

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
(Direktor: Prof. Dr. H. Fischer-Brandies)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**ENTWICKLUNG EINER PROGNOSE FÜR DAS VERHALTEN DES
WEICHGEWEBEPROFILS BEI EINER NACH ANTERIOR GERICHTETEN
OBERKIEFERDISTRAKTION**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
LARS GEIER
aus Göttingen

Kiel 2009

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Helge Fischer-Brandies
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang
Tag der mündlichen Prüfung: 9.12.2009
Zum Druck genehmigt, Kiel, den 9.12.2009
gez. Prof. Dr. Matthias Kern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Methoden	4
2.1. Patienten	4
2.2. Auswertung eines einzelnen Fernröntgenseitenbildes	4
2.2.1. Auswertung einzelner Punkte im Fernröntgenseitenbild	4
2.2.2. Auswertung einzelner Winkel im Fernröntgenseitenbild	7
2.3. Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenbilder	7
2.4. Entwicklung der Prognosen	8
2.4.1. Betrachtung der Nasenspitze	8
2.4.2. Lageveränderung des Punktes Subnasale	14
2.4.3. Lageveränderung des Oberlippenpunktes	15
2.4.4. Lageveränderung des Unterlippenpunktes	16
2.4.5. Strecken	16
2.4.5.1. Veränderung der Neigung der Columella-Tangente	16
2.4.5.2. Veränderung der Neigung der Oberlippen-Tangente	19
2.4.6. Winkel	20
2.4.6.1. Veränderung des Nasolabialwinkels	20
2.5. Überprüfung der Prognosen	21
2.5.1. Überprüfung der Prognose anhand zweier Beispielpatienten	21
2.5.2. Überprüfung der quantitativen Prognosen anhand der als Grundlage für die Entwicklung dienenden Daten	22
3. Ergebnisse	24
3.1. Nase	24
3.2. Lippen	26
4. Diskussion	28
4.1. Patienten	28
4.2. Ermittlung der Daten	29
4.3. Untersuchung des Verhaltens der Nasenspitze	30
4.4. Untersuchung des Punktes Subnasale	33
4.5. Untersuchung des Oberlippenpunktes	34
4.6. Untersuchung der Geraden und Winkel	36
4.7. Schlussfolgerung der Diskussion	39
5. Zusammenfassung	40
6. Literaturverzeichnis	42
7. Danksagung	44
8. Lebenslauf	45

1. Einleitung

Die Osteodistraktion als Therapiemöglichkeit zur Knochenverlängerung durch einen realen Gewinn an knöchernem Gewebe wurde erstmals von Alessandro Codivilla im Jahre 1905 beschrieben. Aufgrund einer zu hohen Zahl von Komplikationen erwies sie sich zu dieser Zeit aber noch als nicht praktikabel.

Erst in den 1950ern brachte der russische Arzt Gavril A. Ilizarov diese Technik weiter voran, so dass sie klinisch praktikabel wurde. Die damalige Spaltung der Welt in zwei Lager, wodurch auch der wissenschaftliche Austausch betroffen war, bewirkte allerdings, dass die Distraktionstechnik sich erst verzögert in Europa und Amerika verbreitete.

1973 berichteten Snyder et al. über eine erstmalige Anwendung im Bereich der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie (**Snyder, et al.** 1973). Bei einem Tierversuch wurde dabei der Unterkiefer erfolgreich gestreckt. Erst 1992 wurde von McCarthy et al. erstmalig über die Anwendung der Technik am Menschen veröffentlicht. Sie beschrieben anhand von vier jungen Patienten ebenfalls die Streckung des Unterkiefers (**McCarthy, et al.** 1992).

Seitdem hat sich die Osteodistraktion in der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie in vielen Fällen als Alternative zu den klassischen Umstellungsosteotomien etabliert und stellt somit eine wichtige Erweiterung des Behandlungsspektrums dar.

Neben der Behandlung von syndromalen oder nicht-syndromalen Hypoplasien des Unterkiefers, Transportosteodistraktionen oder der Alveolarfortsatzdistraktion ist eine wichtige Anwendung der Osteodistraktion in der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie die Behandlung von Maxillahypoplasien. Hierbei wird der osteotomierte Oberkiefer durch intra- oder extraorale Krafteinwirkung in einem mehrwöchigen Prozess nach ventral verlagert, so dass es möglich ist, eine verbesserte oder normgerechte Okklusion einzustellen.

Auch wenn bei Maxillahypoplasien in der Regel die primäre Indikation zur Oberkieferverlagerung durch funktionelle Einbußen gestellt wird, steht doch auch eine Verbesserung bzw. Änderung des Erscheinungsbildes des Patienten für diesen im Vordergrund. So haben Studien gezeigt, dass eine Veränderung des Gesichtes eine hohe Bedeutung für die Bereitschaft der Patienten mit sich bringt, eine größere Operation im

Bereich der Kiefer einzugehen (**Bell, et al.** 1985). Betrachtet man diesen Umstand, wäre es von hohem Nutzen für die Planung einer solchen Operation und der damit verbundenen Beratung des Patienten, das Ergebnis der Weichteilveränderungen möglichst genau prognostizieren zu können.

Es existieren allerdings nur drei Studien, welche für eine Oberkiefervorverlagerung mittels Osteodistraktion die Veränderung des Weichgewebes beschreiben. Die erste dieser Studien beschreibt nur allgemein die Veränderungen, ohne diese quantitativ zu erfassen (**Molina, et al.** 1998). Die anderen beiden Studien beschreiben zwar die Veränderungen anhand von Messwerten. Dabei werden allerdings nur Mittelwerte angegeben, so dass die Veränderungen der Patientenkollektive zwar gut beschrieben werden, Rückschlüsse auf die individuellen Veränderungen des Patienten aber nur schwer möglich sind (**Wen-Ching Ko, et al.** 2000, **Harada, et al.** 2002).

Dies beruht darauf, dass in der Studie von Harada nur Mittelwerte aus dem Verhältnis von knöcherner Bewegung und der daraus folgenden Weichteilbewegung angegeben werden. In der Studie von Wen-Ching Ko werden die Mittelwerte zusammen mit den dazugehörigen Korrelationskoeffizienten aus knöcherner Bewegung und Weichteilbewegung angegeben. Diese Korrelationskoeffizienten sind jedoch recht gering. Das heißt, dass es kaum möglich ist, aus diesen Werten zu schließen, wie wahrscheinlich es ist, ob vergleichbare Veränderungen auch beim einzelnen Patienten eintreten. Für eine genaue Prognose lassen sich somit diese Werte schlecht nutzen.

Andererseits existieren recht viele Studien über die Veränderungen des Profils durch die klassische Umstellungsosteotomie des Oberkiefers, welche der anterioren Oberkieferdistraktion vergleichbar ist (**Dann, et al.** 1976, **Freihofer** 1976, 1977, **Mansour, et al.** 1983, **Bundgaard, et al.** 1986, **Rosen** 1988, **Stella, et al.** 1989, **Karas, et al.** 1990, **Bender** 1992, **Ewing & Ross** 1993, **Hui, et al.** 1994, **al-Waheidi & Harradine** 1998, **Louis, et al.** 2001). Diese Studien weisen allerdings auch in ihren Daten hohe Streuungen auf. So variieren die Verhältnisse von Bewegung des Hartgewebes zur Bewegung des Weichgewebeprofiles im Bereich der Nasenspitze von 24 % bis 50 % und im Bereich der Lippen von 50 % bis 100 %, wodurch es auch nur schwer möglich ist, beim einzelnen Patienten einzuschätzen, welche Veränderungen des Weichgewebes zu erwarten sind.

Daraus leitet sich das Ziel dieser Studie ab: es soll eine Prognose für die Entwicklung des Weichgewebeprofiles nach einer anterioren Oberkieferdistraction erstellt werden. Nach Möglichkeit sollen in dieser Prognose durch Betrachtung der individuellen Verhältnisse die relativ hohen Streuungen der vergleichbaren oben genannten Studien eliminiert werden. Das heißt, es soll versucht werden, nicht nur die knöcherne Bewegung als variable Größe und die Weichteilbewegung als abhängige Größe zu untersuchen, sondern durch Betrachtung weiterer Parameter die Prognose zu verfeinern. Anschließend soll die Prognose anhand von einzelnen Patientendaten überprüft werden.

2. Methoden

2.1. Patienten

Es wurden 11 Patienten untersucht, welche in einer Zusammenarbeit der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel behandelt wurden. Sechs davon waren weiblichen Geschlechts im Alter von 11 bis 25 Jahren, fünf männlichen Geschlechts im Alter von 12 bis 27. Das mittlere Alter betrug 15,5 Jahre. Sämtliche Patienten hatten Mittelgesichtshypoplasien als Folge von ein- oder beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.

Eine Patientin wurde mit einem intraoralen Distraktor Typ „Zürich Pediatric Maxilla Distractor[®]“ der Firma KLS-Martin, Tuttlingen, Deutschland behandelt. Hierbei schiebt ein mittels Osteosyntheseplatten direkt auf dem Knochen befestigtes Gewinde die osteotomierten Knochensegmente auseinander. Die restlichen zehn Patienten wurden mit einem extraoralen Distraktor Typ „RED II System[®]“, ebenfalls der Firma KLS-Martin, behandelt. Bei diesem Verfahren wird als Kraftwiderlager ein Halo-Frame mittels Schrauben an der Schädelkalotte befestigt und über Gestänge und Fadenzüge eine nach ventral gerichtete Kraft auf den osteotomierten Oberkiefer ausgeübt.

Die Distraktionsweite reichte von 3 mm bis 12 mm, im Mittel lag sie bei 7,8 mm.

Die gewonnenen Daten von neun der Patienten wurden für die Erstellung der Prognosen verwendet, zwei für die Überprüfung der Prognosen.

2.2. Auswertung eines einzelnen Fernröntgenseitenbildes

2.2.1. Auswertung einzelner Punkte im Fernröntgenseitenbild

Zur Erstellung der Prognose wurden sämtliche zur Verfügung stehenden Fernröntgenseitenbilder der Patienten mit der Software Orthometric[®] (Version 2.81, Firma 3dent-Sistemas Dentales) ausgewertet. Dabei wurden alle in Abbildung 2.1 dargestellten

Punkte und Winkel bestimmt. Es wird davon ausgegangen, dass diese Punkte den Bereich abdecken, welcher durch die Distraction beeinflusst wird.

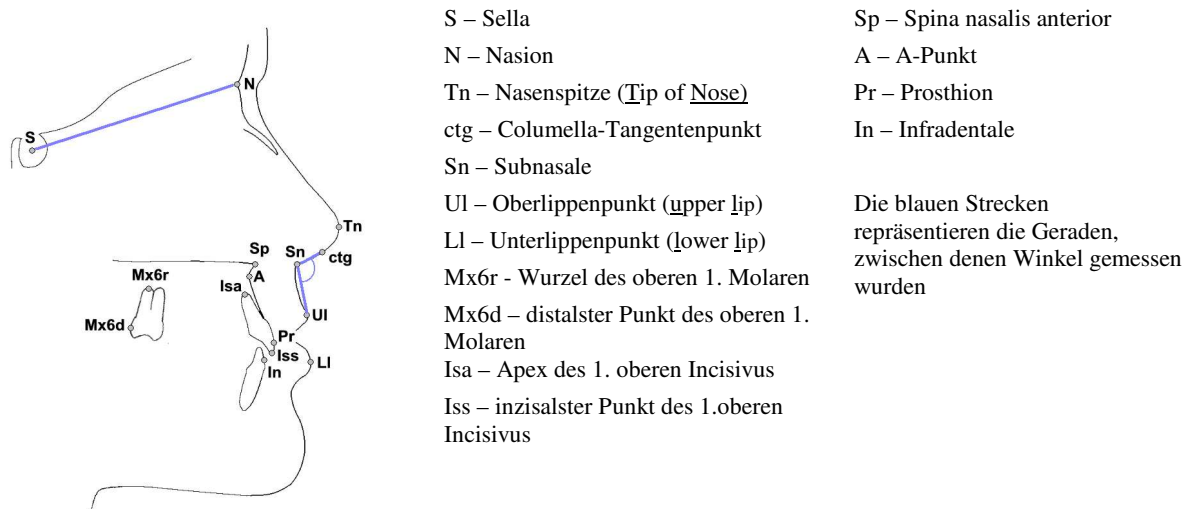


Abbildung 2.1.: die zur Auswertung herangezogenen Punkte und Winkel

Gängigen kephalometrischen Analysen vergleichbar, wurden, um die räumliche Veränderung der entsprechenden Strukturen des Mittelgesichtes zu beschreiben, als Referenzpunkte der Punkt Sella, d. h. das Zentrum der Sella turcica, sowie der Punkt Nasion, d. h. der anteriorste Punkt der Sutura naso-frontalis und die daraus gebildete Nasion-Sella-Linie verwendet. Diese dienen als Grundlage für ein kartesisches Koordinatensystem mit der Nasion-Sella Linie als x-Achse und einer dazu senkrechten Gerade durch den Nasion-Punkt als y-Achse (vgl. Abbildungen 2.2 und 2.3).

Als Ursprung für das Koordinatensystem wurde der Nasion-Punkt gewählt, da dieser im Röntgenbild aufgrund seiner klaren Definition exakter zu bestimmen ist als der Sella-Punkt. Würde der Punkt Sella als Ursprung für das Koordinatensystem gewählt, würde der etwas größer zu erwartende zufällige Fehler beim Bestimmen des Punktes Sella sich direkt in die Messdaten für die relevanten Punkte des Mittelgesichtes übertragen und die Genauigkeit der Messungen senken.

Nach entsprechender Konfiguration kann das Programm Orthometric[®] den Abstand zweier beliebiger Punkte, sowie die Länge des Lotes von einem beliebigen Punkt auf die Nasion-Sella Linie bestimmen. Würde man so nun gemäß Abbildung 2.2 versuchen, die Koordinaten der Spina nasalis anterior zu bestimmen, würde man für einen Punkt, der bei X liegt (vgl. Abbildung 2.3), exakt die gleichen Daten erhalten, da das Lot beider Punkte auf die Nasion-Sella Linie sowie ihr Abstand zum Ursprung der Koordinatensystems, dem

Nasion-Punkt, identisch ist. Dementsprechend ist es notwendig, aufgrund der beschränkten Möglichkeit des Programms Orthometric, zunächst die Koordinaten relativ zum Sella-Punkt zu errechnen und dann auf den Nasion-Punkt umzurechnen.

Dies erfolgt, indem man das Programm die Beträge der Strecken Sella ↔ Nasion und Sella ↔ Spina nasalis anterior (Strecke a in Abbildung 2.3) sowie die Länge des Lotes von der Spina nasalis anterior auf die Nasion-Sella Linie (Strecke b) bestimmen lässt. Über den Satz des Pythagoras lässt sich der Betrag der Strecke $c1$ gemäß $c1 = \sqrt{a^2 - b^2}$ errechnen, womit sich die Strecke $c2$ über den Betrag der Nasion-Sella Linie gemäß $c2 = |Se - Na| - c1$ errechnen lässt. Die Strecke $c2$ entspricht somit der x-Koordinate des Punktes Spina nasalis anterior, der vom Orthometric ausgegebene Betrag für das Lot b entspricht der y-Koordinate.

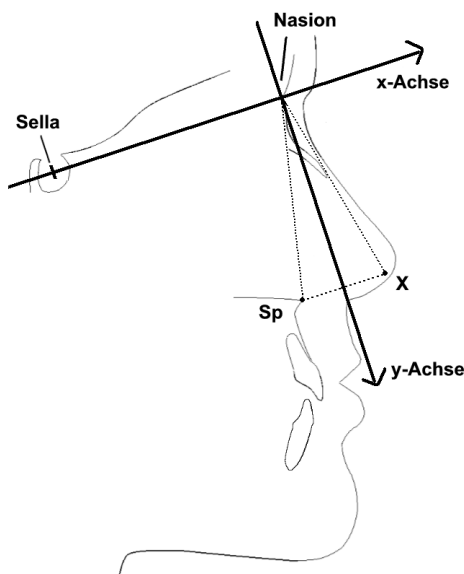


Abbildung 2.2: Mögliche Fehlerquelle bei Auswertung der Daten: Sp und X würden die gleichen Werte trotz unterschiedlicher Positionen liefern

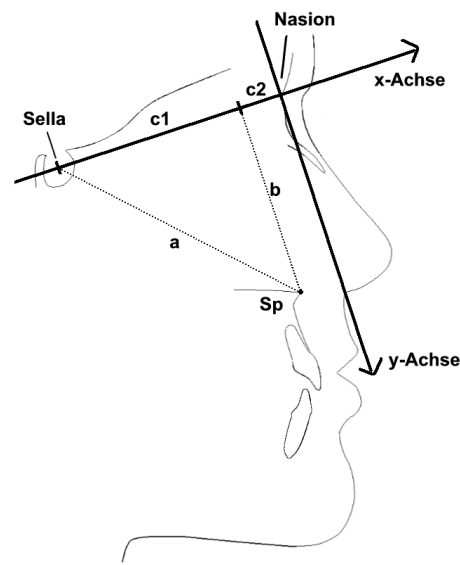


Abbildung 2.3: Bestimmung der Koordinaten anhand des Beispiels Spina nasalis anterior

Auf diesem Weg wurde für alle oben angegebenen Punkte sämtlicher Röntgenbilder ein Zahlenpaar ermittelt, das den x- und y-Werten im Koordinatensystem entspricht.

Nach dem Festlegen der Punkte im Programm Orthometric[®] wurden sämtliche weiteren Schritte zur Errechnung der Koordinaten mittels Makros in Microsoft Office Excel automatisiert durchgeführt. Diese Makros wurden vor Beginn streng auf Fehler überprüft.

Durch die Verwendung der Makros bei der Auswertung der einzelnen Röntgenbilder wurde einerseits weniger Zeit benötigt und andererseits Rechenfehler vermieden.

Aufgrund des Mangels an geeigneten Röntgenbildern wurde in einem Fall für die Untersuchung der Nasenspitze ein Röntgenbild verwendet, auf dem der intraorale Distraktor noch in situ war. Da dabei lag ein großer Abstand zwischen den Gestängen des Distraktors und der Nasenspitze vor, so dass der Distraktor die Position der Nasenspitze wohl nicht verfälscht hat.

2.2.2. Auswertung einzelner Winkel im Fernröntgenseitenbild

Des Weiteren wurden in jedem Röntgenbild der Nasolabialwinkel, der Winkel zwischen der Geraden $\overline{Sn-ctg}$ und der Nasion-Sella Linie sowie der Winkel zwischen der Geraden $\overline{Sn-Ul}$ und der Nasion-Sella Linie bestimmt (vgl. Abbildung 2.1). Somit war es möglich, auch die Änderung der Neigung der den Nasolabialwinkel aufspannenden Strecken und nicht nur die Veränderung des Nasolabialwinkels als ganzes zu betrachten.

2.3. Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenbilder

Um Fehler zu minimieren, wurden die x- und y-Werte der zu untersuchenden Punkte aus den zur Verfügung stehenden prä- und postoperativen Röntgenbilder jeweils gemittelt. Die Aufnahmedaten der gemittelten Röntgenbilder waren dabei höchstens über einen Zeitraum von 2 Jahren verteilt. Unterlag der Gesichtsschädel während dieser Zeit starken, wachstumsbedingten Veränderungen, wurde über einen kürzeren Zeitraum gemittelt, bzw. nur ein prä- bzw. postoperatives Röntgenbild ohne Mittelung verwendet. Aus den so gewonnenen prä- und postoperativen Koordinaten der zu untersuchenden Punkte wurden Differenzen gebildet. Diese entsprachen Vektoren, mit denen eine Aussage über die distraktionsbedingte Lageveränderung der Punkte getroffen werden konnte.

Zur möglichst genauen Beschreibung der Bewegung des Oberkiefers wurden für die Untersuchung die Punkte Sp, A, Isa, Iss, Mx6d und in Sonderfällen klar erkennbare markante Füllungen verwandt. Von denjenigen dieser Punkte, die in den prä- und

postoperativen Röntgenbildern klar reproduzierbar waren, wurden die jeweiligen Vektoren der Lageveränderung genommen. Die Vektoren dieser Punkte wurden dann gemittelt, so dass ein Vektor entstand, welcher die Bewegung des mobilisierten Oberkiefersegments beschreibt.

Nun erwies sich bei der Betrachtung der jeweils gemittelten Vektoren für die einzelnen Patienten, dass diese teils stark von einer rein ventralen Richtung abwichen und ihre Beträge somit größer waren als bei einer reinen Ventralverlagerung. Da aber bei der Planung der Distraction die Größe der Ventralverlagerung die relevante Größe ist, wurde nur die nach ventral, also parallel der Nasion-Sella Linie gerichtete Komponente gewertet. Im Folgenden wird diese einfach als „Distaktionsweite“ bezeichnet. Bis auf die Betrachtung der Nasenspitze ist sie der Parameter, von dem die Prognosen abhängig gemacht werden.

Entsprechend der Punkte wurden auch die Beträge der Winkel gemittelt. Indem die Differenzen aus den präoperativen und postoperativen Beträgen der Winkel zwischen der Geraden $\overline{Sn-ctg}$ und der Nasion-Sella Linie sowie zwischen der Geraden $\overline{Sn-Ul}$ und der Nasion-Sella Linie errechnet wurden, konnte eine Aussage über die Veränderung der Neigung dieser Geraden getroffen werden.

2.4. Entwicklung der Prognosen

Im Folgenden wird versucht, eine Prognose zu erstellen, welche zum einen die distaktionsbedingte Lageveränderung der Nasenspitze, des Subnasal-, des Oberlippen- und des Unterlippenpunktes sowie zum anderen die Veränderung des Nasolabialwinkels und der Neigungen der Oberlippentangente und der Columella-Tangente vorhersagt. Es ist zu erwarten, dass dies die wichtigsten Punkte und Winkel des Profils sind, welche durch die Oberkieferdistraction beeinflusst werden können.

2.4.1. Betrachtung der Nasenspitze

Bei der Analyse der Röntgenbilder stellte sich heraus, dass bei einem Teil der Patienten die Spina nasalis anterior leicht gekappt wurde. Es wurde angenommen, dass die Operation sich bei diesen Patienten anders auf das Profil auswirkt, was sich letztlich auch in den

Zahlenwerten widerspiegelte. Vergleichbares beschreiben auch Freihofer et al. (**Freihofer** 1977), welche die Veränderung des Profils bei Umstellungsosteotomien des Oberkiefers beschrieben haben.

Dementsprechend werden im Folgenden die acht Patientendaten betrachtet, bei denen eine Kappung der Spina nasalis anterior in den Röntgenbildern und den daraus erhobenen Daten nicht feststellbar war.

Für die Prognose der Nasenspitze wurde davon abgewichen, die der Nasion-Sella Linie parallele Komponente der Oberkieferbewegung als grundlegende Größe zu nehmen. Anstelle dessen wurde berechnet, wie weit sich die Spina nasalis anterior als kranio-ventralster (röntgenologisch feststellbarer) Punkt des Oberkiefersegments und somit der Nasenspitze nächstem Punkt der Nasenspitze annähert. Bei der Erstellung und der späteren Überprüfung der Prognosen erwies sich die Verwendung dieser Größe als genauer als die reine Betrachtung die der Nasion-Sella Linie parallelen Vorverlagerung, während diese bei der Betrachtung der restlichen Punkte und Strecken genügte.

Da die Nasenspitze von der Vorverlagerung des Oberkiefers nach ventral geschoben wird, wird für die Auswertung die Veränderung der Lage der Nasenspitze als von der Differenz der Strecken Spina (vor OP) \leftrightarrow Nasenspitze (vor OP) und Spina (nach OP) \leftrightarrow Nasenspitze (vor OP) abhängige Größe definiert (vgl. Abbildung 2.4). Diese Differenz wird im folgenden Teil der Einfachheit halber als „Differenz“ bezeichnet.

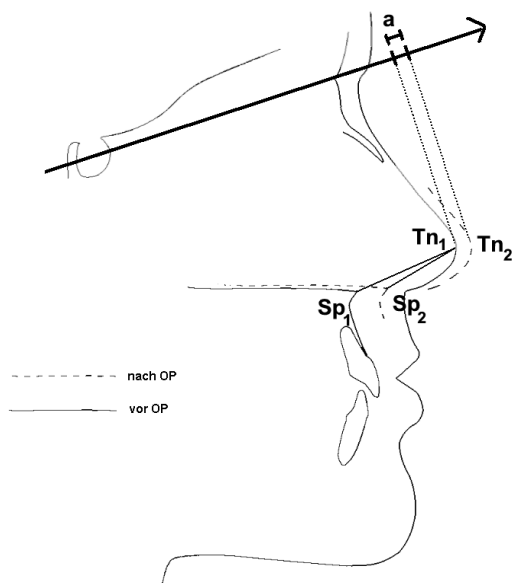


Abbildung 2.4: Die Strecke a dient als Maß für die Vorverlagerung der Nasenspitze, die Differenz der Strecken $Sp_1 - Tn_1$ und $Sp_2 - Tn_1$ dient als Maß für die Annäherung der Spina an die ursprüngliche Lage der Nasenspitze

Trägt man in einem Diagramm die acht Werte für die Vorverlagerung der Nasenspitze über die jeweiligen Beträge der Differenz auf, ergibt sich Abbildung 2.5. Im Diagramm steht jeder Punkt für die Daten eines Patienten. Zwei der acht Datensätze wurden nicht für die Erstellung der Prognose verwendet, da diese später für deren Überprüfung dienten. Die Zahlenwerte an den Punkten stehen für die Abstände zwischen der Spina und der Nasenspitze vor der Distraction. Die zu den Punkten hinführenden Geraden dienen als Hilfe, um das Verhältnis von Distraction und Lageveränderung der Nasenspitze abzuschätzen. Je steiler die Gerade ist, desto stärker ist der Einfluss der Distraction auf die Nasenspitze.

Es ist zu erkennen, dass die Distraction sich äußerst unterschiedlich auf die Nasenspitze auswirkt. Im ersten Extremfall werden 92 % der knapp 3 mm Distraction übertragen, im anderen Extremfall werden nur 21 % der ca. 7,5 mm Distraction auf die Nasenspitze übertragen, so dass diese nur ca. 1,5 mm nach vorne ausweicht. Dies korreliert mit den hohen Streuungen anderer Studien, welche nur die Mittelwerte der Verhältnisse der Bewegungen von Hart- und Weichgewebe betrachten.

Gleichzeitig weisen die mit 23,1 und 32,3 markierten Punkte bei ungefähr gleicher Differenz stark unterschiedliche Veränderungen der Nasenspitze auf, womit die

Betrachtung der Differenz allein nicht ausreichen kann, um den Einfluss der Distraction auf die Nasenspitze abzuschätzen.

Wie im Diagramm anhand der Zahlenwerte an den Punkten zu erkennen ist, scheint die relevante Einflussgröße für die Bewegung der Nasenspitze der ursprüngliche Abstand zwischen Spina nasalis anterior und Nasenspitze zu sein. Denn desto größer dieser Wert ist, desto mehr Weichgewebe ist vorhanden, um die Distraction abzdämpfen.

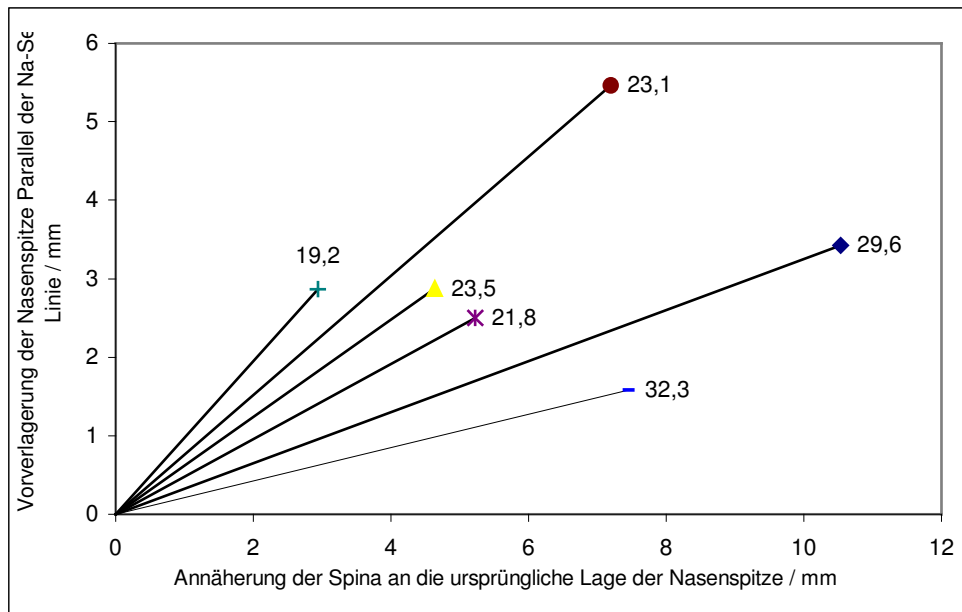


Abbildung 2.5: Vorverlagerung der Nasenspitze aufgetragen über die Differenz der Strecke Zwischen den Punkten Spina - Nasenspitze vor und nach der OP mit dem Wert der Nasenspitze immer vor der OP. Die Zahlenwerte an den Punkten entsprechen den Abständen zwischen der Nasenspitze und der Spina nasalis anterior vor der OP.

Dementsprechend folgt die Entwicklung der Prognose unter Berücksichtigung des ursprünglichen Abstandes von Sp und Tn.

Vereinfacht kann gesagt werden:

$$(\text{Wanderung der Nasenspitze nach vorne}) = (\text{Differenz}) * a$$

Dies wird im Folgenden als

$$(1) \quad f(x) = x * a$$

dargestellt, wobei a wiederum eine Funktion ist, in die der ursprüngliche Abstand Spina-Nasenspitze ($\overline{sna - tn}$) eingehen muss.

Am ehesten kann a in Form einer e-Funktion gemäß

$$(2) \quad e^{-(k_1 * \overline{Sp - Tn} + k_2)}$$

beschrieben werden (wobei k_1 eine Konstante ist und k_2 einem y-Achsenabschnitt entspricht), denn geht der Betrag der Strecke $\overline{Sp - Tn}$ gegen null, wird $e=1$, wodurch für (1) gilt:

$$(3) \quad f(x) = x$$

In diesem Fall wäre wenig Weichgewebe vorhanden, um die Distraction zu kompensieren, so dass die Nasenspitze um den Betrag der Distraction nach vorne wandert.

Geht der Betrag der Strecke $\overline{Sp - Tn}$ gegen unendlich, geht e gegen null und es gilt für (1):

$$(4) \quad f(x) = 0$$

Es wäre in diesem Fall genug Weichgewebe vorhanden, um die Distraction vollständig zu kompensieren, wodurch die Nasenspitze nicht mehr wandern würde.

Die Gleichung (2) kann am ehesten diese Bedingungen erfüllen. Diese Gleichung in (1) eingesetzt, ergibt:

$$(5) \quad f(x) = x * e^{-(k_1 * \overline{Sp - Tn} + k_2)}$$

Um k_1 und k_2 zu bestimmen, wird folgende Termumformung durchgeführt:

$$(6) \quad -\ln\left(\frac{f(x)}{x}\right) = k_1 * \overline{Sp - Tn} + k_2$$

Es ergibt sich eine neue lineare Funktion mit der Variablen $\overline{Sp - Tn}$, der Konstanten k_1 und dem y-Achsenabschnitt k_2 . In der folgenden Abbildung 2.6 wird die Funktion (6) mit den sechs ursprünglichen Daten jeweils für $f(x)$ (also der Wanderung der Nasenspitze), x (also der oben definierten Differenz) und dem Betrag von $\overline{Sp - Tn}$ anschaulich gemacht.

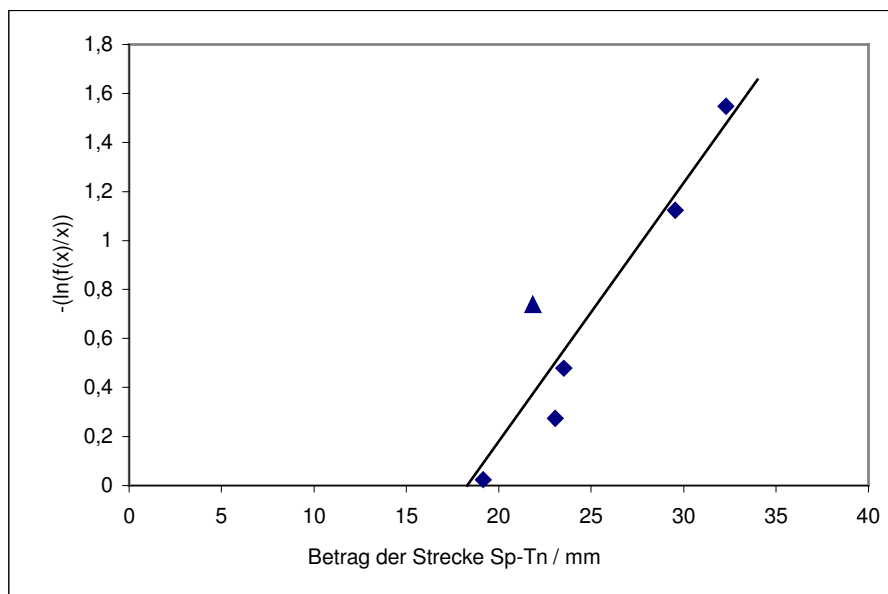


Abbildung 2.6: Auftrag von $-\ln(f(x)/x)$ über dem Betrag der Strecke Sp-Tn vor Op mit ermittelter Regressionsgerade

Man erkennt einen linearen Zusammenhang, wodurch die zuvor aufgestellten Gleichungen und Überlegungen nicht widerlegt werden. Der sich darstellende lineare Zusammenhang kann mathematisch durch den Pearsonschen Korrelationskoeffizient welcher „ein normiertes Maß zur Quantifizierung eines linearen Zusammenhangs“ (Weiß 2005) ist, bestätigt werden. In diesem Fall beträgt der Korrelationskoeffizient 0,93, was sehr dicht am Maximum von 1 ist.

Der Betrag der Konstanten k_1 , welche der Steigung der Geraden in Abbildung 2.6 entspricht, lässt sich mittels der Regressionsanalyse entsprechend der Formel (7) als

$$(7) \quad k_1 = \frac{s_{xy}}{s_x} \approx 0,106 * \frac{1}{mm} \quad (\text{Weiß 2005})$$

errechnen.

Der Betrag von k_2 , welcher im Diagramm dem y-Achsenabschnitt entspricht, lässt sich über die Formel (8) als

$$(8) \quad k_2 = \bar{y} - k_1 * \bar{x} \approx -1,933 \quad (\text{Weiß 2005})$$

errechnen.

Wieder eingesetzt in die Gleichung (5) ergibt sich folgende Funktion, welche eine Prognose für die Veränderung der horizontalen Lage der Nasenspitze in Abhängigkeit der Annäherung der Spina nasalis anterior an die ursprüngliche Lage der Nasenspitze und dem Betrag der Strecke $\overline{Sp-Tn}$ darstellt.

$$(10) \quad f(x) = x * e^{-\left(0,106 \frac{1}{mm} * \overline{Sp-Tn} - 1,933\right)}$$

2.4.2. Lageveränderung des Punktes Subnasale

Vergleichbar der Analyse der Nasenspitze wurde die Lageveränderung des Punktes Subnasale parallel zur Nasion-Sella Linie in Abhängigkeit zur Weite der Distraction des Oberkiefers parallel zur Nasion-Sella Linie untersucht. Bei den sechs zuvor verwendeten Patientendaten entsprach die Weite der Vorverlagerung zwischen 61 % und 147 % der Weite der Distraction bei einem Mittelwert von 98 % und einer Standardabweichung von 32 Prozentpunkten. Ein Zusammenhang mit anderen Größen, welche die Streuung erklären könnten, z. B. dem Abstand der Spina zum Punkt Subnasale, konnte nicht hergestellt werden. Für die Patienten mit gekappter Spina nasalis ergibt sich ein Mittelwert von 40 % mit einer Standardabweichung von 31 Prozentpunkten. Somit findet sich auch hier eine vergleichbar hohe Streuung.

Wahrscheinlich beruht die Streuung u. a. auch auf der im Verhältnis zu anderen Punkten weniger gut reproduzierbaren Lage im Röntgenbild, dies könnte auch die Entstehung von Werten über 100 % erklären.

2.4.3. Lageveränderung des Oberlippenpunktes

Trägt man die Lageveränderung des Oberlippenpunktes parallel zur Nasion-Sella Linie über der Lageveränderung des Oberkiefers parallel zur Nasion-Sella Linie auf, dann ergibt sich Abbildung 2.7.

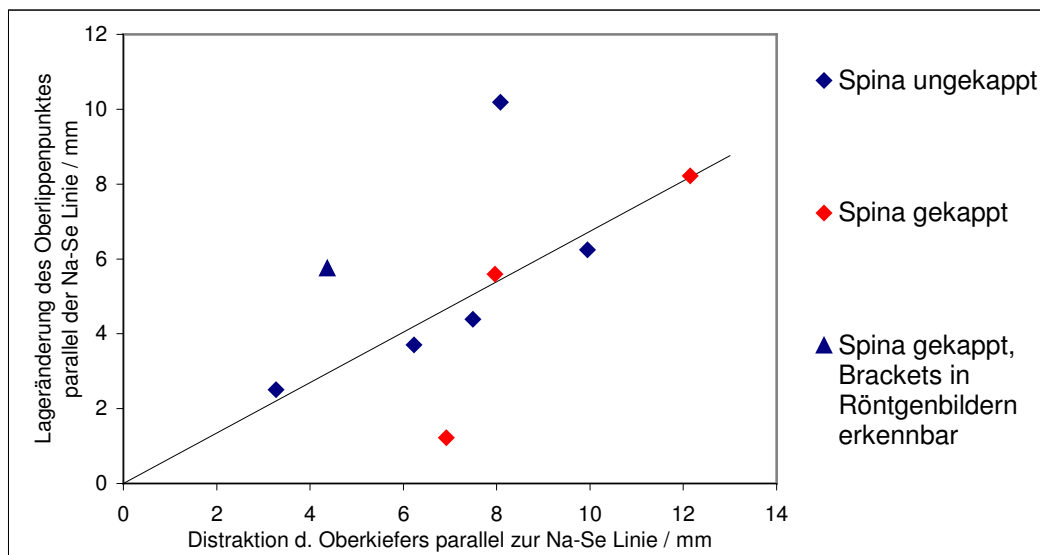


Abbildung 2.7: Lageveränderung des Oberlippenpunktes parallel zur Nasion-Sella Linie aufgetragen über der Lageveränderung des Oberkiefers parallel zur Nasion-Sella Linie mit ermittelter ausgleichender Ursprungsgerade

Da keine direkte Nachbarschaft zur Spina nasalis besteht, sind die Daten der Patienten mit gekappter Spina ebenfalls mit verwendet worden. Man erkennt, dass - abgesehen von drei Punkten - sich die restlichen Punkte relativ genau entlang einer Ursprungsgerade anordnen. Einer der Datensätze, der von der Ausgleichsgeraden stark abweicht, weist Brackets in den Röntgenbildern auf und wird demnach nicht mit eingerechnet.

Der Schluss liegt nahe, dass in diesem Fall ein in etwa proportionaler Zusammenhang besteht. Mittelt man die Quotienten aus Vorverlagerung des Oberlippenpunktes und Weite der Distraction, um die Steigung der Ursprungsgeraden zu erhalten, ergibt sich ein Wert von 0,67. Das heißt, dass im Mittel 67 % der Distaktionsweite an den Oberlippenpunkt weiter gegeben werden.

Eine der Nasenspitze vergleichbare Untersuchung auf einen Zusammenhang zwischen diesem Prozentsatz und dem ursprünglichen Abstand zwischen dem Prosthion, d. h. dem vestibulärsten Punkt des ersten Oberkieferschneidezahns, und dem Oberlippenpunkt, führte zu keinem Weg, die Zusammenhänge klarer zu erfassen.

Eine mögliche Erklärung wäre u. a., dass in diesem Fall der Druck der Unterlippe als nicht zu berechnende variable Größe mit einwirkt.

2.4.4. Lageveränderung des Unterlippenpunktes

Um eine Lageveränderung des Unterlippenpunktes zu bestimmen, wurde der Abstand zwischen dem Punkt Infradentale, d. h. dem vestibulärsten Punkt des ersten Unterkieferschneidezahns, und dem Unterlippenpunkt bestimmt. Bei sämtlichen Patienten (Spina gekappt / nicht gekappt) nahm dieser Wert zu. Im Mittel geschah dies um 3 Millimeter (min.: 0,9 mm, max.: 4,6 mm). Dabei ist es schwer zu beurteilen, ob die Unterlippe von den, nun teils postoperativ mit normalen Overbite und Overjet liegenden, Oberkieferschneidezähnen nach vorne gedrückt wird, ob ein, bei einigen Patienten, eintretender tieferer Biss bewirkt, dass sich Ober- und Unterlippe gegenseitig nach ventral schieben, ob die Unterlippe von der nach vorne versetzten Oberlippe mit geschoben wird oder ob andere Faktoren diesen Wert beeinflussen. Da die Unterlippe also von vielen, nicht vorherzusagenden Faktoren beeinflusst wird, erscheint eine Prognose schwer.

2.4.5. Strecken

2.4.5.1. Veränderung der Neigung der Columella-Tangente

Betrachtet man die Änderung des Winkels zwischen der Columella-Tangente, also der Geraden $\overline{Sn-ctg}$, und der Nasion-Sella Linie in Abhängigkeit von der zur Nasion-Sella Linie parallelen Versetzung des Oberkiefers, lässt sich ein ansatzweise proportionaler Zusammenhang erkennen (vgl. Abbildung 2.8). In sämtlichen Fällen wird die Strecke $\overline{Sn-ctg}$ steiler, im Mittel um mehr Grad, je weiter distrahiert wird. Demnach nimmt in allen Fällen die Nase eine spitzere Form an.

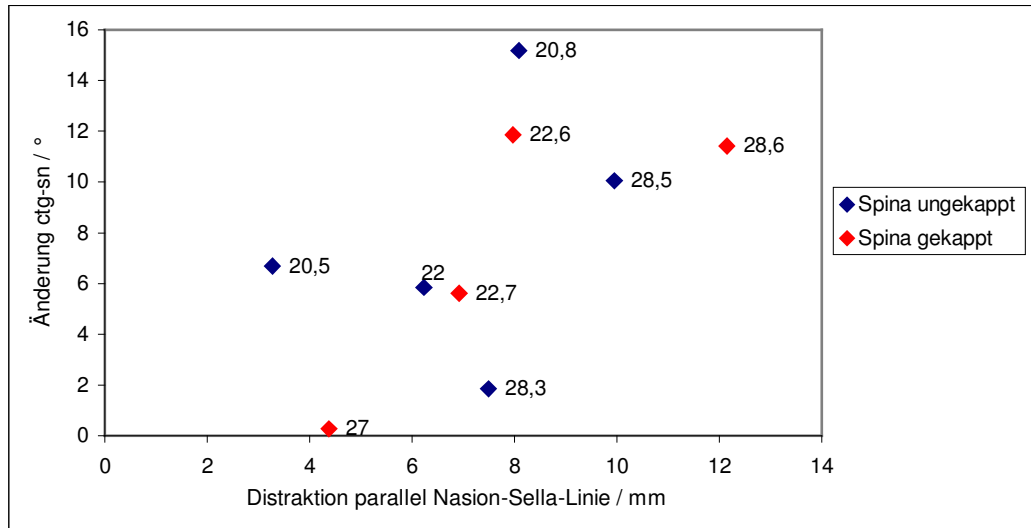


Abbildung 2.8: Änderung der Steilheit der Columella-Tangente aufgetragen über der Distraktion parallel zur Nasion-Sella Linie. Die Zahlenwerte an den Punkten entsprechen den ursprünglichen Abständen zwischen dem untersten im Fernröntgenseitenbild erkennbaren Punkt des Os nasale und der Nasenspitze

Eine mögliche Erklärung dafür veranschaulicht schematisch Abbildung 2.9. Bedingt durch die Tatsache, dass die Nase durch die Distraktion nur im unteren Bereich bewegt wird (vgl. (1) in der Abbildung), während sie im oberen Bereich (3) fixiert ist, entsteht durch die Distraktion keine reine Vorwärtsbewegung, sondern vielmehr eine Schwenkung (2) der Nase nach ventral-kranial. Die Nasenspitze wird dabei samt des vorderen Teils der Columella-Tangente nach oben geschoben, wodurch die Columella-Tangente steiler wird und die Nase insgesamt spitzer. Hierbei war in den meisten Fällen auch eine zunehmend konkave Form des Nasenrückens zu beobachten. Trotz mehrerer Versuche, wie den Nasenrücken in einzelne Segmente einzuteilen und diese zu untersuchen oder Tangenten bzw. Sekunden anzulegen, konnte die Veränderungen jedoch nicht mittels klarer mathematischer Regeln erfasst werden.

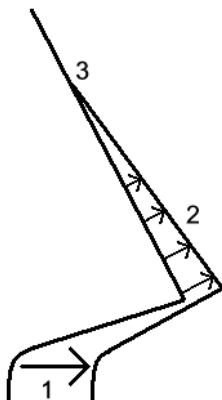


Abbildung 2.9: Mögliche Erklärung der Zunahme der Steilheit der Columella-Tangente (mit 1=Distraktion; 2=Bewegung der Nase; 3= angenommener fester Punkt in der Nähe des kaudalen Endes des Os nasale)

Somit müsste auch ein Zusammenhang zwischen der Änderung der Steilheit von $\overline{Sn - ctg}$ und der Länge des Nasenrückens bestehen, bzw. der Größe der Nase an sich, denn desto kürzer der Nasenrücken ist, desto stärker wäre der die Schwenkung bewirkende Zug nach kranial. Dieser Zusammenhang lässt sich auch in den Zahlenwerten wiederfinden. Die Zahlenwerte an den Punkten in Abbildung 2.8 entsprechen den jeweiligen ursprünglichen Abständen zwischen der Obergrenze der Apertura piriformis und der Nasenspitze. Die Punkte mit niedrigen Zahlenwerten weisen im Verhältnis zur Distraction die stärkste Veränderung der Columella-Tangente auf. Bei den Daten, die einen hohen Abstand aufweisen, wirkt sich die Distraction weniger stark auf die Neigung der Columella-Tangente aus.

Die Obergrenze der Apertura piriformis, welche dem kaudalsten Punkt der Os nasale im Fernröntgenseitenbild entspricht, dient in diesem Fall nur als Hilfe, die Länge des Nasenrückens bzw. die Größe der Nase zu bestimmen, da im Fernröntgenseitenbild dies der einzige zu bestimmende Punkt ist, der dazu herangeführt werden kann.

Der Pearsonsche Korrelationskoeffizient zwischen dem Quotienten aus Winkeländerung / Distaktionsweite und ursprünglichen Abstand zwischen Os nasale ↔ Nasenspitze beträgt $r \approx -0,71$, womit rechnerisch ein mittelstarker Zusammenhang zwischen den beiden Größen nachgewiesen werden kann.

Alternativ wurde untersucht, ob ein stärkerer Zusammenhang zwischen dem ursprünglichen Abstand zwischen Spina nasalis anterior und der Nasenspitze sowie dem Ausmaß der Winkeländerung besteht. In diesem Fall betrug der Pearsonsche Korrelationskoeffizient jedoch nur $r \approx -0,61$, wonach für eine Prognose die Betrachtung des Abstandes zwischen Os nasale und der Nasenspitze mehr Sinn macht.

Mittelt man beide Größen, d. h. die Länge des Nasenrückens und die Winkeländerung pro Längeneinheit der Distraction, erhält man einen Abstand von ca. 24,5 mm und 1° pro mm Distraction. Daraus folgt vereinfacht, dass man bei Werten für den Abstand zwischen Nasenspitze und Os nasale größer 25 mm eine Neigungsänderung von weniger als 1° pro mm Distraction erwarten kann, während bei Werten kleiner 25 mm eine

Neigungsänderung von mehr als 1° pro mm - im Extremfall sogar 2° pro mm – zu erwarten ist.

Angeichts der mit $r \approx -0,71$ nur mäßigen Korrelation und der Tatsache, dass die Bestimmung des Winkels der Columella Tangente nur relativ ungenau erfolgen kann, macht eine genauere Betrachtung der Zusammenhänge kaum Sinn.

2.4.5.2. Veränderung der Neigung der Oberlippen-Tangente

Abbildung 2.10 zeigt die Veränderung der Neigung der Oberlippen-Tangente im Verhältnis zur Nasion-Sella Linie aufgetragen über der Weite der Distraction parallel zur Nasion-Sella Linie. Dabei stehen negative Werte für eine Protrusion der Oberlippe, positive für eine Retrusion.

Es fällt auf, dass die Werte relativ genau um 0° streuen. Rechnerisch sind es $-0,32^\circ$, sofern die Patientendatensätze außer Betracht gelassen werden, bei denen in den postoperativen Bildern Brackets erkennbar waren. Somit muss man davon ausgehen, dass im Mittel die Oberlippe nur parallel vorversetzt wird und ihre Neigung nicht verändert. Die Veränderung der Neigung im Einzelnen lässt sich am ehesten durch das Zusammenwirken von Ober- und Unterlippe erklären (vgl. Kapitel 2.4.3.). Da dies wahrscheinlich wiederum durch die entstehenden Okklusionsverhältnisse bestimmt ist, ist es kaum möglich, für die Oberlippentangente eine verlässliche Prognose zu erstellen.

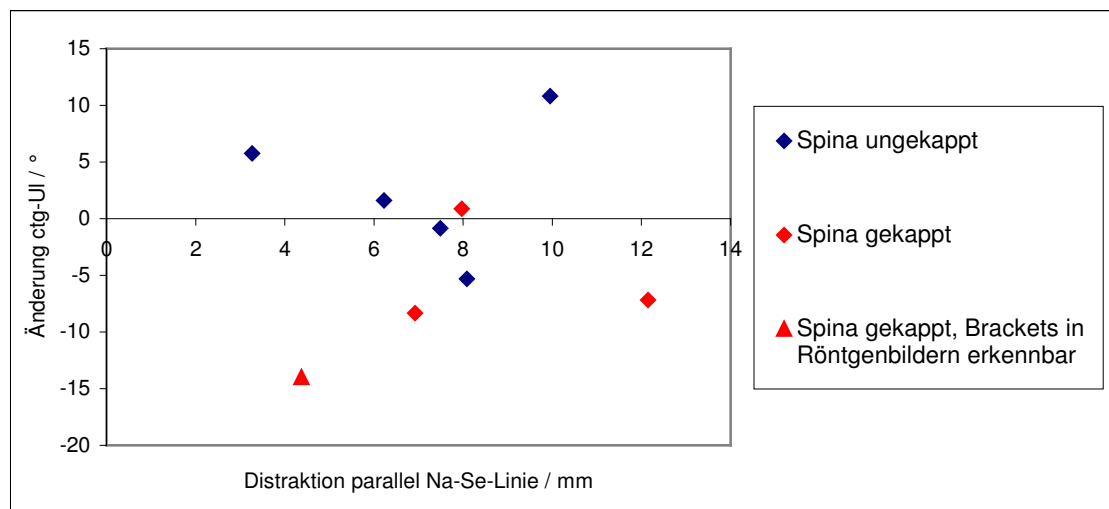


Abbildung 2.10: Änderung der Steilheit der Oberlippentangente aufgetragen über der Distraction parallel zur Nasion-Sella Linie

2.4.6. Winkel

2.4.6.1. Veränderung des Nasolabialwinkels

Da der Nasolabialwinkel von den zuvor untersuchten Strecken, d.h. von der Columella-Tangente und der Oberlippentangente aufgespannt wird, muss seine Größenänderung die Summe der Änderungen der Neigungen dieser Strecken sein. Da die Columella-Tangente in allen Fällen steiler wird und die Neigung der Oberlippentangente sich im Mittel nicht ändert, vergrößert sich im Mittel der Nasolabialwinkel (vgl. Abbildung 2.11, wobei in einem Fall evtl. die Größenabnahme des Nasolabialwinkels auf Brackets zurückzuführen ist).

Weil dabei die Änderung der Columella-Tangente dominiert, gelten für das Maß der Änderung des Nasolabialwinkels in etwa die gleichen Zusammenhänge, wie sie für die Änderung Columella-Tangente in Kapitel 2.4.5.1. beschrieben wurden.

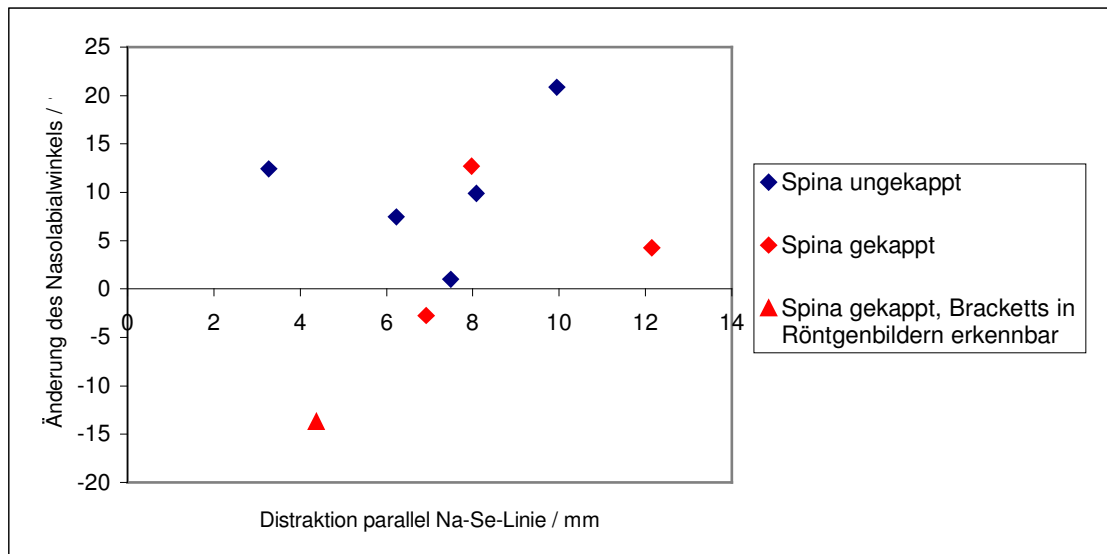


Abbildung 2.11: Größenänderung des Nasolabialwinkels aufgetragen über der Distraktionsweite

2.5. Überprüfung der Prognosen

2.5.1. Überprüfung der Prognose anhand zweier Beispielpatienten

Zur Überprüfung der Prognosen anhand der Daten zweier Beispielpatienten werden die mit den Prognosen errechneten Werten mit den tatsächlich eingetretenen Werten unter Miteinberechnung der Distraction verglichen.

Patient A:	Männlich		
	Alter bei Distraction: 11 Jahre		
	3,5 mm	Versetzung des Oberkiefers, parallel zur Nasion-Sella Linie	
	24,3 mm	ursprünglicher Abstand zw. Nasenspitze und Spina nasalis anterior	
	17,2 mm	ursprünglicher Abstand zw. Nasenspitze und Os nasale	
	2,6 mm	Annäherung der Spina an die ursprüngliche Lage der Nasenspitze	
		Vorhergesagte Werte	Eingetretene Werte
Vorverlagerung Nasenspitze, vgl. 2.4.1		1,4 mm mit Formel (10)	1,5 mm
Vorverlagerung Subnasale		Im Mittel ca. 100% der Distraction parallel der NSL; allerdings sehr hohe Streuung um diesen Wert also $\approx 3,5\text{mm}$	2,4 mm
Vorverlagerung Oberlippenpunkt, vgl. 2.4.3.		Zu erwarten sind 67% der Distaktionsweite also $\approx 2,3\text{ mm}$	2,7 mm
Vorverlagerung Unterlippenpunkt		Eine Vorverlagerung ist zu erwarten, eine quantitative Aussage ist allerdings nicht möglich	-1 mm
Neigungsänderung Columella-Tangente		Aufgrund des ursprünglichen Abstandes zw. Nasenspitze und Os nasale von weniger als 25mm mehr als 1° pro mm Distraction. D.h. $\approx 5^\circ$	2°
Neigungsänderung Oberlippentangente		Prognose aufgrund vieler nicht zu bestimmender Faktoren nicht möglich	Retrusion um 8°
Größenänderung Nasolabialwinkel		Vergrößerung sehr wahrscheinlich, genaue Vorhersage aufgrund der nicht zu prognostizierenden Änderung der Oberlippentangente nicht möglich	Vergrößerung um $10,5^\circ$

Tabelle 2.1. Allgemeine Daten sowie vorhergesagte Werte und eingetretene Werte der ersten zur Überprüfung herangezogenen Patientendaten

nicht erkannt werden können. Trotzdem kann doch das Maß der Streuung der prognostizierten Werte um die tatsächlich eingetretenen Werte eine Aussage über die Fähigkeit der Prognose bieten, die zugrundeliegenden Daten exakt zu erfassen.

Wird mit der in Kapitel 2.4.1. ermittelten Formel (10) die Vorverlagerung für die vorhandenen Patientendaten ermittelt, welche auch als Grundlage für die Entwicklung derselbigen Formel dienen, und werden die Ergebnisse mit den tatsächlich eingetretenen Werten verglichen, dann beträgt der Mean Absolute Error (MAE):

$$MAE = \frac{1}{T} \sum^T |\hat{x} - x| \approx 0,48mm$$

wobei \hat{x} der vorliegenden Prognose,
 x der tatsächlich eingetretenen
 Beobachtung und T der Gesamtzahl
 der vorliegenden Prognosen entspricht.
 Vgl. (Weiß 2005)

Der Mean Absolute Error beschreibt den Betrag, um den die Prognose im Mittel den tatsächlich eingetretenen Wert verfehlt.

In Kapitel 2.4.5.1. wird die Aussage getroffen, dass der sich im Fernröntgenseitenbild darstellende Abstand zwischen Os nasale und Nasenspitze relevant für das Ausmaß der Kippung der Columella-Tangente ist. Ein Wert über 25 mm lässt eine Kippung von weniger als 1° pro mm Distraction erwarten; ein Wert von unter 25 mm mehr als 1° Kippung pro mm Distraction. Diese Aussage trifft in sechs der neun zugrundeliegenden Fälle zu. In den drei Fällen, in denen die Aussage nicht zutrifft, beträgt die Kippung relativ genau 1° pro mm Distraction, was auch in etwa in den Rahmen der Aussage passt.

In Kapitel 2.4.3. wird die Aussage getroffen, dass im Mittel eine Vorverlagerung des Oberlippenpunktes von ca. 67 % der Distaktionsweite parallel zur Nasion-Sella Linie zu erwarten ist. Sechs der acht in Abbildung 2.7 dargestellten für die Patientendaten stehenden Punkte liegen auf der rechnerisch ermittelten Ursprungsgeraden, doch bedingt durch die Tatsache, dass zwei der Punkte stark von dieser Ursprungsgeraden abweichen, steigt der mittlere Fehler (MAE) stark an. Somit weichen im Mittel alle acht Datensätze um 16,6 Prozentpunkte von den 67 % ab.

3. Ergebnisse

3.1. Nase

Es ist gelungen, für die von der Distraction abhängige Vorverlagerung der Nasenspitze eine mathematische Formel zu entwickeln, welche die Gesetzmäßigkeiten, die dieser Vorverlagerung zugrunde liegen, gut erfasst. Diese Formel lautet:

$$(10) \quad f(x) = x * e^{-\left(0,106 \frac{1}{mm} * \overline{Sp-Tn} - 1,933\right)}$$

Dabei entspricht $\overline{Sp-Tn}$ dem ursprünglichem Abstand zwischen Nasenspitze und Spina nasalis anterior, x der Annäherung der Spina an die Nasenspitze und $f(x)$ der Vorverlagerung der Nasenspitze.

Da diese Formel an sich schlecht handhabbar ist, ist es hilfreich, sie in ein anschauliches Diagramm umzusetzen, das in Abbildung 3.1 dargestellt ist. Aus ihm lässt sich dann ablesen, bei welchem ursprünglichem Abstand zwischen Spina nasalis anterior und Nasenspitze, repräsentiert durch die unterschiedlichen Ursprungsgeraden, welche Distractionsweite welche Vorverlagerung der Nasenspitze bewirkt.

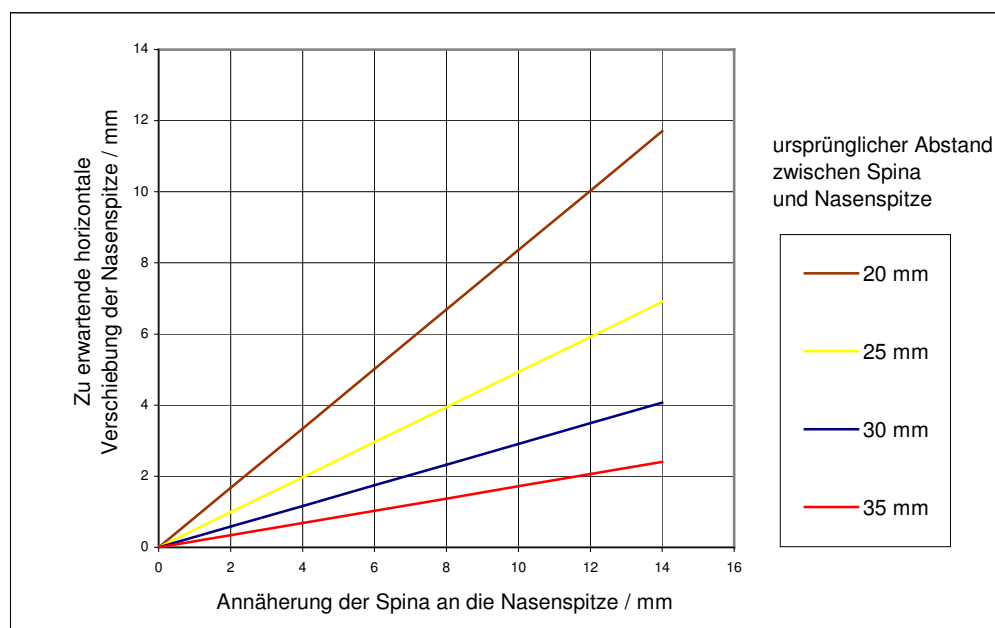


Abbildung 3.1: Zu erwartende horizontale Verschiebung der Nasenspitze in Abhängigkeit der Annäherung der Spina an die Nasenspitze und des ursprünglichen Abstandes zwischen Spina und Nasenspitze.

Somit besagt diese Formel, dass bei einem ursprünglichen Abstand von Spina nasalis anterior und Nasenspitze von 20 mm ca. 80 % der Distraktionsweite auf die Nasenspitze übertragen werden, bei 25 mm ca. 50 %, bei 30 mm ca. 30 % und bei 35 mm ca. 20 %.

Für die zweite, die Nase betreffende Größe, der Neigungsänderung der Columella-Tangente kann festgestellt werden, dass im Mittel eine um 1° steilere Columella-Tangente pro mm Distraction zu erwarten ist. Stellt sich im Fernröntgenseitenbild der Abstand zwischen dem kaudalen Ende des Os nasale und der Nasenspitze kleiner als 25 mm dar, ist eine etwas größere Winkeländerung von bis zu 2° pro mm Distraction zu erwarten. Ist dieser Abstand größer, ist eine etwas kleinere Winkeländerung wahrscheinlich.

Bei der Überprüfung anhand der Patientendaten erwies sich die für die Nasenspitze beschriebene Formel als sehr präzise. Die Veränderung der Nasenspitze des ersten Patienten konnte exakt vorhergesagt werden, die des zweiten mit ca. einem Millimeter Abweichung. Müsste die Formel die Daten, welche ihr zugrunde liegen, selbst vorhersagen, würde sie im Mittel, was dem Mean Absolute Error entspricht, nur um ca. 0,5 mm falsch liegen. Dieser Wert ist insofern aussagekräftig, da mit der Formel, welche nur zwei Variablen hat, insgesamt sechs Patientendaten gut abgedeckt werden können.

Bei den meisten Patienten trat zudem eine Formveränderung des Nasenrückens auf. So nahm das Profil des Nasenrückens eine eher konkave Form ein. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Nasenspitze nicht direkt nach ventral verschoben wird, sondern eher nach ventral-kranial verdrängt wird. Es gelang aber nicht, die Profiländerung des Nasenrückens objektiv zu erfassen, womit eine klare Prognose nicht möglich ist.

Die zwei dargestellten Patientenfälle in Abbildung 3.2 und 3.3 veranschaulichen diesen Effekt, wobei dieser im ersten Fall stärker auftritt. Hier lässt sich auch gut die Zunahme der Steilheit der Columella-Tangente erkennen.

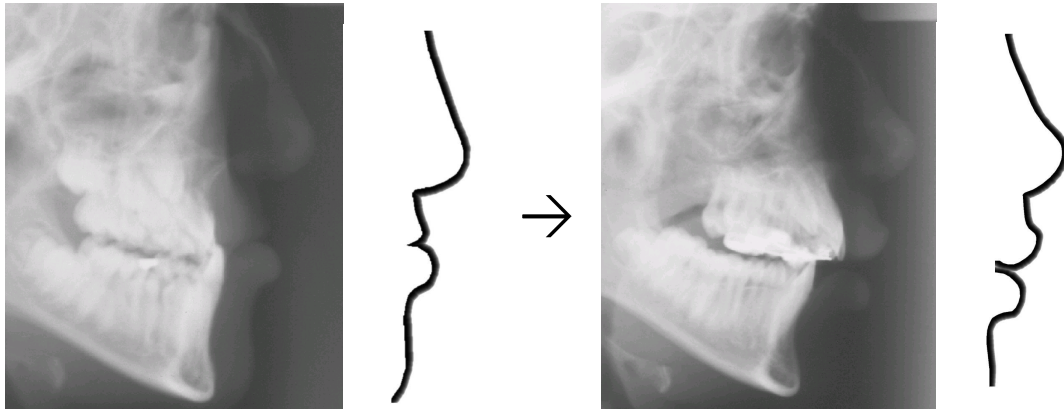


Abbildung 3.2. – Ein Patientenfall vor und nach der Distraktion. Gut zu erkennen die Zunahme der Steilheit der Columella-Tangente und der Konkavität des Nasenrückens

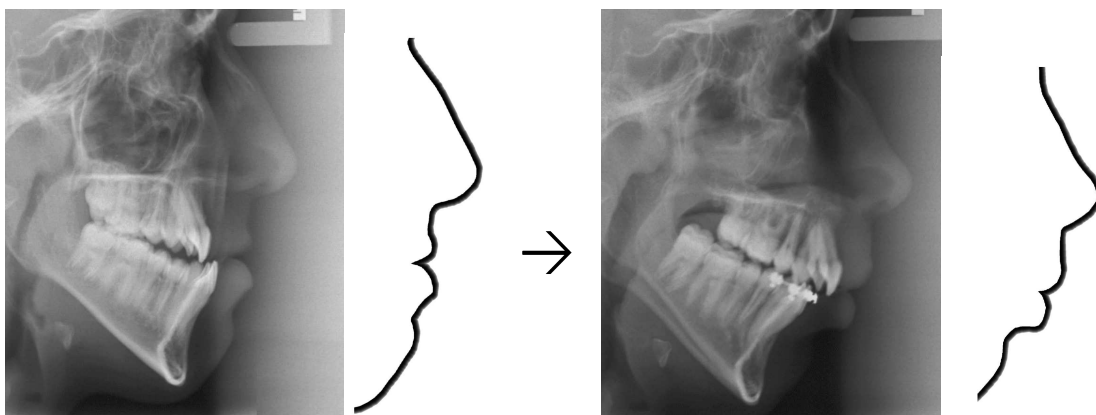


Abbildung 3.3. – Ein zweiter Patientenfall vor und nach der Distraktion. Die für Abbildung 3.2. beschriebenen Veränderungen treten, wenn auch schwächer, auch hier auf

Somit lässt sich feststellen, dass die Nase nicht nur eine „spitzere“ Form durch die Änderung der Steilheit der Columella-Tangente erhält, sondern auch durch eine zunehmend konkavere Form des Nasenrückens.

3.2. Lippen

Der Oberlippenpunkt wurde im Mittel um 67 % des Betrages der Distraktionsweite nach vorne mitverlagert. Bei den beiden Patienten, anhand derer die Prognose überprüft wurde, traf diese Aussage mit weniger als einem halben Millimeter Abweichung zu. Die acht Datensätze, welche zur Ermittlung der 67 % dienten, wichen durch zwei starke Ausreißer im Mittel um 16,6 Prozentpunkte von diesen 67 % ab (der Mean Absolute Error), was auf absolute Werte bezogen 1,3 mm entspricht.

Die prozentuale Abweichung ist daher allerdings für eine genaue Prognose zu hoch.

Die Veränderung der Oberlippentangente entsprach im Mittel einer Protrusion von ca. 0° ; dies allerdings bei insgesamt stark streuenden Werten mit einem Minimum von 10° Retrusion und einem Maximum von $8,3^\circ$ Protrusion. Hier besteht der Zusammenhang zum Oberlippenpunkt, welcher die Oberlippentangente mit aufspannt.

Weder bei der Vorverlagerung des Oberlippenpunktes noch bei der Veränderung der Oberlippentangente war ersichtlich, wodurch die Streuung um den Mittelwert bedingt ist. Man kann davon ausgehen, dass der u. a. okklusionsbedingt veränderte Einfluss der Unterlippe einwirkt. Es ist es kaum möglich, die Veränderung der die Oberlippe betreffenden Parameter exakter vorherzusagen. So bleibt nur festzustellen, dass die Lippe im Schnitt um ca. 67 % der Distraktionsweite in etwa parallel nach vorne verlagert wird.

Bei der untersuchten Patientengruppe konnte in allen acht Fällen eine Vergrößerung des Abstandes zwischen dem Punkt infradentale und dem Unterlippenpunkt festgestellt werden. Bei den zwei Patienten, welche zur Überprüfung der Prognose dienten, konnte jedoch in einem Fall keine Veränderung und in dem anderem Fall eine Verkleinerung von 1 mm festgestellt werden.

4. Diskussion

4.1. Patienten

Der Studie liegt ein Patientenkollektiv von elf Patienten zugrunde. Neun dienten der Erstellung der Prognosen, zwei deren Überprüfung. Es konnten leider nicht mehr Patientendaten gefunden werden, welche zur Auswertung herangezogen werden konnten. Dies wirft zwei Probleme auf.

Erstens ist die untersuchte Gruppe mit elf Patienten recht klein, wobei u.a. für die Untersuchung der Nasenspitze nur auf sechs Patienten zurückgegriffen werden konnte. Die Gefahr, dass bei einer derartig geringen Zahl von zugrundeliegenden Datensätzen zufällige Fehler übermäßig stark in die Modelle mit einfließen, ist zweifelsohne gegeben.

Das zweite Problem des als Datengrundlage dienenden Patientenkollektivs ist die mangelnde Gleichheit der Patienten. Obwohl es eigentlich für eine genaue Untersuchung optimal wäre, eine völlig homogene Patientengruppe zu haben, liegt diese in diesem Fall leider nicht vor. Das heißt, es sind Patienten mit unterschiedlichen Formen von Spaltbildungen vorhanden. So gingen Fälle mit ein- und beidseitigen Spalten sowie mit variierender Beteiligung von Lippe, Alveolarfortsatz und Gaumen in die Studie mit ein. Dabei wäre auch zu erwarten, dass die unterschiedlichen Narbenbildungen durch vorhergehende Operationen sich unterschiedlich auf die Veränderungen des Profils auswirken.

Dem steht gegenüber, dass eine Aufteilung des Patientenkollektivs, allein schon durch die geringe Menge an Patientenfällen, kaum möglich ist. Des weiteren weisen auch Studien, die das Verhalten des Weichgewebes bei der vergleichbaren Umstellungsosteotomie des Oberkiefers untersuchen, darauf hin, dass selbst zwischen den Spalt- und Nicht-Spaltpatienten keine großen Unterschiede im Verhalten des Weichgewebes auftreten (**Bender** 1992, **Hui, et al.** 1994). Die Studien zur Profilveränderungen bei Oberkieferdistraktionen unterscheiden bezüglich der Patientenvorgeschichten nicht (**Molina, et al.** 1998, **Wen-Ching Ko, et al.** 2000, **Harada, et al.** 2002).

Somit ist auch nicht zu erwarten, dass zwischen den unterschiedlichen Spaltpatienten stark abweichende Ergebnisse auftreten werden.

4.2. Ermittlung der Daten

Für die Auswertung der Röntgenbilder der Patienten des Kollektivs wurde ein kartesisches Koordinatensystem gewählt. Die Verwendung eines Koordinatensystems ermöglichte erst eine genaue Beschreibung der Veränderung der einzelnen Punkte und zudem eine getrennte Untersuchung der zwei Geraden, welche den Nasolabialwinkel aufspannen und nicht nur die Betrachtung des Gesamtwinkels.

Die horizontale Gerade, d. h. die x-Achse des Systems, wurde dabei mit der Nasion-Sella Linie gleich gelegt. Die y-Achse entsprach einer Senkrechten durch den Nasion-Punkt.

Als Ursprung des Koordinatensystems wurde der Punkt Nasion dem Punkt Sella vorgezogen, da der Punkt Nasion exakter und weniger fehleranfällig zu bestimmen ist. Wäre der Punkt Sella als Ursprung gewählt worden, wären die kleinen Fehler, welche bei seiner Bestimmung eher auftreten, direkt mit in die grundlegenden Daten eingeflossen.

Alternativ hätte das Koordinatensystem auch auf der Frankfurter Horizontalen basiert sein können. Dies hätte den Vorteil, dass die x-Achse auch tatsächlich auf den menschlichen Schädel bezogen horizontal ist und somit der mehrfach in der Arbeit verwendete Begriff von „horizontalen Bewegungen“ auch zutrifft. Dem gegenüber steht jedoch, dass die Bestimmung der Frankfurter Horizontalen sich im Röntgenbild, im Gegensatz zu den Punkten Nasion und Sella, als schwer erweist.

Der Porus acusticus externus, als einer der Punkte, die die Frankfurter Horizontale definieren, ist in den meisten Fernröntgenseitenbildern nur schwer auszumachen. Dies wird bei den vorliegenden Bildern weiter dadurch erschwert, dass sich in dem umgebenden Bildbereich Verschattungen der Kopfhalterungen befinden.

Die ebenfalls für die Definition der Frankfurter Horizontalen benötigten Infraorbitalränder sind zwar besser auszumachen, allerdings sind sie selten aufeinander projiziert, so dass man zur Bestimmung mitteln müsste.

Im Gegenzug dazu sind die Punkte Nasion und Sella klar zu bestimmen und sie liegen in der gleichen medianen Sagittalebene wie fast alle untersuchten Punkte, wodurch zudem

projektionsbedingte Fehler wegfallen. Des Weiteren ist der Winkel zwischen der Frankfurter Horizontalen und der Nasion-Sella mit ca. 6° klein, mit dem Effekt, dass der Fehler, der entsteht, wenn man von „horizontaler Bewegung“ spricht, mit 0,5 %, ($\cos(6^\circ) = 0,995$) extrem gering ist. Selbst wenn man diesen Fehler als zu groß betrachtet, kommt hinzu, dass in den meisten erstellten Prognosen Verhältnisse von knöcherner Bewegung und Weichgewebsbewegung angegeben werden, also de facto Brüche, und sich der entstandene Fehler somit komplett rauskürzt.

4.3. Untersuchung des Verhaltens der Nasenspitze

Anhand der aus den Röntgenbildern gewonnenen Daten der Punkte, Strecken und Winkel des Profils vor und nach der OP wurde als nächstes das Verhalten der Nase untersucht, wobei die Untersuchung der Nasenspitze eine aussagekräftige Prognose ergab.

Die gewonnenen Daten zeigten, dass die Werte für das Verhältnis der Bewegung von Hart- zu Weichgewebe bei einer anterioren Oberkieferdistraktion einer großen Streuung unterliegen, was entsprechend früherer Studien zu erwarten war. Ziel dieser Studie war es aber nicht nur, diese streuenden Werte anzugeben und für eine Prognose des Verhaltens der Nasenspitze zu gebrauchen, sondern unter Verwendung weiterer Daten der Patienten eine Prognose mit geringer Streuung um die tatsächlichen Werte zu entwickeln.

Es mussten also anstelle von nur einer unabhängigen Größe (der Versetzung des Oberkiefers) mindestens zwei Größen betrachtet werden (die Versetzung des Oberkiefers sowie der ursprüngliche Abstand zwischen Spina nasalis anterior und der Nasenspitze). Der ursprüngliche Abstand zwischen Spina nasalis anterior und der Nasenspitze wurde gewählt, da dieser wichtig erscheint für die Auswirkungen der Distraktion auf die Nasenspitze. Eine dicke Schicht Weichgewebe mit einem großen Abstand zwischen dem bewegten Oberkiefer und der Nasenspitze wird die Bewegung besser abdämpfen als eine dünne Schicht mit geringem Abstand zwischen Oberkiefer und Nasenspitze. Die Anordnung der mit den ursprünglichen Abständen zwischen Spina nasalis und Nasenspitze versehenen Punkte in Abbildung 2.5. bestätigt diese Vermutung.

Die anschließend aus den in Kapitel 2.4.1. dargestellten Überlegungen hergeleitete Funktion

$$(5) \quad f(x) = x * e^{-(k_1 * \overline{Sp-Tn} + k_2)}$$

zur Beschreibung der Wanderung der Nasenspitze nach vorne findet eine starke Bestätigung in der Tatsache, dass sich in Abbildung 2.6. die Messwerte entlang einer Geraden anordnen, weil die lineare Funktion im Exponenten von (5) dies fordert. Mathematisch wird diese Beobachtung durch den Pearsonschen Korrelationskoeffizienten von 0,93 bestätigt, wie er im Kapitel 2.4.1 beschrieben wird.

In der Physik sind zudem Funktionen, welche Dämpfungen oder Absorptionen beschreiben, ähnlich aufgebaut, wie zum Beispiel eine Funktion, welche die Absorption eines Strahles beim Durchgang durch Materie unterschiedlicher Dicke beschreibt. Da dieser Mechanismus mit der Dämpfung der Verschiebung durch das Weichgewebe vergleichbar ist, spricht auch dies für die Funktion.

Doch auch wenn die Funktion durch formelle Überlegungen, die Anordnung der Messpunkte entlang der Geraden und abschließende Überprüfung durch zwei Patientenfälle deutlich bestätigt wird, muss immer bedacht werden, dass sie nur auf sechs Fällen beruht und somit eine starke Auswirkung von zufälligen Fehlern noch relativ wahrscheinlich ist.

Für die Bewegung der Nasenspitze wurde abweichend von den anderen untersuchten Größen als unabhängige Größe die Annäherung an die Nasenspitze anstatt der isolierten horizontalen Versetzung des Oberkiefers gewählt. Die darauf aufbauende Prognose erwies sich im Vergleich zu anders aufgebauten, testweise erstellten Prognosen als besser geeignet, die zugrundeliegenden Messwerte zu erfassen. Das heißt, die Punkte in Abbildung 2.6 ordneten sich am besten entlang einer Geraden an, was mathematisch durch den größten Pearsonschen Korrelationskoeffizienten bestätigt wurde. Gleichzeitig konnte sie das Verhalten der beiden zur Überprüfung herangezogenen Patientenfälle leicht besser vorhersagen.

Die zwei vorliegenden Studien, welche das Verhalten des Weichgewebeprofiles nach einer Oberkieferdistraction untersuchen, geben für das Verhältnis von knöcherner- zu Weichgewebebewegung Werte von 0,53 und 0,57 an, wobei für den Wert von 0,53 ein Korrelationskoeffizient von 0,495 mit angegeben wird. Bildet man vergleichbar dieser Mittelwerte mit den sechs Patientendaten dieser Studie, welche als Grundlage für die Erstellung der Prognose dienen, den Mittelwert, so erhält man 0,56. Nimmt man noch die zwei zur Überprüfung der Prognose herangezogenen Patienten hinzu, erhält man einen Wert von 0,54. Die Werte passen somit gut zu den bisher veröffentlichten Studien. Der Korrelationskoeffizient für den ersten Wert beträgt jedoch nur 0,21. Somit korrelieren auch in dieser Studie die Werte von knöcherner- und Weichgewebebewegung ohne die Berücksichtigung weiterer Größen nur sehr gering miteinander. Erst durch die erweiterte Betrachtung mit der Einbeziehung des ursprünglichen Abstands von Spina nasalis und Nasenspitze gelingt es, die Zusammenhänge genauer zu erfassen. Dadurch wird ein Korrelationskoeffizient von 0,93 für die Werte der umgeformten Formel (5) erreicht, was eine verlässliche Prognose anhand der Formel ermöglicht.

In den Studien, welche die Veränderungen des Profils bei Umstellungsosteotomien beschreiben, werden 0,17, 0,24, 0,27, 0,33 und 0,5 als Werte genannt (**Freihof** 1977, **Mansour, et al.** 1983, **Karas, et al.** 1990, **Hui, et al.** 1994, **al-Waheidi & Harradine** 1998). Es fällt auf, dass die Werte der Umstellungsosteotomie geringer sind, was aber auch schon von Harada et. al genannt wurde (**Harada, et al.** 2002).

Gemein ist beiden Verfahren die hohe Streuung in den Werten, was bei der Umstellungsosteotomie durch die vielen unterschiedlich hohen Werte verdeutlicht wird, bei der Distraction durch die niedrigen Korrelationskoeffizienten von 0,21 und 0,495.

Keine der bisher veröffentlichten Studien über Distractions- oder Osteotomieverfahren betrachtet jedoch mehr als das Verhältnis von knöcherner- zu Weichgewebebewegung. Erst in dieser Studie werden die grundlegenden Mechanismen genauer betrachtet, wodurch eine Formel für das Verhalten der Nasenspitze entwickelt werden konnte, die in der Lage ist die stark unterschiedlichen Verhältnisse zu erklären. Damit ist erst eine wirkliche Prognose möglich, die die starken Streuungen der bisherigen Studien abdeckt und erklärt.

4.4. Untersuchung des Punktes Subnasale

Die Untersuchung des Punktes Subnasale erwies sich jedoch als weniger ergiebig. Es konnte festgestellt werden, dass im Mittel der Punkt Subnasale mit 98% in etwa genauso weit nach vorne wandert, wie der Oberkiefer nach vorne distrahiert wird. Da dieser Wert aber mit einer Standardabweichung von 32 Prozentpunkten verbunden ist, ist seine Aussagekraft für eine genaue Prognose zu gering. Es wurde zwar versucht, der Untersuchung der Nase vergleichbar, die Streuung in Abhängigkeit von anderen Größen zu stellen; dies führte jedoch ins Leere. So wurde u.a. eine mögliche Abhängigkeit von dem ursprünglichen Abstand zwischen Spina nasalis anterior und Subnasale untersucht; es lies sich dennoch kein klarer Zusammenhang finden.

Eine mögliche Ursache dafür wäre die weniger gut reproduzierbare Lage des Punktes Subnasale. Gemäß Segner und Hasund ist dieser definiert als der „Punkt des geringsten Kurvenradius am Übergang des Nasenstegs in die Oberlippe“ (**Segner & Hasund 1998**). Beim Setzen der Punkte im Programm Orthometric[®] wurde zwar immer versucht, diese Definition so genau wie möglich einzuhalten, trotzdem war der Ermessensspielraum oft recht weit. Ein zweites Problem ist die Frage, ob durch die Verformung des Profils der Punkt des geringsten Kurvenradius vor und nach der Distraction noch exakt der gleichen Hautpunkt ist. Dies beides könnte erklären, warum überhaupt Werte von über 100 % gemessen wurden.

Zusammengefasst folgt, dass die Bestimmung des Punktes Subnasale problematisch ist und somit unter Umständen schon auf der Ebene der Legung der Punkte im Programm Orthometric[®] eine Reihe von unvermeidbaren zufälligen Fehlern entstanden ist, die eine genaue Prognose nicht möglich machen. Somit bleibt nur, den Wert von ca. 100% als groben Richtwert anzunehmen, d.h. das die Region im Übergang von Nase zu Lippe dem Kiefer in etwa gleich stark folgt. Eine genauere Prognose, wie sie als Ziel der Studie in der Einleitung formuliert wurde, scheint nicht möglich.

In der Literatur findet sich nur ein Wert von 83 % für Distractionen, der somit vergleichbar ist (**Harada, et al. 2002**). Es finden sich zudem Werte von 24 % bis 100 % (Mittelwert: ca. 58 %) für die Oberkieferumstellungsosteotomie (**Freihofer 1976, Mansour, et al. 1983,**

Bundgaard, et al. 1986, **Rosen** 1988, **Bender** 1992, **Ewing & Ross** 1993, **Hui, et al.** 1994, **al-Waheidi & Harradine** 1998). Die Streuung der Werte in der Literatur ist also abermals hoch. Wieder ist auch festzustellen, dass die Werte für die Umstellungsosteotomie anscheinend geringer sind als die der Distraction.

4.5. Untersuchung des Oberlippenpunktes

Dem Verlauf des Profils folgend wurde als nächstes der Oberlippenpunkt betrachtet. Die in Kapitel 2.4.3. gezeigte Abbildung 2.7. zeigt die Weite der Vorverlagerung des Oberlippenpunktes aufgetragen über der Vorverlagerung des Oberkiefers. Es lässt sich ein in etwa proportionaler Zusammenhang erkennen, bei dem der Großteil der Punkte relativ gering von der Ursprungsgeraden abweicht. Diese rechnerisch ermittelte Gerade hat eine Steigung von 0,67. Das heißt, dass circa 67 % der Bewegung des Oberkiefers auf den Oberlippenpunkt übertragen werden. Durch zwei Ausreißer beträgt die Standardabweichung jedoch 29 Prozentpunkte und der Pearsonsche Korrelationskoeffizient liegt bei 0,65.

Wie bei den anderen Punkten auch wurde hier versucht, dies mathematisch zu erfassen, u.a. indem die Dicke der Lippe (d. h. der Abstand zwischen Prosthion und Oberlippenpunkt) mit einberechnet wurde. Dies führte allerdings zu keinem Ergebnis. Auch bei der Betrachtung der Fernröntgenseitenbilder der Patientenfälle, welche die Ausreißer hervorriefen, ließ sich keine klare Ursache für die abweichenden Werte erkennen. Es konnte nicht ausgemacht werden, ob bei diesen Patienten Verhältnisse vorliegen, welche einen verstärkten bzw. verminderten Druck auf die Lippen hervorrufen oder nicht. So wurden u.a. die Okklusionsverhältnisse betrachtet, aber auch die Abstände der Lippen zueinander oder zu den Zähnen.

Die große Standardabweichung, die also nicht durch eine verfeinerte Betrachtung eliminiert werden konnte, lässt es leider nicht wirklich zu, den Wert von 67 % für eine genaue Prognose zu verwenden, auch wenn die Anordnung der meisten Punkte entlang einer Geraden dazu verleitet.

Dies zeigte sich auch bei den beiden zur Überprüfung herangezogenen Patientenfällen. So hatte zwar Patientenfalle B eine Verschiebung von 68 %, welche gut zu dem oben angegebenen Wert passt. Beim Patientenfalle A lag jedoch eine Verschiebung von 77 % des Oberlippenpunktes im Verhältnis zum Oberkiefer vor, was nicht prognostiziert worden wäre.

Vergleichbares zeigen auch die anderen Studien, in denen die Veränderungen des Weichgewebeprofils bei Oberkieferdistraktion untersucht werden. Diese Studien geben zwar keine Streuungen an, aber die angegebenen Mittelwerte für den Oberlippenpunkt liegen bei 62,3 %, 70,5 % (**Harada, et al.** 2002) und 80 % (**Wen-Ching Ko, et al.** 2000), wobei der Wert von 80 % mit einem relativ niedrigem Korrelationskoeffizienten von 0,344 angegeben wird. Betrachtet man dazu noch den Wert von 67 % dieser Studie mit seiner hohen Standardabweichung, muss man vermuten, dass die Verschiebung des Oberlippenpunktes einer rein zufälligen hohen Streuung unterliegt und somit schlecht zu prognostizieren ist. Studien über die Veränderungen des Weichgewebes bei Oberkieferosteotomien geben hier Werte von 50 % bis 100 % an (Mittelwert ca. 72 %) (**Dann, et al.** 1976, **Freihofer** 1976, **Mansour, et al.** 1983, **Bundgaard, et al.** 1986, **Rosen** 1988, **Bender** 1992, **Ewing & Ross** 1993, **Hui, et al.** 1994, **al-Waheidi & Harradine** 1998, **Louis, et al.** 2001).

Diese somit sehr hohe Streuung bei den Werten für den Oberlippenpunkt lässt sich wohl damit erklären, dass die Position der Lippen wohl am stärksten durch ihren gegenseitigen Druck aufeinander bestimmt wird. Dieser wiederum wird direkt durch die Okklusion, welche die Lage der Kiefer zueinander genau definiert, bestimmt. Auch wenn eine Änderung der Okklusion das hauptsächlich angestrebte Ziel der Distraktion ist und somit genau geplant wird, ist es wohl kaum möglich, diese so genau zu erfassen, dass damit eine Änderung der Lippenform hervorzusagen wäre, ohne einen enormen Aufwand zu betreiben.

Ein deutliches Beispiel hierfür, ist ein Patientenfalle mit einer sehr ausgeprägten Klasse III Okklusion (vgl. Abbildung 4.1.) Vor der Distraktion üben die Unterkieferfrontzähne Druck auf die Oberlippe aus, bzw. sie verhindern, dass diese zurückfällt. Nach der Distraktion fällt dieser Effekt weg. Welchen quantitativen Einfluss dies hat, ist nicht vorher zu sagen. Wie genau die Okklusion auch nach eventueller Ausbildung eines leichten Rezidivs und

späterer KFO-Behandlung liegen wird, ist auch kaum zu sagen. Somit erscheint es allein durch die bisher genannten Faktoren nicht möglich, genau die Veränderungen der Positionen der Lippen hervorzusagen.



Abbildung 4.1.: Bei einem Patienten mit ausgeprägter Klasse III Okklusion übt die Unterkieferfront Druck auf die Oberlippe aus (links). Dieser fällt nach der Distraction weg (rechts).

Dem Punkt Subnasale vergleichbar muss also gesagt werden, dass eine genaue Prognose nicht erstellt werden kann. Man kann nur den Wert von 67 % bzw. die Werte der anderen Studien als Orientierung nutzen. Der tatsächlich eintretende Wert kann aber auch stark davon abweichen.

4.6. Untersuchung der Geraden und Winkel

Nach Beschreibung der einzelnen Punkte des Profils wurden anschließend die Änderungen der Steilheiten der Columella-Tangente und der Oberlippentangente untersucht. Es zeigte sich, dass die Columella-Tangente in sämtlichen Fällen steiler wurde, d.h. die Nase eine spitzere Form annahm, da die Nasenspitze nicht rein nach ventral sondern eher nach ventral-kranial geschoben wurde.

Gemäß den Beschreibungen bei der Untersuchung der Verschiebung der Nasenspitze ist auch hier festzustellen, dass der Effekt stärker auftritt, wenn wenig Gewebe zur Kompensation vorhanden ist. Kleine Nasen machen im Laufe der Distraction also eher eine Formveränderung durch. Als Hilfsmittel zur Bestimmung der Nasengröße im

Fernröntgenseitenbild wurde der Abstand zwischen dem kranialen Ende der Apertura piriformis, das sich im Fernröntgenseitenbild als der kaudalste Punkt des Os nasale darstellt, und der Nasenspitze gemessen.

Eine weitere Größe, die das Maß der Drehung der Columella-Tangente dominiert, ist verständlicherweise die Weite der Distraktion, wobei die Winkeländerung in Grad in etwa proportional zur Distraktion ist.

Um ein Maß zu haben, wie stark die Größe der Nase die Auswirkungen der Distraktionsweite beeinflusst, wurde der Pearsonsche Korrelationskoeffizient zwischen dem Quotienten aus Winkeländerung / Distraktionsweite und ursprünglichen Abstand zwischen Os nasale ↔ Nasenspitze bestimmt. Dieser spricht mit $r \approx -0,71$ nur für eine mittelmäßig starke Korrelation. Da aber der ursprüngliche Abstand zwischen Spina nasalis anterior und der Nasenspitze sich weniger stark auswirkt (Korrelationskoeffizient von $r \approx -0,61$), sind die beiden erstgenannten Größen (Länge des Nasenrückens und Distraktionsweite) die, die den stärksten Einfluss auf die Verformung der Nase haben.

Da sie aber nicht ausgesprochen deutlich miteinander korrelieren und das Prognoseverfahren nicht zu komplex werden sollte, wurde hier die Kernaussage auf zwei Punkte reduziert. Zum einen, dass sich der Winkel der Columella-Tangente pro Millimeter Distraktion um etwa einen 1° ändert, und zum anderen, dass dies bei kleinen Nasen (Os nasale ↔ Nasenspitze kleiner als 25 mm) eher mehr wird, umgekehrt bei großen Nasen eher weniger. Diese Aussage erwies sich beim Patientenfall B als sehr gut zutreffend, beim Patientenfall A war sie zu klein; statt 5° traten 2° ein.

Trotzdem ist diese Prognose hilfreich. Wenn bedacht wird, dass die Bestimmung der Columella Tangente relativ ungenau ist (vgl. die Ausführungen zur Bestimmung des Punktes Subnasale in diesem Kapitel), macht eine genauere Untersuchung wenig Sinn, da leicht Messfehler auftreten. Durch die Reduzierung auf die beiden oben genannten Aussagen ist die Prognose zudem leichter zu verwenden.

Der in den Fernröntgenseitenbildern beobachtete Effekt, dass die Krümmung des Nasenrückens eine zunehmend konkave Form annimmt, konnte trotz mehrerer Versuche nicht ausreichend genau mathematisch erfasst werden.

Es sollte bedacht werden, dass die Beobachtungen zur Drehung der Columella-Tangente und zur Änderung der Krümmung des Nasenrückens wohl von hoher Aussagekraft sind, da diese die subjektive Wahrnehmung des Profils stark beeinflussen. Die Tatsache, dass die Nase des Patienten „spitzer“ wird oder die Form einer „Stupsnase“ annimmt, wird eher auffallen, als die Tatsache, dass die Nasenspitze sich um ein paar Millimeter nach vorne verlagert hat.

Die Untersuchung der Oberlippentangente erwies sich erwartungsgemäß als wenig aussagekräftig. Diese wird von dem Punkt Subnasale und dem Oberlippenpunkt gebildet. Da deren Verhalten, wie zuvor in diesem Kapitel beschrieben, nicht präzise vorhersagbar ist, ist eine genaue Prognose für die Oberlippentangente auch nicht möglich. Im Mittel ändert sich ihre Neigung nicht, d.h. sie wird nur parallel nach ventral versetzt. Dies wird allerdings von einer hohen Standardabweichung begleitet, so dass eine genaue Aussage keinen Sinn macht.

Demnach macht auch eine Vorhersage des Nasolabialwinkels nur begrenzt Sinn, da dieser auch von der Oberlippentangente gebildet wird. Er wird zwar im Mittel größer, da die Columella-Tangente steiler wird, dies kann aber nicht quantitativ erfasst werden, da der Einfluss der Oberlippentangente ungewiss ist. Somit macht es mehr Sinn, nicht den Nasolabialwinkel als ganzes zu betrachten, sondern nur die Änderung der Steilheit der Columella-Tangente vorherzusagen, welche gut bestimmt werden kann.

Die Studie von Bender bestätigt die Tatsache, dass der Nasolabialwinkel im Zuge einer anterioren Oberkieferdistraktion größer wird (**Bender** 1992). Eine quantitative Aussage gibt es in der Studie allerdings nicht. Für Oberkieferosteotomien finden sich Aussagen über größer sowie kleiner werdende Nasolabialwinkel; die meisten werden aber kleiner (**Dann, et al.** 1976, **Mansour, et al.** 1983, **Molina, et al.** 1998, **Louis, et al.** 2001). Also finden sich auch hier abweichende Ergebnisse zwischen Osteotomieverfahren und Distraktion. Nur eine Studie über Osteotomieverfahren untersuchte bisher die den Nasolabialwinkel aufspannenden Geraden einzeln (**Freihofner** 1977). Hier wurde allerdings

nur die Columella-Tangente betrachtet. Es ergab sich im Durchschnitt eine Drehung von $0,75^\circ$ pro mm versetztem Oberkiefer. Auch hier lässt sich somit eine stärkere Auswirkung der Distraction auf das Profil feststellen.

Die Aussage der Studie von Harada et. al, dass die Distraction stärkere Änderungen hervorruft als die Umstellungsosteotomie des Oberkiefers, lässt sich also durchgehend bestätigen. Eine mögliche Erklärung wäre die durch den Distraktionsprozess hervorgerufene Histioneogenese, durch die bei Streckung des Knochens wird nicht nur dessen Gewebe vermehrt wird, sondern auch das des aufliegenden Weichgewebes (Kessler 2003). Wenn es nämlich zu einer Gewebevermehrung kommt, scheint es erklärbar, warum die Distraction stärkere Auswirkungen auf das Weichgewebe hat als die eine reine Umstellung des Oberkiefers.

4.7. Schlussfolgerung der Diskussion

Somit bleibt zusammenfassend zu sagen, dass das Ergebnis der Studie zweigeteilt ist. Für den Bereich der Oberlippe kann keine gute Prognose erstellt werden. Dies ist einerseits zurückzuführen auf die nicht ausreichend genau zu bestimmenden Messpunkte, andererseits auf die Tatsache, dass die Lippen durch Faktoren beeinflusst werden, die nicht ohne übermäßigen Aufwand vorhersagbar sind. Somit bleibt nur, die dafür hier angegebenen Werte als Richtgrößen anzuwenden. Die beiden Prognosen der Nase erweisen sich jedoch als gut zutreffend. Sowohl die Vorverlagerung der Nasenspitze als auch die für das Erscheinungsbild wichtige Änderung in der Steilheit der Columella-Tangente konnten gut erfasst werden.

5. Zusammenfassung

Bei der Behandlung von ausgeprägten Klasse III-Dysgnathien im Sinne einer Pseudoprogenie durch eine Vorverlagerung des Oberkiefers hat sich die Osteodistraktion in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie als Alternative zu den klassischen Umstellungsosteotomien etabliert. Es existieren bisher allerdings nur drei Studien, welche die dadurch hervorgerufenen Veränderungen des Weichgewebeprofiles beschreiben. Nur zwei dieser Studien untersuchen diese Veränderungen quantitativ, aber nicht ausreichend genau, um eine verlässliche Vorhersage für das Profil des individuellen Patientenfalles zu machen.

Ziel dieser Studie ist es somit, eine Prognose zu erstellen, die es ermöglicht, die Veränderungen des Weichgewebeprofiles, die durch die Vorverlagerung des Oberkiefers mittels Distraktion hervorgerufen werden, vorherzusagen.

Dazu wurden sämtliche Fernröntgenseitenbilder der elf vorliegenden Patientenfälle eingescannt und ausgewertet. Für die Auswertung der relevanten Punkte wurde ein Koordinatensystem basierend auf der Nasion-Sella Linie gewählt. Die Koordinaten der einzelnen Punkte von vor bzw. nach der Distraktion wurden gemittelt und aus den so gewonnenen Daten Differenzen gebildet. Auf diese Weise konnte über die Bewegung der Punkte eine Aussage getroffen werden.

Zwischen der Versetzung des Oberkiefers und der Nasenspitze konnte zunächst kein klarer Zusammenhang erkannt werden. Erst als die ursprüngliche Dicke des dem Knochen aufliegenden Weichgewebes mit berücksichtigt wurde, gelang es eine Formel zu erstellen, die nicht nur die ihr zugrundeliegenden Werte genau erfasst, sondern auch die zwei zur Überprüfung der Prognose herangezogenen Patientendaten gut prognostiziert. Im Kern besagt diese Formel, dass bei einem ursprünglichen Abstand von Spina nasalis anterior und Nasenspitze von 20 mm ca. 80 % der Distraktionsweite auf die Nasenspitze übertragen werden, bei 25 mm ca. 50 %, bei 30 mm ca. 30 % und bei 35 mm ca. 20 %.

Die Veränderung der Steilheit der Columella-Tangente konnte mit zwei Kriterien erfasst werden. Erstens: im Mittel ist eine Drehung der Columella-Tangente um 1° pro mm

Distraction zu erwarten - Zweitens: bei kleinen Nasen ist eine stärkere Änderung zu erwarten, bei größeren eine etwas geringere. Beim Großteil der untersuchten Patienten passten diese Aussagen, bei den zwei zur Überprüfung herangezogenen Patientenfällen ebenfalls.

Für den Punkt Subnasale ließ sich kein vergleichbar klarer Zusammenhang ermitteln. Die einzige Aussage, die getroffen werden kann, ist, dass dieser ca. 100 % mit dem Oberkiefer mitwandert. Für die Patienten, bei denen während der OP die Spina nasalis gekappt wurde, traten entsprechend kleinere Werte von ca. 40 % auf. Beide Werte sind aber von einer hohen Streuung begleitet, so dass sie nicht für eine Prognose verwendet werden können.

Für die restlichen untersuchten Punkte sowie für die Oberlippentangente konnte keine verlässliche Prognose erstellt werden. Es können nur die Aussagen getroffen werden, dass die Oberlippentangente im Mittel parallel versetzt wird und der Oberlippenpunkt ca. um 67% dem distrahierten Oberkiefer folgt. Diese Werte sind allerdings von sehr hohen Streuungen begleitet, so dass man sie ebenfalls nur als Richtgrößen und nicht als Prognosen verwenden kann. Die hohe Streuung beruht wahrscheinlich auf dem starken Einfluss der neuen Okklusion auf die Position der Lippen, welcher kaum vorhersagbar ist. Somit ist auch eine Prognose des Verhaltens des Unterlippenpunktes nicht möglich.

Das Ergebnis der Studie ist folglich zweigeteilt. Für die Nasenspitze und die Columella-Tangente konnte eine gute Prognose gefunden werden, zumindest konnte nichts gefunden werden, was diese widerlegt. Zu bedenken ist dabei aber die mit sechs geringe Zahl der zugrunde liegenden Patientenfälle. Für den Bereich der Lippen ist es allerdings nicht möglich mehr als Richtgrößen anzugeben, da die Form und Position der Lippen wohl durch zu viele nicht berechenbare Größen beeinflusst werden.

6. Literaturverzeichnis

al-Waheidi, E.M. & Harradine, N.W., (1998) Soft tissue profile changes in patients with cleft lip and palate following maxillary osteotomies. *Cleft Palate Craniofac J* **35**: 535-543.

Bell, R., Kiyak, H.A., Joondeph, D.R., McNeill, R.W. & Wallen, T.R., (1985) Perceptions of facial profile and their influence on the decision to undergo orthognathic surgery. *Am J Orthod* **88**: 323-332.

Bender, E.A., (1992) Profilweichteilveränderung nach Oberkieferosteotomie. *Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir* **16**: 201-206.

Bundgaard, M., Melsen, B. & Terp, S., (1986) Changes during and following total maxillary osteotomy (Le Fort I procedure): A cephalometric study. *Eur J Orthod* **8**: 21-29.

Dann, J.J., 3rd, Fonseca, R.J. & Bell, W.H., (1976) Soft tissue changes associated with total maxillary advancement: A preliminary study. *J Oral Surg* **34**: 19-23.

Ewing, M. & Ross, R.B., (1993) Soft tissue response to orthognathic surgery in persons with unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J* **30**: 320-327.

Freihofer, H.P., Jr., (1977) Changes in nasal profile after maxillary advancement in cleft and non-cleft patients. *J Maxillofac Surg* **5**: 20-27.

Freihofer, H.P., Jr., (1976) The lip profile after correction of retromaxillism in cleft and non-cleft patients. *J Maxillofac Surg* **4**: 136-141.

Harada, K., Baba, Y., Ohyama, K. & Omura, K., (2002) Soft tissue profile changes of the midface in patients with cleft lip and palate following maxillary distraction osteogenesis: A preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **94**: 673-677.

Hui, E., Hagg, E.U. & Tideman, H., (1994) Soft tissue changes following maxillary osteotomies in cleft lip and palate and non-cleft patients. *J Craniomaxillofac Surg* **22**: 182-186.

Karas, N.D., Boyd, S.B. & Sinn, D.P., (1990) Recovery of neurosensory function following orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* **48**: 124-134.

Kessler, P. Wiltfang, J., Schön, R. (2003) Osteodistraktion *Curriculum Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 247-270. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin.

Louis, P.J., Austin, R.B., Waite, P.D. & Mathews, C.S., (2001) Soft tissue changes of the upper lip associated with maxillary advancement in obstructive sleep apnea patients. *J Oral Maxillofac Surg* **59**: 151-156.

Mansour, S., Burstone, C. & Legan, H., (1983) An evaluation of soft-tissue changes resulting from Le Fort I maxillary surgery. *Am J Orthod* **84**: 37-47.

- McCarthy, J.G., Schreiber, J., Karp, N., Thorne, C.H. & Grayson, B.H., (1992) Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* **89**: 1-8; discussion 9-10.
- Molina, F., Ortiz Monasterio, F., de la Paz Aguilar, M. & Barrera, J., (1998) Maxillary distraction: Aesthetic and functional benefits in cleft lip-palate and prognathic patients during mixed dentition. *Plast Reconstr Surg* **101**: 951-963.
- Rosen, H.M., (1988) Lip-nasal aesthetics following Le Fort I osteotomy. *Plast Reconstr Surg* **81**: 171-182.
- Segner, D. & Hasund, A., (1998) Individualisierte Kephalometrie. 3., unveränderte Auflage, Verlag: Dietmar Segner, Hamburg.
- Snyder, C.C., Levine, G.A., Swanson, H.M. & Browne, E.Z., Jr., (1973) Mandibular lengthening by gradual distraction. Preliminary report. *Plast Reconstr Surg* **51**: 506-508.
- Stella, J.P., Streater, M.R., Epker, B.N. & Sinn, D.P., (1989) Predictability of upper lip soft tissue changes with maxillary advancement. *J Oral Maxillofac Surg* **47**: 697-703.
- Weiß, D.C., (2005) Basiswissen medizinische Statistik. 3. Auflage, Heidelberg, Springer.
- Wen-Ching Ko, E., Figueroa, A.A. & Polley, J.W., (2000) Soft tissue profile changes after maxillary advancement with distraction osteogenesis by use of a rigid external distraction device: A 1-year follow-up. *J Oral Maxillofac Surg* **58**: 959-969; discussion 969-970.

7. Danksagung

Herrn Prof. Dr. Helge Fischer-Brandies danke ich für die Ermöglichung meiner Promotion an der Klinik für Kieferorthopädie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel.

Herrn Dr. Thorsten Sommer danke ich für seine freundliche, kompetente und jederzeit zur Verfügung stehende Hilfe, für die Vergabe des Promotionsthemas sowie für die Unterstützung bei der Suche nach Arbeitsmaterialien.

Meinen Eltern danke ich für die Ermöglichung meines Studiums, ihren Rückhalt und das Korrekturlesen.

Meinem Bruder Niels danke ich für das hervorragende Korrekturlesen.

8. Lebenslauf

Name: Lars Geier
 Geburtstag: 20.01.1984
 Geburtsort: Göttingen
 Familienstand: ledig
 Eltern: Dr. Wolfgang Geier
 Karin Geier, geb. Qvistgaard

Schulbildung

1990-1994	Grundschule in Hann. Münden
1994-1996	Orientierungsstufe in Hann. Münden
1996-2003	Grotefeld-Gymnasium in Hann. Münden, abgeschlossen mit der allgemeinen Hochschulreife

Hochschulbildung

2003-2008	Studium der Zahnmedizin an der Christian-Albrechts- Universität zu Kiel, abgeschlossen mit dem Staatsexamen im Dezember 2008
2006, März	Physikum
2007, April	Beginn der Promotionsarbeit