

Class II Treatment in Adults: Comparing Camouflage Orthodontics, Dentofacial Orthopedics and Orthognathic Surgery – A Cephalometric Study to Evaluate Various Therapeutic Effects*

Distalbissbehandlung bei Adulten: Camouflage-Orthodontie versus dentofaziale Orthopädie versus Dysgnathiechirurgie. Eine kephalometrische Studie zur Evaluierung differentialtherapeutischer Effekte*

Gero Kinzinger, Linda Frye, Peter Diedrich¹

Abstract

Aim: It was the aim of this clinical study to compare the skeletal and dentoalveolar effects as well as those on the profile of three different treatment approaches in Class II patients (camouflage orthodontics, dentofacial orthopedics, and combined orthodontic and surgical treatment).

Patients and Method: Our study cohort consisted of 60 young adults presenting a skeletal Class II, Division 1 malocclusion: 20 patients whose overjet was reduced by camouflage following premolar extraction, 20 patients whose occlusions were corrected by placement of a fixed functional orthopedic appliance, and 20 who underwent orthognathic surgery (bilateral sagittal split osteotomy of the mandible without genioplasty). We documented the therapeutic progress using cephalometry.

Results: Each patient group achieved a reduction in overjet via their respective treatment. While no treatment-related changes in the maxillary area were assessable, the effects on the mandible differed. We observed advancement of the bony chin and an increase in mandibular length in the sagittal-diagonal dimension in the surgical and functional orthopedic groups. However, the extent of the treatment-related changes was significant only in the group of patients that had undergone orthognathic surgery. Only the surgical group presented changes in vertical relationships. Incisor repositioning as an outcome of the respective treatments differed fundamentally, with those in the surgical

Zusammenfassung

Ziel: Ziel einer klinischen Studie war es, skelettale und dentoalveoläre Effekte sowie Auswirkungen auf das Profil bei drei unterschiedlichen Behandlungen von Distalbisslagen (Camouflage-Orthodontie, dentofaziale Orthopädie, Kombinationsbehandlung Orthodontie und Dysgnathiechirurgie) zu vergleichen.

Patienten und Methode: Das Probandengut umfasste 60 junge Adulte mit einer skelettalen Klasse-II/1-Anomalie: 20 Patienten, bei denen nach Prämolarenextraktionen durch Camouflage-Orthodontie die sagittale Frontzahnstufe verringert wurde, 20 Patienten, bei denen ein festsitzendes funktionskieferorthopädisches Gerät zur Korrektur der Bisslagen eingegliedert wurde, sowie 20 Dysgnathiechirurgiefälle (bilaterale sagittale Spaltosteotomie der Mandibula ohne Genioplastik). Die Behandlungsverläufe wurden kephalometrisch dokumentiert.

Ergebnisse: Bei allen Patientengruppen konnte infolge der jeweiligen Behandlung eine Reduktion der sagittalen Frontzahnstufe erreicht werden. Während keine therapiebedingten Veränderungen im maxillären Bereich evaluiert werden konnten, differierten die Effekte auf die Mandibula: Vorverlagerungen des knöchernen Kinns und Längenzunahmen der Mandibula in sagittal-diagonaler Richtung waren bei den Patienten der Chirurgie- und der Funktionskieferorthopädie-(FKO-)Gruppe nachweisbar, jedoch war das Ausmaß der therapeutischen Veränderung nur in der Gruppe der dysgnathiechirurgisch behandelten Patienten signifikant. Veränderungen der vertikalen Relation fanden lediglich in der Chirurgiegruppe statt. Die infolge der jeweiligen Behandlung resultierenden Positionsveränderungen der Schneidezähne unterschieden

¹Department of Orthodontics, RWTH University, Aachen, Germany.

* This paper received the Research Award "DGKFO 100" of the German Orthodontic Society in the category "Adult Orthodontics", 2008.

Received: December 11, 2008; accepted: December 18, 2008

group revealing significant protrusion of the upper incisors. The maxillary incisors were retruded and mandibular incisors proclined in the functional orthopedic group, whereas the upper and lower incisors both retruded significantly in the extraction group. Soft-tissue remodeling bore no linear relationship to treatment-induced skeletal and dental effects. Still, orthognathic surgery led to the most marked profile changes. Treatment using fixed functional orthopedic appliances reduced the convexity of the soft-tissue profile at least moderately. Camouflage orthodontics, on the other hand, resulted in an increase in the nasolabial angle.

Conclusions: In young adults fixed functional appliances are a treatment alternative to extraction therapy but to a lesser extent to orthognathic surgery. Because of their limited skeletal effects and minor changes in the profile they are indicated only in patients with a moderately severe Class II malocclusion. Pre-treatment proclined mandibular incisors limit the scope of indications for fixed functional appliances, as they can cause an increase in lower incisor proclination. Significant reductions in profile convexity are achievable only by combined orthodontic and surgical treatment of the malocclusion. When performing camouflage orthodontics in conjunction with maxillary premolar extractions in adults, an increase in the nasolabial angle, which is often esthetically undesirable, has to be discussed as a potential side effect and has to be taken into account when considering the different therapeutic approaches.

Key Words: Distocclusion, Class II malocclusion · Adolescence · Camouflage orthodontics · Dentofacial orthopedics · Orthognathic surgery

Introduction

According to epidemiological surveys, Angle Class II, Division 1 malocclusion is the most frequent form of malocclusion, and most patients requiring treatment present just such a malocclusion [57]. Mandibular retrognathism is present in most patients with a skeletal Class II malocclusion [36]. Dentofacial orthopedic treatment using removable functional appliances during the pubertal growth spurt usually achieves bite correction and reduction of the overjet in these patients [17, 52, 53]. Dentoalveolar effects are observed in addition to skeletal influence on the mandible and maxilla.

In adult patients in whom the maximum of jaw growth is completed there are three fundamentally-different treatment approaches with which to reduce a too-large overjet. The first technique involves orthodontic measures alone to achieve a dental compensation of the malocclusion. "Cam-

sich grundlegend: Eine signifikante Protrusion der oberen Schneidezähne konnte bei den Patienten der Chirurgiegruppe festgestellt werden. In der FKO-Gruppe wurden die oberen Inzisivi retrahiert und die unteren Schneidezähne nach labial gekippt. In der Extraktionsgruppe hingegen wurden beide Schneidezahnpartien signifikant retrahiert. Die Weichgeweheadaptationen standen in keinem linearen Zusammenhang zu den therapeutisch erzielten skelettalen und dentalen Effekten. Dennoch resultierten infolge der Dysgnathiechirurgie die ausgeprägtesten Veränderungen des Profils. Durch eine Behandlung mit festsitzenden funktionskieferorthopädischen Geräten erfuhr auch das Weichteilprofil eine zumindest moderate Konvexitätsreduzierung. Eine Camouflage-Orthodontie hingegen führte insbesondere zu einer Vergrößerung des Nasolabialwinkels. **Schlussfolgerungen:** Aufgrund der nur eingeschränkten skelettalen Wirkungen und der geringen Auswirkungen auf das Profil sind festsitzende funktionskieferorthopädische Geräte bei jungen Adulten eine therapeutische Alternative zur Extraktionstherapie, weniger zur Dysgnathiechirurgie und nur bei Patienten mit einer moderat ausgeprägten Klasse-II-Anomalie indiziert. Eine bereits prätherapeutisch vorhandene Protrusion der Unterkieferfront stellt aufgrund einer therapiebedingten Progredienz eine Indikationseinschränkung für festsitzende funktionskieferorthopädische Geräte dar. Eine signifikante Reduktion der Profilkonvexität kann nur infolge einer kombiniert orthodontisch-dysgnathiechirurgischen Behandlung erzielt werden. Bei Durchführung einer Camouflage-Orthodontie mit Extraktion von Prämolaren des Oberkiefers muss bei Erwachsenen eine ästhetisch oft unerwünschte Vergrößerung des Nasolabialwinkels als mögliche Nebenwirkung diskutiert und bei differentialtherapeutischen Überlegungen beachtet werden.

Schlüsselwörter: Distalbislage, Klasse-II-Anomalie · Adoleszenz · Camouflage-Orthodontie · Dentofaziale Orthopädie · Dysgnathiechirurgie

Einleitung

Die Angle-Klasse-II/1-Anomalie ist nach epidemiologischen Untersuchungen die am häufigsten auftretende Dysgnathieform und stellt das Gros der kieferorthopädisch zu behandelnden Patienten dar [57]. Bei den meisten skelettalen Klasse-II-Anomaliefällen liegt eine Rücklage des Unterkiefers [36] vor. Bei der kieferorthopädischen Behandlung dieser Patienten kann klassischerweise mit herausnehmbaren funktionskieferorthopädischen Apparaturen während der Phase des puberalen Wachstumsschubes eine Korrektur der Bislage und eine Reduktion der sagittalen Frontzahnstufe erfolgen [17, 52, 53]. Neben einer skelettalen Beeinflussung von Mandibula und Maxilla resultieren dabei auch dentoalveoläre Effekte.

Bei adulten Patienten, bei denen das Kieferwachstum im eigentlichen Sinne abgeschlossen ist, bieten sich drei grundlegend unterschiedliche Therapieabläufe an, um die vergrö-

oufflage orthodontics” consists of the extraction of upper first premolars to allow retraction of the upper anterior segment, thereby eliminating the increased overjet and maintaining the distobasal jaw relationship. This treatment thus deals with the symptom (a larger than normal overjet), but it fails to address the underlying distal skeletal maxillomandibular discrepancy. The second treatment alternative makes use of fixed functional orthopedic appliances placed after the pubertal growth peak, whereby residual growth is harnessed, stimulating remodeling processes in the temporomandibular joint area, which, combined with dentoalveolar effects, achieve successful bite correction. The third possibility for treating distal bite in adults combines orthodontic and surgical treatment of the jaw discrepancy. Treatment initially begins by orthodontically aligning the dental arches. Orthognathic surgery of the skeletal distal basal relationship via anterior mandibular repositioning follows, and treatment ends with orthodontic finishing of the occlusion during the postoperative stage.

The efficacy of these three different approaches in treating adults for skeletal Class II, Division 1 malocclusion has been described in various clinical studies [5, 10, 12, 27, 30, 34, 44, 46, 49, 50, 59, etc.]. Few comparative studies have addressed the differences between treatment-induced effects, comparing camouflage orthodontics and orthognathic surgery on the one hand [34, 46, among others] and dentofacial orthopedics and orthognathic surgery on the other [5, 12, 50, etc.]. However, none of the comparative studies has yet provided scientific evaluation of the differential therapeutic skeletal and dentoalveolar effects, or of changes in the profile due to all three treatment approaches, in relation to a control group.

Therefore the aim of this study was to determine the effect on the profile of three different treatment approaches in correcting distocclusion in adults, and the extent of their skeletal and dentoalveolar effects. The three approaches we considered are camouflage orthodontics following bilateral upper premolar extraction, treatment using fixed functional orthopedic appliances, and combined orthodontic and surgical treatment with mandibular advancement osteotomy using Obwegeser/Dal Pont’s bisagittal split osteotomy. Treatment-induced net outcomes of the different therapies were first quantified and then compared with each other, with particular attention paid to changes in the bony and soft-tissue profiles.

The issues below were of particular interest:

- What effects does each treatment approach have on the maxillomandibular relationship?
- How do side effects on the central incisors and 6-year molars differ among the three groups?
- Are there differences in each treatment’s effects on the bony profile and soft-tissue profile?
- Are the results of these comparisons therapeutically relevant, and do they allow us to make general recommenda-

tionen sagittale Frontzahnstufe zu verringern: Bei der ersten Möglichkeit wird mit alleinigen orthodontischen Maßnahmen eine dentale Kompensation der Gebissanomalie angestrebt. Die so genannte Camouflage-Behandlung, bei der durch Ex-traktion der ersten oberen Prämolaren die Möglichkeit einer Retraktion der Eckzähne und Schneidezähne geschaffen wird, führt zu einer Beseitigung der sagittalen Frontzahnstufe bei Beibehaltung der distobasalen Kieferbasenrelation. Somit wird lediglich das Symptom der vergrößerten sagittalen Stufe und nicht die eigentliche skelettale Distalbissslage therapiert. Die zweite therapeutische Alternative besteht in der Behandlung mit festsitzenden funktionskieferorthopädischen Apparaturen auch nach Überschreiten des puberalen Wachstumsgipfels mit dem Ziel, durch Ausnutzung des Restwachstum beziehungsweise durch therapeutische Stimulation von Remodellationsvorgängen im Bereich der Kiefergelenke in Kombination mit dentoalveolären Effekten eine erfolgreiche Bisslagekorrektur zu erzielen. Die dritte Behandlungsmöglichkeit des Distalbisses bei Erwachsenen ist die kombiniert orthodontisch-kieferchirurgische Therapie. Dabei werden die Zahnbögen zunächst orthodontisch ausgeformt. Nach dysgnathiechirurgischer Korrektur der skelettalen Rückbissslage durch Ventralverlagerung der Mandibula erfolgt abschließend in der postoperativen Phase die orthodontische Feineinstellung der Dentition.

In diversen klinischen Studien wurde die Wirksamkeit dieser drei verschiedenen Therapiemöglichkeiten von adulten Patienten mit einer skelettalen Klasse-II/1-Anomalie beschrieben [5, 10, 12, 27, 30, 34, 44, 46, 49, 50, 59 u.a.]. Nur einige wenige vergleichende Studien untersuchten die verschiedenen therapeutischen Effekte zwischen der Camouflage-Orthodontie und der Dysgnathiechirurgie einerseits [34, 46, u.a.] beziehungsweise der dentofazialen Orthopädie und der Dysgnathiechirurgie andererseits [5, 12, 50 u.a.]. Doch in keiner vergleichenden klinischen Studie wurden bislang die differentialtherapeutischen skelettalen und dentoalveolären Effekte sowie die Auswirkungen auf das Profil aller drei Therapieformen in Relation zu einer Vergleichsgruppe wissenschaftlich evaluiert.

Ziel der vorliegenden Studie war deshalb die Ermittlung des Einflusses von drei verschiedenen Behandlungsmethoden (Camouflage-Orthodontie nach bilateraler Prämolarenextraktion im Oberkiefer, Behandlung mit festsitzenden funktionskieferorthopädischen Apparaturen, kombiniert orthodontisch-kieferchirurgische Behandlung mit chirurgischer Umstellungsosteotomie der Mandibula in Form der bisagittalen Spaltosteotomie nach Obwegeser/Dal Pont) bei der Korrektur von Distalbissslagen bei Adulten auf das Profil einerseits sowie das Ausmaß von skelettalen und dentoalveolären Effekten andererseits. Die therapeutischen Nettoeffekte der verschiedenen Therapieformen sollten unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen des knöchernen Profils und des Weichteilprofils zunächst quantifiziert und anschließend verglichen werden.

tions regarding the indications for each treatment approach?

- Is the treatment of adults with fixed functional orthopedic appliances an alternative to extraction therapy, or rather to orthognathic surgery?
- Is there a risk of attaining a less attractive profile in adults after extraction therapy?

Patients and Methods

Patients

Our cohort included 60 young adults presenting Angle Class II, Division 1 malocclusion. Our inclusion criterion was an increased ANB angle $\geq 4^\circ$ at baseline (T1). Thirty-three patients were female, 27 male. All patients were allocated to three groups of equal numbers based on the treatment approach chosen. In 20 patients, one premolar in each quadrant of the upper arch was extracted and then the overjet reduced via camouflage orthodontics. Maxillary molar anchorage was achieved with transpalatal archwires. Fixed functional appliances to correct the bite using dentofacial orthopedics were inserted in a further 20 patients, in whom ten were fitted with a Functional Mandibular Advancer (Forestadent®, Pforzheim, Germany), and in the other ten, a Herbst appliance (Dentaurum, Ispringen, Germany). The remaining 20 adult patients underwent combined orthodontic and surgical treatment consisting of anterior mandibular repositioning after bilateral sagittal split osteotomy without genioplasty. Treatment progress was monitored cephalometrically.

Adulthood as an inclusion criterion was applied as described by Ruf & Pancherz [51], while we referred to Hassel & Fahrman's [21] analysis of cervical vertebrae. We did not require radiographic images of the hand, as evaluation of the cervical vertebrae has been proven to be an equally reliable and valid method for assessing skeletal and somatic maturity [43].

The mean age of the patients in the surgical group was 25.7 ± 5.4 years, in the functional orthopedic group 18.7 ± 2.4 years, and in the extraction group 17.6 ± 2.3 years.

Control Group

We referred to Bhatia & Leighton's [6] longitudinal growth study of 1993 as our control group. Their data, for which magnification was corrected, were obtained at King's College School of Medicine and Dentistry, London, U.K. from a mixed collective of individuals of Caucasian origin, aged between 4 and 20 and presenting both eugathia and dysgnathia. The values presented in that growth study were determined according to the subjects' chronological age rather than their skeletal maturity.

We calculated the relevant values for the control group according to the age of each patient in this study at T1 and T2 precisely to the month. To have access to precise data for each patient's age, the growth naturally occurring within one

Insbesondere folgende Fragen waren dabei von Interesse:

- Welche unterschiedlichen Auswirkungen haben die verschiedenen Behandlungsmethoden auf die Lageposition von Maxilla und Mandibula?
- Wie unterscheiden sich die dentalen Nebenwirkungen im Bereich der mittleren Schneidezähne und der Sechsjahrmolaren?
- Differieren die jeweiligen therapeutischen Effekte beim knöchernen Profil und beim Weichteilprofil?
- Haben die vergleichenden Ergebnisse eine therapeutische Relevanz? Lassen sich anhand der Ergebnisse grundsätzliche Empfehlungen zur Indikation der drei unterschiedlichen Therapieformen herleiten?
- Ist die Behandlung mit festsitzenden funktionskieferorthopädischen Geräten bei Erwachsenen eher eine therapeutische Alternative zur Extraktionstherapie oder zur Dysgnathiechirurgie?
- Kann es insbesondere infolge der Extraktionstherapie bei Erwachsenen zu einer ästhetischen Verschlechterung des Profils kommen?

Patienten und Methode

Patienten

Das Probandengut umfasste 60 junge Adulte mit einer Angle-Klasse-II/1-Anomalie. Einschlusskriterium war ein vergrößerter ANB-Winkel $\geq 4^\circ$ beim Ausgangsbefund (Kontrollzeitpunkt T1). Weiblich waren 33 Patienten, 27 Patienten waren männlich. Entsprechend der Therapieform konnten die Patienten in drei zahlenmäßig gleich große Gruppen eingeteilt werden: Bei 20 Patienten wurde jeweils ein Prämolare pro Quadrant des Oberkiefers extrahiert und anschließend durch Camouflage-Orthodontie die sagittale Frontzahnstufe verringert. Zur Verankerung der Oberkiefermolaren dienten Transpalatinalbögen. Bei weiteren 20 Patienten wurden zur Korrektur der Bisslagen durch dentofaziale Orthopädie festsitzende funktionskieferorthopädische Apparaturen eingegliedert: bei zehn Patienten ein Functional Mandibular Advancer (Forestadent®, Pforzheim, Deutschland), bei zehn Patienten eine Herbst-Apparatur (Dentaurum, Ispringen, Deutschland). Bei weiteren 20 adulten Patienten erfolgte im Rahmen einer orthodontisch-kieferchirurgischen Therapie eine Ventraleinstellung der Mandibula nach bilateraler sagittaler Spaltosteotomie ohne Genioplastik. Die Behandlungsverläufe wurden kephalometrisch dokumentiert.

Das Erreichen des Erwachsenenalters als Einschlusskriterium zur Studie wurde analog der Vorgehensweise von Ruf & Pancherz [51] vorgenommen, wobei jedoch die Halswirbelkörperanalyse nach Hassel & Fahrman [21] angewendet wurde. Da die Halswirbelkörperbeurteilung zur Beurteilung der skelettalen und somatischen Reife eine gleich hohe Reliabilität und Validität wie die Handknochenbeurteilung hat [43], konnte auf die Anfertigung von Handröntgenbildern verzichtet werden.

year, was distributed over each month. For those stages after age 20 (for which the growth study does not provide data), the difference between the age of eighteen and nineteen was used as the basis and then multiplied according to the patient's age, analogous to the procedure presented by Ruf & Pancherz [51]. The calculated control group's values represented the growth naturally occurring within that stage. That value was then subtracted from the previously-determined growth value caused by the treatment. Thus we could calculate the actual treatment-induced effect exclusive of natural growth processes, henceforth referred to as "net outcome." In this respect, the control group's values correspond to the time differences between the corresponding lateral cephalometric images taken at T1 and T2.

Radiographic Diagnosis

Two lateral cephalograms of each patient were available. The radiographic images at T1 were taken at the initial stage of treatment, and T2's images are from the end of this treatment stage in habitual occlusion and using standardized imaging techniques. The central beam was projected at right angles to the film's plane, through the external acoustic meatus. Magnification factors were calculated individually for every lateral cephalometric X-ray.

In the interest of limiting radiation exposure, we refrained from routine radiographic imaging of the hand and wrist, since the comparative growth data from the London study are differentiated according to chronological age rather than skeletal maturity.

Lateral Cephalometric Analysis

We documented the linear and angular values below (Figures 1 to 7):

Changes in Sagittal Length of the Maxilla and Mandible

Changes in the lengths of the maxilla and mandible during treatment were documented according to the linear measurements below:

N-ANS on FH:	anterior position of the maxillary base
Ba-PNS:	posterior position of the maxillary base
N-Pog on FH:	anterior position of the mandibular base
Co ^(dorsal) -PTV:	position of the dorsal condyle margin
Co ^(superior) -Pog:	linear distance between the most cranial point of the mandibular condyle and most anterior point of the bony chin
Co ^(dorsal) -Pog:	linear distance between the most posterior point of the mandibular condyle and most anterior point of the bony chin.

Vertical Repositioning of the Maxilla and the Mandible

To determine any repositioning of the maxilla or mandible in the vertical dimension, we took the linear measurements below:

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug in der Chirurgiegruppe $25,7 \pm 5,4$ Jahre, in der Funktionskieferorthopädie-(FKO-)Gruppe $18,7 \pm 2,4$ Jahre und in der Extraktionsgruppe $17,6 \pm 2,3$ Jahre.

Kontrollgruppe

Als Kontrollgruppe diente die longitudinale Wachstumsstudie von Bhatia & Leighton [6] aus dem Jahr 1993. Diese wurde an der King's College School of Medicine and Dentistry London, an größenbereinigten Daten eines Mischkollektivs aus sowohl eugnathen wie auch dysgnathen Probanden kaukasischen Ursprungs im Alter zwischen 4 und 20 Jahren gewonnen. Die Werte dieser Wachstumsstudie wurden nach dem chronologischen Alter der Probanden und nicht nach dem skelettalen Reifestadium erfasst.

Entsprechend des individuellen Alters zu den Zeitpunkten T1 und T2 der in der vorliegenden Studie untersuchten Probanden wurden die entsprechenden Werte der Kontrollgruppe monatsgenau berechnet. Dafür wurde das während eines Jahres ablaufende natürliche Wachstum für die einzelnen Monate berechnet, um genaue Angaben für jedes individuelle Probandenalter vorliegen zu haben. Für die Phase nach dem 20. Lebensjahr, für welche keine Daten in dem Wachstumsatlas angegeben sind, wurde die Differenz zwischen dem 19. und dem 20. Lebensjahr zugrunde gelegt und je nach Probandenalter entsprechend multipliziert – analog zu der Vorgehensweise von Ruf & Pancherz [51]. Die Differenz zwischen den errechneten Werten der Kontrollgruppe ergab das in dieser Phase ablaufende natürliche Wachstum. Dieser Wert wurde von dem zuvor ermittelten, durch die Therapie beeinflussten Wachstumswert subtrahiert, so dass sich die effektive therapeutische Wirkung, nachfolgend als „Nettowirkung“ bezeichnet, ohne das natürliche Wachstum berechnen ließ. Die Kontrollgruppenwerte beziehen sich dabei auf den zeitlichen Abstand zwischen den jeweiligen Fernröntgenseitenbildern der Zeitpunkte T1 und T2.

Röntgendiagnostik

Von jedem Patienten lagen zwei Fernröntgenseitenbilder vor. Das zum Zeitpunkt T1 aufgenommene Röntgenbild wurde in der Anfangsphase, das zum Zeitpunkt T2 aufgenommene in der Endphase der Behandlung in habitueller Okklusion mittels standardisierter Aufnahmetechniken angefertigt. Der Zentralstrahl verlief dabei rechtwinkelig zur Filmebene durch den Porus acusticus externus. Der Vergrößerungsfaktor wurde individuell für jedes Fernröntgenseitenbild berechnet.

Aus Gründen der Strahlenhygiene wurde auf eine routinemäßige Erstellung von Handröntgenaufnahmen verzichtet, da die vergleichenden Wachstumsdaten der London-Studie nach chronologischem Alter und nicht nach skelettalen Reifestadien differenziert sind.

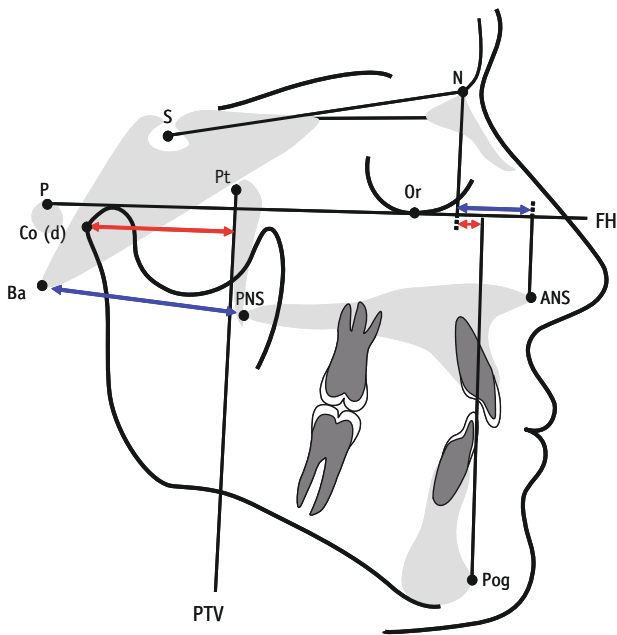


Figure 1. Linear measurements from lateral cephalogram to assess sagittal changes in maxillary (\leftrightarrow) and mandibular length (\leftrightarrow).

Abbildung 1. Streckenmessungen im Fernröntgenseitenbild zur Evaluierung sagittaler Längenveränderungen des Oberkiefers (\leftrightarrow) und des Unterkiefers (\leftrightarrow).

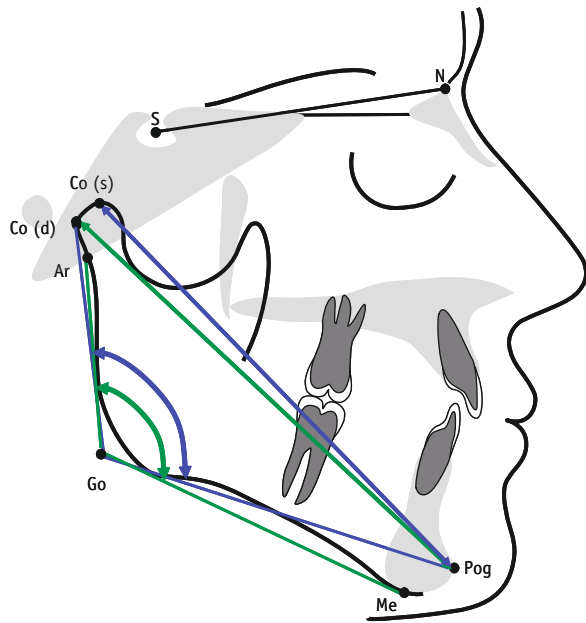


Figure 2. Linear and angular measurements from lateral cephalogram to assess diagonal changes in mandibular length and changes in the mandibular angle.

Abbildung 2. Streckenmessungen und Winkelmessungen im Fernröntgenseitenbild zur Evaluierung diagonaler Längenveränderungen des Unterkiefers und Veränderungen im Unterkieferwinkelbereich.

Analyse der Fernröntgenseitenbilder

Nachfolgende Strecken und Winkel (Abbildungen 1 bis 7) wurden vermessen:

Sagittale Längenveränderungen des Oberkiefers und des Unterkiefers

Während der Behandlung auftretende Längenveränderungen der Maxilla und der Mandibula wurden durch Vermessen folgender Strecken bestimmt:

- N-ANS auf FH: anteriore Position der Oberkieferbasis
- Ba-PNS: posteriore Position der Oberkieferbasis
- N-Pog auf FH: anteriore Position der Unterkieferbasis
- Co^(dorsal)-PTV: Position dorsaler Kondylenrand
- Co^(superior)-Pog: Strecke zwischen kranialstem Punkt des Caput mandibulae und des am weitesten ventral gelegenen Punktes des knöchernen Kinns
- Co^(dorsal)-Pog: Strecke zwischen dem dorsalsten Punkt des Caput mandibulae und dem am weitesten ventral gelegenen Punkt des knöchernen Kinns.

Vertikale Lageveränderungen des Oberkiefers und des Unterkiefers

Zur Bestimmung möglicher Lageveränderungen der Maxilla und der Mandibula in der Vertikalen wurden folgende Strecken vermessen:

- N-ANS: Strecke vom Übergang des Os frontale in das Os nasale an der Sutura nasofrontalis bis zur vorderen Begrenzung des knöchernen Nasenbodens an der Spitze der Spina nasalis anterior
- N-A: Strecke vom Übergang des Os frontale in das Os nasale an der Sutura nasofrontalis bis zur tiefsten Einziehung der ventralen Kontur der Maxilla
- N-PNS: Strecke vom Übergang des Os frontale in das Os nasale an der Sutura nasofrontalis bis zur hinteren Begrenzung des knöchernen Nasenbodens an der Spitze der Spina nasalis posterior
- S-Co^(superior): Strecke zwischen dem Mittelpunkt der Sella turcica bis zum oberen Kondylusrand
- S-Ar: Strecke zwischen dem Mittelpunkt der Sella turcica bis zum Schnittpunkt der unteren Kontur der Schädelbasis mit dem dorsalen Rand des Ramus mandibulae
- S-Go: Strecke zwischen dem Mittelpunkt der Sella turcica und dem Schnittpunkt zwischen Ramustangente und Korpustangente
- N-Pog: Strecke vom Übergang des Os frontale in das Os nasale an der Sutura nasofrontalis bis zum am weitesten ventral gelegenen Punkt des knöchernen Kinns

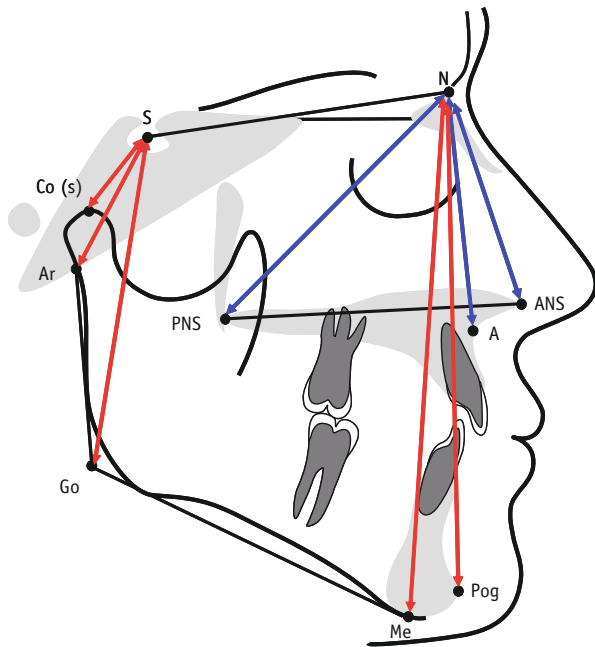


Figure 3. Linear measurements from lateral cephalogram to assess vertical positions of the maxilla (↔) and mandible (↔).

Abbildung 3. Streckenmessungen im Fernröntgenseitenbild zur Evaluierung der vertikalen Lage von Maxilla (↔) und Mandibula (↔) im Fernröntgenseitenbild.

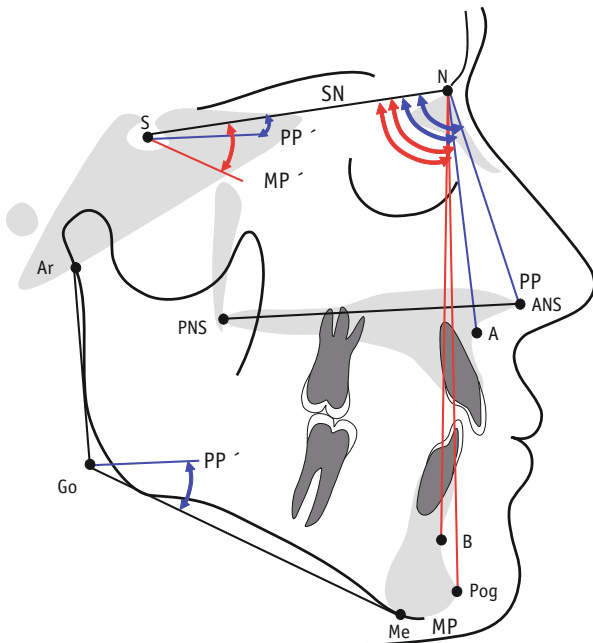


Figure 4. Angular measurements from lateral cephalogram to assess skeletal sagittal and vertical changes in the maxilla and mandible.

Abbildung 4. Winkelmessungen im Fernröntgenseitenbild zur Evaluierung sagittal-skelettaler und vertikal-skelettaler Veränderungen des Oberkiefers und des Unterkiefers.

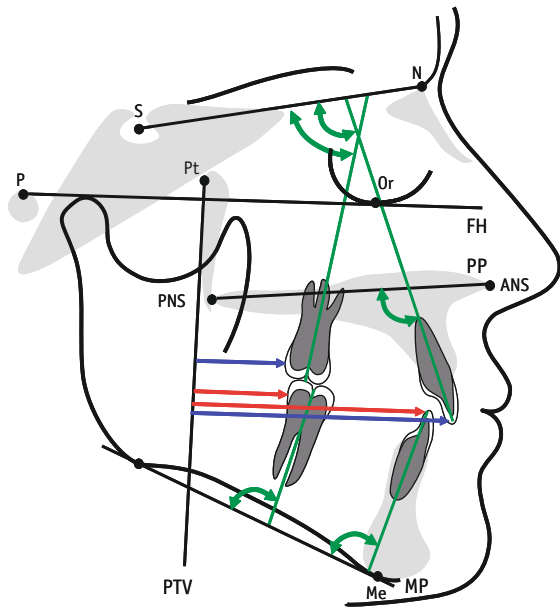


Figure 5. Linear and angular measurements from lateral cephalogram to assess dental repositioning.

Abbildung 5. Strecken- und Winkelmessungen im Fernröntgenseitenbild zur Evaluierung dentaler Positionsveränderungen.

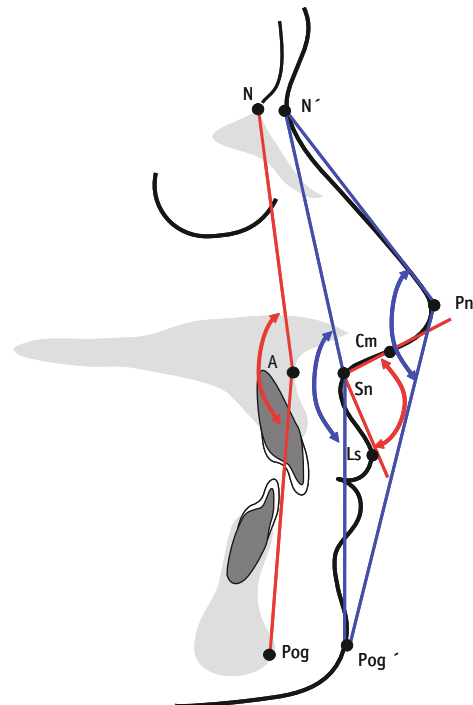
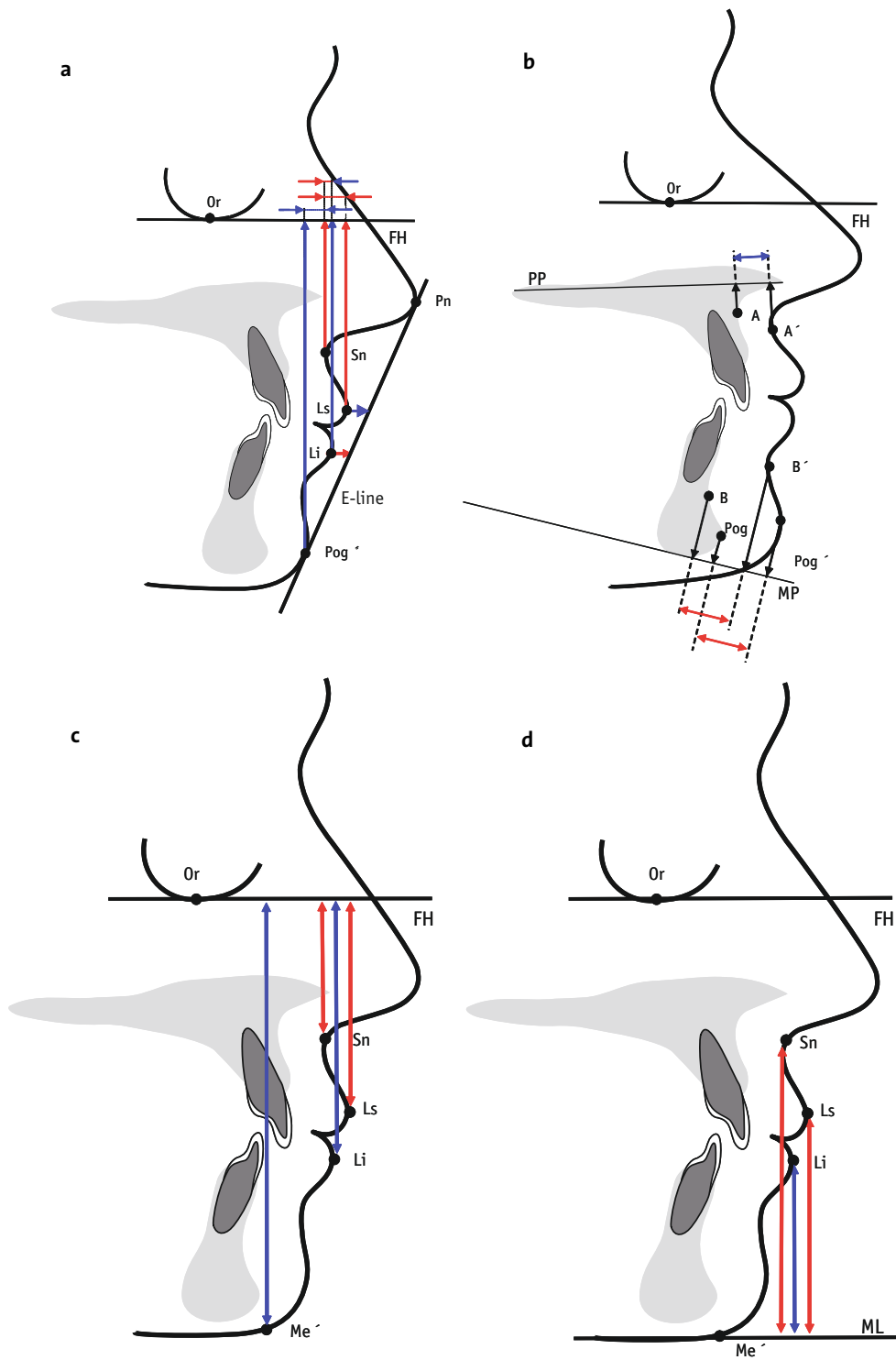


Figure 6. Angular measurements from lateral cephalogram to assess changes in the bony and soft-tissue profiles.

Abbildung 6. Winkelmessungen im Fernröntgenseitenbild zur Evaluierung von Veränderungen des knöchernen Profils und des Weichteilprofils.

N-ANS: linear distance between the junction of the frontal bone and nasal bone at the nasofrontal suture and the most anterior point of the bony floor of the nose at the tip of the anterior nasal spine

N-Me: Strecke vom Übergang des Os frontale in das Os nasale an der Sutura nasofrontalis bis zum am weitesten kaudal gelegenen Punkt des knöchernen Kinns.



Figures 7a to 7d. Linear measurements from lateral cephalogram to assess horizontal (7a, b) and vertical (7c, d) changes in the profile.

Abbildungen 7a bis 7d. Streckenmessungen im Fernröntgen-seitenbild zur Evaluierung von Veränderungen des Profils (horizontal [7a, b] und vertikal [7c, d]).

N-A:	linear distance between the junction of the frontal bone and nasal bone at the nasofrontal suture to the deepest concavity of the maxilla's anterior contour
N-PNS:	linear distance between the junction of the frontal bone and nasal bone at the nasofrontal suture and most posterior point of the bony floor of the nose at the tip of the posterior nasal spine
S-Co ^(superior) :	linear distance between the sella turcica's midpoint and condyle's superior margin
S-Ar:	linear distance between the sella turcica's midpoint and intersection of the inferior contour of the cranial base and dorsal margin of the mandibular ramus
S-Go:	linear distance between the sella turcica's midpoint and intersection of the ramus tangent and corpus tangent
N-Pog:	linear distance between the junction of the frontal bone and nasal bone at the nasofrontal suture and most anterior point of the bony chin
N-Me:	linear distance between the junction of the frontal bone and nasal bone at the nasofrontal suture, and most inferior point of the bony chin.

Sagittal and Vertical Skeletal Changes of the Maxilla and the Mandible

To ascertain potential changes of the maxilla and mandible in sagittal and vertical dimensions, we recorded these angles:

SNA:	angle between the anterior cranial base and deepest concavity of the maxilla's anterior contour
SN-ANS:	angle between the anterior cranial base and most anterior point of the bony floor of the nose at the tip of the anterior nasal spine
SNB:	angle between the anterior cranial base and deepest concavity of the mandible's anterior contour
SN-Pog:	angle between the anterior cranial base and most anterior point of the bony chin
SN/PP:	angle between the anterior cranial base and palatal plane
SN/MP:	angle between the anterior cranial base and mandibular plane
PP/MP:	angle between the palatal and mandibular planes
Ar-Go-Me:	gonial angle: angle between the landmarks articulare, gonion, and menton
Co ^(dorsal) -Go-Pog:	modified gonial angle: angle between the landmarks posterior condylar margin, gonion, and pogonion landmarks.

Sagittal-skelettale und vertikal-skelettale Veränderungen des Oberkiefers und des Unterkiefers

Zur Verifizierung möglicher skelettaler Veränderungen der Maxilla und der Mandibula in sagittaler und vertikaler Richtung wurden folgende Winkel vermessen:

SNA:	Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und der tiefsten Einziehung der ventralen Kontur der Maxilla
SN-ANS:	Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und der vorderen Begrenzung des knöchernen Nasenbodens an der Spitze der Spina nasalis anterior
SNB:	Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und der tiefsten Einziehung der ventralen Kontur der Mandibula
SN-Pog:	Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und dem am weitesten ventral gelegenen Punkt des knöchernen Kinns
SN/PE:	Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und Palatinaebene
SN/ME:	Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und Mandibularebene
PE/ME:	Winkel zwischen Palatinaebene und Mandibularebene
Ar-Go-Me:	Gonionwinkel; Winkel zwischen den Punkten Artikulare, Gonion und Menton
Co ^(dorsal) -Go-Pog:	modifizierter Gonionwinkel; Winkel zwischen den Punkten Kondylushinterwand, Gonion und Pogonion.

Sagittale dentale lineare und anguläre Positionsveränderungen

Um unter der Therapie stattfindende lineare Positionsveränderungen der Dentition feststellen zu können, wurde die Lage der mittleren Schneidezähne und der Sechsjahrmolaren bestimmt. Dazu wurden charakteristische dentale Punkte definiert: bei den Schneidezähnen die Inzisalpunkte und bei den Sechsjahrmolaren der jeweils dorsalste Punkt der klinischen Krone. Nachfolgend wurde von den charakteristischen Messpunkten die jeweilige Entfernung zur Pterygoidvertikalen abgegriffen:

OK1 ^(inzisal) -PTV:	Strecke vom mittleren oberen Schneidezahn zur Pterygoidvertikalen
UK1 ^(inzisal) -PTV:	Strecke vom mittleren unteren Schneidezahn zur Pterygoidvertikalen
OK6 ^(dorsal) -PTV:	Strecke vom Sechsjahrmolaren des Oberkiefers zur Pterygoidvertikalen
UK6 ^(dorsal) -PTV:	Strecke vom Sechsjahrmolaren des Unterkiefers zur Pterygoidvertikalen.

Zusätzlich wurden an den korrespondierenden Fernröntgenseitenbildern die sagittale Frontzahnstufe (overjet) und die vertikale Frontzahnrelation (overbite) bestimmt.

Sagittal Dental-linear and Angular Repositioning

To determine dentition repositioning during treatment, we documented the position of the central incisors and the 6-year molars. To this end, we defined characteristic dental landmarks: the incisal edges for the incisors, and the most dorsal point of the clinical crown for the 6-year molars. We then documented the respective distances between the characteristic reference points and pterygoid vertical:

- UP1^(incisal)-PTV: linear distance between the upper central incisor and pterygoid vertical
- LO1^(incisal)-PTV: linear distance between the lower central incisor and pterygoid vertical
- UP6^(dorsal)-PTV: linear distance between the upper 6-year molar and pterygoid vertical
- LO6^(dorsal)-PTV: linear distance between the lower 6-year molar and pterygoid vertical.

We also determined the overjet and frontal overbite according to the corresponding lateral cephalograms.

To determine sagittal dental-angular changes, we recorded the angles:

- UP1/SN: angle between the longitudinal axis of the upper central incisor and anterior cranial base
- UP1/PP: angle between the longitudinal axis of the upper central incisor and palatal plane
- LO1/MP: angle between the longitudinal axis of the lower central incisor and mandibular plane
- UP6/SN: angle between the longitudinal axis of the upper 6-year molar and anterior cranial base
- LO6/MP: angle between the longitudinal axis of the lower 6-year molar and mandibular plane.

Profile Changes

To assess linear changes in the soft-tissue profile, we documented the distances:

- Pog'-Sn auf FH: linear distance between the soft tissue pogonion and subnasale as projected onto the Frankfort horizontal
- Ls-E-line: linear distance between the most anterior point of the upper lip and Esthetic line
- Ls-SN auf FH: linear distance between the most anterior point of the upper lip and subnasale as projected onto the Frankfort horizontal
- Li-E-line: linear distance between the most anterior point of the lower lip and Esthetic line

Zur Bestimmung dentaler angulärer Veränderungen in der Sagittalen wurden nachfolgende Winkel vermessen:

- OK1/SN: Winkel zwischen der Längsachse des mittleren Schneidezahnes des Oberkiefers und der vorderen Schädelbasis
- OK1/PE: Winkel zwischen der Längsachse des mittleren Schneidezahnes des Oberkiefers und der Palatinalenebene
- UK1/ME: Winkel zwischen der Längsachse des mittleren Schneidezahnes des Unterkiefers und der Mandibularebene
- OK6/SN: Winkel zwischen der Längsachse des Sechsjahrmolaren des Oberkiefers und der vorderen Schädelbasis
- UK6/ME: Winkel zwischen der Längsachse des Sechsjahrmolaren des Unterkiefers und der Mandibularebene.

Profilveränderungen

Zur Evaluierung linearer Veränderungen des Weichteilprofils wurden folgende Strecken vermessen:

- Pog'-Sn auf FH: Abstand von Weichteilpogonion und Subnasale, projiziert auf die Frankfurter Horizontale
- Ls-E-Linie: Strecke von dem am weitesten anterior gelegenen Punkt der Oberlippe zur Ästhetiklinie
- Ls-SN auf FH: Abstand zwischen dem am weitesten anterior gelegenen Punkt der Oberlippe und Subnasale, projiziert auf die Frankfurter Horizontale
- Li-E-Linie: Strecke von dem am weitesten anterior gelegenen Punkt der Unterlippe zur Ästhetiklinie
- Li-SN auf FH: Abstand zwischen dem am weitesten anterior gelegenen Punkt der Unterlippe und Subnasale, projiziert auf die Frankfurter Horizontale
- A-A' auf PE: Abstand zwischen der tiefsten Einziehung der ventralen Kontur der Maxilla und der tiefsten Einziehung am Übergang zwischen Subnasale und der Oberlippe, projiziert auf die Palatinalenebene
- B-B' auf ME: Abstand zwischen der tiefsten Einziehung der ventralen Kontur der Mandibula und tiefsten Einziehung am Übergang zwischen Unterlippe und Weichteilpogonion, projiziert auf die Mandibularebene
- Pog-Pog' auf ME: Abstand zwischen dem am weitesten ventral gelegenen Punkt des knöchernen Kinns und dem am weitesten anterior gelegenen Punkt des Weichteilkinns, projiziert auf die Mandibularebene

Li-SN on FH:	linear distance between the most anterior point of the lower lip and subnasale as projected onto the Frankfort horizontal
A-A' on PP:	linear distance between the deepest concavity of the maxilla's anterior contour and the deepest concavity at the junction of subnasale and upper lip as projected onto the palatal plane
B-B' on MP:	linear distance between the deepest concavity of the mandible's anterior contour and deepest concavity at contact between the lower lip and soft tissue pogonion as projected onto the mandibular plane
Pog-Pog' on MP:	linear distance between the most anterior point of the bony chin and most anterior point of the soft tissue chin as projected onto the mandibular plane
Me'-FH:	vertical distance between soft-tissue menton and Frankfort horizontal
Sn-FH:	vertical distance between subnasale and Frankfort horizontal
Ls-FH:	vertical distance between upper lip and Frankfort horizontal
Li-FH:	vertical distance between lower lip and Frankfort horizontal
Ls-ML:	vertical distance between upper lip and mandibular line (line parallel to Frankfort horizontal through soft-tissue menton)
Li-ML:	vertical distance between lower lip and mandibular line
Sn-ML:	vertical distance between subnasale and mandibular line.

To assess angular changes in the bony and the soft-tissue profiles, we noted the angles:

N-A-Pog:	skeletal profile: angle formed by nasion, A-point, and pogonion
N'-Sn-Pog':	soft-tissue profile: angle formed by soft-tissue nasion, subnasale, and soft-tissue pogonion
N'-Pn-Pog':	facial profile: angle formed by soft-tissue nasion, nose tip, and soft-tissue pogonion
Cm-Sn-Ls:	angle formed by columella, subnasale, and labrale superius.

Method of Measurement

All linear and angular measurements were taken by scanning the radiographic images and using a tracing software (FR win, Computer konkret AG, Falkenstein, Germany) (accurate to 0.1 mm and 0.1°, respectively).

For linear values, we corrected the magnification inherent to cephalometric imaging. The correction factor for com-

Me'-FH:	Senkrechte Strecke von Weichteilmenton auf die Frankfurter Horizontale
Sn-FH:	Senkrechte Strecke von Subnasale auf die Frankfurter Horizontale
Ls-FH:	Senkrechte Strecke von Oberlippe auf die Frankfurter Horizontale
Li-FH:	Senkrechte Strecke von Unterlippe auf die Frankfurter Horizontale
Ls-ML:	Senkrechte Strecke von Oberlippe auf die Mandibularlinie (Parallele der Frankfurter Horizontalen durch Weichteilmenton)
Li-ML:	Senkrechte Strecke von Unterlippe auf die Mandibularlinie
Sn-ML:	Senkrechte Strecke von Subnasale auf die Mandibularlinie.

Zur Analyse angularer Veränderungen des knöchernen und des Weichteilprofils wurden nachfolgende Winkelwerte ermittelt:

N-A-Pog:	Skelettales Profil; Winkel zwischen Nasion, A-Punkt und Pogonion
N'-Sn-Pog':	Weichteilprofil; Winkel zwischen Weichteilnasion, Subnasale und Weichteilpogonion
N'-Pn-Pog':	Gesamtprofil; Winkel zwischen Weichteilnasion, Nasenspitze und Weichteilpogonion
Cm-Sn-Ls:	Winkel zwischen Columella, Subnasale und Labrale superius.

Messmethode

Alle linearen und angularen Messungen wurden nach Ein-scannen der Röntgenbilder mit einem Computerprogramm (FR win, Computer konkret AG, Falkenstein, Deutschland) durchgeführt (Messgenauigkeit 0,1 mm bzw. 0,1°).

Bei den linearen Messwerten wurden die röntgenologisch bedingten Vergrößerungen korrigiert. Der Vergrößerungskorrekturfaktor, mit dem die linearen Messungen auf ihre natürliche Größe umgerechnet werden können, wurde für jedes Röntgenbild einzeln ermittelt. Als Grundlage zur Umrechnung diente eine am Kephalostaten der Röntgenanlage fixierte und somit auf jeden Röntgenfilm projizierte geeichte Messskala.

Statistische Auswertung und Methodenfehler

Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten wurde mit Hilfe der Computerprogramme Microsoft Excel® 2000 und SAS Version 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) vorgenommen. Für alle Variablen der kephalometrischen Auswertung wurden der arithmetische Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD) bestimmt.

Um zu überprüfen, welche effektiven, durch die Behandlung induzierten Veränderungen innerhalb der einzelnen Therapiegruppen bestanden, wurde der t-Test für eine Stichprobe durchgeführt. Das Ergebnis des t-Tests wurde als

puting actual size from the linear values was determined for each X-ray film. We used a calibrated scale of measurement fitted to the radiographic unit's cephalostat (thus projected on all X-rays) as the basis for the conversion.

Statistical Analysis and Measurement Error

Statistical analysis of the data was done using Microsoft Excel® 2000 and SAS version 9.1 software (SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.). The arithmetic mean (M) and standard deviation (SD) were computed for all variables used in the cephalometric analysis.

We carried out a one-sample t test to ascertain treatment-induced changes in each treatment group. The t test result provided the p value; p values under 5% were considered statistically significant. The individual variables had been checked for normal distribution beforehand. To detect differences between treatment groups, we compared all the variables at T1 and net outcome/treatment-induced effects with each other by an analysis of variance. To make reliable statements on significant differences among the net outcomes of various treatment approaches, significant differences at baseline must be taken into account. To avoid alpha-level capitalization, the level of significance was adjusted according to the Bonferroni method [23]. Since treatment duration varied greatly among the various treatments, we carried out an inter-group assessment for correlations. To detect any relationships between treatment duration (between T1 and T2) and net outcome/treatment-induced effect, we determined Pearson's correlation coefficient [23].

The lateral cephalometric X-rays of 20 randomly-selected patients were analyzed once again after a minimum of 3 months. The combined method error of measurement (ME) was computed using Dahlberg's [13] formula $ME = \sqrt{(\sum d^2 / 2n)}$, where d is the difference between two values and n the number of repeated measurements. Measurement error was computed for linear and angular measurements; it equaled a mean 0.78 mm and 0.57°.

Results

Tables 1 to 6 (see Appendix pp. 87–91) show the means and standard deviations from the cephalometric analysis at T1 and T2, as well as therapeutic changes actually achieved by each treatment. The results are presented according to each patient subgroup (the surgical, functional-orthopedic, and extraction groups). To statistically assess intra- and inter-group changes actually achieved by each treatment, the p values of each variable are presented (1 = surgical group, 2 = functional-orthopedic group, 3 = extraction group).

Analyses of variance revealed no differences with respect to sagittal relationships of the maxilla (SNA, SN-ANS, N-ANS on FH, Ba-PNS) or mandible (SNB, SN-Pog, N-Pog on FH) at baseline. Nor did baseline ANB angle exhibit any differences among treatment groups. No differences were apparent at baseline concerning the mandibular angle ($Co^{(dorsal)}$).

p-Wert angegeben. p-Werte < 5% wurden als statistisch signifikant gewertet. Die einzelnen Variablen wurden zuvor auf Normalverteilung überprüft. Um Unterschiede zwischen den Therapiegruppen festzustellen, wurden alle Variablen zum Zeitpunkt T1 sowie die Nettowirkung/der therapeutische Effekt untereinander mittels der Varianzanalyse verglichen. Um eine Aussage über signifikante Unterschiede bei der Nettowirkung der verschiedenen Therapieformen treffen zu können, mussten etwaige, bereits zum Behandlungsbeginn bestehende signifikante Unterschiede berücksichtigt werden. Um eine Alpha-Fehler-Kumulierung zu vermeiden, wurde das Signifikanzniveau nach Bonferroni [23] adjustiert. Wegen der großen Variabilität der Behandlungsdauer zwischen den einzelnen Therapiegruppen wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Zur Überprüfung eines etwaigen Zusammenhangs zwischen der Behandlungsdauer (Zeitraum zwischen T1 und T2) und der therapeutisch induzierten Nettowirkung wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson [23] bestimmt.

Die Fernröntgenseitenbilder von 20 willkürlich ausgesuchten Patienten wurden im Abstand von mindestens 3 Monaten ein zweites Mal ausgewertet. Mit der Formel $MF = \sqrt{(\sum d^2 / 2n)}$ nach Dahlberg [13] wurde der kombinierte Methodenfehler (MF) berechnet. Dabei ist d die Differenz zwischen zwei Messergebnissen und n die Zahl der Zweifachmessungen. Der kombinierte Methodenfehler wurde für die linearen und angulären Messungen ermittelt und lag bei durchschnittlich 0,78 mm bzw. 0,57°.

Ergebnisse

Die Mittelwerte und die Standardabweichung jeder Variable der kephalometrischen Auswertung zu den Zeitpunkten T1 und T2 sowie die effektiven, durch die jeweilige Behandlung erzielten therapeutischen Veränderungen sind nach den einzelnen Patientengruppen (benannt als Chirurgiegruppe, FKO-Gruppe und Extraktionsgruppe) unterteilt den Tabellen 1 bis 6 zu entnehmen (s. Appendix S. 87–91). Zur statistischen Bewertung der effektiven, durch die jeweilige Therapie induzierten Veränderungen innerhalb (intra) der Patientengruppen und im direkten Vergleich zwischen (inter) den Kollektiven sind die p-Werte der einzelnen Variablen aufgeführt (1 = Chirurgiegruppe, 2 = FKO-Gruppe, 3 = Extraktionsgruppe).

Die Varianzanalyse zeigte zu Behandlungsbeginn keine Unterschiede bezüglich der sagittalen Einlagerung der Maxilla (SNA, SN-ANS, N-ANS auf FH, Ba-PNS) sowie der Mandibula (SNB, SN-Pog, N-Pog auf FH). Der prätherapeutische ANB-Winkel differierte ebenfalls nicht zwischen den drei Therapiegruppen. Keine Unterschiede zum Behandlungsbeginn fanden sich im Kieferwinkelbereich ($Co^{(dorsal)}$ -Go-Pog, Ar-Go-Me), bei der Stellung der oberen Frontzähne (OK1/SN, OK1/PE), beim knöchernen Profil (N-A-Pog) sowie beim Nasolabialwinkel (Cm-Sn-Ls). Ein prätherapeutischer Unterschied zwischen der Extraktions-

Go-Pog, Ar-Go-Me), maxillary-incisor position (UP1/SN, UP1/PP), bony profile (N-A-Pog), or nasolabial angle (Cm-Sn-Ls). One difference at baseline between the extraction group and both other treatment groups was the former's lower-incisor relationship to the mandibular plane (LO1/MP). However, since those effects became more pronounced due to the treatment, this difference can be disregarded.

We observed clear differences in treatment duration in the 60 patients examined in this study. Nevertheless, the correlation coefficients according to Pearson's method illustrate that net treatment outcome was independent of treatment duration.

Effects on the Maxilla

Intragroup analysis revealed a significant decrease in the SNA angle by $1.58^\circ \pm 2.78^\circ$ ($p = 0.0199$) within the extraction group only. Intergroup analysis showed no significant differences in the horizontal (N-ANS on FH, Ba-PNS) or vertical (N-ANS, N-A, N-PNS) changes in maxillary length or in the positional relationship of the anterior maxillary base to the anterior cranial base (SNA, SN-ANS), nor in the vertical relationship between the anterior cranial base and palatal plane (SN/PP).

Effects on the Mandible

We observed that the bony chin advanced (increase in the distance N-Pog on FH) in the surgical and functional-orthopedic groups, but the extent of treatment-induced change was significant only in the group of patients who had undergone orthognathic surgery ($4.66 \text{ mm} \pm 4.56 \text{ mm}$, $p = 0.0001$), while there was a significant decrease in the extraction group ($3.51 \text{ mm} \pm 5.26 \text{ mm}$ ($p = 0.0077$)). The surgical group's change differed significantly from the degree of change in the functional-orthopedic and extraction groups (surgical vs. functional-orthopedic group, $p = 0.0043$; surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$).

Post-treatment, the condyle's sagittal position (measured from the linear distance $\text{Co}^{(\text{dorsal})}$ -PTV) matched the baseline findings in all groups (including the functional-orthopedic group, whose condyles had meanwhile been displaced ventrocaudally from the centric fossa relationship by the therapy).

There were only occasional significant changes in length in the vertical relationships. We observed a significant shortening (of $1.49 \text{ mm} \pm 2.11 \text{ mm}$ ($p = 0.0041$)) in the linear distance between sella and articulare and of $2.85 \text{ mm} \pm 2.35 \text{ mm}$ ($p < 0.0001$) between sella and gonion in the surgical group. In contrast, the distance between S and Go increased following the other two treatment approaches (being significantly longer in the functional orthopedic appliance group ($1.40 \text{ mm} \pm 2.04 \text{ mm}$, $p = 0.0050$)). Only the surgical group's values differed significantly.

Mandibles showed an increase in length in the sagittal-diagonal dimension observed in the surgical and functional-

gruppe einerseits und den beiden anderen Behandlungsgruppen andererseits bestand bei der Stellung der unteren Inzisiven zur Mandibularebene (UK1/ME). Da es unter der Behandlung zu einer Verstärkung dieser Effekte kam, kann dieser Unterschied unberücksichtigt bleiben.

Bei den 60 im Rahmen dieser Studie untersuchten Patienten fanden sich deutliche Unterschiede bei der Dauer der Behandlung. Die ermittelten Korrelationskoeffizienten nach Pearson illustrieren jedoch eine Unabhängigkeit zwischen der Behandlungsdauer und der therapeutisch induzierten Nettowirkung.

Wirkungen auf die Maxilla

Innerhalb der einzelnen Gruppen war nur bei den Patienten der Extraktionsgruppe eine signifikante Abnahme des SNA-Winkels um $1,58^\circ \pm 2,78^\circ$ ($p = 0,0199$) festzustellen. Zwischen den drei Behandlungsgruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei den horizontalen (N-ANS auf FH, Ba-PNS) und vertikalen (N-ANS, N-A, N-PNS) Längenveränderungen des Oberkiefers sowie in der Lage der anterioren Oberkieferbasis zur vorderen Schädelbasis (SNA, SN-ANS) und der vertikalen Relation zwischen vorderer Schädelbasis und Palatinalebene (SN/PE).

Wirkungen auf die Mandibula

Eine Vorverlagerung des knöchernen Kinns (Zunahme der Strecke N-Pog auf FH) war bei der Chirurgie- und der FKO-Gruppe zu verzeichnen, jedoch war das Ausmaß der therapeutischen Veränderung nur in der Gruppe der dysgnathiechirurgisch behandelten Patienten signifikant ($4,66 \text{ mm} \pm 4,56 \text{ mm}$, $p = 0,0001$). In der Extraktionsgruppe nahm der Wert dagegen signifikant um $3,51 \text{ mm} \pm 5,26 \text{ mm}$ ($p = 0,0077$) ab. Der Betrag der Chirurgiegruppe unterschied sich vom Ausmaß her signifikant von der FKO-Gruppe und der Extraktionsgruppe (Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe: $p = 0,0043$, Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe: $p < 0,0001$).

Die posttherapeutische Position des Kondylus in sagittaler Richtung, eruiert durch die Messstrecke $\text{Co}^{(\text{dorsal})}$ -PTV, entsprach in allen Gruppen der Ausgangssituation, also auch bei den Patienten der FKO-Gruppe, bei denen zwischenzeitlich der Kondylus therapeutisch aus der zentralen Fossarelation nach kaudal und ventral ausgelenkt wurde.

Bei Betrachtung der vertikalen Relation ließen sich nur vereinzelt signifikante Längenveränderungen feststellen: Bei der Chirurgiegruppe kam es zu einer signifikanten Längenabnahme von $1,49 \text{ mm} \pm 2,11 \text{ mm}$ ($p = 0,0041$) bei der Strecke zwischen Sella und Artikulare sowie von $2,85 \text{ mm} \pm 2,35 \text{ mm}$ ($p < 0,0001$) zwischen Sella und Gonion. Bei den beiden anderen Behandlungsformen konnte hingegen unter der Therapie eine Zunahme der Strecke S-Go (mit den festsitzenden funktionskieferorthopädischen Geräten signifikant um $1,40 \text{ mm} \pm 2,04 \text{ mm}$, $p = 0,0050$) festgestellt werden, so dass sich der Wert der Chirurgiegruppe signifikant unterschied.

orthopedic groups, while the extent of change was significant only in the surgical group (the length increased by a mean $3.48 \text{ mm} \pm 4.45 \text{ mm}$, $p = 0.0019$ for $\text{Co}^{\text{(superior)}}\text{-Pog}$ and $3.53 \text{ mm} \pm 2.88 \text{ mm}$, $p < 0,0001$ for $\text{Co}^{\text{(dorsal)}}\text{-Pog}$), with the mandibular-angle values increasing in both groups. Yet only the surgical group's increase in the Ar-Go-Me angle (by a mean $3.55^\circ \pm 5.95^\circ$), and the $\text{Co}^{\text{(dorsal)}}\text{-Go-Pog}$ angle (by $4.02^\circ \pm 5.05^\circ$) proved statistically significant. On the other hand, mandibular diagonal distances shortened and mandibular-angle values decreased during treatment in the extraction group – changes that were not statistically significant, however. Thus the surgical group's treatment-induced effects were for the most part significantly different from those in the two other treatment groups.

Anterior repositioning of the mandible in the surgical and functional-orthopedic groups was evident in a significant increase in SNB and SN-Pog angles (SNB: $4.46^\circ \pm 2.23^\circ$, $p < 0.0001$; SN-Pog: $3.07^\circ \pm 2.66^\circ$, $p < 0.0001$ in the surgical group; and SNB: $1.44^\circ \pm 1.81^\circ$, $p = 0.0016$; SN-Pog: $1.03^\circ \pm 1.60^\circ$, $p = 0.0082$ in the functional-orthopedic group). In contrast, extraction therapy led to smaller, statistically insignificant angle values, due to posterior repositioning of the bony chin. Statistical comparison of the effects of each treatment approach showed significant differences between the surgical group and two other treatment groups (SNB: surgical vs. functional-orthopedic group, $p = 0.0002$; surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$; SN-Pog: surgical vs. functional-orthopedic group, $p = 0.0243$, surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$).

We detected significant changes in the vertical relationships of the anterior cranial base to the mandibular plane (SN/MP: increase by $2.50^\circ \pm 3.28^\circ$, $p = 0.0023$) and in the palatal to the mandibular planes (PP/MP: increase by $2.64^\circ \pm 4.31^\circ$, $p = 0.0109$) in the surgical group. This angle became (insignificantly) smaller in the functional-orthopedic group. Nevertheless, the treatment effects differed significantly between those two groups.

Dental Effects

We noted significant shortening in the line joining the upper incisors and pterygoid vertical in the functional-orthopedic and extraction groups ($\text{UP1}^{\text{(incisal)}}\text{-PTV}$: functional orthopedic group, $2.35 \text{ mm} \pm 2.80 \text{ mm}$, $p = 0.0010$; extraction group, $4.96 \text{ mm} \pm 4.65 \text{ mm}$, $p = 0.0001$).

The linear distance between the lower incisors and pterygoid vertical ($\text{LO1}^{\text{(incisal)}}\text{-PTV}$) grew by $4.09 \text{ mm} \pm 2.99 \text{ mm}$ ($p < 0.0001$) in the surgical group and by $2.46 \text{ mm} \pm 2.66 \text{ mm}$ ($p = 0.0004$) in the functional-orthopedic group. It became shorter by $4.07 \text{ mm} \pm 4.29 \text{ mm}$ ($p = 0.0004$) in the extraction group ($p < 0.0001$ for surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$ for functional-orthopedic vs. extraction group).

The maxillary 6-year molars in the functional-orthopedic group distalized by a mean $1.88 \text{ mm} \pm 1.92 \text{ mm}$ in relation to the pterygoid vertical ($\text{UP6}^{\text{(dorsal)}}\text{-PTV}$: $p = 0.0002$; functional orthopedic vs. extraction group, $p = 0.0434$).

Eine mandibuläre Längenzunahme in sagittal-diagonaler Richtung resultierte bei den Patienten der Chirurgie- und der FKO-Gruppe, wobei vom Ausmaß her nur die Veränderungen in der Chirurgiegruppe signifikant waren (Längenzunahme von durchschnittlich $3,48 \text{ mm} \pm 4,45 \text{ mm}$ mit $p = 0,0019$ im Messbereich zwischen $\text{Co}^{\text{(superior)}}\text{-Pog}$ und $3,53 \text{ mm} \pm 2,88 \text{ mm}$ mit $p < 0,0001$ bei $\text{Co}^{\text{(dorsal)}}\text{-Pog}$). Entsprechend hierzu zeigten die Messwerte des Kieferwinkelbereichs bei beiden Gruppen eine Aufbiegung. Doch lediglich die Zunahme der Winkel Ar-Go-Me um durchschnittlich $3,55^\circ \pm 5,95^\circ$ sowie um $4,02^\circ \pm 5,05^\circ$ im Bereich $\text{Co}^{\text{(dorsal)}}\text{-Go-Pog}$ bei den Patienten der Chirurgiegruppe konnte als statistisch signifikant gewertet werden. Bei der Extraktionsgruppe kam es unter der Therapie hingegen zu einer Längenabnahme der diagonalen mandibulären Strecken und zu einer Reduzierung der Messwerte im Bereich des Kieferwinkels, die jedoch alle vom Ausmaß her statistisch nicht signifikant waren. Entsprechend unterscheiden sich weitestgehend die therapeutischen Effekte der Chirurgiegruppe signifikant von den beiden anderen Therapieformen.

Bei den Patienten der Chirurgiegruppe und der FKO-Gruppe ließ sich eine Ventralentwicklung des Unterkiefers durch eine signifikante Zunahme der Winkelwerte SNB und SN-Pog (bei der Chirurgiegruppe SNB: $4,46^\circ \pm 2,23^\circ$, $p < 0,0001$; SN-Pog: $3,07^\circ \pm 2,66^\circ$, $p < 0,0001$ und bei der FKO-Gruppe SNB: $1,44^\circ \pm 1,81^\circ$, $p = 0,0016$; SN-Pog: $1,03^\circ \pm 1,60^\circ$, $p = 0,0082$) nachweisen. Durch eine Extraktionstherapie kam es dagegen zu einer Abnahme der Winkelwerte und damit zu einer Dorsalverlagerung des knöchernen Kinns. Diese wurden jedoch als statistisch nicht signifikant gewertet. Beim statistischen Vergleich der effektiven, durch die einzelnen Therapieformen induzierten Effekte zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der Chirurgiegruppe im Vergleich zu den anderen Therapieformen (SNB: Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe: $p = 0,0002$, Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe: $p < 0,0001$; SN-Pog: Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe: $p = 0,0243$, Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe: $p < 0,0001$).

Signifikante Veränderungen der vertikalen Relation zwischen der vorderen Schädelbasis und der Mandibularebene (SN/ME: Zunahme um $2,50^\circ \pm 3,28^\circ$, $p = 0,0023$) sowie der Palatinalebene und der Mandibularebene (PE/ME: Zunahme um $2,64^\circ \pm 4,31^\circ$, $p = 0,0109$) konnten bei der Chirurgiegruppe verzeichnet werden. Bei der FKO-Gruppe zeigten beide Messungen eine Abnahme der Winkelwerte, die jedoch nicht signifikant waren. Trotzdem waren demzufolge die therapeutischen Effekte zwischen diesen beiden Gruppen signifikant unterschiedlich.

Dentale Effekte

Signifikante Abstandsreduzierungen zwischen den Schneidezähnen des Oberkiefers und der Pterygoidvertikalen waren in der FKO-Gruppe und der Extraktionsgruppe zu verzeichnen ($\text{OK1}^{\text{(inzisal)}}\text{-PTV}$; FKO-Gruppe: $2,35 \text{ mm} \pm 2,80 \text{ mm}$, $p = 0,0010$; Extraktionsgruppe: $4,96 \text{ mm} \pm 4,65 \text{ mm}$, $p = 0,0001$).

A longer linear distance between the lower 6-year molars and pterygoid vertical (LO6^(dorsal)-PTV) was found in all three treatment groups; it was significant only in the surgical group (surgical group, 3.48 mm ± 3.20 mm, $p < 0.0001$; surgical vs. functional orthopedic group, $p = 0.0161$; surgical vs. extraction group: $p = 0.0120$).

The surgical group demonstrated significant protrusion of the maxillary incisors in relation to the cranial base ($6.70^\circ \pm 11.22^\circ$, $p = 0.0128$) and to the palatal plane ($6.63^\circ \pm 10.37^\circ$, $p = 0.0083$). The upper incisors retruded significantly in relation to the cranial base and palatal plane in the functional-orthopedic group, (UP1/SN: $3.89^\circ \pm 7.62^\circ$, $p = 0.0298$; UP1/PP: $4.52^\circ \pm 7.59^\circ$, $p = 0.0130$), and the lower incisors proclined significantly (LO1/MP: $7.27^\circ \pm 5.62^\circ$, $p < 0.0001$). In contrast to those findings, both the upper and lower incisors were significantly retruded in the extraction group (UP1/SN: $6.36^\circ \pm 6.95^\circ$, $p = 0.0006$; UP1/PP: $5.44^\circ \pm 6.93^\circ$, $p = 0.0023$; LO1/MP: $4.16^\circ \pm 6.49^\circ$, $p < 0.0099$).

Combined orthodontic and surgical treatment affected the upper incisors' position in relation to the cranial base and palatal plane – this was a significant difference from the two other treatment approaches: surgical vs. functional-orthopedic group: UP1/SN $p = 0.0008$, UP1/PP $p = 0.0002$; surgical vs. extraction group: UP1/SN $p < 0.0001$, UP1/PP $p < 0.0001$. Only the combined orthodontic and surgical treatment resulted in protrusion of the maxillary incisors in relation to the cranial base and the palatal plane. Clear differences were also apparent in the mandibular advancing effect of the functional-orthopedic appliances on the lower incisors' angle in relation to the mandibular plane (LO1/MP) (surgical vs. functional orthopedic group, $p = 0.0093$; functional orthopedic vs. extraction group $p < 0.0001$).

The maxillary 6-year molars in the surgical and extraction groups became repositioned in relation to the cranial base, tipping mesially by a mean $4.12^\circ \pm 4.98^\circ$ ($p = 0.0011$) and $6.90^\circ \pm 5.21^\circ$ ($p < 0.0001$), respectively. These mesial-tipping effects differ significantly from what we observed in the functional-orthopedic group (surgical vs. functional orthopedic group, $p = 0.0090$; extraction vs. functional orthopedic group, $p < 0.0001$).

Functional orthopedic treatment induced uprighting of the mandibular first molars by a mean $2.19^\circ \pm 5.28^\circ$ ($p = 0.0718$); extraction treatment led to significant mesial tipping by a mean $2.25^\circ \pm 4.42^\circ$ ($p = 0.0345$).

The overjet was reduced in all three treatment groups via therapy, but this change was not significant in the extraction group (overjet reduced in the surgical group by 4.11 mm ± 3.12 mm, $p < 0.0001$; in the functional orthopedic group by 4.90 mm ± 2.11 mm, $p < 0.0001$; in the extraction group by 0.97 mm ± 2.53 mm, $p = 0.1030$; surgical vs. extraction group, $p = 0.0009$; functional orthopedic vs. extraction group, $p < 0.0001$).

Effects on the vertical overbite relationship varied. While overbite decreased in both the surgical (by 2.82 mm ± 3.09

Der Abstand der Schneidezähne des Unterkiefers zur Pterygoidvertikalen nahm im Bereich der Inzisalkanten (UK1^(inzisal)-PTV) bei der Chirurgiegruppe um 4,09 mm ± 2,99 mm ($p < 0,0001$) und der FKO-Gruppe um 2,46 mm ± 2,66 mm ($p = 0,0004$) zu und in der Extraktionsgruppe um 4,07 mm ± 4,29 mm ($p = 0,0004$) ab (Signifikanzen Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe $p < 0,0001$; FKO-Gruppe/Extraktionsgruppe: $p < 0,0001$).

In Relation zur Pterygoidvertikalen wurden die Sechsjahrmolaren des Oberkiefers der FKO-Gruppe um durchschnittlich 1,88 mm ± 1,92 mm distalisiert (OK6^(dorsal)-PTV: $p = 0,0002$; FKO-Gruppe/Extraktionsgruppe: $p = 0,0434$).

Bei allen Therapien konnte eine Abstandsvergrößerung der unteren Sechsjahrmolaren zur Pterygoidvertikalen festgestellt werden (UK6^(dorsal)-PTV), die vom Ausmaß her jedoch lediglich bei der Chirurgiegruppe signifikant war (Chirurgiegruppe: 3,48 mm ± 3,20 mm, $p < 0,0001$; Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe: $p = 0,0161$; Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe: $p = 0,0120$).

Eine signifikante Protrusion der oberen Schneidezähne in Relation zur Schädelbasis ($6,70^\circ \pm 11,22^\circ$, $p = 0,0128$) und zur Palatinalene ($6,63^\circ \pm 10,37^\circ$, $p = 0,0083$) konnte bei den Patienten der Chirurgiegruppe beobachtet werden. In der FKO-Gruppe wurden die oberen Inzisivi in Relation zur Schädelbasis und zur Gaumenebene signifikant retrahiert (OK1/SN: $3,89^\circ \pm 7,62^\circ$, $p = 0,0298$; OK1/PE: $4,52^\circ \pm 7,59^\circ$, $p = 0,0130$) und die unteren Schneidezähne vom Ausmaß her signifikant nach labial gekippt (UK1/ME: $7,27^\circ \pm 5,62^\circ$, $p < 0,0001$). In der Extraktionsgruppe hingegen wurden beide Schneidezahnpartien signifikant retrahiert (OK1/SN: $6,36^\circ \pm 6,95^\circ$, $p = 0,0006$; OK1/PE: $5,44^\circ \pm 6,93^\circ$, $p = 0,0023$; UK1/ME: $4,16^\circ \pm 6,49^\circ$, $p < 0,0099$).

Eine signifikant unterschiedliche Wirkung der kombiniert orthodontisch-chirurgischen Therapie auf die Stellung der oberen Inzisiven zur Schädelbasis und zur Palatinalene im Vergleich zu den anderen Therapieformen zeigte sich an den jeweiligen p-Werten: Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe: OK1/SN $p = 0,0008$, OK1/PE $p = 0,0002$; Chirurgiegruppe/ Extraktionsgruppe: OK1/SN $p < 0,0001$, OK1/PE $p < 0,0001$). Nur bei der kombiniert orthodontisch-chirurgischen Therapie kam es zu einer Protrusion der oberen Inzisiven in Relation zur Schädelbasis und zur Palatinalene. Wesentliche Unterschiede ließen sich bei der protrusiven Wirkung der FKO-Apparaturen auf die Neigung der unteren Schneidezähne zur Mandibularebene (UK1/ME) feststellen (Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe $p = 0,0093$; FKO-Gruppe/Extraktionsgruppe $p < 0,0001$).

Die Oberkiefer-Sechsjahrmolaren der Chirurgie- sowie die der Extraktionspatienten veränderten ihre Position zur Schädelbasis im Sinne einer Mesialklippung um durchschnittlich $4,12^\circ \pm 4,98^\circ$ ($p = 0,0011$) bzw. um $6,90^\circ \pm 5,21^\circ$ ($p < 0,0001$). Die Effekte dieser Mesialklippung unterschieden sich signifikant zur FKO-Gruppe (Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe $p = 0,0090$, Extraktionsgruppe/FKO-Gruppe $p < 0,0001$).

mm [$p = 0.0005$]) and functional-orthopedic groups (by $0.76 \text{ mm} \pm 1.76 \text{ mm}$), it increased in the extraction group by a mean $0.56 \text{ mm} \pm 1.94 \text{ mm}$ (surgical vs. functional orthopedic group, $p = 0.0183$; surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$).

Effects on the Profile

Significant changes in vertical relationships in the nose and lip area occurred following combined orthodontic and surgical treatment. The Ls–FH distance shortened by $3.14 \text{ mm} \pm 3.52 \text{ mm}$ ($p = 0.0006$) while Li–FH shortened by $3.14 \text{ mm} \pm 3.66 \text{ mm}$ ($p = 0.0008$); Ls–ML lengthened by $2.73 \text{ mm} \pm 3.16 \text{ mm}$ ($p = 0.0008$), Li–ML lengthened by $3.24 \text{ mm} \pm 2.57 \text{ mm}$ ($p < 0.0001$), and Sn–ML (height of the lower face in the soft tissue profile) became $2.50 \text{ mm} \pm 3.58 \text{ mm}$ longer ($p = 0.0023$).

Vertical relationships in this area did not change in patients in the other groups, with the exception of a significant $0.94 \text{ mm} \pm 1.75 \text{ mm}$ increase ($p = 0.0229$) in the Ls–FH distance in the functional-orthopedic group; the Sn–ML became $3.70 \text{ mm} \pm 5.35 \text{ mm}$ ($p = 0.0060$) longer in the extraction group.

The length of the lower face, as determined by the linear distance Me'–FH, increased under functional-orthopedic treatment by $2.21 \text{ mm} \pm 3.18 \text{ mm}$ ($p = 0.0047$).

The upper lip retruded significantly in the surgical group: the distance between labrale superius and the Esthetic line increased by $3.84 \text{ mm} \pm 1.76 \text{ mm}$ ($p < 0.0001$). We noted a similar significant effect in the distance between labrale inferius and the Esthetic line in the surgical and extraction groups (by $1.54 \text{ mm} \pm 1.99 \text{ mm}$ [$p = 0.0020$] and $0.75 \text{ mm} \pm 2.87 \text{ mm}$ [$p = 0.0179$], respectively).

Upper and lower lip retrusion was also revealed by the reduction in the length of the projection of the Ls and Sn landmarks onto the Frankfort horizontal (by $0.92 \text{ mm} \pm 1.71 \text{ mm}$ [$p = 0.0266$]) and the increase in the Li–Sn distance on FH (by $1.41 \text{ mm} \pm 2.64 \text{ mm}$ [$p = 0.0276$]) under extraction therapy. On the other hand, we observed significant shortening between Li–Sn on FH by a mean $3.03 \text{ mm} \pm 2.83 \text{ mm}$ ($p < 0.0001$) and $1.54 \text{ mm} \pm 2.00 \text{ mm}$ ($p = 0.0022$), respectively in the surgical and functional-orthopedic groups, who showed a protruding lower lip (intergroup significance: surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$; functional-orthopedic vs. extraction group, $p = 0.0012$).

The lower lip's thickness as measured along the line B–B' on MP decreased by $1.18 \text{ mm} \pm 1.37 \text{ mm}$ ($p = 0.0007$) in the surgical group and by $1.04 \text{ mm} \pm 1.52 \text{ mm}$ ($p = 0.0064$) in the extraction group. In the functional-orthopedic group, however, the distance in this area increased by $0.81 \text{ mm} \pm 1.37 \text{ mm}$ ($p = 0.0136$) (intergroup significance: surgical vs. functional-orthopedic group, $p < 0.0001$; functional-orthopedic vs. extraction group, $p = 0.0003$).

The thicknesses of the upper lip (A–A' on PP) and soft tissue chin (Pog–Pog' on MP) did not change significantly due to any of the treatments.

Eine tendenzielle Aufrichtung der ersten unteren Molaren um durchschnittlich $2,19^\circ \pm 5,28^\circ$ ($p = 0,0718$) wurde durch die FKO-Therapie induziert, eine signifikante Mesialneigung um durchschnittlich $2,25^\circ \pm 4,42^\circ$ ($p = 0,0345$) durch die Extraktionstherapie.

In allen drei Gruppen kam es infolge der jeweiligen Therapie zu einer Reduktion der sagittalen Frontzahnstufe, wobei die Veränderung vom Ausmaß her in der Extraktionsgruppe nicht signifikant war (Abnahme des Overjets in der Chirurgiegruppe um $4,11 \text{ mm} \pm 3,12 \text{ mm}$, $p < 0,0001$, in der FKO-Gruppe um $4,90 \text{ mm} \pm 2,11 \text{ mm}$, $p < 0,0001$, in der Extraktionsgruppe um $0,97 \text{ mm} \pm 2,53 \text{ mm}$, $p = 0,1030$, Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe $p = 0,0009$, FKO-Gruppe/Extraktionsgruppe $p < 0,0001$).

Unterschiedlich waren die Effekte bei der vertikalen Frontzahnrelation. Während sich der Overbite sowohl bei der Chirurgiegruppe um $2,82 \text{ mm} \pm 3,09 \text{ mm}$ ($p = 0,0005$) und der FKO-Gruppe um $0,76 \text{ mm} \pm 1,76 \text{ mm}$ reduzierte, nahm er bei den Patienten der Extraktionsgruppe um durchschnittlich $0,56 \text{ mm} \pm 1,94 \text{ mm}$ zu (Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe $p = 0,0183$, Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe $p < 0,0001$).

Auswirkungen auf das Profil

Signifikante Veränderungen der vertikalen Nasen- und Lippenregion traten unter der kombiniert chirurgisch-orthodontischen Behandlung im Sinne einer Reduktion der Strecke Ls–FH um $3,14 \text{ mm} \pm 3,52 \text{ mm}$ ($p = 0,0006$) und der Strecke Li–FH um $3,14 \text{ mm} \pm 3,66 \text{ mm}$ ($p = 0,0008$) sowie einer Zunahme der Strecke Ls–ML um $2,73 \text{ mm} \pm 3,16 \text{ mm}$ ($p = 0,0008$), der Strecke Li–ML um $3,24 \text{ mm} \pm 2,57 \text{ mm}$ ($p < 0,0001$) und der Strecke Sn–ML (Untergesichtshöhe des Weichteilprofils) um $2,50 \text{ mm} \pm 3,58 \text{ mm}$ ($p = 0,0023$) auf.

Bei den Patienten der anderen Gruppen blieb die vertikale Relation in diesen Bereichen, mit Ausnahme von signifikanten Längenzunahmen um $0,94 \text{ mm} \pm 1,75 \text{ mm}$ ($p = 0,0229$) der Strecke Ls–FH bei der FKO-Gruppe sowie um $3,70 \text{ mm} \pm 5,35 \text{ mm}$ ($p = 0,0060$) der Strecke Sn–ML bei der Extraktionsgruppe, erhalten.

Die Länge des Untergesichtes, bestimmt durch die Strecke Me'–FH, vergrößerte sich unter der FKO-Behandlung um $2,21 \text{ mm} \pm 3,18 \text{ mm}$ ($p = 0,0047$).

Eine signifikante Retrusion der Oberlippe trat in der Chirurgiegruppe auf: Die Distanz zwischen Labrale superius und der Ästhetik-Linie vergrößerte sich um $3,84 \text{ mm} \pm 1,76 \text{ mm}$ ($p < 0,0001$). Ein analoger Effekt zeigte sich in der Chirurgie- und der Extraktionsgruppe bei der Distanz zwischen Labrale inferius und der Ästhetik-Linie. Hier kam es zu einer signifikanten Zunahme um $1,54 \text{ mm} \pm 1,99 \text{ mm}$ ($p = 0,0020$) bzw. $0,75 \text{ mm} \pm 2,87 \text{ mm}$ ($p = 0,0179$).

Eine unter der Extraktionstherapie auftretende Längenabnahme der auf die Frankfurter Horizontale projizierten Punkte Ls und Sn um $0,92 \text{ mm} \pm 1,71 \text{ mm}$ ($p = 0,0266$) sowie eine Längenzunahme der Strecke Li–Sn auf FH um

Significant anterior repositioning of the soft tissue chin in relation to the subnasale (Pog'-Sn on FH) only occurred in the surgical group ($5.81 \text{ mm} \pm 4.33 \text{ mm}$, $p < 0.0001$; intergroup significance: surgical vs. functional-orthopedic group, $p < 0.0001$; surgical vs. extraction group, $p < 0.0001$).

We noted a significant decrease in the convexity of the bony profile (N-A-Pog) in conjunction with all three treatments amounting to $3.80^\circ \pm 3.51^\circ$ ($p = 0.0032$) in the extraction, $4.26^\circ \pm 3.70^\circ$ ($p < 0.0001$) in the functional-orthopedic, and $4.53^\circ \pm 4.84^\circ$ ($p = 0.0018$) in the surgical group.

Regarding the soft tissue profile with (N'-Pn-Pog') and without (N'-Sn-Pog') including the nose, we noted substantially higher values in the surgical group: $4.54^\circ \pm 6.18^\circ$, $p = 0.0031$ and $8.17^\circ \pm 7.60^\circ$, $p < 0.0001$, respectively, than in the other two groups. Accordingly, that group's treatment-induced effects differed significantly from those of the other groups (surgical vs. functional-orthopedic group, $p = 0.0348$ and $p = 0.0010$ respectively; surgical vs. extraction group, $p = 0.0353$ and $p = 0.0008$, respectively).

The nasolabial angle in the extraction group (Cm-Sn-Ls) increased significantly by a mean $2.87^\circ \pm 6.60^\circ$ ($p = 0.0431$).

Discussion

Treatment-related Effects on the Maxilla and the Mandible

In line with the unimaxillary approach of combined orthodontic and surgical treatment, there were no statistically-significant changes in vertical and horizontal lengths in the maxilla area in the surgical group. We did not observe that functional-orthopedic appliances exerted a growth-inhibiting effect on the maxilla, as has been postulated in some clinical studies [24, 29, 35]. These outcomes concur with research by Ruf & Pancherz [51] and Kinzinger & Diedrich [27]. The age of the patients in this study may be a contributing causal factor. The statistically-significant reduction in the SNA angle values in the extraction group is due to remodeling of the A-point as a result of anterior tooth retrusion, here was an obviously more substantial change in the angular value in comparison with the other two treatments. This implies additional dorsal movement of the anterior base of the maxilla in relation to the anterior cranial base. The decrease in the SN-ANS angle corroborates these findings.

When potential treatment-induced effects on the mandible are examined in the form of anterior repositioning of the bony chin and greater sagittal-diagonal length, significant values are only apparent in the surgical group. Such changes were not significant in the functional-orthopedic group. The linear measurements taken in this study in the functional-orthopedic group did not fully confirm skeletal effects in terms of mandibular advancement due to the stimulation of posterior condylar growth (described by Pancherz [37, 38] and Pancherz & Littmann [40] in studies with the

$1.41 \text{ mm} \pm 2.64 \text{ mm}$ ($p = 0,0276$) illustriert ebenfalls eine Retrusion von Ober- und Unterlippe. Bei den Patienten der Chirurgie- und der FKO-Gruppe kam es hingegen zu einer signifikanten Längenabnahme der Strecke Li-Sn auf FH um durchschnittlich $3,03 \text{ mm} \pm 2,83 \text{ mm}$ ($p < 0,0001$) bzw. um $1,54 \text{ mm} \pm 2,00 \text{ mm}$ ($p = 0,0022$) und somit zu einer Protrusion der Unterlippe (Signifikanzen zwischen den Gruppen: Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe $p < 0,0001$, FKO-Gruppe/Extraktionsgruppe $p = 0,0012$).

Die Dicke der Unterlippe, gemessen durch die Strecke B-B' auf ME, reduzierte sich bei den Patienten der Chirurgiegruppe um $1,18 \text{ mm} \pm 1,37 \text{ mm}$ ($p = 0,0007$) und denen der Extraktionsgruppe um $1,04 \text{ mm} \pm 1,52 \text{ mm}$ ($p = 0,0064$). In der FKO-Gruppen kam es in diesem Bereich hingegen zu einer Zunahme um $0,81 \text{ mm} \pm 1,37 \text{ mm}$ ($p = 0,0136$) (Signifikanzen zwischen den Gruppen: Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe $p < 0,0001$, FKO-Gruppe/Extraktionsgruppe $p = 0,0003$).

Die Oberlippendicke (A-A' auf PE) sowie die Dicke des Weichteilkinns (Pog'-Pog' auf ME) veränderte sich unter den verschiedenen Therapieformen nicht signifikant.

Eine signifikante Ventralverlagerung des Weichteilkinns in Relation zu Subnasale (Pog'-Sn auf FH) zeigte sich nur bei den Patienten der Chirurgiegruppe ($5,81 \text{ mm} \pm 4,33 \text{ mm}$, $p < 0,0001$; Signifikanzen zwischen den Gruppen: Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe $p < 0,0001$, Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe $p < 0,0001$).

In allen drei Therapiegruppen konnte eine signifikante Abnahme der Konvexität des knöchernen Profils (N-A-Pog) beobachtet werden. Diese Konvexitätsreduktion betrug bei der Extraktionsgruppe $3,80^\circ \pm 3,51^\circ$ ($p = 0,0032$), bei der FKO-Gruppe $4,26^\circ \pm 3,70^\circ$ ($p < 0,0001$) und der Chirurgiegruppe $4,53^\circ \pm 4,84^\circ$ ($p = 0,0018$).

Bei Betrachtung des Weichteilprofils mit (N'-Pn-Pog') sowie ohne Nase (N'-Sn-Pog') fällt die Chirurgiegruppe mit den deutlich größten Werten ($4,54^\circ \pm 6,18^\circ$, $p = 0,0031$, bzw. $8,17^\circ \pm 7,60^\circ$, $p < 0,0001$) im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen auf. Demzufolge unterscheiden sich die therapeutischen Effekte signifikant von den beiden anderen Patientengruppen (Chirurgiegruppe/FKO-Gruppe $p = 0,0348$ bzw. $p = 0,0010$; Chirurgiegruppe/Extraktionsgruppe $p = 0,0353$ bzw. $p = 0,0008$).

Der Nasolabialwinkel (Cm-Sn-Ls) vergrößerte sich bei den Patienten der Extraktionsgruppe signifikant um durchschnittlich $2,87^\circ \pm 6,60^\circ$ ($p = 0,0431$).

Diskussion

Therapeutische Auswirkungen auf die Maxilla und die Mandibula

Dem unimaxillären Vorgehen bei der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie entsprechend waren bei der Chirurgiegruppe im maxillären Bereich keine statistisch signifikanten Veränderungen der Strecken in horizontaler und vertikaler Richtung feststellbar. Ein in einigen klinischen Studien [24, 29, 35] postulierter wachstumshem-

Herbst appliance). Here again, our patients' ages may be a contributing factor in addition to the analytic method used: in their study with the FMA appliance, Kinzinger & Diedrich [27] concluded that the skeletal proportion of mandibular growth stimulation decreased as their patients aged, and that correction of distoclusion in adults occurred mainly as dentoalveolar compensation of the skeletal malocclusion. In our extraction group we observed statistically-significant posterior mandibular movement, corroborating the thesis that premolar extraction exerts a posterior-repositioning effect on the mandible [31].

However, linear changes in the mandible must not be assessed in isolation, but always in relation to changes affecting the mandibular angle [27]. For instance, an increase in the mandibular angle leads to higher diagonal-length values. There are several causes of changes affecting the mandibular angle discussed in the literature, such as the appliance's mechanics, or stronger pull of the suprahyoid musculature. These changes tend to relapse after treatment. Stable outcomes in the form of skeletal changes are due to a change in the condyle's growth direction or to resorption processes in the area of the mandible's posterior margin [33, 39]. Outcomes observed in our surgical group exhibited significant increases in both diagonal distances and gonial angles, which demonstrate an opening of the mandibular angle. The latter may be the cause of higher measurements along diagonal lines, for instance between the condyle's posterior margin and the most anterior point of the bony chin. Nevertheless, since the opening of the mandibular angle also leads to a clockwise rotation (posterior bony-chin repositioning), the aforementioned increase in horizontal length, which would reveal mandibular advancement, must be given particular attention. We observed no statistically-significant opening of the mandibular angle in the functional-orthopedic group in this study, as reported by Kinzinger & Diedrich in 2005 as well [27].

The surgical group's increase in the SNB and SN-Pog angles was significantly larger than that in the functional-orthopedic group, a result similar to that of Ruf & Pancherz [50]: they found that surgical treatment led to considerably more pronounced effects than therapy using fixed functional orthopedic appliances. Extraction treatment resulted in reduced SNB and SN-Pog angles, which confirms the posterior mandibular repositioning described above.

The surgical group's significant changes in the vertical relationships of the anterior cranial base to the mandibular plane and the palatal plane to the mandibular plane concur with the results of Lohrmann et al. [30] and Ruf & Pancherz [50]. Such changes are caused by the surgical procedure as such, in conjunction with stimulating bone remodeling processes in the gonial area [9, 16, 28, 46, 58], or by resorptive processes in the condylar area [12, 55] observed particularly in patients with a deranged joint at baseline [54].

mender Effekt funktionskieferorthopädischer Geräte auf die Maxilla konnte bei der funktionskieferorthopädischen Gruppe dieser Studie nicht evaluiert werden. Diese Ergebnisse entsprechen den Untersuchungen von Ruf & Pancherz [51] sowie Kinzinger & Diedrich [27]. Kausal hierfür könnte in der vorliegenden Studie insbesondere das Alter der Patienten sein. Bei den Patienten der Extraktionsgruppe lässt sich die statistisch signifikante Abnahme des Winkelwertes SNA durch eine Remodellation des A-Punktes, resultierend aus der veränderten Frontzahnstellung im Sinne einer Retrusion, erklären. Im Vergleich zu den anderen zwei Therapieformen fällt eine deutlich größere Winkelwertveränderung auf, welche auf eine zusätzliche Dorsalbewegung der anterioren Oberkieferbasis zur vorderen Schädelbasis hindeutet. Dafür spricht ebenfalls die tendenzielle Verkleinerung des Winkels SN-ANS.

Bei Betrachtung möglicher therapeutisch induzierter Effekte auf die Mandibula im Sinne einer Ventralverlagerung des knöchernen Kinns und einer Längenzunahme in sagittal-diagonaler Richtung ließen sich nur innerhalb der Chirurgiegruppe signifikante Werte feststellen. In der FKO-Gruppe hingegen waren entsprechende Veränderungen vom Ausmaß her nicht signifikant. Die von Pancherz [37, 38] sowie Pancherz & Littmann [40] bei Studien mit der Herbst-Apparatur beschriebenen skelettalen Effekte im Sinne einer Vorverlagerung des Unterkiefers, resultierend aus einem stimulierten posterioren Kondylenwachstum, konnten bei den linearen Messungen der vorliegenden Studie in der FKO-Gruppe nicht in vollem Umfang bestätigt werden. Kausal für das Abweichen könnte neben der verwendeten Analysemerhode insbesondere das Alter der Patienten sein: Kinzinger & Diedrich [27] schlussfolgerten in einer Studie mit der FMA-Apparatur, dass der skelettale Anteil bei der Wachstumsförderung der Mandibula mit zunehmendem Alter der Patienten abnimmt und bei erwachsenen Patienten die Korrektur von Distalbilsslagen überwiegend als dentoalveoläre Kompensation der skelettalen Dysgnathie erfolgt. Bei den Patienten der Extraktionsgruppe kam es zu einer statistisch signifikanten Dorsalverlagerung des Unterkiefers, was die These, dass eine Prämolarenextraktion eine dorsal verlagernde Wirkung auf den Unterkiefer habe, untermauert [31].

Lineare Veränderungen des Unterkiefers dürfen jedoch nicht isoliert, sondern müssen immer im Zusammenhang mit Veränderungen im Kieferwinkelbereich betrachtet werden [27]. Aufbiegungen im Kieferwinkelbereich beispielsweise verursachen vergrößerte Werte bei diagonalen Längenmessungen. In der Literatur werden mehrere Ursachen für Veränderungen im Kieferwinkelbereich diskutiert. So können sie aus der Mechanik der verwendeten Apparatur oder dem verstärkten Zug der suprahyoidalen Muskulatur resultieren. Diese Veränderungen rezidivieren häufig nach der Behandlung wieder. Stabile Effekte im Sinne skelettaler Veränderungen ergeben sich aus einer veränderten Wachstumsrichtung des Kondylus oder aus Resorptionsprozessen am posterioren Un-

Treatment-related Dentoalveolar Changes

We observed significant upper-incisor protrusion in the surgical group as did Lohrmann et al. [30]; this is probably due to presurgical orthodontic alignment of the maxillary dental arch. In the sagittal dimension, the maxillary molars remained nearly stable revealing slight mesial uprighting. In contrast, Ruf & Pancherz [50] observed maxillary first molar mesial migration in surgical patients treated for dysgnathia, which they maintain is due to presurgical transverse broadening of the upper dental arch, leading to excess space that is compensated for by mesial movement of the maxillary first molars.

We observed dentoalveolar effects in both jaws caused by several months of FMA or Herbst appliance wear in the functional-orthopedic group. The maxillary dentition was distalized and, reciprocally, the mandibular dentition mesialized. McNamara et al. [32], Jones [25], and Sander & Wichelhaus [53] also described maxillary incisor retrusion and protrusion after removable functional-orthopedic appliance wear. These effects represent a large proportion of overjet correction in adults and adolescents treated with fixed functional-orthopedic appliances, since studies have shown that the skeletal effect becomes weaker in patients as they age, and that distoclusion correction occurs mainly as dentoalveolar compensation of the skeletal malocclusion [27, 50, 51]. The mesially-directed force the appliance exerts on the mandibular dentition causes the lower incisors to procline [37, 38, 41]. One should keep in mind that the extent of mandibular-incisor proclination at baseline will automatically increase due to such treatment; and because of potential periodontal problems, it may lead to limited indications for this therapy.

Retraction of the incisors during orthodontic camouflage treatment is associated with an increased risk of root resorption according to Proffit et al. [46]. This potential side effect must be kept in mind when deciding on the appropriate treatment course.

Treatment-related Effects on the Profile

Various studies have addressed the effects of dentofacial orthopedic treatments on the soft-tissue profile, and it is the soft-tissue response to incisal repositioning that is particularly controversial. Some have concluded that incisor retrusion correlates closely with lip retrusion [8, 18], while others state that even substantial tooth repositioning fails to correlate with concurrent soft-tissue changes [2, 7, 22, 48]. In this regard one must remember that it is the extent of skeletal effects in particular that apparently exerts a critical influence on profile changes. Our study's outcomes show that the most marked skeletal and soft-tissue changes during Class II treatment were achieved via surgical mandibular advancement. However, treatment-related changes must always be interpreted within their broader context (skeletal and dentoalveolar effects, effects on the profile).

terkieferrand [33, 39]. Die Ergebnisse der Chirurgiegruppe zeigten signifikante Veränderungen sowohl bei den diagonalen Streckenmessungen im Sinne einer Längenzunahme als auch bei den Gonionwinkeln, welche eine Aufbiegung im Kieferwinkelbereich illustrieren. Diese kann zu vergrößerten Werten bei den diagonalen Streckenmessungen, beispielsweise vom Kondylushinterrand zum am weitesten anterior gelegenen Punkt des knöchernen Kinns, führen. Da die Aufbiegung im Kieferwinkelbereich jedoch zu einer Clockwise-Rotation des Unterkiefers und somit an sich zu einer Dorsalverlagerung des knöchernen Kinns führt, muss die zuvor beschriebene horizontale Längenzunahme, welche eine Vorverlagerung der Mandibula darstellte, besonders bewertet werden. Innerhalb der FKO-Gruppe ließen sich analog zu den Ergebnissen von Kinzinger & Diedrich [27] aus dem Jahr 2005 im Rahmen dieser Studie keine statistisch signifikanten Aufbiegungen im Kieferwinkelbereich feststellen.

Bei der Chirurgiegruppe konnte eine signifikant größere Zunahme der Winkel SNB und SN-Pog beobachtet werden als bei der FKO-Gruppe. Analog zu den Ergebnissen von Ruf & Pancherz [50] konnten durch das chirurgische Vorgehen so deutlich größere Effekte erzielt werden als durch die Therapie mit festsitzenden funktionskieferorthopädischen Geräten. Durch die Extraktionstherapie kam es zu einer Reduktion der Winkel SNB und SN-Pog, welche die zuvor beschriebene Dorsalverlagerung des Unterkiefers bestätigt.

Die in der Chirurgiegruppe der vorliegenden Studie eruierten signifikanten Veränderungen der vertikalen Relation zwischen der vorderen Schädelbasis und der Mandibularebene sowie der Palatinalenebene und der Mandibularebene gehen konform mit den Ergebnissen von Lohrmann et al. [30] sowie Ruf & Pancherz [50]. Sie sind erklärbar durch die chirurgische Vorgehensweise als solche mit möglichen resultierenden knöchernen Remodellationsvorgängen im Gonionbereich [9, 16, 28, 46, 58] oder aufgrund von Resorptionsprozessen im Bereich des Kondylus [12, 55], die insbesondere bei Patienten mit vorgeschädigtem Gelenk beobachtet werden konnten [54].

Therapiebedingte dentoalveoläre Veränderungen

In der Chirurgiegruppe kam es zu einer signifikanten Protrusion der oberen Schneidezähne, die auch bereits von Lohrmann et al. [30] beschrieben wurde und auf einer präoperativen orthodontischen Ausformung des oberen Zahnbogens basieren dürfte. Die Oberkiefermolaren blieben in der Sagittalen nahezu positionsstabil und erfuhren lediglich eine moderate Aufrichtung nach mesial. Ruf & Pancherz [50] hingegen beobachteten eine Mesialwanderung der oberen ersten Molaren bei Dysgnathiechirurgiepatienten, die sie mit einer transversalen präoperativen Erweiterung des oberen Zahnbogens und einem hieraus resultierenden Platzüberschuss, der durch die Mesialbewegung der oberen ersten Molaren kompensiert wird, erklären.

In der FKO-Gruppe kam es in beiden Kiefern zu dentoalveolären Effekten, die auf das mehrmonatige Tragen der

An example of this is changes in the nasal area. For instance, we identified an increase in distance that had no direct relationship to the extent of incisor repositioning between the upper lip and E-line in all three treatment groups, and in the surgical and extraction groups between the lower lip and E-line as well. The most pronounced and significant upper and lower lip retrusion was noted in the surgical group, which seems to oppose the incisor protrusion. However, we must in this context keep the Esthetic line's position, which each therapy changes, in mind: when the chin is advanced, distances between the lips and E-line increase automatically [42, 50]. Nasal growth likewise results in a more retruded lip position in relation to the E-line [42]. This is one possible reason why we found increased distances between the E-line and upper and lower lips in the surgical group despite pre-existing incisor protrusion.

There is substantial variation in how attractive people judge a face to be [1, 4, 19, 26, 45]. Although there is no generally-accepted standard as to what constitutes an attractive soft-tissue profile, Hambleton [20] and Riedel [47] reported a preference for a relatively straight profile. Diedrich [15] suggests that dentofacial esthetics should play a considerable role along with functional, occlusal, periodontal, and biomechanical considerations when orthodontic treatment is being planned. Thus one aim of Class II correction is a reduction in profile convexity [42]. The three treatments used in this study achieved this in terms of the bony profile. Worthy of attention is the fact that extraction therapy and functional orthopedics allowed a reduction in bony profile convexity resembling that achieved by a combined orthodontic and surgical treatment. These results seem to be contradicted by the larger, anterior-repositioning effect on the mandible that is an outcome of surgical treatment, but they concur in part with the findings by De Clerk & Timmermann [14]. They found no differences in facial convexity reduction in patients treated with the headgear/activator combination compared to those who had undergone surgical mandibular advancement. The fact that reduced bony-profile convexity was observed in some patients in the extraction group also seems to contradict the effects of the extraction treatment already mentioned. Possible explanations include dental changes: marked retrusion of the upper incisors was only apparent in the extraction group. The upper incisors' changed inclination and its effect on the A-point may explain the increase in the N-A-Pog angle.

Surgery was the only treatment that exerted a convexity-reducing effect on the bony profile as well as a less convex soft-tissue profile. We confirmed the often-described, noteworthy straightening effect of surgical mandibular advancement on the profile [9, 50, 56].

We confirmed the thesis that soft-tissue remodeling does not follow changes in bony structure exactly by examining the effects that functional-orthopedic treatment exerted

FMA- und der Herbst-Apparaturen zurückzuführen sind: Die Oberkieferdentition wurde distalisiert, die Unterkieferdentition reziprok mesialisiert. Die Retraktion der Inzisivi des Oberkiefers und die Protrusion der Schneidezähne des Unterkiefers wurden von McNamara et al. [32], Jones [25] sowie Sander & Wichelhaus [53] auch für herausnehmbare funktionskieferorthopädische Geräte beschrieben. Sie haben bei der Behandlung mit festsitzenden funktionskieferorthopädischen Geräten bei Adoleszenten und Erwachsenen zwangsläufig einen großen Anteil an der Overjet-Korrektur, da Studien gezeigt haben, dass mit zunehmendem Alter der Patienten die skelettale Wirkung limitiert ist und die Korrektur der Distalbisslage überwiegend als dentoalveoläre Kompensation der Dysgnathie erfolgt [27, 50, 51]. Durch die auf die mandibuläre Dentition einwirkende, nach mesial gerichtete Kraft der Apparatur kommt es zu einer Protrusion der unteren Inzisiven [37, 38, 41]. Zu bedenken ist, dass eine bereits prätherapeutisch vorhandene Protrusion der Unterkieferfront sich vom Ausmaß her unter der Behandlung zwangsläufig vergrößert und aufgrund möglicher parodontaler Probleme eine Indikationseinschränkung darstellen kann.

Die Retraktion der Schneidezahnpartien bei der orthodontischen Camouflagebehandlung ist nach Proffit et al. [46] mit der Gefahr einer Ausbildung von Wurzelresorptionen verbunden. Diese mögliche Nebenwirkung muss bei der Auswahl der Behandlungsmethode beachtet werden.

Therapeutische Auswirkungen auf das Profil

Die Auswirkungen kieferorthopädischer Behandlungen auf das Weichgewebeprofil wurden in diversen Studien thematisiert, wobei insbesondere die Weichgewebeantwort auf dentale Positionsveränderungen im Schneidezahnbereich kontrovers diskutiert wird. Manche Studien kamen zu dem Ergebnis, dass eine hohe Korrelation zwischen Schneidezahn- und Lippenretrusion besteht [8, 18], andere wiederum schlussfolgern, dass intensive Zahnbewegungen nicht von proportional gleich großen Weichgewebeveränderungen begleitet sind [2, 7, 22, 48]. In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, dass insbesondere das Ausmaß skelettaler Effekte einen wesentlichen Einfluss auf Profilveränderungen zu haben scheint. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die größten skelettalen sowie Weichgewebeveränderungen bei der Klasse-II-Therapie durch die chirurgische Vorverlagerung des Unterkiefers erzielt werden konnten. Therapeutische Veränderungen müssen aber immer im Gesamtkontext (skelettale Effekte, dentoalveoläre Effekte, Auswirkungen auf das Profil) betrachtet werden. Ein Beispiel hierfür sind Veränderungen der Nasenregion. So kam es unter allen drei Therapieformen zu einer Abstandsvergrößerung der Oberlippe und in der Chirurgiegruppe und der Extraktionsgruppe der Unterlippe zur E-Linie, welche in keinem direkten Zusammenhang zu dem Ausmaß der Schneidezahnbewegung stand. Die vom Ausmaß ausgeprägtesten und signifikantesten Retrusionen der Ober- und Unterlippe fan-

on the soft-tissue profile. Although significant changes in the bony profile did occur, we only noted a tendency on the part of the soft-tissue profile to match such changes.

We confirmed the increased nasolabial angle and upper incisor retrusion described by Basciftici & Usumez [3] with results from our extraction group, who revealed a significant increase in the nasolabial angle (due to having the most pronounced upper-incisor retrusion). A flattening of the nasolabial curvature is an undesirable treatment effect, as it leads to a straight lip profile, emphasizing the nose. The esthetic nasolabial angle's importance lies in the upper lip's psychomorphologic value and the role it plays in a face's attractiveness and expression. As the lips' contours have an immediate effect on mouth projection, the nasolabial angle in turn affects significantly how young a face appears [11].

Conclusions

- We were able to demonstrate in this study comparing various therapeutic approaches that combined orthodontic and surgical treatment to correct Class II conditions has the most pronounced skeletal effects. The effective increases in mandibular lengths were crucial in this regard.
- There were basic differences in incisor repositioning following each treatment. The upper incisors protruded in the surgical group, the functional-orthopedic group revealed retrusion of the upper incisors and labial tipping of the lower incisors. Finally, the extraction group's upper and lower incisors retruded significantly.
- All three treatment approaches succeeded in reducing the profile convexity of the bony profile, which is one aim of Class II treatment.
- More attention should be paid to the soft-tissue profile, since it plays such an important role in dentofacial esthetics. Adults express particular concern in achieving a more attractive soft-tissue profile when considering orthodontic treatment. Combined orthodontic treatment and orthognathic surgery is the most efficient treatment regimen with which to achieve this goal, since it is the only one that we demonstrated to have exerted significant effects on the soft tissue by reducing profile convexity.
- Because of their limited skeletal effects and minor effects on the profile, fixed functional appliance treatment is better suited to young adults as opposed to extraction therapy (less so orthognathic surgery); it is indicated only in patients with moderate Class II malocclusion. One must consider the initial degree of any labial tipping of the lower incisors, as this would worsen during treatment, thus limiting the range of indications (because of the risk of future periodontal problems).
- Camouflage orthodontics, including maxillary premolar extraction in adults, does not improve the soft-tissue profile. Moreover, clinicians should remember that an enlarged nasolabial angle, which detracts from the nasola-

den sich bei den Patienten der Chirurgiegruppe, die scheinbar gegenläufig zur Protrusion der Inzisiven verliefen. In diesem Kontext zu beachten ist jedoch die durch die jeweilige Therapie bedingte veränderte Lage der Ästhetiklinie: Kommt es zu einer Vorverlagerung des Kinns, vergrößert sich automatisch die Distanz zwischen Lippen und Bezugslinie [42, 50]. Ebenso resultiert das Nasenwachstum in einer retrusiveren Lage der Lippen zur Ästhetiklinie [42]. Dies ist eine mögliche Erklärung dafür, dass es bei den Patienten der Chirurgiegruppe trotz einer verzeichneten Protrusion der Schneidezähne zu einer Distanzzunahme zwischen Ästhetiklinie und Ober- und Unterlippe kam.

Die Beurteilung der Attraktivität eines Gesichtes variiert zwischen verschiedenen Personengruppen erheblich [1, 4, 19, 26, 45]. Obwohl kein einheitliches Konzept zu einem attraktiven Weichgewebeprofil formuliert ist, wird nach Hambleton [20] und Riedel [47] ein recht gerades Profil präferiert. Die-drich [15] fordert, dass die dentofaziale Ästhetik neben funktionellen, okklusalen, parodontalen und biomechanischen Gesichtspunkten einen hohen Stellenwert in jeder kieferorthopädischen Behandlungsplanung einnehmen soll. Somit besteht ein Ziel der Klasse-II-Behandlung in einer Reduzierung der Profilkonvexität [42]. Dieses konnte, bezogen auf das knöcherne Profil, durch die drei unterschiedlichen Behandlungsmethoden dieser Studie erreicht werden. Beachtenswert ist die Tatsache, dass durch die Extraktions- und die funktionskieferorthopädische Therapie vergleichbare Konvexitätsreduzierungen des knöchernen Profils erzielt werden konnten wie durch die kombiniert orthodontisch-dysgnathiechirurgische Therapie. Diese Ergebnisse scheinen den größten ventralverlagernden mandibulären Effekten der chirurgischen Therapie zu widersprechen, decken sich aber zum Teil mit den Untersuchungen von De Clerk & Timmermann [14]. Diese fanden bei Patienten, welche mit einer Headgear-Aktivator-Kombination behandelt wurden, und Patienten, welche sich einer chirurgischen Vorverlagerung der Mandibula unterzogen, keine Unterschiede bezüglich einer Reduzierung der Gesichtskonvexität. Die Tatsache, dass es auch innerhalb der Extraktionsgruppe zu einer Abnahme der Konvexität des knöchernen Profils kam, scheint den zuvor beschriebenen Wirkungen einer Extraktionstherapie zu widersprechen. Mögliche Erklärungen sind in dentalen Veränderungen zu sehen: In der Extraktionsgruppe erfolgte eine ausgeprägte Retrusion der oberen Schneidezähne. Die Angulationsänderung der oberen Schneidezähne und deren Auswirkung auf den A-Punkt bietet eine mögliche Erklärung für die Vergrößerung des Winkels N-A-Pog.

Die chirurgische Therapie war jedoch die einzige Behandlungsform, in welcher es nicht nur zu einer konvexitätsreduzierenden Wirkung auf das knöcherne Profil, sondern auch auf das Weichteilprofil kam. Die ausgeprägte begräbigende Wirkung auf das Profil durch die chirurgische Vorverlagerung der Mandibula wurde bereits vielfach beschrieben und konnte bestätigt werden [9, 50, 56].

bial area's attractiveness, is a potential side effect that should be taken into account when considering therapeutic options.

Remarks and Acknowledgement

This study was financially supported by the Scientific Fund of the German Orthodontic Society (DGKFO).

Statistical analysis was performed under the supervision of Mrs. A. Haselhuhn, MD, Institute of Medical Statistics, University of Aachen, RWTH (Director: Professor R.-D. Hilgers, DSc). Our sincere thanks to all those involved.

References

1. Albino JE, Tedesco LA, Conny DJ. Patient perception of dental-facial esthetics: shared concern in orthodontics and prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1984;52:9-13.
2. Angelle PL. A cephalometric study of the soft tissue changes during and after orthodontic treatment. *Trans Eur Orthod Soc* 1973;49:267-80.
3. Basciftici FA, Usumez, S. Effects of extraction and nonextraction treatment on class I and class II subjects. *Angle Orthod* 2003;73:36-42.
4. Bell R, Kiyak HA, Joondeph DR, et al. Perception of facial profile and their influence on the decision to undergo orthognathic surgery. *Am J Orthod* 1985;88:323-32.
5. Berger JL, Pangrazio-Kulbersh V, George C, et al. Longterm comparison of treatment outcome and stability of Class II patients treated with functional appliances versus bilateral sagittal split ramus osteotomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;95:250-8.
6. Bhatia SN, Leighton BC. A manual of facial growth. A computer analysis of longitudinal cephalometric growth data. Oxford: Oxford University Press, 1993.
7. Birch RH, Huggins DG. A cephalometric analysis of upper lip profile changes following retraction of upper lip incisors. *Trans Eur Orthod Soc* 1963;309-15.
8. Bloom LA. Perioral profile changes in orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1961;47:371-9.
9. Brons R. Chin corrections. In: Brons R, ed. Facial harmony. Standards for orthognathic surgery and orthodontics. London: Quintessence, 1998:145-58.
10. Burden D, Johnston C, Kennedy D, et al. A cephalometric study of Class II malocclusions treated with mandibular surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:7.e1-8.
11. Canut J. Eine Analyse der dentofazialen Ästhetik. *Inf Orthod Kieferorthop* 1996;28:83-105.
12. Cassidy DW, Herbosa EG, Rotskoff KS, et al. A comparison of surgery and orthodontics in "borderline" adults with Class II, division 1 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:455-70.
13. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. New York: Interscience Publications, 1940.
14. De Clerk H, Timmermann H. Effects of headgear activator treatment and of mandibular advanced osteotomy on profile convexity. *Rev Belge Med Dent* 1994;49:63-74.
15. Diedrich P. Kieferorthopädie zwischen Ästhetik und Funktion. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1995;105:491-501.
16. Epker BN, Wessberg G. Mechanisms of early skeletal relapse following surgical advancement of the mandible. *Br J Oral Surg* 1982;20:175-82.
17. Fränkel C, Fränkel R. Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie. Heidelberg: Hüthig, 1992.

Die These, dass das Weichgewebe nicht in vollem Umfang den knöchernen Strukturen folgt, bestätigt sich bei der Betrachtung der therapeutisch induzierten Wirkung der FKO-Gruppe auf das Weichteilprofil. Obwohl es zu signifikanten Veränderungen des knöchernen Profils kam, folgte das Weichteilprofil nur tendenziell.

Der von Basciftici & Usumez [3] beschriebene Zusammenhang zwischen der Zunahme des Nasolabialwinkels und der Retraktion der oberen Frontzähne konnte durch die Ergebnisse der Extraktionsgruppe dieser Studie belegt werden. So fand sich infolge der ausgeprägtesten Retrusion der oberen Schneidezähne eine signifikante Zunahme des Nasolabialwinkels. Die Abflachung der nasolabialen Krümmung ist als therapeutisch unerwünscht zu bewerten, da sie mit einem geradlinigen Lippenprofil und einer dominanter wirkenden Nase einhergeht. Die ästhetische Bedeutung des nasolabialen Sigmas beruht auf dem psychomorphologischen Wert der Oberlippe und deren Bedeutung für die Attraktivität und den sinnlichen Ausdruck des Gesichts. Da sich die Kontur der Lippen direkt auf den Grad des Mundvorsprungs auswirkt, beeinflusst der Nasolabialwinkel in signifikanter Weise den jugendlichen Aspekt des Gesichts [11].

Schlussfolgerungen

- Im Rahmen dieser Studie konnte gezeigt werden, dass differentialtherapeutisch bei der kombiniert orthodontisch-dysgnathiechirurgischen Therapie zur Korrektur von Distalbislagen die größten skelettalen Effekte resultieren. Maßgeblich hierfür waren die effektiven Längenveränderungen der Mandibula.
- Die infolge der jeweiligen Behandlung resultierenden Positionsveränderungen der Schneidezähne unterscheiden sich grundlegend: Bei den Patienten der Chirurgiegruppe wurden die oberen Schneidezahnbereiche protrudiert. In der FKO-Gruppe wurden die oberen Inzisivi retrahiert und die unteren Schneidezähne nach labial gekippt. In der Extraktionsgruppe hingegen wurden beide Schneidezahnpartien signifikant retrahiert.
- Ein Ziel der Klasse-II-Therapie, die Konvexität des Profils zu reduzieren, konnte bezogen auf das knöcherne Profil durch alle angewendeten Behandlungsmethoden erreicht werden.
- Größere Bedeutung sollte allerdings dem Weichteilprofil zu Teil werden, da dieses für die dentofaziale Ästhetik ausschlaggebend ist. Deren Verbesserung gilt insbesondere bei Erwachsenen als Hauptmotiv für einen kieferorthopädischen Behandlungswunsch. In diesem Zusammenhang muss die kombiniert orthodontisch-dysgnathiechirurgische Therapie als die effektivste Behandlungsform betrachtet werden, da nur durch sie signifikante Effekte auf das faziale Weichgewebe in Form einer Reduktion der Profilkonvexität erzielt werden konnten.
- Aufgrund der nur geringen skelettalen Wirkungen und der moderaten Auswirkungen auf das Profil sind festsit-

18. Garner LD. Soft tissue changes concurrent with orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1974;66:367–76.
19. Graber LW, Lucker GW. Dental esthetic self-evaluation and satisfaction. *Am J Orthod* 1980;77:163–73.
20. Hambleton RS. The soft tissue covering the skeletal face as related to orthodontic problems. *Am J Orthod* 1964;50:405–20.
21. Hassel B, Fahrman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:58–66.
22. Hershey HG. Incisor tooth retraction and subsequent profile change in postadolescent female patients. *Am J Orthod* 1972;61:45–54.
23. Hilgers RD, Bauer P, Scheiber V. Einführung in die medizinische Statistik. Berlin: Verlag Springer, 2002.
24. Jakobsson SO. Cephalometric evaluation of treatment effect on Class II, division 1 malocclusions. *Am J Orthod* 1967;53:446–57.
25. Jones ML. A comparison of orthodontic treatment changes as measured from study casts and cephalometric radiographs. *Br J Orthod* 1991;18:199–203.
26. Kerr WJ, O'Donnell JM. Panal perception of facial attractiveness. *Br J Orthod* 1990;17:299–304.
27. Kinzinger G, Diedrich P. Skeletal effects in Class II treatment with the Functional Mandibular Advancer (FMA)? *J Orofac Orthop* 2005;66:469–90.
28. Kohn MW. Analysis of relapse after mandibular advancement surgery. *J Oral Surg* 1979;9:676–84.
29. Lai M, McNamara Jr JA. An evaluation of two-phase treatment with the Herbst appliance and preadjusted edgewise therapy. *Semin Orthod* 1998;4:46–58.
30. Lohrmann B, Schweska-Polly R, Nägerl H, et al. The influence of orthodontics and mandibular sagittal split osteotomy on dental and skeletal variables – a comparative cephalometric study. *Eur J Orthod* 2006;28:553–60.
31. Luppapornlarp S, Jonston LE. Wirkung der Prämolarenextraktion: Eine vergleichende Langzeitstudie der Behandlungsergebnisse bei eindeutigen Extraktionsfällen und Klasse-II-Nonextraktionsfällen. *Inf Orthod Kieferorthop* 1996;3:351–70.
32. McNamara Jr JA, Bookstein FL, Shaughnessy TG. Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on Class II patients. *Am J Orthod* 1985;88:91–110.
33. McNamara Jr JA, Peterson Jr JE, Alexander RG. Three-dimensional diagnosis and management of Class II malocclusion in the mixed dentition. *Semin Orthod* 1996;2:114–37.
34. Mihalik CA, Proffit WR, Phillips C. Long-term follow-up of Class II adults treated with orthodontic camouflage: a comparison with orthognathic surgery outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:266–78.
35. Mills CM, McCulloch KJ. Treatment effects of the twin block appliance: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:15–24.
36. Ngan PW, Byczek E, Scheick J. Longitudinal evaluation of growth changes in Class II division 1 subjects. *Semin Orthod* 1997;3:222–31.
37. Pancherz H. Treatment of class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1979;76:423–42.
38. Pancherz H. The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. *Am J Orthod* 1982;82:104–13.
39. Pancherz H, Littmann C. Somatische Reife und morphologische Veränderungen des Unterkiefers bei der Herbst-Behandlung. *Inf Orthod Kieferorthop* 1988;20:455–70.
40. Pancherz H, Littmann C. Morphologie und Lage des Unterkiefers bei der Herbst-Behandlung. Eine kephalometrische Analyse der Veränderungen bis zum Wachstumsabschluss. *Inf Orthod Kieferorthop* 1989;21:493–513.
41. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The headgear effect of the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:510–20.
- zende funktionskieferorthopädische Geräte bei jungen Adulten eine therapeutische Alternative zur Extraktions-therapie und weniger zur Dysgnathiechirurgie und somit nur bei Behandlungsfällen mit moderat ausgeprägter Klasse-II-Anomalie indiziert. Eine bereits prätherapeutisch vorhandene Protrusion der Unterkieferfront würde sich vom Ausmaß her unter der Behandlung vergrößern und stellt aufgrund möglicherweise resultierender parodontaler Probleme eine Indikationseinschränkung dar.
- Die Durchführung einer Camouflage-Orthodontie mit Extraktion von Prämolaren des Oberkiefers hat bei Erwachsenen keinen verbessernden Einfluss auf den Weichgewebeprofilverlauf. Zusätzlich muss eine Vergrößerung des Nasolabialwinkels, welche die nasolabiale Ästhetik negativ beeinflusst, als mögliche Nebenwirkung diskutiert und bei differentialtherapeutischen Überlegungen beachtet werden.

Anmerkungen und Danksagung

Diese Studie wurde durch Mittel des Wissenschaftsfonds der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) unterstützt.

Die statistische Auswertung erfolgte unter Anleitung von Frau Dr. rer. nat. A. Haselhuhn aus dem Institut für Medizinische Statistik, Universitätsklinikum Aachen, RWTH (Direktor: Prof. Dr. rer. nat. R.-D. Hilgers). Wir danken allen Beteiligten.

42. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. Facial profile changes during and after Herbst appliance treatment. *Eur J Orthod* 1994;16:275–86.
43. Pancherz H, Szyska M. Analyse der Halswirbelkörper statt der Handknochen zur Bestimmung der skelettalen und somatischen Reife. *Inf Orthod Kieferorthop* 2000;32:151–61.
44. Pancherz H, Ruf S, Erbe C, et al. The mechanism of Class II correction in surgical orthodontic treatment of adult Class II, division 1 malocclusion. *Angle Orthod* 2004;74:800–9.
45. Pogrel MA. What are normal esthetic values? *J Oral Maxillofac Surg* 1991;49:963–9.
46. Proffit WR, Phillips C, Douvartzidis N. A comparison of outcomes of orthodontic and surgical-orthodontic treatment of Class II malocclusion in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:556–65.
47. Riedel RA. An analysis of dentofacial relationships. *Am J Orthod* 1957;43:103–19.
48. Roose N. Soft tissue profile changes in Class II treatment. *Am J Orthod* 1977;72:165–74.
49. Ruf S, Pancherz H. Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod* 1999;69:239–46.
50. Ruf S, Pancherz H. Orthognathic surgery and dentofacial orthopedics in adult Class II division 1 treatment: Mandibular sagittal split osteotomy versus Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:140–52.

51. Ruf S, Pancherz H. Herbst/multibracket appliance treatment of Class II division 1 malocclusions in early and late adulthood. A prospective cephalometric study of consecutively treated subjects. *Eur J Orthod* 2006;28:352–60.
52. Sander FG. Herausnehmbare kieferorthopädische Geräte. In: Schmutz G, Hrsg. *Kieferorthopädie I. Praxis der Zahnheilkunde*, Band 11. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1994:131–220.
53. Sander FG, Wichelhaus A. Skelettale und dentale Veränderungen bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte. *Fortschr Kieferorthop* 1995;56:127–39.
54. Schellhas KP, Piper MA, Bessette RW, et al. Mandibular retrusion, temporomandibular joint derangement, and orthognathic surgery planning. *Plast Reconstr Surg* 1992;90:218–29.
55. Schubert P, Bailey LT, White RP, et al. Long-term cephalometric changes in untreated adults compared to those treated with orthognathic surgery. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1999;14:91–9.
56. Shell TL, Woods MG. Perception of facial esthetics: A comparison of similar Class II cases treated with the attempted growth modification or later orthognathic surgery. *Angle Orthod* 2003;4:365–73.
57. Tamoscheit UG. Epidemiologie, Pathogenese und Ätiologie. In: Miethke RR, Drescher D, Hrsg. *Kleines Lehrbuch der Angle-Klasse II,1 unter besonderer Berücksichtigung der Behandlung*. Berlin: Quintessenzverlag, 1996:21.
58. Turvey T, Phillips C, Laytown HS, et al. Simultaneous superior repositioning of the maxilla and mandibular advancement. A report on stability. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:372–83.
59. Watted N, Reuther J. Behandlung von Distalbisspatienten – Kombinierte kieferorthopädisch-chirurgische Therapie unter besonderer Berücksichtigung der dentofazialen Ästhetik. *Kieferorthopädie* 2001;15:131–50.

Correspondence Address

Priv.-Doz. Dr. Gero Kinzinger
Klinik für Kieferorthopädie
Universitätsklinikum Aachen, RWTH
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen
Germany
Phone (+49/241) 808-8233, Fax -2459
e-mail: gkinzinger@ukaachen.de

Appendix (Tables 1–6)

Table 1. Means and standard deviations in skeletal distances at T1 and T2; Net: net outcome/therapeutic effect; significance of therapeutic effect intra- and intergroup; ^acalculation of T1–T2, positive value = decrease, negative value = increase.**Tabelle 1.** Mittelwerte und Standardabweichungen der skelettalen Streckenmessungen zu den Zeitpunkten T1 und T2; Net: Nettowirkung/therapeutischer Effekt; Signifikanzen des therapeutischen Effektes innerhalb (intra) und zwischen (inter) den Behandlungsgruppen; ^aBerechnung T1–T2, positiver Wert = Abnahme, negativer Wert = Zunahme.

Linear measurements (mm)	Surgical group T1 T2 (M ± SD)	Functional orthopedic group T1 T2 (M ± SD)	Extraction group T1 T2 (M ± SD)	Surgical group Net (M ± SD) ^a	Functional orthopedic group Net (M ± SD) ^a	Extraction group Net (M ± SD) ^a	p-value Net (intra)	p-value Net (inter)
Maxilla sagittal								
N–ANS on FH	4.76 ± 3.36 4.25 ± 2.95	4.70 ± 2.37 3.53 ± 2.92	3.91 ± 3.36 3.13 ± 3.75	-0.32 ± 2.66	1.45 ± 1.84	1.28 ± 4.53	1: 0.5859 2: 0.1217 3: 0.2216	1–2: 0.2287 1–3: 0.3390 2–3: 1.0000
Ba–PNS	44.06 ± 5.50 43.68 ± 6.14	46.70 ± 3.47 46.58 ± 3.33	40.85 ± 4.05 41.25 ± 3.93	0.63 ± 2.68	0.34 ± 2.52	1.03 ± 2.96	1: 0.2952 2: 0.5484 3: 0.1352	1–2: 1.0000 1–3: 1.0000 2–3: 1.0000
Mandible sagittal								
N–Pog on FH	-8.43 ± 8.45 -6.28 ± 8.36	-5.38 ± 7.99 -4.49 ± 8.10	-3.24 ± 9.72 -3.89 ± 9.60	-4.66 ± 4.56	-0.43 ± 3.96	3.51 ± 5.26	1: 0.0001 2: 0.9015 3: 0.0077	1–2: 0.0043 1–3: <0.0001 2–3: 0.0649
Co ^(dorsal) –PTV	35.08 ± 4.24 34.97 ± 4.19	36.53 ± 3.07 36.27 ± 3.45	31.27 ± 2.80 32.23 ± 3.00	0.90 ± 2.00	0.28 ± 2.50	0.14 ± 1.73	1: 0.0524 2: 0.6142 3: 0.7209	1–2: 1.0000 1–3: 0.7583 2–3: 1.0000
Mandible diagonal								
Co ^(superior) –Pog	108.00 ± 7.96 111.91 ± 8.06	110.87 ± 6.96 112.89 ± 7.16	102.42 ± 7.75 108.92 ± 6.76	-3.48 ± 4.45	-0.64 ± 3.06	0.58 ± 4.07	1: 0.0019 2: 0.3508 3: 0.5330	1–2: 0.0654 1–3: 0.0046 2–3: 0.9668
Co ^(dorsal) –Pog	107.79 ± 7.93 111.62 ± 7.75	111.04 ± 7.23 112.82 ± 7.83	102.06 ± 7.66 108.41 ± 6.92	-3.53 ± 2.88	-0.49 ± 3.03	0.72 ± 3.92	1: < 0.0001 2: 0.4704 3: 0.4206	1–2: 0.0122 1–3: 0.0004 2–3: 0.7369
Maxilla vertical								
N–ANS	50.97 ± 3.45 50.84 ± 3.77	52.16 ± 4.23 52.82 ± 4.41	46.59 ± 3.30 49.31 ± 3.30	0.88 ± 2.05	-0.00 ± 2.42	0.03 ± 2.81	1: 0.0625 2: 0.9958 3: 0.9575	1–2: 0.7313 1–3: 0.8084 2–3: 1.0000
N–A	55.44 ± 3.45 55.57 ± 3.94	57.19 ± 4.42 57.82 ± 4.91	50.92 ± 3.79 53.99 ± 4.37	0.79 ± 2.49	-0.02 ± 2.74	-0.05 ± 3.34	1: 0.1632 2: 0.9774 3: 0.9503	1–2: 1.0000 1–3: 1.0000 2–3: 1.0000
N–PNS	71.83 ± 4.83 72.18 ± 4.33	73.52 ± 5.26 74.49 ± 5.45	66.97 ± 3.65 70.59 ± 5.14	-0.36 ± 1.93	-0.30 ± 2.89	-0.60 ± 3.44	1: 0.4070 2: 0.6344 3: 0.4418	1–2: 1.0000 1–2: 1.0000 2–3: 1.0000
Mandible vertical								
S–Co ^(sup)	21.99 ± 5.14 22.29 ± 5.07	22.98 ± 3.72 23.63 ± 3.47	19.71 ± 4.02 20.92 ± 3.84	0.18 ± 2.27	-0.59 ± 1.97	0.10 ± 2.15	1: 0.7184 2: 0.1851 3: 0.8341	1–2: 0.7373 1–3: 1.0000 2–3: 0.9091
S–Ar	34.67 ± 4.76 34.04 ± 5.06	35.82 ± 3.63 36.25 ± 3.45	31.77 ± 4.21 33.88 ± 4.23	1.49 ± 2.11	-0.31 ± 3.06	-0.35 ± 2.27	1: 0.0041 2: 0.6475 3: 0.4967	1–2: 0.0711 1–3: 0.0670 2–3: 1.0000
S–Go	77.03 ± 9.01 75.20 ± 8.66	80.52 ± 8.13 82.54 ± 9.09	69.41 ± 7.08 75.89 ± 7.46	2.85 ± 2.35	-1.40 ± 2.04	-0.69 ± 3.87	1: < 0.0001 2: 0.0050 3: 0.4326	1–2: < 0.0001 1–3: 0.0006 2–3: 1.0000
N–Pog	105.25 ± 7.41 107.32 ± 7.89	108.54 ± 8.86 110.67 ± 8.95	102.31 ± 8.52 109.50 ± 8.84	0.28 ± 2.70	-0.73 ± 3.31	0.82 ± 4.51	1: 0.6405 2: 0.3223 3: 0.4270	1–2: 1.0000 1–3: 0.9872 2–3: 1.0000
N–Me	112.45 ± 7.85 114.57 ± 8.16	117.68 ± 9.16 119.82 ± 9.66	109.67 ± 8.48 117.40 ± 8.83	0.23 ± 2.56	-0.84 ± 3.36	-1.37 ± 4.31	1: 0.6789 2: 0.2673 3: 0.1727	1–2: 0.9636 1–3: 0.4350 2–3: 1.0000

Table 2. Means and standard deviations in skeletal angles at T1 and T2; Net: net outcome/therapeutic effect; significance of therapeutic effect intra- and intergroup; ^acalculation of T1-T2, positive value = decrease, negative value = increase.**Table 2.** Mittelwerte und Standardabweichungen der skelettalen Winkelmessungen zu den Zeitpunkten T1 und T2; Net: Nettowirkung/therapeutischer Effekt; Signifikanzen des therapeutischen Effektes innerhalb (intra) und zwischen (inter) den Behandlungsgruppen; ^aBerechnung T1-T2, positiver Wert = Abnahme, negativer Wert = Zunahme.

Angular measurements (degrees)	Surgical group T1 T2 (M ± SD)	Functional orthopedic group T1 T2 (M ± SD)	Extraction group T1 T2 (M ± SD)	Surgical group Net (M ± SD) ^a	Functional orthopedic group Net (M ± SD) ^a	Extraction group Net (M ± SD) ^a	<i>p</i> -value Net (intra)	<i>p</i> -value Net (inter)
Maxilla sagittal								
SNA	82.53 ± 4.06 82.23 ± 3.40	81.32 ± 4.10 81.07 ± 4.19	82.99 ± 3.38 81.83 ± 4.66	0.11 ± 1.75	0.26 ± 1.90	1.58 ± 2.78	1: 0.7787 2: 0.5411 3: 0.0199	1-2: 1.0000 1-3: 0.1041 2-3: 0.1705
SN-ANS	88.28 ± 5.23 88.54 ± 4.11	86.24 ± 4.35 86.15 ± 4.36	88.70 ± 3.76 87.20 ± 5.13	-0.74 ± 2.93	0.07 ± 2.89	1.94 ± 4.79	1: 0.2611 2: 0.9140 3: 0.0865	1-2: 1.0000 1-3: 0.0643 2-3: 0.3134
Mandible sagittal								
SNB	75.22 ± 4.36 78.83 ± 3.27	74.80 ± 4.31 76.33 ± 4.32	76.90 ± 3.57 77.70 ± 4.86	-4.46 ± 2.23	-1.44 ± 1.81	0.11 ± 2.68	1: < 0.0001 2: 0.0016 3: 0.8503	1-2: 0.0002 1-3: < 0.0001 2-3: 0.0931
SN-Pog	78.08 ± 5.29 80.33 ± 5.16	77.14 ± 4.97 78.33 ± 5.06	77.97 ± 4.24 78.72 ± 5.05	-3.07 ± 2.66	-1.03 ± 1.60	0.61 ± 2.81	1: < 0.0001 2: 0.0082 3: 0.3466	1-2: 0.0243 1-3: < 0.0001 2-3: 0.1026
Maxilla vertical								
SN/PP	7.84 ± 4.43 7.80 ± 4.96	7.96 ± 4.14 7.15 ± 4.26	3.92 ± 3.98 5.00 ± 4.57	0.99 ± 2.15	0.66 ± 2.21	-0.49 ± 3.86	1: 0.0572 2: 0.1873 3: 0.5731	1-2: 1.0000 1-3: 0.2941 2-3: 0.5922
Mandible vertical								
SN/MP	29.35 ± 10.23 32.33 ± 9.50	31.06 ± 9.38 29.63 ± 9.97	36.86 ± 5.91 36.47 ± 7.88	-2.50 ± 3.28	0.38 ± 5.15	-1.25 ± 3.68	1: 0.0023 2: 0.0608 3: 0.1449	1-2: 0.0023 1-3: 0.5892 2-3: 0.0960
PP/MP	22.34 ± 10.07 24.50 ± 8.87	23.11 ± 9.27 22.42 ± 9.11	32.95 ± 6.11 31.46 ± 6.99	-2.64 ± 4.31	0.08 ± 1.84	-0.37 ± 3.05	1: 0.0109 2: 0.8504 3: 0.5974	1-2: 0.0255 1-3: 0.0846 2-3: 1.0000
Mandibular angle								
Ar-Go-Me	121.73 ± 10.51 124.91 ± 9.60	119.30 ± 9.89 119.83 ± 10.08	127.99 ± 6.19 126.61 ± 6.44	-3.55 ± 5.95	-1.22 ± 2.75	0.10 ± 4.55	1: 0.0128 2: 0.0549 3: 0.9246	1-2: 0.3211 1-3: 0.0420 2-3: 1.0000
Co ^(dorsal) -Go-Pog	117.29 ± 11.23 120.93 ± 10.85	113.21 ± 8.59 113.53 ± 9.26	122.09 ± 6.36 120.87 ± 7.05	-4.02 ± 5.05	-1.02 ± 2.41	0.07 ± 3.52	1: 0.0016 2: 0.0676 3: 0.9275	1-2: 0.0408 1-3: 0.0049 2-3: 1.0000

Table 3. Means and standard deviations in dental distances at T1 and T2; Net: net outcome/therapeutic effect; significance of therapeutic effect intra- and intergroup; ^acalculation of T1-T2, positive value = decrease, negative value = increase.

Tabelle 3. Mittelwerte und Standardabweichungen der dentalen Streckenmessungen zu den Zeitpunkten T1 und T2; Net: Nettowirkung/therapeutischer Effekt; Signifikanzen des therapeutischen Effektes innerhalb (intra) und zwischen (inter) den Behandlungsgruppen; ^aBerechnung T1-T2, positiver Wert = Abnahme, negativer Wert = Zunahme.

Linear measurements (mm)	Surgical group	Functional orthopedic group	Extraction group	Surgical group	Functional orthopedic group	Extraction group	p-value Net (intra)	p-value Net (inter)
	T1 T2 (M ± SD)			Net (M ± SD) ^a				
Dental horizontal								
UP1 ^(incisal) -PTV	55.72 ± 4.07 56.53 ± 5.28	58.61 ± 3.72 56.83 ± 4.57	52.78 ± 4.68 51.71 ± 4.91	-0.07 ± 3.90	2.35 ± 2.80	4.96 ± 4.65	1: 0.9339 2: 0.0010 3: 0.0001	1-2: 0.1789 1-3: 0.0004 2-3: 0.1013
LO1 ^(incisal) -PTV	49.37 ± 4.75 52.71 ± 4.09	50.73 ± 3.95 53.78 ± 4.68	48.45 ± 4.33 46.27 ± 4.79	-4.09 ± 2.99	-2.46 ± 2.66	4.07 ± 4.29	1: < 0.0001 2: 0.0004 3: 0.0004	1-2: 0.3717 1-3: <0.0001 2v3: <0.0001
UP6 ^(dorsal) -PTV	18.89 ± 4.11 17.50 ± 3.50	18.18 ± 3.53 17.34 ± 2.59	16.87 ± 3.61 18.22 ± 3.47	0.45 ± 3.07	1.88 ± 1.92	-0.45 ± 3.25	1: 0.4018 2: 0.0002 3: 0.5389	1-2: 0.5562 1-3: 0.7093 2-3: 0.0434
LO6 ^(dorsal) -PTV	15.99 ± 4.17 18.73 ± 3.59	15.88 ± 3.45 17.52 ± 3.84	15.20 ± 4.03 17.72 ± 3.54	-3.48 ± 3.20	-0.77 ± 2.35	-1.51 ± 4.13	1: < 0.0001 2: 0.1514 3: 0.4243	1-2: 0.0161 1-3: 0.0120 2-3: 1.0000
Overjet	7.21 ± 3.06 2.61 ± 1.09	7.59 ± 2.57 2.70 ± 1.04	3.95 ± 2.73 2.64 ± 1.37	4.11 ± 3.12	4.90 ± 2.11	0.97 ± 2.53	1: < 0.0001 2: < 0.0001 3: 0.1030	1-2: 1.0000 1-3: 0.0009 2-3: <0.0001
Overbite	4.05 ± 3.54 1.50 ± 1.30	2.70 ± 2.29 1.96 ± 1.11	1.21 ± 2.16 1.82 ± 1.42	2.82 ± 3.09	0.76 ± 1.76	-0.56 ± 1.94	1: 0.0005 2: 0.0613 3: 0.2140	1-2: 0.0183 1-3: <0.0001 2-3: 0.2301

Table 4. Means and standard deviations in dental angles at T1 and T2; Net: net outcome/therapeutic effect; significance of therapeutic effect intra- and intergroup; ^acalculation of T1-T2, positive value = decrease, negative value = increase.

Tabelle 4. Mittelwerte und Standardabweichungen der dentalen Winkelmessungen zu den Zeitpunkten T1 und T2; Net: Nettowirkung/therapeutischer Effekt; Signifikanzen des therapeutischen Effektes innerhalb (intra) und zwischen (inter) den Behandlungsgruppen; ^aBerechnung T1-T2, positiver Wert = Abnahme, negativer Wert = Zunahme.

Angular measurements (degrees)	Surgical group	Functional orthopedic group	Extraction group	Surgical group	Functional orthopedic group	Extraction group	p-value Net (intra)	p-value Net (inter)
	T1 T2 (M ± SD)			Net (M ± SD) ^a				
UP1/SN	103.39 ± 13.76 107.81 ± 8.80	105.59 ± 9.06 101.74 ± 8.14	104.38 ± 6.69 97.81 ± 8.02	-6.70 ± 11.22	3.89 ± 7.62	6.36 ± 6.95	1: 0.0128 2: 0.0298 3: 0.0006	1-2: 0.0008 1-3: <0.0001 2-3: 1.0000
UP1/PP	111.14 ± 12.90 115.52 ± 7.66	113.52 ± 8.58 109.11 ± 7.08	108.26 ± 5.67 102.79 ± 7.32	-6.63 ± 10.37	4.52 ± 7.59	5.44 ± 6.93	1: 0.0083 2: 0.0130 3: 0.0023	1-2: 0.0002 1-3: <0.0001 2-3: 1.0000
LO1/MP	99.10 ± 9.51 100.76 ± 10.84	100.56 ± 7.05 102.75 ± 21.81	92.79 ± 7.42 88.20 ± 5.97	-0.81 ± 8.00	-7.27 ± 5.62	4.16 ± 6.49	1: 0.6471 2: < 0.0001 3: 0.0099	1-2: 0.0093 1-3: 0.0672 2v3: <0.0001
UP6/SN	76.17 ± 6.64 78.30 ± 5.90	71.79 ± 6.54 71.32 ± 7.92	70.92 ± 6.21 77.61 ± 5.39	-4.12 ± 4.98	0.58 ± 4.57	-6.90 ± 5.21	1: 0.0011 2: 0.5660 3: < 0.0001	1-2: 0.0090 1-3: 0.2278 2-3: <0.0001
LO6/MP	90.69 ± 9.18 92.11 ± 10.94	95.90 ± 5.32 93.45 ± 7.03	96.76 ± 7.43 98.57 ± 6.06	-0.66 ± 10.54	2.19 ± 5.28	-2.25 ± 4.42	1: 0.7777 2: 0.0718 3: 0.0345	1-2: 0.6349 1-3: 1.0000 2-3: 0.1699

Table 5. Means and standard deviations in profile distances at T1 and T2; Net: net outcome/therapeutic effect; significance of therapeutic effect intra- and intergroup; ^acalculation of T1-T2, positive value = decrease, negative value = increase.**Table 5.** Mittelwerte und Standardabweichungen der Streckenmessungen des Profils zu den Zeitpunkten T1 und T2; Net: Nettowirkung/therapeutischer Effekt; Signifikanzen des therapeutischen Effektes innerhalb (intra) und zwischen (inter) den Behandlungsgruppen; ^aBerechnung T1-T2, positiver Wert = Abnahme, negativer Wert = Zunahme.

Linear measurements (mm)	Surgical group	Functional orthopedic group	Extraction group	Surgical group	Functional orthopedic group	Extraction group	<i>p</i> -value Net (intra)	<i>p</i> -value Net (inter)
	T1 T2 (M ± SD)	T1 T2 (M ± SD)	T1 T2 (M ± SD)	Net (M ± SD) ^a	Net (M ± SD) ^a	Net (M ± SD) ^a		
Horizontal								
Pog'-Sn on FH	13.91 ± 7.46	14.29 ± 6.54	10.65 ± 4.17	5.81 ± 4.33	0.43 ± 2.41	-0.89 ± 3.56	1: < 0.0001 2: 0.4212 3: 0.2790	1-2: < 0.0001 1-3: < 0.0001 2-3: 0.7054
	11.25 ± 7.95	13.69 ± 6.70	11.02 ± 4.48					
Ls-E.line	4.36 ± 3.21	2.66 ± 2.81	1.85 ± 3.19	-3.84 ± 1.76	-0.88 ± 2.38	-0.75 ± 2.87	1: < 0.0001 2: 0.1065 3: 0.2552	1-2: 0.0005 1-3: 0.0003 2-3: 1.000
	6.52 ± 2.92	3.95 ± 2.77	3.84 ± 3.13					
Ls-Sn on FH	-0.77 ± 2.51	0.47 ± 1.74	1.08 ± 2.55	0.27 ± 1.71	0.27 ± 1.62	0.92 ± 1.71	1: 0.4730 2: 0.4608 3: 0.0266	1-2: 1.0000 1-3: 0.6742 2-3: 0.6602
	-1.18 ± 2.83	-0.16 ± 1.85	0.22 ± 2.62					
Li-E.line	3.17 ± 2.81	1.97 ± 3.04	1.85 ± 3.19	-1.54 ± 1.99	0.16 ± 2.22	-0.75 ± 2.87	1: 0.0020 2: 0.7487 3: 0.0179	1-2: 0.0605 1-3: 1.0000 2-3: 0.0564
	3.93 ± 2.75	1.86 ± 3.17	3.84 ± 3.13					
Li-Sn on FH	6.93 ± 4.61	6.42 ± 2.34	3.64 ± 2.52	3.03 ± 2.83	1.54 ± 2.00	-1.41 ± 2.64	1: < 0.0001 2: 0.0022 3: 0.0276	1-2: 0.1755 1-3: < 0.0001 2-3: 0.0012
	5.18 ± 3.98	5.14 ± 2.61	5.10 ± 2.60					
A-A' on PP	14.18 ± 2.41	15.20 ± 2.16	12.74 ± 2.20	0.21 ± 1.90	-0.08 ± 1.43	-0.00 ± 2.33	1: 0.6164 2: 0.8030 3: 0.9971	1-2: 1.0000 1-3: 1.0000 2-3: 1.0000
	13.69 ± 2.08	-0.08 ± 1.43	13.97 ± 2.01					
B-B' on MP	10.77 ± 1.60	10.41 ± 1.18	9.76 ± 1.55	1.18 ± 1.35	-0.81 ± 1.37	1.04 ± 1.52	1: 0.0007 2: 0.0136 3: 0.0064	1-2: < 0.0001 1-3: 1.0000 2-3: 0.0003
	10.16 ± 1.39	11.40 ± 1.38	9.47 ± 1.66					
Pog-Pog' on MP	11.29 ± 1.99	17.47 ± 22.00	10.21 ± 1.80	0.01 ± 1.58	-0.84 ± 1.99	-0.02 ± 1.40	1: 0.9851 2: 0.0678 3: 0.9553	1-2: 0.3252 1-3: 1.0000 2-3: 0.3697
	10.82 ± 2.12	14.74 ± 18.62	10.81 ± 2.05					
Vertical								
Me'-FH	92.06 ± 7.66	94.89 ± 7.48	89.33 ± 7.59	-0.14 ± 4.21	-2.21 ± 3.18	-1.86 ± 4.05	1: 0.6632 2: 0.0047 3: 0.0543	1-2: 0.4007 1-3: 0.6923 2-3: 1.0000
	95.29 ± 8.29	98.38 ± 7.61	96.97 ± 6.57					
Sn-FH	28.46 ± 5.34	27.34 ± 3.91	24.54 ± 3.33	1.05 ± 2.72	-1.06 ± 2.51	-0.18 ± 2.70	1: 0.0928 2: 0.0667 3: 0.7659	1-2: 0.0366 1-3: 0.4254 2-3: 0.8739
	29.03 ± 4.21	29.06 ± 5.08	26.74 ± 2.75					
Ls-FH	43.73 ± 5.72	41.88 ± 4.26	38.66 ± 4.09	3.14 ± 3.52	-0.94 ± 1.75	0.05 ± 2.33	1: 0.0006 2: 0.0229 3: 0.9248	1-2: < 0.0001 1-3: 0.0013 2-3: 0.7069
	43.95 ± 4.95	43.65 ± 4.77	41.55 ± 3.47					
Li-FH	59.12 ± 6.81	59.97 ± 5.11	55.80 ± 5.71	3.14 ± 3.66	-1.11 ± 2.68	-0.89 ± 3.82	1: 0.0008 2: 0.0712 3: 0.3105	1-2: 0.0005 1-3: 0.0011 2-3: 1.0000
	59.31 ± 6.18	62.21 ± 5.39	59.19 ± 5.46					
Ls-ML	47.52 ± 4.40	52.76 ± 6.42	50.74 ± 5.14	-2.73 ± 3.16	-1.11 ± 2.68	-0.98 ± 3.27	1: 0.0008 2: 0.1241 3: 0.2057	1-2: 0.3144 1-3: 0.2423 2-3: 1.0000
	50.47 ± 4.53	54.43 ± 5.85	55.41 ± 5.78					
Li-ML	32.43 ± 4.06	35.84 ± 5.27	34.39 ± 4.40	-3.24 ± 2.57	-0.71 ± 3.03	-0.65 ± 3.12	1: < 0.0001 2: 0.2986 3: 0.3595	1-2: 0.0196 1-3: 0.0184 2-3: 1.0000
	35.22 ± 4.03	36.32 ± 6.21	38.31 ± 3.93					
Sn-ML	63.18 ± 10.23	68.48 ± 9.38	65.77 ± 5.60	-2.50 ± 3.28	0.84 ± 1.93	-3.70 ± 5.35	1: 0.0023 2: 0.0608 3: 0.0060	1-2: 0.6740 1-3: 0.3520 2-3: 0.0206
	65.37 ± 9.50	69.63 ± 9.97	70.93 ± 6.01					

Table 6. Means and standard deviations in profile angles at T1 and T2; Net: net outcome/therapeutic effect; significance of therapeutic effect intra- and intergroup; ^acalculation of T1-T2, positive value = decrease, negative value = increase.

Tabelle 6. Mittelwerte und Standardabweichungen der Winkelmessungen des Profils zu den Zeitpunkten T1 und T2; Net: Nettowirkung/therapeutischer Effekt; Signifikanzen des therapeutischen Effektes innerhalb (intra) und zwischen (inter) den Behandlungsgruppen; ^aBerechnung T1-T2, positiver Wert = Abnahme, negativer Wert = Zunahme.

Angularmeasurements (degrees)	Surgical group T1 T2 (M ± SD)	Functional orthopedic group T1 T2 (M ± SD)	Extraction group T1 T2 (M ± SD)	Surgical group Net (M ± SD) ^a	Functional orthopedic group Net (M ± SD) ^a	Extraction group Net (M ± SD) ^a	<i>p-value</i> Net (intra)	<i>p-value</i> Net (inter)
Bony profile								
N-A-Pog	170.49 ± 8.26	171.34 ± 6.61	170.37 ± 6.00	-4.53 ± 4.84	-4.26 ± 3.70	-3.80 ± 3.51	1: 0.0018	1-2: 1.0000
	174.91 ± 6.95	175.16 ± 8.29	173.64 ± 5.56				2: < 0.0001	1-3: 0.6976
							3: 0.0032	2-3: 1.0000
Soft-tissue profile								
N'-Pn-Pog'	122.76 ± 5.78	123.63 ± 5.08	129.34 ± 4.86	-4.54 ± 6.18	-0.79 ± 3.28	-0.75 ± 3.98	1: 0.0031	1-2: 0.0348
	124.81 ± 5.38	124.18 ± 4.95	127.52 ± 4.08				2: 0.2824	1-3: 0.0353
							3: 0.4080	2-3: 1.0000
N'-Sn-Pog'	154.14 ± 8.00	153.30 ± 6.25	157.24 ± 4.38	-8.17 ± 7.60	-1.24 ± 4.22	-1.04 ± 5.26	1: < 0.0001	1-2: 0.0010
	157.55 ± 6.45	154.41 ± 7.67	157.62 ± 4.86				2: 0.1931	1-3: 0.0008
							3: 0.3884	2-3: 1.0000
Cm-Sn-Ls	115.19 ± 11.51	117.04 ± 7.32	117.14 ± 10.70	-0.78 ± 6.95	-0.22 ± 7.55	-2.87 ± 6.60	1: 0.6122	1-2: 1.0000
	116.83 ± 2.31	117.06 ± 9.41	119.54 ± 11.09				2: 0.8965	1-3: 1.0000
							3: 0.0431	2-3: 0.8725