

Int Poster J Dent Oral Med 2012, Vol 14 No 2, Poster 594

Untersuchungen zur Asymmetrie von Ober- und Unterkiefermodellen mit Methoden der geometrischen Morphometrie

Sprache: Deutsch

Autoren:

PD Dr. Karl-Friedrich Krey, MME, Prof. Dr. Karl-Heinz Dannhauer,
Poliklinik für Kieferorthopädie, Universität Leipzig

Datum/Veranstaltung/Ort:

11.11.-13.11.2010
Jahrestagung DGKFO 2011
Frankfurt am Main

Einleitung

In der klinischen Untersuchung und Modellanalyse unerkannte Asymmetrien der Dentition können im Verlauf der Behandlung zu schwer beherrschbaren Problemen bei der Einstellung einer perfekten Interkuspitation führen. Gerade im Unterkiefer ist eine Beurteilung aufgrund unsicherer Referenzstrukturen nicht immer einfach.

Problemstellung

Ziel der Untersuchung war es, an einer Stichprobe von Modellen zu prüfen, ob Methoden der geometrischen Morphometrie (Bookstein 1991) Ansätze bieten, Asymmetrien der Dentition erfolgreich zu erkennen und zu beschreiben.

Material und Methoden

Für die Untersuchung standen Modelle von 242 Erwachsenen (Tab. 1) zur Verfügung (Einschlusskriterien siehe Kasten). Mittels eines MicroScribe 3DX Digitizers (Immersion Corp., San Jose, CA, Abb. 1) wurden im Oberkiefer 68 Messpunkte und im Unterkiefer 73 Messpunkte (Abb. 2, Tab. 2 und 3) dreidimensional erfasst (dentale Punkte, gingivale Punkte und Punkte der apikalen Basis). Die Genauigkeit liegt nach Angaben von Immersion Corp. bei 0,23 mm für die Position bei einer Auflösung von 0,13 mm für alle Dimensionen. Die xyz-Koordinaten der Messpunkte wurden mit dem Programm MorphoJ (Klingenberg 2008) ausgewertet.

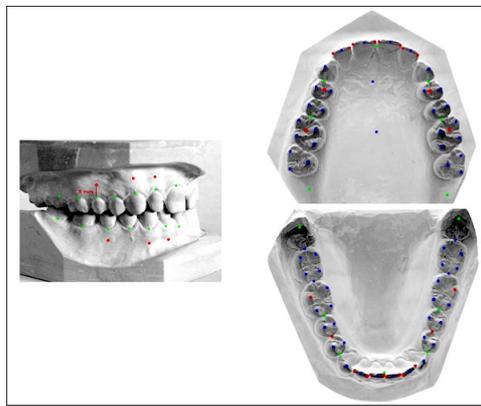


Abb. 1: MicroScribe 3DX.

Abb. 2: Darstellung der Messpunkte am Modell.

Um Aussagen zur Objektsymmetrie der Kiefer treffen zu können, wurden die symmetrischen und asymmetrischen Komponenten mittels Matrixkorrelation verglichen (Mardia et al. 2000). Die Nullhypothese H_0 geht von völliger Unabhängigkeit der Matrizen aus. Bei Ablehnung dieser können die Gruppen mit einer PCA (Principal Component Analysis) weiter untersucht werden (Klingenberg et al. 2002).

Einschlusskriterien:

- Patienten ≥ 18 Jahre, Kaukasier
- keine Dauerretention (falls eine kieferorthopädische Behandlung im Kindesalter erfolgte)
- vollbezahnt (ohne Berücksichtigung der 3. Molaren)
- keine Brücken, keine Implantate

- Kronen und restaurative Versorgungen müssen funktionell und anatomisch korrekt sein
- gute Erkennbarkeit aller Strukturen incl. Gaumen, apikale Basis und Tuberregion
- dreidimensional getrimmt für eindeutige Zuordnung Ober- mit Unterkiefer
- alle Messpunkte mussten eindeutig identifizierbar sein

Tabelle 1

Modelle	Alter		
	n	MW	SD
gesamt	242	25,5	6,80
Männer	103	25,7	5,21
Frauen	139	25,4	7,82

Tab. 1: Übersicht über die für die Vermessung verwendeten Modelle

Tabelle 2

Nr	Messpunkt	Label	Klass. A	Klass. B
1	Tuberpunkt rechts	ITr	1	II
2	distaler Punkt 2. Molar	IM2rd	1	II
3	disto-lingualer Höcker 2. Molar	IM2rdlc	1	II
4	mesio-lingualer Höcker 2. Molar	IM2rmlc	1	II
5	disto-buccaler Höcker 2. Molar	IM2rdbc	1	II
6	mesio-buccaler Höcker 2. Molar	IM2rmbc	1	II
7	Kontaktpunkt 1. Molar - 2. Molar	IM2M1r	1	II
8	disto-buccaler Höcker 1. Molar	IM1rdbc	1	II
9	mesio-buccaler Höcker 1. Molar	IM1rmbc	1	II
10	mesio-lingualer Höcker 1. Molar	IM1rmlc	1	II
11	disto-lingualer Höcker 1. Molar	IM1rdlc	1	II
12	Kontaktpunkt Molar-2. Prämolare	IM1P2r	1	II
13	lingualer Höcker 2. Prämolare	IP2rlc	1	II
14	buccaler Höcker 2. Prämolare	IP2rbc	1	II
15	Kontaktpunkt 2. Prämolare - 1. Prämolare	IP1P2r	1	II
16	lingualer Höcker 1. Prämolare	IP1rlc	1	II
17	buccaler Höcker 1. Prämolare	IP1rbc	1	II
18	Kontaktpunkt Eckzahn - 1. Prämolare	IP1Cr	1	II
19	Eckzahnspitze rechts	ICr	1	II
20	mesialer Punkt Eckzahn rechts	ICrm	2	III
21	distaler Punkt 42	II2rd	2	II
22	zentraler Punkt 42	II2rc	3	III
23	mesialer Punkt 42	II2rm	2	II
24	distaler Punkt 41	II1rd	2	II
25	zentraler Punkt 41	II1rc	3	III
26	mesialer Punkt 41	II1rm	2	II
27	Interinzisalpunkt	III	1	II
28	mesialer Punkt 31	II1lm	2	II
29	distaler Punkt 31	II1ld	2	II
30	zentraler Punkt 31	II1lc	3	III
31	mesialer Punkt 32	II2lm	2	II
32	zentraler Punkt 32	II2lc	3	III
33	distaler Punkt 32	II2ld	2	II
34	mesialer Punkt Eckzahn links	IClm	2	III
35	Eckzahnspitze links	ICl	1	II
36	Kontaktpunkt Eckzahn - 1. Prämolare	IP1Cl	1	II
37	buccaler Höcker 1. Prämolare	IP1lbc	1	II
38	lingualer Höcker 1. Prämolare	IP1llc	1	II
39	Kontaktpunkt 1. Prämolare- 2. Prämolare	IP1P2l	1	II
40	buccaler Höcker 2. Prämolare	IP2lbc	1	II
41	lingualer Höcker 2. Prämolare	IP2llc	1	II
42	Kontaktpunkt Molar-Prämolare	IM1P2l	1	II
43	disto-lingualer Höcker 1. Molar	IM1ldlc	1	II
44	mesio-lingualer Höcker 1. Molar	IM1lmlc	1	II

45	mesio-buccaler Höcker 1. Molar	IM1lmbc	1	II
46	disto-buccaler Höcker 1. Molar	IM1ldbc	1	II
47	Kontaktpunkt 2. Molar - erster Molar	IM1M2l	1	II
48	mesio-buccaler Höcker 2. Molar	IM2lmbc	1	II
49	disto-buccaler Höcker 2. Molar	IM2ldbc	1	II
50	mesio-lingualer Höcker 2. Molar	IM2lmlc	1	II
51	disto-lingualer Höcker 2. Molar	IM2ldlc	1	II
52	distaler Punkt 2. Molar	IM2ld	1	II
53	Tuberpunkt links	ITI	1	II
54	apikale Basis 2. Prämolare rechts	IABP2r	3	III
55	apikale Basis Eckzahn rechts	IABCr	3	III
56	apikale Basis 2. Schneidezahn rechts	IABI2r	3	III
57	apikale Basis 2. Schneidezahn links	IABI2l	3	III
58	apikale Basis Eckzahn links	IABCl	3	III
59	apikale Basis 2. Prämolare links	IABP2l	3	III
60	gingivalster Punkt der Krone 2. Molar rechts	IgM2r	2	II
61	gingivalster Punkt der Krone 1. Molar rechts	IgM1r	2	II
62	gingivalster Punkt der Krone 2. Prämolare rechts	IgP2r	2	II
63	gingivalster Punkt der Krone 1. Prämolare rechts	IgP1r	2	II
64	gingivalster Punkt der Krone Eckzahn rechts	IgCr	2	II
65	gingivalster Punkt der Krone 2. Schneidezahn rechts	IgI2r	2	II
66	gingivalster Punkt der Krone 1. Schneidezahn rechts	IgI1r	2	II
67	gingivalster Punkt der Krone 1. Schneidezahn links	IgI1l	2	II
68	gingivalster Punkt der Krone 2. Schneidezahn links	IgI2l	2	II
69	gingivalster Punkt der Krone Eckzahn links	IgCl	2	II
70	gingivalster Punkt der Krone 1. Prämolare links	IgP1l	2	II
71	gingivalster Punkt der Krone 2. Prämolare links	IgP2l	2	II
72	gingivalster Punkt der Krone 1. Molar links	IgM1l	2	II
73	gingivalster Punkt der Krone 2. Molar links	IgM2l	2	II

Tab. 2: Messpunkte im Unterkiefer

Tabelle 3

Nr	Messpunkt	Label	Klass. A	Klass. B
1	Tuberpunkt rechts	uTr		II
2	palatinaler Höcker 2. Molar	uM2rpc	1	II
3	disto-buccaler Höcker 2. Molar	uM2rdbc	1	II
4	mesio-buccaler Höcker 2. Molar	uM2rmbc	1	II
5	disto-buccaler Höcker 1. Molar	uM1rdbc	1	II
6	mesio-buccaler Höcker 1. Molar	uM1rmbc	1	II
7	mesio-palatinaler Höcker 1. Molar	uM1rmpc	1	II
8	disto-palatinaler Höcker 1. Molar	uM1rdpc	1	II
9	zentrale Fissur 1. Molar	uM1rg	1	I
10	Kontaktpunkt Molar-Prämolare	uM1P2r	1	II
11	palatinaler Höcker 2. Prämolare	uP2rpc	1	II
12	buccaler Höcker 2. Prämolare	uP2rbc	1	II
13	palatinaler Höcker 1. Prämolare	uP1rpc	1	II
14	Fissur 1. Prämolare	uP1rg	1	I
15	buccaler Höcker 1. Prämolare	uP1rbc	1	II
16	Kontaktpunkt Eckzahn - 1. Prämolare	uP1Cr	1	II
17	Eckzahnschneidekante	uCr	1	II
18	distale Schneidekante 12	uI2rd	2	II
19	zentraler Punkt 12	uI2c	3	II
20	mesialer Punkt 12	uI2rm	2	II
21	distaler Punkt 11	uI1rd	2	II
22	zentraler Punkt 11	uI1c	3	II
23	mesialer Punkt 11	uI1rm	2	II
24	Interinzisalpunkt	uII	1	II
25	mesialer Punkt 21	uI1lm	2	II

26	zentraler Punkt 21	uI1c	3	II
27	distaler Punkt 21	uI1d	2	II
28	mesialer Punkt 22	uI2lm	2	II
29	zentraler Punkt 22	uI2c	3	II
30	distaler Punkt 22	uI2ld	2	II
31	Eckzahnspitze	uCl	1	II
32	Kontaktpunkt Eckzahn - 1. Prämolare	uP1Cl	1	II
33	buccaler Höcker 1. Prämolare	uP1lbc	1	II
34	Fissur 1. Prämolare	uP1lg	1	I
35	palatinaler Höcker 1. Prämolare	uP1lpc	1	II
36	buccaler Höcker 2. Prämolare	uP2lbc	1	II
37	palatinaler Höcker 2. Prämolare	uP2lpc	1	II
38	Kontaktpunkt Molar-Prämolare	uM1P2l	1	II
39	zentrale Fissur 1. Molare	uM1lg	1	I
40	disto-palatinaler Höcker 1. Molare	uM1ldpc	1	II
41	mesio-palatinaler Höcker 1. Molare	uM1lmpc	1	II
42	mesio-buccaler Höcker 1. Molare	uM1lmbc	1	II
43	disto-buccaler Höcker 1. Molare	uM1dbc	1	II
44	mesio-buccaler Höcker 2. Molare	uM2lmbc	1	II
45	disto-buccaler Höcker 2. Molare	uM2ldbc	1	II
46	palatinaler Höcker 2. Molare	uM2lpc	1	II
47	Tuberpunkt links	uTl	1	II
48	Gaumenhöhe 1. Molare	GH	3	III
49	apikale Basis 2. Prämolare rechts	uABP2r	3	III
50	apikale Basis Eckzahn rechts	uABCr	3	III
51	apikale Basis 2. Schneidezahn rechts	uABI2r	3	III
52	apikale Basis 2. Schneidezahn links	uABI2l	3	III
53	apikale Basis Eckzahn links	uABCl	3	III
54	apikale Basis 2. Prämolare links	uABP2l	3	III
55	gingivalster Punkt der Krone 2. Molare rechts	ugM2r	2	II
56	gingivalster Punkt der Krone 1. Molare rechts	ugM1r	2	II
57	gingivalster Punkt der Krone 2. Prämolare rechts	ugP2r	2	II
58	gingivalster Punkt der Krone 1. Prämolare rechts	ugP1r	2	II
59	gingivalster Punkt der Krone Eckzahn rechts	ugCr	2	II
60	gingivalster Punkt der Krone 2. Schneidezahn rechts	ugI2r	2	II
61	gingivalster Punkt der Krone 1. Schneidezahn rechts	ugI1r	2	II
62	gingivalster Punkt der Krone 1. Schneidezahn links	ugI1l	2	II
63	gingivalster Punkt der Krone 2. Schneidezahn links	ugI2l	2	II
64	gingivalster Punkt der Krone Eckzahn links	ugCl	2	II
65	gingivalster Punkt der Krone 1. Prämolare links	ugP1l	2	II
66	gingivalster Punkt der Krone 2. Prämolare links	ugP2l	2	II
67	gingivalster Punkt der Krone 1. Molare links	ugM1l	2	II
68	gingivalster Punkt der Krone 2. Molare links	ugM2l	2	II

Tab. 3: Messpunkte im Oberkiefer

Ergebnisse

Für den Unterkiefer wurde bei $r=0,41848$ ein $p < 0,0001$ (10.000 Permutationen) gefunden. Im Oberkiefer beträgt $r=0,4201$ bei $p < 0,0001$. H_0 wird abgelehnt. Um die Auswirkungen von Symmetrie und Asymmetrie zu verdeutlichen, wurden die ersten drei Hauptkomponenten (PC1 bis PC3) der PCA der symmetrischen (links) und asymmetrischen Komponente (rechts) mittels Thin-plate Splines dargestellt (Abb. 4). Die Procrustes sum of squares (Distanz zwischen Ausgangspunkten und Zielpunkten nach Minimierung) zeigte zwar im Verhältnis zur symmetrischen Komponente kleinere, aber keinesfalls vernachlässigbare asymmetrische Anteile (Tab. 4).

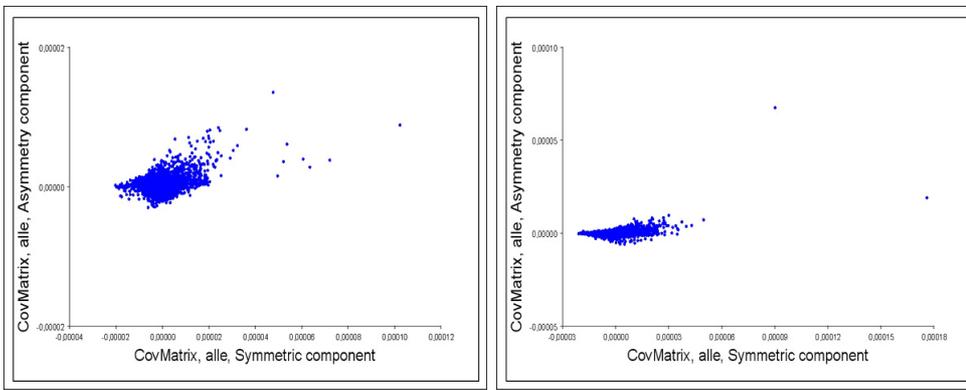


Abb. 3a-b: Plot der Kovarianzmatrizen von symmetrischer und asymmetrischer Komponente für den Oberkiefer (links) und den Unterkiefer (rechts).

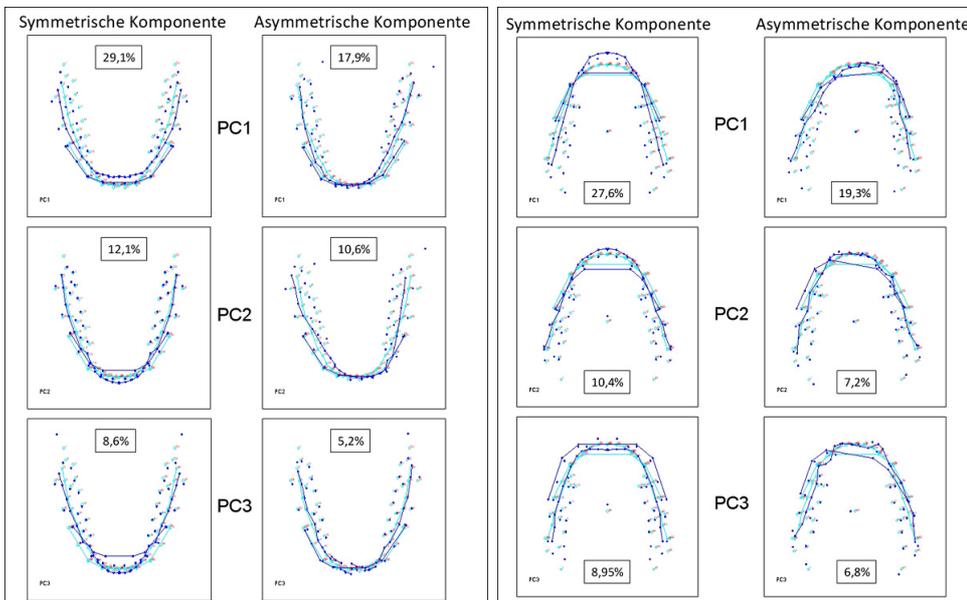


Abb. 4a-b: Überlagerung der asymmetrischen und symmetrischen Komponenten von PC1 bis PC3 (Amplitude +0,1) für den Unterkiefer (links) und den Oberkiefer (rechts) mit jeweils angegebener Varianzerklärung.

Tabelle 4

Kiefer	Gruppe	Procrustes SS ¹	Symm. Komponente	Asymm. Komponente
	Alle	1,03576	0,82496	0,20471
Oberkiefer	Männer	0,47221	0,38145	0,08776
	Frauen	0,54757	0,42771	0,11706
	Alle	1,09648	0,84939	0,23737
Unterkiefer	Männer	0,48344	0,36602	0,12624
	Frauen	0,60250	0,47284	0,11127

Tab. 4: Procrustes-Charakteristika von Ober- und Unterkiefer

Schlußfolgerungen

Unterkiefer:

PC1 (29,1% resp. 17,9%) beschreibt eine Veränderung von Frontzahnstellung und Zahnbogenbreite mit sichtbaren Veränderungen der apikalen Basis. Die asymmetrische Komponente entspricht einer Lateral- verschiebung im Prämolaren- und Eckzahnbereich. Die Veränderungen in der z-Achse sind kaum sichtbar. PC2 (21,1% und 10,6%) erinnert an eine Protrusion der Front bei Distalverschiebung der apikalen Basis. Die asymmetrische Komponente, senkrecht zu PC1, kann deutlich als entgegengesetzte Veränderung zu dieser interpretiert werden (spiegelbildlich zu PC1-asymmetrisch). In der symmetrischen Komponente ist PC3 einer stärkeren Ausprägung der in PC2 verschlüsselten Veränderung ähnlich. In der asymmetrischen Komponente ist eine Irregularität der Frontzähne sichtbar. Eine Interpretation als "Engstand" verbietet sich aber.

Oberkiefer:

Die symmetrische Komponente von PC1 (27,6% und 19,3%) ist mit einer transversalen Verschmälerung bei Protrusion der Front assoziiert. Auch die apikale Basis wird in der Transversalen verändert. Die asymmetrische Komponente bezieht sich auf eine Lateralverschiebung der Frontzähne bei lateraler Asymmetrie im Eckzahnbereich. PC2 (10,4% und 7,2%) wirkt sich vornehmlich in der apikalen Basis als Verkleinerung bei gleichzeitiger Veränderung der Frontzahnstellung aus. Die asymmetrische Komponente beeinflusst die Transversale apikal und den Eckzahnbereich der Dentition. PC3 ist verbunden mit einer Stauchung/Streckung bei ebensolcher Anpassung der apikalen Basis. Die asymmetrische Komponente steht für eine seitenungleiche Drift von apikaler Basis und Dentition nach lateral.

Schlussfolgerungen:

Mit der vorgestellten Methodik ist es möglich, die asymmetrischen Anteile der Kiefer zu beschreiben. Die relativ hohen Anteile von Objektasymmetrie (Procrustes SS) unterlegen die Häufigkeit und das verbreitete Vorkommen von Asymmetrien in dieser Stichprobe. Sagittale Abweichungen scheinen in dieser Betrachtung nicht von entscheidender Bedeutung zu sein, oder die Methodik kann sie nur unzureichend erfassen. Eine Beurteilung des Unterkiefers ist auch ohne die Problematik der Festlegung einer Referenzstruktur möglich. Diese Daten bieten eine gute Basis für weitere Untersuchungen zur Differenzierung verschiedener Dysgnathien und deren asymmetrischer Anteile.

Literatur

1. Mardia, K. V., Bookstein, F. L. & Moreton, I. J. (2000) Statistical assessment of bilateral symmetry of shapes. *Biometrika* 87, 285-300. Klingenberg, C.; Barluenga, M. & Meyer, A. (2002), Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry, *Evolution* 56(10), 1909-1920.
2. Klingenberg, C. (2008), MorphoJ, Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK, http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm.
3. Bookstein, F. (1991), *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*, Cambridge University Press.

Abkürzungen

PCA: principal components analysis

TPS: thin-plate splines

Dieses Poster wurde übermittelt von PD Dr. Karl-Friedrich Krey.

Korrespondenz-Adresse:

PD Dr. Karl-Friedrich Krey

Universität Leipzig

Poliklinik für Kieferorthopädie

Friedrich-Louis-Hesse-Zentrum für Zahn-, Mund- Kieferheilkunde und Orale Medizin

Nürnberger Straße 57

04103 Leipzig

Untersuchungen zur Asymmetrie von Ober- und Unterkiefermodellen mit Methoden der geometrischen Morphometrie

Krey KF, Dannhauer KH
 Poliklinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnheilkunde, Friedrich-Louis-Hesse-Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und Orale Medizin, Universität Leipzig, Medizinische Fakultät

Problemstellung

In der klinischen Untersuchung und Modellanalyse unerkannte Asymmetrien der Dentilien können im Verlauf der Behandlung zu schwer beherrschbaren Problemen bei der Einstellung einer perfekten Interkuspitation führen. Gerade im Unterkiefer ist eine Beurteilung aufgrund unsicherer Referenzstrukturen nicht immer einfach.

Zielsetzung

Ziel der Untersuchung war es, an einer Stichprobe von Modellen zu prüfen, ob Methoden der geometrischen Morphometrie (Bookstein 1991) Analyse bieten, Asymmetrien der Dentilien erfolgreich zu erkennen und zu beschreiben.

Methodik

Für die Untersuchung standen Modelle von 242 Erwachsenen (Tab. 1) zur Verfügung (Einschlusskriterien siehe Kasen). Mittels eines Microscribe 30X Digitizers (Dimension Corp., San Jose, CA, Abb. 1) wurden im Oberkiefer 68 Messpunkte und im Unterkiefer 73 Messpunkte (Abb. 2, Tab. 2 und 3) dreidimensional erfasst (planale Punkte, gingivale Punkte und Punkte der apikalen Basis). Die Genauigkeit liegt nach Angaben von Immanson Corp. bei 0,25 mm für die Position bei einer Auflösung von 0,13 mm für alle Dimensionen. Die x,y,z-Koordinaten der Messpunkte wurden mit dem Programm MorphoJ (Klingenberg 2008) ausgewertet. Um Aussagen zur Objektivität der Kiefer treffen zu können, wurden die symmetrischen und asymmetrischen Komponenten mittels Matrixkoeffizienten verglichen (Mardia et al. 2000). Die Nullhypothese H_0 geht von völliger Unabhängigkeit der Matrizen aus. Bei Ablehnung dieser können die Gruppen mit einer FCA (Principal Component Analysis) weiter untersucht werden (Klingenberg et al. 2002).

Einschlusskriterien:

- Patienten ≥ 18 Jahre, Kauaktuell
- keine Inzisionsnarben (als eine kieferorthopädische Behandlung im Kindesalter erfolgte)
- vollständige Zähne (einschließlich der 3. Molaren)
- keine Brücken, keine Implantate
- Kriegen und restorative Verlegungen nur im funktionell und ästhetisch korrekt sein
- gute Erhaltung aller Strukturen incl. Gaumen, apikale Basis und Zahnpfeile
- dreidimensional gemessene für eindeutige Zuordnung Ober- mit Unterkiefer
- alle Messpunkte mussten eindeutig identifizierbar sein



PC	Varianz	Prozent Varianz	PC	Varianz	Prozent Varianz
1	10,000	10,000	1	0,000	0,000
2	1,000	1,000	2	0,000	0,000
3	0,500	0,500	3	0,000	0,000
4	0,250	0,250	4	0,000	0,000
5	0,125	0,125	5	0,000	0,000
6	0,062	0,062	6	0,000	0,000
7	0,031	0,031	7	0,000	0,000
8	0,016	0,016	8	0,000	0,000
9	0,008	0,008	9	0,000	0,000
10	0,004	0,004	10	0,000	0,000
11	0,002	0,002	11	0,000	0,000
12	0,001	0,001	12	0,000	0,000
13	0,000	0,000	13	0,000	0,000
14	0,000	0,000	14	0,000	0,000
15	0,000	0,000	15	0,000	0,000
16	0,000	0,000	16	0,000	0,000
17	0,000	0,000	17	0,000	0,000
18	0,000	0,000	18	0,000	0,000
19	0,000	0,000	19	0,000	0,000
20	0,000	0,000	20	0,000	0,000
21	0,000	0,000	21	0,000	0,000
22	0,000	0,000	22	0,000	0,000
23	0,000	0,000	23	0,000	0,000
24	0,000	0,000	24	0,000	0,000
25	0,000	0,000	25	0,000	0,000
26	0,000	0,000	26	0,000	0,000
27	0,000	0,000	27	0,000	0,000
28	0,000	0,000	28	0,000	0,000
29	0,000	0,000	29	0,000	0,000
30	0,000	0,000	30	0,000	0,000
31	0,000	0,000	31	0,000	0,000
32	0,000	0,000	32	0,000	0,000
33	0,000	0,000	33	0,000	0,000
34	0,000	0,000	34	0,000	0,000
35	0,000	0,000	35	0,000	0,000
36	0,000	0,000	36	0,000	0,000
37	0,000	0,000	37	0,000	0,000
38	0,000	0,000	38	0,000	0,000
39	0,000	0,000	39	0,000	0,000
40	0,000	0,000	40	0,000	0,000
41	0,000	0,000	41	0,000	0,000
42	0,000	0,000	42	0,000	0,000
43	0,000	0,000	43	0,000	0,000
44	0,000	0,000	44	0,000	0,000
45	0,000	0,000	45	0,000	0,000
46	0,000	0,000	46	0,000	0,000
47	0,000	0,000	47	0,000	0,000
48	0,000	0,000	48	0,000	0,000
49	0,000	0,000	49	0,000	0,000
50	0,000	0,000	50	0,000	0,000
51	0,000	0,000	51	0,000	0,000
52	0,000	0,000	52	0,000	0,000
53	0,000	0,000	53	0,000	0,000
54	0,000	0,000	54	0,000	0,000
55	0,000	0,000	55	0,000	0,000
56	0,000	0,000	56	0,000	0,000
57	0,000	0,000	57	0,000	0,000
58	0,000	0,000	58	0,000	0,000
59	0,000	0,000	59	0,000	0,000
60	0,000	0,000	60	0,000	0,000
61	0,000	0,000	61	0,000	0,000
62	0,000	0,000	62	0,000	0,000
63	0,000	0,000	63	0,000	0,000
64	0,000	0,000	64	0,000	0,000
65	0,000	0,000	65	0,000	0,000
66	0,000	0,000	66	0,000	0,000
67	0,000	0,000	67	0,000	0,000
68	0,000	0,000	68	0,000	0,000
69	0,000	0,000	69	0,000	0,000
70	0,000	0,000	70	0,000	0,000
71	0,000	0,000	71	0,000	0,000
72	0,000	0,000	72	0,000	0,000
73	0,000	0,000	73	0,000	0,000

Tab. 1: Übersicht über die für die Vermessung verwendeten Modelle.

Modell	n	BMV	SD
gesamt	242	25,5	6,80
Männer	103	25,1	5,21
Frauen	139	25,4	7,82

Abb. 1: Microscribe 30X

Abb. 2: Darstellung der Messpunkte am Modell

Ergebnisse

Für den Unterkiefer wurde bei $n=0,41888$ ein $p<0,0001$ (10.000 Permutationen) gefunden. Im Oberkiefer beträgt $n=0,4201$ bei $p<0,0001$. H_0 wird abgelehnt. Um die Auswirkungen von Symmetrie und Asymmetrie zu verdeutlichen, wurden die ersten drei Hauptkomponenten (PC1 bis PC3) der PCA der symmetrischen (links) und asymmetrischen Komponente (rechts) mittels Thin plate splines dargestellt (Abb. 4). Die Procrustes sum of squares (Distanz zwischen Ausgangspunkten und Zielpunkten nach Minimierung) zeigte zwar im Verhältnis zur symmetrischen Komponente kleinere, aber keinesfalls vernachlässigbare asymmetrische Anteile (Tab. 4).

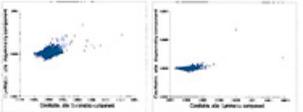


Abb. 3: Plot der Eigenwertanteile von symmetrischer und asymmetrischer Komponente für den Oberkiefer (links) und den Unterkiefer (rechts).

Teil	Quadrat	Prozent von SS	Symmetrische Komponente	Asymmetrische Komponente
Oberkiefer	1,83578	0,82436	0,20471	
Unterkiefer	0,47221	0,38545	0,08776	
Oberkiefer	0,54797	0,42771	0,11106	
Unterkiefer	1,26628	0,89539	0,21737	
Oberkiefer	0,48344	0,36607	0,13434	
Unterkiefer	0,62053	0,47284	0,11127	

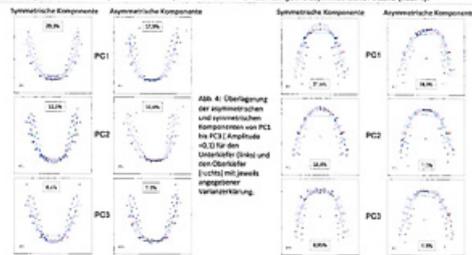


Abb. 4: Überlagerung der asymmetrischen und symmetrischen Komponenten von PC1 bis PC3 (Amplitude = 0,1) für den Oberkiefer (links) und den Unterkiefer (rechts) mit jeweils eigener Verankerung.

Diskussion

Unterkiefer: PC1 (20,1% +vsq. 12,3%) beschreibt eine Veränderung von Frontzahnlage und Zahnbogenbreite mit sicheren Veränderungen der apikalen Basis. Die asymmetrische Komponente entspricht einer Laterallateralverschiebung im Prämolaren- und Eckzahnbereich. Die Veränderungen in der z-Achse sind kaum sichtbar. PC2 (21,1% und 10,6%) erinnert an eine Protrusion der Front bei Distalverschiebung der apikalen Basis. Die asymmetrische Komponente, senkrecht zu PC1, kann deutlich als entgegengesetzte Veränderung zu dieser interpretiert werden (sagittaltypisch zu PC1 asymmetrisch). In der asymmetrischen Komponente ist PC3 einer stärkeren Ausprägung der in PC2 verschlüsselten Veränderung ähnlich. In der asymmetrischen Komponente ist eine Irregularität der Frontzähne sichtbar. Eine Interpretation als „Engpass“ erscheint sich aber. **Oberkiefer:** Die symmetrische Komponente von PC1 (27,6% und 19,3%) ist mit einer transversalen Verschiebung bei Protrusion der Front assoziiert. Auch die apikale Basis wird in der Transversalen verändert. Die asymmetrische Komponente bezieht sich auf eine Laterallateralverschiebung der Frontzähne bei lateraler Asymmetrie im Eckzahnbereich. PC2 (10,4% und 1,2%) wendet sich vornehmlich in der apikalen Basis als Verkleinerung der Frontzahnlage aus. Die asymmetrische Komponente beeinflusst die Transversale apikal und den Eckzahnbereich der Dentition. PC3 ist verbunden mit einer Stauchung/Steigung bei ellipsischer Anpassung der apikalen Basis. Die asymmetrische Komponente steht für eine senkrechte Drift von apikaler Basis und Dentition nach lateral.

Schlussfolgerungen

Mit der vorgestellten Methodik ist es möglich, die asymmetrischen Anteile der Kiefer zu beschreiben. Die relativ hohen Anteile von Objektivität (Procrustes SS) unterliegen die Häufigkeit und das verbale Vorwissen von Asymmetrien in dieser Stichprobe. Sagittale Abweichungen scheinen in dieser Betrachtung nicht von entscheidender Bedeutung zu sein, oder die Methodik kann sie nur unzureichend erfassen. Eine Beurteilung des Unterkiefers ist auch ohne die Problematik der Festlegung einer Referenzstruktur möglich. Diese Daten bieten eine gute Basis für weitere Untersuchungen zur Differenzierung verschiedener Dysgnathien und deren asymmetrischer Anteile.

Literatur

- Mardia, K. I., Bienenstein, L. & Barrett, L. J. (2000) Statistical assessment of bilateral symmetry of shapes. *Biometrika* 87, 285-300.
- Klingenberg, C., Bookstein, F. & Mitteroecker, P. (2000) Shape analysis of asymmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution* 54(9), 1909-1920.
- Klingenberg, C. (2006) *MorphoJ: software for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press.
- Bookstein, F. J. (1991) *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press.

Korrespondenz: Dr. Karl Friedrich Krey, MME, Poliklinik für Kieferorthopädie, Harnbergstr. 51, 04103 Leipzig / krey@med.uni-leipzig.de