

Sonderdruck



Methode der
kephalometrischen Analyse

James A. McNamara



VERLAG
ZAHNÄRZTLICH-MEDIZINISCHES SCHRIFTTUM · MÜNCHEN

Methode der kephalometrischen Analyse

James A. McNamara, Jr., D.D.S., Ph.D.*

Seit Einführung der Kephalmetrie durch *Broadbent* (1) im Jahre 1931 ist eine beträchtliche Zahl kephalometrischer Analysen entwickelt worden, von denen die von *Downs* (2–4), *Steiner* (5–7), *Tweed* (8, 9) und *Ricketts* (10–12) den größten Anklang gefunden haben dürften. Die »Wits«-Bewertung und die Analysen von *Jarabak* (13), *Coben* (14), *Wylie* (15, 16), *Sassouni* (17, 18) und *Enlow* (19) werden vielleicht nicht so oft benutzt, sind aber trotzdem gut bekannt.

Warum nun eine weitere kephalometrische Analyse? Die meisten Analysemethoden wurden von 1940 bis 1970 entwickelt, also in einer Zeit, wo umfangreichere Veränderungen in den strukturellen kraniofazialen Verhältnissen nicht für möglich gehalten wurden. In den vergangenen zehn Jahren aber sind in die klinische Orthodontie zahlreiche orthognathe chirurgische Verfahren eingeführt worden, die eine dreidimensionale Versetzung fast jeder Knochenstruktur im Gesichtsbereich ermöglicht. Ebenso hat die funktionelle apparative Therapie neue Möglichkeiten zur Behandlung von Kieferanomalien eröffnet. Es ergab sich deshalb die Notwendigkeit, eine kephalometrische Analysemethode zu entwickeln, die nicht nur die Position der Zähne innerhalb eines bestimmten Knochens, sondern auch das Verhältnis der Kieferelemente und der Schädelbasisstrukturen untereinander berücksichtigt. Kurz gesagt, die hier erläuterte Analyse stellt den Versuch dar, Zähne zu Zähnen, Zähne zu den Kiefern, die Kiefer untereinander und die Kiefer zur Schädelbasis in Beziehung zu bringen.

Noch ein Wort der Vorsicht. Die Kephalmetrie ist keine exakte Wissenschaft. Auch wenn sich Fernröntgenaufnahmen präzise vermessen lassen, kann der Meßfehler bei einem gegebenen Meßpunkt stark variieren (22). Die im vorliegenden Artikel beschriebene Analyse wird deshalb sprachlich erläutert. Mit dieser Sprache kann der Kliniker einem anderen Kliniker, einem Patienten oder, was noch wichtiger erscheint, sich selbst die Identifizierung und Beschreibung verschiedener Strukturverhältnisse mitteilen, die in Diagnose und Behandlungsplanung eines gegebenen Falles kritisch sind. Die hier vorgestellte Analyse beruht zum Teil auf den von *Ricketts* (10–12) und *Harvold* (23, 24) aufgestellten Prinzipien der kephalometrischen Analyse; andere Aspekte wiederum wurden neu erarbeitet.

* Dept. of Anatomy and Cell Biology and Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109, USA

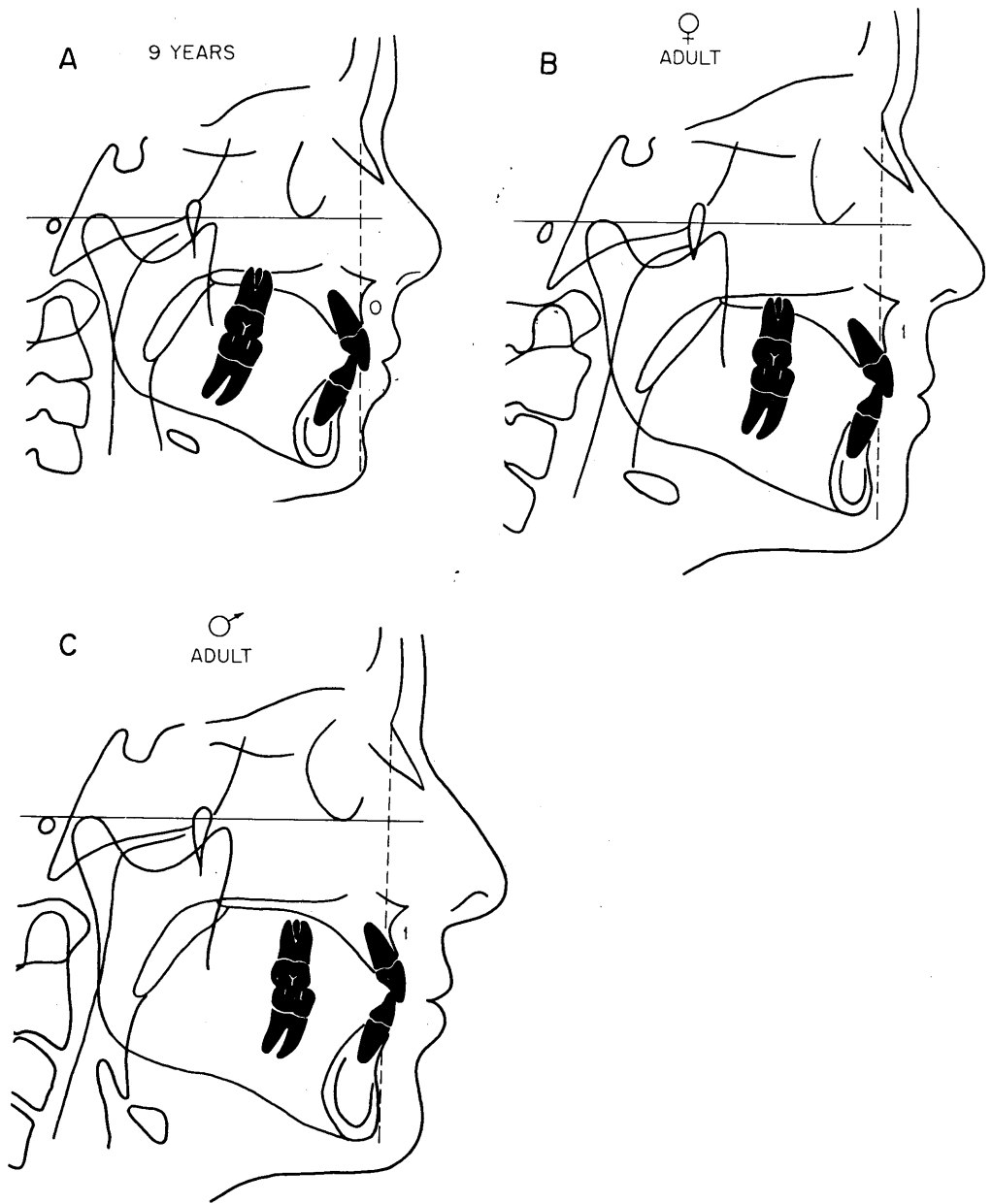


Abb. 1: Verhältnis der Nasionvertikalen zu Punkt A. A. Idealfall, 9 Jahre alt. B. Idealfall, erwachsen, weiblich. C. Idealfall, erwachsen, männlich. Die Nasionvertikale wird vom Nasion senkrecht nach unten zur Frankfurter Ebene gezogen. Die Frankfurter Ebene verläuft vom oberen Teil des äußeren Gehörgangs (anatomisches Porion) durch den unteren Rand der Augenhöhle (Orbitale).

Statische Analyse

Im vorliegenden Abschnitt wird die Analyse eines einzelnen seitlichen Kephalogramms erläutert.

1. Beziehung der Maxilla zur Schädelbasis

Bei der Bewertung der Oberkieferposition in bezug auf den oberen Gesichtsbereich sind zwei Faktoren zu berücksichtigen. Erstens wird das kephalometrische Verhältnis der Maxilla zur Schädelbasis mit Hilfe der Nasionvertikalen bestimmt und beschrieben (*Abb. 1*). Der zweite, äußerst wichtige Faktor, ist das Weichgewebsprofil des Patienten. Ein Patient mit Oberkieferprognathie (oder dentoalveolarer Oberkieferprotrusion) besitzt gewöhnlich einen spitzen nasolabialen Winkel, während bei einem Patienten mit maxillarer Retrusion dieser Winkel häufig stumpf ist. Meistens führen getrennte Beurteilungen des Hart- und des Weichgewebes zu den gleichen diagnostischen Schlüssen. Zuweilen jedoch kann die Maxilla wegen einer außergewöhnlichen Dünne oder Dicke der Weichgewebsschicht aufgrund des nasolabialen Winkels klinisch annehmbar sein, auch wenn kephalometrisch Punkt A ziemlich weit vor oder hinter der Nasionvertikalen liegt. In solchen Fällen ist es ratsam, das Weichgewebsprofil als Hauptrichtschnur zu benutzen, ungeachtet der erhaltenen kephalometrischen Meßwerte. Viele Wissenschaftler sind übereinstimmend der Meinung, daß ein annehmbarer nasolabialer Winkel zwischen 90 und 110 Grad liegt.

Zu Beginn ist das Verhältnis zwischen Oberkiefer und Schädelbasis zu untersuchen. Die Frankfurter Ebene wird unter Benutzung des anatomischen Porions und der Orbitale als Bezugspunkte bestimmt (*Abb. 1*). Wie *Ricketts* (10–12) schon seit vielen Jahren fordert, sollte zur Bestimmung der Frankfurter Ebene das anatomische und nicht das künstliche Porion benutzt werden. Das durch die Ohrlöcher des Kephalmeters festgelegte Porion liegt oft um nicht weniger als einen ganzen Zentimeter vom echten, anatomischen Porion entfernt. Man darf sich nicht verwirren lassen durch die Umrisse des inneren Gehörgangs, der röntgenologisch als kleinere, kreisförmige Öffnung hinter und über dem äußeren Gehörgang zu sehen ist.

Vom Nasion wird senkrecht auf die Frankfurter Ebene eine Gerade, die sogenannte *Nasionvertikale*, gezogen. In einem harmonisch ausgeglichenen Gesicht liegt Punkt A nicht weiter als 2 mm vor oder hinter dieser Linie. Im Idealfall befindet sich Punkt A bei einem neunjährigen Kind (*Abb. 1A*) auf der Nasionvertikalen (0 mm) und bei einem Erwachsenen 1 mm vor dieser Linie (*Abb. 1B und 1C*). Untersuchungen über das kraniofaziale Wachstum unbehandelter Individuen (25–27) zeigen, daß sich Nasion und Punkt A während des Wachstums ungefähr im gleichen Umfang nach vorn bewegen. Dementsprechend bleiben die Winkel Sella-Nasion-Punkt A oder Basion-Nasion-Punkt A oder jede andere Vermessung mit dem Nasion und Punkt A (wie z. B. das Verhältnis des Punktes A zur Nasionvertikalen) während der Wachstumsperiode relativ konstant.

Abbildung 2A zeigt eine Patientin mit, dem Aussehen nach, einer klinischen Oberkieferprognathie und einem relativ spitzen nasolabialen Winkel. Die Maxilla liegt bei Punkt A 5 mm vor der Nasionvertikalen.

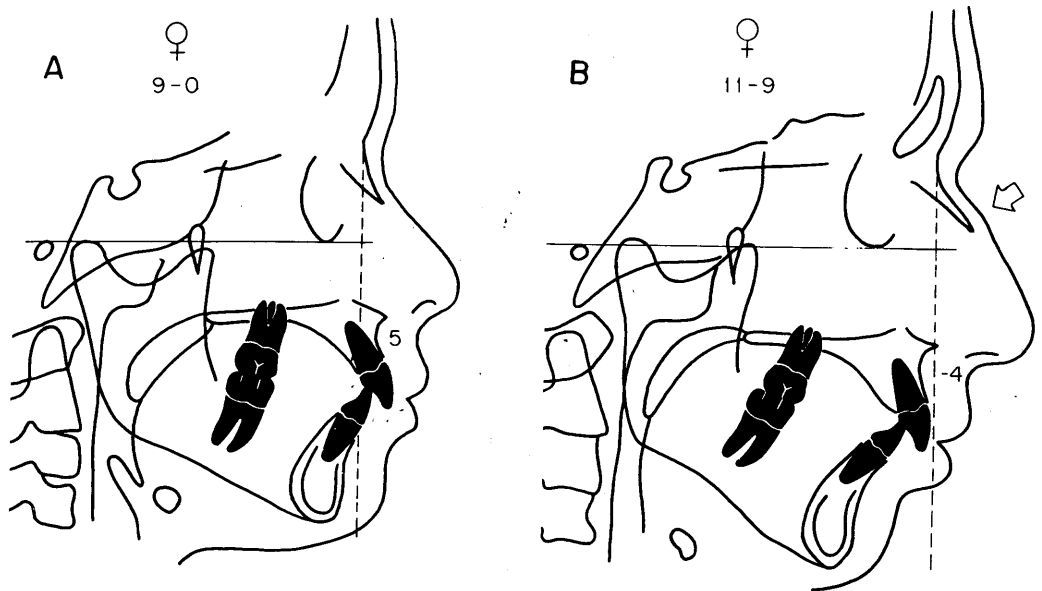


Abb. 2A: Skelettale Oberkieferprotrusion, erkenntlich an den 5 mm Abstand des Punktes A von der Nasionvertikalen. B: Skelettale Oberkieferretrusion, erkennbar am Abstand von -4 mm zwischen Punkt A und der Nasionvertikalen. Der Pfeil zeigt den Höcker an der äußeren Nasenkontur. Die Patientin hat sowohl einen steilen Mandibularebenenwinkel als auch eine skelettale Unterkieferretrusion. Der nasiolabiale Winkel weist normale Werte auf.

Abbildung 2B ist die Durchzeichnung einer Patientin mit skelettaler Oberkieferretrusion. Dieser Patiententyp ist klinisch häufig durch steilen Mandibularebenenwinkel, konvexes Gesichtsprofil, stumpfen nasolabialen Winkel und Nasenhöcker (siehe Pfeil in Abb. 2B) gekennzeichnet. Die kephalometrische Auswertung und Benutzung der Frankfurter Ebene und Nasionvertikalen zeigt retrusive Mandibula (die an anderer Stelle besprochen wird) und retrusive Maxilla. Klinisch gesehen scheint die Patientin eine große Nase zu haben, in Wirklichkeit aber hat sie eine maxillomandibulare Dysplasie, bei der sowohl der Ober- als auch der Unterkiefer eine retrusive Position einnehmen. Die retrusive Maxilla tritt selbst in Klasse-II-Okklusionsanomalien häufiger auf als gewöhnlich erkannt wird. In einer Untersuchung von 277 Klasse-II-Individuen (28) zeigte sich, daß die Fälle mit skelettaler Oberkieferretrusion gegenüber den skelettalen Protrusionen in der Überzahl waren, und zwar unabhängig davon, ob der SNA-Winkel oder der Abstand Punkt A – Nasionvertikale als Bezugsgrößen benutzt wurden.

Die Nasionvertikale ist gewöhnlich, jedoch nicht immer, eine zuverlässige Orientierungslinie zur Bestimmung der Oberkieferposition. Eine Ausnahme bilden bestimmte Klasse-III-Okklusionsanomalien, bei denen die horizontalen Dimensionen sowohl des mittleren als auch des oberen Gesichtsbereiches unzurei-

chend sind. In einem solchen Fall gibt die Nasionvertikale wegen des rückwärts verlagerten Nasions (was sich klinisch beurteilen läßt) die falsche Deutung von einer extrem anterioren Position der Maxilla und der Mandibula. Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit der Verwendung des Punktes A ist die übermäßige Lingualkippung der oberen Schneidezahnkrone. In diesem Fall wird die Position des Punktes A durch die labiale Kippung der Wurzel dieses Zahns verzerrt. Aus diesem Grund müssen Anpassungen in der Position des Punktes A vorgenommen werden, bevor die Lage der Maxilla in bezug auf die Nasionvertikale bestimmt werden kann. Gewöhnlich ist eine Korrektur von 1–2 mm erforderlich.

2. Beziehung des Unterkiefers zum Oberkiefer

A. Ober- und Unterkieferlänge. Als nächster Schritt der Analyse werden die Längen des Oberkiefers und des Unterkiefers zueinander in Beziehung gebracht. Sie lassen sich durch eine Variante der von *Harvold* (23, 24) entwickelten Methode bestimmen. Zuerst wird die *effektive*, nicht die bestehende anatomische Länge des Oberkiefers bestimmt, wozu eine Gerade vom Kondylion (dem am weitesten posterosuperior liegenden Punkt am Kondyluskopf des Unterkiefers) zum Punkt A gezogen und gemessen wird (*Abb. 3*). Hiervon wird die *effektive* Unterkieferlänge abgeleitet, indem man eine Gerade vom Kondylion zum anatomischen Gnathion (den am weitesten anteroinferior liegenden Punkt der Unterkiefersymphyse) zieht. Das Verhältnis zwischen der effektiven Länge des Oberkiefers und der des Unterkiefers bleibt im großen und ganzen gleich, ungeachtet der Größe des Patienten. Ist die Größe des Oberkiefers bekannt, läßt sich die effektive Unterkieferlänge vorherbestimmen (*Abb. 4*). Ein Neunjähriger mit ausgeglichenen Gesichtsmerkmalen hat z. B. einen Oberkiefer von 85 mm Länge und einen Unterkiefer von 105 mm Länge, also eine maxillomandibulare Differenz (Unterschied zwischen der effektiven Oberkieferlänge und der effektiven Unterkieferlänge) von 20 mm (*Abb. 3A*). Die effektive Oberkieferlänge einer erwachsenen Frau beträgt 93 mm, die effektive Unterkieferlänge 120 mm, somit beläuft sich die maxillomandibulare Differenz auf 27 mm (*Abb. 3B*). Bei einem großen Individuum, etwa einem erwachsenen Mann, kann die Länge des Oberkiefers 100 mm, die des Unterkiefers 130 mm betragen, was eine Differenz von 30 mm ergibt (*Abb. 3C*). Von ausschlaggebender Bedeutung ist also die *relative Größe* der Kiefer, nicht das Alter des Patienten.

Nachfolgend werden anhand von drei Fällen Beispiele verschiedener Verhältnisse zwischen der Ober- und Unterkieferlänge erläutert. *Abbildung 5A* zeigt einen 22 Jahre alten Mann mit einer Klasse-II/1-Okklusionsanomalie. Die effektive Oberkieferlänge beträgt hier 96 mm. Gemäß der in *Abbildung 4* gezeigten Graphik müßte aufgrund des Verhältnisses zwischen Oberkiefer und Unterkiefer die effektive Unterkieferlänge des Patienten 124 mm betragen. Tatsächlich aber ist sein Unterkiefer nur 112 mm lang, was also eine Verkürzung um 12 mm bedeutet, da die Position des Oberkiefers in bezug auf die Nasionvertikale ideal ist. *Abbildung 5B* zeigt eine 26 Jahre alte Patientin mit einer effektiven Oberkieferlänge von 93 mm. Die einem Oberkiefer dieser Größe entsprechende effektive Länge des Unterkiefers beträgt gemäß Graphik (*Abb. 4*) 120 mm. Nach der Lage

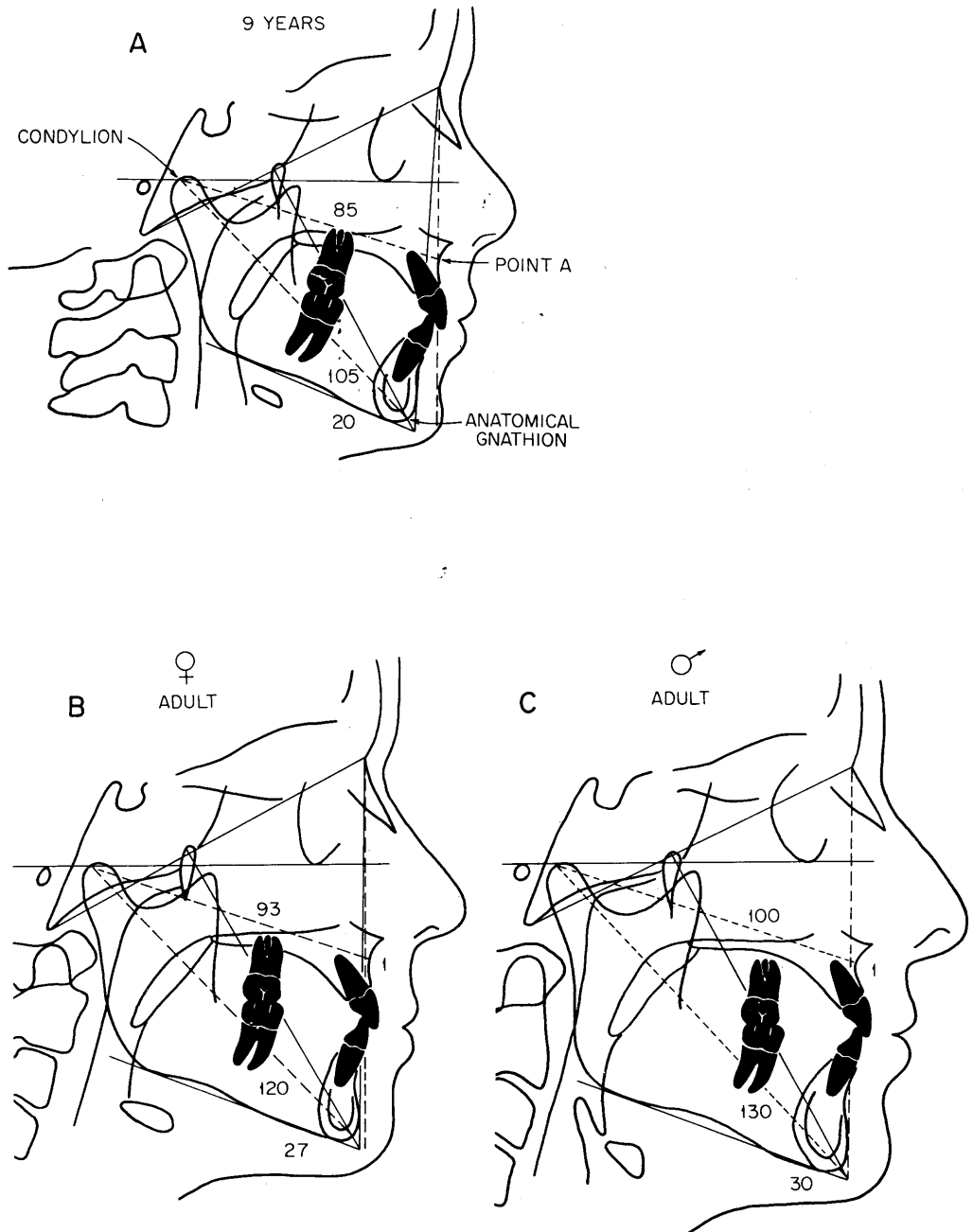


Abb. 3: Bestimmung der effektiven Oberkieferlänge (Abstand Punkt A – Kondylion) und der effektiven Unterkieferlänge (Abstand Kondylion – anatomisches Gnathion). A: Idealfall, 9 Jahre alt. B: Idealfall, erwachsen, weiblich. C: Idealfall, erwachsen, männlich.

des Punktes A in bezug auf die Nasionvertikale weist der Oberkiefer ein ideales anteroposteriores Verhältnis zur Schädelbasis auf. Somit ist der Unterkiefer um 9 mm zu lang.

Abbildung 5C zeigt einen Patienten mit einer Klasse-III-Okklusionsanomalie, die klinisch durch einen retrusiven Oberkiefer (Abstand Punkt A – Nasionvertikale – 3 mm) und einen prognathen Unterkiefer gekennzeichnet ist. Die maxillomandibuläre Differenz ist um etwa 14 mm größer als erwartet. In diesem Fall hat das Kiefermißverhältnis seine Ursache in dem rückwärts verlagerten Oberkiefer und der nach vorn gerichteten Unterkieferposition.

B. Vertikale Dimension. Das Verhältnis des Oberkiefers zum Unterkiefer hängt weitgehend von der unteren vorderen Gesichtshöhe ab. (Anmerkung: Die obere Gesichtshöhe wird in der vorliegenden Analyse gewöhnlich nicht berücksichtigt, ausgenommen bei extrem schweren Anomalien.) Die untere Gesichtshöhe wird in unserer analytischen Methode von der vorderen Spina nasalis zum Menton gemessen. Die Länge dieser Linie nimmt mit dem Alter zu und steht in Beziehung zur effektiven Länge des Oberkiefers (Abb. 4). Der Meßwert der unteren

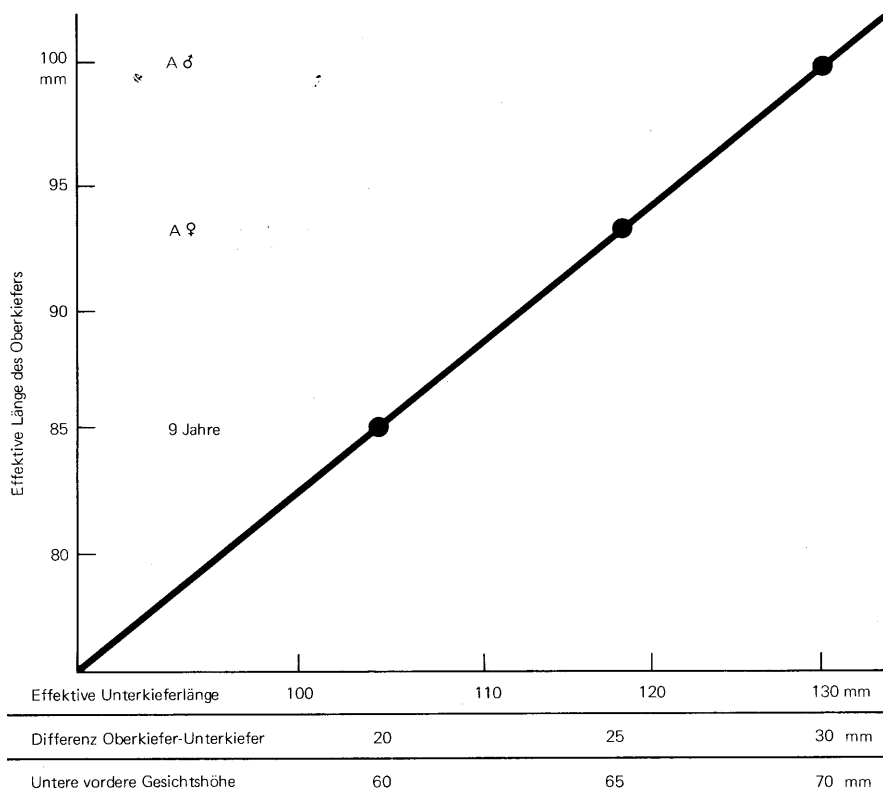


Abb. 4: Graphische Darstellung des Verhältnisses zwischen effektiver Oberkieferlänge und effektiver Unterkieferlänge, der maxillomandibularen Differenz sowie der unteren, vorderen Gesichtshöhe.

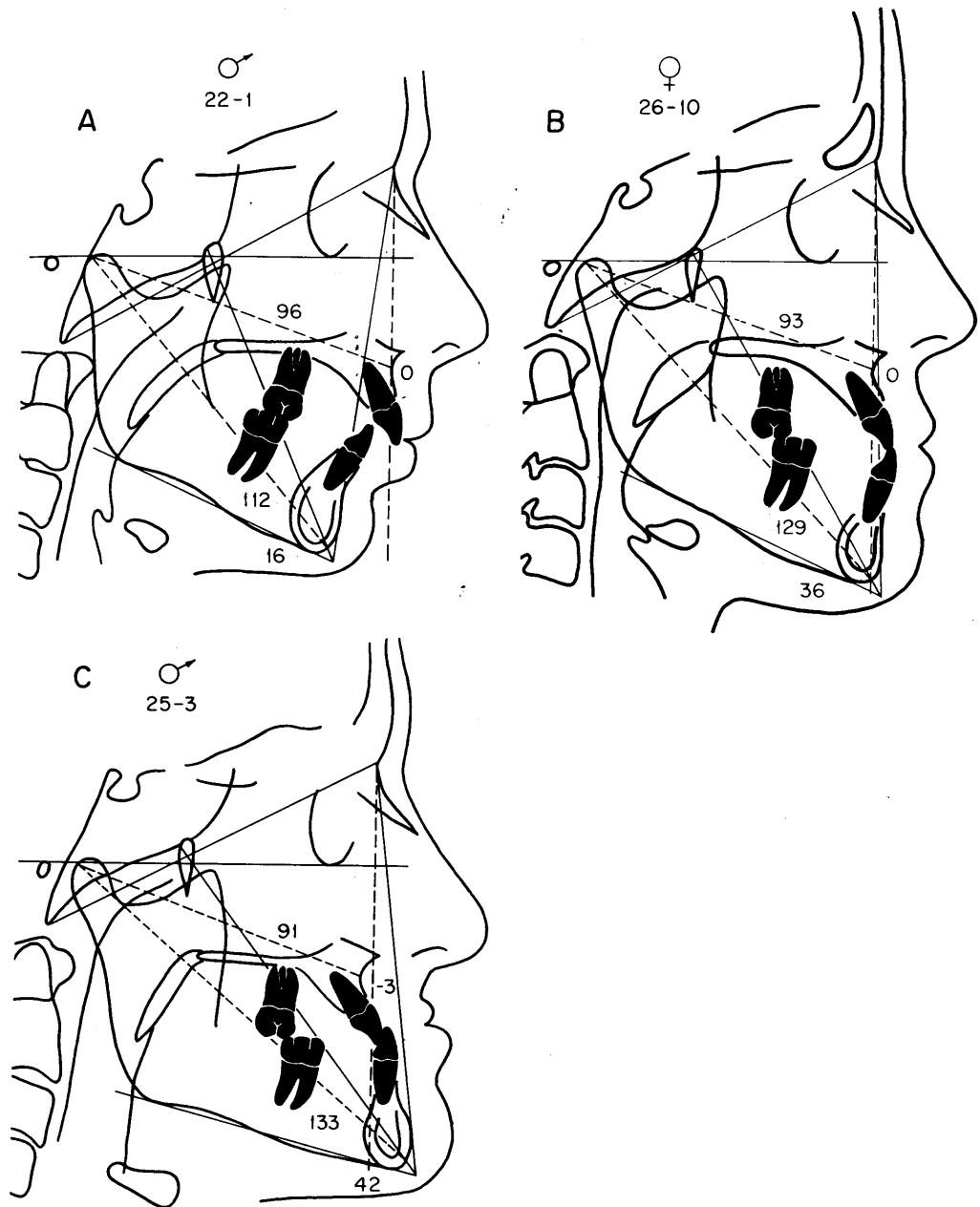


Abb. 5A: Kephalometrische Durchzeichnung eines 22 Jahre alten Mannes mit einer skelettalen Unterkieferverkürzung von 12 mm. Oberkieferposition normal. B: Kephalometrische Durchzeichnung einer 26 Jahre alten Frau mit einer skelettalen Unterkieferüberlänge von 9 mm. C: Kephalometrische Durchzeichnung eines 25 Jahre alten Mannes mit skelettaler Oberkieferverkürzung von 4 mm und skelettaler Unterkieferüberlänge von 9 mm.

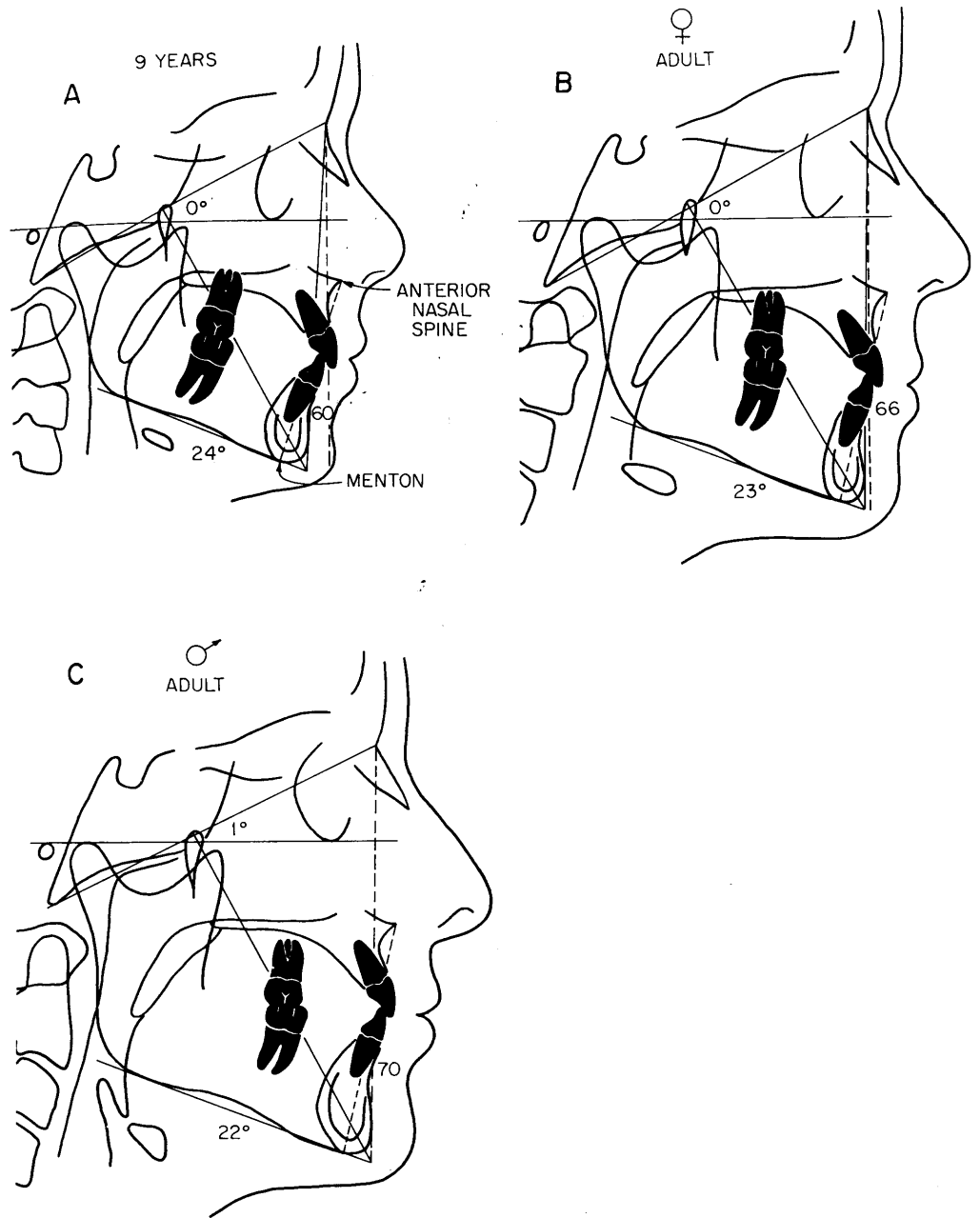


Abb. 6: Bestimmung der unteren vorderen Gesichtshöhe durch die Linie vordere Spina nasalis - Menton. A: Idealfall, 9 Jahre alt. B: Idealfall, erwachsen, weiblich. C: Idealfall, erwachsen, männlich.

Gesichtshöhe beträgt für den Idealfall des neunjährigen Patienten mit einer effektiven Oberkieferlänge von 85 mm 60 mm (Abb. 6A). Der effektiven Oberkieferlänge von 93 mm (Abb. 6B) entspricht eine untere Gesichtshöhe von 66 mm. Bei einem großen Individuum mit der effektiven Oberkieferlänge von 100 mm beträgt die untere Gesichtshöhe etwa 70 mm (Abb. 6C). Dem Verhältnis zwischen effektiver Oberkieferlänge und unterer Gesichtshöhe liegen die Bolton-Standardwerte zugrunde (27).

Zur Veranschaulichung des Verhältnisses zwischen Unterkieferlänge und unterer vorderer Gesichtshöhe kann man eine Figur konstruieren, die schematisch ein Individuum mit der effektiven Oberkieferlänge von 100 mm (Durchschnittswert eines erwachsenen Mannes) darstellt. Bei einer effektiven Oberkieferlänge von 100 mm ist eine effektive Unterkieferlänge von 130 mm und eine untere Gesichtshöhe von 70 mm zu erwarten (Abb. 7). Punkt A wird 1 mm vor der Nasionvertikalen, das Pogonion auf ihr liegen. Eine Zunahme oder Abnahme der unteren Gesichtshöhe kann tiefgreifenden Einfluß auf das horizontale Verhältnis zwischen Maxilla und Mandibula haben. Wird z. B. die Mandibula nach unten rückwärts rotiert, entfernt sich der Kinnpunkt von der Nasionvertikalen, da die untere vordere Gesichtshöhe zunimmt. Im dargestellten Beispiel bewegt sich der Kinnpunkt wegen der Unterkieferrotation um 13 mm nach rückwärts. Verkürzt sich die vordere Gesichtshöhe aufgrund der Autorotation des Unterkiefers

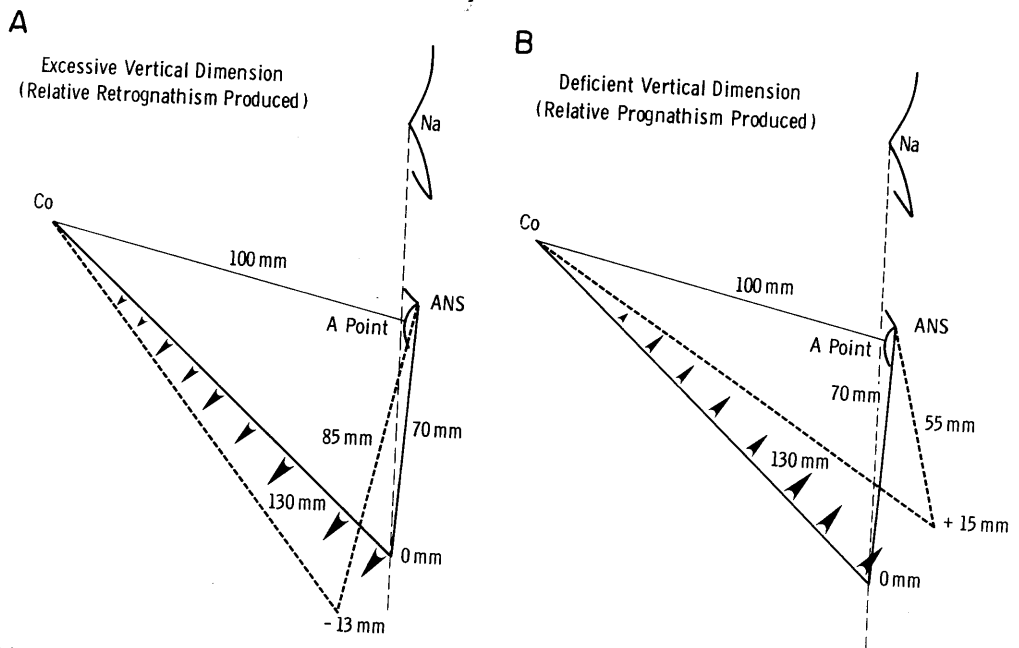


Abb. 7: Verhältnis zwischen unterer vorderer Gesichtshöhe und effektiver Unterkieferlänge. A: Eine übermäßige vertikale Veränderung um 15 mm verursacht eine effektive Unterkieferretrusion von 13 mm. B: Die Verkürzung der vertikalen Dimension um 15 mm ergibt eine relative Protrusion der Mandibula um 15 mm.

um 15 mm, bewegt sich der Kinnpunkt um 15 mm nach vorn (*Abb. 7B*). Als klinische Richtschnur gilt, daß ein Millimeter Veränderung der vertikalen Dimension einen Millimeter Veränderung in horizontaler Dimension verursacht.

Abbildung 6 zeigt zwei weitere Messungen, den Mandibularebenenwinkel (Winkel zwischen der anatomischen Frankfurter Ebene und der Mandibularebene) und die (faziale) Wachstumsachse nach Ricketts (10–12). Letztere ist bestimmt durch eine Gerade vom Basion zum Nasion, die die Schädelbasis darstellt, und eine zweite Gerade, die vom posterosuperioren Teil der pterygomaxillaren Fissur zum anatomischen Gnathion gezogen wird. Bei ausgeglichenen Gesichtsverhältnissen sollen diese beiden Geraden senkrecht aufeinander stehen. Das Abweichen der Wachstumsachse von diesem 90-Grad-Winkel ermöglicht eine Beurteilung der horizontalen oder vertikalen Gesichtsentwicklung. Übermäßiges vertikales Gesichtswachstum wird durch negative, unzureichendes Vertikalwachstum durch positive Werte ausgedrückt.

Abbildung 8A zeigt die kephalometrische Durchzeichnung einer 15 Jahre alten Patientin mit einer Klasse-II/2-Okklusionsanomalie. Die effektive Länge des Oberkiefers beträgt 99 mm (diese Länge kann wegen der anterioren Position der oberen Schneidezahnwurzeln um etwa 2 mm verkürzt werden). Bei einer berichtigten effektiven Oberkieferlänge von 97 mm dürfte sich die effektive Länge des Unterkiefers auf etwa 126 mm einstellen. Obwohl der Unterkiefer tatsächlich um 5 bis 6 mm kürzer ist als der erwartete Wert, liegt das Pogonion auf der Nasionvertikalen. Dies erklärt sich aus dem Umstand, daß die vordere Gesichtshöhe um 6 bis 7 mm zu niedrig ist, so daß der Unterkiefer nach vorwärts rotieren kann, wodurch die Schwere der Unterkieferretrusion verdeckt wird. Wäre die vordere Gesichtshöhe korrekt, läge das Pogonion 6 bis 7 mm hinter der Nasionvertikalen.

Abbildung 8B zeigt ein schweres skelettales Kiefermißverhältnis. Der Patient hat einen leicht retrusiven Oberkiefer und einen übermäßig retrudierten Unterkiefer. Wegen der zu großen unteren Gesichtshöhe erscheint das Kinn noch zusätzlich retrudiert.

Der Oberkiefer des 25 Jahre alten Patienten in *Abbildung 8C* ist effektiv 93 mm lang. Die entsprechende effektive Unterkieferlänge müßte 120 mm betragen, tatsächlich aber ist der Meßwert 128 mm, was auf eine Unterkieferprognathie hinweist. Da jedoch die untere vordere Gesichtshöhe mit 82 mm um etwa 15 mm größer als erwartet ist, erhält man aufgrund der übermäßigen Unterkieferlänge und der noch exzessiveren vorderen Gesichtshöhe den Eindruck eines länglichen Gesichts mit offensichtlich retrusiver Mandibula. Auch hier wird das tatsächliche Problem durch die vordere Gesichtshöhe verdeckt. Wäre der Gesichtshöhenwert korrekt, würde der Unterkiefer nach vorn in eine mehr der Klasse III entsprechende Position rotieren.

Aus obigen Erläuterungen wird deutlich, daß man wegen des Zusammenhangs zwischen der unteren vorderen Gesichtshöhe und der anteroposterioren Position des Pogonions zuerst diese untere Gesichtshöhe bestimmen sollte, bevor die gegebene Okklusionsanomalie einer Klasse I, II oder III zugeordnet wird. Die zur Beschreibung der skelettalen Verhältnisse benutzte Sprache dient fachspezifisch der Kennzeichnung dieser Aspekte. So ist z. B. ein Terminus wie »Unterkieferretrognathie« nicht gleichbedeutend mit »Klasse-II-Okklusionsanomalie«.

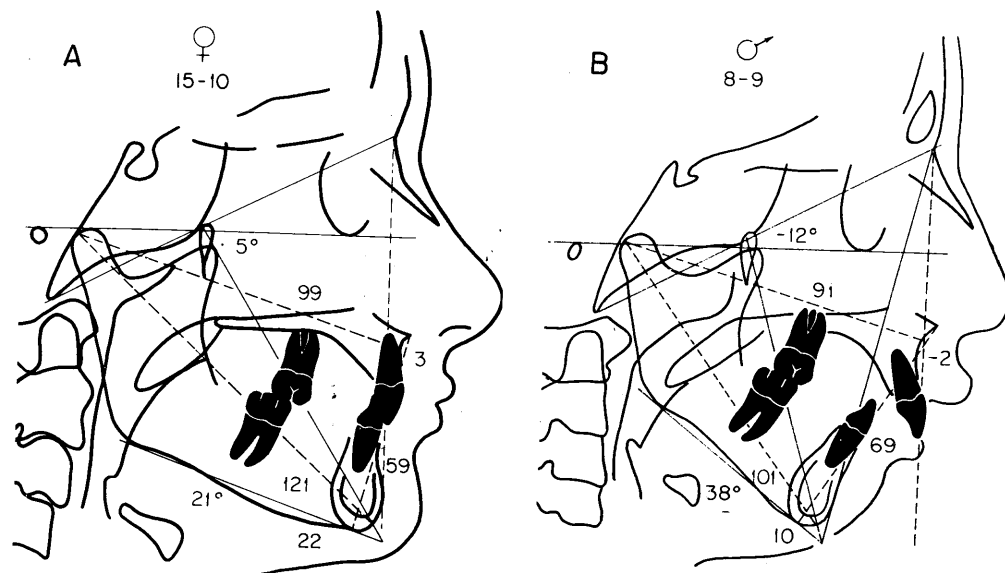
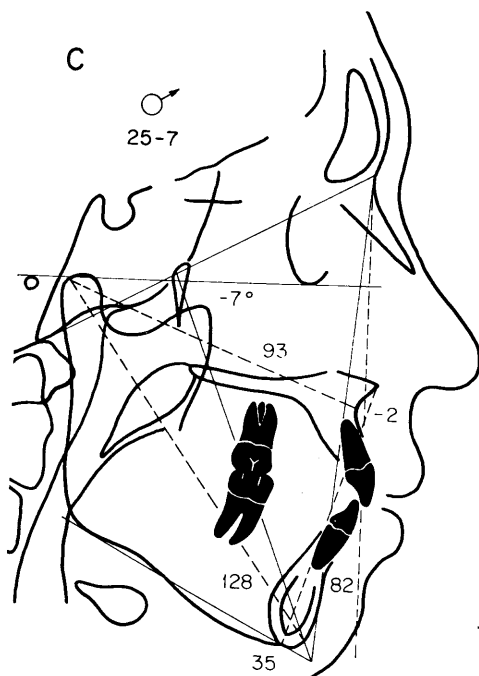


Abb. 8A: Kephalometrische Durchzeichnung eines 15 Jahre alten Mädchens mit einer Klasse-II/2-Okklusionsanomalie. Die labiale Position der Wurzel des mittleren Oberkieferschneidezahns macht eine Anpassung bzw. Verkürzung der effektiven Oberkieferlänge von 99 auf 97 mm erforderlich. Das relative Defizit von 7 mm in der Unterkieferlänge wird verdeckt durch die um 8 mm zu kurze vordere Gesichtshöhe und die Vorwärtsrotation des Unterkiefers.

B: Kephalometrische Durchzeichnung eines 8 Jahre alten Jungen mit geringer skelettaler Oberkieferretrusion (2 mm) und einem effektiv um 16 mm zu kurzen Unterkiefer. Wegen der um 5 mm zu großen unteren Gesichtshöhe ist das Erscheinungsbild des Patienten noch stärker retrognath.



C: Kephalometrische Durchzeichnung eines 25 Jahre alten Mannes. Der Patient hat eine relative skelettale Oberkieferretrusion von 3 mm und eine skelettale Unterkieferprotrusion von 7 mm. Sein Aussehen ist jedoch wegen der um 15 mm zu großen unteren Gesichtshöhe retrognath.

Zur Identifizierung der dentalen Okklusionanomalie ist die Angle-Klassifikation sehr nützlich, für die Beschreibung der skelettalen Verhältnisse aber ist sie nicht geeignet. Die skelettalen Verhältnisse lassen sich am besten durch spezielle und veranschaulichende Termini wie »Unterkieferretrognathie« oder »Unterkieferprognathie« charakterisieren.

3. Beziehung des oberen Schneidezahns zur Maxilla

A. Anteroposteriore Position. Als nächster Schritt ist die Position des oberen Schneidezahns in bezug auf die Maxilla zu bestimmen. Zu schwerwiegenden Fehlern kann es kommen, wenn die obere Schneidezahnposition aufgrund irgendwelcher Messungen bestimmt wird, die den Unterkiefer als Bezugsgröße benutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung der Linie A-Po (10–12). Eine Untersuchung von 277,8 bis 10 Jahre alten Individuen mit Klasse-II-Okklusionsanomalien (28) hat ergeben, daß bei 50 bis 70 Prozent der Klasse-II-Fälle eine skelettale Unterkieferretrusion besteht. In einer solchen skelettalen Konfiguration

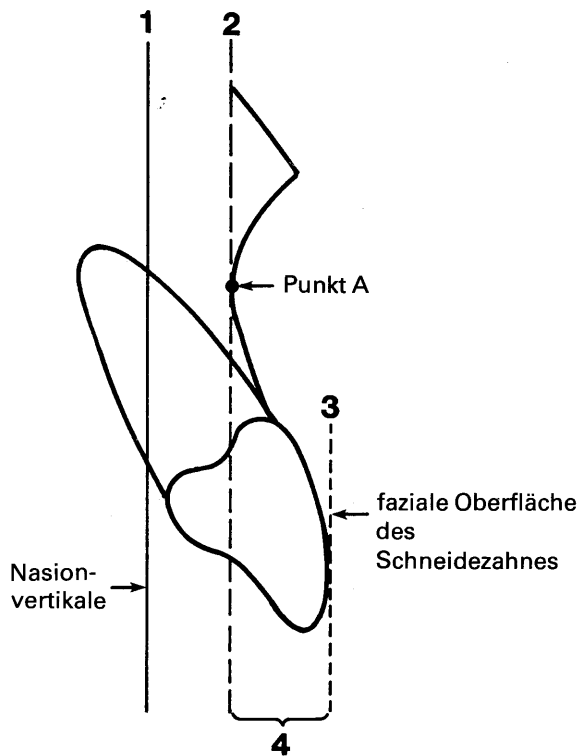


Abb. 9: Bestimmung der anteroposterioren Position des oberen Schneidezahns in bezug auf Punkt A: 1 Nasionvertikale.

2 »Punkt-A-Vertikale«, eine Parallele zur Nasionvertikalen durch Punkt A.

3 Parallele zur Nasionvertikalen durch den vordersten Punkt des oberen Schneidezahns.

4 Anteroposteriorer Abstand zwischen oberem Schneidezahn und Punkt A.

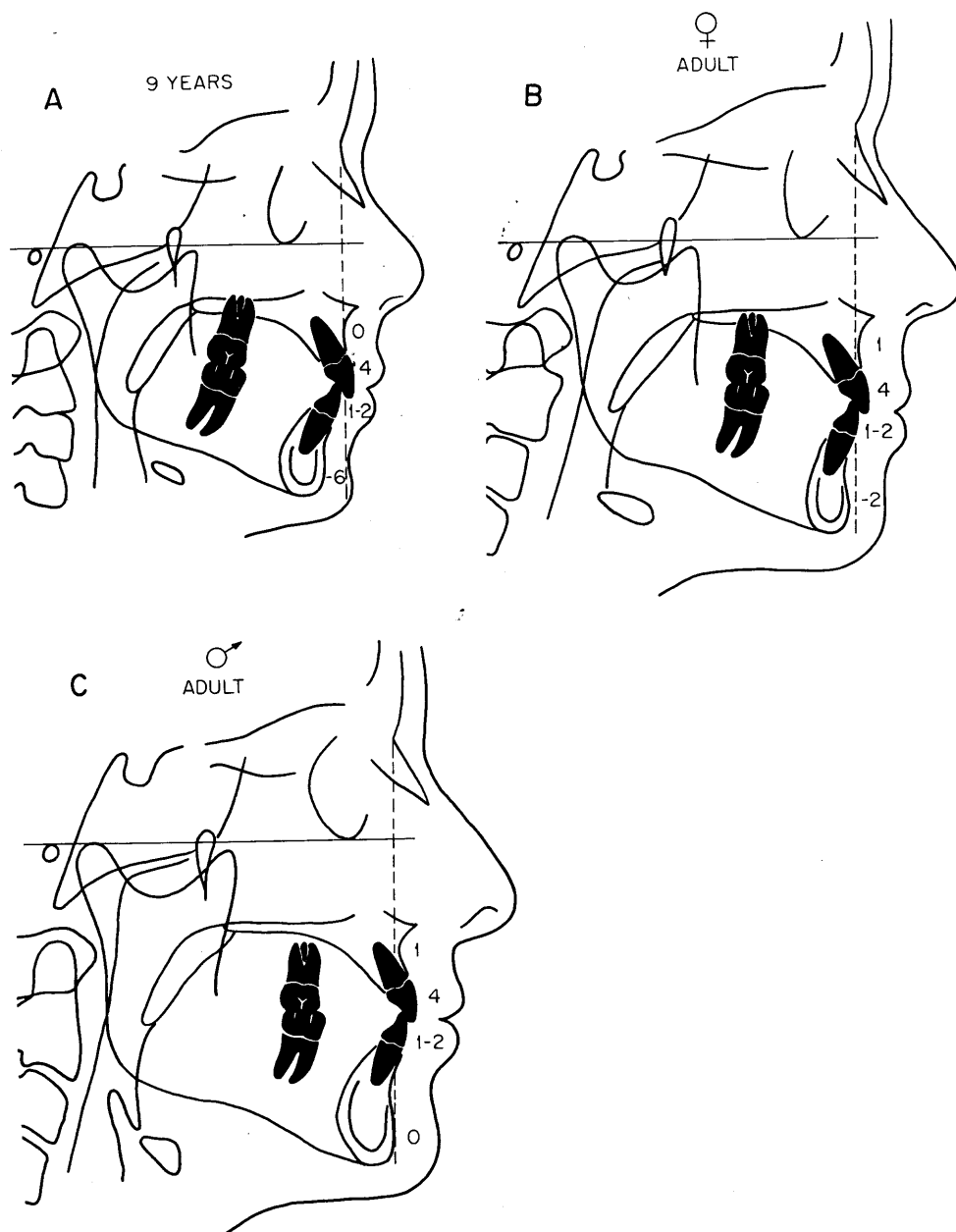


Abb. 10: Position der oberen und unteren Schneidezähne sowie des Pogonions in einem ausgeglichenen Gesicht. Ungeachtet des Alters befinden sich die oberen Schneidezähne 4 bis 5 mm vor einer durch Punkt A gezogenen Linie. Die unteren Schneidezähne liegen 1 bis 2 mm vor einer von Punkt A zum Pogonion gezogenen Geraden. Der Abstand zwischen Pogonion und Nasionvertikaler ist je nach Alter des Patienten unterschiedlich. A. Idealfall, 9 Jahre alt. B. Idealfall, erwachsen, weiblich, C. Idealfall, erwachsen, männlich.

kann der Unterkiefer nur dann als Bezugsgröße für die obere Schneidezahnposition Verwendung finden, wenn die Lage des Unterkiefers unverändert als Behandlungsziel akzeptiert wird, wie etwa bei einem nicht mehr im Wachsen befindlichen Patienten, für den ein chirurgischer Eingriff nicht vorgesehen ist. Es ist daher logisch, die Position des oberen Schneidezahns durch Messungen zu ermitteln, die den dentalen Teil der Maxilla mit deren skelettalen Teil in Beziehung bringen. Zu diesem Zweck wird eine senkrechte Linie durch Punkt A parallel zur Nasionvertikalen gezogen (*Abb. 9*). Dann wird der Abstand zwischen dieser »Punkt-A-Vertikalen« und der fazialen Seite des oberen Schneidezahns gemessen. Der horizontale Meßwert des Abstands Punkt A – faziale Schneidezahnfläche beträgt 4 bis 5 mm (*Abb. 10*). *Abbildung 11A* zeigt eine Patientin mit protrudiertem Oberkieferschneidezahn, jedoch relativ normaler Position der Maxilla. *Abbildung 11B* ist die Durchzeichnung einer Patientin mit skelettaler und dentoalveolarer Oberkieferprotrusion. Die Patientin von *Abbildung 11C* hat retrudierte Oberkieferschneidezähne.

B. Vertikale Position. Die vertikale Position des oberen Schneidezahns läßt sich am besten zum Zeitpunkt der klinischen Untersuchung bestimmen, jedoch kann auch eine Fernröntgenaufnahme mit Lippen in Ruhestellung von Nutzen sein. Im charakteristischen Fall liegt die Schneidekante des oberen Schneidezahns 2 bis 3 mm unterhalb der Oberlippe bei Ruhestellung. Allerdings können je nach den funktionellen Verhältnissen der Lippenmuskulatur bezüglich dieser Position Anpassungen stattfinden.

4. Beziehung des unteren Schneidezahns zur Mandibula

Wie der obere Schneidezahn zur Maxilla, wird auch der untere Schneidezahn zur Mandibula in Beziehung gebracht. Besprochen werden sowohl die anteroposteriore als auch die vertikale Dimension.

A. Anteroposteriore Position. Die anteroposteriore Position des unteren Schneidezahns kann man mit Hilfe der herkömmlichen oder einer modifizierten Ricketts-Methode zur Messung des Abstandes zwischen der fazialen Fläche des unteren Schneidezahns und der Linie A-Po bestimmen (*Abb. 10*). Die faziale Seite des unteren Schneidezahns liegt etwa 1 bis 2 mm anterior der Linie A-Po. In einem gut ausgeglichenen Gesicht (Bolton-Standardwerte) befindet sich diese faziale Schneidezahnfläche etwa 1,5 mm vor der A-Po-Linie. Im Falle einer Diskrepanz in den anteroposterioren oder vertikalen Lageverhältnissen der Mandibula und Maxilla, sind, wie nachfolgend erläutert, Modifizierungen dieses Meßverfahrens erforderlich.

Zur Vorhersage der nach funktionellen oder chirurgischen Eingriffen vorgesehenen anteroposterioren Schneidezahnposition wird eine Durchzeichnung des Unterkiefers und des Schneidezahns angefertigt und die Unterkieferdurchzeichnung in das gewünschte Lageverhältnis zur Maxilla gebracht (*Abb. 12A*). Daraufhin ist eine neue Gerade von Punkt A zum Pogonion zu ziehen. Der Schneidezahn soll 1 bis 2 mm vor der konstruierten A-Po-Linie liegen.

In einer anderen Methode zur Bestimmung der unteren Schneidezahnposition ist zuerst die Strecke abzuschätzen, um die der Unterkiefer in bezug auf den Oberkiefer bei Behandlungsabschluß nach vorn verlagert sein soll. Daraufhin

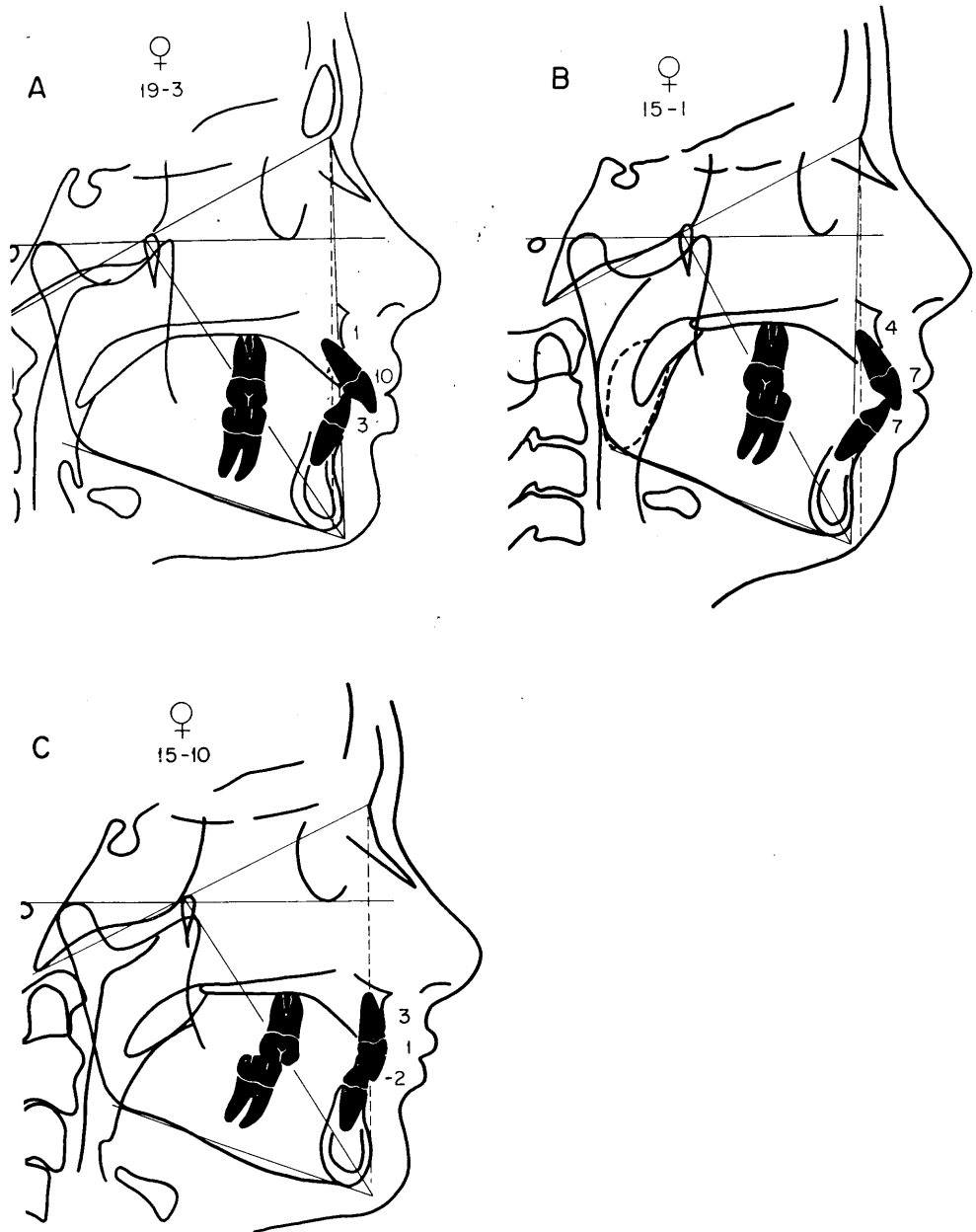


Abb. 11A: Patientin mit normaler Oberkieferposition und protrudierten oberen Zähnen. Die oberen Schneidezähne stehen 5 bis 6 mm nach vorne. Die unteren Schneidezähne stehen leicht anterior, befinden sich jedoch innerhalb normaler Standortgrenzen. B: Patientin mit skelettaler Oberkieferprotrusion sowie Protrusion der oberen und unteren Dentition. C: Patientin mit retrudierten Ober- und Unterkieferschneidezähnen.

wird ein neuer Punkt A im Abstand dieser Strecke in entgegengesetzter Richtung konstruiert (Abb. 12B). Auf diese Weise erhält man eine ungefähre posttherapeutische Linie A-Po, mit der sich die vorgesehene untere Schneidezahnposition ohne Anfertigung einer Schablonenzeichnung bestimmen läßt.

Abbildung 11B zeigt eine Patientin mit maxillärer und mandibulärer Protrusion. Diese Position ergibt sich aus dem Abstand von +7 mm zwischen oberem Schneidezahn und Oberkiefer sowie der Entfernung von +7 mm zwischen unterem Schneidezahn und A-Po-Linie. In Abbildung 11C ist eine Patientin mit dentoalveolärer Retrusion in beiden Zahnbögen zu sehen.

B. Vertikale Position des unteren Schneidezahns. Die vertikale Position des unteren Schneidezahns wird unter Bezugnahme auf die vordere Gesichtshöhe beurteilt. Zur Abschätzung des vor der Behandlung bestehenden Überbisses wird zuerst die Schneidezahnneigung mit der funktionellen Okklusionsebene verglichen. Ist die Spee'sche Kurve übermäßig groß, hat man sich zu entscheiden, ob die Unterkieferschneidezähne intrudiert oder die unteren Molaren extrudiert werden sollen. Der bestimmende Faktor hierfür ist das Verhältnis der vorderen unteren Gesichtshöhe zur effektiven Oberkieferlänge (Abb. 4). Ist der vordere Gesichtsbereich hoch oder normal, wird der Unterkieferschneidezahn intrudiert. Ist er dagegen kurz, bei extrudierter unterer Schneidezahnposition, sollte der

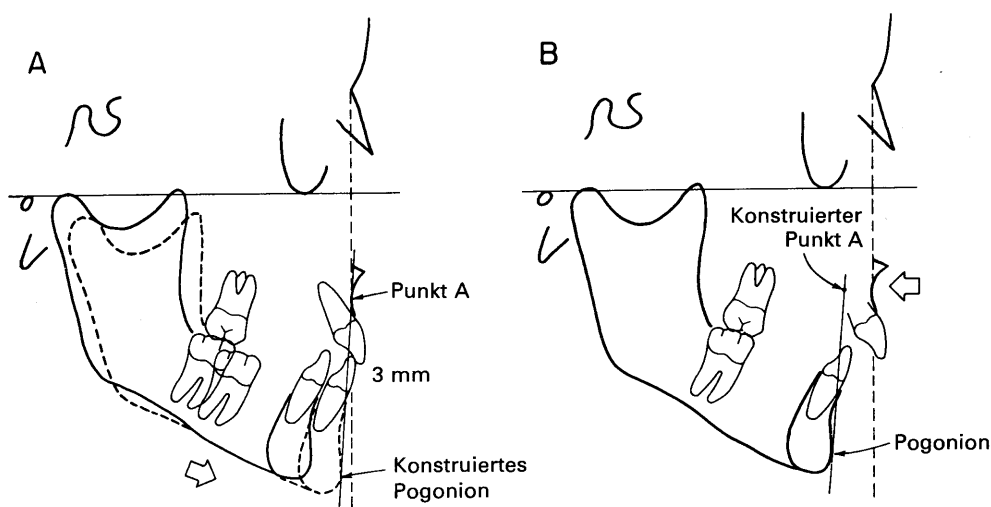


Abb. 12: Bestimmung der unteren Schneidezahnposition in Fällen mit skelettalen Mißverhältnissen. A: Eine Durchzeichnung der Mandibula wird in das vorgesehene Lageverhältnis zur Maxilla und zur Schädelbasis geschoben. Daraufhin kann man eine neue A-Po-Linie konstruieren. Im angeführten Beispiel liegt nun der untere Schneidezahn 3 mm vor der neuen A-Po-Linie. B: Der Umfang der gewünschten Vorwärtsbewegung des Pogonions ist zu messen. Punkt A wird dann um die gleiche Strecke in die entgegengesetzte Richtung verschoben. Die ideale A-Po-Linie verläuft durch den neuen Punkt A und das Pogonion. Hierauf kann die untere Schneidezahnposition gemessen werden.

Molar extrudiert werden. Es zeigt sich, daß die anteriore Verlagerung des Unterkiefers bei einem Patienten mit tiefem Überbiß eine beträchtliche Zunahme der unteren Gesichtshöhe erforderlich macht. Dies kann aber für Patienten mit normaler oder großer unterer Gesichtshöhe nachteilige Auswirkungen haben. Aus diesem Grund werden hier die Schneidezähne intrudiert. Für einen Patienten mit Überbiß, dessen unterer Gesichtsbereich niedrig ist, kann jedoch eine anteroinferiore Verlagerung der Mandibula auf eine Kopfbißposition im Schneidezahnbereich von Vorteil sein. Dies wiederum würde einen Durchbruch der Seitenzähne zur Folge haben, wodurch der vorübergehende offene Biß im Seitenzahnbereich geschlossen würde.

Durch die anteroposteriore und vertikale Steuerung der unteren Schneidezahnposition wird eine maximale Verlagerung der Knochenelemente möglich.

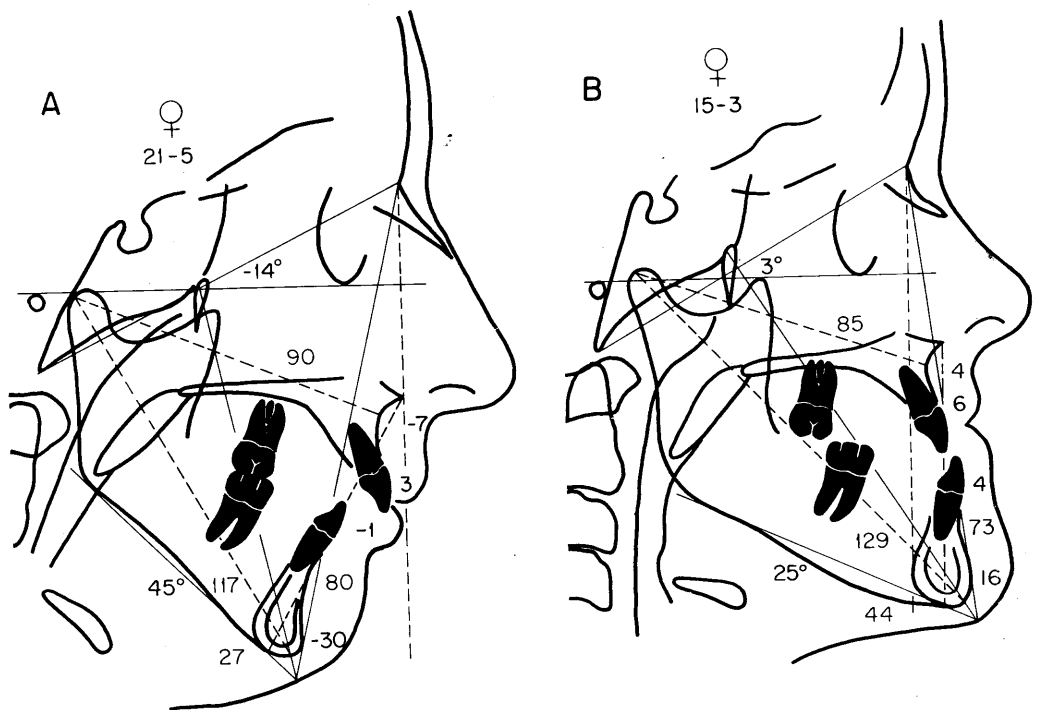


Abb. 13A: Kephalometrische Durchzeichnung einer Patientin mit skelettaler Oberkieferretusion, schwerer skelettaler Unterkieferretusion und übermäßig hohem Gesicht im vorderen Bereich. B: Kephalometrische Durchzeichnung einer 15 Jahre alten Patientin mit Unterkieferprogenie. Der Fall ist typisch für eine Klasse-III-Patientin, deren oberer Gesichtsbereich, insbesondere am Nasion, klinisch gesehen unzureichend zu sein scheint, weshalb die Nasionvertikale irrtümlicherweise zu weit posterior orientiert ist. Bei dieser Art von Patienten sind bezüglich der Nasionvertikalen Veränderungen vorzunehmen.

5. Beziehung der Mandibula zur Schädelbasis

Das Verhältnis des Unterkiefers zur Schädelbasis wird durch den Abstand Pogonion – Nasionvertikale bestimmt. So liegt z. B. bei einem 9 Jahre alten Individuum mit ausgeglichenen Gesichtsmerkmalen das Pogonion – 6 mm bis – 8 mm (– 8 mm bis – 6 mm) hinter der Nasionvertikalen (*Abb. 10A*). Bei einem erwachsenen Individuum mit mittelgroßer Maxilla (z. B. 93 mm) liegt das Pogonion gewöhnlich – 4 mm bis 0 mm hinter der Nasionvertikalen (*Abb. 10B*). Die Meßwerte für die Kinnposition eines größeren Individuums, etwa eines erwachsenen Mannes, betragen bezüglich der Nasionvertikalen – 2 mm bis + 2 mm (*Abb. 10C*).

Abbildung 13A zeigt eine erwachsene Patientin mit retrusiver Maxilla, retrusiver Mandibula, steilem Mandibularebenenwinkel und einem Abstand von – 3 mm zwischen Pogonion und Nasionvertikaler. *Abbildung 13B* zeigt eine prognathe Patientin, deren Pogonion 16 mm vor der Nasionvertikalen liegt.

6. Analyse der Luftwege

Die Möglichkeit einer Behinderung der Luftwege wird mit Hilfe von zwei Messungen untersucht.

a) Oberer Rachen

Die obere Rachenweite wird von einem Punkt am hinteren Rand des weichen Gaumens zum nächstgelegenen Punkt der hinteren Pharynxwand gemessen. Die Messung erfolgt an der vorderen Hälfte des Randes des weichen Gaumens, weil der Bereich unmittelbar an der hinteren Nasenöffnung zur Bestimmung der oberen Atemöffnung untauglich ist. Die Umriss des Nasenrachenraums auf einer Fernröntgenaufnahme sind die zweidimensionale Darstellung einer dreidimensionalen Struktur. Eine offensichtliche Atemwegverstopfung, wie sie sich zeigt, wenn der Meßwert der oberen Rachenweite 5 mm oder weniger beträgt, wird nur als Indikator für eine mögliche Behinderung der Luftwege betrachtet. Eine endgültige Diagnose kann nur durch einen Facharzt für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten nach einer klinischen Untersuchung gestellt werden. *Abbildung 14A* zeigt eine Patientin mit einer *möglichen* adenoiden Verstopfung der oberen Luftwege, da die obere Rachenweite auf 2 mm verengt ist. Eine typische Messung der oberen Rachenweite ist in *Abbildung 14B* zu sehen.

Wenn ein Patient im Augenblick der Röntgenaufnahme schluckt, erscheint der weiche Gaumen wie ein umgekehrtes V, weil die Musculi tensor und levator veli palatini den Gaumen während des Schließens nach oben ziehen. Bei einer solchen Stellung des weichen Gaumens ist der Meßwert für die obere Rachenweite nur von begrenztem Nutzen.

b) Unterer Rachen

Die untere Rachenweite wird vom Schnittpunkt des hinteren Zungenrandes und des unteren Mandibularandes zum nächstliegenden Punkt der hinteren Rachenwand gemessen. Nach den Bolton-Standardwerten (27) beträgt dieser Meßwert im Durchschnitt 10 bis 11 mm. Im Gegensatz zum oberen Pharynx ist für den unteren Rachen ein kleinerer Durchschnittswert nicht ungewöhnlich. Wegen der Position der Zunge gegen den Rachen ist eine Verengung des unte-

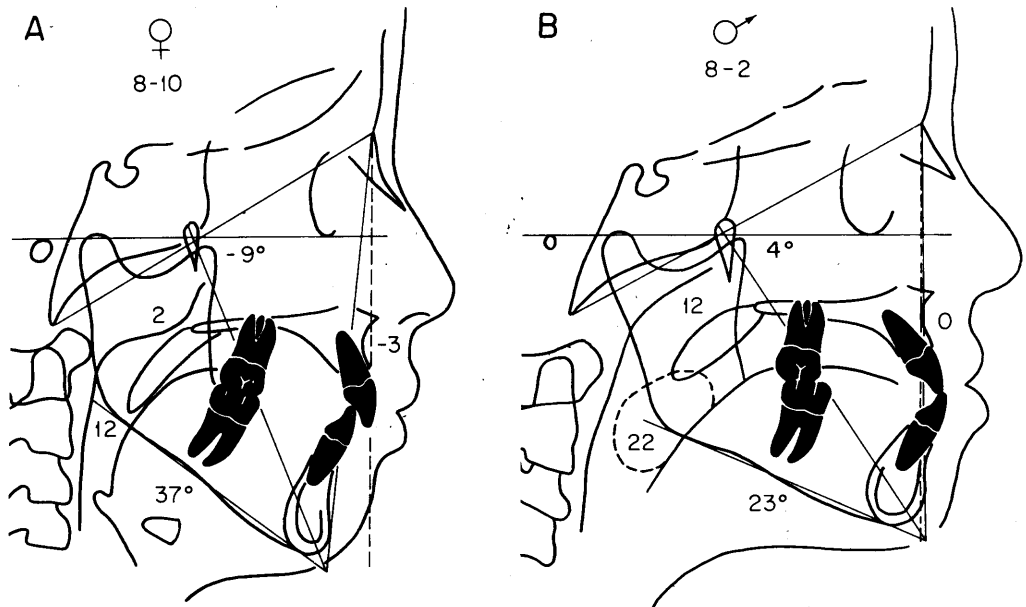


Abb. 14A: Bestimmung möglicher Beeinträchtigungen des oberen Luftweges bei einer Patientin mit übermäßiger adenoider Gewebsmasse. Der Abstand zwischen dem hinteren Teil des weichen Gaumens und dem nächstgelegenen Punkt der hinteren Rachenwand beträgt 2 mm. Der untere Luftweg weist normale Meßwerte auf (12 mm). Zu beachten ist, daß die Patientin einen steilen Mandibularebenenwinkel und einen negativen Wachstumsachsenwinkel hat. B: Patient mit Mandelschwellungen und nach vorne verlagertes Zungenposition. Der Abstand zwischen dem Schnittpunkt hinterer Zungenrand – unterer Mandibularand und dem nächstgelegenen Punkt der hinteren Rachenwand beträgt 22 mm. Die Weite des oberen Luftweges (12 mm) ist normal. Der Wachstumsachsenwinkel des Patienten ist positiv, der Mandibularebenenwinkel relativ normal.

ren Rachenbereichs selten zu beobachten. Eine untere Rachenweite von mehr als 15 mm jedoch läßt auf eine anteriore Zungenposition schließen, deren Ursache entweder ein Habit oder eine Mandelschwellung sein kann. Die Bestimmung der Zungenposition ist für die Diagnose bestimmter klinischer Verhältnisse, wie etwa der Unterkieferprogenie, des dentoalveolaren Kreuzbisses im vorderen Bereich oder der bialveolaren Protrusion der Zähne, von Bedeutung. Solche klinischen Verhältnisse können mit einer nach vorwärts gerichteten Zungenposition und/oder mit einer Mandelschwellung in Zusammenhang stehen. *Abbildung 14A* zeigt eine Patientin mit normalen pharyngealen Größenverhältnissen. Der Patient in *Abbildung 14B* hat einen zu weiten unteren Rachen, seine Zunge ist nach vorwärts gerichtet. (Anmerkung: Die anteroposterioren und superioinferioren Größenverhältnisse der Mandeln können ebenfalls kephalometrisch vermessen werden.)

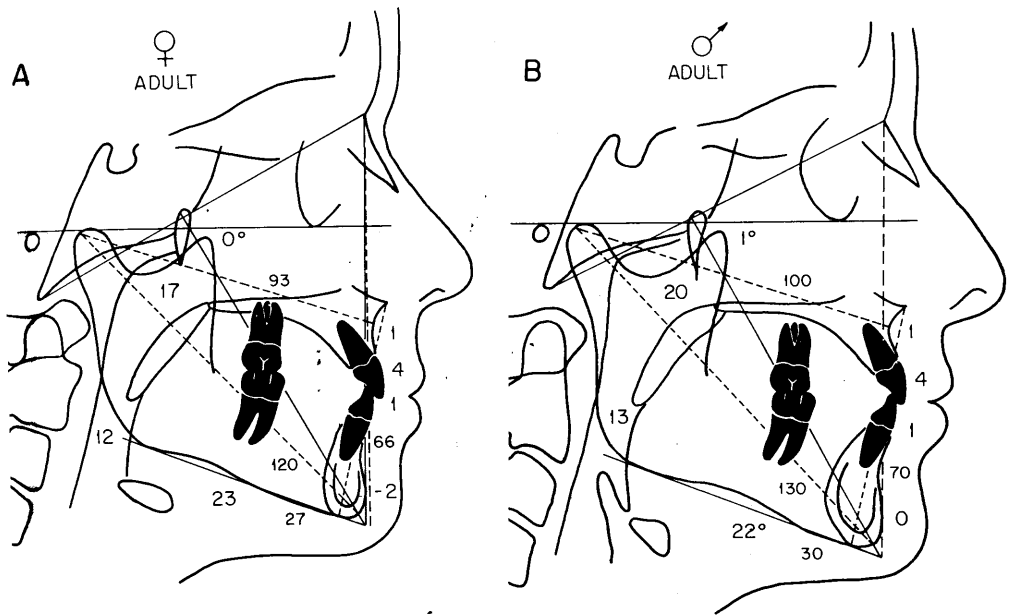


Abb. 15: Zusammenfassung der Meßwerte für die statische Analyse des erwachsenen Patienten. A: Idealfall, weiblich. B: Idealfall, männlich.

Abbildung 15 gibt einen Überblick aller vorstehend erläuterten Vermessungen bei erwachsenen Patienten. Der heranwachsende Patient wird nachfolgend einer Betrachtung unterzogen.

Dynamische Analyse des heranwachsenden Patienten

Die nachfolgend beschriebenen, anhand von serienmäßig aufgenommenen Fernröntgenbildern erarbeiteten Analysemethoden finden zur Beurteilung von wachstums- oder behandlungsbedingten Veränderungen Anwendung.

Abbildung 16A zeigt die Durchzeichnung der Fernröntgenaufnahme eines 9 Jahre alten Idealfalles. Die effektive Länge der Maxilla beträgt 85 mm, die der Mandibula 105 mm, was einen maxillomandibularen Differenzwert von 20 mm ergibt. Die untere vordere Gesichtshöhe beträgt 60 mm. Der Oberkiefer weist das erwartete Verhältnis zur Schädelbasis (0 mm) auf, auch der obere Schneidezahn zeigt in bezug auf den Oberkiefer den erwarteten Abstand (4 mm) und der untere Schneidezahn befindet sich bezüglich des Unterkiefers in idealer Position (1 mm). Eingezeichnet sind auch der Mandibularebenenwinkel und die (faziale) Wachstumsachse nach Ricketts (10–12). Die Durchzeichnung in Abbildung 16B zeigt denselben Fall zwei Jahre später. Man schätzt, daß pro Jahr die effektive Oberkieferlänge um 1 bis 1,5 mm, die effektive Unterkieferlänge um 2 bis 3 mm und die vordere Gesichtshöhe um etwa 1 mm zunehmen. Spezielle altersbezo-

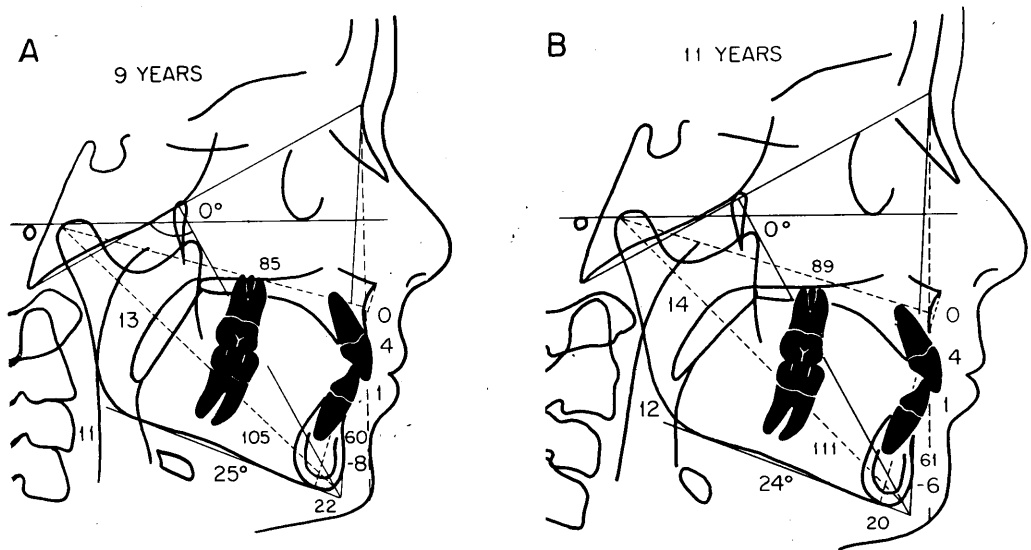


Abb. 16A: Kephalemtrische Durchzeichnung eines 9 Jahre alten Idealalles. B: Kephalemtrische Durchzeichnung des gleichen Falles zwei Jahre später.

gene Zuwachsraten für diese Messungen, wie sie anhand einer Gruppe von Individuen mit »ausgeglichenen Gesichtsmerkmalen« erarbeitet wurden, werden an anderer Stelle veröffentlicht (27).

Zu beachten ist, daß sich die Verhältnisse der Maxilla zur Schädelbasis, des oberen Schneidezahns zur Maxilla und des unteren Schneidezahns zur Mandibula während der Untersuchungszeit nicht verändert haben. Der Abstand des Pogonions zur Nasionvertikalen wird gewöhnlich um etwa 0,5 bis 1 mm pro Jahr kleiner. Die Wachstumsachse bleibt im großen und ganzen unverändert, während der Mandibularebenenwinkel alle drei Jahre um etwa 1 Grad abnimmt.

Überlagerungstechnik

Zur Überlagerung von serienmäßig aufgenommenen Fernröntgenaufnahmen benutzt man die 4-Stufen-Überlagerungsmethode von Ricketts (10–12).

Stufe 1. Überlagerung auf der Schädelbasis. Die erste Überlagerung (Abb. 17A) entlang der Basion-Nasion-Ebene an der posterosuperioren Seite der Fissura pterygoidea zeigt die nach vorne unten gerichtete Bewegung der Gesichtsstruktur während eines Zeitraums von zwei Jahren. Das Kinn bewegt sich ebenso wie der Oberkiefer und die Unterkieferzähne nach vorne unten. Auch eine relativ parallel verlaufende, nach unten und vorwärts gerichtete Progression des Profils ist erkennbar.

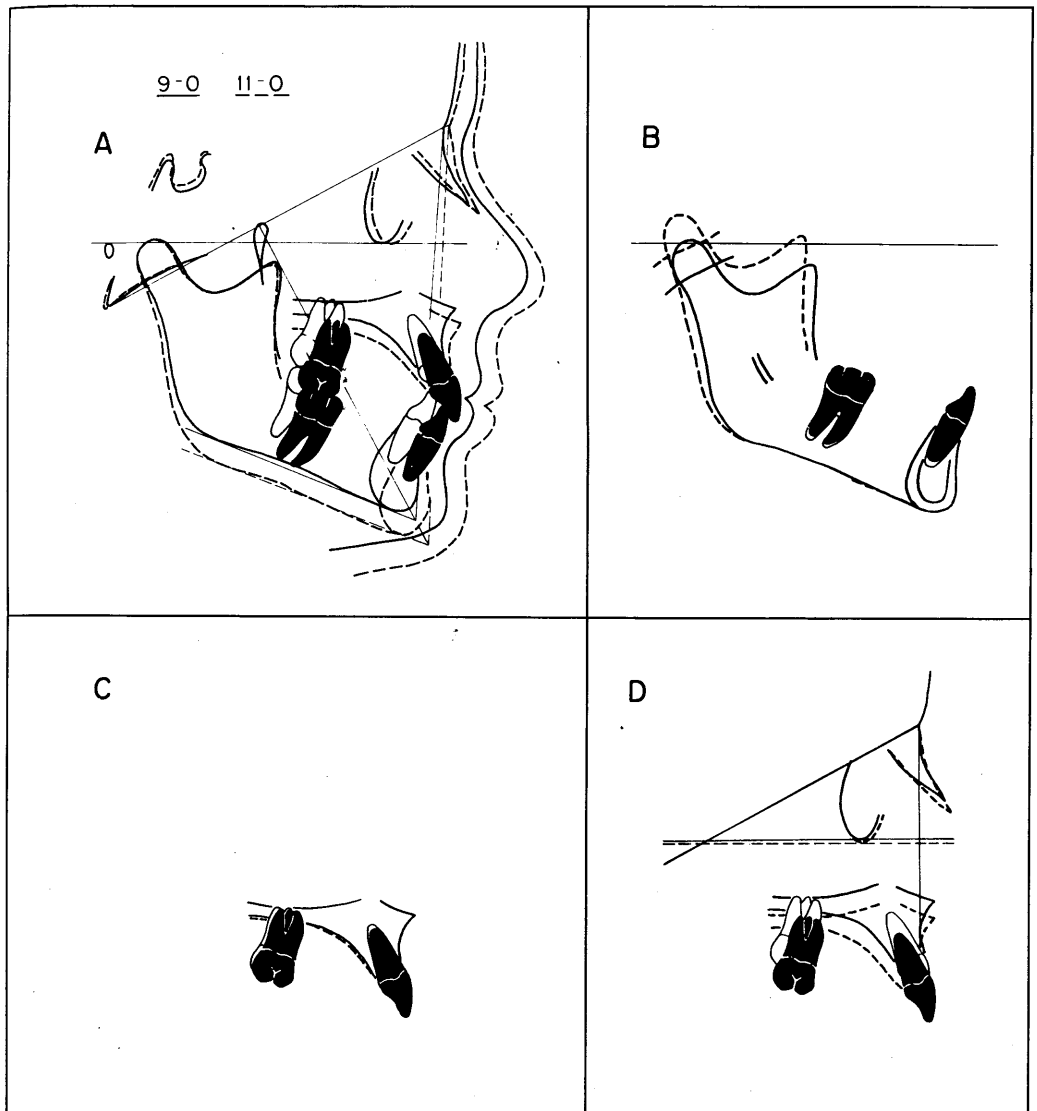


Abb. 17A: Die durch das kraniofaziale Wachstum erfolgten Gesamtveränderungen werden durch Überlagerung serienmäßiger Durchzeichnungen auf der Basion-Nasion-Ebene am Schnittpunkt der Fissura pterygoidea erkennbar.

B: Veränderungen im Unterkiefer und in der unteren Dentition lassen sich beobachten, wenn man serienmäßige Durchzeichnungen auf den inneren Strukturen überlagert.

C: Veränderungen im Oberkiefer und der oberen Dentition kann man durch Überlagerung serienmäßiger Durchzeichnungen auf den inneren Oberkieferstrukturen erkennen.

D: Anteroposteriore Oberkieferverschiebungen lassen sich durch Überlagerung von serienmäßigen Durchzeichnungen auf der Basion-Nasion-Ebene am Schnittpunkt der Fissura pterygoidea vermessen.

Stufe 2. Unterkieferüberlagerung. Die Überlagerung der Unterkiefer-Durchzeichnungen auf inneren Strukturen, wie etwa auf dem unteren Alveolarkanal und der lingualen Fläche der Symphyse (*Abb. 17B*), veranschaulicht den Durchbruch und die Horizontalbewegung der unteren Zähne. Umfang und Richtung des Kondyluswachstums sowie das Ausmaß örtlicher Remodellierungen sind leicht erkennbar.

Stufe 3. Oberkieferüberlagerung. Die Überlagerung der Durchzeichnungen des Oberkiefers auf inneren Strukturen (*Abb. 17C*) zeigt die Bewegung der oberen Zähne sowie den Umfang lokaler Remodellierungen in den verschiedenen Oberkieferregionen.

Stufe 4. Verschiebung des Oberkiefers. Die Überlagerung entlang der Basion-Nasion-Linie am Nasion (*Abb. 17D*) ermöglicht eine lagemäßige Bewertung des Oberkieferkomplexes in bezug auf die obere Gesichtsregion. Wie bereits erwähnt, bewegen sich Nasion und Punkt A während des Wachstums um etwa die gleiche Strecke nach vorwärts. Bei einem im Wachsen befindlichen Individuum kann man mit diesem Überlagerungsverfahren die Abwärtsbewegung beobachten, bei der sich die Maxilla nur geringfügig nach vorne oder hinten verschiebt. Auch die Auswirkungen der Behandlung auf die Maxilla lassen sich mit Hilfe dieser Überlagerungsmethode messen. So kann beispielsweise Punkt A durch Benutzung einer orthopädischen Apparatur, etwa einer Gesichtsmaske oder einer umgekehrten Kinnkappe, nach vorwärts bewegt werden. Benutzt man hingegen einen Headgear zur Rückwärtsbewegung des Oberkiefers, wird Punkt A auf der zweiten Durchzeichnung nach hinten verlagert erscheinen.

Die Einhaltung der Überlagerungsreihenfolge ist sehr wichtig, weil sich durch jede einzelne Überlagerung kontrollieren läßt, ob die Durchzeichnungen korrekt ausgearbeitet worden sind. Die erste Überlagerung findet entlang der inneren Strukturen der Maxilla statt. Durch sie läßt sich der Umfang der Zahnbewegungen in bezug auf die Maxilla bestimmen und sie stellt sicher, daß die oberen Zähne in den beiden Aufnahmen richtig durchgezeichnet worden sind. So könnte man z.B. die Intrusion der Oberkiefermolaren in der zweiten Fernröntgenaufnahme nicht sehen, wenn diese Zähne im Verlauf der Behandlung nicht intrudiert worden wären. Als nächster Schritt wird das Ausmaß der Oberkieferverschiebung durch Überlagerung auf der Basion-Nasion-Linie am Nasion bestimmt. Der dritte Schritt ist die Überlagerung der Durchzeichnungen auf den inneren Strukturen des Unterkiefers. Gewöhnlich lassen sich der untere Alveolarkanal, der linguale Rand der Symphyse oder, bei jungen Patienten, die Krypta des dritten Molaren identifizieren. Zum Schluß wird auf der Schädelbasis überlagert, was eine Gesamtbewertung der Behandlungsauswirkungen ermöglicht.

Diskussion

Der vorliegende Artikel veranschaulicht eine Methode der kephalometrischen Analyse. Die Vorteile dieser Analyse sind:

1. Sie ist hauptsächlich auf linearen Messungen, weniger auf Winkelmessungen aufgebaut, so daß die Behandlungsplanung (insbesondere für den orthognathen chirurgischen Patienten) leichter durchführbar wird.
2. Sie spricht stärker auf Veränderungen in der vertikalen Dimension an als eine Analyse wie die von *Steiner*, die auf dem ANB-Winkel aufbaut. Der ANB-Winkel kann zu Fehlschlüssen führen, weil er für die Beurteilung der vertikalen Komponente der Kieferdiskrepanz nicht brauchbar ist. Gleichmaßen bleiben Veränderungen des Wachstumsmusters, wo sowohl horizontale als auch vertikale Adaptationen eine Rolle spielen, völlig unberücksichtigt, wenn nur die Veränderung des ANB-Winkels gemessen wird.
3. Sie stellt Richtlinien hinsichtlich der normalen Wachstumszunahme auf. Die von den Bolton-Standardwerten (27) abgeleiteten Normen und die im vorliegenden Artikel erläuterten klinischen Normen sind zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen verwendbar.
Die Analyse hat sich in einer Vielzahl klinischer Situationen als nützlich erwiesen. Zweifellos enthält sie nicht alle möglichen Messungen, weshalb jeder Behandler seine eigenen Variationen und Ergänzungen hinzufügen kann. Sie bietet dem Kliniker eine spezielle, genau ausgearbeitete Meßmethode, die einen wichtigen Beitrag zur Diagnose, Behandlungsplanung und Bewertung der Behandlung klinischer Patienten leisten kann.

Dank

Der Verfasser möchte Herrn Dr. *Raymond P. Howe*, Herrn Dr. *Fred L. Bookstein* und Herrn Dr. *Robert P. Scholz* seinen Dank für die Durchsicht des Manuskripts aussprechen. Die vorliegende Arbeit wurde zum Teil durch Mittel des USPHS Grants DR-03610 unterstützt. Die Abbildungen wurden von *William L. Brudon* und *Eugene E. Leppanen* gefertigt.

Literaturhinweise

1. Broadbent, B. H. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthodont.* 1: 45–66, 1931, Reprinted *Angle Orthodont.* 51: 93–114, 1981.
2. Downs, W. B. Variation in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *Amer. J. Orthodont.* 34: 812–840, 1948.
3. Downs, W. B. The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. *Am. J. Orthodont.* 38: 162–182, 1952.
4. Downs, W. B. Analysis of the dento-facial profile. *Angle Orthodont.* 26: 191–212, 1956.
5. Steiner, C. C. Cephalometrics for you and me. *Amer. J. Orthodont.* 39: 729–755, 1953.
6. Steiner, C. C. Cephalometrics in clinical practice. *Angle Orthodont.* 29: 8–29, 1959.
7. Steiner, C. C. The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment. *Am. J. Orthodont.* 46: 721–735, 1960.

8. Tweed, C.H. Evolutionary trends in orthodontics, past present and future. *Amer. J. Orthodont.* 39: 81, 1953.
9. Tweed, C.H. The Frankfort-mandibular incisor angle (FMIA) in orthodontic diagnosis, treatment planning and prognosis. *Angle Orthodont.* 24: 121-169, 1954.
10. Ricketts, R.M. The influence of orthodontic treatment on facial growth and development. *Angle Orthodont.* 30: 103-133, 1960.
11. Ricketts, R.M., R.W. Bench, J.J. Hilgers and R. Schulhof. An overview of computerized cephalometrics. *Am. J. Orthodont.* 61: 1-28, 1972.
12. Ricketts, R.M. Perspectives in the clinical application of cephalometrics. *Angle Orthodont.* 51: 115-105, 1981.
13. Jarabak, J.R. and J.A. Fizzel. *Technique and Treatment with Lightwire Edgewise Appliance* (Second edition), C.V. Mosby Co., St. Louis, MO, 1972.
14. Coben, S.E. The integration of facial skeletal variants. *Amer. J. Orthodont.* 41: 407-434, 1955.
15. Wylie, W.L. The assessment of anteroposterior dysplasia. *Angle Orthodont.* 17: 97-109, 1947.
16. Wylie, W.L. and E.L. Johnson. Rapid evaluation of facial dysplasia in the vertical plane. *Angle Orthodont.* 22: 165-181, 1952.
17. Sassouni, V. A classification of skeletal facial types. *Am. J. Orthod.* 55: 109-123, 1969.
18. Sassouni, V. The Class II syndrome: Differential diagnosis and treatment. *Angle Orthodont.* 40: 334-341, 1970.
19. Enlow, D.H., R.E. Moyers, W.S. Hunter, and J.A. McNamara, Jr. A procedure for the analysis of intrinsic facial form and growth, *Am. J. Orthodont.* 56: 6-23, 1969.
20. Jacobson, A. The »Wits« appraisal of jaw disharmony. *Amer. J. Orthodont.* 67: 125-138, 1975.
21. Jacobson, A. Application of the »Wits« appraisal. *Amer. J. Orthodont.* 70: 179-189, 1976.
22. Baumrind, S. and R.C. Frantz. The reliability of headfilm measurements. 1. Landmark identification. *Am. J. Orthodont.* 60: 111-127, 1971.
23. Harvold, E.P. *The Activator in Interceptive Orthodontics*, C.V. Mosby Co., St. Louis, 1974.
24. Woodside, D.G. Cephalometric Roentgenography in *Clinical Dentistry* (J. Clark, ed.), Vol. 2, 1975.
25. Riolo, M.L., R.E. Moyers, J.A. McNamara, Jr., and W.S. Hunter. *An Atlas of Craniofacial Growth: Cephalometric Standards from The University School Growth Study, The University of Michigan*. Monograph Nr. 2, Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, 379 Seiten 1974.
26. Broadbent, B.H., Sr., B.H. Broadbent, Jr., and W.H. Golden. *Bolton Standards of Dento-facial Developmental Growth*. C.V. Mosby Co., St. Louis, 1975.
27. Behrents, R.G. and J.A. McNamara, Jr. Cephalometric standards derived from the Bolton Study. *Am. J. Orthodont.*, zur Veröffentlichung vorgesehen.
28. McNamara, J.A., Jr. Components of Class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthodont.* 51: 177-202, 1981.