kontrollgruppe dar. Hier ist die Kauleistung der männlichen Teilnehmer signifikant schlechter als die der untersuchten Teilnehmerinnen ($n_{\delta C} = 67,44$; $n_{\text{♀}C} = 99,66$; $p = 0,04$ und $A_{\delta C} = 168,61 \text{ mm}^2$; $A_{\text{♀}C} = 127,73 \text{ mm}^2$; $p = 0,04$) (siehe Tabelle 12) (Schmidt et al., 2023). Die Partikelanzahl der männlichen Teilnehmer ist also um 32,33 % verringert im Vergleich zu den weiblichen Probanden. Gleichzeitig ist die Oberfläche der von ihnen erzeugten Partikel im Durchschnitt um 32 % größer. Beides zeigt deutlich die reduzierte Kauleistung.

Ergebnisse

Tabelle 12 Ergebnisse der durchschnittlichen Partikelanzahl und der mittleren Oberfläche des Kaufunktionstests für die CD- und C-Gruppe aufgeteilt nach Geschlechtern, Mean \pm SD, statistisches Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet (adaptiert nach Schmidt et al., 2023)

	CD-Gruppe			C-Gruppe		
	Anzahl Probanden n	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm ²]	Anzahl Probanden n	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm ²]
♂	25	61,69 \pm 53,90	181,29 \pm 25,79	36	67,44 \pm 55,09	168,61 \pm 115,03
♀	17	61,47 \pm 55,88	209,99 \pm 138,5	41	99,66 \pm 84,20	127,73 \pm 97,07
p-Wert		0,98	0,48		0,04*	0,04*

3.2.6 Einfluss der unterschiedlichen Spaltformen bzw. der RS auf die Kauleistung

Die Probanden der CD-Gruppe werden in die einzelnen Spaltformen unterteilt und nochmals auf ihre erbrachte Kauleistung untersucht. Hierbei zeigen sich deutliche Unterschiede (siehe Abbildung 36). Mit zunehmender Partikelanzahl steigt die Kaeffizienz, ebenso wie mit einer Abnahme der durchschnittlichen Partikeloberfläche. Zur besseren Vorstellung und zur Visualisierung des Rankings der Kaeffizienz der Spalterkrankungen dient Abbildung 37. Die Patienten mit Lippen-Kiefer-Spalte (engl. cleft lip = CL) weisen die beste Kaeffizienz auf ($N_{CL} = 102,50$; $A_{CL} = 72,95 \text{ mm}^2$) (Schmidt et al., 2023). Dies ist am höheren Ausschlag des Balkens für die mittlere Partikelzahl und am geringeren für die mittlere Partikeloberfläche erkennbar. Sie erreichen bessere Werte als die Kontrollgruppe ($N_c = 84,58$, $A_c = 146,84 \text{ mm}^2$). Dieses Ergebnis sollte jedoch kritisch betrachtet werden, da nur zwei Patienten mit dieser Fehlbildung an der Studie teilnehmen. Am schlechtesten schneiden die Patienten mit RS ab ($N_{RS} = 26,00$; $A_{RS} = 257,22 \text{ mm}^2$) (Schmidt et al., 2023). Sie können die Modellnahrung nur schwer zerkleinern. Die von linksseitiger LKGS (= CL/P/li) betroffenen Probanden ($N_{CL/P/li} = 80,78$, $A_{CL/P/li} = 151,87 \text{ mm}^2$) erreichen eine bessere Kauleistung als die mit einer rechtsseitigen LKGS ($N_{CL/P/re} = 55,13$, $A_{CL/P/re} = 229,40 \text{ mm}^2$). Die Partikelanzahl der Probanden mit rechtsseitiger Spalte ist um 31,74 % reduziert und die durchschnittliche Partikeloberfläche um

Ergebnisse

51,05% erhöht. Die Werte der linksseitigen Spaltpatienten sind nur geringfügig anders, als die der gesunden Kontrollpatienten ($N_c = 84,58$, $A_c = 146,84 \text{ mm}^2$). Eine beidseitige Spalte führt zu schlechterer Kauleistung als eine einseitige Spalte ($N_{CL/P/b} = 45,17$, $A_{CL/P/b} = 240,28 \text{ mm}^2$), die Probanden erreichen im Vergleich zu den Probanden mit linksseitiger Spalte eine um 46,6 % geringere Anzahl an Partikeln und können die Nahrung schlechter zerkleinern, was sich in der um 58,21-prozentigen Erhöhung der Partikeloberfläche zeigt. Für die Betrachtung der Werte aller neun Kauzyklen gesamt ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

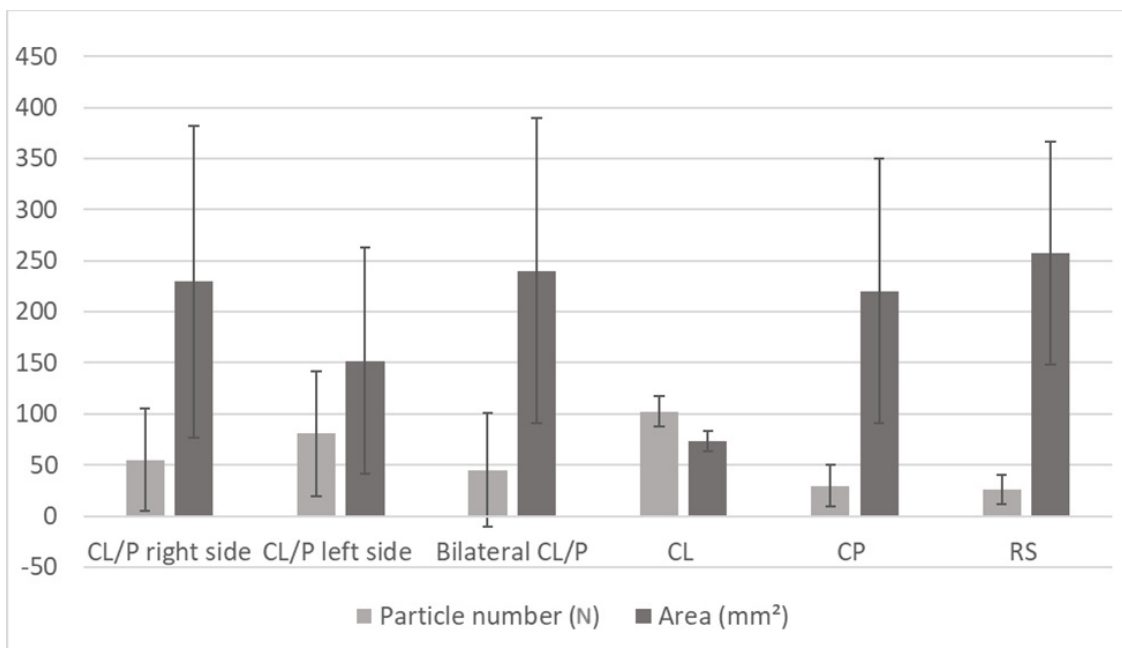


Abbildung 36 Balkendiagramm mit Konfidenzintervall zur Darstellung der Ergebnisse des Kaufunktionstest bei den Probanden der CD-Gruppe, CL/P right = LKGS rechts, CL/P left = LKGS links, Bilateral CL/P = LKGS beidseitig, CL = Lippenkieferspalte, CP = Gaumenspalte, RS = Robin-Sequenz, dargestellt sind der Mittelwert und Streumaß (Schmidt et al., 2023)

Ergebnisse

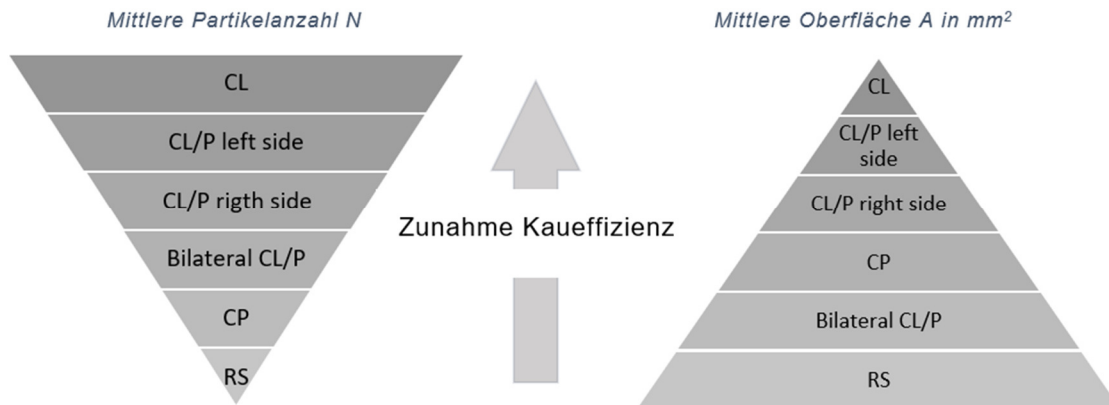


Abbildung 37 Grafische Darstellung des Rankings der Kaeffizienz der Spaltformen und des Einflusses der Partikelanzahl und der mittleren Oberfläche

3.2.6.1 Einfluss der Kauseite auf die Kauleistung der Patienten mit unterschiedlichen Spaltformen

Die Werte aus den einzelnen Kauzyklen rechtsseitig, linksseitig und bilateral sind Tabelle 13 zu entnehmen. Statistische Relevanzen ergeben sich für die rechtsseitigen Kauzyklen im Vergleich von Probanden mit linksseitiger LKGS und RS ($N_{CL/P/li_KVre} = 27,05$ vs. $N_{RS_KVre} = 6,75$; $p = 0,041$), sowie beim Vergleich von eben dieser Gruppe mit Teilnehmern mit isolierter Gaumenspalte ($N_{CL/P/li_KVre} = 27,05$ vs. $N_{CP_KVre} = 7,0$; $p = 0,0487$) (Schmidt et al., 2023). Probanden mit RS und mit isolierter Gaumenspalte kauen also auf der rechten Seite signifikant schlechter als die mit linksseitiger Gaumenspalte. Weiterhin ergeben sich bei der Untersuchung der mittleren Partikeloberfläche A signifikante Unterschiede zwischen den Ergebnissen den RS- und den CL- Probanden. Die RS-Gruppe weist bei den rechtsseitigen Kauzyklen signifikant schlechtere Ergebnisse als die Probanden mit isolierter Gaumenspalte auf ($A_{RS_KVre} = 329,19 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CP_KVre} = 227,68 \text{ mm}^2$; $p = 0,0341$) (Schmidt et al., 2023). Auch im Vergleich zu den Probanden mit linksseitiger LKGS ist die erreichte Partikeloberfläche bei den Kauvorgängen rechts signifikant größer und damit die Kaeffizienz schlechter ($A_{CL/P/li_KVre} = 215,87 \text{ mm}^2$ vs. $A_{RS_KVre} = 329,19 \text{ mm}^2$; $p = 0,0132$). Zuletzt kann auch ein statistischer Zusammenhang zwischen der schlechteren Kauleistung der Patienten mit doppelseitiger LKGS und der besseren von Probanden mit linksseitiger LKGS

Ergebnisse

gefunden werden ($A_{CL/P/li_KVre} = 229,40 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CL/P/b_KVre} = 292,65 \text{ mm}^2$; $p = 0,0201$) (Schmidt et al., 2023).

Tabelle 13 Ergebnis der Partikelanzahl für die Kauvorgänge (KV) rechts, links, beidseitig des Kaufunktionstests für die unterschiedlichen Spaltformen, CL/P/re = LKGS rechts, CL/P/li = LKGS links, CL/P/b = LKGS beidseitig, CL = Lippenkieferspalte, CP = Gaumenspalte, RS = Robin-Sequenz, Anzahl [n] Probanden in der jeweiligen Gruppe, Mean \pm SD, (adaptiert nach Schmidt et al., 2023)

Spaltform	Gesamt		KV re		KV li		KV bds	
	N	A [mm ²]	N	A [mm ²]	N	A [mm ²]	N	A [mm ²]
CL/P/re [8]	55,13	229,40	17,88	215,87	19,25	236,81	18,00	239,55
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	50,00	152,48	16,29	133,09	18,33	163,91	16,20	164,90
CL/P/li [18]	80,78	151,87	27,05	150,39	25,28	186,27	28,44	143,27
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	61,16	110,69	20,03	108,27	21,77	145,65	20,90	114,76
CL/P/b [6]	45,17	240,28	15,33	292,65	13,67	265,89	16,17	231,80
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	55,61	149,14	19,99	184,00	18,57	145,90	18,32	150,41
CL [2]	102,50	72,95	27,00	92,58	37,00	67,84	38,50	64,35
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	$\pm 7,99$	\pm	\pm
	14,85	9,81	5,66	15,78	2,83		6,36	8,48
CP [4]	29,75	229,09	7,00	227,68	10,00	267,08	12,25	244,52
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	20,96	129,48	3,00	77,11	8,04	173,68	12,68	148,74
RS [4]	26,00	257,33	6,75	329,19	10,50	249,99	8,75	245,84
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	14,26	109,10	5,68	117,42	6,61	143,52	4,03	100,17

Da in der Gesamtbetrachtung von CD- und C- Gruppe signifikant schlechtere Werte für der Erkrankten für die linke Seite gefunden werden (Vgl. Kap. 3.2.2) und ein großer Teil der Probanden ($n_{CL/P/li} = 18$) eine linksseitige LKGS aufweist, kann zunächst von einem negativen Einfluss der Spaltseite auf die Kaufunktion ausgegangen werden. Die Teilnehmer mit einseitiger Spalterkrankung (CL/P/re und CL/P/li) zeigen jeweils auf der nicht von der Spalte betroffenen Seite eine höhere Partikelanzahl als auf der betroffenen Seite ($N_{CL/P/re_KVre} = 17,88$; $N_{CL/P/re_KVli} = 19,25$, $p = 0,44$ und $N_{CL/P/li_KVre} = 27,05$; $N_{CL/P/li_KVli} = 25,28$, $p = 0,40$) was diese Vermutung bestätigt. Dieser Unterschied stellt sich aber bei genauerer Untersuchung als statistisch nicht signifikant (siehe Tabelle 14) heraus. Dies wird bei der statistischen Untersuchung der Spaltseite und der gesunden Seite ersichtlich. Die mittlere Oberfläche der gekauten Partikel ist bei den Probanden mit LKGS rechts auf der betroffenen Seite kleiner, bei Probanden mit

Ergebnisse

LKGS links zeigt die gesunde Seite die geringeren Werte auf ($A_{CL/P/re_KVre} = 215,87 \text{ mm}^2$; $A_{CL/P/re_KVli} = 236,81 \text{ mm}^2$, $p = 0,39$ und $A_{CL/P/li_KVre} = 150,39 \text{ mm}^2$; $A_{CL/P/li_KVli} = 186,27 \text{ mm}^2$, $p = 0,20$). Auch diese Unterschiede sind statistisch nicht signifikant (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14 Ergebnisse für Partikelzahl und Oberfläche des Kaufunktionstests für die Spalt und non-Spalt Seite für LKGS rechts (=CL/P r), LKGS links (=CL/P l) und bilaterale LKGS (CL/P bilateral), bzw. rechte (re) und linke (li) Seite, Probandenzahl [n] der jeweiligen Gruppe, angegeben sind Mittelwert, SD, t-Statistik, p Wert und kritischer t-Wert, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$

CL/P re [8]		
	N Spaltseite	N Non
Mittelwert	17,88	19,25
SD	16,29	18,33
t-Statistik	-0,16	
P(T<=t) einseitig	0,44	
Kritischer t-Wert	1,76	

CL/P re [8]		
	A Spaltseite [mm ²]	A Non [mm ²]
Mittelwert	215,87	236,81
SD	133,09	163,91
t-Statistik	-0,28	
P(T<=t) einseitig	0,39	
Kritischer t-Wert	1,76	

CL/P li [18]		
	N Non	N Spaltseite
Mittelwert	27,06	25,28
SD	20,03	21,77
t-Statistik	0,25	
P(T<=t) einseitig	0,40	
Kritischer t-Wert	1,69	

CL/P li [18]		
	A Non [mm ²]	A Spaltseite [mm ²]
Mittelwert	150,39	186,27
SD	108,72	145,65
t-Statistik	-0,84	
P(T<=t) einseitig	0,20	
Kritischer t-Wert	1,69	

CL/P bilateral [6]		
	N re	N li
Mittelwert	15,33	13,67
SD	19,99	18,57
t-Statistik	0,15	
P(T<=t) einseitig	0,44	
Kritischer t-Wert	1,81	

CL/P bilateral [6]		
	A re [mm ²]	A li [mm ²]
Mittelwert	292,65	265,89
SD	184,00	145,90
t-Statistik	0,28	
P(T<=t) einseitig	0,39	
Kritischer t-Wert	1,81	

3.2.6.2 Einfluss der verschiedenen Härtegrade auf die Kauleistung der verschiedenen Spaltformen

Bei der Auswertung der Kauleistung der verschiedenen Spaltgruppen nach Härtegraden der Testbodies (siehe Tabelle 15) ergibt sich kein einheitliches Bild. Die Teilnehmer mit rechtsseitiger LKGS können die harte Modellnahrung am besten zerkleinern und erzielen bei der mittleren das geringste Ergebnis ($N_{CL/P/re_hart} = 19,75$; $N_{CL/P/re_medium} = 16,87$). Im Gegensatz dazu erreichen die Probanden mit der Spalte auf der linken Seite die größte Partikelanzahl bei den weichen Testbodies ($N_{CL/P/li_weich} = 28,72$). Auch bei dieser Gruppe sind die Ergebnisse für die mittlere Härte am schlechtesten ($N_{CL/P/li_medium} = 24,33$).

Tabelle 15 Ergebnis für Partikelanzahl N und Oberfläche A in mm² für die verschiedenen Härtegrade des Kaufunktionstests bezogen auf die unterschiedlichen Spaltformen, CP/L r = LKGS rechts, CP/L l = LKGS links, CL/P b = LKGS bds, CL = Lippen-Kiefer-Spalte, CP = isolierte Gaumenspalte und RS = Robin-Sequenz, Mittelwert ± SD

Spaltformen	Weich (grün)		Medium (gelb)		Hart (rot)	
	N	A [mm ²]	N	A [mm ²]	N	A [mm ²]
CL/P/re [8]	18,50 ±	234,71 ±	16,87 ±	256,45 ±	19,75 ±	223,31 ±
	18,28	165,84	14,42	186,09	19,77	148,75
CL/P/li [18]	28,72 ±	156,46 ±	24,33 ±	162,33 ±	27,72 ±	150,46 ±
	21,94	132,57	21,65	120,26	23,00	86,95
CL/P/b [6]	14,67 ±	240,08 ±	17,00 ±	280,99 ±	13,50 ±	249,06 ±
	17,42	168,43	19,50	154,16	19,13	172,57
CL [2]	37,50 ±	74,49 ±	29,50 ±	62,44 ±	40,50 ±	86,51 ±
	2,12	11,03	6,36	2,27	3,54	20,75
CP [4]	8,75 ±	235,22 ±	10,50 ±	265,90 ±	10,50 ±	224,69 ±
	7,09	100,50	5,74	177,61	8,58	154,37
RS [4]	9,2 ±	284,61 ±	7,75 ±	239,08 ±	9,00 ±	256,35 ±
	5,62	140,27	4,86	127,09	5,13	81,34

Die doppelseitige LKGS-Gruppe erreicht bei den gelben, also mittelharten, Testbodies die besten Werte ($N_{CL/P/b_medium} = 17,0$). Die Probanden mit Lippen-Kieferspalten können analog zur CL/P/r-Gruppe, die harte Modellnahrung am effektivsten zerkleinern ($N_{CL_hart} = 40,5$). Auch hier fallen die Ergebnisse für die mittlere Härte am schlechtesten aus ($N_{CL_medium} = 29,5$). Die Patienten mit isolierter Gaumenspalte haben die größten Schwierigkeiten mit der weichen Modellnahrung und erreichen die gleiche Anzahl an Partikeln bei harten und bei mittelharten Testkörpern ($N_{CP_weich} = 8,75$; $N_{CP_hart} = 10,5$ und $N_{CP_medium} = 10,5$). Die RS-Probanden können die weichen Proben am besten zerkleinern und

Ergebnisse

haben die geringsten Werte bei der mittleren Härte ($N_{RS/weich} = 9,25$; $N_{RS/medium} = 7,75$). Eine statistische Relevanz für die Unterschiede in der Kaeffizienz bei verschiedenen Härtegraden kann nicht gefunden werden.

Auch bei der Auswertung der mittleren Partikeloberfläche für die unterschiedlichen Spaltformen und die drei Härtegrade ergibt sich keine statistische Relevanz. Die besten Ergebnisse in Form der kleinsten durchschnittlichen Partikeloberfläche werden erneut von der Gruppe mit Lippen-Kieferspalte (CL) bei den Testbodies mit mittlerer Härte erreicht ($A_{CL_medium} = 62,44 \text{ mm}^2$). Auch bei den anderen Härtegraden sind die Ergebnisse dieser Patientengruppe am besten ($A_{CL_weich} = 74,49 \text{ mm}^2$; $A_{CL_hart} = 86,51 \text{ mm}^2$). An zweiter Stelle im Kaeffizienzranking der CD-Gruppe können auch hier die Probanden mit linkseitiger LKGS eingeordnet werden. Sie erreichen die kleinste mittlere Partikelanzahl jedoch bei den harten Testbodies ($A_{CL/P/l_hart} = 150,46 \text{ mm}^2$) und nicht bei den weichen ($A_{CL/P/l_weich} = 156,46 \text{ mm}^2$), wo die größte Teilchenanzahl gefunden wird. Die Kaeffizienz der rechtsseitigen LKGS-Gruppe ist im Vergleich zur linksseitigen LKGS vermindert. Den besten Wert erzielen sie ebenfalls bei der harten Modellnahrung ($A_{CL/P/r_hart} = 223,31 \text{ mm}^2$), wo auch der größte Wert N festgestellt wird. Die Teilnehmer mit isolierter Kieferspalte erreichen eine bessere mittlere Partikeloberfläche als die mit doppelseitiger Spalterkrankung. Die CP-Gruppe erzielt den besten Wert bei den harten Testbodies ($A_{CP_hart} = 224,69 \text{ mm}^2$), während die bilaterale Spaltgruppe die geringste Oberfläche bei den weichen Zylindern ($A_{CL/P/b_weich} = 240,08 \text{ mm}^2$) erreicht. Auch bei der mittleren Artikeloberfläche schneiden die Probanden mit RS am schlechtesten ab. Sie erreichen mit der mittleren Härte die besten Werte ($A_{RS_medium} = 239,08 \text{ mm}^2$).

Die Abbildungen 38 und 39 visualisieren die Ergebnisse des SKT für die einzelnen Härtegrade und die Spaltformen. Die verwendeten Farben stehen dabei für die entsprechenden Härtegrade der Probe. Rot entspricht also der harten, gelb der mittelharten und grün der weichen Modellnahrung.

Ergebnisse

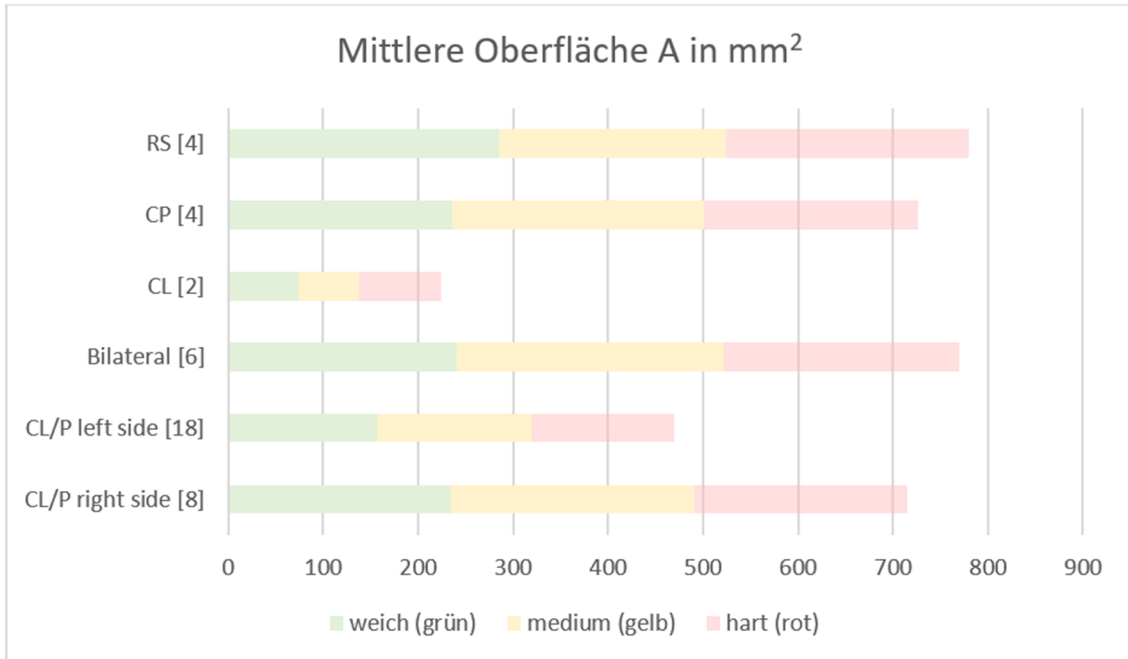


Abbildung 38 Grafik zur Darstellung der mittleren Oberfläche A in mm² als Ergebnis des SKT der CD-Gruppe für die unterschiedlichen Spaltformen, CP/L right = LKGS rechts, CP/L links = LKGS links, Bilateral = LKGS bds, CL = Lippen-Kiefer-Spalte, CP = isolierte Gaumenspalte und RS = Robin-Sequenz, Anzahl [n] der Probanden der jeweiligen Gruppe

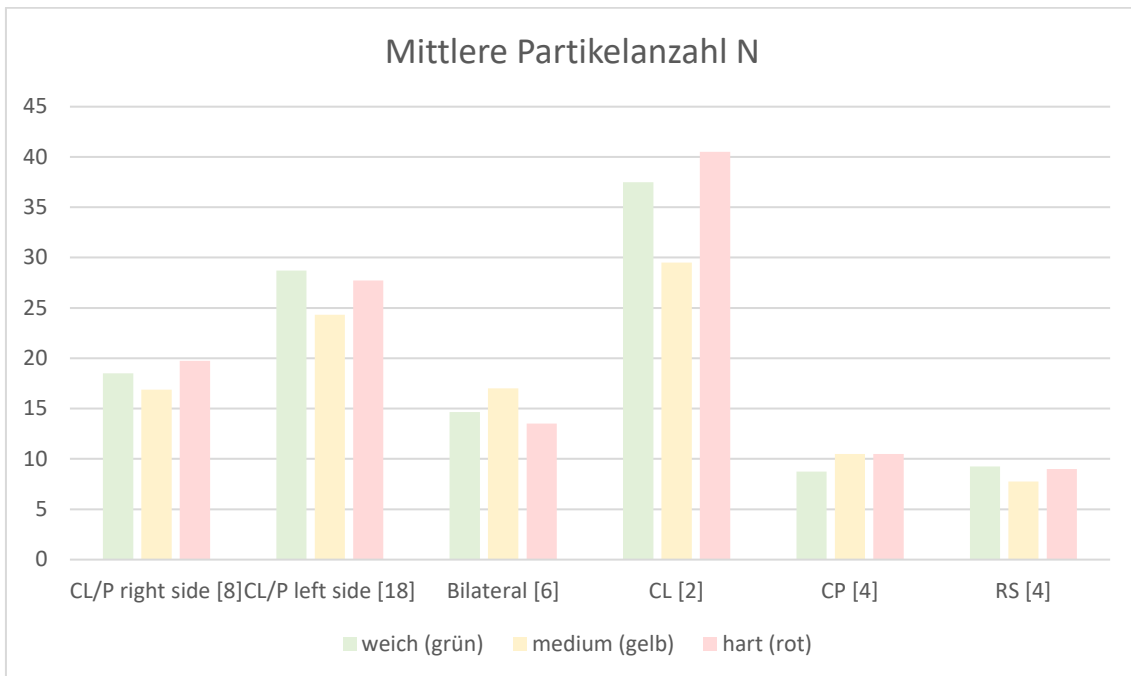


Abbildung 39 Grafik zur Darstellung der mittleren Partikelanzahl N als Ergebnis des KFT der CD-Gruppe für die unterschiedlichen Spaltformen, CP/L right = LKGS rechts, CP/L left = LKGS links, Bilateral = LKGS bds, CL = Lippen-Kiefer-Spalte, CP = isolierte Gaumenspalte und RS = Robin-Sequenz, Anzahl [n] der Probanden der jeweiligen Gruppe

Ergebnisse

Bei der mittleren Oberfläche ist ein kurzer Balken wie beispielsweise bei der CL- oder den CL/P/I-Probanden ein Marker für eine gute Kaufunktion. Im Gegensatz dazu ist bei der mittleren Partikelanzahl ein möglichst hoher Ausschlag der Balken ein Indikator für eine suffiziente Kaueffizienz. Auch hier ist ein Beispiel wieder die CL-Gruppe. Man kann erkennen, dass die Probanden mit CP und RS die geringste Kaueffizienz aufweisen. Nur marginal besser schneiden die Probanden mit doppelseitiger LKGS (in den Abbildungen als „Bilateral“ codiert) bei den Untersuchungen ab. Die Teilnehmer mit rechtsseitiger LKGS zeigen eine bessere Kaueffizienz als die zuvor erwähnten Gruppen, jedoch schlechter als die Probanden mit CL/P/I und CL.

3.2.7 Einfluss der skelettalen Klasse auf die Kauleistung

Um den Einfluss der skelettalen Klasse auf die Kaueffizienz zu ermitteln, werden zunächst beide Gruppen in die skelettalen Klassen unterteilt und die Ergebnisse statistisch ausgewertet. In einem zweiten Schritt erfolgt eine Einzeluntersuchung der Probanden der Kontrollgruppe und der CD-Gruppe, um den Einfluss der skelettalen Klasse auf die Kaufunktion von gesunden und erkrankten Probanden festzustellen (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16 Ergebnisse Kauffunktionstest Gesamtpopulation, aufgeteilt auf skelettalen Klassen I-III, angegeben mittlere Partikelanzahl N und mittlere Gesamtoberfläche A aus allen neun Kauzyklen, Mean \pm SD, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$

Skelettale Klasse	\varnothing -Alter	Partikelanzahl N Gesamt	Oberfläche A Gesamt [mm ²]
Klasse I [38]	14,1	81 \pm 83,09	170,80 \pm 115,51
Klasse II [47]	14,1	82,23 \pm 61,14	136,60 \pm 97,60
Klasse III [34]	13,7	62,29 \pm 55,25	191,13 \pm 135,97
			p = 0,0378*

Die Auswertung zeigt die beste Kaueffizienz bei den Probanden mit skelettaler Klasse II. Sie erreichen die höchste Gesamtanzahl an Partikeln bei kleinster mittlerer Oberfläche ($N_{\text{skel,KI.II}} = 82,23$; $A_{\text{skel,KI.II}} = 136,60 \text{ mm}^2$). Die Probanden mit skelettaler KI. I Konfiguration erzielen das nächstbessere Ergebnis ($N_{\text{skel,KI.I}} = 81$; $A_{\text{skel,KI.I}} = 170,80 \text{ mm}^2$). Die geringste Kaueffizienz weisen die KI. III Patienten auf ($N_{\text{skel,KI.III}} = 62,29$; $A_{\text{skel,KI.III}} = 191,13 \text{ mm}^2$). Es kann ein gesamtstatistisch relevanter Unterschied zwischen den Werten der mittleren Partikeloberfläche von

Ergebnisse

skel. Kl. II und Kl. III festgestellt werden ($p = 0,0378$). Patienten mit Kl. III Malformation kauen also wesentlich schlechter als die mit Kl. II. Der Unterschied zwischen Kl. I und Kl. II ist nicht statistisch signifikant.

Bei direktem Vergleich der CD- und der C-Gruppe innerhalb der einzelnen skelettalen Klassen schneiden die von Spaltkrankheiten betroffenen Probanden in den meisten Fällen schlechter ab. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt. Die Teilnehmer der C-Gruppe mit Kl. II erreichen eine signifikant niedrigere mittlere Partikeloberfläche als die CD-Gruppe ($A_{CD_skel.Kl.II} = 185,18 \text{ mm}^2$ vs. $A_{C_skel.Kl.II} = 118,02 \text{ mm}^2$; $p = 0,02$) (Weismann et al., 2024). Die Teilchen der erkrankten Probanden haben eine um 56,9 % höhere durchschnittliche Teilchenoberfläche bei gleichzeitig 34,5 % weniger Partikeln als die Kontrollgruppe. Gesunde Probanden mit einer skelettalen Kl. II können also Nahrung effizienter zerkauen, als Teilnehmer mit einer Spalterkrankung und skel. Kl. II Konfiguration. CD-Probanden mit skelettaler Kl. III erreichen eine um 11,95 % höhere Partikelanzahl N als die Kontrollprobanden mit derselben skelettalen Klasse. Dies weist darauf hin, dass LKGS-Patienten das Vorliegen einer skelettalen Kl. III besser kompensieren können als gesunde Probanden, auch wenn der Unterschied statistisch nicht relevant ist.

Tabelle 17 Ergebnisse für Partikelanzahl N und Oberfläche A in mm^2 des Kaufunktionstest für C- und CD-Gruppe aufgeteilt auf die skelettalen Klassen, Mittelwert \pm SD, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, (adaptiert nach Weismann et al. 2024)

Skelettale Klasse	Klasse I		Klasse II		Klasse III	
	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]
CD-Gruppe	54,33 \pm 51,65	176,78 \pm 113,24	60,31 \pm 49,62	185,18 \pm 101,58	64,52 \pm 58,89	201,48 \pm 147,93
C-Gruppe	86,00 \pm 87,44	169,98 \pm 117,68	92,00 \pm 64,82	118,02 \pm 90,78	57,63 \pm 49,08	169,49 \pm 109,62
p-Wert	0,59	0,65	0,08	0,02*	0,87	0,88

3.2.7.1 Einfluss der skelettalen Klasse auf die CD-Gruppe

Die CD-Gruppe enthält je 6 Teilnehmer mit skel. Kl. I und einem Durchschnittsalter von 12 Jahren, 13 der Kl. II mit einem Durchschnittsalter von 14,1 Jahren und 23 Probanden mit Kl. III die im Mittel 13,6 Jahre alt sind. Innerhalb der CD-Gruppe kann kein signifikanter Einfluss der skel. Klasse festgestellt werden. Probanden, bei denen eine Kl. III in Kombination mit einer Spalterkrankung vorliegt zeigen die besten Ergebnisse in der Gesamtanzahl der Teilchen. Gleichzeitig weisen sie die größte durchschnittliche Oberfläche A ($N_{CD_skel.Kl.III} = 64,52 \text{ mm}^2$; $A_{CD_skel.Kl.III} = 201,48 \text{ mm}^2$) auf (Weismann et al., 2024). Dies ist ein Zeichen dafür, dass bei den Kauvorgängen kein homogenes Ergebnis vorliegt. Vielmehr werden wahrscheinlich bei vielen Probanden einige kleine Teile aus der Probe gebissen, während ein großer Hauptteil fast unberührt bleibt.

Den mittleren Oberflächenwert erreichen die CD-Probanden mit skelettaler Kl. II, bei mittlerer Partikelanzahl ($N_{CD_skel.Kl.II} = 60,31$; $A_{CD_skel.Kl.II} = 185,18 \text{ mm}^2$). Der Kaufunktionstest der skel. Kl. I Probanden mit CD liefert die geringsten Partikelzahlen und die kleinsten Oberflächenwerte ($N_{CD_skel,Kl.I} = 54,33$; $A_{CD_skel,Kl.III} = 176,77 \text{ mm}^2$) (Weismann et al., 2024). Die Partikelanzahl der Kl. I Probanden ist im Vergleich zu der der Kl. III Probanden um 15,81% verringert.

Die durchschnittlich bei den einzelnen Kauvorgängen erreichten Partikelzahlen sind in Tabelle 18 aufgelistet. Hierbei ergeben sich zwischen die skelettalen Klassen keine statistisch signifikanten Unterschiede. Trotzdem kann man auch hier erkennen, dass die CD- Probanden mit skel. Kl. III meist am besten abschneiden. Dies gilt unabhängig von der verwendeten Kauseite ($N_{CD_skel.Kl.III_KVre} = 20,96$ vs. $N_{CD_skel.Kl.II_KVre} = 20,08$ vs. $N_{CD_skel.Kl.I_KVre} = 15,0$; $p = 0,94$). Lediglich bei der weichen Testnahrung erreichen die Kl. II Probanden bessere Ergebnisse ($N_{CD_skel.Kl.III_weich} = 21,87$; $N_{CD_skel.Kl.II_weich} = 21,23$).

Ergebnisse

Tabelle 18 Ergebnisse der Partikelanzahl N für den Kaufunktionstest der CD-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III, Probandenanzahl [n], für die verschiedenen Kauvorgänge (KV) rechts= re, links =li, beidseits = bds und die verschiedenen Härtegrade, Mittelwert \pm SD, einfaktorielle ANOVA Analyse, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$

Skel. Klasse [n]	N _{total}	N _{KVre}	N _{KVli}	N _{KVbds}	N _{weich}	N _{medium}	N _{hart}
Kl. I [6]	54,33 \pm 51,65	15,00 \pm 18,98	19,17 \pm 16,44	20,17 \pm 17,86	16,5 \pm 16,93	18,50 \pm 17,55	19,33 \pm 18,01
Kl. II [13]	60,31 \pm 49,62	20,08 \pm 18,01	19,00 \pm 15,32	21,23 \pm 17,33	22,92 \pm 20,54	20,45 \pm 15,66	16,85 \pm 14,37
Kl. III [23]	64,52 \pm 58,89	20,96 \pm 18,4	21,09 \pm 21,68	22,48 \pm 20,22	21,87 \pm 19,26	22,57 \pm 23,58	50,52 \pm 19,71
Prüfgröße F	0,08	0,25	0,05	0,042	0,11	0,24	0,54
F kritisch	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
p-Wert	0,91	0,94	0,77	0,95	0,77	0,85	0,84

Die Resultate für die erreichte durchschnittliche Partikeloberfläche bei den Kauzyklen rechts, links und beidseits, sowie für die drei Härtegrade sind in Tabelle 19 aufgelistet. Beim Kauen auf der rechten Seite erreichen die Probanden mit skel Kl. III die geringste mittlere Oberfläche ($A_{CD_skel.Kl.III_KVre} = 195,450 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD_skel.Kl.II_KVre} = 205,60 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD_skel.Kl.I_KVre} = 239,07 \text{ mm}^2$; $p = 0,78$) jedoch ist dieser Unterschied nicht statistisch signifikant. Bei den linksseitigen und beidseitigen Kauvorgängen schneiden die skel. Kl. I Probanden am besten ab ($A_{CD_skel.Kl.I_KVli} = 158,49 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD_skel.Kl.II_KVli} = 209,73 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD_skel.Kl.III_KVli} = 233,45 \text{ mm}^2$ und $A_{CD_skel.Kl.I_KVbds} = 191,94 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD_skel.Kl.II_KVbds} = 171,07 \text{ mm}^2$ vs. $A_{CD_skel.Kl.III_KVbds} = 200,97 \text{ mm}^2$). Diese Unterschiede sind jedoch ebenfalls statistisch nicht signifikant (siehe Tabelle 19). Die Härte der Testbodies hat keinen relevanten Einfluss auf die Kauleistung der verschiedenen skelettalen Klassen. Die skelettale Kl. I Probanden können die harte Modellnahrung am besten zerkauen ($A_{CD_skel.Kl.I_hart} = 162,23 \text{ mm}^2$; $N_{CD_skel.Kl.I_hart} = 19,33$). Mit den weichen Testkörper liefern sie deutlich schlechtere Kaeffizienzergebnisse ($A_{CD_skel.Kl.I_weich} = 202,85 \text{ mm}^2$; $N_{CD_skel.Kl.I_weich} = 16,4$). Die Kl. II und III Probanden weisen inhomogene Ergebnisse auf, so erreichen die Kl. III Patienten ebenfalls die kleinsten Oberflächenwerte bei der harten Testnahrung ($A_{CD_skel.Kl.III_hart} = 196,26 \text{ mm}^2$), aber die meisten Teilchen bei der mittleren Härte ($N_{CD_skel.Kl.III_medium} = 22,57$).

Ergebnisse

Tabelle 19 Ergebnisse der mittleren Oberfläche A in mm² für den Kaufunktionstest der CD-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III, Probandenzahl [n], für die verschiedenen Kauvorgänge (KV) rechts= re, links =li, beidseits = bds und die verschiedenen Härtegrade, Mittelwert ± SD, einfaktorielle Anova Analyse, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, stat. Signifikanzniveau p < 0,05

Skel. Klasse [n]	A _{total}	A _{KVre}	A _{KVli}	A _{KVbds}	A _{weich}	A _{medium}	A _{hart}
Kl. I [6]	176,77 ± 113,24	239,07 ± 135,47	158,49 ± 102,48	191,94 ± 154,63	202,85 ± 135,46	192,20 ± 231,04	162,23 ± 91,96
Kl. II [13]	185,18 ± 101,58	205,60 ± 117,54	209,73 ± 145,26	171,07 ± 97,33	194,11 ± 127,36	183,66 ± 119,00	199,9 ± 110,5
Kl. III [23]	201,48 ± 147,93	195,45 ± 147,21	233,45 ± 160,64	200,97 ± 158,71	200,97 ± 158,71	228,85 ± 168,13	196,26 ± 139,98
Prüfgröße F	0,11	0,24	0,61	0,18	0,01	0,42	0,20
F kritisch	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
p-Wert	0,89	0,78	0,54	0,83	0,98	0,65	0,81

3.2.7.2 Einfluss der skelettalen Klasse auf die C-Gruppe

Die C-Gruppe enthält 32 Kinder mit skel. Kl. I und einem durchschnittlichen Alter von 14,5 Jahre, 34 Probanden mit Kl. II und einem mittleren Alter von 14,1 Jahren und 11 Teilnehmer mit skel. Kl. III die durchschnittlich 13,9 Jahre alt sind. Die Untersuchung des Einflusses der skel. Klasse auf die Kaufunktion bei der Kontrollgruppe ohne CD zeigt, dass die Kl. II Probanden die besten Werte erzielen (siehe Tabelle 20). Sie erreichen die größte Gesamtpartikelanzahl ($N_{C_skel.Kl.II} = 92$) und die kleinste durchschnittliche Oberfläche ($A_{C_skel.Kl.II} = 118,02 \text{ mm}^2$). Die Probanden der Kl. I und III zeigen eine geringere Kaueffizienz, wobei sich die durchschnittlichen Oberflächenwerte aller Durchläufe ähnelten, die Gesamtpartikelanzahl aber unterscheidet ($N_{C_skel.Kl.I} = 86$, $N_{C_skel.Kl.III} = 57,64$; $A_{C_skel.Kl.I} = 169,68 \text{ mm}^2$; $A_{C_skel.Kl.III} = 169,49 \text{ mm}^2$) (Weismann et al., 2024). Betrachtet man die Partikelanzahl N getrennt von der durchschnittlichen Oberfläche an, erreichen die Probanden mit skelettaler Kl. I die zweitbesten und die mit Kl. III die schlechtesten Resultate. Die Gesamtpartikelanzahl der Kl. II Probanden ist dabei um 11 % höher als die der Kl. I Teilnehmer. Bei der Oberflächenwerten können die Kl. I Probanden bei den rechts- und beidseitigen, sowie bei den mittelharten Kauvorgängen bessere Ergebnisse erzielen als die Kl. III Patienten.

Ergebnisse

Tabelle 20 Ergebnisse Kaufunktionstest für die C-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A in mm², verschiedene Kauvorgänge, Mittelwert ± SD, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, stat. Signifikanzniveau p < 0,05, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Skelettale Klasse	N _{total}	A _{total}	N _{KVre}	A _{KVre}	N _{KVli}	A _{KVli}	N _{KVbds}	A _{KVbds}
Kl. I [32]	54,33 ± 51,65	169,68 ± 117,68	15,00 ± 18,98	189,13 ± 121,93	19,17 ± 16,44	169,21 ± 127,32	20,17 ± 17,86	178,37 ± 137,15
	60,31 ± 49,62	118,02 ± 90,78	20,08 ± 18,01	146,80 ± 118,63	19,00 ± 15,32	117,71 ± 95,70	21,23 ± 17,33	114,88 ± 88,01
Kl. II [34]	64,52 ± 58,89	169,49 ± 109,62	20,96 ± 18,40	216,12 ± 151,02	21,0 ± 921,68	161,71 ± 99,53	22,48 ± 20,22	184,94 ± 133,79
								p = 0,04*

Auch bei Betrachtung der einzelnen Durchläufe und der unterschiedlichen Härtegrade der Modellnahrung, erreicht die Gruppe mit der skel. Kl. II die besten Kaueffizienzwerte (siehe Tabelle 20 und 21). Statistisch relevant sind aber nur die Unterschiede zwischen Kl. I und II bei den bilateralen Kauvorgängen ($Ac_{skel.Kl.II_KVbds} = 114,88 \text{ mm}^2$ vs. $Ac_{skel.Kl.II-I_KVbds} = 184,94 \text{ mm}^2$; p = 0,04) (siehe Tabelle 21) und bei den Durchläufen mit der mittelharten Nahrung ($Ac_{skel.Kl.II_medium} = 125,66 \text{ mm}^2$ vs. $Ac_{skel.Kl.III_medium} = 192,14 \text{ mm}^2$; p = 0,017) ($N_{C_Kl.II_medium} = 30,18$ vs. $N_{C_Kl.III_medium} = 16,82$, p = 0,04) (siehe Tabelle 21). Hierbei schneiden die Kl. III Patienten signifikant schlechter ab als die mit Kl. II (Weismann et al, 2024).

Tabelle 21 Ergebnisse Kaufunktionstest für die C-Gruppe unterteilt in skelettale Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A in mm² für die verschiedenen Härtegrade, Mean ± SD, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, stat. Signifikanzniveau p < 0,05, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Skelettale Klasse	N _{weich}	A _{weich}	N _{medium}	A _{medium}	N _{hart}	A _{hart}
Kl. I [32]	27,84 ± 28,99	201,13 ± 151,70	27,97 ± 27,34	179,49 ± 138,57	30,19 ± 32,15	169,73 ± 130,18
Kl. II [34]	30,53 ± 21,30	125,92 ± 104,31	30,18 ± 20,12	125,66 ± 101,54	31,29 ± 26,00	129,74 ± 100,98
Kl. III [11]	19,55 ± 18,16	163,24 ± 100,22	16,82 ± 12,85	192,14 ± 124,72	21,27 ± 19,10	166,33 ± 119,80
			p = 0,04*	p = 0,017*		

3.2.8 Einfluss der Angle Klasse auf die Kauleistung

Auch hier wird zunächst wieder eine Betrachtung der vollständigen Studienkohorte, ohne Rücksicht auf die vorliegenden CD-Erkrankung, vorgenommen. Im Anschluss folgt die Untersuchung der beiden Studiengruppen getrennt. Die Probanden der Angle Kl. II/1 und Kl. II/2 werden zusammengefasst, da die Stichprobengröße der Kl. II/2 zu klein ist. Die gesamte Studienpopulation enthält 62 Probanden mit rechtsseitiger Angle Kl. I, 35 mit Angle Kl. II und 22 mit Angle Kl. III. Auf der linken Seite wird bei 53 Patienten eine Angle Kl. I diagnostiziert, bei 44 Teilnehmern eine Kl. II und bei 22 eine Kl. III. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 22 dargestellt.

Bei Betrachtung der Anzahl der erreichten Gesamtpartikel schneiden die Probanden mit rechtsseitiger Kl. II ($N_{\text{Angle_II_re}} = 85,89$) und die mit linksseitiger Kl. I ($N_{\text{Angle_I_li}} = 84,15$) am besten ab. Bei der Auswertung der mittleren Oberflächenergebnisse für alle neun Kauzyklen erreichen die rechtsseitigen Kl. II Probanden ($A_{\text{Angle_II_re}} = 134,37 \text{ mm}^2$) und auch die linksseitigen Kl. II Patienten ($A_{\text{Angle_II_li}} = 146,85 \text{ mm}^2$) die besten Ergebnisse. Es ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede in Bezug auf die gesamte Studienpopulation. Die Probanden mit Angle Kl. III rechtsseitig kauen die Modellnahrung in weniger Teilchen als die mit Angle Kl. II rechtsseitig ($N_{\text{Angle_III_re}} = 63,73$ vs. $N_{\text{Angle_II_re}} = 85,89$; $p = 0,103$). Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Die mittleren Oberflächenwerte der Angle Kl. II Probanden sind allerdings signifikant besser als die der Angle Kl. III Probanden, ($p = 0,025$). Probanden mit Angle Kl. III erzielen linksseitig ebenfalls eine statistisch signifikant größere mittlere Oberfläche der Teilchen als die der Kl. I und der Kl. II ($A_{\text{Angle_III_li}} = 217,34 \text{ mm}^2$ vs. $A_{\text{Angle_I_li}} = 154,08 \text{ mm}^2$; $p = 0,031$ und $A_{\text{Angle_III_li}} = 217,34 \text{ mm}^2$ vs. $A_{\text{Angle_II_li}} = 146,85 \text{ mm}^2$; $p = 0,0201$) (Weismann et al., 2024). Die Kau-effizienz der Probanden mit Angle Kl. III rechts und linksseitig ist also signifikant vermindert. In Abbildung 31 ist anhand der höherliegenden Boxplots der Angle Kl. II rechts und der Angle Kl. I links die bessere Kau-effizienz zu erkennen. Der Unterschied zwischen Kl. I und Kl. II rechts ist dabei sehr gering.

Ergebnisse

Tabelle 22 Ergebnisse Kauffunktionstest für die gesamte Studienpopulation aufgeteilt in Angle Kl. I-III rechts und linksseitig, Partikelanzahl N und mittlere Oberfläche A in mm² von allen neun Kauzyklen, angegeben wurden aus Darstellungsgründen nur die signifikanten p-Werte mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$, Mittelwert \pm SD, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, (adaptiert nach Weismann et al. 2024)

Angle Klasse - rechts				
	Partikelanzahl N	p-Wert	Oberfläche A [mm ²]	p-Wert
Kl. I	75,81 \pm 71,51	/	164,32 \pm 110,33	/
Kl. II	85,89 \pm 64,40	/	134,37 \pm 96,28	0,0252*
Kl. III	63,73 \pm 63,22	/	205,33 \pm 118,76	

Angle Klasse - links				
	Partikelanzahl N	p-Wert	Oberfläche A [mm ²]	p-Wert
Kl. I	84,15 \pm 74,15	/	154,8 \pm 111,23	0,031*
Kl. III	56,77 \pm 59,39	/	217,34 \pm 143,31	
Kl. II	77,25 \pm 63,03	/	146,85 \pm 102,05	0,020*

Die Abbildungen 40 und 41 dienen der besseren Visualisierung der ermittelten Daten.

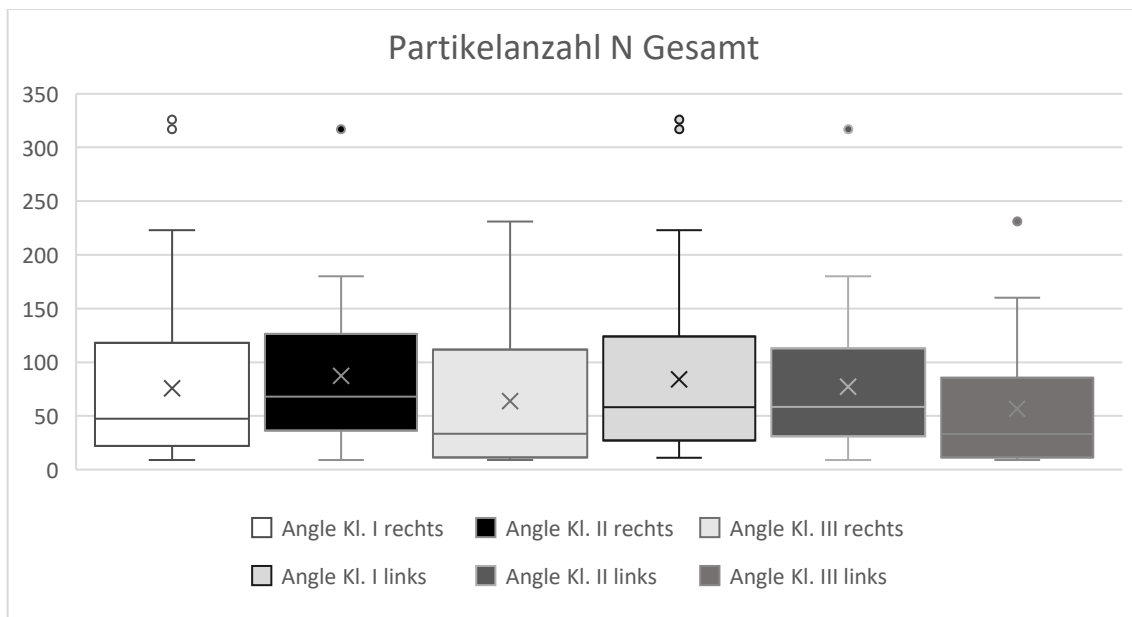


Abbildung 40 Boxplot Diagramm zur Darstellung der Ergebnisse des Kauffunktionstest aller Probanden für die Angle Klassen I-III, Partikelanzahl N gesamt für alle neun Kauzyklen, dargestellt sind Mittelwert, Median, Streuungsmaß und Ausreißer

Ergebnisse

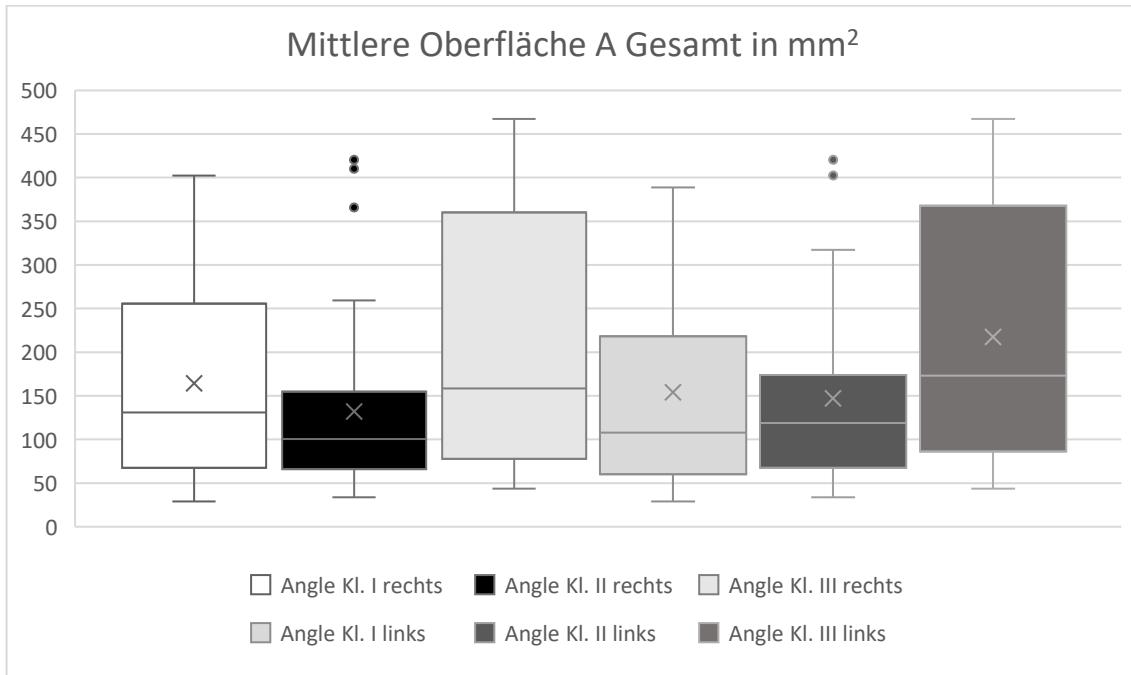


Abbildung 41 Boxplot Diagramm zur Darstellung der Ergebnisse des Kauffunktionstest aller Probanden für die Angle Klassen I-III, mittlere Oberfläche A in mm² für alle neun Kauzyklen, dargestellt sind Mittelwert, Median, Streuungsmaß und Ausreißer

Anhand des niedrigeren Boxplots für die mittlere Oberfläche A, die bei den Teilnehmern mit Angle Kl. II rechts und der Angle Kl. I links zu sehen ist, wird die bessere Kaeffizienz ersichtlich. Deutlich erkennbar ist auch die schlechtere Kauleistung der Angle Kl. III Probanden, einmal am höheren Boxplot der mittleren Oberfläche (siehe Abbildung 41) und am niedrigeren Boxplot für die Partikelanzahl N (siehe Abbildung 40). Anhand der abgebildeten Whiskers wird deutlich, dass die Streuung der Werte bei den Angle Kl. II Probanden für die Partikelanzahl deutlich geringer ist.

Im direkten Vergleich zwischen CD- und C-Gruppe, aufgeteilt auf die jeweiligen Angle Klassen weisen die Kontrollprobanden in allen Kauzyklen bessere Werte auf (siehe Tabelle 23). Die besten Resultate für die Partikelanzahl erzielen sowohl in der CD- als auch in der C-Gruppe die Probanden mit Angle Kl. II rechts und die mit Angle Kl. I links. Dabei können jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in der jeweiligen Klasse festgestellt werden. Die besten Werte für die mittlere Oberfläche erzielen die Probanden mit

Ergebnisse

rechtsseitiger Angle Kl. II in CD und C- Gruppe und die mit linksseitiger Angle Kl. I bei der C- und mit linksseitiger Angle Kl. II für die CD- Gruppe.

Die Probanden mit Angle Kl. III schneiden in der Gesamtbetrachtung aller Durchläufe am schlechtesten ab. Die Probanden mit CD und Angle Kl. III erreichen die niedrigste Partikelanzahl N und weisen die höchste mittlere Oberfläche auf ($N_{CD\text{Angle_III_re}} = 59,47$, $A_{CD\text{Angle_II_re}} = 235,57 \text{ mm}^2$ und $N_{CD\text{Angle_III_li}} = 55,92$, $A_{CD\text{Angle_II_li}} = 252,35 \text{ mm}^2$), wobei die linke Seite etwas schlechter abschneidet als die rechte.

Tabelle 23 Ergebnisse des Kaufunktionstest für C- und CD-Gruppe, aufgeteilt auf die Angle Klassen rechts und links, jeweils Gesamtpartikelanzahl N und durchschnittliche Oberfläche A in mm^2 für alle neun Kauzyklen, Mean \pm SD, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Angle Klasse – rechts						
	Klasse I		Klasse II		Klasse III	
	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]
CD-Gruppe	61,95 \pm 53,04	181,57 \pm 112,74	64,5 \pm 41,64	164,4 \pm 112,87	59,17 \pm 67,75	235,57 \pm 160,89
C-Gruppe	82,4 \pm 78,52	156,12 \pm 110,33	94,44 \pm 70,41	122,37 \pm 96,28	69,2 \pm 60,45	169,06 \pm 118,76
p-Wert	0,43	0,37	0,26	0,21	0,43	0,34
Angle Klasse – links						
	Klasse I		Klasse II		Klasse III	
	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]	Partikelanzahl N	Oberfläche A [mm^2]
CD-Gruppe	66,42 \pm 51,99	166,89 \pm 107,44	60,09 \pm 42,12	173 \pm 110,82	55,92 \pm 69,05	252,35 \pm 160,45
C-Gruppe	94,06 \pm 83,30	146,92 \pm 114,24	82,97 \pm 68,18	138,12 \pm 99,21	57,8 \pm 49,00	175,34 \pm 113,40
p-Wert	0,39	0,35	0,36	0,28	0,39	0,34

3.2.8.1 Einfluss der Angle Klasse auf die CD-Gruppe

Innerhalb der CD-Gruppe gibt es je 20 Probanden mit Angle Kl. I, zehn mit Angle Kl. II und 12 mit Angle Kl. III auf der rechten Seite. Linksseitig kann bei einem Probanden eine Angle Kl. I, bei 11 eine Kl. II und bei 12 eine Kl. III festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Abbildungen 42 und 43 dargestellt. Auch innerhalb der von Spalterkrankungen betroffenen Gruppe

Ergebnisse

erzielen Probanden mit rechtsseitiger Angle Kl. II ($N_{CD_Angle_II_re} = 64,50$; $A_{CD_Angle_II_re} = 164,40 \text{ mm}^2$) und linksseitiger Angle Kl. I ($N_{CD_Angle_I_li} = 66,42$; $A_{CD_Angle_I_li} = 166,89 \text{ mm}^2$) die besten Ergebnisse bei Betrachtung aller Durchläufe (siehe Tabelle 24) (Weismann et al., 2024). Die Werte von den Klasse I und II Probanden liegen dabei bei den einzelnen Kauzyklen meist recht eng beieinander. Deutlich zu erkennen sind die schlechteren Kaueffizienzwerte der Angle Kl. III Probanden, anhand der niedrigeren Boxplots für die mittlere Partikelanzahl (siehe Abbildung 42) und den höheren für die mittlere Partikeloberfläche (siehe Abbildung 43).

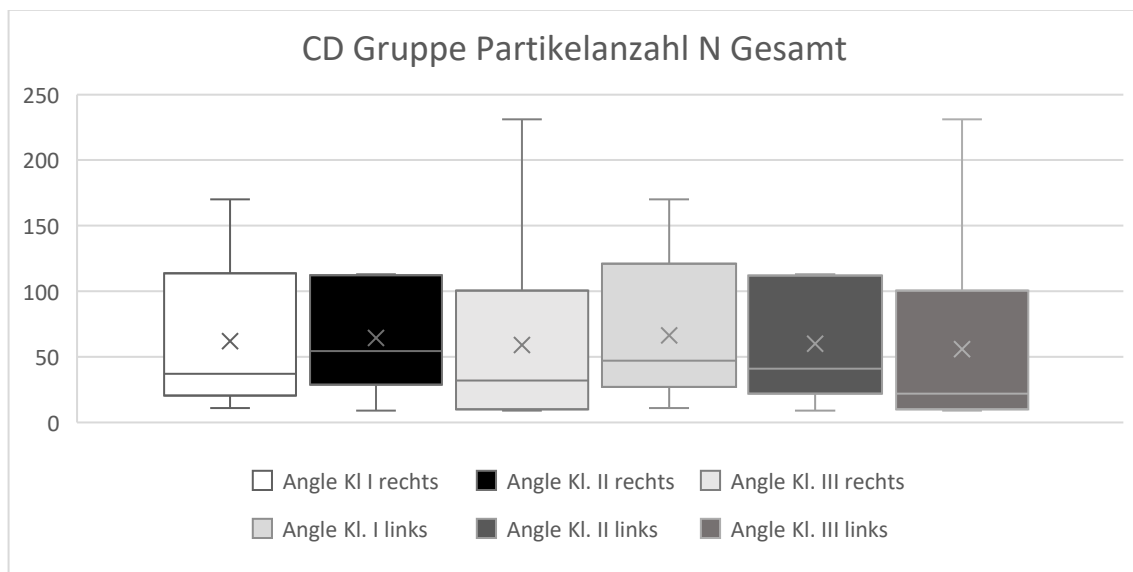


Abbildung 42 Boxplot Diagramm zur Darstellung der Ergebnisse des Kaufunktionstest der CD-Gruppe für die Angle Klassen I-III, Partikelanzahl N gesamt für alle neun Kauzyklen, dargestellt sind Mittelwert, Median, Streuungsmaß und Ausreißer

Ergebnisse

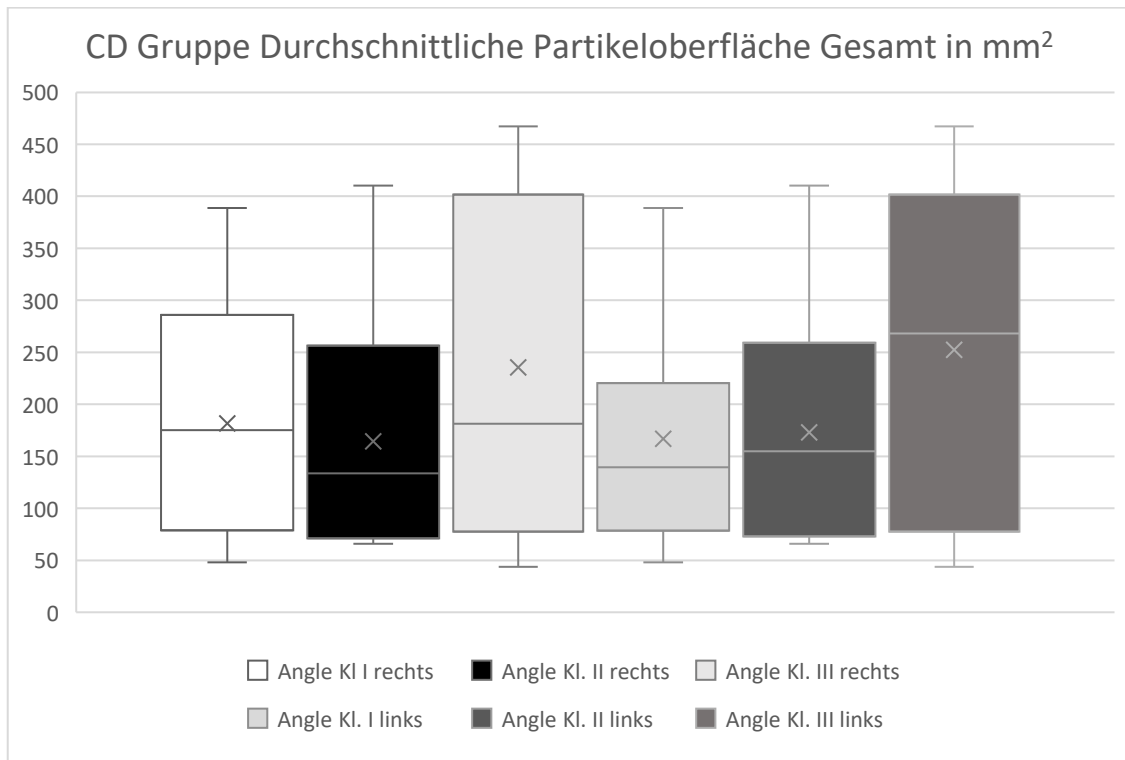


Abbildung 43 Boxplot Diagramm zur Darstellung der Ergebnisse des Kaufunktionstest der CD-Gruppe für die Angle Klassen I-III, mittlere Oberfläche A in mm² für alle neun Kauzyklen, dargestellt sind Mittelwert, Median, Streuungsmaß und Ausreißer

Die Probanden mit Angle Kl. III schneiden in allen Kauzyklen unabhängig von der Kauseite am schlechtesten ab (siehe Tabelle 24).

Die besten Ergebnisse des KFT werden beim bilateralen Kauen erreicht, dies gilt für alle Angle Klassen und unabhängig von der jeweiligen Seite, jedoch ohne statistische Relevanz. Beim rechtsseitigen Kauvorgang sind die Ergebnisse bei allen Gruppen schlechter als beim linksseitigen Kauen, jedoch ist auch dieser Unterschied nicht signifikant. Die unterschiedlichen Härtegrade der Modellnahrung haben ebenfalls keinen relevanten Einfluss auf die Resultate jeweiligen Angle Gruppen. Die beste Zerkleinerung erreichen die Angle Kl. I und II Probanden bei den weichen Testbodies ($N_{CD_Angle.I_li_weich} = 22,55$ und $N_{CD_Angle.I_re_weich} = 24,37$; $N_{CD_Angle.II_li_weich} = 23,80$ und $N_{CD_Angle.I_re_weich} = 22,55$) (Weismann et al, 2024). Bei der Zerkleinerung der harten Modellnahrung sind die Kl. III Probanden denen mit Kl. I und II in Bezug auf die Kaeffizienz überlegen ($N_{CD_Angle.III_li_hart} = 21,50$ und $N_{CD_Angle.III_re_hart} = 25,66$ vs. $N_{CD_Angle.II_li_hart} = 17,09$

Ergebnisse

und $N_{CD_Angle.II_li_hart} = 18,50$; $N_{CD_Angle.I_li_hart} = 15,20$ und $N_{CD_Angle.I_re_hart} = 17,80$) (Weismann et al., 2024). Auch dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

Tabelle 24 Ergebnisse Kaufunktionstest für die CD-Gruppe unterteilt in Angle Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A in mm^2 für verschiedene Kauzyklen bzw. Kauseiten, Mittelwerte \pm SD, (teilweise adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Angle Klasse rechts	N_{total}	A_{total}	N_{KVre}	A_{KVre}	N_{KVli}	A_{KVli}	N_{KVbds}	A_{KVbds}
Kl. I	61,95	181,57	20,15	201,45	20,75	211,62	21,05	179,81
	\pm 53,04	\pm 112,74	\pm 18,78	\pm 127,95	\pm 18,76	\pm 150,39	\pm 17,07	\pm 121,69
Kl. II	64,50	164,40	20,10	182,14	20,20	173,17	24,20	146,21
	\pm 41,64	\pm 112,87	\pm 14,04	\pm 118,73	\pm 12,71	\pm 121,63	\pm 16,02	\pm 103,31
Kl. III	59,17	235,57	19,08	229,34	19,17	256,89	20,92	243,17
	\pm 67,75	\pm 160,89	\pm 20,94	\pm 163,16	\pm 14,10	\pm 164,90	\pm 23,93	\pm 169,66

Angle Klasse links	N_{total}	A_{total}	N_{KVre}	A_{KVre}	N_{KVli}	A_{KVli}	N_{KVbds}	A_{KVbds}
Kl. I	66,42	166,89	22,16	177,25	21,63	203,43	22,63	162,52
	\pm 52,00	\pm 107,44	\pm 18,84	\pm 116,83	\pm 18,84	\pm 148,28	\pm 16,58	\pm 115,54
Kl. II	60,09	173,00	18,55	202,42	19,18	173,24	22,36	163,93
	\pm 42,12	\pm 110,82	\pm 14,28	\pm 131,19	\pm 12,52	\pm 115,39	\pm 16,37	\pm 114,29
Kl. III	55,92	252,35	17,33	250,68	18,75	272,99	19,83	257,10
	\pm 69,05	\pm 160,45	\pm 21,28	\pm 161,19	\pm 24,33	\pm 167,80	\pm 24,36	\pm 165,83

3.2.8.2 Einfluss der Angle Klasse auf die C-Gruppe

Die C-Gruppe enthält 42 Probanden mit einer rechtsseitige Angle Kl. I, 25 mit einer Kl. II und zehn mit einer Kl. III auf der rechten Seite. Auf der linken Seite kann bei 34 Patienten eine Angle Kl. I diagnostiziert werden, während 33 eine Kl. II und zehn eine Kl. III aufweisen. Bei Betrachtung der durchschnittlichen Partikelanzahl aller Kauzyklen schneiden erneut die Probanden mit einer Angle Kl. II auf der rechten Seite ($N_{C_Angle.II_re} = 94,44$;) und die mit einer Kl. I auf der linken Seite ($N_{C_Angle.I_li} = 94,06$) am besten ab (siehe Tabelle 25). Untersucht man die Partikeloberfläche A , werden die besten Werte für die Probanden mit Angle Kl. II rechts und linksseitig gefunden ($A_{C_Angle.II_re} = 122,37 \text{ mm}^2$ vs. $A_{C_Angle.I_li} = 138,13 \text{ mm}^2$). Insgesamt weisen fast alle Probandengruppen bei den linksseitigen Kauzyklen sowohl bei der Teilchenanzahl N als auch bei der

Ergebnisse

Oberfläche A bessere Resultate auf, als bei den rechtsseitigen und bei den bilateralen (siehe Tabelle 25). Eine Ausnahme dazu stellen die Angle Kl. III Probanden dar. Sie erreichen die höchste Partikelanzahl beim linksseitigen Kauvorgang ($N_{C_Angle.III_re_KVli} = 26,0$; $N_{C_Angle.III_li_KVli} = 23,10$), aber die geringste durchschnittliche Partikeloberfläche bei den bilateralen Kauvorgängen ($A_{C_Angle.III_re_KVbds} = 183,72 \text{ mm}^2$; $A_{C_Angle.III_li_KVbds} = 169,98 \text{ mm}^2$).

Den festgestellten Unterschieden und Auswirkungen der Angle Klassen auf die Kaufeffizienz kann keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der Kauzyklen verändern sich auch bei Betrachtung der verschiedenen Härtegrade nicht signifikant.

Tabelle 25 Ergebnisse Kauffunktionstest für die C-Gruppe unterteilt in Angle Kl. I-III, durchschnittliche Partikelanzahl N und durchschnittliche Partikeloberfläche A in mm^2 , verschiedene Kauzyklen bzw. Kauseiten, Mean \pm SD

Angle Klasse rechts	N _{Gesamt}	A _{Gesamt}	N _{KVre}	A _{KVre}	N _{KVli}	A _{KVli}	N _{KVbds}	A _{KVbds}
Kl. I	82,40	156,12	22,88	186,97	30,57	153,58	29,19	160,91
	\pm 78,52	\pm 110,33	\pm 23,13	\pm 128,88	\pm 27,81	\pm 120,03	\pm 29,90	\pm 126,31
Kl. II	94,44	122,37	30,44	143,65	32,76	116,52	31,24	130,11
	\pm 70,41	\pm 96,28	\pm 26,16	\pm 112,90	\pm 22,51	\pm 88,78	\pm 24,63	\pm 109,98
Kl. III	69,20	169,06	19,20	197,69	26,00	183,24	24,00	163,72
	\pm 60,45	\pm 118,76	\pm 15,67	\pm 142,45	\pm 28,54	\pm 121,61	\pm 21,43	\pm 123,67

Angle Klasse links	N _{Gesamt}	A _{Gesamt}	N _{KVre}	A _{KVre}	N _{KVli}	A _{KVli}	N _{KVbds}	A _{KVbds}
Kl. I	94,06	146,92	26,44	159,73	34,62	145,93	33,00	158,86
	\pm 83,30	\pm 114,24	\pm 24,05	\pm 114,34	\pm 29,64	\pm 123,56	\pm 32,04	\pm 140,08
Kl. II	82,67	138,13	25,69	170,78	28,94	132,14	28,33	137,88
	\pm 68,18	\pm 99,21	\pm 24,77	\pm 125,06	\pm 22,13	\pm 96,87	\pm 24,32	\pm 99,02
Kl. III	57,80	175,34	16,70	235,42	23,1	187,37	19,00	169,68
	\pm 49,00	\pm 113,40	\pm 16,1	\pm 159,30	\pm 25,06	\pm 117,13	\pm 12,39	\pm 118,41

3.2.9 Einfluss von Kreuzbissen auf die Kauleistung

Die Untersuchung auf Kreuzbisse ergibt bei 14 Patienten der CD-Gruppe und bei fünf Probanden der C-Gruppe einen positiven Befund (siehe Tabelle 26). Je drei Patienten der CD-Gruppe und zwei der C- Gruppe weisen eine posteriore Form

Ergebnisse

dieses Fehlbisses auf. Ein zirkulären Kreuzbiss kann bei drei Teilnehmern der erkrankten Gruppe und einem der Kontrollgruppe festgestellt werden. Bei den meisten Patienten, insgesamt zehn, kann die anteriore Art dieser kieferorthopädischen Anomalie diagnostiziert werden. Dabei gehören acht Probanden zur CD und zwei zur C-Gruppe. Da die Stichprobengröße zu klein ist, um die einzelnen Kreuzbissarten getrennt zu betrachten, wird im Folgenden nur noch zwischen Kreuzbiss und kein Kreuzbiss (= non) unterschieden.

Tabelle 26 Anzahl und prozentuale Verteilung der Diagnose Kreuzbiss innerhalb der Studiengruppen, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Kreuzbiss	CD-Gruppe		C-Gruppe	
	n	%	n	%
Posterior	3	7,14	2	2,6
Anterior	8	19,05	2	2,6
Zirkulär	3	7,14	1	1,3
Non	28	66,67	72	93,51

Die Diagnose Kreuzbiss wird bei den Probanden der CD-Gruppe deutlich häufiger gestellt als bei denen der C-Gruppe. Insgesamt liegt bei 33,3 %, also einem Drittel der CD-Probanden eine Art von Kreuzbiss vor. Die Kontrollpatienten sind deutlich seltener von dieser Art des Fehlbisses betroffen. Hier liegt der prozentuale Anteil lediglich bei 6,49%.

Probanden ohne Kreuzbiss erreichen bessere Kaueffizienzwerte als die mit Kreuzbiss ($N_{\text{NoCB}} = 79,60$ vs. $N_{\text{CB}} = 73,52$, $p = 0,25$; $A_{\text{NoCB}} = 150,86 \text{ mm}^2$ vs. $A_{\text{CB}} = 230,53 \text{ mm}^2$; $p = 0,41$). Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Weismann et al., 2024).

Für die Probanden mit Spalterkrankungen führt die Anwesenheit eines Kreuzbisses zu einer Abnahme der erreichten Gesamtpartikel und zu einer Zunahme der mittleren Partikeloberfläche (siehe Tabelle 27). Es ergeben sich innerhalb der CD-Gruppe statistische Relevanzen für einzelne Kauvorgänge. Dabei schneiden die Patienten mit Kreuzbiss in Bezug auf die erreichte durchschnittliche Teilchenanzahl bei den linksseitigen ($N_{\text{CD_CB_links}} = 16$ vs. $N_{\text{CD_NoCB_links}} = 22,48$, $p = 0,04$) und beidseitigen Kauzyklen ($N_{\text{CD_CB_bilat}} = 16,33$, $N_{\text{CD_NoCB_bilat}} = 24,78$, $p = 0,02$), sowie bei denen mit der harten Modellnahrung

Ergebnisse

($N_{CD_CB_hart} = 15,8$, $N_{CD_NoCB_hart} = 24,44$, $p = 0,02$) deutlich schlechter ab, als die ohne Kreuzbiss (Weismann et al., 2024). Weiterhin können bei der Auswertung der durchschnittlichen Partikeloberflächen der einzelnen Kauzyklen statistisch signifikant schlechtere Werte für die Kaeffizienz von Patienten mit Kreuzbiss für die linksseitigen ($A_{CD_CB_links} = 281,41 \text{ mm}^2$, $A_{CD_NoCB_links} = 178,73 \text{ mm}^2$, $p = 0,04$) und bilateral Kauvorgänge ($A_{CD_CB_bilat} = 266,76 \text{ mm}^2$, $A_{CD_NoCB_bilat} = 147,22 \text{ mm}^2$, $p = 0,01$) sowie die mit mittlerer ($A_{CD_CB_medium} = 283,71 \text{ mm}^2$, $A_{CD_NoCB_medium} = 168,46 \text{ mm}^2$, $p = 0,02$) und harter Modellnahrung ($A_{CD_CB_hart} = 218,12 \text{ mm}^2$, $A_{CD_NoCB_hart} = 117,69 \text{ mm}^2$, $p = 0,04$) festgestellt werden (siehe Tabelle 28) (Weismann et al., 2024). Die Kaeffizienz der Probanden mit Kreuzbiss ist also bei allen Kauvorgängen außer den rechtsseitigen und denen mit der weichen Modellnahrung signifikant kleiner als die der CD-Probanden ohne Kreuzbiss.

Tabelle 27 Statistisch signifikante Ergebnisse der Kauzyklen von CD-Probanden mit und ohne Kreuzbiss, durchschnittliche Partikelanzahl N verschiedener Kauzyklen, angegeben sind Median, Mittelwert, SD und p-Wert, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Partikel N der CD-Gruppe, Kauzyklen "links"				
	Median	Mittelwert	SD	p-Wert
Non	20	22,48	16,81	0,04*
Kreuzbiss	5	16	22,04	
Partikel N der CD-Gruppe, Kauzyklen "bilateral"				
Non	24	24,78	16,48	0,02*
Kreuzbiss	9	16,33	21,05	
Partikel N der CD-Gruppe, Kauzyklen "hart"				
Non	14	24,44	19,15	0,02*
Kreuzbiss	6	15,8	21,63	

Ergebnisse

Tabelle 28 Statistisch signifikante Ergebnisse der Kauzyklen von CD-Probanden mit und ohne Kreuzbiss, durchschnittliche Partikeloberfläche A in mm² verschiedener Kauzyklen, angegeben sind Median, Mittelwert, SD und p-Wert stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Oberfläche A [mm²] der CD-Gruppe, Kauzyklen "links"				
	Median	Mittelwert	SD	p-Wert
Non	126,5	178,73	133,06	0,04*
Kreuzbiss	149,75	281,41	155,55	
Oberfläche A [mm²] der CD-Gruppe, Kauzyklen "bilateral"				
Non	99,85	147,22	109,33	0,01*
Kreuzbiss	290,82	266,76	146,55	
Oberfläche A [mm²] der CD-Gruppe, Kauzyklen "medium"				
Non	153,1	168,46	125,25	0,02*
Kreuzbiss	344,52	283,71	160,81	
Oberfläche A [mm²] der CD-Gruppe, Kauzyklen "hart"				
Non	134,07	117,69	157,47	0,04*
Kreuzbiss	80,25	218,12	97,62	

Innerhalb der Kontrollgruppe kann keine statistische Signifikanz für den Einfluss von Kreuzbissen auf die Kaufunktion gefunden werden. Hierbei muss jedoch auf die sehr kleine Stichprobengröße ($n = 5$) von Kontrollpatienten mit Kreuzbiss hingewiesen werden.

Beim Vergleich beider Non-Kreuzbiss-Gruppe miteinander erreichen, wie zu erwarten, die Probanden der Kontrollgruppe bessere Ergebnisse. Statistisch relevant sind diese jedoch nur für die Durchgänge auf der linken Seite und für die mittlere Oberfläche ($A_{C_NoCB_links} = 178,73 \text{ mm}^2$; $A_{CD_noCB_links} = 281,41 \text{ mm}^2$; $p = 0,04$) (Weismann et al., 2024).

3.2.10 Einfluss von kieferorthopädischen Apparaturen auf die Kauleistung

21 Probanden der CD-Gruppe befinden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in kieferorthopädischer Behandlung mittels eines herausnehmbaren Geräts. Drei weitere werden festsitzend mittels einer GNE und 16 mittels einer MBA therapiert. Zwei Teilnehmer dieser Gruppe erhalten eine Kombinationsbehandlung. In der Kontrollgruppe sind 35 Probanden mit einer herausnehmbaren Apparatur versorgt, während 42 Patienten festsitzende Apparaturen in situ tragen. Davon liegt bei 39 eine MBA vor, bei einem eine GNE und bei zwei Probanden ein

Ergebnisse

Kombinationsgerät. Auffällig ist hierbei das geringere Durchschnittsalter der Teilnehmer mit herausnehmbarer Apparatur und CD. Sie sind im Mittel fast zwei Jahre jünger als die Probanden der Vergleichsgruppe. Ähnlich verhält es sich mit den Patienten, die eine Kombinationstherapie aus MBA und GNE erhalten. Auch hier sind die Probanden der CD-Gruppe durchschnittlich fast zwei Jahre jünger als die der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 29) (Weismann et al., 2024).

Sowohl in der CD als auch in der C-Gruppe erzielten die Probanden mit festsitzenden Apparaturen bessere Ergebnisse als die mit herausnehmbaren ($N_{CD_fest} = 71,5$; $A_{CD_fest} = 184,54 \text{ mm}^2$ vs. $N_{CD_lose} = 59,81$; $A_{CDlose} = 186,41 \text{ mm}^2$; $p = 0,42$ und $N_{C_fest} = 75,33$; $A_{C_fest} = 156,28 \text{ mm}^2$ vs. $n_{C_lose} = 98$; $A_{C_lose} = 138,40 \text{ mm}^2$, $p = 0,30$) (siehe Tabelle 30) (Weismann et al., 2024). Beim Vergleich innerhalb der Gruppen „festsitzend“ und „herausnehmbar“ schnitten die CD-Teilnehmer schlechter als die gesunden Kontrollpatienten ab. Es konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (siehe Tabelle 30).

Tabelle 29 Übersicht über die Art und Anzahl der sich in situ befindlichen kieferorthopädischen Apparaturen der CD- und C-Gruppe, Alter und Anzahl der Probanden, angegeben sind Mittelwert und SD, sowie Maximal- und Minimalwerte, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

Kieferorthopädisches Gerät		CD-Gruppe				C-Gruppe			
		n	Alter (Jahre)			n	Alter (Jahre)		
			MW± SD	Min	Max		MW± SD	Min	Max
Herausnehmbar (lose)		21	11,19 ± 3,27	7	19	35	13,06 ± 3,8	7	21
Festsitzend (fest)	GNE	3	15,67 ± 1,53	14	17	1	14,00 ± 0	14	14
	Multi-bracket	16	15,00 ± 2,86	10	21	39	15,49 ± 2,26	12	21
	Kombination	2	12,50 ± 3,53	10	15	2	14,15 ± 0,5	14	15

Ergebnisse

Tabelle 30 Ergebnisse des Kaufunktionstest für CD- und C-Gruppe mit festsitzenden/herausnehmbaren Apparaturen, durchschnittliche Partikelanzahl N aller Kauzyklen und mittlere Oberfläche A in mm² für alle neun Kauzyklen, angegeben sind Mean, SD und p-Wert, stat. Signifikanzniveau $p < 0,05$, statistische Relevanz wird mit * gekennzeichnet, (adaptiert nach Weismann et al., 2024)

	CD-Gruppe		C-Gruppe		p-Wert N	p-Wert A
	Partikel N	Oberfläche A [mm ²]	Partikel N	Oberfläche A [mm ²]		
Herausnehmbar (lose)	59,81 ± 45,24	186,41 ± 137,84	98 ± 88,23	138,40 ± 107,75	0,20	0,08
Festsitzend (fest)	71,5 ± 67,27	184,54 ± 117,84	75,33 ± 58,75	156,28 ± 111,03	0,37	0,13
p-Wert	0,42	0,41	0,30	0,35		

3.3 Auswertung des OHIP-G14-Fragebogens

Die Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens zeigen eine hohe Lebensqualität (engl. Quality of Life = QoL) in beiden Teilnehmergruppen, wie in Abbildung 44 und Tabelle 31 dargestellt. Der Idealwert für jede Frage liegt dabei bei vier und der schlechtmögliche Wert bei null. Die Werte sind im Vergleich zur Standardauswertung des OHIP umcodiert, da eine hohe Lebensqualität bildlich besser mit einem hohen Score zu vereinbaren ist.

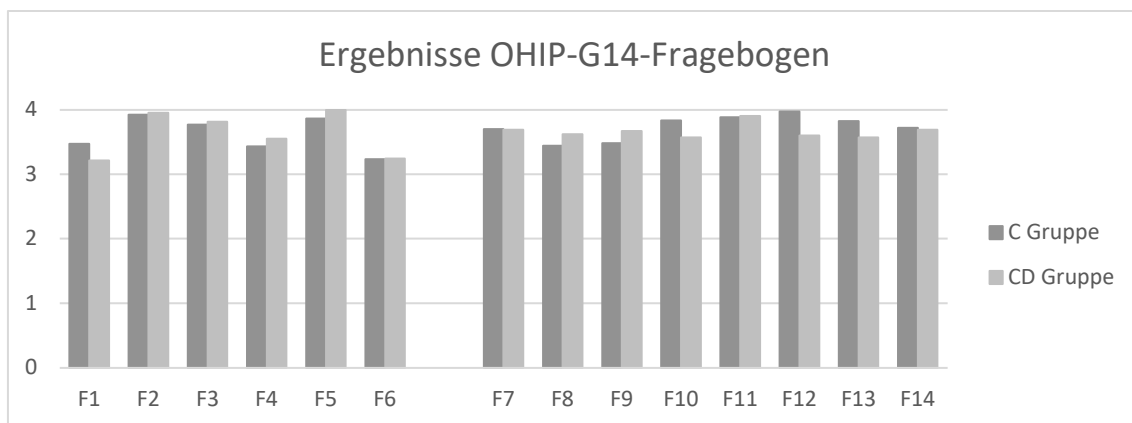


Abbildung 44 Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens für die C- und die CD-Gruppe, Frage 1- 14 einzeln bewertet, „Sehr oft“ erhält die Punktzahl 0, „oft“ die Punktzahl 1, „ab und zu“ die Punktzahl 2, „kaum“ die Punktzahl 3 und „nie“ die Punktzahl 4, 4 ist für jede Frage der maximale Wert

Die Ergebnisse, die für die beiden Untergruppen (funktionelle (F1-F6) und psychische Gesundheit (F7-F14)) sowie für den Gesamtwert erzielt werden, zeigen vergleichbare Ergebnisse für die Lebensqualität zwischen den CD- und

Ergebnisse

C-Gruppen ($\text{Score}_{\text{C_OHIP_gesamt}} = 51,53$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_OHIP_gesamt}} = 51,33$, $p = 0,58$) wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant ist. Um die ermittelten Werte mit denen bereits veröffentlichter Vergleichsliteratur in Bezug zu setzen, müssen diese von der möglichen Gesamtpunktzahl abgezogen werden.

3.3.1 Einfluss von CD auf das funktionelle Wohlbefinden

Der Endwert für das funktionelle Wohlbefinden ist bei der C-Gruppe im Vergleich zur CD-Gruppe verringert ($\text{Score}_{\text{C_OHIP_funkt}} = 21,68$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_OHIP_funkt}} = 21,76$) (Vgl. Tabelle 31). Hierbei sind vor allem Fragen, die sich auf die Ernährung beziehen aussagekräftig, da die Kontrollprobanden bei diesen Fragen einen schlechteren Score erzielen als die CD-Patienten ($\text{Score}_{\text{C_F2}} = 3,92$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_F2}} = 3,95$) ($\text{Score}_{\text{C_F3}} = 3,77$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_F3}} = 3,81$) ($\text{Score}_{\text{C_F4}} = 3,43$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_F4}} = 3,55$) ($\text{Score}_{\text{C_F5}} = 3,86$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_F5}} = 4,00$, $p = 0,03$).

Die Frage 1 in Bezug auf Schwierigkeiten bei der Aussprache ergibt eine geringere Lebensqualität für die CD-Probanden, allerdings ohne statistische Relevanz ($\text{Score}_{\text{C_F1}} = 3,47$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_F1}} = 3,21$, $p = 0,73$). Hierbei liegt die Quote an Probanden, die einen Score von 0 in dieser Frage angeben, bei 9,5% (4 Probanden) und die mit einem Score von vier bei 71,4% (30 Probanden). Dies spiegelt sich auch in der größeren Standardabweichung der Ergebnisse wider. Es gibt also eine größere Menge an „Ausreißern“, welche den Score dieser Frage verringerten.

Bei Frage 5 bezüglich "Ernährung unzufriedenstellend" liegt ein statistischer Unterschied zwischen den Gruppen vor ($p = 0,03$), wobei diejenigen Probanden mit CD signifikant zufriedener mit ihrer Ernährung sind als die gesunden. Erstere antworten ausschließlich mit dem höchsten positiven Wert (4 = "nie"). Gesunde Teilnehmer zeigen hingegen niedrigere Werte die von "gelegentlich" (2) bis "nie" (4) reichen, hierbei treten ebenfalls einige „Ausreißer“ auf.

3.3.2 Einfluss von CD auf das psychologische Wohlbefinden

Bei den Fragen, die sich auf die psychologische Gesundheit der Probanden beziehen, schneiden die Probanden mit CD geringfügig schlechter ab als die nicht Erkrankten ($\text{Score}_{\text{C_OHIP_psych}} = 29,86$ vs. $\text{Score}_{\text{CD_OHIP_psych}} = 29,57$, $p = 0,61$). Jedoch ist dieser Unterschied statistisch nicht signifikant. Auffällig ist

Ergebnisse

hierbei, dass die meisten Fragen bei denen die CD-Probanden eine schlechtere Lebensqualität angeben, mit zwischenmenschlicher Interaktion und/oder Scham zu tun hatten (F7 „Gefühl das Leben im Allgemeinen sei weniger zufriedenstellend“, F10 „Reizbar gewesen“, F13 „Etwas verlegen gefühlt“, F14 „Unsicherheit bezüglich Mund oder Zähnen gefühlt“). Die Ergebnisse sind in Tabelle 31 dargestellt. In Bezug auf Frage 10 weist die CD-Gruppe eine statistisch signifikant verringerte Lebensqualität im Vergleich zur C-Gruppe auf ($\text{Score}_{C_F10} = 3,83$ vs. $\text{Score}_{CD_F10} = 3,75$, $p = 0,03$).

In diesem Teil des Fragebogens gibt es deutlich mehr Antworten mit Ausreißern der CD-Gruppe (meist 1-2 Teilnehmer), bei denen die Probanden den schlechtmöglichen Wert (0) in der Befragung angeben. Lediglich bei Frage 2 (Schwierigkeiten zu entspannen) und bei Frage 11 (Schwierigkeiten, alltäglich Dinge zu tun) antwortet kein Proband mit „oft“ (entspricht Wert 0). Der Anteil an CD-Probanden, der bei den einzelnen Fragen mit „nie“ (entspricht Wert 4) antwortet, liegt trotzdem immer zwischen 73,8 % und 97,6 %. Der Großteil der Probanden ist also zufrieden mit ihrer Lebensqualität.

Ergebnisse

Tabelle 31 Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens für die CD und C-Gruppe, Zusammenfassung Teilergebnisse (funktionelles und psychologisches Wohlbefinden) und Gesamtergebnisse, Mittelwert, Standardabweichung (SD), Wertebereiche, Boden-Decken-Effekt, Kurtosis (S) und Schiefe (K) werden für jeden der bewerteten Punkte in beiden Patientengruppen berechnet, Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Tests, statistische Signifikanz werden bei $p < 0,05$ als (*) gekennzeichnet

Untergruppen und Fragen	C-Gruppe						CD-Gruppe						Sig.
	Score		Boden- und Deckeneffekt		S	K	Score		Boden- und Deckeneffekt		S	K	
	MW (SD)	Range	% Anteil Wert 0	% Anteil Wert 4			MW (SD)	Range	% Anteil Wert 0	% Anteil Wert 4			
Funktionelles Wohlbefinden													
F1 Schwierigkeiten bestimmt Worte auszusprechen	3,47 (0,97)	(0-4)	2,6	70,1	-2	3,5	3,21 (1,37)	(0-4)	9,5	71,4	-1,48	0,74	0,73
F2 Geschmack beeinträchtigt	3,92 (0,42)	(1-4)	0	96,1	-5,9	36,1	3,95 (0,22)	(3-4)	0	95,2	-4,41	18,3	0,85
F3 Mahlzeiten mussten unterbrochen werden	3,77 (0,65)	(1-4)	0	85,7	-3	9	3,81 (0,55)	(2-4)	0	88,1	-2,84	6,85	0,73
F4 Unangenehmen bestimmte Lebensmittel zu essen	3,43 (1,03)	(0-4)	2,6	71,4	-1,8	2,3	3,55 (0,94)	(0-4)	2,4	76,2	-2,26	4,83	0,54
F5 Ernährung unbefriedigend	3,86 (0,45)	(2-4)	0	89,6	-3,3	10,2	4,00 (0,00)	(4-4)	0	100	0,0	0,0	0,03*
F6 Schmerzen im Mundbereich	3,23 (1,08)	(0-4)	2,6	57,1	-1,3	1	3,24 (0,85)	(1-4)	0	47,6	-0,74	0,49	0,58
Score (max. 24) Funktionelles Wohlbefinden	21,68 (2,86)	(8-24)	0	35,1	-2,1	6,37	21,76 (2,55)	(13-24)	0	28,6	-1,67	2,97	0,93
Psychologisches Wohlbefinden													
F7 Gefühl das Leben im Allgemeinen sei weniger zufriedenstellend	3,70 (0,76)	(1-4)	0	84,4	-2,5	5,5	3,69 (0,78)	(0-4)	2,4	81	-3,26	12,2	0,71
F8 Schwierigkeiten zu entspannen	3,44 (0,93)	(1-4)	0	67,5	-1,5	1,1	3,62 (0,73)	(1-4)	0	73,8	-2,01	3,63	0,39
F9 Angespannt gefühlt	3,48 (0,93)	(0-4)	1,3	71,4	-1,7	2,3	3,67 (0,79)	(0-4)	2,4	78,6	-3,12	11,4	0,31
F10 Reizbar gewesen	3,83 (0,52)	(2-4)	0	89,6	-3	7,8	3,57 (0,86)	(0-4)	2,4	73,8	-2,41	6,54	0,03*
F11 Schwierigkeiten alltägliche Dinge zu tun	3,88 (0,40)	(2-4)	0	90,9	-3,6	13,1	3,90 (0,62)	(0-4)	0	97,6	-6,48	42	0,18

Ergebnisse

F12 Komplett unfähig gewesen etwas zu tun	3,97 (0,16)	(3-4)	0	97,4	-6,1	35,9	3,86 (0,68)	(0-4)	2,4	95,2	-5,11	26,9	0,51
F13 Etwas verlegen gefühlt	3,82 (0,64)	(0-4)	1,3	90,9	-4,1	18,3	3,57 (0,99)	(0-4)	2,4	81	-2,34	4,66	0,11
F14 Unsicherheit bezüglich Mund oder Zähnen gefühlt	3,73 (0,68)	(1-4)	0	83,1	-2,7	6,7	3,69 (0,87)	(0-4)	2,4	85,7	-3,08	9,38	0,79
Score Psychologisches Wohlbefinden	29,86 (3,32)	(12-32)	0	50,6	-2,58	10,1 2	29,57 (4,10)	(11-32)	0	40,5	-3,28	12,1	0,61
Gesamt Score	51,53 (5,87)	(20-56)	0	28,6	-2,62	10,3	51,33 (5,82)	(30-56)	0	19	-2,48	6,67	0,58

3.3.3 Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Kauffunktionstest und denen des OHIP-G14-Fragebogens

Die Untersuchung der Kauffunktion von Probanden mit und ohne CD ergibt eine signifikant schlechtere Kauleistung für die von Spalterkrankungen betroffenen Probanden und ebenfalls eine leicht verringerte MLQ. Es kann jedoch kein signifikanter Unterschied in den Ergebnissen des OHIP-G14-Fragebogens zwischen der erkrankten und der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Trotz nachweislich geringerer Kaeffizienz der Probanden mit CD, sind die Teilnehmer der CD-Gruppe signifikant zufriedener mit ihrer Ernährung als die der C-Gruppe ($\text{Score}_{C_F5} = 3,86$ vs. $\text{Score}_{CD_F5} = 4,00$, $p = 0,03$). Dies spiegelt sich in abgeschwächter Form auch in den anderen Ergebnissen von ernährungsbezogenen Fragen wider, in welchen die C-Gruppe stets eine geringere MLQ angeben als die CD-Gruppe.

Die Untersuchung auf einen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Kauffunktionstest und des OHIP-Fragebogens erfolgt mittels der Pearson Korrelation. Es ergibt sich eine leicht positive Korrelation für die Partikelanzahl und eine leicht negative für die mittlere Oberfläche für die C- und die CD-Gruppe. Sinkt also die Anzahl an erreichten Partikeln, wird der OHIP mit einem niedrigeren Score bewertet und die MLQ fällt somit niedriger aus. Umgekehrt korreliert eine größere mittlere Oberfläche der erreichten Teilchen mit einem niedrigeren Score und somit mit einer geringeren Lebensqualität.

Tabelle 32 Ergebnisse für die Untersuchung einer Korrelation der Kauffunktionstest- und der OHIP-Fragebogenergebnisse, angegeben sind Mittelwert, Standardabweichung, Person-Korrelation und p-Wert

	C-Gruppe		CD-Gruppe		p-Wert N	p-Wert A
	Partikel N	Oberfläche A [mm ²]	Partikel N	Oberfläche A [mm ²]		
Kauffunktionstest	84,59 ± 7,66	146,84 ± 107,12	61,76 ± 10,38	192,91 ± 128,16	0,0794	0,0388*
OHIP Score	51,53 ± 5,87	51,53 ± 5,87	51,33 ± 5,82	51,33 ± 5,82		
Pearson-Korrelation	0,002	-0,011	0,012	-0,124		
p-Wert	<0,00001*	<0,00001*	<0,00001*	<0,00001*		

4 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es darzustellen, ob Probanden mit einer Spalterkrankung und/oder RS im Vergleich zu gesunden Probanden eine verringerte Kaueffizienz aufweisen oder nicht. Als Instrument wurde hierzu der SKT verwendet. Dazu erfolgte eine Untersuchung des Einflusses der Faktoren Alter, Geschlecht, Dentitionsstadium und Form der Spalterkrankung auf die Kaueffizienz der jeweiligen Probanden. Weiterhin wurde die Auswirkung von skelettaler Klasse und Angle Klasse, Kreuzbissen und sich in situ befindlicher Apparaturen überprüft. Zuletzt wurde mittels des OHIP-G14-Fragebogens untersucht, ob Teilnehmer mit CD eine geringere Lebensqualität aufweisen als die gesunden Kontrollprobanden. Dies diente zur Klärung der Frage, ob sich die Ergebnisse des Kaufunktionstests in denen der Erhebung der MLQ widerspiegeln.

4.1 Kaufunktion der C- und der CD-Gruppe

Es ist im Laufe der Untersuchung festzustellen, dass die Kauleistung der Probanden mit CD im Vergleich zu denen ohne CD vermindert ist. Vergleichsstudien, die die Kaufunktion von kieferorthopädisch behandelten Probanden mit und ohne CD mittels des SKT untersuchen sind der Autorin zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt. Eine Studie von Zhou et al. (2000), bei der das Kauvermögen von 28 Patienten mit einseitiger LKGS (CL/P) mit bleibender Dentition und ohne kieferorthopädische Behandlung ausgewertet wird, erzielt ähnliche Ergebnisse. Die Autoren analysieren dabei mittels einer fortschrittlichen Lichtabsorptionsmethode und Erdnüssen als Testnahrung die Kaufunktion. Sie stellen eine um 54 % geringere Kaueffizienz bei Patienten mit CD im Vergleich zu gesunden Personen fest (Zhou et al., 2000). Die Ergebnisse der in dieser Arbeit beschriebenen Studie zeigen ebenfalls eine verringerte Kaueffizienz bei CD-Patienten. Die erkrankten Probanden erreichen eine um 26,98 % verringerte Partikelanzahl und hatten durchschnittlich eine um 31,37 % höhere Partikeloberfläche als die Kontrollpatienten. Die Studien sind aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsmethode, des geringeren Stichprobenumfangs und der Tatsache, dass die Probanden von Zhou et al. (2000) keine kieferorthopädische Behandlung erhalten haben, nur schwer zu vergleichen. Auch Montes et al. (2018) untersuchen Probanden mit und ohne einseitiger

LKGS im Alter von acht bis zehn Jahren. Sie führen unter anderem einen KFT mit kaubarer Testnahrung durch und stellen fest, dass die von LKGS betroffenen Probanden eine größere mittlere Partikelgröße erreichten als die gesunden. Weiterhin ergibt ihre Studie, dass eine ähnliche Partikelgröße erreicht werden kann, dafür aber mehr Kauzyklen als bei gesunden Probanden notwendig sind (Montes et al., 2018). Auch hier wird festgestellt, dass die Kaufunktion von CD-Probanden geringer ist, als die der Kontrollgruppe. Die Teilnehmer weisen ein ähnliches Altersprofil wie die CD1-Gruppe dieser Studie auf. Allerdings schließen Montes et al. explizit Probanden, die sich in kieferorthopädischer Behandlung befanden, aus. Dies und die Tatsache, dass eine andere Methodik verwendet wird, macht einen direkten Vergleich schwer.

Eine weitere Studie von Miura et al. mit 15 erwachsenen Probanden mit CD und erfolgreich abgeschlossener kieferorthopädischer Therapie sowie 21 gesunden Kontrollpatienten ohne kieferorthopädische Therapie, findet ebenfalls einen signifikanten Unterschied in der Kaueffizienz der Teilnehmer (Miura et al., 2022). Diese wird hierbei über die innerhalb von 20 Sekunden aus einem Testbodie gelöste Glukose ermittelt. Auch hier ist ein direkter Vergleich der Studien aufgrund der unterschiedlichen KFT schwierig.

4.2 Einfluss der Kauseite auf die Kaufunktion von Probanden mit einseitiger LKGS

Das Vorliegen einer Spalterkrankung kann mit einer möglichen Beeinträchtigung der Entwicklung von Zahn-, Skelett- und Muskelfunktionen in Verbindung stehen, was zu asymmetrischen Wachstumsmustern führt (Jahanbin et al., 2019). Dies kann Störungen und Ungleichgewicht der Kaumuskulatur sowie Fehlstellungen der Zähne verursachen und somit negative Auswirkungen auf das stomatognathe System haben. Ein insuffizientes Kausystem führt wahrscheinlicher zu einer reduzierten Kaueffizienz. So ist mehreren Studien zufolge die Kaueffizienz von Probanden mit Okklusionsstörungen (English et al., 2002, Manly et al., 1951) und mit operationsbedürftigen Dysgnathien (Kobayashi et al., 1993) im Vergleich zu gesunden Patienten vermindert.

Es kann festgestellt werden, dass die Probanden der CD-Gruppe auf der nicht betroffenen Seite eine höhere Partikelanzahl produzieren als auf der Spaltseite. Die Probanden mit linksseitiger LKGS erreichen auch eine geringere mittlere Oberfläche beim Kauen auf der gesunden Seite als auf der erkrankten. Bei den Teilnehmern mit LKGS rechts ist dies nicht der Fall. Im Vergleich zu den gesunden Probanden kauen die Patienten der CD-Gruppe gesamtstatistisch auf der linken Seite signifikant schlechter. Trotzdem kann in dieser Studie kein relevanter Unterschied zwischen der Kau-effizienz der Spaltseite und der gesunden Seite bei einseitigen LKGS-Probanden festgestellt werden. Die Null-Hypothese konnte daher nicht abgelehnt werden.

Eine Untersuchung von Miura et al. (2022) bezüglich der Muskelaktivität von erwachsenen Probanden mit LKGS stellt fest, dass die von der Spalte betroffene Seite eine geringere Aktivität des M. masseters aufweist, welche allerdings innerhalb ihrer Studie ebenfalls nicht statistisch relevant ist.

Eine weitere Veröffentlichung (López et al., 2014) befasst sich mit Präferenzen hinsichtlich der Kauseite bei Kindern mit CD unter Anwendung drei verschiedener Methoden. Es stellt sich heraus, dass Probanden mit linksseitiger LKGS die rechte Seite präferieren, während Probanden mit bilateraler LKGS die linke Seite bevorzugen und Patienten mit rechtsseitiger LKGS keine Präferenz zu haben scheinen. Dies ist eine mögliche Erklärung dafür, warum die Ergebnisse auf der „gewohnten“ Kauseite bei den linksseitigen LKGS-Probanden etwas besser ausfallen.

4.3 Einfluss der Härte der Modellnahrung auf die Kaufunktion

Da die unterschiedlichen Härtegrade die Kau-effizienz der Patienten mit CD beeinflussen, wird die Nullhypothese abgelehnt. Insbesondere bei der harten Modellnahrung schneiden die von CD betroffenen Probanden signifikant schlechter ab als die Kontrollgruppe. Die CD-Gruppe erreicht beispielsweise eine um 34,66 % geringere Partikelanzahl in den Kauzyklen mit der harten (roten) Testnahrung als die Kontrollgruppe und eine um 33,08 % erhöhte mittlere Oberfläche der Teilchen. Der Unterschied ist bei harter Nahrung größer als bei der Betrachtung aller Durchläufe wo die Partikelanzahl der CD-Gruppe um

26,98% geringer und die durchschnittliche Oberfläche um 31,37 % erhöht war. Patienten mit CD haben also bei harter und zäher Nahrung mehr Schwierigkeiten.

In der Literatur wird der Einfluss der Konsistenz von Lebensmitteln auf die Kau-effizienz ausführlich beschrieben (Bourdiol et al., 2000). Eine japanische Studie (Aung et al., 2021) am Tiermodell darauf hin, dass die im sensorischen Kortex eingehenden Informationen Auswirkungen auf die Kieferbewegung und die elektromyographischen Signale der Kaumuskulatur haben. Weiche Kost über einen längeren Zeitraum führt danach zu einer Abnahme der maximalen Mundöffnung und einer verringerten Laterotrusionsbewegung. Weiterhin werden die Kaumuskeln schwächer, was sich in Form einer Abnahme der F-Typ Muskelfasern darstellt (Aung et al., 2021). Van der Bilt et al. (2006) zufolge, führt das Kauen harter Nahrung weiterhin zu einer verringerten Kaugeschwindigkeit bei gesteigerter Kaukraft und steigender Anzahl der Kauzyklen.

Verschiedene Studien weisen darauf hin, dass das Kauen oder die Verarbeitung härterer Nahrung sowohl das Muskel- als auch das Knochenwachstum fördern kann, was letztendlich zu einer verbesserten Kau-effizienz führt (Le Révérend et al., 2014, Foster et al., 2006, van den Bilt und Abbink, 2017, Naqvi et al., 2015, Matsuda et al., 2006). Aus diesen Studien geht ebenfalls hervor, dass zur Zerkleinerung von harter Nahrung ein funktionierendes und gesundes stomatognathes System erforderlich ist. Bei Patienten mit CD kann dieses eingeschränkt sein. Es sollte also empfohlen werden, dass Patienten mit Spalterkrankung im Rahmen ihrer Möglichkeiten eine ausgewogene Diät mit möglichst allen Härtegraden von Nahrung zu sich nehmen, damit sie so von den positiven Auswirkungen auf Muskulatur und Knochen profitieren können.

4.4 Einfluss der verschiedenen Formen der Spalterkrankung auf die Kaufunktion

Die Untersuchung zeigt, dass sich die Kau-effizienz der Probanden mit unterschiedlichen Spalterkrankungen teilweise signifikant unterscheidet. Teilnehmer mit Lippen-Kiefer-Spalte (CL) zeigen die beste Kau-effizienz. Mit zunehmendem Ausmaß der CD wird eine Abnahme der Effizienz beobachtet. Die schlechtesten Werte treten bei Patienten mit RS auf. Die verringerte Effizienz bei

RS kann auf die speziellen dentoskelettalen Muster zurückzuführen sein, die im Wachstum und in der Entwicklung von Patienten mit dieser CD gefunden werden (Naqvi et al., 2015, Daskalogiannakis et al., 2001). RS-Patienten weisen nicht nur eine bimaxilläre Retrognathie mit steiler Unterkiefer-Ebene, sondern auch einen vergrößerten Gonionwinkel mit einem kürzeren Ramus, sowie eine reduzierte sagittale Länge von Ober- und Unterkiefer auf (Suri et al., 2010). Darüber hinaus zeigen sich intraoral bei RS-Patienten oftmals Fehlstellung der Zähne (Matsuda et al., 2006, Laitinen et al., 1997, Suri et al., 2006). Es liegt also nahe, dass nicht nur das Vorhandensein einer Spalte, sondern auch das spezielle skelettale Wachstumsmuster die Kaufähigkeiten beeinflusst. In Bezug auf Patienten mit LKGS zeigen Teilnehmer mit einer einseitigen Spalte eine bessere Kau-effizienz als diejenigen mit einer beidseitigen Spalte. Dies weist darauf hin, dass die fortschreitende Segmentierung des Oberkiefers und die Ausdehnung des zugehörigen Defekts sich negativ auf die Kau-effizienz auswirken. So stellten Garcia et al. (2016) bei einer Untersuchung der maximalen Beißkraft von Probanden mit und ohne CD fest, dass Probanden mit beidseitiger LKGS eine reduzierte Beißkraft im Vergleich zu Probanden mit unilateraler LKGS und mit Lippen-Kiefer-Spalte hatten. Die Unterschiede zwischen den CD-Gruppen zeigen ihre statistische Signifikanz nur im Zusammenhang mit den rechtsseitigen Kauzyklen. Für die linksseitigen und bilateralen Durchgänge können keine relevanten Unterschiede festgestellt werden. Die Unterschiede betreffen hauptsächlich die Kau-effizienz der linksseitigen LKGS-Probanden, die auf der rechten Seite im Vergleich zu anderen Gruppen wie RS, CP und beidseitiger CL/P signifikante bessere Werte aufweisen. Während diese aufgrund ihrer symmetrisch imponierenden Erkrankung eine gleichmäßig reduzierte Mastikationsfähigkeit rechts und links aufzuweisen scheinen, kommt es möglicherweise bei Vorliegen einer linksseitigen LKGS zu einer Überentwicklung der Muskulatur auf der rechten Seite, um das Defizit auf der linken Seite auszugleichen. Dadurch könnte sich die verbesserte Kau-effizienz auf der rechten Seite im Vergleich zu anderen CD-Formen erklären. Einseitiges Kauen kann laut Silveira et al. (2022) langfristig zu Schäden am stomatognathen System und zu einer sich stetig verschlechternden Kau-effizienz führen. Trotzdem werden keine

ähnlichen Werte für die rechte CL/P und das Kauen auf der linken Seite erzielt. Obwohl die Stichprobengröße dieser Arbeit für die meisten Vergleiche angemessen ist, könnte die geringe Probandenanzahl der RS- und der CP-Gruppe zu einer Verzerrung in diesem statistischen Vergleich führen. Darüber hinaus ist die Stichprobengröße für die linksseitige LKGS mehr als doppelt so groß wie für die rechtseitige. Dies stimmt mit den Prävalenzwerten in der Literatur überein, wonach aus noch nicht verstandenen Gründen die linkseitige LKGS deutlich häufiger auftritt (Bernheim et al., 2006). Trotz der erzielten Ergebnisse bleibt das Ungleichgewicht der Kauffähigkeit auf verschiedenen Kauseiten bei verschiedenen CD-Spaltbildungen weiterhin zu erforschen und durch andere Methoden wie Elektromyographie-Aufzeichnungen der Aktivität der Kaumuskulatur zu überprüfen.

4.5 Einfluss von sekundären Faktoren wie Alter, Geschlecht und Dentitionsstadium

Hinsichtlich der Auswirkungen von Sekundärfaktoren wie Zahnentwicklungsstadium, Alter und Geschlecht können Unterschiede zwischen Teilnehmern mit und ohne CD beobachtet werden, was zu einer Ablehnung der zugehörigen Hypothese führt. In verschiedenen Studien wird berichtet, dass sowohl das Dentitionsstadium als auch das Alter der Probanden einen Zusammenhang zur Kaueffizienz aufweisen (Barrera et al., 2011, Hama et al., 2023). Hama et al. (2023) untersuchen die Kauvermögen von 522 Kindern und 100 jungen Erwachsenen unter Verwendung von zweifarbigen Kaugummis. In Übereinstimmung mit der vorliegenden Studie stellen sie fest, dass ein höheres Alter, eine größere Anzahl funktionaler Zähne, sowie eine vollständige bleibende Gebissentwicklung signifikant mit einer verbesserten Kauffähigkeit verbunden sind. Daher kann angenommen werden, dass Schäden an den Zähnen, der Zahndurchbruch oder der Verlust eines Zahns in einem gemischten Gebiss einen negativen Einfluss auf die Kaufunktion haben. Insbesondere in den Wechselgebissphasen kann der Verlust oder die kurz bevorstehende Exfoliation eines Milchzahnes Schmerzen während des Kauvorgangs verursachen. In einem solchen Szenario ist es wahrscheinlich, dass die betroffenen Kinder vorbeugend das Kauen auf den betroffenen Zähnen vermeiden. Dies zeigt sich auch in den

Ergebnissen dieser Studie. Die Partikelanzahl der Probanden im Wechselgebiss war bei C- und CD-Gruppe geringer als im adulten Gebiss. Die Probanden mit CD in der 1. WGP weisen also im Vergleich zu denen mit adulter Dentition um 53 % verringerte Partikelzahlen auf. Im Vergleich zu denen in der 2. WGP ist die Partikelanzahl um 33,2 % vermindert. Weiterhin haben die erzeugten Teilchen eine im Vergleich zur 2. WGP um 35,11 % und zum adulten Gebiss um 49,31 % größere Oberfläche. Auch in der Kontrollgruppe verbessern sich die Werte mit zunehmender Reife der Dentition. Die Probanden in der 1. WGP zeigen eine um 81,86 % geringere Partikelanzahl als die mit adultem Gebiss. Auch in der Ruhephase, also ohne aktiven Zahnwechsel, ist die Zahl der gekauten Partikel im Wechselgebiss um 38,44 % geringer als im Erwachsenenengebiss.

Darüber hinaus ist die kieferorthopädische Behandlung bei älteren Teilnehmern meist fortgeschritten. Somit weisen sie eine verbesserte Ausformung der Zahnbögen und weniger Fehlstellungen auf, was letztendlich zu einer besseren Okklusion und gesteigerter Kaueffizienz führt.

In Bezug auf den Einfluss des Geschlechts zeigen Zhou et al. (2000), dass es keinen Unterschied zwischen Patienten mit LKGS gab. Zhou's Ergebnis decken sich mit den Resultaten dieser Studie. Sie stellen allerdings ebenfalls fest, dass gesunde männliche Probanden eine bessere Kauleistung als gesunde Frauen hatten (Zhou et al., 2000). Im Gegensatz dazu zeigen in dieser Studie gesunde weibliche Teilnehmer eine überlegene Kaueffizienz im Vergleich zu den männlichen Probanden.

4.6 Einfluss von sekundären Faktoren wie skelettaler Klasse, Angle Klasse und vorliegenden Kreuzbissen

Es kann in der vorliegenden Arbeit ein Einfluss der Faktoren skelettale Klasse, der Angle Klasse und vorliegende Kreuzbisse festgestellt werden. Daher wird die Null-Hypothese abgelehnt.

Ein vorliegender Kreuzbiss hat den größten Einfluss auf die Kaufunktion. Dies betrifft beide Gruppen, die Probanden mit CD jedoch deutlich stärker. Eine Studie mit Probanden mit CD von Cassi et al. (2021) in der das Kauverhalten von CL/P-Patienten (n = 18, Durchschnittsalter 7 Jahre) mit Kreuzbiss mit einer alters-

gematchten Kontrollgruppe ohne Kreuzbiss verglichen wird, kann im Gegensatz dazu keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellen. Dieselbe Studie zeigt auch, dass CL/P-Patienten eine unregelmäßige Kaufunktion mit erhöhten umgekehrten Kaubewegungen auf der Kreuzbissseite aufwiesen. Dieses Phänomen wird auch in weiteren Veröffentlichungen beschrieben (Hideshima, 1989, Miyawaki und Takada, 1997). Diese Untersuchungen ergeben auch, dass die Bewegungen nach erfolgter kieferorthopädischer Behandlung wieder zur Norm zurückkehren (Miyawaki und Tadaka, 1997). Piancino et al. (2005) beschreiben ebenfalls umgekehrte Kausequenzmuster bei einem Patienten mit beidseitiger LKGS und bilateralem, posteriorem Kreuzbiss.

Skelettale Malokklusionen resultieren aus Entwicklungsstörungen des Ober- und/oder Unterkiefers. Eine Mikrognathie, also eine unterentwickelte Mandibula oder Maxilla, ist die häufigste Ursache für skelettale Malokklusion mit einer Prävalenz von 1:1.500 Lebendgeburten (Vettraino et al., 2003) und ist häufig mit anderen Fehlbildungen wie LKGS und RS assoziiert. Folgen von skelettalen Malokklusionen können unter anderem Zahnfehlstellungen, Trismus, eine verminderte Kauleistung, Bruxismus, Atemwegsobstruktion und Verdauungsstörungen sein (Joshi et al., 2014). Zudem können sie, wenn keine Behandlung erfolgt, bei einigen Patienten zu einer geringeren MLQ, verminderter Kauleistung und Kiefergelenkserkrankungen (CMD) führen (Gomes et al., 2010, Dalaie et al., 2018). Skelettale Malokklusionen können die Funktionen der Kaumuskulatur (Gomes et al., 2010, Silveira et al., 2022) beeinflussen und zu Veränderungen in der Aktivität der Mm. masseter und Mm. temporalis im Ruhezustand und während des Kauvorgangs führen (Pancherz und Anehus-Pancherz, 1980, Miralles et al., 1991).

Die Ergebnisse dieser Studie beweisen, dass bei Betrachtung der vollständigen Studienpopulation, ungeachtet der vorliegenden CD, die Kaeffizienz von Teilnehmer mit skelettaler Kl. III gegenüber denen von Kl. II signifikant verringert ist. Weiterhin zeigen sich die Probanden mit skelettaler Kl. II ohne CD denen mit CD in ihrer Kaufunktion überlegen. Insgesamt erreichen die Teilnehmer mit skelettaler Klasse II die besten Ergebnisse beim KFT, wobei der Unterschied zwischen Kl. I und Kl. II gesamtstatistisch nicht relevant ist. Diese Ergebnisse

Diskussion

decken sich nicht mit denen von mehreren Studien, bei denen stets eine geringe Kaueffizienz bei Probanden mit skelettalen Malformationen nachgewiesen werden (Ngom et al., 2007, Magalhães et al., 2010). (Togawa et al., 2009). Die Vergleichbarkeit der Studien ist aufgrund der unterschiedlichen Durchschnittsalter der Probanden eingeschränkt. Weiterhin liegt bei den Probanden keine CD vor und es kommen andere KFT oder Methoden zur Bewertung der Kaufunktion, wie beispielsweise die Messung der maximalen Beißkraft zum Einsatz.

Auffällig ist, dass die Teilnehmer mit CD und skelettaler Kl. III innerhalb der CD-Gruppe die besten Ergebnisse erzielen, sowohl für die Anzahl der erreichten Partikel, als auch für die durchschnittliche Partikeloberfläche. Dass die Probanden mit CD das Vorliegen einer skelettalen Kl. III besser kompensieren können, kann durch die Entwicklung von andersartigen und rückläufigen Bewegungsmustern beim Kauvorgang erklärt werden, welche bei Patienten mit CD und Kreuzbiss nachweisbar sind (Miyawaki und Tadaka, 1997).

Bei den Probanden der Kontrollgruppe kann ein signifikanter Unterschied zwischen den Teilnehmern der skelettalen Kl. II und Kl. III festgestellt werden, wobei die Kl. III schlechter abschneiden. Zwischen den Ergebnissen der Kl. I und II Probanden kann kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Diese Ergebnisse decken sich nur bedingt mit denen der vorhandenen Literatur, da bisher in anderen Studien stets eine höhere Kaueffizienz für Probanden skelettaler Kl. I nachgewiesen wird. Ein Beispiel dafür ist die Studie von van den Braber et al. (2001) bei der die Kaufunktion von 12 Probanden mit skelettaler Kl. I und 12 Probanden mit Kl. II mittels eines KKTs mit Silikonwürfeln verglichen wird. Hierbei ergeben sich signifikant bessere Werte für diejenigen mit Kl. I. Weiterhin werden verringerte muskuläre Aktivitäten während des maximalen Kaudrucks und der maximalen Interkuspitation bei Probanden mit skel. Kl. III Probanden im Vergleich zu Kl. I von Kulchutisin et al. (2022) nachgewiesen. Da der maximale Kaudruck meist in direktem Zusammenhang mit der Kaufunktion steht, deuten auch diese Ergebnisse auf eine bessere Kaufunktion der Kl. I Probanden hin. Auch hier ist die Vergleichbarkeit der Studien aufgrund des unterschiedlichen Altersdurchschnitt eingeschränkt. Die Unterlegenheit der Kauffunktion von

Diskussion

Patienten mit skel. Kl. III wird in mehreren anderen Studien nachgewiesen. Sie zeigen eine verringerte Kauleistung von erwachsenen Patienten mit schweren, operationsbedürftigen, dentoskelettalen Dysgnathien im Vergleich zu denen von Personen mit Normokklusion nach (Kobayashi et al., 1993, Tate et al., 1994, Zarrinkelk et al., 1995). Generell liegt deutlich mehr Literatur und eine bessere Studienlage zur Untersuchung der Kaufunktion von skelettalen Kl. III Probanden als zu denen der Kl. I und II vor.

Daher sollten im Hinblick auf die vorliegende Literatur und Forschung weitere Untersuchungen der Kaufunktion an gesunden, jugendlichen Probanden mit skelettaler Kl. I und Kl. II die sich in kieferorthopädischer Therapie befinden durchgeführt werden, um die Ergebnisse dieser Studie zu validieren oder zu entkräften.

Die Angle Klasse der Probanden hat ebenfalls einen signifikanten Einfluss. Gesamtstatistisch kann festgestellt werden, dass die Probanden mit Angle Kl. III eine signifikant schlechtere Kau-effizienz aufweisen, als die mit Angle Kl. II. Insgesamt schneiden die Probanden von Angle Kl. II rechtsseitig und die mit Angle Kl. I linksseitig am besten ab. Die Unterschiede zwischen Angle Kl. I und Angle Kl. II sind dabei nicht statistisch relevant. Diese Ergebnisse decken sich teilweise mit denen von English et al. (2002), die die Kaufunktion von Probanden mit Normokklusion mit Probanden, die kieferorthopädische Behandlung benötigen und die Angle Kl. I, II und III aufweisen, vergleichen. Sie kann zwischen Angle Kl. I und den gesunden Probanden keinen relevanten Unterschied feststellen, während die Ergebnisse der Kl. II und III Probanden eine signifikant verringerte Kaufunktion aufzeigen. Manly et al. (1950) finden im Gegensatz dazu lediglich eine reduzierte Kauleistung bei Angle Kl. III Probanden, aber keinen relevanten Unterschied zwischen Angle Kl. I und II, wie auch in dieser Studie. Es gibt eine weitere Veröffentlichung, in der die Kauffunktion von gesunden Probanden und denen mit Fehlstellungen der Angle Kl. I und II verglichen wird von Toro et al. (2006). Sie untersuchen 6 bis 15-jährige Probanden und finden dabei zwar einen signifikanten Unterschied zwischen den gesunden Probanden und denen mit Kl. I, nicht aber zu denen der Kl. II. Eine Untersuchung von 842 Teilnehmern ohne CD von Slavicek (2020) mit dem SKT kann signifikante

Unterschiede für die Kaueffizienz von Angle Kl. III-Probanden feststellen, aber keine Unterschiede zwischen denen mit Angle Kl. I und Angle Kl. II.

Die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse lassen also vermuten, dass bei mit Angle Kl. III ohne vorliegende CD eine reduzierte Kaueffizienz aufweisen. Gesunde Probanden mit Angle Kl. I und II zeigen zueinander nur geringfügige Unterschiede. Die spezielle Anatomie bei Probanden mit Spalterkrankungen scheint dazu zu führen, dass die Patienten andersartige Bewegungsmuster entwickeln, um damit den Nachteil der schlechteren Verzahnung bei skelettaler Kl. III und Angle Kl. III auszugleichen. Trotzdem erreichen sie nicht das gleiche Maß an Mastikation wie gesunde Probanden. Bei erfolgreicher kieferorthopädischer Therapie kann sich die Kaufunktion verbessern und das Bewegungsmuster normalisieren.

4.7 Einfluss von kieferorthopädischen Apparaturen auf die Kaufunktion

Die Kauleistung von Patienten mit kieferorthopädischer Apparatur ist im Vergleich zu denen ohne Behandlung zufolge temporär reduziert (Magalhães et al., 2014, Gameiro et al., 2015). Dies trifft insbesondere auf den Zeitraum kurz nach dem Einsetzen neuer Geräte oder dem Aktivieren der sich in situ befindlichen zu (Duarte et al., 2022). Patienten in kieferorthopädischer Behandlung geben die meisten Schmerzen in den ersten Tagen nach dem Einsetzen oder Aktivieren einer Apparatur an. Dies kann ein verändertes Essverhalten zur Folge haben (Abed Al Jawad et al., 2012). Ist im Rahmen der Therapie zusätzlich eine Bissperrung zur Auflösung von anteriorem Kreuz- oder Tiefbiss notwendig, sinkt die Kaueffizienz laut Changsiripun et al. (2020) signifikant. Weiterhin schränken sich Probanden mit kieferorthopädischer Apparatur oftmals bei der Auswahl von Lebensmitteln ein, da sie befürchten, die Geräte zu beschädigen, beispielsweise durch Ablösen von Brackets beim frontalen Abbeißen (Carter et al., 2015). In der Literatur finden sich hauptsächlich Daten über die Kaueffizienz bei der Behandlung mit festsitzenden Apparaturen (hauptsächlich MBA). Der Einfluss von herausnehmbaren Geräten auf die Kaufunktion während der Behandlung, scheint noch nicht oft untersucht worden zu sein. Im Gegensatz dazu liegen Studien vor, die eine Verbesserung der

Kaueffizienz (Makino et al., 2014) und die Normalisierung der Bewegungsmuster beim Kauvorgang (Piancino et al., 2017) nach erfolgter kieferorthopädischer Therapie nachweisen.

Eine Studie von Zhou et al (2000), bei der das Kauvermögen von 28 Patienten mit einseitiger LKGS (CL/P) mit bleibender Dentition und ohne kieferorthopädische Behandlung ausgewertet wird, stellte eine um 54 % geringere Kaueffizienz bei Patienten mit CD im Vergleich zu gesunden Personen ohne kieferorthopädische Behandlung fest (Zhou et al., 2000). Die Ergebnisse der in dieser Arbeit beschriebenen Studie zeigen ebenfalls eine verringerte Kaueffizienz bei CD-Patienten. Die erkrankten Probanden erreichen eine um 26,98 % verringerte Partikelanzahl und hatten durchschnittlich eine um 31,37 % höhere Partikeloberfläche als die Kontrollpatienten. Da der Unterschied in der Kaufunktion zwischen den beiden Gruppen in dieser Studie geringer ausfällt, kann vermutet werden, dass die kieferorthopädischen Diagnosen, welche die Therapie notwendig machen, einen negativen Einfluss auf die Kaueffizienz der Kontrollgruppe haben. Diese Vermutung wird auch durch die Ergebnisse aus Kapitel 4.6 gestützt. Gleichzeitig kann auch vermutet werden, dass das voranschreiten der Therapie einen positiven Einfluss auf die Kaufunktion der CD-Patienten hat.

Den Ergebnissen dieser Studie nach gibt es keinen signifikanten Unterschied bei der Kaueffizienz von Patienten mit festsitzenden und losen kieferorthopädischen Geräten. Die Null-Hypothese kann daher nicht abgelehnt werden. Es sollten weitere Untersuchungen der Kaueffizienz von Probanden, welche sich in kieferorthopädischer Behandlung mittels herausnehmbarer und festsitzender Apparaturen befinden, durchgeführt und diese mit denen von Menschen, die keine Behandlung benötigen, verglichen werden.

4.8 Ergebnisse des OHIP-G14-Fragebogens

Die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität (MLQ) (= OHRQoL (engl. Oral health related quality of life)) wird als Untersuchungsinstrument für das funktionelle und psychische Wohlbefinden im Alltag und der Mundgesundheit einer Person verstanden (Sischo und Broder, 2011). In diesem Zusammenhang

Diskussion

unterteilt die vorliegende Studie die Fragen des OHIP-14 entsprechend. Es wird also nicht nur ein Gesamtscore für die MLQ ermittelt, sondern auch die Resultate für die Untergruppen des funktionellen und des psychischen Wohlbefindens berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Patienten mit CD in kieferorthopädischer Behandlung eine vergleichbare OHRQoL haben wie gesunde Patienten, die sich ebenfalls in Behandlung befanden. Da der festgestellte Unterschied statistisch nicht signifikant war, kann die Nullhypothese, dass die CD die MLQ nicht beeinflusst, nicht abgelehnt werden.

In einer finnischen Studie von Corcoran et al. (2020) erfolgt eine Untersuchung von 63 Patienten mit CL/P (18 Jahre alt), die zu ihren letzten geplanten Kontrolltermin kommen, hinsichtlich der MLQ anhand des OHIP-14-Fragebogens. Die Studie zeigt bei mehr als der Hälfte der Teilnehmer einen negativen Einfluss der zugrunde liegenden CD auf die MLQ. Diese Ergebnisse kann die vorliegende Studie nicht bestätigen. Concoran et al. (2020) stellen auch fest, dass psychisches Unwohlsein und körperlicher Schmerz bei CL/P häufiger auftreten. Dies stimmt teilweise mit den Ergebnissen dieser Studie überein.

Bei Frage 10 ("neigte dazu, gereizt zu sein") zum psychischen Wohlbefinden wird Reizbarkeit bei Patienten mit CD häufiger festgestellt. Generell fallen die Ergebnisse zu Fragen, die zwischenmenschliche Interaktion betreffen oder mit Scham zu tun haben, für die CD-Probanden dieser Studie meist etwas schlechter aus als die der Kontrollpatienten. Im Gegensatz dazu geben die CD-Patienten dieser Studie beispielsweise bei Frage 5 ("Ernährung unzufriedenstellend") zum funktionellen Wohlbefinden ein signifikant positiveres Feedback als die Kontrollprobanden.

Es kann also in der vorliegenden Studie keine Abnahme der MLQ aufgrund von funktionellen Einschränkungen beobachtet werden, da die selbstberichtete Zufriedenheit der Teilnehmer gleichwertig oder sogar höher war als die der gesunden Teilnehmer. Diese Ergebnisse entsprechen nicht denen einer systematischen Untersuchung von Antonarakis et al. (2013) die in 2 von 3 untersuchten Studien einen signifikanten Unterschied zwischen der MLQ von Patienten mit und ohne nicht-syndromaler LKGS im Alter von acht-18 Jahren und

Diskussion

von 18-65 Jahren finden. Stattdessen kann in dieser Arbeit von einer Verringerung der MLQ aufgrund von psychischen Faktoren bei CD-Patienten berichtet werden. Der Hauptunterschied zur Studie von Corcoran et al. (2020) besteht darin, dass deren Teilnehmer ein höheres Durchschnittsalter haben als die der vorliegenden Studie und in ihrer Behandlung ein einheitliches Konzept angewendet wurde. Darüber hinaus ist bekannt, dass die Validität von Fragebögen in verschiedenen Sprachen und Kulturen, wie Finnisch und Deutsch, variieren kann (Allison et al., 1999), was den Vergleich schwieriger macht.

Trotz der angegebenen funktionellen Zufriedenheit bleiben einige Schwierigkeiten bestehen. Diese sind hauptsächlich psychischer und sozialer Natur. Mehrere Studien (Kortelainen et al., 2016, Foo et al., 2012, Oliveira et al., 2015, Piombino et al., 2014) verweisen darauf, dass soziale und psychische Probleme eng miteinander zusammenhängen und dass diese während des Rehabilitationsprozesses fortbestehen können. Die Beziehung zwischen sozialen Stereotypen und dem Erscheinungsbild wird oft in den Sozialwissenschaften beschrieben (Berscheid und Gangestad, 1982). Im Gegensatz zu einigen anderen Gesundheitsproblemen sind Spalterkrankungen oftmals sichtbar. Je nach Form, Ausprägung und vorangegangener Therapie ist das phänotypische Erscheinungsbild unterschiedlich. Trotzdem weicht es oftmals von der gängigen Vorstellung von Attraktivität ab. Das Aussehen hat eine große Auswirkung auf Erwartungen und Vorstellungen, Annahmen oder Wünsche darüber, wie eine Person sein sollte (Clifford und Walster, 1973). Auf diese Weise hat diese Stigmatisierung nicht nur einen großen Einfluss auf das psychische Wohlbefinden, sondern beeinflusst auch den weiteren sozialen und sozioökonomischen Werdegang. Nicht selten führt die Gesichtsmorphologie von CD-Patienten zu Mobbing (Seehra et al., 2011). Dies kann dazu führen, dass Betroffene sich zurückziehen und in ihrem Sozialleben zurückhaltend sind und ein geringeres Selbstwertgefühl haben (Oliveira und Sheiham, 2003, Trulsson et al., 2002). Ausgeprägte kieferorthopädische Anomalien senken ebenso das Selbstwertgefühl der Betroffenen und haben damit auch einen negativen Einfluss auf die MLQ (Keß, 2020).

Diskussion

Eine frühzeitige Identifizierung dieser Aspekte und ihre angemessene Therapie in der interdisziplinären Behandlung (Thomson und Broder, 2018) kann sowohl dem Betroffenen als auch seiner Familie Sicherheit und Unterstützung bieten. Dies ist ein wichtiger Faktor für die Entwicklung der Patienten.

Insgesamt spiegeln die Ergebnisse wider, dass CD-Patienten mit ihrer oralen Erkrankung umgehen können und eine den gesunden Probanden gleichwertige MLQ vorweisen.

Um einen Vergleich mit bereits existierenden Referenzwerten für Erwachsene durchzuführen, kann man diese Werte von John et al. (2004) umcodieren. Dies erfolgt indem man sie vom Maximalwert 56 für den OHIP-G14 subtrahiert. Mit diesen Werten ist es möglich, die Ergebnisse unserer Probanden mit Menschen die keine Behandlung suchen, in Bezug zu setzen. Mit Hinblick auf den OHIP-G14 ergeben sich mediane Summenwerte bei Patienten ohne herausnehmbaren Zahnersatz von 0 (keine Angabe von Problemen), bei Patienten mit herausnehmbaren Teilprothesen von 4, bei Totalprothesenträger von 6. Umkodiert auf das in dieser Studie verwendete Schema lauten die Bezugswerte also 56 für vollbezahnte Probanden, 52 für Teil- und 50 für Totalprothesenträger. Die Werte der C-Gruppe und der CD-Gruppe liegen zwischen denen der Teil- und Totalprothesenträger ($\text{Score}_{\text{C-OHIP}_{\text{gesamt}}} = 51,53$ vs. $\text{Score}_{\text{CD-OHIP}_{\text{gesamt}}} = 51,33$, $p = 0,58$). Dies könnte mit der Anzahl der fehlenden Zähne, welche innerhalb der Studienpopulation je nach Dentitionsstadium durchschnittlich zwischen 0 und 4,17 lag begründet werden. Die MLQ hängt laut Preugschat (2015) eng mit dem DMFT-Wert (D = decayed, M = missing, F = filled, T = tooth (zahnbezogen)) zusammen, der die kariösen, fehlenden und gefüllten Zähne in einem Wert wiedergibt. Für zukünftige Studien sollte daher erwogen werden, den DMFT-Wert der Probanden vor der Befragung zu erheben.

Die Untersuchung zeigt nur eine schwache Korrelation zwischen den Ergebnissen des Kaufunktionstest und denen des OHIP-Fragebogens. Dabei führt eine Abnahme der in allen Durchläufen erreichten Partikelzahl zu einer leichten Verringerung des OHIP-Scores und damit zu einer geringeren MLQ. Die Korrelation ist also schwach positiv. Umgekehrt kann für eine Zunahme der

mittleren Partikeloberfläche, was einer schlechteren Zerkleinerung entspricht, eine Abnahme des OHIP-Scores festgestellt werden. Also sinkt bei schlechterer Zerkleinerung die MLQ. Auch wenn die Auswirkungen auf die MLQ nur schwach sind, bestätigen sie unsere Null-Hypothese. Trotzdem fielen die Werte für den OHIP-Fragebogen bei der CD-Gruppe nicht wie erwartet niedriger aus als die der Kontroll-Gruppe. In den Fragen welche die funktionelle MLQ betrafen beurteilten sich die CD-Probanden besser also die Kontrollprobanden. Die Korrelation zwischen Selbsteinschätzung und tatsächlicher Kauleistung ist also gering. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen einer Studie von Slagter et al. (1992). Daher sollte in Erwägung gezogen werden, in weiteren Studien den Einfluss der Kaufunktion auf die MLQ genauer zu untersuchen.

4.9 Schlussfolgerung

Der Kauvorgang ist der erste wichtige Schritt im Verdauungsprozess. Im Mund beginnt der mechanische Abbau von Nahrung mit dem Ziel, so viele Stücke wie möglich zu erhalten, um die weitere enzymatische Verarbeitung zu erleichtern. Wie in dieser Studie gezeigt wird, ist die Fähigkeit Nahrung in eine größere Anzahl von möglichst kleinen Partikeln zu zerlegen, bei Patienten mit CD reduziert. Besonders betrifft das die Kauvorgänge mit den harten Proben. Dies führt zu der Vermutung, dass das Vorliegen der Spalterkrankung auch negative Auswirkungen auf die Verdauung haben kann. Innerhalb der Untersuchung wird deutlich, dass die CD-Probanden ihre Lebensqualität ähnlich einschätzen wie die Probanden ohne CD. Insbesondere bei der Befragung nach der Qualität der Ernährung gaben sie volle Zufriedenheit an. Es scheint so, als ob den Betroffenen das Kaeffizienzdefizit im Alltag nicht auffällt. In einem solchen Szenario sollte besonderer Wert auf die Ernährung dieser Patienten gelegt werden, da die Funktion ihres stomatognathen Systems und ihre Mundgesundheit durch adäquate Nahrung verbessert werden könnte. Darüber hinaus haben mehrere Studien eine positive Auswirkung von spezifischem funktionellem Kau-Training auf alle oralen Funktionen und den Kauvorgang festgestellt (Van den Stehen et al., 2018, Ohira et al., 2012, Namasivayam-MacDonald et al., 2017). Zum Beispiel bestätigen Ono et al. (1992), dass sich die Bisskraft von Vorschulkindern nach drei Monaten Kautraining mit Kaugummi um 95 % erhöht. Weiterhin kann

funktionelles Training, wie Übungen zur Stärkung von Zungen- und Wangenmuskulatur, positive Auswirkungen auf Lippenverschlussfähigkeit (Arakawa et al., 2015), Hautelastizität, Zungenkraft (Clark et al., 2009) und Kauvermögen haben (Ibrahim et al., 2013). Es sollte die Einbeziehung von Kau-Trainingsprogrammen in die interdisziplinäre Behandlung für CD-Patienten vorangetrieben werden, um die durch ihre Fehlbildung reduzierte Kaeffizienz zu verbessern, insbesondere, da sich die Betroffenen der Einschränkungen oftmals nicht bewusst sind. Es ist wichtig darauf zu achten, dass manche Probanden mit CD ein größeres Defizit aufwiesen als andere. Insbesondere Patienten mit doppelseitigen LKGS, isolierten Gaumenspalten und RS benötigen eine stärkere Förderung zur Steigerung ihrer Kaeffizienz. Mit zunehmendem Alter, höherem Gebissstadium und voranschreitender kieferorthopädischer Behandlung verbessert sich das Kauvermögen der CD-Patienten und sie können eher mit den gesunden Patienten mithalten. Die dabei verwendete kieferorthopädische Apparatur beeinflusst zwar die Kaufunktion temporär negativ (Magalhães et al., 2014, Gameiro et al., 2015), doch dieser Effekt lässt meist nach einigen Tagen nach. Es ist dabei nicht relevant, ob es sich um herausnehmbare oder festsitzende Geräte handelt. Da ein negativer Einfluss von Kreuzbissen und skelettalen Malformationen auf die Kaeffizienz festgestellt werden konnte, ist eine kieferorthopädische Therapie derselben unbedingt zu empfehlen.

Es gibt einige Faktoren welche die Aussagekraft dieser Studie limitieren. Erstens ist die Stichprobengröße bestimmter Spalttypen in der CD-Gruppe begrenzt, was möglicherweise die Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen der Stickprobe und der Grundgesamtheit einschränkt. Eine induktive Statistik der verschiedenen Dentitionsstadien konnte aus dem gleichen Grund nicht durchgeführt werden. Trotz der niedrigen Prävalenz der CD-Formen und ihrer spezifischen Spaltbildungen, sind insgesamt 42 CD-Patienten Teilnehmer der Studie. Während die Stichprobengröße für die LKGS höher ist, fiel die Teilnehmerzahl der Probanden mit RS geringer aus. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse im Blick zu behalten. Die geringere Probandenzahl lässt sich mit der noch geringeren Prävalenz in der Bevölkerung begründen.

Zweitens sind auch die verwendeten Einschlusskriterien ein begrenzender Faktor, da nur Patienten unter kieferorthopädischer Behandlung am UKT berücksichtigt werden. Angesichts des speziellen Phänotyps der RS-Probanden, erfolgt bei der Betrachtung der unterschiedlichen Spalterkrankungen eine Einzeluntersuchung. In der Gesamtstatistik werden sie aufgrund der geringen Probandenzahl zur Gruppe der CD-Erkrankungen dazugezählt, da sonst bereits ein Ausreiser zu einer starken Verzerrung der Ergebnisse führen kann.

Drittens kann bekanntermaßen eine kieferorthopädische Behandlung negativen Einfluss auf die Kaufunktion von Patienten haben, insbesondere in den ersten Tagen nach der Eingliederung von neuen Apparaturen (Gameiro et al., 2015). Hier kann ein Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse nicht ausgeschlossen werden. Jedoch sind beide Studiengruppen in kieferorthopädischer Behandlung und somit denselben Voraussetzungen ausgesetzt, was sie wieder vergleichbar macht. Außerdem erfolgt die Untersuchung im Rahmen der Kontrolltermine, vor dem Einbringen neuer Apparaturen. Also haben die temporären Beschwerden durch die Aktivierung bereits nachgelassen.

Viertens beeinflusste schließlich die COVID-19-Pandemie diese Studie. Routine-Nachuntersuchungen wurden unterbrochen, Probanden konnten krankheitsbedingt nicht an der Studie teilnehmen und für eine gewisse Zeit wurden im Klinikum nur Notfälle behandelt. Pandemie-Regelungen beeinflussten direkt die Rekrutierung von Studienteilnehmern und führten zu einer geringeren Stichprobengröße. Weiterhin kam es zu einer Unterbrechung in der Untersuchungsphase von ungefähr vier Monaten, da aufgrund der strengen Aufenthalts-Regelungen innerhalb des UKT die Dauer der Behandlungssitzungen geringgehalten werden musste.

Ungeachtet der vorgelegten Einschränkungen gibt es bisher keine ähnlichen Studien in der Literatur wie die hier vorgestellte.

4.10 Ausblick

Die Kaufunktion von Probanden mit CD im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden wird bereits in mehreren Veröffentlichungen untersucht. Dies ist jedoch die erste Studie, die die Kaeffizienz von kieferorthopädischen

Diskussion

Patienten mit RS bewertet, mit der von anderen LKGS-Patienten vergleicht und weitere sekundäre Aspekte wie der Einfluss der Nahrungshärte, des Alters, des Geschlechts und des Zahnentwicklungsstadiums analysiert. Zukünftig sollte in Betracht gezogen werden, ähnliche Studien mit einer größeren Anzahl an CD- und Kontroll-Probanden durchzuführen. Insbesondere eine größere Anzahl an teilnehmenden RS-Patienten kann die Aussagekraft einer solchen Untersuchung deutlich verbessern. Auch eine Kombination mit einer elektromyografischen Untersuchung zur Ermittlung der Aktivität der Kaumuskulatur birgt Potenzial für interessante Erkenntnisse über die Kaufunktion von Patienten mit CD im Vergleich zu gesunden Probanden. Weiterhin könnte auch der Body-Mass-Index (BMI) bei Probanden mit abgeschlossenem Längenwachstum untersucht werden, um zu überprüfen, ob eine eingeschränkte Kaufunktion mit diesem korreliert. Bei Kindern und Jugendlichen im Wachstum könnte als Pendant dazu die KiGGS-Referenzperzentile verwendet werden, welche der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland des Robert Koch-Instituts (2013) zu entnehmen sind. So ist es möglich, dass beispielsweise bei einer geringeren Kaeffizienz weicherer Nahrung, die oftmals kohlenhydratreicher, ballaststoffärmer und leichter verdaulich ist, Vorzug gegeben wird und dies zu Übergewicht führt. Weiterhin könnte in den Patientenfragebogen die bevorzugte Kauseite erhoben werden und dieser mit den Ergebnissen des Kauffunktionstest verglichen werden. Eine Erhebung über die Ernährungsgewohnheiten der CD-Probanden wäre dabei ebenfalls von Interesse.

5 Zusammenfassung

Orofaziale Spalterkrankungen zählen zu den häufigsten Fehlbildungen mit einer Inzidenz von 1:600. Ihre Entstehung ist multifaktoriell bedingt und die betroffenen Patienten leiden unter optischen und funktionellen Einschränkungen. Das Auftreten von Spalten kann auch mit syndromalen Erkrankungen vergesellschaftet sein. So treten beispielweise bei 90% der Patienten mit Robin-Sequenz auch Gaumenspalten auf. Die vorliegende Studie untersucht die Kaufunktion und die Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität von Probanden mit und ohne kraniofazialen Anomalien, die sich in kieferorthopädischer Behandlung am Universitätsklinikum Tübingen befinden. Als Untersuchungsinstrumente dient der standardisierte Kauffunktionstest nach Slavicek, ein Anamnese- und Untersuchungsbogen sowie der OHIP-G14-Fragebogen. Es soll erfasst werden, ob das Vorliegen einer Spalterkrankung einen Einfluss auf die Kauffunktion der Probanden hat und ob die Art der Spalterkrankung eine Rolle spielt. Weiterhin wird die Auswirkung von sekundären Faktoren wie Alter, Geschlecht, Dentitionsstadium sowie von skelettaler Klasse, Angle Klasse und vorliegendem Kreuzbiss analysiert.

Die Untersuchung erfolgte nach erfolgreicher Aufklärung und mit vorliegendem Einverständnis der Probanden und gegebenenfalls ihrer Erziehungsberechtigten. Im ersten Schritt wurde eine Kurzform der Anamnese erhoben. Teile der Daten wurden im Nachhinein mit denen aus der elektronischen Patientenakte des UKT abgeglichen. Als nächstes erfolgte die Erhebung des OHIP-G14-Fragebogens zur MLQ in Form eines strukturierten Interviews. Anschließend wurde eine vollständige Untersuchung des stomatognathen Systems mit Erfassung des Zahnstatus, der Dentitionsphase, der vorliegenden Verzahnung mittels Angle Klassifizierung und der gegebenenfalls bestehenden Kreuzbisse durchgeführt. Die Probanden führten daraufhin den Kauffunktionstest nach Slavicek durch, welcher mit gelantinehaltigen Weingummi in drei verschiedenen Härtegraden (grün = weich, gelb = medium, rot = hart) als Testbodies funktioniert. Es wurden je neun Kauzyklen durchgeführt, dabei kaute der Proband je ein Stück der Modellnahrung zuerst nur rechtsseitig, dann nur linksseitig und schließlich gleichmäßig auf beiden Seiten 30 Sekunden lang. Im Anschluss fing man die

Zusammenfassung

Testnahrung in einem Sieb auf und spülte diese mit kaltem Wasser. Danach folgte der Ausstrich auf einer Testplatte und die Dokumentation des Ergebnisses über ein Foto der ChewBox. Die Bilder wurden via Dropbox an die Firma Orehab Minds weitergeleitet und dort digital ausgewertet. Dabei ermittelte man die Anzahl und die mittlere Partikeloberfläche für die einzelnen Probanden und Kauzyklen.

Die Kaufunktion der Probanden mit Spalterkrankung ist signifikant verringert im Vergleich zu den Kontrollprobanden. Insbesondere bei den linksseitigen Kauzyklen stellt sich die Kaufunktion der betroffenen Probanden deutlich eingeschränkt dar. Die Art der Spalterkrankung spielt ebenfalls eine Rolle für die Kaueffizienz, so schneiden die Teilnehmer mit RS bei allen Kauzyklen am schlechtesten ab, während die Probanden mit Lippen-Kiefer-Spalte sogar bessere Ergebnisse erzielen als die Kontrollprobanden. Die Ergebnisse der Kaueffizienz von Spaltseite zu gesunder Seite unterscheiden sich bei den einseitigen LKGS-Patienten nicht signifikant. Den Faktoren Alter und Dentitionsstadium kann ein Einfluss nachgewiesen werden. Das Geschlecht beeinflusst nur bei der Kontrollgruppe das Ergebnis des Kauffunktionstest, hierbei schneiden die weiblichen Teilnehmer besser ab als die männlichen. Es kann nachgewiesen werden, dass die Härte der Modellnahrung einen signifikanten Einfluss auf die Kauffunktion hat. Probanden mit kraniofazialer Fehlbildung haben bei der harten Probe signifikant schlechtere Ergebnisse als die Kontrollprobanden. Mit zunehmender Schwere der Spalterkrankung können die Probanden die harten und die mittelharten Testbodies schlechter zerkauen. Auch die Faktoren skelettale Klasse, Angle Klasse und Kreuzbisse beeinflussen die Ergebnisse. Den stärksten Einfluss haben vorliegende Kreuzbisse, sie reduzieren die Kauleistung der betroffenen Probanden mit einer Spalterkrankung signifikant. Das Vorliegen einer skelettalen Kl. III vermindert die Kauffunktion bei Betrachtung der gesamten Studienpopulation. Innerhalb der CD-Gruppe erreichen die Kl. III Probanden jedoch die besten Ergebnisse. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe mit skelettaler Kl. II zeigen gesamtstatistisch signifikant bessere Werte als die mit Kl. III. Die Angle Kl. III- Probanden schneiden beim Kauffunktionstest signifikant schlechter ab als die mit Kl. II. Zwischen Kl. II und Kl.

Zusammenfassung

I kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die MLQ von Probanden mit und ohne CD weist keinen relevanten Unterschied auf. Bei der Betrachtung der Untergruppen schneiden die Patienten mit CD bei den Fragen bezüglich der psychischen Lebensqualität schlechter ab als die Kontrollprobanden, bei der funktionellen Lebensqualität verhält es sich umgekehrt. Bei einzelnen Fragen ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, so zum Beispiel bei Frage 10 ("neigte dazu, gereizt zu sein") und bei Frage 5 („Ernährung unbefriedigend“).

Die Ergebnisse dieser Arbeit stimmen mit den bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen überein. Eine Ausnahme bilden dabei die Ergebnisse der Kaueffizienz für die Auswertung der skelettalen Klassen der Kontrollprobanden. Hier sollten weitere Studien stattfinden um zu überprüfen, ob die Kaufunktion von kieferorthopädisch behandelten Probanden mit skelettaler Kl. II der von Probanden mit Kl. I tatsächlich gleichwertig ist. Die Unterlegenheit der Kaufunktion der Probanden mit skel. Kl. III ist hingegen in der Literatur gut zu finden. Daten über die Kauffunktion von Probanden mit Robin-Sequenz wurden bisher nicht erhoben, daher leistet diese Studie einen wertvollen Beitrag und liefert neue Erkenntnisse. Weitere Studien mit einer größeren Probandenzahl mit RS und CD sollten in Zukunft durchgeführt werden, um die gewonnenen Erkenntnisse zu validieren. Weiterhin sollte die körperliche Entwicklung von Kindern mit und ohne CD in kieferorthopädischer Behandlung in Bezug zu ihrer Kauffunktion gesetzt werden, um zu überprüfen ob eine verringerte Kauleistung mit Unter- oder Übergewicht korreliert. Dafür könnte der BMI oder die KiGGS-Referenzperzentile für Körpermaße zum Einsatz kommen. Außerdem sollte zukünftig die Homogenität der Ergebnisse des Kauffunktionstests mit untersucht werden, um genauere Ergebnisse zu erhalten und bessere Aussagen über die Kauffunktion treffen zu können.

Die Einführung von Trainingsprogrammen zur Verbesserung der Kaueffizienz, beispielsweise durch täglich 5 Minuten beidseitiges Kaugummikauen, könnte die Kaueffizienz von CD-Patienten verbessern. Daher sollte in Betracht gezogen werden, dieses in das interdisziplinäre Behandlungskonzept für CD-Patienten mit aufzunehmen.

6 Literaturverzeichnis

Bücher:

- BUMANN, A & OTT, R. (2003). Klinik- und Praxisführer Zahnmedizin. Stuttgart, Thieme: 534f
- GORLIN, RJ, COHEN, MM Jr. (1998). The orofacial region. In: JS Wigglesworth, DB Singer, editors. Textbook of fetal and perinatal pathology, 2nd edition. Malden, Mass: Blackwell Science: 732–778.
- HARZER, W (1999). Lehrbuch der Kieferorthopädie; München, Hanser Fachbuch: 57
- HÄUPL, K. (1961). Das Kausystem in seinen Beziehungen zu den zahnärztlichen prothetischen Maßnahmen. In H. Böttger & K. Häupl (Hrsg.), Zahnärztliche Prothetik Bd. I (S. 4-267). Leipzig: Johann Ambrosius Bahr.
- HINRICHSSEN, K. (1990). Humanembryologie - Lehrbuch und Atlas der vorgeburtlichen Entwicklung des Menschen (1. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. ISBN/EAN: 9783662078167
- HOLTGRAVE, E & RUDZKI-JANSON, I. (2002). Kieferorthopädische Therapie bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Kieferorthopädie III, Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 12(4) Verlag Unser Wissen: 138-172
- HOTZ, R. (1980). Orthodontie in der täglichen Praxis. Bern: Verlag Hans Huber: 99,120
- HUTTERER, R. (2015). Rodentia, Nagetiere. In W. Westheide & G. Rieger (Hrsg.), Spezielle Zoologie – Teil 2: Wirbeltiere oder Schädeltiere (S. 551-566). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- KAHL-NIEKE, B. (2009). Einführung in die Kieferorthopädie. (3. Aufl.). Köln: Deutscher Zahnärzte-Verlag: 147f
- LEHMANN, KM, HELLWIG, E, WENZ H.-J. (2005). Zahnärztliche Propädeutik. 10. Auflage. Köln: Urban & Fischer: 6f.
- LUCAS, PW (2004). Dental Functional Morphology: How Teeth Work. Cambridge: Cambridge University Press: 23
- NEUMANN, H. (1966). Entstehung, Prävention und klinisches Bild der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. In: Andrä, A. (1989): Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten. Ätiologie, Morphologie, Klinik, komplexe Rehabilitation. Leipzig, JA Barth: 15-71
- OPITZ, C. (2002) Kieferorthopädische Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH.: 9,53

- PROFFIT, R.W. & FIELDS, H.W. (2007). Contemporary orthodontics. St Louis: Mosby: 6,131,158,221
- SADLER, T. W. (2003). Medizinische Embryologie (10. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag: 106-107; 204-206
- SANDER, F, SCHWENZER, N., EHRENFELD M., (2011). Kieferorthopädie (2. Aufl.), Stuttgart: Georg Thieme Verlag: 27f
- SCHLIEMANN, H (2015). Carnivora, Raubtiere. In: Westheide W (Hrsg.), Rieger G: Spezielle Zoologie – Teil2: Wirbel- oder Schädeltiere. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag: 638-660.
- SCHWENZER, N, EHRENFELD M, (2010). Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (4.Aufl.), Stuttgart: Thieme: 35-39
- SCHWENZER, N, EHRENFELD M, (2011). Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde, Band 2: Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (4.Aufl.), Stuttgart: Georg Thieme Verlag: 192f
- ULFIG. N, BRAND-SABERI, B (2017). Kurzlehrbuch Embryologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag: 73 ff
- WICHELHAUS, A (2012). Farbatlanten der Zahnmedizin: Kieferorthopädie – Therapie Band 1. Stuttgart: Thieme: 73ff; DOI: 10.1055/b-0034-18347
- ZILLES, K & TILLMANN B, (2010): Anatomie. (1. Aufl.), Heidelberg: Springer Medizin Verlag: 67

Artikel:

- ABED AL JAWAD, F, CUNNINGHAM, S.J., CROFT, N, JOHAL, A. (2012). A qualitative study of the early effects of fixed orthodontic treatment on dietary intake and behaviour in adolescent patients. *Eur J Orthod*. 2012 Aug;34(4):432-6. doi: 10.1093/ejo/cjr032
- AKCAM, M.O., EVIRGEN, S., USLU, O., MEMIKOĞLU, U.T. (2010). Dental anomalies individuals with cleft lip and/or palate. *Eur J Orthod* 2010 32: 207-213
- ADAMS, G.R., CRANE, P.M. (1980). An Assessment of Parents' and Teachers' Expectations of Preschool Children's Social Preference for Attractive or Unattractive Children and Adults. *Child Development*, 51: 224-231.
- AL JAMAL, G.A., HAZZA'A, A.M., RAWASHDEH, M.A. (2010). Prevalence of dental anomalies in a population of cleft lip and palate patients. *Cleft Palate Craniofac J* 47(4),: 413-420; doi: 10.1597/08-275.1

- ALLISON, P., LOCKER, D., JOKOVIC, A., SLADE, G. (1999). A cross-cultural study of oral health values. *Journal of Dental Research*, 78: 643–649
- ALMOTAIRY, N., KUMAR, A., GRIGORIADIS, A. (2021). Effect of food hardness on chewing behavior in children. *Clin Oral Investig*. 2021 Mar;25(3):1203-1216.
- ALMOTAIRY, N., KUMAR, A., TRULSSON, M., GRIGORIADIS, A. (2018). Development of the jaw sensorimotor control and chewing - a systematic review. *Physiol Behav*. 194: 456-465.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.06.037>
- ANDRIK, P. (1986). Klinische Anthropologie und Kieferorthopädie: gemeinsame Probleme und Interessen. *Anthropologie (Brno)* 24, 2-3: 105-109
- ANTONARAKIS, G. S., PATEL, R. N., & TOMPSON, B. (2013). Oral health-related quality of life in non-syndromic cleft lip and/or palate patients: a systematic review. *Community dental health*, 30(3), 189–195.
- APPOLLONIO, I., CARABELLESE, C., FRATTOLA, A. (1997). Influence of dental status on dietary intake and survival in community-dwelling elderly subjects. *Age Ageing*; 26: 445–456
- ARAKAWA, I., KOIDE, K., TAKAHASHI, M., MIZUHASHI, F. (2015): Effect of the tongue rotation exercise training on the oral functions in normal adults - Part 1 investigation of tongue pressure and labial closure strength. *J Oral Rehabil*. 42(6): 407-13.
- ASTL, E. (2018). Der posteriore Kreuzbiss – wann sollte man ihn behandeln und welche Konsequenzen können bei Nichtbehandlung auftreten?. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie* 2018; 50(01): 63-65
DOI: 10.1055/s-0044-102088
- AUNG, P.T., KATO, C., FUJITA, A., ABE, Y., OGAWA, T., ISHIDORI, H., OKIHARA, H., KOKAI, S., ONO, T. (2021). Effects of low occlusal loading on the neuromuscular behavioral development of cortically-elicited jaw movements in growing rats. *Sci Rep*. 2021 Mar 30;11(1):7175. doi: 10.1038/s41598-021-86581-9
- BACHER, M., LINZ, A., BUCHENAU, W., ARAND, J., KRIMMEL, M., POETS, C. (2010). Therapeutisches Vorgehen bei Pierre-Robin-Sequenz, *Laryngo-rhino-otologie*, 2010, 89(10): 621–629
- BARRERA, L.M., BUSCHANG, P.H., THROCKMORTON, G.S., ROLDÁN, S.I. (2011). Mixed longitudinal evaluation of masticatory performance in children 6 to 17 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 May;139(5):e427-34. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.08.031

- BATES, J.F., STAFFORD, G.D., HARRISON, A. (1976). Masticatory function - a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J Oral Rehabil.* 1976 Jan;3(1):57-67.
- BAUER, J., BIOLO, G., CEDERHOLM, T., CESARI, M., CRUZ-JENTOFT, A.J., MORLEY, J.E., PHILLIPS, S., SIEBER, C., STEHLE, P., TETA, D., VISVANATHAN, R., VOLPI, E., BOIRIE, Y. (2013). Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: a position paper from the PROT-AGE study group. *J.Am.Med.Dir.Assoc.* 14(2013): 542–559.
- BERNHEIM, N., GEORGES, M., MALEVEZ, C., DE MEY, A., MANSBACH, A. (2006). Embryology and epidemiology of cleft lip and palate. *B-ENT.* 2006;2 Suppl 4:11-9.
- BERSCHIED, E., GANGESTAD, S. (1982). The social psychological implications of facial physical attractiveness. *Clin Plast Surg.* 1982 Jul;9(3):289-96.
- BOURDIOL, P., MIOCHE, L. (2000). Correlations between functional and occlusal tooth-surface areas and food texture during natural chewing sequences in humans. *Arch.Oral Biol.* 45: 691–699
- BRADBURY, J., THOMASON, J.M., JEPSON, N.J. (2008). Perceived chewing ability and intake of fruit and vegetables. *J Dent Res* 2008; 87:720-725.
- CAOQUETTE-LABERGE, L., BAYET, B., LAROCQUE, Y. (1994). The Pierre Robin sequence. *Plast Reconstr Surg* 93(5):934–942
- CARLSSON, G.E. (1984). Masticatory efficiency: the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. *Int-Dent-J* 34(2), 93-97.
- Carter LA, Geldenhuys M, Moynihan PJ, Slater DR, Exley CE, Rolland SL. (2015): The impact of orthodontic appliances on eating - young people's views and experiences. *J Orthod.* 2015 Jun;42(2):114-22. doi: 10.1179/1465313314Y.0000000128
- CASSI, D., DI BLASIO, A., DI BENEDETTO, L., BIASE, C., DE PEDRAZZI, G., PIANCINO, M.G. (2021) Evaluation of masticatory function in patients with cleft lip and/or palate. *European journal of oral sciences.* 2021;129(3):e12781.
- CHANGSIRIPUN, C., PATIVETPINYO, D. (2020). Masticatory function after bite-raising with light-cured orthodontic band cement in healthy adults. *Angle Orthod.* 2020 Mar;90(2):263-268. doi: 10.2319/021519-112.1
- CLARK, H.M., O'BRIEN, K., CALLEJA, A., CORRIE, S.N. (2009). Effects of directional exercise on lingual strength. *J Speech Lang Hear Res.* 2009 Aug;52(4):1034-47.

- CLIFFORD, M.M., WALSTER, E. (1973). The Effect of Physical Attractiveness on Teacher Expectations. *Sociology of Education* 1973, 46: 248.
- COBOURNE, M. T. (2004): The complex genetics of cleft lip and palate. *Eur J Orthod* 26: 7–16
- COHEN, M. M. Jr., (2002): Malformations of the craniofacial region: evolutionary, embryonic, genetic, and clinical perspectives, *American journal of medical genetics* 115(4): 245–268
- CORCORAN, M., KARKI, S., HARILA, V., KYNGÄS, H., LUOTO, A., YLIKONTIOLA, L.P., SÁNDOR, G.K., ANTTONEN, V. (2020). Oral health-related quality of life among young adults with cleft in northern Finland. *Clin. Exp. Dent. Res.* 2020, 6, 305–310
- CRESTI, L. (2018). Chewing with deciduous, mixt and permanent dentition. Master-Thesis, Steinbeis Universität Berlin: 25-97
- DALAIE, K., BEHNAZ, M., KHODABAKHSHI, Z., HOSSEINPOUR, S. (2018). Impact of malocclusion severity on oral health-related quality of life in an Iranian young adult population. *Eur J Dent.* 2018 Jan-Mar;12(1):129-135
- DASKALOGIANNAKIS, J., ROSS, R.B., TOMPSON, B.D. (2001). The mandibular catch-up growth controversy in Pierre Robin sequence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001 Sep;120(3):280-5.
- DIXON, M.J., MARAZITA, M. L., MURRAY, J. C. (2011). Cleft lip and palte understanding genetic and enironmental influences, *Nat Rev Genet* 12(2011)16-17.
- DUARTE, L., BEZERRA, A.P., FLORES-MIR, C., DE LUCA CANTO, G., PEREIRA, L.J., VEGA GONÇALVES, T.M.S. (2022). Activation and installation of orthodontic appliances temporarily impairs mastication. *Angle Orthod.* 2022 Mar 1;92(2):275-286. doi: 10.2319/061221-469.1
- ENGLISH, J.D., BUSCHANG, P.H., THROCKMORTON, G.S. (2002). Does malocclusion affect masticatory performance? *Angle Orthod.* 2002 Feb;72(1):21-7.
- EVANS, K.N., SIE, K.C., HOPPER, R.A., GLASS, R.P., HING, A.V., CUNNINGHAM, M.L. (2011). Robin sequence: from diagnosis to development of an effective management plan. *Pediatrics.* 2011 May;127(5):936-48.
- FALCONER, D.S. (1965). The inheritance of liability to certain diseases, estimated from the incidence among relatives. *Annals of Human Genetics.* 29(1): p. 51-76
- FONTIJN-TEKAMP, F.A., SLAGTER, A.P., VAN DER BILT, A., VAN 'T HOF, M.A., WITTER, D.J., KALK, W., JANSEN, J.A. (2000). Biting and

chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res.*,79(7):1519-24.

- FOO, P., SAMPSON, W., ROBERTS, R., JAMIESON, L., DAVID, D. (2012). General health-related quality of life and oral health impact among Australians with cleft compared with population norms; age and gender differences. *Cleft Palate Craniofac. J.* 2012, 49, 406–413, doi:10.1597/10-126.
- FOSTER, K.D., WODA, A., PEYRON, M.A. (2006) Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication. *J Neurophysiol.* 2006 Jun;95(6):3469-79.
- GAMEIRO, G.H., SCHULTZ, C., TREIN, M.P., MUNDSTOCK, K.S., WEIDLICH, P., GOULARTE, J.F. (2015). Association among pain, masticatory performance, and proinflammatory cytokines in crevicular fluid during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 Dec;148(6):967-73. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.05.029
- GARCIA, M.A., RIOS, D., HONÓRIO, H.M., TRINDADE-SUEDAM, I.K. (2016). Bite force of children with repaired unilateral and bilateral cleft lip and palate. *Arch Oral Biol.* 2016 Aug;68: 83-7.
- GARCIA, R.I., PERLMUTER, L.C., CHAUNCEY, H.H. (1989). Effects of dentition status and personality on masticatory performance and food acceptability. *Dysphagia.* 4(2):121-6.
- GAVIÃO, M.B., RAYMUNDO, V.G., SOBRINHO, L.C. (2001). Masticatory efficiency in children with primary dentition. *Pediatr Dent.* 2001 Nov-Dec;23(6):499-505
- GIBBS, C. H., LUNDEEN, H. C., MAHAN, P. E., & FUJIMOTO, J. (1981). Chewing movements in relation to border movements at the first molar. *The Journal of prosthetic dentistry*, 46(3), 308–322. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90220-1](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90220-1)
- GIBBS, C. H., MAHAN, P. E., LUNDEEN, H. C., BREHMAN, K., WALSH, E. K., SINKEWIZ, S. L., & GINSBERG, S. B. (1981). Occlusal forces during chewing-influences of biting strength and food consistency. *The Journal of prosthetic dentistry*, 46(5), 561–567. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90247-x](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90247-x)
- GIBBS, C. H., WICKWIRE, N. A., JACOBSON, A. P., LUNDEEN, H. C., MAHAN, P. E., & LUPKIEWICZ, S. M. (1982). Comparison of typical chewing patterns in normal children and adults. *Journal of the American Dental Association* (1939), 105(1), 33–42. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1982.0073>

Literaturverzeichnis

- GOMES, S.G., CUSTODIO, W., FAOT, F., DEL BEL CURY, A.A., GARCIA, R.C. (2010). Masticatory features, EMG activity and muscle effort of subjects with different facial patterns. *J Oral Rehabil.* 37(11):813-9.
- GROSEN, D., CHEVRIER, C., SKYTTHE, A., BILLE, C., MØLSTED, K., SIVERTSEN, A., MURRAY, J.C., CHRISTENSEN, K. (2010). A cohort study of recurrence patterns among more than 54,000 relatives of oral cleft cases in Denmark: support for the multifactorial threshold model of inheritance. *J Med Genet.* Mar; 47(3): 162-8.
- HASUND, A. (1974). Klinische Kephalexometrie für die Bergen Technik. Kieferorthopädische Abteilung des Zahnärztlichen Instituts der Universität Bergen, Bergen, Norwegen.
- HALAZONETIS, D.J., SCHIMMEL, M., ANTONARAKIS, G.S., CHRISTOU, P. (2013). Novel software for quantitative evaluation and graphical representation of masticatory efficiency. *J Oral Rehabil* 40:329–335.
- HAMA, Y., HOSODA, A., KUBOTA, C., GUO, R., SOEDA, H., YAMAGUCHI, K., OKADA, M., MINAKUCHI, S. (2023). Factors related to masticatory performance in junior and senior high school students and young adults: A cross-sectional study. *J Prosthodont Res.* 2023 Jul 31;67(3):424-429.
- HELKIMO, E., CARLSON, G.E. & HELKIMO, M. (1978). Chewing efficiency and state of dentition. *Acta Odont Scan.* 36(1): 33-41.
- HELKIMO, E., CARLSSON, G.E. & HELKIMO, M. (1977). Bite force and state of dentition. *Acta Odont Scan:* 279-303.
- HENRIKSON, T., EKBERG, E.C. & NILNER, M. (1998). Masticatory efficiency and ability in relation to occlusion and mandibular dysfunction in girls, *The International Journal of Prosthodontics*, 11:125–132.
- HIDESHIMA, M. (1989). Masticatory movements in cleft lip and palate patients with unilateral buccal cross-bite. The effect of different buccal overlap on pattern of chewing. *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi.* 1989 Oct;33(5):1168-82.
- HOCHSTETTER, F (1891) Über die Bildung der inneren Nasengänge oder primitiven Choanen. *Ergänzungsheft Anatomischer Anzeiger* 6: 145-151
- HODGKINSON, P.D., BROWN, S., DUNCAN, D., GRANT, C., MCNAUGHTON, A., THOMAS, P, MATTICK, C.R. (2005): Management of children with cleft lip and palate: A review describing the application of multidisciplinary team working in this condition based upon the experiences of a regional cleft lip and palate centre in the united kingdom. *Fetal and Maternal Medicine Review* 16 2005: 1-27
- HUGGER, A. (2000): Gelenknahe elektronische Erfassung der Unterkieferfunktion und ihre Umsetzung in den Artikulator. Klinisch-

experimentelle Untersuchungen an Probanden und Patienten.
Quintessenz, Berlin 2000:1

HUYSKENS, R.W., KATSAROS, C., VAN 'T HOF, M.A., KUIJPERS-JAGTMAN, A.M. (2006). Dental age in children with a complete unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J* 2006 43: 612-61

IBRAHIM, F., ARIFIN, N., RAHIM, Z.H.A. (2013). Effect of orofacial myofunctional exercise using an oral rehabilitation tool on labial closure strength, tongue elevation strength and skin elasticity. *J. Phys. Ther. Sci.* 2013, 25, 11–14.

JAHANBIN, A., AHRARI, F., SAEIDI, M., MOEINIFAR, A., SHARIFI, F. (2019). The Electrical Activity of Masseter and Anterior Temporal Muscles in Patients With Unilateral Cleft Lip and Palate. *J Craniofac Surg.* 2019 Sep;30(6):e547-e551.

JOHANNES, L. (2019): Zur Funktionalität, Hygiene, Kaueffizienz und craniomandibulären Dysfunktion bei Totalprothesenträgern. Dissertation 2019 Universität des Saarlandes

JOHN, M.T., LERESCHE, L., KOEPEL, T.D., HUJOEL, P., MIGLIORETTI, D.L., MICHEELIS, W. (2003), Oral health-related quality of life in Germany. *Eur J Oral Sci.* 2003 Dec;111(6):483-91.

JOHN, M.T., MICHEELIS, W., BIFFAR, R. (2004) Normwerte mundgesundheits-bezogener Lebensqualität für Kurzversionen des Oral Health Impact Profile [Reference values in oral health-related quality of life for the abbreviated version of the Oral Health Impact Profile]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2004;114(8):784-91.

JOHNSTON, M.C. & BRONSKY, P.T. (1995). Prenatal Craniofacial Development: New Insights On Normal and Abnormal Mechanisms. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine.* 1995;6(1):25-79.

JOSHI, N., HAMDAN, A.M., FAKHOURI, W.D. (2014). Skeletal malocclusion: a developmental disorder with a life-long morbidity. *J Clin Med Res.* 2014 Dec;6(6):399-408.

KATZER, L., TARKOWSKA, A., AHLERS, M.O. (2015). Kaufunktionsmessung. *Quintessenz* 2015;66(12):1471–1478.

KEß, S. (2020). Einfluss von Zahn- und Kieferfehlstellungen auf die Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung demographischer und psychologischer Einflussfaktoren. Dissertation (2020) an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

KIM, H.E., KIM, B.I. (2017). Measures of Dynamic Chewing Function, Rather than the Number of Teeth, are a Better Predictors of the Elderly's Ability

- to Intake Food and Nutrients. *J Evid Based Dent Pract.* Sep;17(3):274-277.
- KJÆR, I. (2012). Dental approach to craniofacial syndromes: how can developmental fields show us a new way to understand pathogenesis? *Int J Dent* 2012:1-10
- KOBAYASHI, T., HONMA, K., NAKAJIMA, T., HANADA, K. (1993). Masticatory function in patients with mandibular prognathism before and after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993 Sep;51(9):997-1001; discussion 1002-3.
- KOCH, J. (1968). On the Diagnostics of Clefts of the Lip, Alveolus and Palate. In: *Clefts of the Lip, Alveolus and Palate*, Celesnik, F. (Hg.), Maribor: 105.
- KOLB, G., LEISCHKER, A., REHMANN, P., WÖSTMANN, B. (2016). Kaufunktion und Ernährungsstatus. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 41:271–274.
- KOOS, B., REINERT, S., POETS, C., (2018). Kindliche Fehlbildungen im Kiefer- und Gesichtsbereich: Therapiekonzepte an der Schnittstelle *Zahnärztliche Mitteilung* Heft 23_24/2018: 52-60.
- KORTELAJAINEN, T., TOLVANEN, M., LUOTO, A., YLIKONTIOLA, L.P., SÁNDOR, G.K., LAHTI, S. (2016). Comparison of Oral Health-Related Quality of Life Among Schoolchildren With and Without Cleft Lip and/or Palate. *Cleft Palate Craniofac. J.* 2016, 53, e172-6, doi:10.1597/14-180.
- KRIENS, O. (1989). LAHSHAL - A concise documentation system for cleft lip, alveolus and palate diagnoses. In: Kriens, O. (Hg.): *What is a cleft lip and palate? A multidisciplinary update.* Workshop Bremen 1987. Stuttgart: Thieme, 1989, S. 30 – 36.
- KROST, B. (2001). Saisonale Einflüsse bei der Entstehung von Lippen- Kiefer- Gaumenspalten Dissertation 2001 Universität Göttingen
- KROST, B., SCHUBERT, J. (2006). Influence of season on prevalence of cleft lip and palate *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2006 (3): 215–218.
- KUBOTA, N., HAYASAKI, H., SAITOH, I., IWASE, Y., MARUYAMA, T., INADA, E., HASEGAWA, H., YAMADA, C., TAKEMOTO, Y., MATSUMOTO, Y., YAMASAKI, Y. (2010). Jaw motion during gum-chewing in children with primary dentition. *Cranio.* 2010 Jan;28(1):19-29.
- KULCHUTISIN, P., SOWITHAYASAKUL, T., PUMKLIN, J., PIYAPATTAMIN, T. (2022). Electromyographic Evaluations of Masticatory Muscle Activity between Patients with Skeletal Class I and III Relationships. *Eur J Dent.* 2022 Dec 13:20-24

- KUMAR A., KOTHARI M., GRIGORIADIS A., TRULSSON M., SVENSSON P. (2018). Bite or brain: implication of sensorimotor regulation and neuroplasticity in oral rehabilitation procedures, *J. Oral Rehabil.* 45: 323–333,
- KURATANI, S., MATSUO, I. & AIZAWA, S. (1997). Developmental patterning and evolution of the mammalian viscerocranium: genetic insights into comparative morphology. *Dev Dyn*, 209(2):139–155.
- KURITA, H., OHTSUKA, A., KURASHINA, K. & KOPP, S. (2001). Chewing ability as a parameter for evaluating the disability of patients with temporomandibular disorders. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28: 463–465.
- LAITINEN, S.H., HELIÖVAARA, A., RANTA, R.E. (1997). Craniofacial morphology in young adults with the Pierre Robin sequence and isolated cleft palate. *Acta Odontol Scand.* 1997 Aug;55(4):223-8.
- LE RÉVÉREND, B.J., EDELSON, L.R., LORET, C. (2014). Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *Br J Nutr.* 2014 Feb;111(3):403-14.
- LEISCHKER, A.H., KOLB, G.F., FELSCHEN-LUDWIG, S. (2010). Nutritional status, chewing function and vitamin deficiency in geriatric inpatients. *Eur Geriatr Med* 1:207–212.
- LOCKER, D. (1995). Health outcomes of oral disorders. *Int J Epidemiol.* 1995;24 Suppl 1:S85-9. doi:10.1093/ije/24.supplement_1.s85. PMID: 7558559
- LÓPEZ, O.P., LÓPEZ, L.M., OSORIO, A., RESTREPO, F. (2014). Chewing side preference in children with cleft palate: concordance of three methods, *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2014; 26(1): 89-105.
- LUCAS, P.W., LUKE, D.A. (1983): Methods for analysing the breakdown of food in human mastication. *Arch Oral Biol* 28:813–819.
- LUND, J. P. (1991): Mastication and its control by the brain stem. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* 2 (1):33–64.
- MAAS, C.; POETS, C.F. (2014). Initial treatment and early weight gain of children with Robin Sequence in Germany: A prospective epidemiological study. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* 2014, 99, 491–494.
- MAGALHÃES, I.B., PEREIRA, L.J., MARQUES, L.S., GAMEIRO, G.H. (2010). The influence of malocclusion on masticatory performance. A systematic review. *Angle Orthod.* 2010 Sep;80(5):981-7.
- MAKINO, E., NOMURA, M., MOTEGI, E., IJIMA, Y., ISHII, T., KOIZUMI, Y., HAYASHI, M., SUEISHI, K., KAWANO, M., YANAGISAWA, S. (2014).

- Effect of orthodontic treatment on occlusal condition and masticatory function. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2014;55(4):185-97. doi: 10.2209/tdcpublication.55.185
- MANGOLD, E., KREISS, M. & NÖTHEN, M.M. (2017). Syndromale und nichtsyndromale orofaziale Spalten. *medgen* 29, 397–412.
- MANLY, R.S., BRALEY, L.C. (1950). Masticatory Performance and Efficiency. *J Dent Res* 29:448–462.
- MANLY, R.S., HOFFMEISTER, F.S. (1951). Masticatory function of children with malocclusion. *J Dent Res*;30: 474.
- MATSUDA, A., SUDA, N., MOTOHASHI, N., TSUJI, M. OHYAMA, K. (2006): Skeletal characteristics and treatment outcome of five patients with Robin sequence. *Angle Orthod.* 2006 Sep;76(5):898-908.
- MAUSBACH, K.A., VELTEN, J., REHMANN, P., KOLB, G., WÖSTMANN, B. (2019). Entwicklung und Validierung des „Mini Dental Assessment“: Ein Verfahren zur besseren Einschätzung des zahnärztlichen Behandlungsbedarfes in der Geriatrie. *Z Gerontol Geriatr.*;52(7): 680-687.
- MENDONCA, D.B., PRADO, M.M., MENDES, F.A., BORGES TDE, F., MENDONÇA, G., DO PRADO, C.J., NEVES, F.D. (2009). Comparison of masticatory function between subjects with three types of dentition. *Int J Prosthodont.* 2009 Jul-Aug;22(4):399-404.
- JOHN, M. & MICHEELIS, W. (2000). Lebensqualitätsforschung in der Zahnmedizin: Konzepte, Erfahrungen und Perspektiven - Ein Überblick zur Forschungslandschaft -. *IDZ Information*; 4: 3- 22.
- MILLER, W. D. (1890). The micro-organisms of the human mouth: the local and general diseases which are caused by them, *Classics of Dentistry Library*, Philadelphia.
- MIRALLES, R., HEVIA, R., CONTRERAS, L., CARVAJAL, R., BULL, R., MANNS, A. (1991). Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types. *Angle Orthod.* 1991 Winter;61(4):277-84.
- MISHELLANY, A., WODA A., LABAS R., PEYRON, M.-A. (2006). The challenge of mastication: Preparing a bolus suitable for deglutition. *Dysphagia* 21 (2):87–94.
- MIURA S, UEDA H, IWAI K, CONCEPCION MEDINA C, ISHIDA E, KUNIMATSU R, TANIMOTO K. (2022). Masticatory Function Assessment of Adult Patients With Cleft Lip and Palate After Orthodontic Treatment. *Cleft Palate Craniofac J.* 2022 Mar;59(3):390-398.

- MIYAWAKI S & TAKADA K. (1997). Incisor Crossbite and Repaired Unilateral Cleft Lip and Palate: Changes in Jaw Movement and Temporalis Muscle Activity before and after Edgewise Treatment—Case Report. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*. 34(6): 533-537.
- MONTES, A.B.M., DE OLIVEIRA, T.M., GAVIÃO, M.B.D., DE SOUZA BARBOSA, T. (2018). Occlusal, chewing, and tasting characteristics associated with orofacial dysfunctions in children with unilateral cleft lip and palate: A case-control study. *Clin Oral Investig*. 22(2):941-950.
- MOSSEY, P.A., MODELL, B. (2012). Epidemiology of oral clefts 2012:an international perspective. *Front Oral Biol*. 16:1–18.
- MOWLANA, F., HEATH, M.R., VAN DER BILT, A., VAN DER GLAS, H.W. (1994). Assessment of chewing efficiency: a comparison of particle size distribution determined using optical scanning and sieving of almonds. *J Oral Rehabil*. 21(5):545-51.
- MUELLER, A.A., SADER, R., HONIGMANN, K., ZEILHOFER, H.-F., SCHWENZER-ZIMMERER, K. (2007). Central nervous malformations in presence of clefts reflect developmental interplay. *International Journal of Oral Maxillofac Surg* 36 (4) (2007) 289-295.
- MÜLLER, F., NITSCHKE, I. (2005). Mundgesundheits, Zahnstatus und Ernährung im Alter. *Z (2005): Gerontol Geriatr*. 38, 334–341.
- MÜLLER-HAGEDORN, S., BUCHENAU, W., ARAND, J., BACHER, M., POETS, C. (2017). Treatment of infants with Syndromic Robin sequence with modified palatal plates: a minimally invasive treatment option. *Head & Face Medicine* 13:4.
- NAMASIVAYAM-MACDONALD, A.M., BURNETT, L., NAGY, A., WAITO, A.A., STEELE, C.M. (2017). Effects of Tongue Strength Training on Mealtime Function in Long-Term Care. *Am J Speech Lang Pathol*. 26(4):1213-1224.
- NAQVI, Z.A., SHIVALINGA, B.M., RAVI, S., MUNAWWAR, S.S. (2015). Effect of cleft lip palate repair on craniofacial growth. *J. Orthod. Sci*. 2015, 4, 59–64.
- NGAN, P., HAGG, U., YIU, C., WIE, S. (1997). Treatment response and long-term dentofacial adaptations to maxillary expansion and protraction. *Sem in Orthod*,1997;4:255-264
- NGOM, P.I., DIAGNE, F., AÏDARA-TAMBA, A.W., SENE, A. (2007). Relationship between orthodontic anomalies and masticatory function in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 131(2):216-22.
- NGUYEN, C.T. (2001). Auswirkung der Qualität des Zahnersatzes und der Kau-effizienz auf den Ernährungszustand geriatrischer Patienten und die

Entwicklung eines Kaufunktionstests. Dissertation 2001 Justus-Liebig-Universität Gießen.

- NISWANDER, J.D., MACLEAN, C.J., CHUNG, C.S., DRONAMRAJU, K. (1972). Sex ratio and cleft lip with or without cleft palate. *Lancet* 2: 858-860.
- OHIRA, A., ONO, Y., YANO, N., TAKAGI, Y. (2012). The effect of chewing exercise in preschool children on maximum bite force and masticatory performance. *Int J Paediatr Dent.* 22(2):146-53.
- OHRBACH, R., LARSSON, P., LIST, T. (2008). The jaw functional limitation scale: development, reliability, and validity of 8-item and 20-item versions. *J Orofac Pain* 22 :219-230.
- OLIVEIRA, C.M. DE, SHEIHAM, A. (2003). The relationship between normative orthodontic treatment need and oral health-related quality of life. *Community dentistry and oral epidemiology* 2003, 31, 426–436.
- OLIVEIRA, R.L.B. DE, SANTANA SANTOS, T. DE, ALMEIDA TEIXEIRA, J.L. DE, MARTINS-FILHO, P.R.S., DA SILVA, L.C.F. (2015). Health-Related Quality of Life Patients With a Cleft Lip and/or Palate. *J. Craniofac. Surg.* 26, 2315–2319.
- ONO, Y., LIN, Y.F., IJIMA, H., MIWA, Z., SHIBATA, M. (1992). Masticatory training with chewing gum on young children. *Kokubyo Gakkai Zasshi.* 59(2):512-7.
- PANCHERZ, H., ANEHUS-PANCHERZ, M. (1980). Muscle activity in class II, division 1 malocclusions treated by bite jumping with the Herbst appliance. An electromyographic study. *Am J Orthod.*; 78(3):321-9.
- PARKER, S.E., MAI, C.T., CANFIELD, M.A., RICKARD, R., WANG, Y., MEYER, R.E., ANDERSON, P., MASON, C.A., COLLINS, J.S., KIRBY, R.S. (2010). Updated national birth prevalence estimates for selected birth defects in the United States, 2004–2006. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol.*;81(12):1008–1016.
- PFEIFER, G (1966): Morphology of the Formation of Clefts as a Basis for Treatment, In K. Schuchardt (Ed.), *Treatment of Patients with Clefts of Lip, Alveolus and Palate*, (2nd Hamburg International Symposium, July 6-8, 1964), Thieme, Stuttgart, 1966a: 14-24.
- PFEIFER, G. (1981): Mißbildungen und Kieferanomalien. In: Heberer, G., Schweiberer, L. (eds) *Indikation zur Operation*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- PIANCINO, M.G., TALPONE, F., SERVO, C., BRACCO, P. (2005). Valutazione del pattern masticatorio di una paziente con esiti di labiopalatoschisi e crossbite bilaterale. *Ortodon Clin.* 2005;1:53– 60.

- PIOMBINO, P.; RUGGIERO, F.; DELL'AVERSANA ORABONA, G.; SCOPELLITI, D.; BIANCHI, A.; SIMONE, F. DE; CARNEVALE, N.; BRANCATI, F.; IENGO, M.; GRASSIA, M.G. (2014). Development and validation of the quality-of-life adolescent cleft questionnaire in patients with cleft lip and palate. *J. Craniofac. Surg.* 2014, 25:1757–1761.
- POETS, C. F., MAAS, C., BUCHENAU, W., ARAND, J., VIERZIG, A., BRAUMANN, B., & MÜLLER-HAGEDORN, S. (2017). Multicenter study on the effectiveness of the pre-epiglottic baton plate for airway obstruction and feeding problems in Robin sequence. *Orphanet journal of rare diseases*, 12(1): 46. <https://doi.org/10.1186/s13023-017-0602-8>
- PREUGSCHAT, K. (2015). Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität von Bewohnern von Hamburger Alten- und Altenpflegeheimen. Dissertation (2015) an der Universität Hamburg
- RANDALL, P. (1959). A triangular flap operation for the primary repair of unilateral clefts of the lip. *Plast Reconstr Surg Transplant Bull*, 23(4):331-47.
- REINERT, S., KRIMMEL, M., (2003). Das Tübinger Konzept zur chirurgischen Behandlung von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, *Forum Logopädie*: 6-11.
- REINING, E. (2010). Klassifikation der Lippen-Kiefer-Gaumen-Segel-Fehlbildungen (Spalten). Dissertation 2010 Universität Gießen, URL: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2011/8261/>
- RENNEBECK, L. (2015). Zum Einfluss unterschiedlicher Volumina gleichen Kaugutes auf das Kaumuster vollbezogener junger Erwachsener, Dissertation 2015 Universität Marburg
- ROBERT KOCH-INSTITUT, ABTEILUNG FÜR EPIDEMIOLOGIE UND GESUNDHEITSMONITORING (2013). Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) 2. erweiterte Auflage: 12-22, ISBN 978-3-89606-218-5
- ROBIN, P. (1923). A fall of the base of the tongue considered as a new cause of nasopharyngeal respiratory impairment: Pierre Robin sequence, a translation. 1923. *Plast. Reconstr. Surg.* 1994;93: 1301–1303.
- SATO, S., FUEKI, K., SATO, H., SUEDA, S., SHIOZAKI, T., KATO, M., OHYAMA, T. (2003). Validity and reliability of a newly developed method for evaluating masticatory function using discriminant analysis. *J Oral Rehabil.* 2003 Feb;30(2):146-51.
- SALYER, K.E. (1992). Early and late treatment of unilateral cleft nasal deformity. *Cleft Palate Craniofac J* 29 1992: 556-569

- SCHIMMEL, M., KATSOULIS, J., GENTON, L., MÜLLER, F. (2015). Masticatory function and nutrition in old age. *Swiss Dent J.* 125(4):449-54.
- SCHMIDT, M., SLAVICEK, G., SLAVICEK, F., SCHULZ, M.C., ARETXABALETA, M., EFFERT, J., KOOS, B., WEISE, C. (2023). Masticatory Efficiency in Orthodontic Patients with Craniofacial Disorder. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20: 4324.
- SCHUBERT, J., METZKE, H., BITTROFF, H., HINTZ, J., LINDNER, H. (1988). The significance of microforms of CLP for anomalies and malformations of the jaws and face. *Acta ChirPlast* 30:14-20.
- SEEHRA, J., FLEMING, P.S., NEWTON, T., DIBIASE, A.T. (2011). Bullying in orthodontic patients and its relationship to malocclusion, self-esteem and oral health-related quality of life. *J. Orthod.*, 38, 247-56.
- SHEIHAM, A. (2005). Oral health, general health and quality of life. *Bull World Health Organ.* 2005 Sep;83(9):644.
- SILVEIRA, S., VALERIO, P., MACHADO JÚNIOR, A.J. (2022). The Law of Minimum Vertical Dimension: Evidence for Improvement of Dental Occlusion. *Eur J Dent*, 16(2):241-250
- SINGH, M., TRIPATHI, A., RAJ, N., SINGH, R.D. (2014). Evaluation of masticatory performance in subjects with shortened dental arch: A comparative study. *Eur J Gen Dent* 3:146.
- SISCHO, L., BRODER, H.L. (2011). Oral health-related quality of life: what, why, how, and future implications. *Journal of Dental Research*, 90, 1264–1270.
- SLAGTER, A.P., BOSMAN, F., VAN DER BILT, A. (1993). Comminution of two artificial test foods by dentate and edentulous subjects. *J Oral Rehabil.* 1993 Mar;20(2):159-76.
- SLAGTER, A.P., OLTHOFF, L.W., BOSMAN, F., STEHEN, W.H. (1992). Masticatory ability, denture quality, and oral conditions in edentulous subjects. *J Prosthet Dent*, 68(2):299-307.
- SLAVICEK, G. (2020). The Influence of occlusion on masticatory efficiency considering relevant influencing factors. *Stomatology Edu Journal*.7(3):197-206 doi: [https://doi.org/10.25241/stomaeduj.2020.7\(3\).art.6](https://doi.org/10.25241/stomaeduj.2020.7(3).art.6)
- SLAVICEK, G. (2010). Human mastication. *Int J Stomatol Occlusion Med* 3:29–41.
- SLAVICEK, G., SCHIMMER, C. (2009). Analysis of human mastication behavior: a new approach using planar calculations of fragmented

chewing sequences. *international journal of stomatology & occlusion medicine* 1/2010:61–67.

SLAVICEK, G., SOYKHER, M., GRUBER, H., SIEGL, P., OXTOBY, M. (2009): A novel standard food model to analyze the individual parameters of human mastication. *Int J Stomatol Occlusion Med* 2:163–174

SLAVICEK, G., SOYKHER, M., GRUBER, H., SIEGL, P., OXTOBY, M. (2009). Fallstudien zur Analyse des Kauens Teil 1: die Standardanalyse. *Stomatologie* 106:119–129.

SLAVICEK, G., SOYKHER, M., GRUBER, H., SIEGL, P. (2010). Relevance of a standard food model in combination with electronic jaw movement recording on human mastication pattern analysis. *Adv Biosci Biotechnol* 01:68–78.

SOUTO-SOUZA, D., SOARES, M.E.C., PRIMO-MIRANDA, E.F., PEREIRA, L.J., RAMOS-JORGE, M.L., RAMOS-JORGE, J. (2020). The influence of malocclusion, sucking habits and dental caries in the masticatory function of preschool children. *Braz Oral Res.* 19;34:e059.

SURI, S., ROSS, R.B., TOMPSON, B.D. (2006). Mandibular morphology and growth with and without hypodontia in subjects with Pierre Robin sequence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 130(1):37-46.

SURI, S., ROSS, R.B., TOMPSON, B.D. (2010). Craniofacial morphology and adolescent facial growth in Pierre Robin sequence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 137(6):763-74.

TATE, G.S., THROCKMORTON, G.S., ELLIS, E. 3RD, SINN, D.P. (1994). Masticatory performance, muscle activity, and occlusal force in preorthognathic surgery patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 52(5):476-81; discussion 482.

TENNISON, C.W. (1946). The repair of the unilateral cleft lip by the stencil method. *Plast Reconstr Surg.* 9(2):115-20.

THOMSON, W.M.; BRODER, H.L. (2018): Oral-Health-Related Quality of Life in Children and Adolescents. *Pediatr. Clin. North Am.*, 65, 1073–1084.

TOGAWA, R., OHMURE, H., SAKAGUCHI, K., TAKADA, H., OIKAWA, K., NAGATA, J., YAMAMOTO, T., TSUBOUCHI, H., MIYAWAKI, S. (2009). Gastroesophageal reflux symptoms in adults with skeletal Class III malocclusion examined by questionnaires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 136(1):10.e1-6.

TOLAROVA, M.M. (1987). Orofacial clefts in Czechoslovakia: incidence, genetics, and prevention of cleft lip and palate over a 19-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 21:19-25.

- TORO, A., BUSCHANG, P.H., THROCKMORTON, G., ROLDÁN, S. (2006). Masticatory performance in children and adolescents with Class I and II malocclusions. *Eur J Orthod.* 28(2):112-9.
- TRULSSON, U., STRANDMARK, M., MOHLIN, B., BERGGREN, U. (2002). A qualitative study of teenagers' decisions to undergo orthodontic treatment with fixed appliance. *J. Orthod.* 29, 197-204; discussion 195,
- ULRICH, J. (2021). Psychosoziale Aspekte bei Müttern von Kindern mit Lippen-Kiefer- Gaumenspalten - eine Pilotstudie, Dissertation 2021 an der Universität Halle-Wittenberg
- VAN DEN BRABER, W., VAN DER GLAS, H.W., VAN DER BILT, A., BOSMAN, F. (2001). Chewing efficiency of pre-orthognathic surgery patients: selection and breakage of food particles. *Eur J Oral Sci.* 2001 Oct;109(5):306-11.
- VAN DEN STEHEN, L., SCHELLEN, C., VERSTRAELEN, K., BEECKMAN, A.S., VANDERWEGEN, J., DE BODT, M., VAN NUFFELEN, G. (2018). Tongue-Strengthening Exercises in Healthy Older Adults: Specificity of Bulb Position and Detraining Effects. *Dysphagia.* 33(3):337-344.
- VAN DER BILT, A., ABBINK, J.H. (2017). The influence of food consistency on chewing rate and muscular work. *Arch Oral Biol.* 83:105-110.
- VAN DER BILT, A., ENGELEN, L., PEREIRA, L.J., VAN DER GLAS, H.W., ABBINK, J.H. (2006). Oral physiology and mastication. *Physiol Behav.* 89: 22-7.
- VATLACH, S., MAAS, C., POETS, C.F. (2014). Birth prevalence and initial treatment of Robin sequence in Germany: A prospective epidemiologic study. *Orphanet J. Rare Dis.*;9:9.
- VETTRAINO, I.M., LEE, W., BRONSTEEN, R.A., HARPER, C.E., AUGHTON, D., COMSTOCK, C.H. (2003). Clinical outcome of fetuses with sonographic diagnosis of isolated micrognathia. *Obstet Gynecol.* 102(4):801–805.
- VILAR-SANCHO, B. (1966). Documentation, discussion by invitation. In: Schuchardt K (ed) Treatment of patients with clefts of lip, alveolus and palate. Thieme, Stuttgart, 1966:223
- VON BODMAN, A., BUCHENAU, W., BACHER, M., ARAND, J., URSCHITZ, M.S., POETS, C.F. (2003). Die Tübinger Gaumenplatte-Ein innovatives Therapiekonzept bei Pierre-Robin-Sequenz [The Tübingen palatal plate--an innovative therapeutic concept in Pierre-Robin sequence]. *Wien Klin Wochenschr.* 30;115(24):871-3. German. doi: 10.1007/BF03040408

Literaturverzeichnis

- WAUGH, L. M. (1937). Influence of Diet on the Jaws and Face of the American Eskimo *The Journal of the American Dental Association and The Dental Cosmos* 24(10): 1640–1647.
- WEISMANN, C., SCHMIDT, M., EFFERT, J., SLAVICEK, G., SLAVICEK, F., SCHULZ, M. C., POETS, C. F., KOOS, B., & ARETXABALETA, M. (2024). Influence of malocclusion and orthodontic treatment in the masticatory efficiency of patients with craniofacial disorders. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28321>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (1946). Constitution of the World Health Organization. Basic Documents, Geneva: World Health Organization:1.
- WITTER, D. J., CRAMWINCKEL, A. B., VAN ROSSUM, G. M., & KÄYSER, A. F. (1990). Shortened dental arches and masticatory ability. *Journal of dentistry*, 18(4), 185–189. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(90\)90107-p](https://doi.org/10.1016/0300-5712(90)90107-p)
- ZARRINKELK, H. M., THROCKMORTON, G. S., ELLIS, E., 3RD, & SINN, D. P. (1995). A longitudinal study of changes in masticatory performance of patients undergoing orthognathic surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 53(7), 777–783. [https://doi.org/10.1016/0278-2391\(95\)90331-3](https://doi.org/10.1016/0278-2391(95)90331-3)
- ZHOU, J., DUAN, Y., YU, X., XU, F., LI, R. (2000). Determinations and analysis of masticatory performance in unilateral cleft lip and palate. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 18(5):346-8.

7 Anhang

Die im Folgenden aufgeführten Aufklärungsbögen und Einverständniserklärungen dienen als Exemplare für alle Altersgruppen. Der Wortlaut wurde auf das jeweilige Alter der Probanden angepasst. Die Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten fällt bei volljährigen Probanden weg.

**Patienteninformationsblatt für die „Prospektive Untersuchung der CMD-
Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder
Patienten mit Robin Sequenz“ (Altersgruppe 5-11 Jahre).**

Liebe Patientin, lieber Patient,

wir möchten Dich zu einer Teilnahme an unserer Untersuchung über Kiefergelenksbeschwerden bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Patienten mit Robin Sequenz einladen.

Die Untersuchung soll Deine Kaufunktion ermitteln und aufzeichnen. Hierfür machen wir einige Tests mit Deinem Kiefergelenk und Deiner Kaumuskulatur.

Dein behandelnder Arzt führt dabei ein Kautest durch und zeichnet Deine Beißkraft auf.

Um Deine Beißkraft zu untersuchen, musst du auf eine Folie beißen, welche den Kontakt Deiner Zähne aufzeichnet und im Computer registriert.

Für einen Kautest sollst du auf ein Gummi beißen, dies etwas zerkauen und ausspucken. Die Konsistenz dieses Gummis wird untersucht.

Falls du eine Narbe im Gesichtsbereich hast, möchten wir uns diese anschauen. Wenn Du Fragen dazu hast, kannst Du sie uns gerne jederzeit stellen. Wir werden diese ausführlich mit Dir besprechen.

Wir würden uns über Deine Teilnahme und Deine Unterstützung an der Untersuchung sehr freuen, weil Du hiermit auch anderen Patienten helfen kannst. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden wir auswerten um die Versorgung und die Zufriedenheit der Patienten zu verbessern. Patienten, wie Dir, können wir somit ein optimales Ergebnis der Behandlung ermöglichen.

**Elterninformationsblatt für die „Prospektive Untersuchung der CMD-
Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder
Patienten mit Robin Sequenz“.**

Sehr geehrte Eltern,

mit diesem Schreiben möchten wir Sie einladen, an der oben genannten Untersuchung teilzunehmen. Bitte lesen Sie sich die folgenden Informationen sorgfältig durch, um zu entscheiden, ob Sie einer Teilnahme zustimmen. Die Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig. Die Entscheidung der Teilnahme hat keinerlei Auswirkung auf die weitere Behandlung Ihres Kindes. Lassen Sie sich ausreichend Zeit und stellen Sie den Mitarbeitern gerne alle Fragen, die für Sie wichtig sind.

In der Untersuchung sollen die Kaufunktion und das Kiefergelenk Ihres Kindes untersucht, erfasst und analysiert werden. Hierfür wird eine Analyse des Kiefergelenks- und der Kaumuskulatur manuell durch den behandelnden Arzt durchgeführt. Des Weiteren wird anhand eines Kautests und eines Scans der Verzahnung (T-Scan) die Beißkraft dokumentiert. Auch wird die Narbe im Mund-, Kiefer-, Gesichtsbereich beurteilt.

Ziel dieser Untersuchung ist es Unterschiede in der Funktion der Kiefergelenke, der Kaufunktion und der Beißkraft, zwischen Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Robin Sequenz und Patienten, die keine kraniofazialen Anomalien aufweisen, festzustellen.

Falls Sie der Untersuchung zustimmen, bitten wir Sie, die beiliegende Einwilligungserklärung und die Einwilligungserklärung zum Datenschutz zu unterschreiben. Sie können diese Einwilligung jederzeit schriftlich oder mündlich ohne Angabe von Gründen widerrufen, ohne dass dadurch Nachteile entstehen. Wenn Sie Ihre Einwilligung widerrufen möchten, wenden Sie sich bitte an

Anhang

die Leiter dieser Untersuchung oder das Sie behandelnde Personal. Bei einem Widerruf können Sie entscheiden, ob die erhobenen Daten gelöscht werden sollen oder weiterhin für die Zwecke der Untersuchung verwendet werden dürfen. Auch wenn Sie einer weiteren Verwendung zunächst zustimmen, können Sie nachträglich Ihre Meinung ändern und die Löschung der Daten verlangen; wenden Sie sich dafür bitte ebenfalls an die Leiter dieser Untersuchung oder das Sie behandelnde Personal.

Bitte beachten Sie, dass Daten, die bereits in wissenschaftliche Auswertungen eingeflossen sind oder Daten die bereits anonymisiert wurden, nicht mehr auf Ihren Wunsch gelöscht werden können.

Die Studienteilnahme ist für Sie kostenlos. Sie erhalten keine Bezahlung.

Wir erhoffen dadurch, in Abhängigkeit von dem Ergebnis dieser Untersuchung die Effektivität des Tübinger Behandlungskonzeptes, die Versorgung und die Zufriedenheit der Patienten langfristig verbessern zu können, um somit dem Patienten ein optimales Behandlungsergebnis zu ermöglichen. Deshalb würden wir uns über die Teilnahme und die Unterstützung an der Untersuchung Ihres Kindes sehr freuen

Ansprechpartner:

Dr. Christina Weise

Tel: 07071 / 29 82 160

Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Universitätsklinikum Tübingen

Osianderstraße 2-8

72076 Tübingen

Einwilligungserklärung zur Teilnahme und zum Datenschutz an der wissenschaftlichen Untersuchung



Universitätsklinik für
Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde

„Prospektive Untersuchung der CMD-Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Patienten mit Robin Sequenz“.

Einwilligungserklärung

Ich erkläre mich mit der Teilnahme meines Kindes an der Untersuchung einverstanden. Ich erkläre mich mit der Verwendung der im Rahmen der Studie **„Prospektive Untersuchung der CMD-Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Patienten mit Robin Sequenz“** erhobenen Daten in der oben beschriebenen Weise einverstanden. Ich kann jederzeit die Daten beim Studienleiter einsehen. Eine schriftliche Information zur geplanten Studie liegt mir vor. Diese habe ich ausführlich gelesen. Außerdem hat ein Aufklärungsgespräch mit dem unten genannten Arzt/Zahnarzt stattgefunden, in dem alle meine Fragen zu meiner Zufriedenheit beantwortet wurden.

Ich entbinde den Studienleiter gegenüber Dritten von seiner Schweigepflicht insofern, als Dritte soweit zur Überprüfung der korrekten Datenübertragung erforderlich, Einsicht in die im Rahmen dieser Studie erfolgten Originalaufzeichnungen nehmen können.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit mein Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie zurückziehen kann und dass hierdurch keinerlei Nachteile entstehen. Durch die vorgenommenen Untersuchungen entstehen keine zusätzlichen Risiken für mich, da sich an der medizinischen Versorgung nichts ändert.

Einwilligungserklärung zum Umgang mit den in einer Studie erhobenen Daten:

Ich erkläre, dass ich mit der im Rahmen der Studie erfolgenden Erhebung und Verarbeitung von Daten und ihrer verschlüsselten (pseudonymisierten) Weitergabe einverstanden bin. Die Daten werden für die Dauer von 10 Jahren aufbewahrt.

Ich stimme zu, dass bevollmächtigte Personen zum Zwecke der Überprüfung der Daten Einblick in meine persönliche Krankenakte nehmen dürfen und entbinde den behandelnden Arzt insoweit von seiner ärztlichen Schweigepflicht.

Mir ist bewusst, dass die Ergebnisse dieser Studie in medizinischen Fachzeitschriften veröffentlicht werden, allerdings in anonymisierter Form, so dass ein direkter Bezug zu meiner Person nicht hergestellt werden kann.

Ich wurde darüber informiert, dass ich jederzeit Auskunft über meine gespeicherten Daten und die Berichtigung von fehlerhaften Daten verlangen kann.

Ich weiß, dass ich jederzeit, beispielsweise beim Widerruf der Studienteilnahme, verlangen kann, dass meine bis dahin erhobenen Daten gelöscht oder unverzüglich anonymisiert werden.

Ich erkläre, dass ich über die Erhebung und Verarbeitung meiner in dieser Studie erhobenen Daten und meine Rechte angemessen informiert wurde.

Ich stimme der Verwendung der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten in der *in der Information zum Datenschutz* beschriebenen Form zu.

Anhang

- Ich habe keine weiteren Fragen.
- Ich bin mit der Teilnahme an dieser Studie einverstanden

Name des Patienten (Kindes)

Ort, Datum

Unterschrift der/des Erziehungsberechtigten/
Gesetzliche Vertreter*

Das Aufklärungsgespräch wurde durchgeführt und der oben genannte Patient ist mit der Teilnahme an der Studie einverstanden.

Ort, Datum

Name und Unterschrift des Behandlers

Ansprechpartner:

Dr. Christina Weise

Tel: 07071 / 29 82 160

Poliklinik für Kieferorthopädie
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Universitätsklinikum Tübingen
Osianderstraße 2-8
72076 Tübingen

* die Unterschrift eines Erziehungsberechtigten ist ausreichend, sofern beide Erziehungsberechtigte mit der Teilnahme einverstanden sind.

Patienteninformationsblatt für die Referenzgruppe der „Prospektive Untersuchung der CMD-Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Patienten mit Robin Sequenz“ (Altersgruppe 5-11 Jahre).

Liebe Patientin, lieber Patient,

mit diesem Informationsblatt möchten wir Dich zu einer Untersuchung deines Kiefergelenks und Deiner Muskulatur im Kopf- und Gesichtsbereich einladen. Unser Ziel ist es Unterschiede zu erkrankten Patienten erfassen zu können.

Die Untersuchung soll Deine Kaufunktion ermitteln und aufzeichnen. Hierfür machen wir einige Tests mit Deinem Kiefergelenk und Deiner Kaumuskulatur. Dein behandelnder Arzt führt dabei ein Kautest durch und zeichnet Deine Beißkraft auf.

Um Deine Beißkraft zu untersuchen, musst du auf eine Folie beißen, welche den Kontakt Deiner Zähne aufzeichnet und im Computer registriert.

Für einen Kautest sollst du auf ein Gummi beißen, dies etwas zerkauen und ausspucken. Die Konsistenz dieses Gummis wird untersucht.

Er wird Dein Kiefergelenk und Deine Muskulatur im Gesicht abtasten und Dich fragen, ob Du unter Kopfschmerzen und/oder Verspannungen leidest.

Falls du eine Narbe im Gesichtsbereich hast, möchten wir uns diese anschauen. Wenn Du Fragen dazu hast, kannst Du sie uns gerne jederzeit stellen. Wir werden diese ausführlich mit Dir besprechen.

Wir würden uns über Deine Teilnahme und Deine Unterstützung an der Untersuchung sehr freuen, weil Du hiermit auch anderen Patienten helfen kannst.

Anhang

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden wir auswerten um die Versorgung und die Zufriedenheit der Patienten zu verbessern. Patienten, wie Dir, können wir somit ein optimales Ergebnis der Behandlung ermöglichen.

Die Finanzierung der Studie erfolgt aus Haushaltsmitteln. Es werden ca. 20 - 30 Studienteilnehmer teilnehmen. Du wirst dabei als gesunde Kontrollperson untersucht. Alle erhobenen Daten werden als Referenzwerte etabliert.

Einwilligungserklärung zur Teilnahme und zum Datenschutz an der wissenschaftlichen Untersuchung



Universitätsklinik für
Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde

„Prospektive Untersuchung der CMD-Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Patienten mit Robin Sequenz“.

Einwilligungserklärung

Ich erkläre mich mit der Teilnahme meines Kindes an der Untersuchung einverstanden. Ich erkläre mich mit der Verwendung der im Rahmen der Studie **„Prospektive Untersuchung der CMD-Problematik von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und / oder Patienten mit Robin Sequenz“** erhobenen Daten in der oben beschriebenen Weise einverstanden. Ich kann jederzeit die Daten beim Studienleiter einsehen. Eine schriftliche Information zur geplanten Studie liegt mir vor. Diese habe ich ausführlich gelesen. Außerdem hat ein Aufklärungsgespräch mit dem unten genannten Arzt/Zahnarzt stattgefunden, in dem alle meine Fragen zu meiner Zufriedenheit beantwortet wurden.

Ich entbinde den Studienleiter gegenüber Dritten von seiner Schweigepflicht insofern, als Dritte soweit zur Überprüfung der korrekten Datenübertragung erforderlich, Einsicht in die im Rahmen dieser Studie erfolgten Originalaufzeichnungen nehmen können.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit mein Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie zurückziehen kann und dass hierdurch keinerlei Nachteile entstehen. Durch die vorgenommenen Untersuchungen entstehen keine zusätzlichen Risiken für mich, da sich an der medizinischen Versorgung nichts ändert.

Einwilligungserklärung zum Umgang mit den in einer Studie erhobenen

Daten:

Ich erkläre, dass ich mit der im Rahmen der Studie erfolgenden Erhebung und Verarbeitung von Daten und ihrer verschlüsselten (pseudonymisierten) Weitergabe einverstanden bin. Die Daten werden für die Dauer von 10 Jahren aufbewahrt.

Ich stimme zu, dass bevollmächtigte Personen zum Zwecke der Überprüfung der Daten Einblick in meine persönliche Krankenakte nehmen dürfen und entbinde den behandelnden Arzt insoweit von seiner ärztlichen Schweigepflicht.

Mir ist bewusst, dass die Ergebnisse dieser Studie in medizinischen Fachzeitschriften veröffentlicht werden, allerdings in anonymisierter Form, so dass ein direkter Bezug zu meiner Person nicht hergestellt werden kann.

Ich wurde darüber informiert, dass ich jederzeit Auskunft über meine gespeicherten Daten und die Berichtigung von fehlerhaften Daten verlangen kann.

Ich weiß, dass ich jederzeit, beispielsweise beim Widerruf der Studienteilnahme, verlangen kann, dass meine bis dahin erhobenen Daten gelöscht oder unverzüglich anonymisiert werden.

Ich erkläre, dass ich über die Erhebung und Verarbeitung meiner in dieser Studie erhobenen Daten und meine Rechte angemessen informiert wurde.

Ich stimme der Verwendung der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten in der *in der Information zum Datenschutz* beschriebenen Form zu.

Anhang

- Ich habe keine weiteren Fragen.
- Ich bin mit der Teilnahme an dieser Studie einverstanden.

Name des Patienten (Kindes)

Ort, Datum

Unterschrift der/des Erziehungsberechtigten/
Gesetzliche Vertreter*

Das Aufklärungsgespräch wurde durchgeführt und der oben genannte Patient ist mit der Teilnahme an der Studie einverstanden.

Ort, Datum

Name und Unterschrift des Behandlers

Ansprechpartner:

Dr. Christina Weise

Tel: 07071 / 29 82 160

Poliklinik für Kieferorthopädie
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Universitätsklinikum Tübingen
Osianderstraße 2-8
72076 Tübingen

* die Unterschrift eines Erziehungsberechtigten ist ausreichend, sofern beide Erziehungsberechtigte mit der Teilnahme einverstanden sind.

Identifikationsnummer (Aufkleber):

Datum:

--	--	--	--	--	--

1. Fragebogen: Kaufunktionstest

Angaben zum Patient: Geschlecht m w Geburtsdatum

--	--	--	--

Relevante anamnestische und **medizinische Befunde**.

	ja	nein	nicht bekannt
Das Ernährungsverhalten hat sich in den letzten 12 Monaten deutlich verändert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist in den letzten 6 Monaten zu einem deutlichen Gewichtsverlust gekommen (>10% des Körpergewichts).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es werden eine oder mehrere der folgenden Symptome angegeben: Druckgefühl bzw. Völlegefühl im Oberbauch, Übelkeit, Erbrechen, Appetitlosigkeit, Druckschmerz im Magenbereich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufgrund von Allergien und Unverträglichkeiten werden bestimmte Nahrungsmittel vermieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es wurde eine Osteoporose diagnostiziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es wurde eine Herz-Kreislauferkrankungen diagnostiziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es besteht ein Diabetes mellitus .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sind bei dem Studienteilnehmer relevante **anamnestische Befunde** erhoben worden?

Medikamente	
Magen-Darm Trakt	
Kardio-vaskuläres System	
Zentrales und peripheres Nervensystem	
Metabolische Erkrankungen	
Hormonelle Erkrankungen	
Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises	
Sonstiges	

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Relevante anamnestische Daten bezogen auf **Trauma und Kieferchirurgie?**.

- Schädeltrauma
- Unterkieferfraktur (ausser Kiefergelenk)
- Kiefergelenkfraktur rechts
- Kiefergelenkfraktur links
- Trauma der Halswirbelsäule
- Kieferchirurgische Eingriffe: Tumorchirurgie
- Kieferchirurgische Eingriffe: Orthognathe Chirurgie
- Plastische Eingriffe im Gesicht bzw. Hals

Trauma im Bereich Kopf, Nacken, Hals und/oder Gesicht
Relevante kieferchirurgische Maßnahmen wie Tumorchirurgie oder orthognathe chirurgische Maßnahmen

- Keine relevanten Befunde vorhanden**

Liegt eine **Pflegeeinstufung** für diesen Studienteilnehmer vor?

- nein**
- familiär
- häuslich
- institutionalisiert (Pflegeheim)

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Tragen Sie die **Befunde für den rechten Oberkiefer (1. Quadrant)** ein.

Verwenden Sie dazu die folgende Codierung:

v ... vorhanden (Zahn vorhanden)

f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)

b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)

ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)

ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)

e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)

s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

18 17 16 15 14 13 12 11

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den rechten Oberkiefer ein.

K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)

V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)

D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)

W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

18 17 16 15 14 13 12 11

Tragen Sie die **Befunde für den linken Oberkiefer (2. Quadrant)** ein.

Verwenden Sie dazu die folgende Codierung:

v ... vorhanden (Zahn vorhanden)

f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)

b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)

ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)

ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)

e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)

s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

28 27 26 25 24 23 22 21

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den linken Oberkiefer ein.

K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)

V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)

D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)

W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

28 27 26 25 24 23 22 21

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Tragen Sie die **Befunde für den rechten Unterkiefer (4. Quadrant)** ein.

Cave!!! Hier zuerst 4.Quadrant, dann 3. Quadrant!

- v ... vorhanden (Zahn vorhanden)
- f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)
- b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)
- ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)
- ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)
- e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)
- s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

48 47 46 45 44 43 42 41

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den rechten Unterkiefer ein.

- K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)
- V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)
- D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)
- W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

48 47 46 45 44 43 42 41

Tragen Sie die **Befunde für den linken Unterkiefer (3. Quadrant)** ein.

- v ... vorhanden (Zahn vorhanden)
- f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)
- b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)
- ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)
- ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)
- e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)
- s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

38 37 36 35 34 33 32 31

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den linken Unterkiefer ein.

- K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)
- V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)
- D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)
- W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

38 37 36 35 34 33 32 31

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Prothetische Versorgung im Oberkiefer.


- Weitestgehend **natürliche Bezahnung** mit **minimalen Restaurationen**
- Weitestgehend natürliche Bezahnung, versorgt mit **Füllungen und Teilkronen**
- Festsitzende Versorgung mit **Kronen und Brücken**
- Metallgerüstprothese (ESG),
- Klammerzahnprothese (**Kunststoff, IM Prothese, Valplast**)
- Kombinations-**Zahnersatz mit Geschlebe** und ähnlichen Haltelementen
- Abnehmbarer Zahnersatz auf **Teleskopen**
- Abnehmbarer Zahnersatz auf **Stegkonstruktionen**
- Totalprothese**
- Lückengebiss ohne prothetische Versorgung**




Prothetische Versorgung im Unterkiefer.

- Weitestgehend **natürliche Bezahnung** mit **minimalen Restaurationen**
- Weitestgehend natürliche Bezahnung, versorgt mit **Füllungen und Teilkronen**
- Festsitzende Versorgung mit **Kronen und Brücken**
- Metallgerüstprothese (ESG),
- Klammerzahnprothese (**Kunststoff, IM Prothese, Valplast**)
- Kombinations-**Zahnersatz mit Geschlebe** und ähnlichen Haltelementen
- Abnehmbarer Zahnersatz auf **Teleskopen**
- Abnehmbarer Zahnersatz auf **Stegkonstruktionen**
- Totalprothese**
- Lückengebiss ohne prothetische Versorgung**



 Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

 Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Beschreibungsmöglichkeit zur prothetischen Versorgung.

Hier haben Sie die Möglichkeit, die prothetische Versorgung des Studienteilnehmers noch näher zu beschreiben.
Freier Texteintrag

Prothetische Versorgung des Oberkiefers

Prothetische Versorgung des Unterkiefers

Wie schätzen Sie den (prothetischen) Sanierungsbedarf?

- Hochgradiger Sanierungsbedarf = umfangreiche Rehabilitation mit **Neuanfertigung** der Prothesen notwendig
- Mittelgradiger Sanierungsbedarf = prothetisch-restaurative Maßnahmen unter **Einbeziehung des Dentallabors**.
- Geringgradiger Sanierungsbedarf = prothetisch-restaurative Maßnahmen erforderlich, die **direkt am Behandlungsstuhl** möglich
- Es besteht **kein Sanierungsbedarf**

Hochgradiger Sanierungsbedarf
 Mittelgradiger Sanierungsbedarf
 Geringgradiger Sanierungsbedarf
 Es besteht kein Sanierungsbedarf

Im Oberkiefer

Im Unterkiefer

Wie ist der parodontale Status des Studienteilnehmers?

Parodontal **erkrankt** liegt vor, wenn

- 1) eine erhöhte **Sondierungstiefe (über 3mm)** vorliegt; oder
- 2) eine **BoP (Bleeding on Probing)** im Quadrant vorliegt; oder
- 3) eine erhöhte **Beweglichkeit (° II-III)** im Quadrant vorliegt; oder
- 4) ein **Furkationsbefall** im Quadrant vorliegt.

	Parodontal gesund	Parodontal erkrankt	Kein Befund
Quadrant 1 (OK rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quadrant 2 (OK links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quadrant 3 (UK links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quadrant 4 (UK rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Befund der **Bisslage in der Sagittalebene** auf Basis der Klassifikation nach *Angle*.

	Angle Klasse I (Neutralokklusion)	Angle Klasse II/1 (Distalokklusion)	Angle Klasse II/2 (Distalokklusion)	Angle Klasse III (Mesialokklusion)
Rechts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Links	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kreuzbiss: Es liegt ein Kreuzbiss vor?

- Kein Kreuzbiss**
- Kreuzbiss auf der **rechten** Seite
- Kreuzbiss auf der **linken** Seite
- Kreuzbiss **beidseits**
- Anteriorer** Kreuzbiss

Beurteilen Sie die **Okklusalen Strukturen im jeweiligen Quadranten**



A

B

C

D

Quadrant

Buchstabe

**Nicht
vorhanden**

1
2
3
4



Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Hatten Sie **im vergangenen Monat** aufgrund von **Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz ...**

	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
das Gefühl, Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwierigkeiten zu entspannen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ist **es im vergangenen Monat** aufgrund von **Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz** vorgekommen,

	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
dass Sie sich angespannt gefühlt haben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hatten Sie **im vergangenen Monat ...**

	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schmerzen im Mundbereich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Parodontalstatus: **Sondierungstiefe (probing depth).**

Tragen Sie die **durchschnittliche Sondierungstiefe pro Quadrant (Q)** ein.
Quadranten 1 - 4s.

Q1

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q2

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q3

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q4

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Parodontalstatus: **Rezessionen der Gingiva (regression of gingival margin).**

Tragen Sie die **durchschnittlichen gingivalen Rezessionen pro Quadrant (Q)** ein.

Q1

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q2

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q3

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q4

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Parodontalstatus: **Blutung bei Sondierung (bleeding on probing BOP).**

Tragen Sie die **durchschnittlichen Werte für die Blutung bei Sondierung pro Quadrant (Q)** ein.

Q1

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q2

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q3

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Q4

1-3mm 4-6mm 7-9mm ≥ 10 mm

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Anhang

Parodontalstatus: **Furkationsbeteiligung in einem Quadranten?**

Quadrant	vorhanden	Nicht vorhanden
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Parodontalstatus: **Mobilität der Zähne (Lockerung).**

Tragen Sie die durchschnittliche Mobilität der Zähne pro Quadrant (Q) ein.
Grad 0: physiologisch, nicht erhöhte Zahnmobilität; Grad 1: gerade fühlbar erhöhte Mobilität;
Grad 2: sichtbar erhöhte Mobilität; Grad 3: stark erhöhte Mobilität, auch vertikal.

Q1	<input type="checkbox"/> Grad 0	<input type="checkbox"/> Grad 1	<input type="checkbox"/> Grad 2	<input type="checkbox"/> Grad 3
Q2	<input type="checkbox"/> Grad 0	<input type="checkbox"/> Grad 1	<input type="checkbox"/> Grad 2	<input type="checkbox"/> Grad 3
Q3	<input type="checkbox"/> Grad 0	<input type="checkbox"/> Grad 1	<input type="checkbox"/> Grad 2	<input type="checkbox"/> Grad 3
Q4	<input type="checkbox"/> Grad 0	<input type="checkbox"/> Grad 1	<input type="checkbox"/> Grad 2	<input type="checkbox"/> Grad 3

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

8 Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in der Poliklinik für Kieferorthopädie unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. Bernd Koos und Frau Dr. Christina Weismann durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Frau Dr. Christina Weismann und Prof. Dr. Bernd Koos sowie Prof. Dr. Gregor Slavicek.

Die klinischen Untersuchungen wurden von mir mit Unterstützung durch Frau Josefine Effert und Fr. Dr. Christina Weismann durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte durch Frau Dr. Christina Weismann, Frau MSc. Maite Aretxabaleta und durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den _____

Maria Schmidt

9 Veröffentlichungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeiten konnten bereits in mehreren Artikeln veröffentlicht werden:

1. Die Ergebnisse des KFT in Bezug auf C und CD-Gruppe, Alter, Geschlecht, Dentitionsstadium und Form der Spalterkrankung wurden in dem Artikel „Masticatory Efficiency in Orthodontic Patients with Craniofacial Disorder“ im International Journal of Environmental Research and Public Health veröffentlicht (SCHMIDT, M., SLAVICEK, G., SLAVICEK, F., SCHULZ, M.C., ARETXABALETA, M., EFFERT, J., KOOS, B., WEISE, C. (2023). Masticatory Efficiency in Orthodontic Patients with Craniofacial Disorder. Int. J. Environ. Res. Public Health, 20: 4324.)

- Impact Factor: 4,641
- DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20054324>

2. Teile der Ergebnisse des KFT im Bezug auf die vorliegende skelettale Klasse, Angle Klasse und Kreuzbisse, sowie die sich in situ befindliche kieferorthopädische Apparatur wurden im Artikel „Influence of malocclusion and orthodontic treatment in the masticatory efficiency of patients with craniofacial disorders“ im Heliyon Journal veröffentlicht (WEISMANN, C., SCHMIDT, M., EFFERT, J., SLAVICEK, G., SLAVICEK, F., SCHULZ, M. C., POETS, C. F., KOOS, B., & ARETXABALETA, M. (2024). Influence of malocclusion and orthodontic treatment in the masticatory efficiency of patients with craniofacial disorders. Heliyon, 10(6), e28321.

- Impact Factor: 4,0
- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28321>.

3. Die Ergebnisse des OHIP G14-Fragebogens sollen im Artikel „The effect of malocclusion, speech therapy and orthodontic treatment on oral health impact

Veröffentlichungen

among orthodontic patients with craniofacial disorders“ veröffentlicht werden. Auch dieser Artikel befindet sich derzeit im Peer Review.

4. Im Rahmen des Methodik-Artikels „Methodology about a prospective evaluation of the stomatognathic system in orthodontic patients with craniofacial disorders“ soll das Vorgehen der hier beschriebenen Arbeit veröffentlicht werden.

5. Zudem wurden die Ergebnisse des SKT als Poster bei dem 98. European Orthodontic Society Congress (EOS) vom 11.-15. Juni 2023 in Oslo, Norwegen und bei der DG KFO 2023 vom 27. – 30. September 2023 in Stuttgart veröffentlicht.

10 Danksagung

Mit großer Freude und Dankbarkeit schließe ich dieses Kapitel meiner akademischen Reise ab und möchte die Gelegenheit nutzen, all jenen meinen aufrichtigen Dank auszusprechen, die mich bei Promotion unterstützt haben

Ein besonderer Dank gebührt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Bernd Koos, für die Möglichkeit, die Promotion in seiner Abteilung zu durchlaufen und das stets sehr hilfreiche und konstruktive Feedback. Weiterhin möchte ich Fr. Dr. Christina Weismann von Herzen für Ihre Betreuung, Unterstützung und Hilfe während der Datenerhebung und der Erstellung der Promotionsschrift danken. Weiterhin bedanke ich mich auch bei Prof. Dr. Gregor Slavicek und Herrn Florian Slavicek für ihre Unterstützung bei der Untersuchung der Probanden mit dem SKT.

Die Unterstützung meiner geliebten Eltern Ralph und Stefanie, meinen tollen Geschwistern Madeleine und Vivian und meiner gesamten Familie hat mir stets die nötige Kraft und Motivation verliehen, um die Herausforderungen dieses Projekts zu bewältigen. Besonderer Dank gilt meinem Vater Ralph Buckisch für Ansporn und Unterstützung. Deine moralische Unterstützung war mein Anker in stürmischen Zeiten.

Zuletzt möchte ich meinem Ehemann Thomas Schmidt danken. Er war stets derjenige, der mich motiviert und angetrieben hat, die Promotion abzuschließen. Danke, dass du immer an mich glaubst!

In tiefer Dankbarkeit schaue ich auf diese Zeit zurück und freue mich darauf, die Erkenntnisse meiner Forschung mit der Welt zu teilen. Möge die Begeisterung und das Wissen, das ich gewonnen habe, weiterhin Früchte tragen.

Vielen Dank an alle für eure Unterstützung, Ermutigung und Beiträge zu meinem wissenschaftlichen Wachstum.

Mit herzlichem Dank,

Maria Schmidt