

Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Individuelle Analyse der Lippenspalte durch 3-D-Lasertopometrie

K. Schwenzer-Zimmerer · D. Chaitidis · B. I. Börner · L. Kovacs · R. Sader · H.-F. Zeilhofer · C. Holberg

Online veröffentlicht: 19 Oktober 2006
© Springer-Verlag 2006

Zusammenfassung

Hintergrund Mit Gipsmodellen und Fotografien ist die dreidimensionale Analyse einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte meist nur unzureichend möglich. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die 3-D-Lasertopometrie auf ihre Anwendbarkeit zur dreidimensionalen Weichgewebserfassung bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten zu testen. **Patienten und Methode** Bei 20 Patienten (3–35 Jahre), die eine einseitige, nicht operierte Lippen-, Lippen-Kiefer- oder Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte aufwiesen, wurde mit einem 3-D-Laserscanner die Gesichtsoberfläche prä- und postoperativ dreidimensional erfasst. Die dabei erzeugten digitalen Datensätze wurden in einer virtuellen Umgebung metrisch analysiert und anhand von Quotienten größenunabhängig wiedergegeben. Sie dienten der

Auswahl der Operationstechnik und der Beurteilung des Operationsergebnisses.

Ergebnisse Mit dem 3-D-Laserscanner wurden 3-D-Oberflächen guter Qualität erstellt, die sich im Millimeterbereich ausmessen ließen. Die dreidimensionale Spaltmorphologie konnte in den Datensätzen reproduzierbar mit Landmarks versehen und vermessen werden. Auch die postoperative Symmetrie ließ sich so kontrollieren und objektivieren. Als nachteilig erwiesen sich die relativ lange Messzeit und die Notwendigkeit zur Kombination mehrerer Ansichten.

Schlussfolgerung Das vorgestellte 3-D-Laserverfahren ermöglicht eine präzise dreidimensionale Weichteilanalyse der Lippen- und Nasenregion bei Spaltpatienten. Es eignet sich jedoch nur bedingt für lebhaftige Säuglinge und unkooperative Patienten.

Schlüsselwörter Laserscanner · Gesichtsoberfläche · Weichteilanalyse · Lippenspalte · 3-D-Analyse

K. Schwenzer-Zimmerer (✉) · D. Chaitidis · B. I. Börner · H.-F. Zeilhofer
Universitätsspital Basel, Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie,
Klinik für Wiederherstellende Chirurgie,
Spitalstraße 21, CH-4031 Basel, Switzerland
E-Mail: kschwenzer@uhbs.ch
Tel.: +41-61-2652525

C. Holberg
Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München, Poliklinik
für Kieferorthopädie,
München, Germany

L. Kovacs
Technische Universität München, Klinik für Plastische Chirurgie,
Klinikum rechts der Isar,
München, Germany

R. Sader
Klinikum der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Klinik für
Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie,
Frankfurt am Main, Germany

Lip, jaw, and palate clefts

Analysis of unilateral cleft lip using 3-D laser topometry

Abstract

Investigation In most cases it is not sufficient to use photographs and plaster casts to document and analyze the three-dimensional morphology of lip, jaw, and palate clefts. The aim of this study was to evaluate the applicability of surface scanning with a 3-D laser topography scanner in patients with unilateral cleft lip.

Patients and methods Three-dimensional surface scans of the face were performed pre- and postoperatively in 20 patients (3–35 years of age) with a 3-D laser topography

scanner. All patients were suffering from nonoperated, one-sided cleft lip, cleft lip-jaw, or cleft lip-jaw and palate. The digital data sets were metrically analyzed and expressed on the basis of quotients, independent of size factors.

Results Using this 3-D laser scanner it was possible to acquire good quality three-dimensional data sets. Measurements were in the dimension of millimeters. Based on the data sets it was possible to provide the three-dimensional cleft morphology with reproducible landmarks and analyze the data. The postoperative symmetry of the face was controlled and objectively quantified. It is disadvantageous however that numerous views need to be taken to get the full image of the face and that the scanning process takes about 2 s.

Conclusion The presented 3-D laser scanner renders a precise 3-D surface analysis of the lip and nose region in cleft patients. For lively infants or uncooperative adults, the system is suitable only to a limited extent due to the time-consuming scanning process.

Keywords Laser scanner · Facial surface · Soft tissue analysis · Cleft lip · 3-D analysis

Die Dokumentation und Analyse von Fehlbildungen des Gesichtes, insbesondere der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, erfolgt bisher anhand von Fotografien und Gipsmodellen [3, 10]. Der dreidimensionale Charakter der Spaltbildung wird mit diesen Verfahren jedoch nur unzureichend erfasst [1, 21], was sich besonders bei der Beurteilung der Nasen-, Naseneingangs- und Lippenweichteile als nachteilig erweisen kann. Eine dreidimensionale Abformung der Gesichtswichteile und die Erstellung eines kombiniert intra- und extraoralen Gipsmodells ermöglichen zwar die dreidimensionale Dokumentation der Spalte [1, 26], führen jedoch auch zu einer Verformung der Weichteile während der Abformung mit Alginat [25]. Um eine berührungslose Erfassung der Gesichtsoberfläche zu ermöglichen, werden zunehmend 3-D-Scanner eingesetzt [21, 22, 24], die mit Laserlicht [8, 9], strukturiertem Licht [2, 21, 25] oder mit der so genannten Moiré-Technik [15, 16, 17] arbeiten. Die so akquirierte Gesichtsoberfläche liegt als virtuelle Punktwolke [25] oder als Polygonnetz [14] vor und kann in einer dreidimensionalen virtuellen Umgebung metrisch analysiert werden [18]. Berührungslos arbeitende Scanverfahren wurden im Bereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie bisher zur Weichteilprognose bei Umstellungsosteotomien [12, 13, 18], zur Dokumentation der Weichteile bei Spaltbildungen im Gesichtsbereich [5, 6, 21, 27, 28] oder bei Morbus-Down-Patienten [7] eingesetzt. Trotz der in der Literatur beschriebenen Vorteile der eingesetzten Verfahren [21, 25] ist deren Anwendung meist sehr aufwändig [8, 9, 21] und fehlerträchtig [21]. Dies mag die Ursache dafür

sein, dass bisher keine Veröffentlichung vorliegt, die von einem routinemäßigen Einsatz eines dreidimensionalen Scanverfahrens im Rahmen der klinischen Diagnostik und Behandlungsplanung bei Spaltpatienten berichtet. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, ein etabliertes 3-D-Scanverfahren, das auf der Lasertechnologie basiert, auf seine klinische Anwendbarkeit zu testen. Es sollte weiterhin untersucht werden, inwiefern die berührungslose dreidimensionale Erfassung der Gesichtsoberfläche zu einer individuell optimierten Behandlungsplanung bei Patienten mit einer Lippenspalte beitragen kann. Neben den Möglichkeiten des 3-D-Scanverfahrens sollten auch die Grenzen der Technologie aufgezeigt werden.

Patienten und Methode

Bei 20 kambodschanischen Patienten (3–30 Jahre), die eine nicht operierte Lippen-, Lippen-Kiefer- oder Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte aufwiesen, wurde zusätzlich zu der standardisierten Foto- und Videodokumentation das dreidimensionale Gesichtprofil mit einem Laserscanner (Vivid 900, Fa. Minolta, schematischer Messaufbau, Abb. 1) prä- und postoperativ erfasst.

Dabei wurden jeweils 2–3 Teilansichten der fazialen Oberfläche miteinander kombiniert (“gemerged”). Sowohl die prä- als auch die postoperativen Datensätze wurden virtuell vermessen und dreidimensional analysiert (Abb. 2). Die dabei verwendeten standardisierten Landmarks (Abb. 3) wurden, gestützt auf die von Farkas et al. [4] vorgeschlagenen Punkte aus der Anthropometrie, von einem in der Spaltchirurgie erfahrenen Chirurgen reproduzierbar festgelegt.

Angelehnt an diese Landmarks ist für die Vermessung die Erkennung der in Tabelle 1 aufgelisteten Punkte nötig.

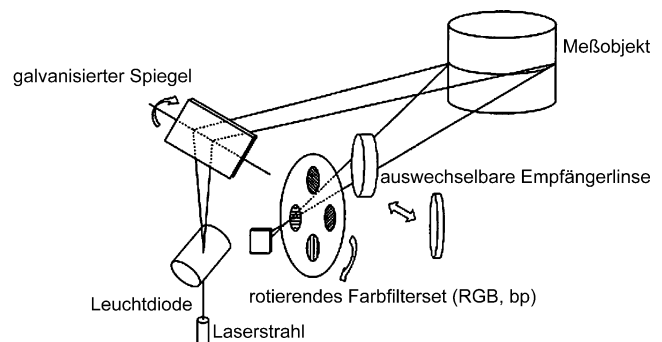


Abb. 1 Der Laserstrahl wird über den galvanisierten Spiegel zu einer Linie aufgeweitet und anschließend als Linie über das Objekt geführt. So wird die Objektgeometrie erfasst. Das von dem Objekt zurückreflektierte Licht wird über eine austauschbare Empfängerlinse und gleichzeitig zur Erfassung der farbigen Oberflächentextur durch einen RGB-Filter geleitet und beide Informationen digitalisiert abgespeichert

Abb. 2 Screenshots aller 20 Oberflächenscans. Acht waren aufgrund von Bewegungsartefakten nicht vollständig auswertbar. Die Datenlöcher im Wangen- und Stirnbereich entsprechen Markierungen, die für die Registrierung der einzelnen Ansichten in dieser Studie noch angebracht wurden

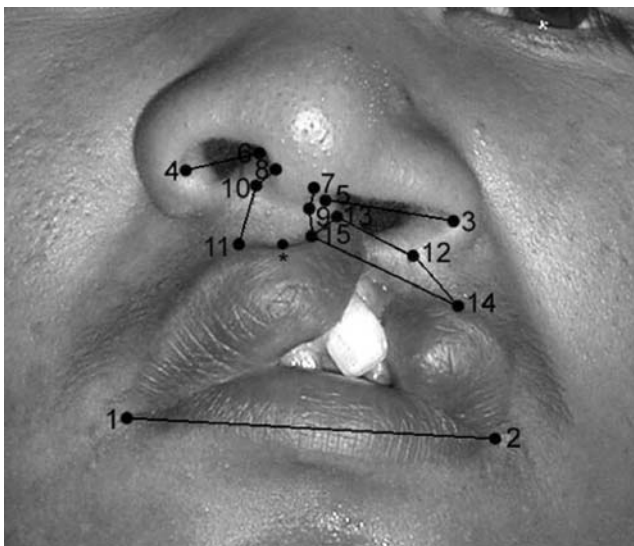
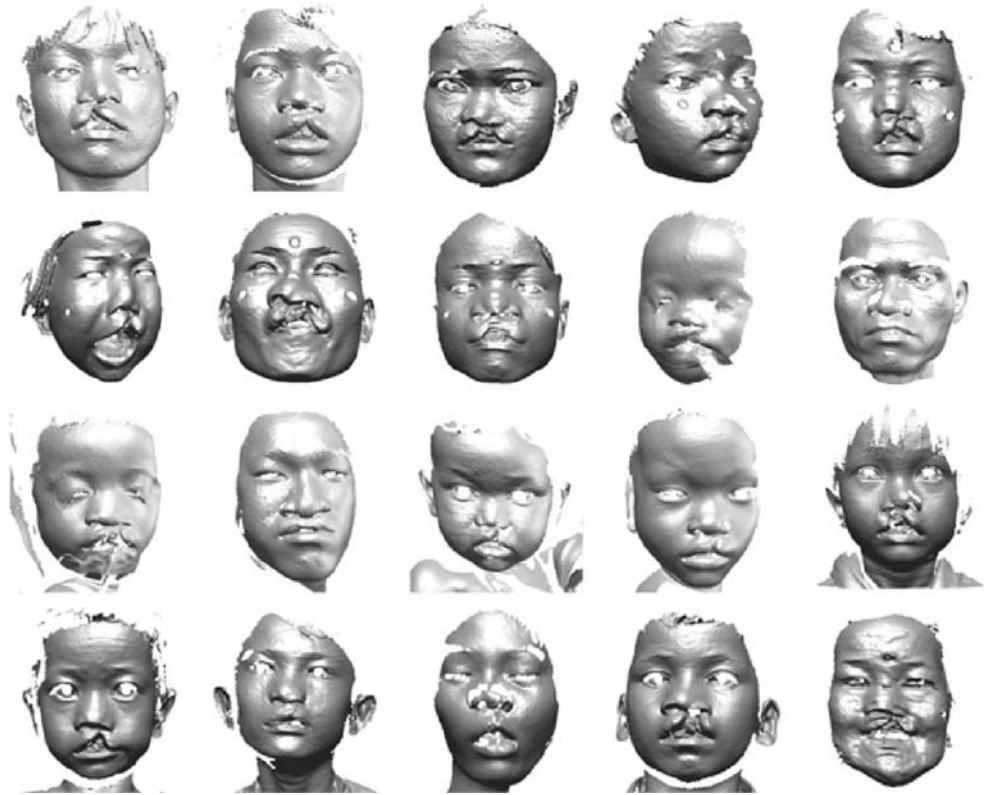


Abb. 3 Linksseitige Lippenspalte bei einem Erwachsenen mit eingezeichneten Landmarks im Sinne eines Schemas (Tabelle 2). Aufgrund der planen Abbildung sind nicht alle Punkte gut zu erkennen

Für unsere Messungen ergaben sich daraus die in Abb. 3, Tabellen 2, 3 u. 4 dargestellten 15 Punkte (Abb. 3, Tabellen 2, 3 u. 4).

Die Messungen wurden mit einem speziellen interaktiven Tool in der Software Rapidform® (Inus Technologies,

Seoul, Südkorea) durchgeführt. Nach der dreidimensionalen Analyse der Spalte in der virtuellen Umgebung erfolgte die LAHSHAL-Klassifizierung der Spaltform [19]. Zusätzlich wurden für die morphologischen Hauptprobleme, die eine Lippenspalte aufweisen kann, empirisch für fünf Bereiche Quotienten beziehungsweise Ausprägungen festgelegt (Tabelle 5).

Dieses Verfahren kann nur die äußeren Anteile der Spalte erfassen. Nach Abschluss der präoperativen Analyse erfolgte der Lippenverschluss nach gängigen Techniken (z. B. Millard, Tennison, Wellenschnitt; [23], Abb. 4a–c klinisches Patientenbeispiel). Bei vorhandener Kiefer-Gaumen-Spalte wurde immer ein vollständiger Spaltverschluss beginnend vom Gaumensegel bis zur Lippe durchgeführt. Der Weichgaumenverschluss erfolgte nach Veau/Kriens mit Umorientierung der Muskulatur und Muskelringbildung. Der Hartgaumen wurde mit Stiellappen nach Langenbeck und sorgfältiger Bildung der inneren Nase und ggf. Septumplastik verschlossen. Die Kieferspalte wurde durch eine Gingivoperiostalplastik nach Millard [11, 23] verschlossen. In allen Fällen erfolgten die Ringbildung des M. orbicularis oris und die Verlagerung der Muskulatur und des Nasenflügelansatzes unabhängig von der Wahl des Hautschnittes.

Postoperativ wurde das Gesicht der 20 Patienten nach Abklingen der Schwellung wieder mithilfe des oben genannten 3-D-Scanners dreidimensional erfasst, um Ausmaß

Tabelle 1 Anthropometrische Landmarks nach Farkas

Alare (al)	Lateralster Punkt an der Nasenflügelkontur
Pronasale (prn)	Anteriorster Punkt der Nasenspitze
Subnasale (sn)	Mittelpunkt der Nasenstegbasis am Übergang zur Oberlippe
Subalare (sbal)	Kaudalster Punkt jeder Nasenflügelbasis am Übergang zur Oberlippenhaut
Ala curvature point (ac)	Lateralster Punkt des Nasenflügels
Highest point of the columella (c)	Punkt an jeder Nasenstegleiste, der zugleich mit dem höchsten Nasenlochpunkt übereinstimmt
Crista philtri (cph)	Kaudalster Punkt der Philtrunkanten kurz vor dem Lippenrot
Labiale superius (ls)	Mittelpunkt des Lippenrotrandes der Oberlippe
Stomion (sto)	Gedachter Punkt am Treffpunkt von Ober- und Unterlippe in der Medianen
Cheilion (ch)	Punkt an jedem Modiolus

Tabelle 2 Landmarks auf Abb. 2

1	Mundwinkel rechts
2	Mundwinkel links
3	Nasenflügel lateral spaltseitig
4	Nasenflügel lateral gesund
5	Nasenflügel medial spaltseitig
6	Nasenflügel medial gesund
7	Columella anterior spaltseitig
8	Columella anterior gesund
9	Columella posterior spaltseitig
10	Columella posterior gesund
11	Philtrum lateral gesund
12	Spalte oben lateral
13	Spalte oben medial
14	Philtrum lateral spaltseitig lateral
15	Philtrum lateral spaltseitig medial
*	Philtrum Mitte/Labiale superior

und Qualität der durch den Lippenschluss erzielten postoperativen Symmetrie zu kontrollieren. Die Registrierung der Scans erfolgte im Schwerpunkt des Dreieckes Tragusoberkante beidseits und Nasion sowie der hierdurch bestimmten Ebene durch die Schädelbasis (Abb. 5, 6, 7).

Die Qualität der prä- und postoperativ durchgeführten 3-D-Scans wurde anhand bestimmter Kriterien beurteilt. So wurden die virtuellen Gesichtsdarstellungen auf Abbildungslücken und Bewegungsartefakte hin überprüft. Des Weiteren wurde kontrolliert, wie präzise die Spaltmorphologie durch den 3-D-Scanner abgebildet wurde und wie exakt die anatomischen Landmarks [4] zu identifizieren waren.

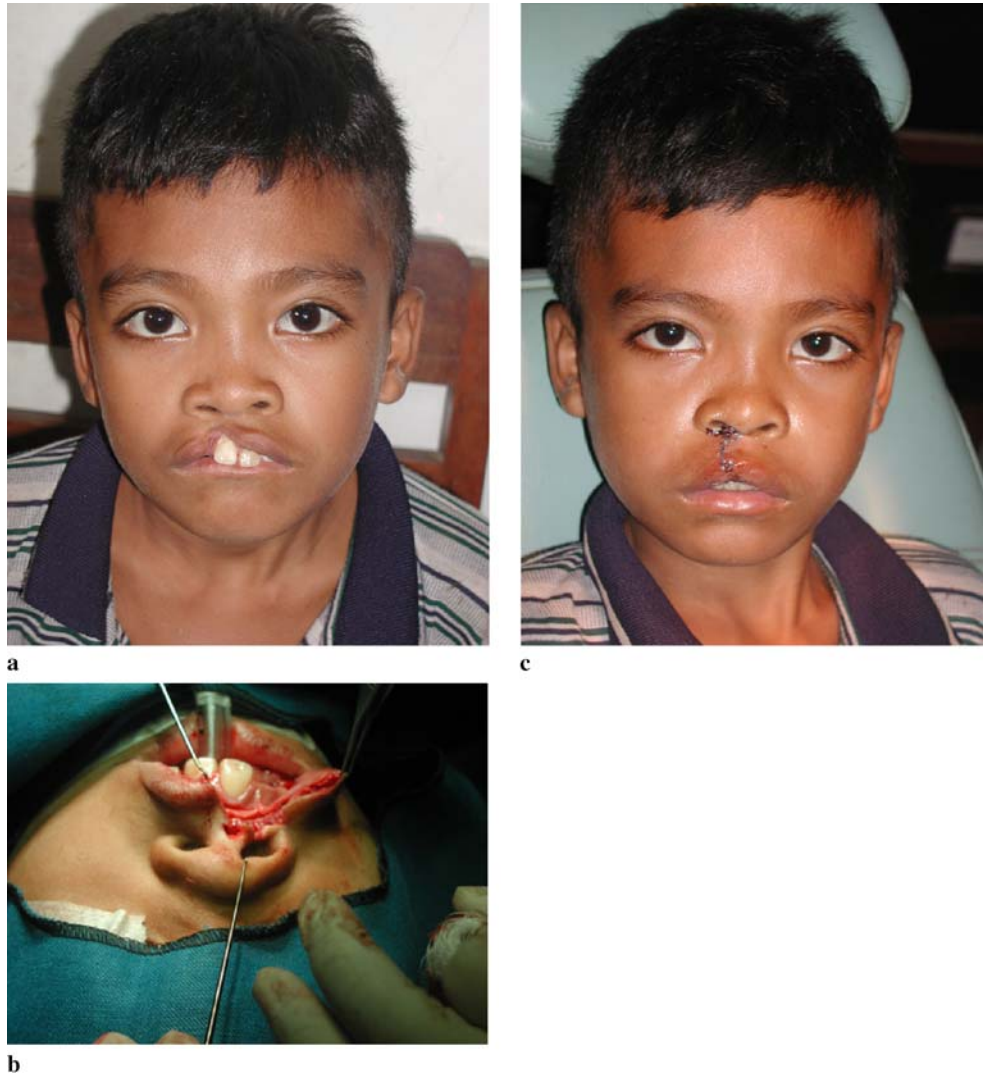
Tabelle 3 Distanzen (Punkt–Punkt)

Mundbreite	Distanz zwischen den Punkten 1 und 2
Untere Spaltbreite	Distanz zwischen den Landmarks 14 und 15
Obere Spaltbreite	Distanz zwischen den Landmarks 12 und 1
Nasenlochbreite gesund	Distanz zwischen den Landmarks 4 und 6
Nasenlochbreite Spalte	Distanz zwischen den Landmarks 3 und 5
Columella gesund	Distanz zwischen den Landmarks 8 und 10 zur Erfassung der Nasensteglänge auf der gesunden Seite
Columella Spalte	Distanz zwischen den Landmarks 7 und 9 zur Erfassung der Nasensteglänge spaltseitig

Tabelle 4 Strecken (entlang der Oberfläche)

Lippen-/Philtrumlänge Soll	Distanz zwischen den Landmarks 11 und 10 zur Erfassung der gesunden Lippenweißlänge entlang der „gesunden Philtrunkante“
Lippenweißlänge spaltseitig lateral	Distanz entlang der Oberfläche zwischen den Landmarks 12 und 14 zur Erfassung der Lippenlänge anhand des tatsächlich vorhandenen Gewebes lateral
Lippenlänge spaltseitig median	Distanz entlang der Oberfläche zwischen den Landmarks 15 und 13 zur Erfassung der medianen spaltseitigen Lippenweißlänge
Lippen-/Philtrumlänge Ist	Distanz entlang der Oberfläche zwischen den Landmarks 15 und 9 zur Erfassung der verkürzten spaltseitigen Philtrunkante

Abb. 4 Klinische Bilder – Patientenbeispiel. **a** 8-jähriger Junge mit inkompletter Lippenspalte rechts, L₂AHSHAL (0,25/0,3/0,4/0/1/0); **b** Lippenverschluss nach der modifizierten Millard-Technik; **c** Symmetrie drei Tage postoperativ



Ergebnisse

Von den 20 präoperativen Datensätzen, die in Kambodscha erhoben wurden, waren 12 (8 Männer, 4 Frauen) von sehr guter Qualität und uneingeschränkt auswertbar (Abb. 2). Acht Patientendatensätze waren nur teilweise oder gar nicht auswertbar. Alle nicht auswertbaren Datensätze stammten von Patienten, die jünger als drei Jahre alt waren. Die Datensätze mäßiger Qualität waren dadurch charakterisiert, dass im Spaltbereich nicht alle nach Farkas [4] definierten Landmarks (Abb. 3) auffindbar waren. Die Gründe hierfür waren entweder Datenlöcher durch Abschattungen im Nasen-Lippen-Bereich oder im Bereich der Ohren, sodass die erforderlichen Referenzebenen nicht bestimmt werden konnten. Daher ließen sich diese Datensätze für die Studie zwar nicht verwenden, ihre Qualität war jedoch immer noch für eine dreidimensionale Operationsplanung ausreichend. Bei den 12 Datensätzen, die eine sehr gute

Qualität besaßen und uneingeschränkt im Rahmen der Analyse verwendbar waren, handelte es sich um sieben unvollständige Lippenspalten, vier Lippen-Kiefer-Spalten und eine Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. Das Patientenalter lag hier zwischen 6 und 30 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 18 Jahren. Auf der Basis dieser qualitativ sehr guten Datensätze konnte die Grundlage für eine standardisierte 3-D-Analyse der Spaltformen erarbeitet werden. Durch die 3-D-Dokumentation und Analyse des Lippen-Nasen-Bereiches wurde aufbauend auf der LAHSHAL-Klassifizierung eine Erweiterung im Bereich der Lippen- und Nasenweichteile erarbeitet. Diese kann als Formel (Tabelle 5, Abb. 4) ausgedrückt und auch als Hilfe zur individualisierten Therapieplanung sowie zur Objektivierung der 3-D-Spaltform und des Therapieergebnisses herangezogen werden.

Es zeigte sich, dass sich das Scansystem (Minolta, Vivid 900) auch unter den erschwerten Bedingungen zuverlässig

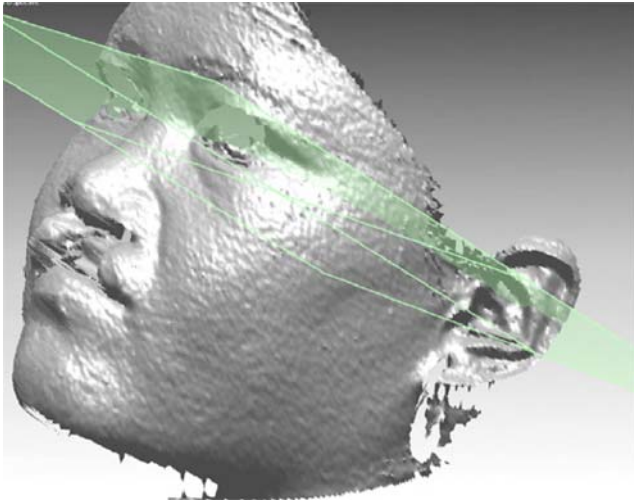


Abb. 5 Dreidimensionale Analyse – Software Rapid Form (Inus Technologies, Seoul, Südkorea). Registrierung der Gesichtsmessungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten an der Schädelbasisebene (gegeben aus den Tragusoberkanten beidseits und dem Nasion, das aus der Mitte einer geraden Verbindung zwischen den medialen Lidwinkeln reproduzierbar aufzufinden ist)

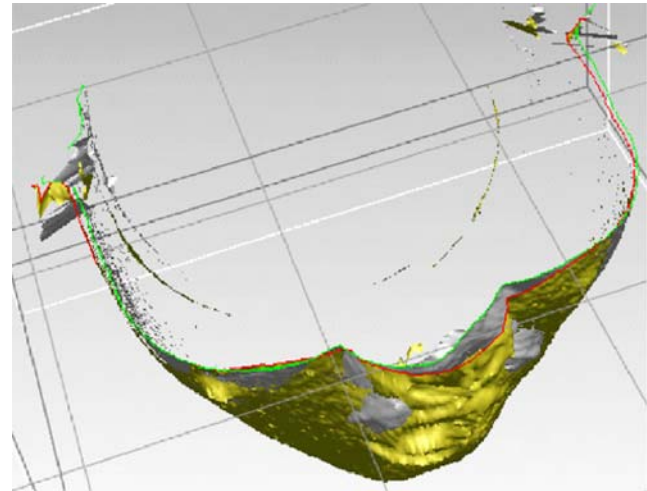


Abb. 7 Horizontaler Querschnitt auf Nasenhöhe

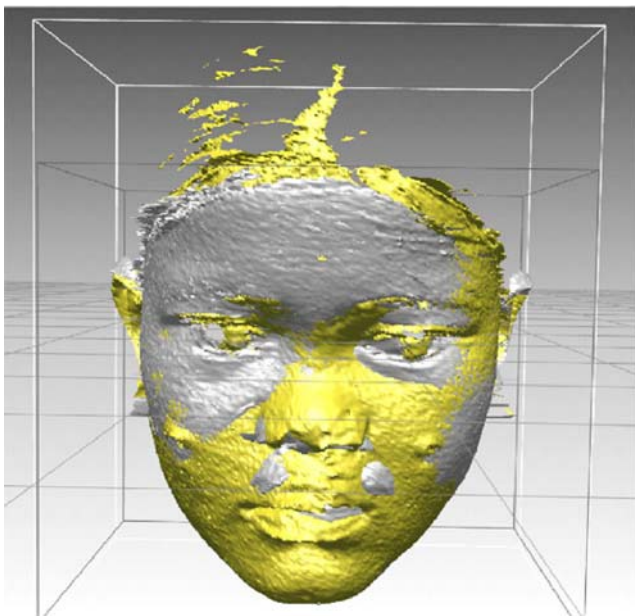


Abb. 6 Präoperative (grau) und postoperative (gelb) Schale, übereinandergelegt

sich einsetzen ließ. Nach Abschluss der präoperativen Weichteilanalyse im Lippen-Nasen-Bereich konnte die individuell optimale Therapieentscheidung getroffen werden, um symmetrische Weichteilverhältnisse zu erzielen. Die objektive Beurteilung der Operationsresultate in einer dreidimensionalen virtuellen Umgebung zeigte, dass mit diesem Konzept eine weitestgehende Symmetrisierung, auch im Nasenbereich, in allen Fällen gelang.

Tabelle 5 Quotienten und Ausprägungen

1. Quotient	Lippenlänge kranke Seite (a) / gesunde Seite (b)
2. Quotient	Lippenspaltbreite (c) / Mundbreite (d)
3. Quotient	Columellakranke Seite (e) / gesunde Seite (f)
4. Pouting-Effekt	Ausprägung Grad 0–3 (g): Grad 0: keine Erhebung Grad 1: Lippenrot erkennbar Grad 2: leichte Erhebung Grad 3: ausgeprägte Erhebung
5. Quotient	Länge kranke Nasenflügel (h) / gesamte Länge gesunder Nasenflügel (i)

Diskussion

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass alle Datensätze unter nicht standardisierten Umgebungsbedingungen in der Dritten Welt (Kambodscha) akquiriert wurden. Diese erschwerten Testbedingungen trugen zu einer Aussage über die Qualität der Datenakquisition im klinischen Routinebetrieb bei. Die Qualität der Datensätze war eindeutig abhängig von der Compliance und damit vom Alter des Patienten. Ursächlich hierfür war offenbar die relativ lange Akquisitionszeit von 2 Sekunden. Lag ein qualitativ guter Datensatz des Patienten vor, resultierte jedoch ein Benefit in den Bereichen Diagnostik und Therapieplanung, da zusätzliche diagnostische Erkenntnisse gewonnen werden konnten.

Im Normalfall unterliegt die Beurteilung der Lippenpalte meist der subjektiven und schlecht objektivierbaren

Einschätzung des einzelnen Operateurs. Für die objektive Beurteilung der morphologischen Spaltform bietet ein Analyseverfahren, das der Dreidimensionalität einer Spaltbildung im Lippen- und Nasenbereich Rechnung trägt, erhebliche Vorteile, da es auch die reproduzierbare Beurteilung der exakten Weichteilsituation ohne Anwesenheit des Patienten ermöglicht. Eine 3-D-Dokumentation, präoperative Analyse und Planung des Weichteileingriffs mit 3-D-Follow-up, kann eine Entscheidungshilfe bezüglich des optimalen Therapieverfahrens darstellen. Mit einer solchen Methode können Therapieentscheidungen und Operationsergebnisse besser objektiviert werden.

Eine in der klinischen Routine einsetzbare Technik, die zur 3-D-Analyse der Weichgewebeoberflächenerfassung herangezogen wird, sollte ohne Strahlenbelastung durchführbar sein. Diese Bedingung wird vom eingesetzten 3-D-Scanverfahren erfüllt. Es ist weiterhin wichtig, dass die Messung schnell und ohne Berührung erfolgt, um Bewegungsartefakte und eine Deformierung der Weichteile zu vermeiden. Obwohl das vorgestellte Verfahren berührungslos arbeitet, führt die Erfassung der Gesichtsoberfläche bei lebhaften Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten in den ersten sechs Lebensmonaten meist zu qualitativ unbefriedigenden Ergebnissen. Es ist also für diese Altersgruppe für den routinemäßigen Einsatz nicht geeignet. Im Einsatzgebiet Asien ist die Inzidenz der Spaltbildungen ca. 1 auf 300 Geburten. Da keine flächendeckende Versorgung in entsprechenden Operationszentren gegeben ist, finden sich hier auch ältere Kinder oder Erwachsene mit einer unbehandelten Spaltbildung.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Dokumentation der prä- und postoperativen Situation. Die Symmetrisierung des Lippen-Nasen-Bereichs wird hierdurch in Abhängigkeit von der Analyse nach unterschiedlichen Therapieverfahren bestimmt. Ein langfristiges Follow-up wäre durch spezielle Registrierverfahren auch bei Größenzunahme möglich. Dies ist noch Gegenstand der Forschung. Vorläufig wurde, um dem Wachstum Rechnung zu tragen, an der Schädelbasisebene mithilfe des Schwerpunktes aus einem Dreieck von Tragusoberkanten beidseits und Nasion sowie der Fläche durch diese drei Punkte registriert, da die hierfür benötigten Punkte sehr leicht reproduzierbar sind.

Parallel hierzu arbeiten wir an schnelleren Akquisitionssystemen, die für die Erfassung von Säuglingen geeignet sind, sodass das Analysesystem mittelfristig auch für jüngere Patienten einsetzbar sein wird. Die Analyse älterer Spaltpatienten z. B. im Rahmen einer retrospektiven Therapiestudie ist selbstverständlich jetzt schon mit diesem Scansystem möglich.

Schlussfolgerung

Das vorgestellte 3-D-Laserverfahren ermöglicht eine präzise dreidimensionale Weichteilanalyse der Lippen- und Nasenregion bei Spaltpatienten, wenn diese in der Lage sind, für mehrere Sekunden ihr Gesicht ruhig zu halten. Dadurch kann dieses Verfahren wesentlich zu einer individuell optimierten Therapieplanung mit einem besseren Verständnis der Spaltmorphologie beitragen. Für lebhafte Säuglinge und unkooperative Patienten dagegen ist dieses Verfahren nur bedingt geeignet, da es bei unruhigen Patienten anfällig für Bewegungsartefakte ist. Ziel der weiteren Forschungsbemühungen wird es daher sein, neue Akquisitionssysteme mit einer verringerten Messzeit zu entwickeln. Ein vielversprechender Ansatz könnte hier die holografische Kamera sein, deren Aufnahmezeit im Nanosekundenbereich liegt.

Literatur

1. Bacher M, Göz G, Pham T et al. (1998) Three-dimensional analysis of cleft palate topology in newborn infants with reference to the cranial skeleton. *Cleft Palate Craniofac J* 35:379–395
2. Bhatia G, Vannier MW, Smith KE et al. (1994) Quantification of facial surface change using a structured light scanner. *Plast Reconstr Surg* 94:768–774
3. Bitter K (2000) Primary surgical treatment of lip-jaw-palate clefts in the year 2000. Report of the development of methods in the last 30 years and current status of surgical technique. *Mund Kiefer GesichtsChir* 4(Suppl 1):49–60
4. Farkas LG, Hajnis K, Posnick JC (1993) Anthropometric and anthroposcopic findings of the nasal and facial region in cleft patients before and after primary lip and palate repair. *Cleft Palate Craniofac J* 30:1–12
5. Ferrario VF, Sforza C, Puleo A, Poggio CE, Schmitz JH (1996) Three-dimensional facial morphometry and conventional cephalometrics: a correlation study. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg* 11:329–338
6. Ferrario VF, Sforza C, Dellavia C, Vizzotto L, Caru A (2003) 3-dimensional nasal morphology in cleft lip and palate operated adult patients. *Ann Plast Surg* 51:390–397
7. Ferrario VF, Dellavia C, Colombo A, Sforza C (2004) 3-dimensional assessment of nose and lip morphology in subjects with down syndrome. *Ann Plast Surg* 53:577–583
8. Girod S, Keeve E, Girod B (1993) Soft tissue prediction in orthognathic surgery by 3D CI and 3D Laser scanning. *J Oral Maxfac Surg* 51:167
9. Girod S, Keeve E, Girod B (1995) Advances in interactive craniofacial surgery planning by simulation and visualisation. *Int J Oral Maxillofacial Surg* 24:120–125
10. Hasund A, Janson I (1978) *Der kieferorthopädische Behandlungsplan. Organisation und Dokumentation.* Hanser, München
11. Henkel KO, Gundlach KK (2002) Millard gingivoperiosteoplasty. An alternative to osteoplasty of alveolar clefts. *Mund Kiefer GesichtsChir* 6:261–265

12. Holberg C, Schwenzer K, Rudzki-Janson I (2005) Three-dimensional soft tissue prediction using finite elements. Part I: Implementation of a new procedure. *J Orofac Orthop* 66:110–121
13. Holberg C, Heine AK, Geis P, Schwenzer K, Rudzki-Janson I (2005) Three-dimensional soft tissue prediction using finite elements. Part II: Clinical application. *J Orofac Orthop* 66:122–134
14. Holberg C, Schwenzer K, Mahaini L, Rudzki-Janson I (2006) Accuracy of facial plaster casts. *Angle Orthod* 76:605–611
15. Jend-Rossmann I, Feindt M, Jend H (1985) Dreidimensionale Vermessung von Gesichtsasymmetrien mit Hilfe der Moiré-Topographie: Die Ästhetik von Form und Funktion in der plastischen und Wiederherstellungschirurgie. In: Pfeifer G (Hrsg) Die Ästhetik von Form und Funktion in der plastischen und Wiederherstellungschirurgie. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 474–479
16. Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T (1990) Three dimensional analysis of facial morphology using moiré stripes. Part I: Method. *Int J Oral Maxillofac Surg* 19:356–358
17. Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T (1990) Three dimensional analysis of facial morphology using moiré stripes. Part II: Analysis of normal adults. *Int J Oral Maxillofacial Surg* 19:359–362
18. Kobayashi T, Ueda K, Honma K et al. (1990) Three dimensional analysis of facial morphology before and after orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 18:68–73
19. Koch J (1966) On the terminology of cleft lips, jaws and palates. *Acta Chir Plast* 8:45–52
20. Korkhaus G (1939) *Handbuch der Zahnheilkunde*, Bd 4. Bergmann, München
21. Krimmel M, Bacher M, Cornelius CP et al. (2002) 3-dimensionale Bildakquisition zur Analyse der primären spaltbedingten Gesichtsdeformität mit optoelektronischem Oberflächenscanner. *Mund Kiefer GesichtsChir* 6:157–161
22. Marmulla R, Hassfeld S, Luth T, Mühling J (2003) Laser scan-based navigation in cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 31:267–277
23. Millard DR (1985) *Cleft craft: the evolution of its surgery*. Little, Brown & Co, Boston
24. Nkenke E, Langer A, Laboureux X et al. (2003) Validation of in vivo assessment of facial soft-tissue volume changes and clinical application in midfacial distraction: a technical report. *Plast Reconstr Surg* 112:367–380
25. Schwenzer K, Holberg C, Willer J, Mast G, Ehrenfeld M (1998) 3-D imaging of the facial surface by topometry using projected white light strips. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2(Suppl 1):130–134
26. Schwenzer K, Holberg C, Hagenmaier C et al. (2003) Positioning of the premaxilla in cases of bilateral cleft lip, alveolus and palate using Latham's appliance. *Mund Kiefer GesichtsChir* 7:25–30
27. White JE, Ayoub AF, Hosey MT et al. (2004) Three-dimensional facial characteristics of Caucasian infants without cleft and correlation with body measurements. *Cleft Palate Craniofac J* 41:593–602
28. Yamada T, Mori Y, Minami K, Mishima K, Tsukamoto Y (2002) Three-dimensional analysis of facial morphology in normal Japanese children as control data for cleft surgery. *Cleft Palate Craniofac J* 39:517–526