
Journal of
Orofacial Orthopedics

Fortschritte der
Kieferorthopädie



Official Journal of the German Orthodontic Society

Offizielle Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie

**Elektronischer Sonderdruck für
F. Stahl de Castrillon**

Ein Service von Springer Medizin

J Orofac Orthop 2013 · 74:236–256 · DOI 10.1007/s00056-013-0140-5

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

F. Stahl de Castrillon · T. Baccetti · L. Franchi · R. Grabowski · U. Klink-Heckmann · J.A. McNamara

**Laterale kephalometrische Referenzwerte von
Deutschen mit regelrechter Okklusion im Alter
von 6 bis 17 Jahren**

Diese PDF-Datei darf ausschließlich für nichtkommerzielle Zwecke verwendet werden und ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen – hierzu zählen auch soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Austauschplattformen.

Lateral cephalometric standards of Germans with normal occlusion from 6 to 17 years of age

Laterale kephalometrische Referenzwerte von Deutschen mit regelrechter Okklusion im Alter von 6 bis 17 Jahren

Franka Stahl de Castrillon¹, Tiziano Baccetti^{2,3}, Lorenzo Franchi^{2,3}, Rosemarie Grabowski¹, Ursula Klink-Heckmann¹, James A. McNamara⁴

Abstract

The aim of this study was to analyze sagittal and vertical dentofacial dimensions in subjects with normal occlusions during the juvenile and adolescents age periods to establish age- and gender-specific lateral cephalometric standard values for Germans during their active growth period. The study group consisted of a sample of 32 untreated subjects with normal occlusions. Lateral cephalograms were analyzed at 11 consecutive stages, from 6–13 and from 15–17 years of age. A customized cephalometric analysis was used to measure 53 variables. Statistical comparisons of gender-specific differences were performed by means of Mann–Whitney U tests.

Anterior and posterior cranial base lengths, midfacial length as well as mandibular length were recorded to be significantly larger in male subjects at the age of 6 years. For most of the linear measurements, significantly larger craniofacial distances were recorded in males from the age of 15 years onward. There were no statistically significant gender differences with regard to most angular measurements at subsequent age groups. Soft tissue analysis revealed flatter profiles in females than in males from the age of 10–11 years onward, while age-dependent changes in the soft tissue profile were similar in both genders.

In untreated subjects with normal occlusion craniofacial development of the hard and soft tissues can be considered age- and gender-dependent. Therefore age- and gender-specific differ-

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Analyse der sagittalen und vertikalen dentofazialen Dimensionen bei Kindern und Jugendlichen mit regelrechter Okklusion. Bereitgestellt werden sollten alters- und geschlechtsspezifische kephalometrische Referenzwerte für deutsche Kinder während ihres Wachstums. Das Untersuchungskollektiv bestand aus einer Gruppe von 32 unbehandelten Probanden mit regelrechter Okklusion, deren Fernröntgenseitenbilder zu 11 aufeinanderfolgenden Zeitpunkten im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren analysiert wurden. Eine individuelle kephalometrische Analyse wurde verwendet, um 53 Variablen zu vermessen. Zur Ermittlung geschlechtsspezifische Unterschiede wurden Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt.

Die vordere und die hintere Schädelbasis sowie die Mittelgesichts- und die Unterkieferlänge waren bei den männlichen Probanden im Alter von 6 Jahren signifikant größer. Die meisten der metrischen Werte ergaben bei den Knaben ab 15 Jahren signifikant höhere Werte als bei den Mädchen. Die Mehrheit der gemessenen Winkel war geschlechtsunspezifisch. Das Weichteilprofil war bei den weiblichen Probanden von 11 Jahren an signifikant flacher als bei den Knaben. Die altersspezifischen Veränderungen im Weichteilprofil waren bei beiden Geschlechtern ähnlich.

Bei unbehandelten Probanden mit regelrechter Okklusion ist die kraniofaziale Entwicklung der skelettalen Strukturen und der Weichteilstrukturen als altersabhängig und geschlechtsspezifisch anzusehen. Deshalb sollten alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede für die linearen kraniofazialen Parameter in der Diagnostik und Behandlungsplanung bei Kindern und Jugendlichen berücksichtigt werden. Die vorliegenden Ergebnisse können dafür als Richtwerte für Kinder und Jugendliche mit deutscher Abstammung verwendet werden.

¹Department of Orthodontics, University Dental School, Rostock, Germany

²Department of Orthodontics, The University of Florence, Italy

³Thomas M. Graber Visiting Scholar, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, The University of Michigan, Ann Arbor, USA

⁴Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, and Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, USA

Received: February 28, 2012; accepted: September 10, 2012;
published online: May 8, 2013

J Orofac Orthop 2013; 74:236–256
DOI 10.1007/s00056-013-0140-5

ences of linear craniofacial distances should be taken into account for diagnosis and treatment planning in children and adolescents. The present results can be used as reference values for children and adolescents of German origin.

Keywords

Adolescents · Children · Soft tissue · Craniofacial growth · Orthodontics

Introduction

Facial growth and development are of concern to the clinician, as the amount and direction of growth alter the need for orthodontic therapy and the nature of the treatment protocols used [44]. The description of dentofacial relationships of individuals with normal and abnormal facial morphology is one of the most frequently addressed topics in the orthodontic literature [7].

Knowledge of skeletal and dental changes that occur simultaneously in the untreated normal individual during active growth years and beyond is especially important as it provides the baseline from which to plan orthodontic therapy [44]. Furthermore, the prediction of treatment effects depends largely on how well the growth changes that can occur without orthodontic intervention are understood [15]. There is, thus, great interest in acquiring longitudinal craniofacial growth data from untreated subjects with normal occlusion that could serve as reference values.

Longitudinal and semi-longitudinal studies have revealed ethnic [34, 52], gender-, and age-specific differences [11, 17, 39] with regard to craniofacial growth patterns; the dentofacial pattern changes during periods of active growth [48]. Thus, using the normative cephalometric standards obtained from subjects at one age when diagnosing those who could be in a completely different age group and/or sex could adversely affect both the diagnosis and treatment plan [6]. Baume [3] stated over a half century ago that children should be compared with reference values derived from children of the same developmental stage and not with the normative values of older age groups or adults.

Since the Baume's time, numerous cephalometric studies reporting on individuals of varying ethnic groups and age groups have been published. Selection criteria used for "standards" or "controls" in those studies are not uniform; they range from *ideal occlusion* [1, 14, 28, 42] and *excellent occlusion* [2, 3, 19, 24, 41] to *normal occlusion* [5, 19, 20, 31, 40, 51] and *clinically acceptable occlusion* [7, 17]. Other studies have considered subjects with Angle Class I occlusion with no facial asymmetry and/or asymmetry in the dental arches [8, 9, 16].

Only a few studies [1, 4, 25, 31, 32, 48] provide detailed information on the dental characteristics (e.g., overjet, overbite, tooth-size/arch-size considerations, transverse occlusal relationships) of their study subjects. Most of those investigations were cross-sectional or mixed longitudinal in nature. Very few longitudinal studies [5, 6, 14, 35, 46, 49] have described growth

Schlüsselwörter

Jugendliche · Kinder · Weichgewebe · Kraniofaziales Wachstum · Kieferorthopädie

Einleitung

Das Gesichtswachstum und seine Entwicklung sind für den Kliniker dahingehend von Bedeutung, dass Ausmaß und Richtung des Wachstums den Behandlungsbedarf und das spezifische Behandlungsprotokoll für die kieferorthopädische Behandlung bestimmen [44]. Deshalb ist die Beschreibung der dentofazialen Beziehungen bei Probanden mit normaler und abweichender fazialer Morphologie eines der häufigsten Themen, das in der kieferorthopädischen Literatur aufgeworfen wurde [7].

Das Wissen über skelettale und dentale Veränderungen, die gleichzeitig beim unbehandelten gesunden Individuum während der aktiven Wachstumsphase und danach auftreten, ist besonders wichtig, denn diese Veränderungen stellen die Grundlage für die Planung der kieferorthopädischen Therapie dar [44]. Des Weiteren ist die Vorhersage von Behandlungseffekten in starkem Maße abhängig von unserem Verständnis für Wachstumsveränderungen, die ohne kieferorthopädische Behandlung erwartet werden können [15]. Deshalb ist das Interesse an longitudinalen Wachstumsdaten von unbehandelten Probanden mit regelrechter Okklusion groß, da sie als Referenzwerte verwendet werden können.

Longitudinale und semilongitudinale Studien haben gezeigt, dass es ethnische [34, 52], geschlechtsspezifische und altersspezifische Unterschiede [11, 17, 39] bezüglich des kraniofazialen Wachstumsmusters gibt und dass sich das dentofaziale Muster während aktiver Wachstumsphasen verändert [48]. So kann die Verwendung von kephalometrischen Standardwerten, die für Probanden eines bestimmten Alters erhoben wurden, bei der Diagnose anderer Personen mit unterschiedlichem Alter und/oder Geschlecht zu Fehlern in der Diagnose und Behandlungsplanung führen [6]. So konstatierte Baume [3] vor mehr als einem halben Jahrhundert, dass Kinder mit Referenzwerten, die von Kindern mit demselben Entwicklungsstand stammen, verglichen werden sollten und nicht mit Normwerten von älteren Probandengruppen oder Erwachsenen.

Seit der Zeit von Baume wurden zahlreiche kephalometrische Studien, die Individuen aus unterschiedlichen ethnischen Gruppen und unterschiedlichen Altersgruppen untersucht haben, veröffentlicht. Die Einschlusskriterien, die als „Standards" oder „Kontrollen" in diesen Studien verwendet wurden, sind nicht einheitlich. Sie reichen von *idealer* [1, 14, 28, 42] und *exzellenter Okklusion* [2, 3, 19, 24, 41] bis zu *normaler* [5, 19, 20, 31, 40, 51] und *klinisch akzeptabler Okklusion* [7, 17]. Andere Studien haben die Angle-Klasse-I-Okklusion ohne faziale Asymmetrie und/oder Asymmetrie der Zahnbögen berücksichtigt [8, 9, 16].

Nur einige wenige Studien [1, 4, 25, 31, 32, 48] stellten detaillierte Angaben zu den dentalen Charakteristiken (beispielswei-

changes from the prepubertal to postpubertal stage of craniofacial development.

One of the few published investigations that considers the growth and development of untreated subjects with optimal facial and occlusal aesthetics was from the *Bolton-Brush Growth Study* at Case Western Reserve University (USA). An atlas was published in 1975 entitled *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth* [14] that described annual growth changes in young males and females. The atlas was based on data from a highly selected sample of individuals from the *Bolton-Brush Growth Study* who had normal occlusions and balanced faces. The cephalometric values reported in the atlas were based on records obtained from 16 males and 16 females (referred to as the *Bolton Standards*) throughout their active growth period. The data derived from these longitudinal cephalograms can be used as a “gold standard” for normal or ideal craniofacial growth.

There have been no age- and gender-specific reference values that cover most of the craniofacial growth period available for German children until now. Specifically, there are limited data on subjects selected in a manner similar to those who were referred to in the *Bolton Standards*. Therefore, the purpose of this investigation was to reintroduce data from the *University of Rostock Growth Study* as a means of analyzing sagittal and vertical dentofacial dimensions in children and adolescents with normal occlusion. In greater detail, our study aims to establish age- and gender-specific lateral cephalometric standard values for German juveniles and adolescents between the ages of 6–17 years, and to examine gender differences during those age periods.

Subjects and methods

The material for the present study was collected from the University of Rostock Growth Study, which was initiated in 1959 by one of the authors (UK-H) at the Department of Orthodontics at the University of Rostock. Longitudinal data were derived from 102 healthy subjects whose records were collected from birth until early adulthood [22, 23, 30]. All subjects were born in 1959 or 1960, and were of German origin. They came from all social backgrounds.

Parental consent was obtained prior to the study for all subjects included in this project. No institutional ethics research committee approval was needed when the study was initiated. Nevertheless, we must mention that today it would be virtually impossible to obtain this type of longitudinal material (including x-rays) from healthy subjects who presented no obvious need for orthodontic treatment. Thus, data derived from the Rostock longitudinal sample are valuable and unique in that they also can be considered a “gold standard” of normal craniofacial growth. Subjects included in the Rostock sample were selected because they had normal occlusions and well-balanced faces and had not undergone any orthodontic therapy.

Records included dental casts, lateral cephalograms, extra- and intraoral photographs, dental histories and the participants' clinical examinations. Dental impressions were obtained every 6 months until the age of 2 years, and annually thereafter. Due to

se Overjet, Overbite, Zahngrößen/Zahnbögen, transversale okklusale Beziehungen) ihrer Probanden zur Verfügung. Die Mehrheit dieser Untersuchungen waren Querschnitts- oder gemischte Longitudinalstudien. Sehr wenige Längsschnittuntersuchungen [5, 6, 14, 35, 46, 49] haben die Wachstumsveränderungen vom präpuberalen bis zum postpuberalen Stadium der kraniofazialen Entwicklung beschrieben.

Eine der wenigen publizierten Untersuchungen, die das Wachstum und die Entwicklung von unbehandelten Probanden mit optimaler fazialer und okklusaler Ästhetik berücksichtigt hat, stammt aus der *Bolton-Brush Wachstumsstudie* der Case Western Reserve Universität (USA). Der Atlas *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth* [14], der die jährlichen Wachstumsveränderungen bei Knaben und Mädchen beschreibt, wurde 1975 publiziert. Er basiert auf den Daten einer stark selektierten Gruppe von Individuen aus der *Bolton-Brush Wachstumsstudie*, die eine normale Okklusion und harmonische Gesichter hatten. Die kephalometrischen Werte, die in dem Atlas wiedergegeben sind, basieren auf den Unterlagen, die von 16 Knaben und Mädchen (bezeichnet als *Bolton Standards*) während ihrer aktiven Wachstumsphase gesammelt wurden. Die Daten, die von diesen longitudinalen kephalometrischen Aufnahmen gewonnen wurden, können als Goldstandard für normales oder ideales Gesichtsschädelwachstum verwendet werden.

Bis jetzt sind keine alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerte, welche den Großteil der kraniofazialen Wachstumsperiode abdecken, für deutsche Kinder verfügbar. Es gibt nur sehr begrenzt Daten von Probanden, die in ähnlicher Art und Weise wie die *Bolton Standards* ausgewählt wurden. Deshalb war es die Absicht der vorliegenden Untersuchung, die Daten der *Wachstumsstudie der Universität Rostock* in Erinnerung zu rufen, indem die sagittalen und vertikalen dentofazialen Dimensionen bei Kindern und Jugendlichen mit regelrechter Okklusion analysiert wurden. Diese Studie beabsichtigt, alters- und geschlechtsspezifische seitliche kephalometrische Referenzwerte für deutsche Kinder und Jugendliche im Alter von 6 bis 17 Jahren bereitzustellen und geschlechtsspezifische Unterschiede zu analysieren.

Probanden und Methoden

Das Untersuchungsmaterial für die vorliegende Studie wurde aus der Wachstumsstudie der Universität Rostock, die 1959 von einem der Autoren (UK-H) in der Poliklinik für Kieferorthopädie an der Universität Rostock begonnen wurde, gewonnen. Die Longitudinaldaten stammen von 102 zwischen 10/1959 und 03/1960 geborenen gesunden Probanden, für die von Geburt an bis zum jungen Erwachsenenalter Unterlagen angefertigt worden waren [22, 23, 30]. Sämtliche Probanden waren deutscher Abstammung und kamen aus allen sozialen Schichten.

Für alle Teilnehmer der Studie wurde zu Beginn das Einverständnis der Eltern eingeholt. Zum Zeitpunkt des Studienbeginns war die Zustimmung einer Ethikkommission nicht not-

Table 1. Chronological age of the subjects at each time point during the observation period**Tabelle 1.** Chronologisches Alter der Probanden zu jedem Untersuchungszeitpunkt während des Beobachtungszeitraums

Sub- jects	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Males												
1	6.3	7.4	8.5	9.4	10.3	11.3	12.3	13.3		15.3	16.3	17.5
2	6.3	7.2	8.8		10.0	11.0	12.0	13.1		15.5		
3		7.3	8.4	9.2	10.3	11.1	12.3	13.1		15.4	16.1	
4	6.2	7.2	8.8		10.0	11.0	12.0	13.1		15.8		17.4
5	6.3	7.4	8.7	9.4	10.3	11.3	12.3	13.3		15.6	16.3	17.4
6		7.2	8.8		10.0	11.0	12.7	13.7		15.3	16.0	17.6
7	6.3	7.2	8.3		10.0	11.0		13.1		15.3	16.0	17.6
8	6.3	7.3	8.5	9.3	10.3	11.3	12.2	13.3		15.5	16.2	17.6
9	6.7	7.6	8.7	9.5	10.3	11.3	12.3	13.4		15.6	16.3	17.5
10	6.2	7.2	8.1	9.3	10.0	11.0	12.0	13.0		15.3		
11	6.4	7.4	8.6	9.4	10.3	11.3	12.3	13.3		15.6	16.3	17.6
12	6.3		8.3	9.3	10.1	11.1	12.1	13.1		15.4	16.0	17.5
13	6.3	7.4	8.5	9.4	10.3	11.4	12.6	13.3		15.6	16.3	
14	6.3	7.2			10.0					15.3		17.4
15	6.2		8.3	9.1	10.2	11.0	12.2	13.1				
16		7.3	8.4	9.2	10.1	11.1	12.1	13.1				
Females												
1	6.8	7.3	8.4	9.2	10.1	11.1	12.1	13.1		15.3	16.1	
2	6.3		8.9		10.1	11.1	12.1	13.1			16.1	
3	6.3	7.3	8.5	9.3	10.2	11.2	12.2	13.3		15.5		17.6
4	6.3	7.4	8.7	9.4	10.3	11.5	12.3	13.3		15.6		
5	6.4	7.5	8.6	9.5	10.3	11.3		13.2		15.7		17.5
6	6.2		8.4		10.2	11.0	12.2	13.1				
7	6.4	7.5	8.7	9.3	10.3	11.3	12.7	13.3		15.7		
8	6.3	7.3	8.3	9.4	10.1	11.1	12.1	13.1		15.8	16.1	17.5
9	6.3	7.3	8.5		10.1	11.1		13.1		15.4	16.1	17.7
10			8.4	9.2	10.1	11.1	12.1	13.1		15.4		
11		7.3	8.5	9.2			12.1	13.1		15.4		
12	6.3	7.3	8.6	9.3	10.3		12.2	13.3		15.4	16.2	
13	6.3	7.3	8.4	9.3	10.1	11.1		13.1		15.1	16.1	
14	6.3	7.3	8.3	9.2	10.1	11.1		13.1		15.4	16.1	17.8
15	6.3		8.5	9.3	10.2	11.3		13.3		15.5	16.2	17.4
16	6.3	7.4	8.5	9.3	10.2	11.2	12.2			15.3		

a technical difficulty with the radiographic apparatus, no lateral cephalograms were taken in 1974 when the subjects were 14 years old.

The primary inclusion criteria included no orthodontic treatment before and throughout the entire observation period and

wendig. Trotzdem soll erwähnt werden, dass es heute nahezu unmöglich wäre, diese Art von Längsschnittmaterial (einschließlich Röntgenaufnahmen) von gesunden Probanden, bei denen offensichtlich kein kieferorthopädischer Behandlungsbedarf bestand, zu erhalten. Deshalb sind die Daten, die aus der

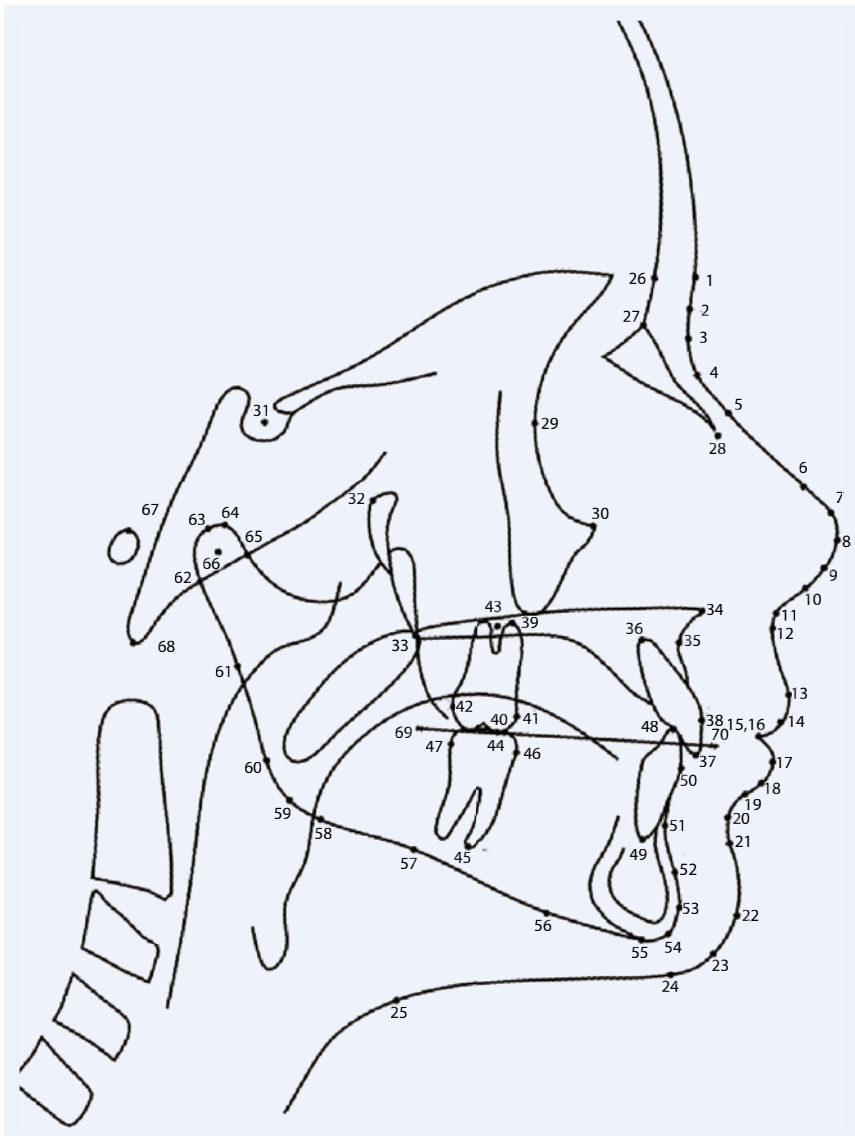


Figure 1. Cephalometric landmarks

Abbildung 1. Kephalometrische Referenzpunkte

normal occlusal relationships at the beginning and throughout the entire observation period. The occlusal relationship was defined as normal when the following criteria were fulfilled: Class I canine relationship and mesial step or a flush terminal plane deciduous molar relationship in the deciduous and mixed dentition, Class I canine and Class I molar relationship in the permanent dentition, normal sagittal overjet, normal vertical and transversal overbite, and crowding up to 1 mm in both jaws.

The secondary inclusion criteria were the following: subjects had to present a fully developed deciduous or early mixed dentition at the beginning of the observation period and a fully developed permanent dentition at the end of the observation period, with no missing teeth or tooth extractions before or during the entire observation period. All subjects had to be in good health and display no craniofacial anomalies. The details of our cohort's distribution are shown in Table 1.

Rostocker Längsschnittgruppe gewonnen wurden, wertvoll und einzigartig und können als Goldstandard des normalen Gesichtsschädelwachstums angesehen werden. Ausgewählt wurden die Probanden, die in die Rostocker Gruppe eingeschlossen wurden, auf der Basis einer regelrechten Okklusion, eines harmonischen Gesichtes und unter der Prämisse, dass keine kieferorthopädische Behandlung stattfand.

Unterlagen bestanden aus den Modellen, Fernröntgenseitenbildern, extra- und intraoralen Fotos, anamnestischen Angaben und Angaben zur klinischen Untersuchung der Teilnehmer. Abdrücke der Kiefer wurden alle 6 Monate bis zum Alter von 2 Jahren und danach jährlich genommen. Im Jahr 1974, als die Probanden 14 Jahre alt waren, mussten die fernröntgenologischen Untersuchungen wegen technischer Schwierigkeiten ausfallen. Die primären Einschlusskriterien beinhalteten keine kieferorthopädische Therapie und regelrechte Okklusionsverhält-

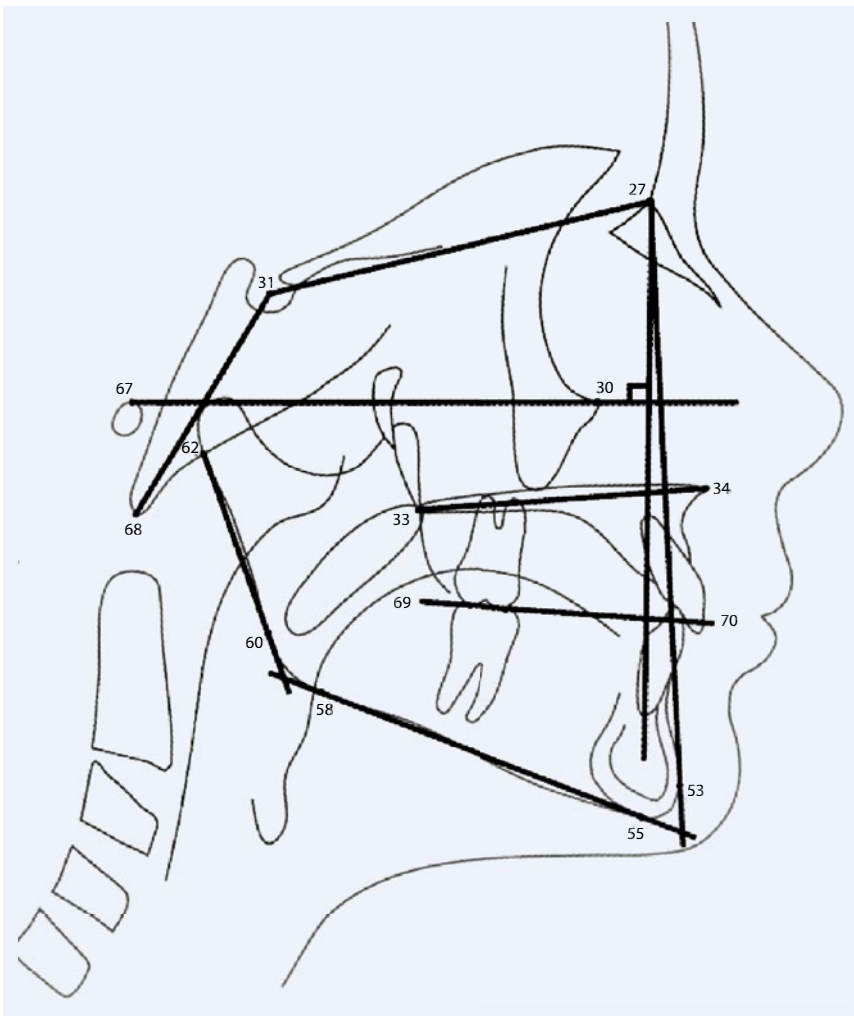


Figure 2. Cephalometric reference lines

Abbildung 2. Kephalmetrische Referenzlinien

A total of 32 subjects (16 males, 16 females) met the inclusion criteria. The subjects were grouped according to gender and chronological age (Table 1). Because the number of the lateral cephalograms after the age of 17 years was limited, only cephalograms between the ages of 6 and 17 years were analyzed for this investigation. The mean age of males and females at the beginning of the observation period was 6.3 years. At the end of the observation period, the males and females were on average 17.6 years old. As the number of films taken of females at the 16- and 17-year intervals was limited (N=6), we have chosen to report those data in the tables for illustrative purposes only.

Cephalometric analysis

The lateral cephalograms were taken in habitual intercuspal position (centric occlusion), while the natural head position was determined clinically and the cephalostat's ear rods were then placed in the ears. All lateral cephalograms were traced manually by one experienced investigator (FS). Sets of radiographs of each subject were traced at the same time.

nisse zu Beginn und während des gesamten Beobachtungszeitraums. Eine regelrechte Okklusion wurde nach folgenden Kriterien definiert: Klasse-I-Beziehung im Eckzahngebiet und mesial präformierte Stufe oder gerader Abschluss der Milchzahnreihe im Milch- und Wechselgebiss, Klasse-I-Relation im Eckzahn- und Molarengbiet im bleibenden Gebiss, regelrechter sagittaler Overjet, regelrechter vertikaler Overbite und transversaler Überbiss sowie Engstand von bis zu 1 mm in beiden Kiefern.

Die sekundären Einschlusskriterien waren: ein vollständiges Milchgebiss oder frühes Wechselgebiss zu Beginn und ein vollständig entwickeltes bleibendes Gebiss zum Ende des Untersuchungszeitraums ohne fehlende Zähne oder Zahnextraktionen vor und während des gesamten Beobachtungszeitraums. Alle Probanden hatten in gutem Allgemeingesundheitszustand zu sein und durften keine kraniofazialen Anomalien aufweisen. Die genaue Zusammensetzung der Untersuchungsgruppe ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Auf 32 Probanden (16 männliche, 16 weibliche) trafen die Einschlusskriterien zu. Die Probanden wurden nach dem Geschlecht und dem chronologischen Alter eingruppiert (Tabelle

Table 2. Mean (\bar{x}) and standard deviation [SD] of skeletal measurements in male subjects with normal occlusion at 6–13 and 15–17 years of age (magnification factor 8%)

Cephalometric measures		6 years	7 years	8 years	9 years	10 years	11 years	12 years	13 years	15 years	16 years	17 years										
\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD									
Cranial base																						
NSBa (°)	133.0	6.0	132.7	5.8	132.5	5.1	134.6	5.3	133.3	5.4	133.1	5.1	132.9	5.1	132.4	4.9	131.4	4.2	132.2	4.8	131.1	5.0
NSAr (°)	125.0	6.6	124.7	5.6	125.0	5.1	125.7	4.7	125.6	4.4	125.8	4.3	125.7	4.2	126.1	4.1	125.0	3.6	125.9	3.4	125.0	4.3
S-N (mm)	63.3	2.3	62.9	2.4	64.3	2.4	64.0	2.0	64.7	2.7	65.5	2.6	67.2	2.8	67.8	2.8	70.3	3.3	70.1	3.0	71.6	3.5
S-Ar (mm)	28.0	1.9	28.3	2.0	29.4	2.5	29.4	2.4	30.4	2.1	31.0	2.2	32.5	2.5	33.1	2.4	34.7	2.4	35.4	1.8	36.8	1.9
S-Ba (mm)	39.2	1.9	39.5	2.0	40.4	2.2	41.0	2.3	42.0	2.1	42.3	3.0	44.0	3.2	44.3	3.2	46.6	4.2	46.9	4.1	47.9	4.1
Maxillary skeletal																						
SNA (°)	81.7	3.9	81.0	3.6	80.7	3.7	81.5	3.3	81.0	3.4	81.1	3.4	81.5	3.5	81.6	3.6	82.5	4.0	82.7	4.2	82.8	3.7
Pr-A to Nasion perp (mm)	0.7	2.6	0.8	2.1	0.0	2.5	0.8	2.4	0.6	2.6	0.7	2.5	0.6	2.9	0.9	2.9	1.8	3.4	2.5	3.2	2.0	3.1
Co-Pr-A (mm)	76.5	2.5	75.8	2.9	77.7	3.6	78.3	3.6	79.4	3.5	80.9	4.2	84.0	4.2	85.5	4.7	89.0	5.1	90.3	5.2	92.0	5.6
ANS-PNS (mm)	46.4	2.4	46.5	2.9	47.4	2.8	48.2	3.3	48.3	2.9	49.4	3.3	50.4	3.7	51.0	3.6	53.1	3.3	53.9	3.4	54.0	3.2
Mandibular skeletal																						
SNB (°)	77.1	3.6	77.1	3.3	77.0	3.2	77.2	3.2	77.4	2.7	77.2	2.6	77.9	2.6	78.3	2.6	79.3	2.9	79.4	3.1	80.0	3.0
SNPg (°)	76.1	4.1	76.6	3.6	76.7	3.3	76.7	3.7	77.2	2.8	77.2	2.8	77.9	2.7	78.3	2.8	79.8	2.9	79.7	3.1	80.5	2.9
Pg to Nasion perp (mm)	-7.8	5.6	-5.7	4.8	-6.7	5.0	-6.8	5.7	-5.6	5.2	-5.7	5.1	-5.5	5.3	-4.7	5.1	-1.9	5.9	-1.2	5.4	-1.2	5.9
Co-Gn (mm)	94.2	3.6	94.9	4.0	97.8	4.2	98.2	4.6	101.1	4.2	103.0	4.6	107.2	4.9	109.9	5.4	117.8	5.9	119.3	4.2	122.9	4.5
Ar-Gn (mm)	89.2	3.6	89.8	4.1	92.4	3.8	93.1	4.7	95.2	4.3	96.8	4.4	100.7	4.7	103.2	5.2	110.5	5.7	111.5	4.6	114.6	4.4
Co-Go (mm)	45.3	2.8	46.0	2.6	47.5	3.2	46.8	1.7	49.1	2.6	50.1	2.9	51.9	3.2	53.8	3.8	58.6	4.2	59.0	3.6	61.9	4.3
Go-Me (mm)	55.6	3.3	56.8	3.2	58.0	3.4	58.6	4.0	60.9	3.8	61.7	3.6	63.9	4.1	64.4	5.5	71.3	4.5	71.6	3.0	73.9	4.0
Maxillary/Mandibular																						
ANB (°)	4.6	1.6	3.8	1.5	3.7	2.0	4.2	1.5	3.6	1.6	3.8	1.6	3.5	1.8	3.3	1.9	3.2	1.9	3.3	1.8	2.8	1.2
WITS (mm)	-0.3	1.7	-0.5	2.0	-0.6	1.2	-0.3	1.5	-1.0	1.4	-0.1	1.1	-0.5	1.2	-0.4	1.5	-0.1	1.4	-0.1	1.2	-0.3	1.7
Max/Mand diff (mm)	17.6	3.3	19.2	2.9	20.2	3.1	19.9	2.9	21.7	3.3	22.1	3.7	23.2	4.1	24.4	4.3	28.8	4.7	29.0	3.7	31.0	3.5

Table 2. Mean (\bar{x}) and standard deviation (SD) of skeletal measurements in male subjects with normal occlusion at 6–13 and 15–17 years of age (magnification factor 8%)
Tabelle 2. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der skelettalen Messwerte der männlichen Probanden mit regelrechter Okklusion im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren. (Vergrößerungsfaktor 8%)

Cephalometric measures	6 years		7 years		8 years		9 years		10 years		11 years		12 years		13 years		15 years		16 years		17 years	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Vertical skeletal																						
ML/NSL (°)	36.8	4.7	36.3	4.8	36.3	4.6	37.3	4.6	36.4	3.8	36.5	4.3	36.3	4.3	36.0	4.7	34.8	4.5	35.6	4.4	34.3	4.8
NL/NSL (°)	7.1	3.2	7.7	2.7	7.4	3.1	7.5	3.6	7.4	3.1	8.2	2.4	7.9	2.6	8.1	2.6	8.3	3.1	8.5	3.7	8.6	3.5
ML/NL (°)	28.3	4.1	27.0	4.3	27.5	5.2	28.3	4.9	27.6	4.5	26.7	4.5	26.9	4.4	26.4	4.7	24.7	4.4	25.4	3.2	23.9	4.2
ArGoMe (°)	130.5	4.9	127.9	3.3	128.6	4.7	129.5	4.0	127.6	4.3	127.9	4.4	128.5	4.6	127.7	4.7	124.3	5.1	125.4	4.1	123.3	5.3
N-Me (mm)	97.9	3.6	98.7	4.4	101.4	4.2	102.1	4.7	104.6	4.6	106.3	5.2	110.0	6.1	111.9	6.1	119.2	5.7	120.6	3.9	123.7	3.5
ANS-Me (mm)	57.0	2.9	56.6	3.4	58.3	3.6	58.7	4.3	59.7	3.7	60.3	4.2	62.3	4.3	63.1	4.5	67.2	4.1	68.4	3.0	70.0	2.8
S-Go (mm)	60.9	3.5	61.8	3.1	63.8	3.9	63.4	3.2	65.6	3.4	66.8	3.6	69.5	4.2	71.5	4.9	77.1	5.5	77.5	4.6	80.9	5.6

1). Weil die zur Verfügung stehende Anzahl von Fernröntgenseitenbildern nach dem Alter von 17 Jahren begrenzt war, wurden nur die zur Verfügung stehenden Fernröntgenaufnahmen zwischen 6 und 17 Jahren für die vorliegende Studie ausgewertet. Das mittlere Alter der Knaben und Mädchen zu Beginn des Beobachtungszeitraums war 6,3 Jahre. Zum Ende des Untersuchungszeitraums war das mittlere Alter der männlichen und weiblichen Probanden 17,6 Jahre. Die Anzahl der verfügbaren Filme bei den weiblichen Probanden im Alter von 16 und 17 Jahren war gering (n=6). Wir haben uns deshalb entschlossen, diese Daten in den Tabellen nur der Vollständigkeit wegen wiederzugeben.

Kephalometrische Analyse

Die Fernröntgenseitenbilder wurden in habitueller Interkuspidation (zentrischer Okklusion) angefertigt, während die natürliche Kopfposition klinisch bestimmt wurde und dann die Ohrlivens des Kephalostaten in die Ohren positioniert wurden. Alle Fernröntgenseitenbilder wurden manuell von einem erfahrenen Untersucher (FS) durchgezeichnet. Serielle Aufnahmen von jedem Probanden wurden in einer Sitzung durchgezeichnet.

Das benutzerdefinierte Digitalisierungs- und Analyseprogramm Dentofacial Planner™ (Dentofacial Software, Toronto, Ontario, Kanada) wurde für alle Fernröntgenbilder angewendet. Siebzig Punkte wurden digitalisiert, und eine benutzerdefinierte kephalometrische Analyse, die ausgewählte Messwerte aus 6 kephalometrischen Analysen [21, 26, 27, 33, 37, 47] enthielt, wurde verwendet. Von den kephalometrischen Punkten und Referenzlinien (Abbildung 1, Abbildung 2) wurden 53 Messwerte, 23 Winkel- und 30 lineare Werte für jede Durchzeichnung gemessen. Alle Röntgenaufnahmen wurden mit einem konstanten Film-Objekt-Abstand und demselben Röntgengerät angefertigt. Der ursprüngliche Vergrößerungsfaktor von 7,14% für die linearen Messwerte wurde nachträglich auf 8% angepasst. Dieser wird typischerweise in Publikationen verwendet und erleichtert den Vergleich mit anderen Studienergebnissen.

Methodenfehler

Insgesamt wurden 87 Fernröntgenseitenbilder von 10 zufällig ausgewählten Probanden ein zweites Mal durchgezeichnet und digitalisiert, um den Methodenfehler mit Hilfe des Intra-Klassen-Korrelations-Koeffizienten [43] zu berechnen. Der Intra-Klassenkorrelationskoeffizient für die kephalometrischen Messwerte war hoch. Mit Ausnahme von 3 dentalen (U1 zu NA [mm], Overjet [mm], Molarenbeziehung [mm]) und 3 Weichteilmesswerten (Nasolabialwinkel [°], UL [°], UL Protr [mm]) waren die Intra-Klassen-Koeffizienten höher als 0,906. Die mittleren Differenzen der angularen und linearen Messungswerte für die dentalen Werte lagen zwischen 0,01 und 0,3° bzw. 0,01 und 0,2 mm. Die mittleren Differenzen der angularen und linearen Messwerte für die skelettalen Werte lagen zwischen 0,01 und 0,3° bzw. 0,01 und 0,6 mm. Im Allgemei-

Table 3. Mean [x̄] and standard deviation [SD] of dental, interdental, and soft tissue measurements in male subjects with normal occlusion at 6–13 and 15–17 years (magnification factor 8%)
Table 3. Mittelwert [x̄] und Standardabweichung [SD] der dentalen, der intermaxillären und der Weichteilmesswerte der männlichen Probanden mit idealer Okklusion im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren. (Vergrößerungsfaktor 8%)

Cephalomet- ric measures	6 years	7 years	8 years	9 years	10 years	11 years	12 years	13 years	15 years	16 years	17 years												
x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD												
Maxillary dentoalveolar																							
U1/NSL (°)	104.2	6.4	100.3	4.7	101.3	5.1	102.4	4.3	101.1	5.2	99.8	5.9	100.9	5.8	100.3	6.4	102.2	6.2	101.4	5.7	102.0	5.5	
U1/FH (°)	112.5	4.7	110.2	3.2	110.6	4.9	111.8	4.2	110.8	4.9	109.5	5.9	110.0	5.8	109.6	6.4	111.4	5.9	111.1	5.0	111.0	5.4	
U1/NA (°)	20.5	1.1	18.9	3.8	20.6	3.8	20.9	3.9	20.1	4.0	18.8	5.1	19.4	5.4	18.7	6.3	19.6	5.1	18.7	3.4	19.2	3.4	
U1 to NA (mm)	1.2	1.4	0.6	2.0	1.9	1.2	2.3	1.4	2.5	1.8	2.0	1.7	2.3	2.1	2.3	2.4	2.7	2.1	2.4	1.8	3.0	1.9	
U1 to Pt A verti- cal (mm)	2.7	2.2	1.7	3.1	1.4	3.5	1.3	3.9	1.6	3.5	1.3	3.7	1.5	3.8	1.7	4.6	1.7	4.6	1.7	4.6	1.6	5.0	2.0
Mandibular dentoalveolar																							
L1/ML (°)	89.6	0.4	93.0	6.1	93.1	7.1	93.9	4.7	93.7	6.3	94.3	6.7	92.6	6.3	93.7	8.0	93.2	7.4	92.9	5.9	92.3	6.2	
L1/NB (°)	22.4	3.5	25.3	4.3	25.0	7.1	27.0	5.0	26.1	6.6	26.5	6.3	25.3	6.6	26.5	6.7	25.6	6.8	26.2	6.6	24.9	6.2	
L1 to NB (mm)	3.1	1.8	3.4	1.4	3.4	2.1	4.4	1.7	4.0	1.9	4.1	2.0	4.0	2.0	4.1	1.9	4.5	2.2	4.6	1.9	4.4	1.9	
L1 to Pt A-Pg (mm)	1.3	1.0	2.1	1.1	2.3	1.5	3.0	1.3	2.8	1.7	2.5	1.6	2.5	2.0	2.5	1.7	2.6	1.9	2.7	1.8	2.8	2.1	
Interdental																							
Overbite (mm)	3.7	1.6	1.9	2.3	2.8	2.0	2.4	1.8	3.3	1.6	3.2	1.6	3.2	1.8	3.7	1.5	3.1	1.5	2.8	1.5	2.9	1.4	
Overjet (mm)	3.8	1.7	3.2	0.7	3.5	0.7	3.5	0.8	3.7	0.9	3.6	0.8	3.6	0.9	3.5	0.7	3.4	0.8	3.3	0.8	3.4	1.1	
U1/L1 (°)	132.6	6.4	131.4	6.6	130.7	10.4	127.8	7.8	130.3	9.1	130.9	10.1	131.8	9.4	131.5	10.8	131.6	10.4	131.8	9.4	133.2	8.8	
Molar relation- ship (mm)	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.6	1.0	1.8	0.6	1.9	0.8	1.8	1.2	
Soft tissue																							
Nasolabial (°)	116.6	11.6	119.3	13.4	119.7	12.2	119.8	12.6	118.9	11.8	118.6	10.1	115.2	13.3	117.7	11.8	118.9	11.6	119.5	10.4	119.0	10.7	
UL (°)	10.1	6.7	9.3	6.9	7.4	6.6	7.9	7.4	7.5	7.1	7.8	6.9	8.9	8.8	9.3	7.4	7.0	7.1	6.8	8.2	4.7	7.8	
UL-E (mm)	0.7	1.1	0.4	1.5	0.1	1.9	0.1	1.7	0.1	1.5	0.1	1.3	-0.5	1.9	-0.4	1.7	-2.3	2.0	-2.7	2.2	-3.2	2.5	
LL-E (mm)	0.2	1.5	0.1	1.9	1.1	2.5	1.5	2.2	0.9	1.9	1.2	2.1	0.6	2.3	0.4	2.5	-0.8	2.5	-1.5	2.6	-1.9	2.7	
UL Protr (mm)	5.0	1.1	4.8	1.5	4.7	1.6	4.6	1.7	4.7	1.4	4.8	1.3	4.8	1.8	5.0	1.5	4.2	1.8	4.2	2.2	3.7	2.3	
LL Protr (mm)	2.4	1.4	2.6	1.5	3.6	2.2	4.0	2.0	3.5	1.5	3.8	1.9	3.5	1.9	3.2	2.2	2.8	2.2	2.3	2.2	2.1	2.2	
Mentolabial fold (mm)	3.3	1.3	3.5	1.4	3.6	1.1	3.6	0.8	3.7	1.0	4.1	0.7	4.3	1.0	4.8	0.7	5.4	0.9	5.3	1.0	4.9	0.8	

Table 4. Mean (\bar{x}) and standard deviation (SD) of skeletal measurements in female subjects with normal occlusion at 6–13 and 15–17 years of age (magnification factor 8%)
Tabelle 4. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der skeletalen Messwerte der weiblichen Probanden mit regelrechter Okklusion im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren. (Vergrößerungsfaktor 8%)

Cephalometric measures	6 years	7 years	8 years	9 years	10 years	11 years	12 years	13 years	15 years	16 years	17 years											
\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD											
Cranial base																						
NSBa (°)	135.1	4.8	134.1	4.0	133.9	5.6	133.0	5.3	134.1	5.7	133.5	5.3	132.2	5.9	134.6	5.2	134.4	5.4	136.9	3.3	135.0	5.7
NSAr (°)	126.4	5.4	126.0	4.4	126.6	6.4	125.9	5.9	127.0	6.3	126.4	5.6	125.3	5.4	128.3	5.8	127.8	6.1	130.8	5.3	127.9	6.3
S-N (mm)	60.8	1.9	61.5	2.1	62.7	2.1	63.3	2.1	63.7	2.3	63.9	2.6	65.9	2.9	66.5	2.6	67.3	2.6	67.5	1.8	68.4	1.8
S-Ar (mm)	26.7	1.6	27.0	1.6	28.7	2.0	29.1	1.7	29.6	2.0	30.3	1.5	32.0	2.0	32.0	1.6	32.7	1.7	32.9	2.1	32.8	2.1
S-Ba (mm)	37.5	1.7	38.7	1.9	39.7	1.5	40.3	1.8	40.5	2.3	41.7	1.8	43.5	1.6	43.2	2.1	43.6	2.1	43.5	1.5	44.4	2.8
Maxillary skeletal																						
SNA (°)	80.4	3.5	80.2	3.3	79.6	3.2	79.5	3.3	79.7	3.8	80.2	3.6	81.1	3.7	80.2	3.8	80.4	3.1	79.4	4.2	79.5	2.8
Pt-A to Nasion perp (mm)	0.1	2.9	-0.2	2.8	-0.9	2.8	-1.0	2.6	-0.6	3.0	-0.4	3.0	-0.3	3.2	0.0	3.4	0.4	2.9	-1.2	3.2	0.3	3.5
Co-Pt-A (mm)	73.0	2.6	74.0	3.3	76.0	3.4	76.6	3.5	78.2	3.5	78.7	3.7	82.2	3.7	83.6	3.7	85.1	3.6	84.9	4.0	85.2	4.7
ANS-PNS (mm)	44.9	2.4	45.6	2.3	46.2	2.2	46.7	2.5	47.2	2.6	47.8	2.7	49.1	2.8	49.6	2.7	50.5	2.7	49.9	2.9	51.5	3.9
Mandibular skeletal																						
SNB (°)	75.7	3.0	75.8	2.7	75.7	2.6	75.7	2.7	75.9	2.9	76.5	2.7	77.2	3.0	76.9	3.0	77.6	2.2	76.7	2.5	76.6	2.7
SNP _g (°)	74.9	3.0	75.0	2.4	75.5	2.6	75.5	2.7	76.0	2.8	76.7	2.7	77.6	2.7	77.5	3.0	78.3	2.3	77.7	2.9	77.4	3.1
Pg to Nasion perp (mm)	-8.8	4.9	-8.8	4.9	-8.5	4.4	-8.8	4.7	-7.5	4.9	-7.0	5.3	-7.0	5.7	-5.0	6.1	-3.2	5.3	-4.5	7.0	-3.6	7.1
Co-Gn (mm)	90.2	3.0	91.6	3.3	94.9	3.4	96.1	3.8	98.7	4.0	100.2	4.0	104.7	4.9	108.0	4.6	110.7	4.3	112.2	5.7	112.3	6.6
Ar-Gn (mm)	85.8	3.3	86.9	3.6	89.9	3.9	90.5	3.7	93.2	4.1	94.5	4.2	98.6	5.2	101.8	4.7	103.8	4.8	106.2	5.8	105.3	6.3
Co-Go (mm)	43.5	3.0	43.7	3.3	45.5	3.3	45.5	3.9	47.9	3.5	48.7	3.4	50.8	3.6	54.0	3.1	56.0	3.4	56.3	3.1	57.5	3.2
Go-Me (mm)	54.4	2.8	56.0	3.3	57.7	3.1	59.1	3.5	60.1	3.4	60.9	3.7	64.0	4.6	65.5	3.9	67.1	4.6	67.7	5.5	68.1	5.6

Table 4. Mean [x̄] and standard deviation [SD] of skeletal measurements in female subjects with normal occlusion at 6–13 and 15–17 years of age (magnification factor 8%)
Tabelle 4. Mittelwert [x̄] und Standardabweichung [SD] der skeletalen Messwerte der weiblichen Probanden mit regelrechter Okklusion im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren. (Vergrößerungsfaktor 8%)

Cephalometric measures	6 years		7 years		8 years		9 years		10 years		11 years		12 years		13 years		15 years		16 years		17 years	
	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD
Maxillary/mandibular																						
ANB (°)	4.7	1.8	4.4	1.4	3.8	1.8	3.9	2.0	3.8	2.1	3.7	2.0	3.9	1.8	3.3	1.9	2.9	2.0	2.1	2.0	2.9	2.0
WITS (mm)	-0.2	1.7	-0.1	1.8	0.1	2.0	0.5	2.1	0.7	2.2	0.4	2.1	0.4	2.1	0.3	2.3	0.0	2.4	-0.2	2.1	0.5	3.5
Max/Mand diff (mm)	17.2	1.8	17.6	2.8	19.0	2.9	19.5	2.7	20.5	3.1	21.4	3.0	22.4	3.7	24.3	3.4	25.6	3.1	27.3	3.3	27.1	2.8
Vertical skeletal																						
ML/NSL (°)	37.8	3.5	37.9	2.9	37.0	3.2	37.6	3.1	36.8	3.5	36.2	3.8	35.8	3.9	35.1	4.0	33.3	3.0	35.4	4.6	34.5	4.1
NL/NSL (°)	7.7	3.2	8.4	3.7	8.2	3.7	8.4	3.6	8.6	3.6	7.5	2.8	8.7	3.7	8.4	3.9	9.1	3.8	9.1	5.0	8.4	3.2
ML/NL (°)	28.4	3.4	27.7	3.4	27.2	4.0	27.6	4.3	26.6	4.2	27.0	3.8	25.5	4.3	25.0	5.1	22.3	4.3	24.6	7.3	23.8	3.5
ArGoMe (°)	128.5	5.6	127.5	5.9	127.4	5.8	127.7	6.0	126.2	5.8	125.7	6.3	125.8	5.6	123.7	6.2	121.4	6.2	125.0	6.1	120.1	8.6
N-Me (mm)	95.7	3.7	96.9	3.8	99.6	3.8	100.7	3.5	103.1	3.5	103.8	4.2	108.5	4.9	110.8	4.5	111.4	5.1	114.3	5.6	115.0	5.5
ANS-Me (mm)	55.2	3.0	55.6	3.3	56.5	3.3	57.0	3.4	58.0	3.4	58.8	3.5	60.4	4.2	62.1	3.9	61.9	3.4	64.2	5.6	65.3	3.7
S-Go (mm)	58.8	3.4	59.1	3.4	61.8	3.7	61.6	3.4	64.3	3.7	65.4	3.9	68.9	4.2	71.2	3.1	73.1	3.2	73.5	3.8	74.7	2.6

nen waren die Standardabweichungen für die Winkelwerte höher als für die linearen Messwerte.

Statistische Analyse

Für die kraniofazialen Messwerte erfolgte die deskriptive Statistik, einschließlich der Berechnung des Mittelwertes [x̄] und der Standardabweichung [SD], an 11 aufeinanderfolgenden Zeitpunkten in der kraniofazialen Entwicklung (Alter 6 bis 17 Jahre, mit Ausnahme der fehlenden Aufnahme im Alter von 14 Jahren). Die demographische Homogenität erlaubte den direkten Vergleich zwischen der männlichen und der weiblichen Untersuchungsgruppe. Der Shapiro-Wilks-Test verneinte die Normalverteilung für mehrere Variablen. Deshalb wurden nichtparametrische statistische Verfahren, wie Mann-Whitney-U-Tests, genutzt, um geschlechtsspezifische Unterschiede für jede Altersgruppe zu analysieren (SPSS, Version 12.0, SPSS, Chicago, IL, USA).

Ergebnisse

Die Mittelwerte und Standardabweichungen aller kephalometrischen Messwerte der männlichen Probanden mit regelrechter Okklusion von 6 bis 17 Jahren (außer für das Alter von 14 Jahren) sind in den Tabelle 2, Tabelle 3 dargestellt. Die Tabelle 4, Tabelle 5 zeigen die entsprechenden Ergebnisse für die weiblichen Probanden mit regelrechter Okklusion an den 11 aufeinanderfolgenden Stadien der kraniofazialen Entwicklung. Die Abbildung 1, Abbildung 2, Abbildung 3, Abbildung 4, Abbildung 5, Abbildung 6 stellen die verwendeten kephalometrischen Referenzpunkte und die Referenzebenen, die in der vorliegenden Studie benutzt wurden, dar. Sie zeigen auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede für ausgewählte Parameter der Schädelbasis, der Unterkiefer- und der Mittelgesichtsregion.

Messwerte der Schädelbasis

Die Neigung der Schädelbasis (NSBa- und NSAr-Winkel) blieb bei den männlichen und weiblichen Probanden konstant, während die Länge der Schädelbasis (S-N, S-Ba, S-Ar) in beiden Geschlechtern während des gesamten Untersuchungszeitraums zunahm. Es bestanden keine geschlechtsspezifischen Unterschiede für die Winkelwerte in den unterschiedlichen Altersgruppen, während für die Dimensionen der vorderen und hinteren Schädelbasis bereits im Alter von 6 Jahren signifikante Geschlechtsunterschiede gefunden wurden. Dabei wiesen die männlichen Probanden die größeren Dimensionen auf. Von 15 Jahren an wurden Geschlechtsunterschiede nur für die vordere Schädelbasis festgestellt (Abbildung 3).

Skeletale Messwerte im Mittelgesichts- und Oberkieferbereich

Die anterior-posteriore Position der Maxilla relativ zur Schädelbasis (SNA-Winkel) nahm während des gesamten Beobachtungszeitraums um 1,1° bei den männlichen Probanden zu, während sie bei den weiblichen Probanden relativ konstant

A customized digitization regimen and analysis provided by Dentofacial Planner™ (Dentofacial Software Inc., Toronto, Ontario, Canada) was utilized for all cephalograms. Seventy landmarks were digitized, and we used a customized cephalometric analysis containing selected measurements from six cephalometric analyses [21, 26, 27, 33, 37, 47].

From the cephalometric landmarks and reference lines (Figure 1, Figure 2), 53 measurements (23 angle and 30 linear) were taken from each tracing. All x-rays were taken with a constant film-midsagittal plane distance and the same x-ray appliance. The original magnification factor of 7.14% for linear measurements was adjusted afterward to an enlargement factor of 8%. The latter is typically used in publications and makes comparing different studies results much easier.

Method error

A total of 87 lateral cephalograms from the observations of 10 randomly chosen subjects were retraced and redigitized to calculate the method error by means of intraclass correlation coefficient [43]. Intraclass correlation coefficients for cephalometric measurements were high. With the exception of 3 dental (U1 to NA [mm], overjet [mm], molar relationship [mm]) and 3 soft-tissue measurements (Nasolabial angle [°], UL [°], UL Protr [mm]) all intraclass correlation coefficients were above 0.906. The mean differences in dental angle and linear values ranged between 0.01 and 0.3° and 0.01 and 0.2 mm, respectively. Mean differences in skeletal angle and linear values ranged between 0.01 and 0.3° and 0.01 and 0.6 mm, respectively. The standard deviations of the angle measurements were generally higher than those of the linear measurements.

Statistical analysis

Descriptive statistics of craniofacial measurements including the mean [\bar{x}] and standard deviation [SD] were calculated at 11 consecutive stages of craniofacial development (at 6–17 years of age, with the exception of the missing films from the age of 14 years). Demographic homogeneity allowed for direct comparisons between males and females. The Shapiro–Wilks test revealed a lack of normal distribution for several variables. We, therefore, utilized nonparametric statistics by means of Mann–Whitney U tests to analyze gender differences in each age group (SPSS, Version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results

Means and standard deviations for all cephalometric measurements in males with normal occlusion from the ages of 6–17 years (except for the age of 14 years) are illustrated in Table 2 and Table 3. The corresponding results for female subjects with normal occlusion at the 11 consecutive stages of craniofacial development are shown in Table 4 and Table 5. The cephalometric landmarks and reference lines used in this study are illustrated in Figure 1 and Figure 2. The gender differences in selected parameters of the cranial base, mandibular, and midfacial regions are shown in Figure 3, Figure 4, Figure 5, and

blieb. Dieselbe Tendenz wurde auch für die anterior-posteriore Lage der Maxilla relativ zur Nasionsenkrechten (Pt A-N Perp) festgestellt. Es wurden keine statistisch signifikanten Geschlechtsunterschiede für die sagittale Position des Oberkieferkomplexes während des gesamten Beobachtungszeitraums ermittelt. Für die Mittelgesichtslänge wurden signifikante Geschlechtsunterschiede im Alter von 6 Jahren und von 16 Jahren an gefunden. Für die Oberkieferlänge wurden nur im Alter von 16 Jahren geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt, wobei die männlichen Probanden größere Dimensionen aufwiesen (Abbildung 4).

Skelettale Messwerte im Unterkieferbereich

Die Messwerte für die anterior-posteriore Position des Unterkiefers relativ zur vorderen Schädelbasis (SNB-Winkel, SNPg-Winkel) und zur Nasionsenkrechten (Pg N-Perp) vergrößerten sich mit zunehmendem Alter in beiden Geschlechtern und spiegelten die Anterorentwicklung des Unterkiefers in beiden Gruppen wider. Obwohl die sagittale Lage des Unterkiefers in Relation zur Schädelbasis und zur Nasionsenkrechten bei den weiblichen Probanden retrusiver war, ergab die statistische Analyse nur im Alter von 17 Jahren einen geschlechtsspezifischen Unterschied.

Die Unterkieferlänge war bei den männlichen Probanden im Alter von 6 und 7 Jahren (eine Differenz von 4,0 mm) signifikant größer. Außer für die Ramuslänge des Unterkiefers (Co-Go), wurden für alle linearen Abmessungen des Unterkiefers signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede von 15 Jahren an festgestellt. Wiederum wiesen die männlichen Probanden im Vergleich zu den weiblichen größere Dimensionen auf (Abbildung 5).

Intermaxilläre Messwerte

Der ANB-Winkel verkleinerte sich mit zunehmendem Alter bei beiden Geschlechtern, während der Wits-Wert in beiden Geschlechtern konstant blieb. Es gab keine signifikanten Geschlechtsunterschiede in Bezug auf diese Werte.

Skelettale vertikale Messwerte

Die Neigung des Oberkieferplanums relativ zur vorderen Schädelbasis (NL/NSL-Winkel) blieb während des gesamten Beobachtungszeitraums konstant. Die Neigung des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis (ML/NSL-Winkel) und der Interbasenwinkel (ML/NL-Winkel) verkleinerten sich in beiden Geschlechtern und spiegeln die Counter-clockwise-Rotation des Unterkiefers wider. Dieselbe Tendenz zeigte sich durch das Schließen des Kieferwinkels (ArGoMe-Winkel) bei den männlichen und weiblichen Probanden. Für keine der vertikalen Messwerte wurden signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt.

Geschlechtsspezifische Unterschiede wurden bezüglich der Messwerte für die vordere und hintere Gesichtshöhe gefunden. Im Bereich der vorderen Gesichtshöhe wurden statistisch signifikante Unterschiede von 15 Jahren an nachgewiesen (Abbildung 6).

Table 5. Mean [x̄] and standard deviation [SD] of dental, interdental, and soft tissue measurements in female subjects with normal occlusion at 6–13 and 15–17 years (magnification factor 8%)
Table 5. Mittelwert [x̄] und Standardabweichung [SD] der dentalen, der intermaxillären und der Weichteilmesswerte der weiblichen Probanden mit idealer Okklusion im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren. (Vergrößerungsfaktor 8%)

Cephalometric measures	6 years	7 years	8 years	9 years	10 years	11 years	12 years	13 years	15 years	16 years	17 years													
x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD	x̄	SD													
Maxillary dentoalveolar																								
U1/NSL (°)	98.4	5.8	98.8	4.8	98.0	4.9	97.9	4.3	97.4	3.8	97.7	4.3	98.0	4.7	97.4	5.2	97.3	5.5	98.3	3.4	97.6	4.3		
U1/FH (°)	106.9	7.4	108.4	4.5	107.3	5.1	107.3	4.0	107.1	3.6	107.1	4.1	106.6	4.7	107.3	4.8	107.3	5.5	108.3	3.4	108.4	4.4		
U1/NA (°)	14.5	2.3	19.0	4.2	18.4	5.4	18.4	3.5	17.8	4.6	17.5	4.2	16.9	5.3	17.2	5.0	16.9	5.9	19.5	5.3	18.1	4.7		
U1 to NA (mm)	-0.8	0.6	0.9	1.0	1.4	1.5	2.0	1.3	1.9	1.5	2.0	1.3	1.7	1.4	2.3	1.6	2.3	1.9	3.8	1.7	3.1	1.7		
U1 to Pt A vertical (mm)	1.4	0.1	2.4	1.2	2.8	0.8	3.2	1.0	3.3	0.6	3.4	0.9	3.2	0.8	3.9	0.9	4.1	1.2	4.7	0.8	4.7	0.6		
Mandibular dentoalveolar																								
L1/ML (°)	92.0	5.7	92.8	6.2	92.3	6.4	92.3	4.2	93.6	4.1	94.2	5.2	93.9	5.0	93.0	5.3	93.8	6.9	91.2	7.1	94.1	9.1		
L1/NB (°)	27.5	3.7	24.6	6.5	24.2	5.3	23.9	3.9	24.6	4.8	25.1	5.4	25.3	5.5	23.3	5.8	22.6	6.7	21.6	7.5	22.9	7.2		
L1 to NB (mm)	4.8	0.4	3.4	1.6	3.2	1.5	3.9	1.7	3.7	1.7	3.9	2.0	4.2	1.9	3.8	1.9	3.5	2.1	3.5	2.2	3.9	2.2		
L1 to Pt A-Pg (mm)	3.1	1.3	2.2	1.5	1.8	1.4	2.3	1.2	2.0	1.6	2.1	1.5	2.1	1.6	1.9	1.8	1.9	2.0	2.2	2.0	2.3	1.9		
Interdental																								
Overbite (mm)	0.5	3.7	1.6	1.9	3.1	1.1	3.4	1.3	3.7	1.3	3.8	1.3	3.7	0.9	4.0	1.3	3.6	1.3	3.6	1.4	3.8	1.1		
Overjet (mm)	3.2	0.5	3.7	0.8	4.0	0.9	3.9	0.5	4.0	1.0	3.8	0.7	3.6	0.6	3.9	0.9	3.7	1.0	3.7	1.0	3.9	1.0		
U1/L1 (°)	131.2	6.7	132.1	8.7	133.6	4.5	133.8	4.8	133.9	6.0	133.6	6.4	134.0	7.8	136.2	8.5	137.6	9.5	136.9	10.0	136.2	8.8		
Molar relationship (mm)	0.5	0.8	0.5	1.0	0.2	0.9	0.4	1.0	0.5	1.0	0.8	1.3	1.5	1.1	1.7	1.0	1.9	0.9	1.8	0.7	1.5	0.4		
Soft tissue																								
Nasolabial (°)	118.3	9.7	119.2	8.2	117.2	7.4	120.9	19.4	116.6	12.2	114.5	10.6	115.9	10.5	114.2	12.2	112.7	11.5	108.7	13.2	114.5	11.5		
UL (°)	5.1	6.6	4.7	4.7	4.5	-1.0	1.4	-1.1	1.6	-1.6	1.6	-1.9	1.5	-2.8	1.4	-3.3	2.2	-4.7	1.6	-5.1	2.1	-4.5	1.8	
UL-E (mm)	-0.5	1.5	-0.6	1.5	-1.0	1.4	-1.1	1.6	-1.6	2.0	-0.6	2.1	-0.6	2.0	-1.3	2.1	-1.8	2.5	-2.8	1.7	-3.3	2.7	-3.5	1.3
LL-E (mm)	-0.6	1.9	-0.5	1.8	-0.5	2.0	-0.3	2.0	-0.6	2.1	-0.6	2.0	-1.3	2.1	-1.8	2.5	-2.8	1.7	-3.3	2.7	-3.5	1.3		
UL Protr (mm)	4.0	1.3	3.9	1.0	3.9	1.1	3.7	1.3	3.8	1.5	3.5	1.2	3.3	1.0	3.2	1.5	2.5	1.4	2.9	1.5	2.3	1.7		
LL Protr (mm)	1.9	1.8	2.0	1.7	2.3	1.8	2.4	1.7	2.3	2.0	2.3	1.7	2.1	1.6	1.8	2.3	1.2	1.8	1.2	1.8	2.6	0.4	1.6	
Mentolabial fold (mm)	3.1	0.7	3.1	0.7	3.3	0.9	3.2	1.1	3.6	1.0	4.0	0.9	4.1	1.4	4.5	0.9	4.5	1.1	4.8	0.9	4.8	0.9		

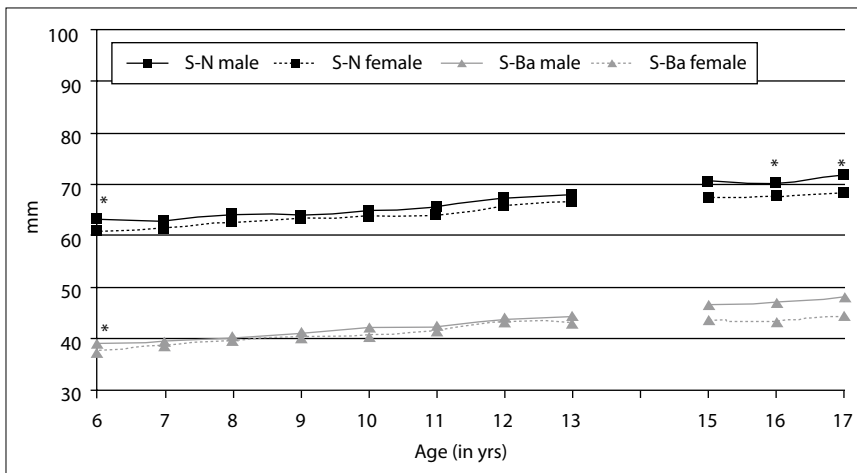


Figure 3. Gender differences between linear measurements of the anterior cranial base (S-N) and posterior cranial base (S-Ba). Significant differences of $p \leq 0.05$ (*) are marked

Abbildung 3. Geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen den linearen Messwerten der vorderen (S-N) und der hinteren Schädelbasis (S-Ba). Signifikante Unterschiede $p \leq 0,05$ (*) sind markiert

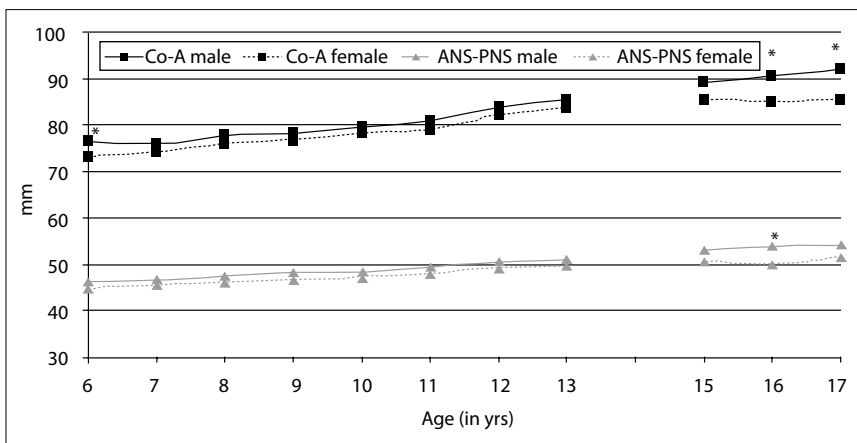


Figure 4. Gender differences between linear measurements of maxillary (ANS-PNS) and midfacial lengths (Co-A). Significant differences of $p \leq 0.05$ (*) are marked

Abbildung 4. Geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen den linearen Messwerten der Oberkieferlänge (ANS-PNS) und der Mittelgesichtslänge (Co-A). Signifikante Unterschiede $p \leq 0,05$ (*) sind markiert

Figure 6, while the mean gender differences of all measurements are shown in Table 6 and Table 7.

Cranial base measurements

The cranial base inclination (NSBa and NSAr angles) remained constant in males and females, while the length of cranial base (S-N, S-Ba, S-Ar) increased in both genders throughout the observation period. Gender differences were not statistically significant for any of the angle measurements at different age groups, whereas significant gender differences appeared as early as the age of 6 years in the anterior and posterior cranial base dimensions, revealing significantly larger dimensions in the males. From the age of 15 years onward, we noted significant gender differences only in the length of the anterior cranial base (Figure 3).

Midfacial and maxillary skeletal measurements

During the entire observation period, the anteroposterior position of the maxilla in relation to the cranial base (SNA angle) increased by 1.1° in males, whereas it remained relatively constant in females. The same tendency was observed in the anteroposterior position of the maxilla in relation to the nasion perpendicular (Pt A-N Perp). No statistically significant gen-

Dentale und interdentale Messwerte

Die Neigung der Oberkieferinzisivi in Bezug zur vorderen Schädelbasis, zur Frankfurter-Horizontalen und zur Nasion-A Punkt-Linie (U1/NSL-Winkel, U1/FH-Winkel und U1/NA-Winkel) blieb während des gesamten Beobachtungszeitraums konstant. Nur kleine Positionsveränderungen der oberen Schneidezähne relativ zur Nasion-A-Punkt-Linie und zur A-Punkt-Vertikalen (U1 zu NA und Abstand U1 zu Pt A vertikal) wurden in beiden Geschlechtern beobachtet und zeigten eine mehr anteriore Position der oberen Schneidezähne zum Ende des Untersuchungszeitraums. Die Neigung und die Position der unteren Schneidezähne relativ zur Nasion-B-Punkt-Linie und zur A-Punkt-Pogonion-Linie (L1/NB-Winkel, Abstände L1 zu NB und L1 zu Pt A-Pg) blieben stabil, während sich der L1/ML-Winkel in beiden Geschlechtern sehr veränderte. Geschlechtsunterschiede wurden nur für den U1/NSL- und den U1/FH-Winkel im Alter von 9, 10 und 15 Jahren festgestellt. Sie zeigten signifikant mehr retrudiert stehende Schneidezähne bei den weiblichen Probanden. Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich bei den intermaxillären Beziehungen, wie sagittaler Overjet, Overbite und Molarenbeziehung.

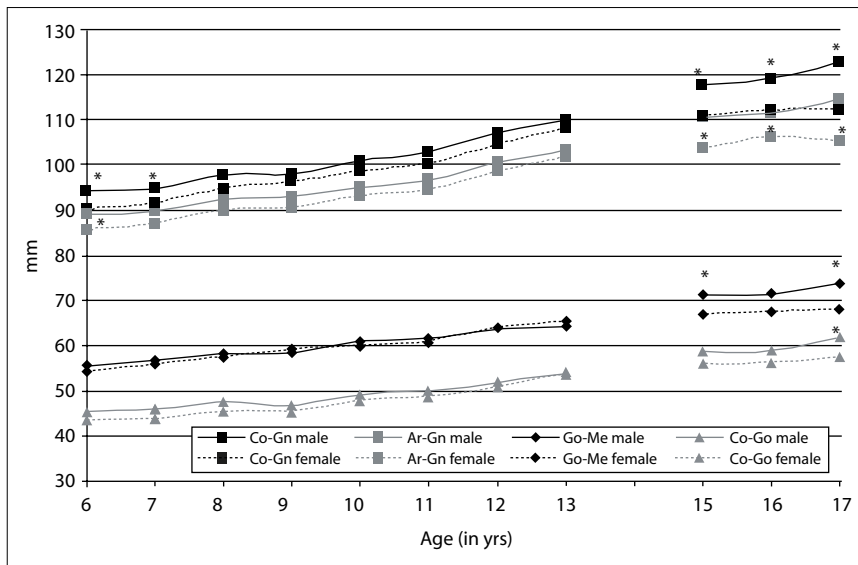


Figure 5. Gender differences between linear measurements of mandibular dimensions (Co-Gn, Ar-Gn, Go-Me, Co-Go). Significant differences of $p \leq 0.05$ (*) are marked

Abbildung 5. Geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen den linearen Messwerten des Unterkiefers (Co-Gn, Ar-Gn, Go-Me, Co-Go). Signifikante Unterschiede $p \leq 0,05$ (*) sind markiert

der difference was recorded in the sagittal position of the maxillary complex throughout the observation period. Midfacial length differed significantly between males and females already at the age of 6 years, and from the age of 16 years onward. Sexual dimorphism in maxillary length was only noted at the age of 16 years, indicating larger craniofacial dimensions in males (Figure 4).

Mandibular skeletal measurements

The mandibular anteroposterior position measurements in relation to the anterior cranial base (SNB angle, SNPg angle) and nasion perpendicular (Pg N-Perp) became larger with age in both genders, displaying forward movement of the mandible in both groups. Although the sagittal position of the mandible was more retrusive in females with regard to the cranial base and nasion perpendicular, statistical analysis revealed a gender difference only at the age of 17 years.

Mandibular length appeared significantly larger in males at 6 and 7 years of age (a difference of 4.0 mm). In addition to the mandibular ramus height values (Co-Go), we observed significant gender differences in all other linear measurements of the mandible from the age of 15 years onward. Males again displayed larger dimensions than females (Figure 5).

Maxillary-mandibular measurements

The ANB angle became smaller with age in both genders, while the Wits appraisal value remained constant in both. There were no significant gender differences with regard to those values.

Vertical skeletal measurements

The inclination of the maxillary plane in relation to the anterior cranial base (NL/NSL angle) remained constant throughout the observation period. The inclination of the mandible relative to the anterior cranial base (ML/NSL angle) and the

Weichteilmesswerte

Das Ober- und Unterlippenprofil flachte sich kontinuierlich in beiden Geschlechtern ab. Für die Winkelwerte und die linearen Messwerte im Lippenbereich wurde eine kontinuierliche Abnahme in beiden Geschlechtern festgestellt, welche die zunehmende faciale Konkavität in höherem Alter zeigt. Die Tiefe der Mentolabialfalte nahm ebenfalls in beiden Geschlechtern zu.

Insgesamt war das Weichteilprofil bei den weiblichen Probanden retrusiver als bei den männlichen Probanden. Die Protrusion der Oberlippe (Abstände UL-E und UL Protr) war von 10 und 11 Jahren an signifikant kleiner, während signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in der Protrusion der Unterlippe bereits ab 9 Jahren sichtbar waren. Der Nasolabialwinkel blieb bei den männlichen Probanden konstant, während er sich bei den weiblichen reduzierte. Es gab keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der Größe des Nasolabialwinkels und der Tiefe der Mentolabialfalte.

Diskussion

Dieser Artikel beschreibt eine einzigartige europäische Untersuchungsgruppe mit Längsschnittuntersuchungsmaterial von unbehandelten Probanden mit regelrechter Okklusion und harmonischen Gesichtern. Die Probanden waren deutscher Abstammung und wohnten zur Zeit der Untersuchung im nordöstlichen Teil von Deutschland. Die Einschlusskriterien für die teilnehmenden Probanden waren eher streng. Von 6 bis 17 Jahren wurden, mit Ausnahme von 14 Jahren aufgrund technischer Schwierigkeiten, Fernröntgenseitenbilder angefertigt.

Alle longitudinalen Wachstumsstudien haben mit dem Problem fehlender Datensätze zu tun. Die Autoren dieser Studie haben entschieden, die fehlenden Daten nicht mit Daten zusätzlicher Probanden aufzufüllen, wie es für den oben erwähnten Bolton Standards Atlas [14] gemacht worden war. Die Längsschnittunterlagen von 16 männlichen und 16 weiblichen Pro-

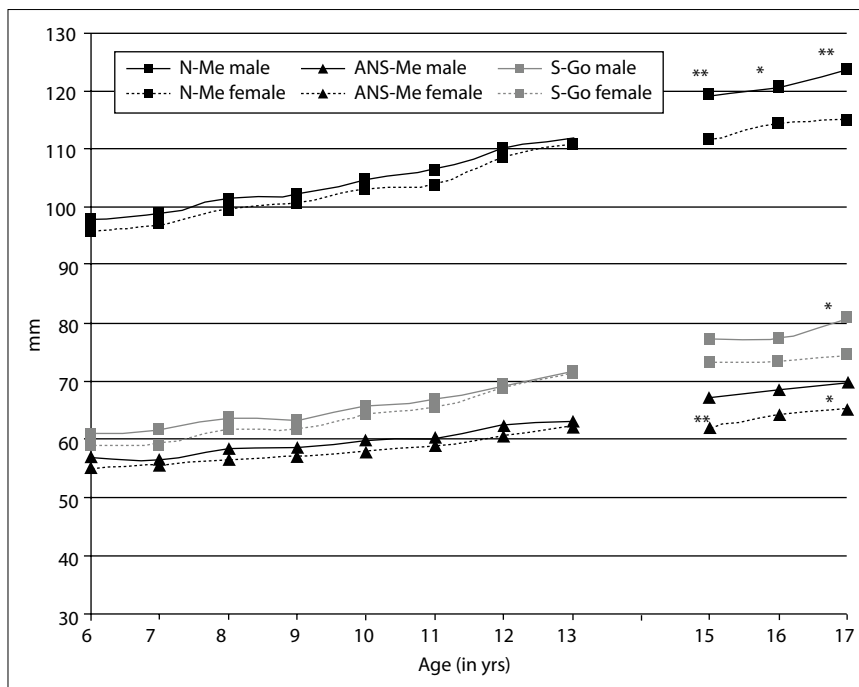


Figure 6. Gender differences between linear measurements of posterior and anterior facial height dimensions (N-Me, ANS-Me, S-Go). Significant differences of $p \leq 0.05$ (*) and $p \leq 0.001$ (**) are marked

Abbildung 6. Geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen den linearen Messwerten der hinteren und vorderen Gesichtshöhe (N-Me, ANS-Me, S-Go). Signifikante Unterschiede $p \leq 0,05$ (*) und $p \leq 0,001$ (**) sind markiert

jaw angle (ML/NL angle) became smaller in both genders, which reflects the mandible's counter-clockwise rotation. The same tendency was revealed in the closure of the gonial angle (ArGoMe angle) in males and females. No statistically significant gender differences were detected in any of the vertical angle measurements.

Sexual dimorphism was found in the anterior and posterior facial height measurements. Statistically significant differences in anterior facial height measurements appeared from the age of 15 years on (Figure 6).

Dental and interdental measurements

The inclination of the maxillary incisors in relation to the anterior cranial base, Frankfort horizontal plane and nasion-A point line (U1/NSL angle, U1/FH angle, and U1/NA angle) remained constant throughout the observation period. Only slight changes in the position of the upper incisors in relation to the nasion-A point line and A point vertical (U1 to NA and distance U1 to point A vertical) were documented in both genders, showing a slightly more anterior position of the maxillary incisors at the end of the observation period. The inclination and position of the lower incisors relative to the nasion-point B line and point A-pogonion line (L1/NB angle, distances L1 to NB and L1 to Pt A-Pg) remained stable, whereas the L1/ML angle changed to a great extent in both genders. We documented gender differences only in the U1/NSL and U1/FH angles at 9, 10, and 15 years of age, indicating significantly more retruded upper anterior teeth in the females. No significant differences were documented in interdental changes, i.e., sagittal overjet, overbite and molar relationship.

banden, welche die Bolton Standards repräsentieren und jährlich festgehalten wurden, stammen eigentlich aus den Unterlagen von 53, nicht 32 Probanden [50]. Die Autoren der hier vorgestellten Studie haben beschlossen, ihre Daten ohne Daten-substitution von anderen Individuen für die fehlenden Zeitpunkte wiederzugeben.

Der kephalometrischen Analyse wird angelastet, dass sie durch die Festlegung der kephalometrischen Punkte, besonders wenn die Analyse serieller Aufnahmen notwendig ist, Methodenfehler einschließt. Deshalb zeichnete ein erfahrener Untersucher alle Filme manuell durch und digitalisierte auch die kephalometrischen Punkte. Zusätzlich ergab die Berechnung des Methodenfehlers eine hohe Reproduzierbarkeit in der Festlegung der Punkte. Es soll auch berücksichtigt werden, dass im Gegensatz zu den Winkelwerten, lineare Messwerte der spezifischen Vergrößerung des Kephhalostaten unterliegen. Der Vergrößerungsfaktor ist abhängig vom Film-Fokus- und Fokus-Objekt-Abstand während des Röntgenvorgangs. In der vorliegenden Studie wurde der Vergrößerungsfaktor berücksichtigt, und alle linearen Messwerte wurden auf den Vergrößerungsfaktor von 8% adjustiert.

Um die Geschlechtsunterschiede in den aufeinander folgenden Altersgruppen zu zeigen, wurden unterschiedliche Graphen für ausgewählte kraniofaziale Parameter gezeichnet und die mittleren Geschlechtsunterschiede verglichen (Abbildung 3, Abbildung 4, Abbildung 5, Abbildung 6, Tabelle 6, Tabelle 7). Es wird deutlich, dass sich die kraniofazialen Dimensionen, wie die Schädelbasislänge, die Oberkiefer- und die Mittelgesichtslänge, die Unterkieferlänge und die Gesichtshöhe, mit zunehmendem Alter vergrößerten. Alle linearen Messwerte waren bei den männlichen Probanden größer als bei den weiblichen. Ein Ge-

Table 6. Statistical results for mean gender differences for skeletal measurements at 6–13 and 15–17 years of age (* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$)

Tabelle 6. Statistische Ergebnisse für die mittleren Geschlechtsunterschiede für die skelettalen Messwerte im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren (* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$)

Cephalometric measures	6 years	7 years	8 years	9 years	10 years	11 years	12 years	13 years	15 years	16 years	17 years
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Cranial base											
NSBa (°)	2.1	1.4	1.4	1.6	0.8	0.4	0.7	2.2	3.0	4.7	3.9
NSAr (°)	1.4	1.3	1.6	0.2	1.4	0.6	0.4	2.2	2.8	4.9*	2.9
S-N (mm)	2.5**	1.4	1.6	0.7	1.0	1.6	1.3	1.3	3.0*	2.6*	3.2
S-Ar (mm)	1.3	1.3	0.7	0.3	0.8	0.7	0.5	1.1	2.0*	2.5*	4.0**
S-Ba (mm)	1.7*	0.8	0.7	0.7	1.5	0.6	0.5	1.1	3.0	3.4	3.5
Maxillary skeletal											
SNA (°)	1.3	0.8	1.1	2.0	1.3	0.9	0.4	1.4	2.1	3.3	3.3
Pt A to Nasion perp (mm)	0.6	1.0	0.9	1.8	1.2	1.1	0.9	0.9	1.4	3.7	1.7
Co-Pt A (mm)	3.5**	1.8	1.7	1.7	1.2	2.2	1.8	1.9	3.9	5.4*	6.8*
ANS-PNS (mm)	1.5	0.9	1.2	1.5	1.1	1.6	1.3	1.4	2.6	4.0*	2.5
Mandibular skeletal											
SNB (°)	1.4	1.3	1.3	1.5	1.5	0.7	0.7	1.4	1.7	2.7	3.4*
SNPg (°)	1.2	1.6	1.2	1.2	1.2	0.5	0.3	0.8	1.5	2.0	3.1
Pg to Nasion perp (mm)	1.0	3.1	1.8	2	1.9	1.3	1.5	0.3	1.3	3.3	2.4
Co-Gn (mm)	4.0*	3.3*	2.9	2.1	2.4	2.8	2.5	1.9	7.1**	7.1*	10.6**
Ar-Gn (mm)	3.4*	2.9	2.5	2.6	2	2.3	2.1	1.4	6.7**	5.3*	9.3**
Co-Go (mm)	1.8	2.3	2	1.3	1.2	1.4	1.1	0.2	2.6	2.7	4.4*
Go-Me (mm)	1.2	0.8	0.3	0.5	0.8	0.8	0.1	1.1	4.2*	3.9	5.8*
Maxillary/Mandibular											
ANB (°)	0.1	0.6	0.1	0.3	0.2	0.1	0.4	0.0	0.3	1.2	0.1
WITS (mm)	0.1	0.4	0.7	0.8	1.7*	0.5	0.9	0.7	0.1	0.1	0.8
Max/Mand diff (mm)	0.4	1.6	1.2	0.4	1.2	0.7	0.8	0.1	3.2	1.7	3.9*
Vertical skeletal											
ML/NSL (°)	1.0	1.6	0.7	0.3	0.4	0.3	0.5	0.9	1.5	0.2	0.2
NL/NSL (°)	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	0.7	0.8	0.3	0.8	0.6	0.2
ML/NL (°)	0.1	0.7	0.3	0.7	1.0	0.3	1.4	1.4	2.4	0.8	0.1
ArGoMe (°)	2.0	0.4	1.2	1.8	1.4	2.2	2.7	4.0	2.9	0.4	3.2
N-Me (mm)	2.2	1.8	1.8	1.4	1.5	2.5	1.5	1.1	7.8***	6.3*	8.7**
ANS-Me (mm)	1.8	1.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.9	1.0	5.3***	4.2	4.7*
S-Go (mm)	2.1	2.7	2.0	1.8	1.3	1.4	0.6	0.3	4.0	4.0	6.2*

Soft tissue measurements

The upper and lower lip profiles flattened continuously in both genders. We noted a continuous reduction in both genders in the angle and linear soft-tissue measurements of the lips, indicating increasing facial concavity with advancing age. The mentolabial fold deepened in both genders as well.

schlechtsunterschied existierte früh im Alter von 6 und 7 Jahren für die Messwerte der Mittelgesichtslänge, der Unterkieferlänge und der vorderen und hinteren Schädelbasislänge. Im Vergleich zu den Studien von Bhatia u. Leighton [5] sowie Droschl [16], die bei ihren Probanden zwischen dem 6. und 15. Lebensjahr bzw. zwischen 6 und 17 Jahren in fast allen untersuchten Altersgruppen geschlechtsspezifische Unterschiede fanden, traten

Table 7. Statistical results for mean gender differences for dental, interdental and soft tissue measurements at 6–13 and 15–17 years (* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$)**Tabelle 7.** Statistische Ergebnisse für die mittleren Geschlechtsunterschiede für die dentalen, die intermaxillären und die Weichteilmesswerte im Alter von 6 bis 13 und 15 bis 17 Jahren (* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$)

Cephalometric measures	6 years	7 years	8 years	9 years	10 years	11 years	12 years	13 years	15 years	16 years	17 years
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Maxillary dentoalveolar											
U1/NSL (°)	5.8	1.5	3.3	4.5*	3.7*	2.1	2.9	2.9	4.9*	3.1	4.4
U1/FH (°)	5.6	1.8	3.3	4.5*	3.7	2.4	3.4	2.3	4.1	2.8	2.6
U1/NA (°)	6.0	0.1	2.2	2.5	2.3	1.3	2.5	1.5	2.7	0.8	1.1
U1 to NA (mm)	2.0	0.3	0.5	0.3	0.6	0.0	0.6	0.0	0.4	1.4	0.1
U1 to Pt A vertical (mm)	1.3	0.2	0.3	0.3	0.6	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.3
Mandibular dentoalveolar											
L1/ML (°)	2.4	0.2	0.8	1.6	0.1	0.1	1.3	0.7	0.6	1.7	1.8
L1/NB (°)	5.1	0.7	0.8	3.1	1.5	1.4	0.0	3.2	3.0	4.6	2.0
L1 to NB (mm)	1.7	0.0	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	1.0	1.1	0.5
L1 to Pt A-Pg (mm)	1.8	0.1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.4	0.6	0.7	0.5	0.5
Interdental											
Overbite (mm)	3.2	0.3	0.3	1.0	0.4	0.6	0.5	0.3	0.5	0.8	0.9
Overjet (mm)	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.0	0.4	0.3	0.4	0.5
U1/L1(°)	1.4	0.7	2.9	6.0	3.6	2.7	2.2	4.7	6.0	5.1	3.0
Molar relationship (mm)	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3
Soft tissue											
Nasolabial (°)	1.7	0.1	2.5	1.1	2.3	4.1	0.7	3.5	6.2	10.8	4.5
UL (°)	5.0	4.6	2.9	4.3	3.1	5.2	6.1	6.4*	4.9	2.6	5.1
UL-E (mm)	1.2*	1.0	1.1	1.2	1.7*	2.0***	2.3**	2.9***	2.4**	2.4*	1.3
LL-E (mm)	0.8	0.6	1.6	1.8*	1.5*	1.8*	1.9	2.2*	2.0*	1.8	1.6
UL Protr (mm)	1.0*	0.9	0.8	0.9	0.9	1.3**	1.5*	1.8**	1.7*	1.3	1.4
LL Protr (mm)	0.5	0.6	1.3	1.6	1.2	1.5	1.4	1.4*	1.6	1.1	1.7
Mentolabial fold (mm)	0.2	0.4	0.3	0.4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.9*	0.5	0.1

Overall, we observed that the soft-tissue profile was more retrusive in females than in males. The upper-lip protrusion (distances UL-E and UL Protr) was significantly smaller from the age of 10 and 11 years onward, while significant gender differences in lower lip protrusion appeared already at 9 years. The nasolabial angle remained stable in males, whereas it decreased in females. There were no gender-specific differences in the size of the nasolabial angle and depth of the mentolabial fold.

Discussion

This paper describes a unique European sample of longitudinal records from untreated subjects with normal occlusion and well-balanced faces. The subjects were of German origin and resided in the northeastern region of Germany. The inclusion criteria for participating subjects were rather strict. Lateral ce-

diese in der vorliegenden Studie erst von 15 Jahren an wieder auf. Dies kann durch den späteren puberalen Wachstumsspur und das länger andauernde Unterkieferwachstum bei den männlichen Probanden im Vergleich zu den weiblichen erklärt werden [2, 10, 35, 50]. Die diesbezügliche Diskrepanz zu anderen Studienergebnissen [5, 16] ist möglicherweise durch die relativ geringe Anzahl von Probanden in der vorliegenden Studie begründet und schließt demzufolge nicht aus, dass schon zu einem früheren Zeitpunkt Geschlechtsunterschiede vorliegen können.

Während die linearen Messungen mit zunehmendem Alter größere Werte aufwiesen, waren die Winkelwerte konstanter zu den aufeinanderfolgenden Zeitpunkten [29, 48, 50]. Es scheint, dass sich durch das Vorliegen einer regelrechten Okklusion der kraniofaziale Komplex kontinuierlich nach anterior-kaudal entlang der Achse nach Downs entwickelt und dass dieser Prozess

phalograms were collected from the ages of 6 to 17 years, except at the age of 14 years due to technical problems with the radiographic equipment.

As all longitudinal growth studies face the problem of missing data, we decided for this study not to fill in the missing data with records from additional subjects, as was done in the aforementioned Bolton Standards atlas [14]. The longitudinal records of the 16 males and 16 females comprising the Bolton Standards observed annually actually comprise records from 53 subjects, not 32 subjects [50]. We chose to report our data without substituting the records of other individuals for the missing time points.

As cephalometric analysis involves methodological errors in identifying cephalometric landmarks, especially when series of films have are being analyzed, we had a single experienced investigator personally trace all the films manually and digitize all the landmarks. Our calculation of the method error revealed high reproducibility of landmark identification. It is also worth noting that unlike angle measurements, linear measurements are sensitive to each cephalostat's specific magnification used, a factor that is dependent on the film–focus and focus–object distance used during the x-ray process. In the present study, we considered the magnification factor, and all linear measurements were adjusted to 8% magnification.

To illustrate gender differences at subsequent age groups, different graphs for selected craniofacial parameters were drawn and mean gender differences compared (Figure 3, Figure 4, Figure 5, Figure 6, Table 6, Table 7). It is obvious that craniofacial dimensions, such as the lengths of the cranial base, maxilla, and midface, and mandible, as well as facial height, grew with advancing age. The males' linear values were all larger than the females'. Sexual dimorphism existed early from the ages of 6 and 7 years as exemplified by the lengths of the midface, mandible, and anterior and posterior cranial base. These dimensional differences reappeared from the age of 15 years onward. This finding stands in contrast to the studies by Bhatia and Leighton [5] and Droschl [16], who reported gender-specific differences in their subjects at all subsequent age groups from 5–14 and 6–17 years of age, respectively. Those gender-related differences are due to a delayed pubertal growth spurt and prolonged mandibular growth in males compared to females [2, 35, 10, 50]. The discrepancies between our study results and those of other studies [5, 16] might also be related to our study cohort's small size. We can, therefore, not rule out that gender differences already exist at earlier time points.

While our linear measurements became larger with age, angle measurements appeared more constant at later age periods [29, 48, 50]. It appears that in the presence of a normal occlusion, the craniofacial complex grows continuously in a downward, anterior direction along the Downs facial axis, and that this process is not gender-specific [29, 50]. Furthermore, normal occlusal relationships, especially in the anterior region, seem to be important in establishing and maintaining proportions between different craniofacial structures such as the cranial base, midface, mandible, and dentition. In fact, the Wits value, ANB angle

nicht geschlechtsspezifisch ist [29, 50]. Weiterhin scheinen regelrechte Okklusionsbeziehungen, vor allem im Frontzahngelbiet, wichtig für die Etablierung und das Aufrechterhalten der Proportionen zwischen den unterschiedlichen kraniofazialen Strukturen, wie der Schädelbasis, dem Mittelgesicht, dem Unterkiefer und der Dentition, zu sein. Faktisch blieben Wits-Wert, ANB-Winkel und die dentalen Messwerte während des gesamten Beobachtungszeitraums konstant. Deshalb kann die Bedeutung einer frühen Einstellung regelrechter Okklusionsbeziehungen, vor allem im Schneidezahngelbiet, nicht genug hervorgehoben werden [12, 45].

Während die anterior-posteriore und die vertikale Beziehung des Oberkiefers zur Schädelbasis konstant blieb, zeigte sich bezüglich der Neigung und der anterior-posterioren Position des Unterkiefers relativ zur vorderen Schädelbasis und zur Nasionsenkrechten eine kontinuierliche und geschlechtsunspezifische Counter-clockwise-Rotation des Unterkiefers, wie sie auch von anderen Autoren beschrieben wurde [10, 13, 14, 17, 29, 48, 50]. Verglichen mit den Ergebnissen der Untersuchungsgruppe aus der Bolton-Brush-Wachstumsstudie [50] war das Wachstumsmuster des Unterkiefers in der deutschen Gruppe mehr nach anterior und horizontaler ausgerichtet.

Schließlich wurden die Veränderungen im Weichteilprofil in der vorliegenden Studie berücksichtigt. Der Trend, dass sich mit zunehmendem Alter das Ober- und Unterlippenprofil abflachen und dass die faziale Konkavität zunimmt [8, 18, 38], wurde durch die vorliegenden Studienergebnisse bestätigt. Im Vergleich zu Bishara et al. [8], die keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Weichteilprofil bei Probanden mit normaler Okklusion fanden, wurden bei den weiblichen Probanden mit regelrechter Okklusion retrusivere Lippenprofile als bei den männlichen Probanden gefunden. Des Weiteren wurde eine frühere Abflachung des Gesichtsprofils bei den weiblichen Probanden festgestellt, die zu geschlechtsspezifischen Unterschieden in frühen Entwicklungsstadien führte. Dies wird durch die Studien von Bhatia und Leighton [5] und Droschl [16] bestätigt, die bereits von 6 bzw. von 11 Jahren an signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede bei ihren Probanden fanden. So kann zur Kenntnis genommen werden, dass die Eigenschaften des Weichteilprofils alters- und geschlechtsspezifisch sind. Deshalb sollten auch diese Unterschiede in der kieferorthopädischen Diagnostik und Behandlungsplanung von Kindern und Jugendlichen mit berücksichtigt werden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie an unbehandelten Probanden mit regelrechter Okklusion zeigen, dass die kraniofaziale Entwicklung im knöchernen Bereich und im Weichteilbereich, dargestellt durch lineare kephalometrische Parameter, altersabhängig und geschlechtsspezifisch verläuft. Deshalb sollten alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede für die linearen kraniofazialen Parameter in der Diagnostik und Behandlungsplanung bei Kindern und Jugendlichen mit berücksichtigt werden. Die vorliegenden Ergebnisse können dafür als

and dental measurements remained constant throughout our observation period. Thus, the importance of establishing normal occlusal relationships (especially in the incisal area) at an early developmental stage cannot be over-emphasized [12, 45].

While our cohort's anteroposterior and vertical relation of the maxilla to the cranial base remained constant, the mandible's inclination and anteroposterior position relative to the anterior cranial base and nasion perpendicular tended to rotate continuously counter-clockwise (and not gender-specifically as others have reported [10, 13, 14, 17, 29, 48, 50]). Our German cohort's pattern of mandibular rotation was more anterior and horizontal than that reported in the *Bolton-Brush Growth Study* [50].

Finally, we investigated soft-tissue profile changes in this study. In line with previous reports, we also confirmed that the upper and the lower lip profile tends to flatten and that facial concavity becomes enhanced with advancing age [8, 18, 38]. In contrast to Bishara et al. [8], who found no gender-specific differences in the soft-tissue profiles of subjects with normal occlusion, we observed more retrusive lip profiles in females with normal occlusion than in their male counterparts. Furthermore, we also noted that female facial profiles tended to become flatter earlier, resulting in gender-specific differences during the early stages of development. This finding is supported by the studies of Bhatia and Leighton [5] and Droschl [16], who found significant gender-specific differences from the ages of 6 and 11 years onward, respectively. We can, thus, claim that soft-tissue profile characteristics are both age- and gender-specific. Such profile differences should be taken into account when making an orthodontic diagnosis and planning the treatment of children and adolescents.

Conclusion

Results of this investigation of untreated subjects with normal occlusions demonstrate that the craniofacial development of hard and soft tissues as illustrated by linear cephalometric parameters is age- and gender-dependent. Age- and gender-specific differences should, therefore, be considered when linear craniofacial parameters are set and when diagnosing and planning the therapy of children and adolescents. The results from this study can serve as reference values for children and adolescents of German origin.

Funding

This work was supported by the Max-Kade Foundation, the German Society of Orthodontics, and by the Thomas M. and Doris Graber Endowed Professorship of the University of Michigan.

Acknowledgment

For help with statistical data analysis we would like to thank Kathy Welch from the Center for Statistical Consultation and Research at the University of Michigan, and Prof. Dr. Guenther Kundt from Center of Biostatistics and Informatics in Medicine and Gerontology at the University of Rostock.

Richtwerte für Kinder und Jugendliche mit deutscher Abstammung verwendet werden.

Funding

Diese Arbeit wurde von der Max-Kade-Stiftung, der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie und der Thomas-M.-und-Doris-Graber-Stiftungsprofessur der Universität Michigan unterstützt.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der statistischen Datenanalyse möchten wir uns bei Kathy Welch vom Center for Statistical Consultation and Research der Universität Michigan und bei Prof. Dr. Günther Kundt vom Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der Universität Rostock bedanken.

Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

References

- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr et al (1997) Early dentofacial features of Class II malocclusion: a longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 111:502–509
- Barnes JQ (1955) A serial cephalometric study of facial and denture patterns in children having excellent occlusion using angular and linear measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 41:231–232
- Baume AT (1951) A cephalometric evaluation of the normal skeletal and dental pattern of children with excellent occlusions. *Angle Orthod* 21:96–103
- Berg R (1986) Die sagittale Kieferrelation. Eine longitudinale Untersuchung über die Änderungen in der Altersperiode zwischen 6 und 12 Jahren. *Fortschr Kieferorthop* 47:28–38
- Bhatia SN, Leighton BC (1993) A manual of facial growth. A computer analysis of longitudinal cephalometric data. Oxford University Press, Oxford
- Bishara SE (1981) Longitudinal cephalometric standards from 5 years of age to adulthood. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 79:35–44
- Bishara SE, Jakobsen JR (1985) Longitudinal changes in three normal facial types. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 88:466–502
- Bishara SE, Jacobsen JR, Hession TJ et al (1998) Soft tissue profile changes from 5 to 45 years of age. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 114:698–706
- Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B et al (1997) Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: a longitudinal study. *Angle Orthod* 67:55–66
- Bishara SE, Peterson LC, Bishara EC (1984) Changes in facial dimensions and relationships between the ages of 5 and 25 years. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 85:238–252
- Björk A (1947) The face in profile. An anthropological X-ray investigation on Swedish children and conscripts. *Swed Dent J Suppl* 5B
- Björk A (1961) The relationship of the jaws to the cranium. In: Lundström A (ed) *Introduction to orthodontics*. McGraw-Hill, London
- Björk A (1963) Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal study by the implant method. *J Dent Res* (42):400–411
- Broadbent BH Sr, Broadbent BH Jr, Golden WH (1975) Bolton standards of dentofacial developmental growth. CV Mosby, St. Louis

Conflict of interest

On behalf of all authors, the corresponding author states that there are no conflicts of interest.

15. Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A et al (1988) Mathematical models of longitudinal mandibular growth for children with normal and untreated Class II, division 1 malocclusion. *Eur J Orthod* 10:227–234
16. Droschl H (1984) Die Fernröntgenwerte unbehandelter Kinder zwischen dem 6. und 15. Lebensjahr. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin-Chicago-London-Rio de Janeiro-Tokio
17. El-Batouti A, Øgaard B, Bishara SE (1994) Longitudinal cephalometric standards for Norwegians between the ages of 6 and 18 years. *Eur J Orthod* 16:501–509
18. Foley TF, Duncan PG (1997) Soft tissue profile changes in late adolescent males. *Angle Orthod* 67:373–380
19. Gilmore WA (1950) Morphology of the adult mandible in Class II, division 1 malocclusion and in excellent occlusion. *Angle Orthod* 20:137–146
20. Godiawala RN, Joshi MR (1974) A cephalometric comparison between Class II, Division 2 malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod* 44:262–267
21. Hasund A (1973) Klinische Cephalometrie für die Bergen Technik. Universität Bergen, Norwegen
22. Heckmann U (1975) Längsschnittuntersuchungen der Gebißentwicklung und daraus resultierende Schlußfolgerungen für die kieferorthopädische Behandlungsplanung im Milchgebiss. *Stomatol DDR* 25:445–448
23. Heckmann U, Grabowski R, Brune K (1974) Über die Breiten- und Längenentwicklung des Gebisses. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte* 62:429–435
24. Hopkins JB, Murphy J (1971) Variations in good occlusions. *Angle Orthod* 41:55–65
25. Ishikawa H, Nakamura S, Iwasaki H et al (2000) Seven parameters describing anteroposterior jaw relationships: postpubertal prediction accuracy and interchangeability. *Am J Orthod Dentofac Orthop Dentofacial Orthop* 117:714–720
26. Jacobson A (1975) The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 67:125–138
27. Jarabak JR, Fizzel JA (1972) Technique and treatment with lightwire edgewise appliance. Mosby, St. Louis
28. Karlens AT (1994) Craniofacial characteristics in children with Angle Class II div. 2 malocclusion combined with extreme deep bite. *Angle Orthod* 64:123–130
29. Kerr WJ (1979) A longitudinal cephalometric study of dentofacial growth from 5 to 15 years. *Br J Orthod* 6:115–121
30. Klink-Heckmann U, Fischer J (1997) Rostocker Tabellen für die Vermessung von Fernröntgenseitenbildern bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Universität Rostock, Rostock
31. Lux CJ (2003) Sagittal-, Transversal- und Vertikalentwicklung des Gesichtsschädels und der Kieferbasen in der präpubertären und pubertären Wachstumsphase sowie die pathologischen Veränderungen bei Anomalien der Angle-Klassen II/1 und II/2. Habilitation. Universität Heidelberg, Heidelberg
32. Lux CJ, Burden D, Conrad C et al (2005) Age related changes in sagittal relationship between the maxilla and the mandible. *Eur J Orthod* 27:568–578
33. McNamara JA Jr (1984) A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 86:449–469
34. Miyajima K, McNamara JA Jr, Kimura T et al (1996) Craniofacial structure of Japanese and European-American adults with normal occlusions and well balanced faces. *Am J Orthod Dentofac Orthop Dentofacial Orthop* 110:431–438
35. Nanda RS (1955) The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 41:658–673
36. Nanda SK (1971) Growth changes in skeletal-facial profile and their significance in orthodontic diagnosis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 59:501–513
37. Ricketts RM (1981) Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first 50 years. *Angle Orthod* 51:115–150
38. Ricketts RM (1982) Divine proportion in facial esthetics. *Clin Plast Surg* 9:401–422
39. Riolo ML, Moyers RE, McNamara JA et al (1974) An atlas of craniofacial growth: cephalometric standards from the university school growth study. University of Michigan, Center for Human Growth and Development, Ann Arbor
40. Rothstein T, Phan XL (2001) Dental and facial skeletal characteristics and growth of females and males with Class II Division 1 malocclusion between the ages of 10 and 14 (revisited). Part II. Anteroposterior and vertical circumpubertal growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 120:542–555
41. Sanborn RT (1955) Differences between the facial skeletal patterns of Class III malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod* 25:208–222
42. Sayin MO, Turkkahraman H (2004) Comparison of dental arch and alveolar widths of patients with Class II, division 1 malocclusion and subjects with class I ideal occlusion. *Angle Orthod* 74:356–360
43. Shrout PE, Fleiss JL (1979) Intraclass correlation: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 86:420–428
44. Sinclair PM, Little RM (1985) Dentofacial maturation of untreated normals. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 88:146–156
45. Solow B (1980) The dentoalveolar compensatory mechanism: background and clinical implications. *Br J Orthod* 7:145–161
46. Stahl F, Baccetti T, Franchi L et al (2008) Longitudinal growth changes in untreated subjects with Class II Division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 134:125–137
47. Steiner CC (1953) Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 39:729–755
48. Thilander B, Persson M, Adolffsson U (2005) Roentgen-cephalometric standards for a Swedish population. A longitudinal study between the ages of 5 and 31 years. *Eur J Orthod* 27:370–389
49. Thordarson A, Johannsdottir B, Magnusson TE (2006) Craniofacial changes in Icelandic children between 6 and 16 years of age—a longitudinal study. *Eur J Orthod* 28:152–165
50. Ursi W, Trotman C, McNamara JA Jr et al (1993) Sexual dimorphism in normal craniofacial growth. *Angle Orthod* 63:47–56
51. Varrel J (1998) Early developmental traits in class II malocclusion. *Acta Odontol Scand* 56(6):375–377
52. Zeng XL, Forsberg C, Linder-Aronson S (1998) Craniofacial morphology in Chinese and Swedish children with angle class I and class II occlusal relations. *Aust Orthod J* 15:168–176

Correspondence address

Prof. Dr. Franka Stahl de Castrillon
 University Dental School, Department of Orthodontics
 Stempelstrasse 13,
 18057 Rostock, Germany
 Franka.Castrillon@uni-rostock.de