

Biomed. Technik
37 (1992), 14-19

E. Stüssi¹
S. Handschin¹
M. Frey²

Quantifizierung von Gesichtsymmetrien Eine Methode zur Objektivierung von Beeinträchtigungen der Gesichtsmotorik; eine Pilotstudie

Quantification of Facial Asymmetries
A Method of Objectifying Motor Impairments Following Facial Nerve Injuries;
a Pilot Study

¹ Laboratorium für Biomechanik der ETH Zürich

² Klinik für Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsspital Zürich

Schlüsselwörter: Fazialisparese, 3-d-Messung

Ziel dieser Studie war es, eine Methode zu entwickeln, um die Ergebnisse einer dynamischen Rekonstruktion mittels Nerven-Transplantation zur Reinnervation eines freien Muskeltransplantates bei einer Fazialisparese objektiv beurteilen zu können. Mit dem 3-d-Meßsystem Vicon wurden die Distanzen und Bewegungen von Fixpunkten im Gesicht ausgemessen. Dies läßt eine Objektivierung der Operation und der Rehabilitationsresultate zu.

Key-words: Facial nerve paralysis - 3 D measurement

The aim of this study was to develop a method of objectively evaluating the results of a dynamic reconstruction of facial nerve paralysis by means of nerve transplants with a view to reinnervating a free muscle transplant. The Vicon 3 D motion analysis system was used to measure the distances and movements of marker points on the face of the patient. This objective technique permits evaluation of the operation as well as the results of treatment.

1 Einleitung

Die Fazialisparese ist eine Lähmung der mimischen Muskulatur durch zentrale oder periphere Läsionen der motorischen Gesichtsnerven. Die Folgen sind Gesichtsymmetrien, Störungen der Mimik und der Sprechmotorik sowie der Kontinenzfunktion des Mundes und der Schutzfunktion des Lidschlusses.

Die derzeit erfolgsversprechendste Möglichkeit einer dynamischen Rekonstruktion besteht in der Reanimation der gelähmten Gesichtshälfte durch eine Nerven-Transplantation, bei der Nervenfasern von der gesunden zur gelähmten Seite umgeleitet werden. Diese dienen später zur Reinnervation eines freien Muskeltransplantates. Die heutigen mikrochirurgischen Techniken erlauben damit eine befriedigende funktionelle Inervation mit einer an die Emotionalität gekoppelten Funktion des Transplantates zu erreichen [2].

Die standardisierte Bestimmung von charakteristischen Größen zur Beurteilung und zum Vergleich von Operations- und/oder Therapieresultaten ist die Voraussetzung um bei multizentrischen Studien ein Maximum an Informationen und Erfahrungen aus einem relativ kleinen Patientengut zu erhalten.

Ziel dieser Studie war deshalb, eine Methode zu entwickeln, mit der die Funktion des Transplantates dreidimensional über die lange Rehabilitationszeit (Monate bis Jahre) objektiv verfolgt und dokumentiert werden

kann. Dazu wurde das dreidimensionale Meßsystem Vicon von Oxford Metrics verwendet [3, 5].

2 Material und Methoden

2.1 Versuchspersonen

Als Versuchspersonen standen ein gesunder Proband und eine Patientin zur Verfügung. Letztere hatte sich 6 Monate vor dieser Studie (Dezember 1989) einer Muskeltransplantation zur Rekonstruktion der Mundwinkelhebefunktion bei vollständiger, einseitiger, irreversibler Gesichtslähmung unterziehen müssen. Die gesunde Testperson wurde einmal, die operierte Frau zweimal, mit fünf Wochen Abstand, gemessen.

Um die Bewegung der Wangenmuskulatur festzuhalten, wurden bei der ersten Messung sechs Passivmarker von 10 mm Durchmesser, später halbkugelige Marker mit 6 mm Durchmesser an den folgenden Orten befestigt (Bild 1).

- Glabella: Haarlose Stelle zwischen den Augenbrauen als ortsfester Bezugspunkt während der Bewegungen im Mundbereich. Im Laufe der Messungen stellt sich heraus, daß der Glabella-Punkt durch die Mimik beeinflusst wird und somit nicht ortsfest ist. Auf dem Nasenrücken konnte ein besserer Bezugspunkt gefunden werden.
- Tragus links: Vor dem äußeren Gehörgang über dem Os zygomaticum. Dieser Punkt wurde so gewählt,



Bild 1. Anordnung der sechs Marker im Gesicht.

daß er keiner Muskelbewegung unterliegen sollte.

- Mundwinkel links: Dieser Marker sprach gut auf die Muskelbewegungen in der Wange an.
- Kinn: Dieser Punkt diente als zweiter Bezugspunkt in der Medianen.
- Tragus rechts: (Analog zum Tragus links).
- Mundwinkel rechts: (Analog zum Mundwinkel links)

2.2 Meßmethode

Als Meßgerät wurde das dreidimensionale Bewegungsanalyse-System Vicon 3,5 mit vier Kameras verwendet. Die Kameras wurden so angeordnet, daß je zwei von ihnen in einer senkrechten Ebene rechtwinklig zu jeder Wange der Versuchsperson übereinanderstanden (Bild 2). Die Versuchsperson saß aufrecht. Diese Positionierung sicherte große Winkel zwischen den optischen Achsen der Kameras. Dadurch wird die Berechnung der räumlichen Koordination aus der planaren Abbildung der Kameras zuverlässiger.

Für die Auswertung der durch die Kameras aufgenommenen zweidimensionalen Daten mußten die dreidimensionalen Raumkoordinaten über eine sogenannte direkte, lineare Transformation berechnet werden [4, 1]. Der absolute Fehler für statische Marker betrug bei unserem Meßsystem bei 60 Hz, 1/1000 der Diagonalen des Meßvolumens. Der Meßraum wies eine Kantenlänge von 50 cm auf. Somit ergab sich ein Fehler von weniger als 1 mm. Anhand dieser dreidimensionalen Koordinatenpunkte wurden Parameter gesucht, welche die unterschiedliche Qualität des Muskeltransplantates gegenüber der unbeeinträchtigten Gesichtsmuskulatur charakterisieren. Deshalb wurden mit dem Vicon-

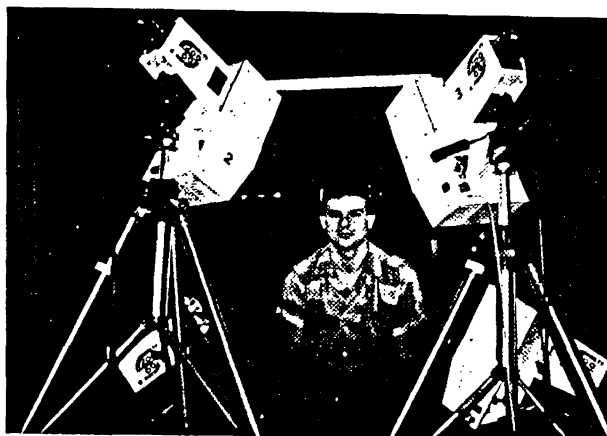


Bild 2. Versuchsanordnung mit vier Kameras.

System die Markerpunkte während der Ausführung von definierten Instruktionen gemessen und die entsprechenden Koordinaten als Zeitsignale abgelegt. Die Kameras erlauben eine Aufnahme Frequenz von 60 Hz und 200 Hz. Es zeigt sich, daß die Aufnahme mit 60 Hz genügt. Interessant waren u. a. die Abstände zwischen den entsprechenden Markern und deren Relativbewegungen.

2.3 Parameterbestimmung

Als mögliche interessante Größen, welche mit der Methode der Markerdetektion berechnet werden können, boten sich folgende Parameter an:

- Längenänderungen, welche die Wangenmuskeln bei maximaler Kontraktion durchlaufen. Die Darstellung erfolgt als Veränderung der absoluten Distanz zwischen Ausgangs- und Endpunkt (Tragus und Mundwinkel). Gemessen wurden zweifache Zyklen maximal möglicher Anspannung/Entspannung während 10 Sekunden.
- Kontraktionsgeschwindigkeit des Wangenmuskels: die Berechnung erfolgt durch Differenzieren des Verkürzungsweges.
- Ermüdungsverhalten der Wangenmuskulatur, welche sich in vermindertem Kontraktionsweg und zunehmendem Zucken der Endpunkte eines angespannten Muskels zeigt. Die Änderungen der absoluten Distanz Tragus/Mundwinkel wurde dargestellt. Drei Messungen à 5 Sekunden in Abständen von einer Minute bzw. 40 Sekunden wurden ausgeführt. Der gesunde Proband hielt die Lachmuskeln während der ganzen Zeit angespannt. Bei der Patientin dagegen war diese Messung wegen noch zu starker Ermüdung nicht möglich.
- Um die Bewegung der Mundwinkelpunkte im Seitenvergleich flächenhaft darstellen zu können, brauchte es ein körperbezogenes zweiachsiges Koordinatensystem. Die interessierenden Richtungen der

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
rechts (mm)

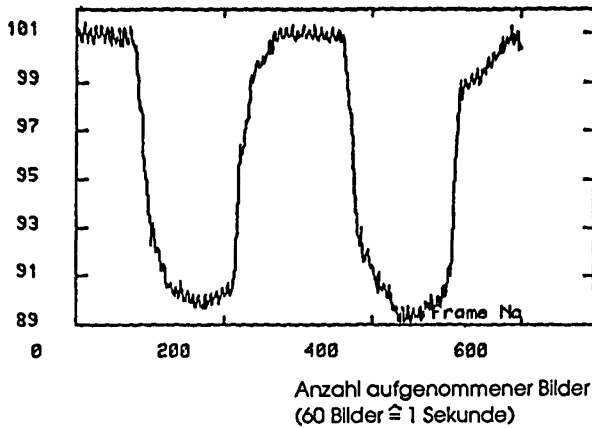


Bild 3. Maximaler Kontraktionsweg rechts des gesunden Probanden.

Kontraktion waren die Distanzen Tragus/Mundwinkel und Mundwinkel/Nasenpunkt. Die beiden Traguspunkte sowie der Marker auf dem Nasenrücken dienen als körperbezogenes Bezugssystem. Die absoluten Distanzen zu den bewegten Mundwinkelpunkten können in eine Ebene abgetragen werden. Es entsteht eine nicht orthogonale Flächendarstellung der wahren Distanzverhältnisse der Gesichtsmarker zueinander.

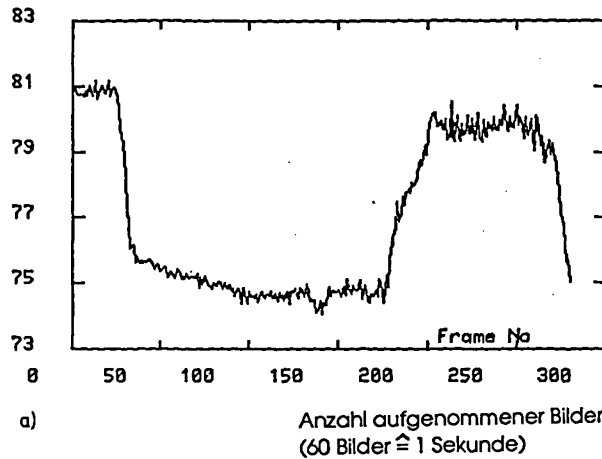
3 Resultate

Da alle optoelektronischen Aufnahmesysteme ein Rauschen aufwiesen, sind die Darstellungen von Bewegungsabläufen hier mit statistischen Schwankungen von 0,5 bis 1 mm behaftet.

3.1 Längenänderungen

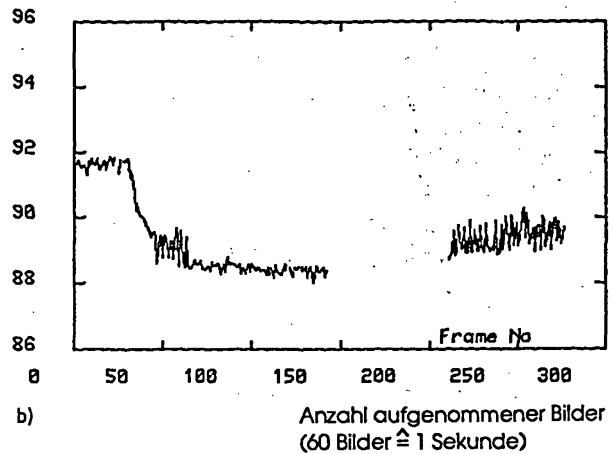
Aus Bild 3 kann der Verkürzungsweg quantitativ herausgelesen werden. Er beträgt beim gesunden Pro-

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
links (mm)



a)

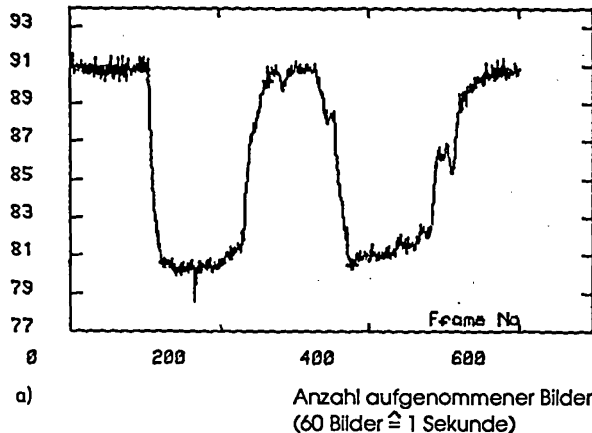
Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
rechts (mm)



b)

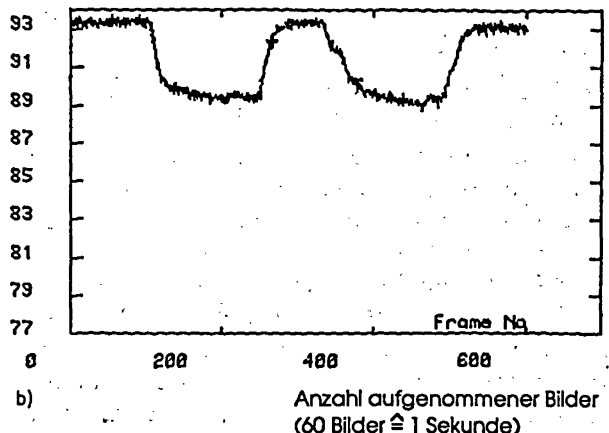
Bild 4. Maximaler beidseitiger Kontraktionsweg der Patientin bei der ersten Messung.

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
links (mm)



a)

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
rechts (mm)



b)

Bild 5. Maximaler beidseitiger Kontraktionsweg der Patientin bei der zweiten Messung.

banden 11 mm. Als Vergleich ist in Bild 4 das Resultat der gesunden und operierten Seite der Patientin dargestellt. Die gesunde Seite überwand bei der ersten Messung etwa 6 mm, die operierte dagegen nur 3 mm. Fünf Wochen später betrug der Kontraktionsweg links 10 mm und auf der betroffenen Seite 4 mm (Bild 5). Eine Zunahme des muskulären Bewegungsumfanges ist bereits sichtbar (Bild 3, 4, 5).

3.2 Kontraktionsgeschwindigkeit

Bild 6 zeigt die Kontraktionsgeschwindigkeit der linken Seite des gesunden Probanden. Bild 7 dagegen die Verkürzungsgeschwindigkeit bei der operierten Seite der Patientin. Es wird deutlich, daß die Kontraktion hier zwei- bis dreimal langsamer abläuft (Bild 6, 7).

3.3 Ermüdungsverhalten

Das Bild 8 zeigt die Muskelermüdung bei Dauerkontraktion. Bei der Messung des gesunden Probanden

Verkürzungsgeschwindigkeit zwischen
Tragus und Mundwinkel links (mm/s)

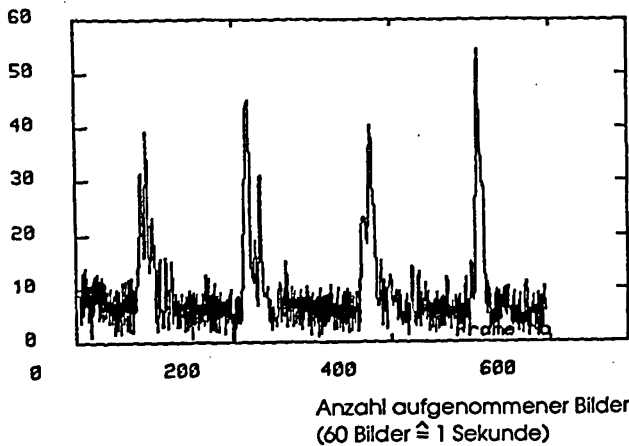


Bild 6. Kontraktionsgeschwindigkeit des gesunden Probanden.

Verkürzungsgeschwindigkeit zwischen
Tragus und Mundwinkel links (mm/s)

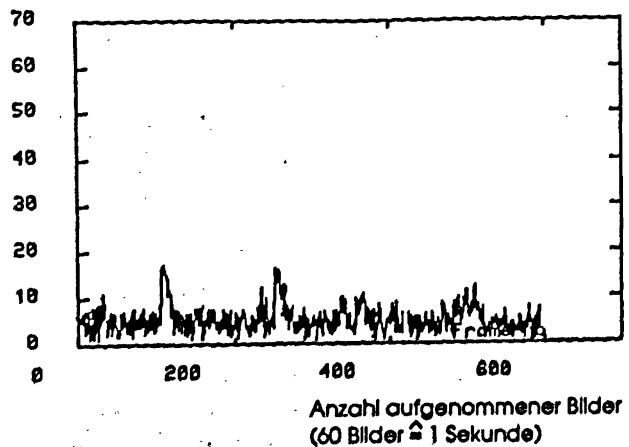
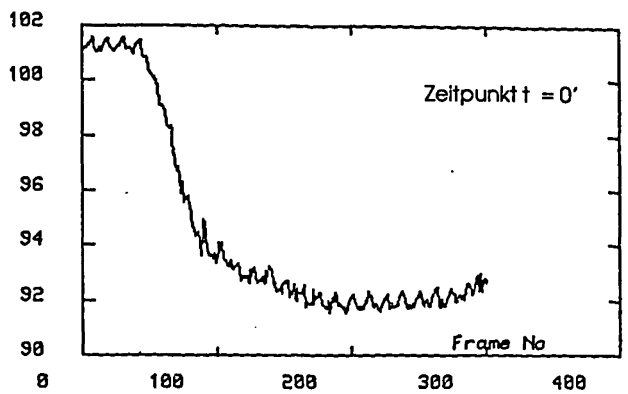


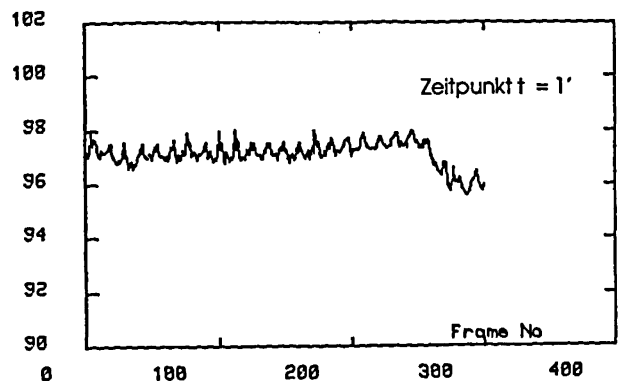
Bild 7. Kontraktionsgeschwindigkeit der operierten Seite der Patientin.

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
links (mm)



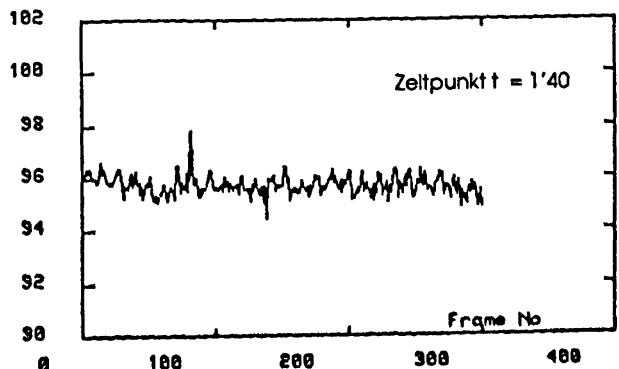
a) Anzahl aufgenommener Bilder
(60 Bilder $\hat{=}$ 1 Sekunde)

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
links (mm)



b) Anzahl aufgenommener Bilder
(60 Bilder $\hat{=}$ 1 Sekunde)

Absolute Distanz Tragus - Mundwinkel
links (mm)



c) Anzahl aufgenommener Bilder
(60 Bilder = 1 Sekunde)

Bild 8. Ermüdungsverhalten der linken Wangenmuskulatur des gesunden Probanden bei Kontraktion über ca. zwei Minuten.

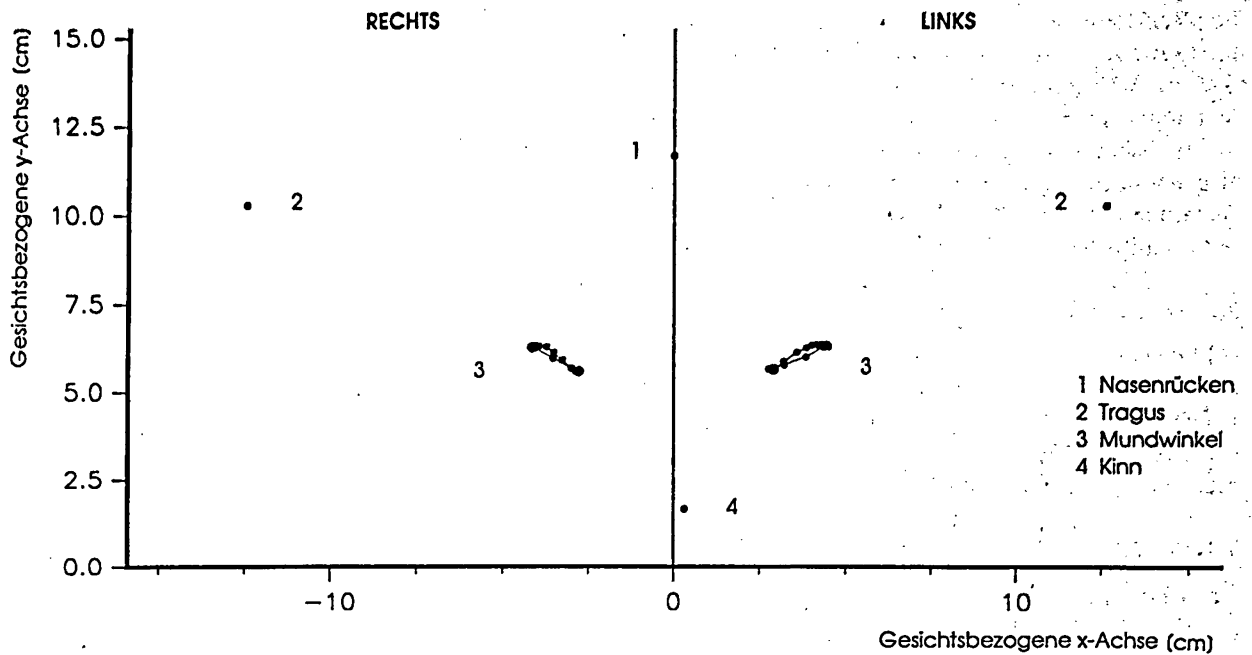


Bild 9. Zweidimensionale Darstellung der wahren Längenverhältnisse zwischen den sechs Gesichtsmarkern.

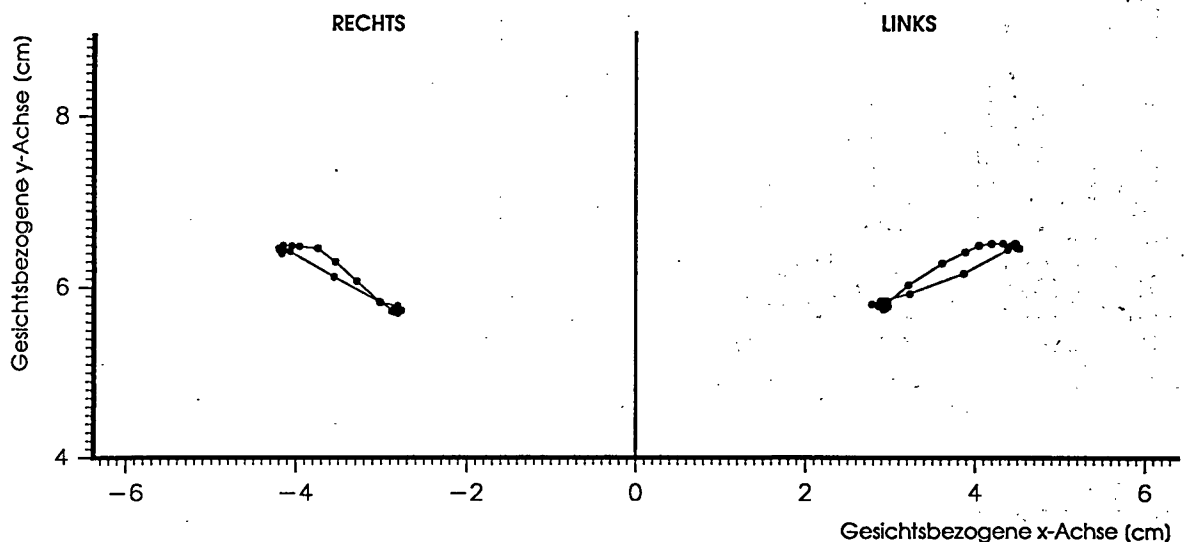


Bild 10. Zweidimensionale Darstellung der Mundwinkelbewegung bei der Instruktion maximales Zähnezeigen.

nach einer Minute ist sichtbar, daß die maximale Verkürzung einen kleineren Wert annimmt als bei der ersten Messung. Bei der letzten Aufnahme können zusätzlich Zuckungen festgestellt werden.

Die beiden beschriebenen Veränderungen können als physiologische und neuronale Ermüdung aufgefaßt werden (Bild 8).

3.4 Seitenvergleich

In dem Bild 9 ist eine beidseitige Muskelkontraktion des gesunden Probanden in zweidimensionaler Darstellung abgebildet. Die Übersichtsdarstellung der

sechs Marker gibt Hinweise über die Asymmetrie des Gesichtes. Als Symmetrieebene, welche den x-Nullpunkt festlegt, dient das Lot auf der Traguslinie durch den Marker auf dem Nasenrücken. Der y-Nullpunkt liegt 120 mm inferior davon. Ein Kontraktionszyklus mit einem Anspannungs- und Entspannungsdurchgang sind dargestellt.

Die zweidimensionale Darstellung der Mundwinkelbewegung (Bild 10) erlaubt es, die aus dem Beitrag mehrerer Muskeln resultierende Zugrichtung daraufhin zu betrachten, wie ausgewogen die Bewegungsrichtung ist. So kann man Hinweise erhalten, welche Muskeln

dominieren. Dies wiederum erlaubt Rückschlüsse, welche Anteile der Muskulatur vordringlich mit dem Muskeltransplantat rekonstruiert wurden respektive postoperativ besonders trainiert werden müssen. Dazu erhält man die Information, ob die Ansatzstelle des Implantates richtig gewählt wurde. Beim gesunden Probanden fällt auf, daß Anpassungs- und Entspannungskurven nicht übereinanderliegen. Die beteiligten Muskeln sind nicht gleich aktiv bei den beiden antagonistischen Bewegungen.

4 Diskussion

Die vorliegenden Resultate zeigen, daß die dreidimensionale Vermessung von Fixpunkten im Gesicht eine Objektivierung von Operations- und Rehabilitationsergebnissen zulassen. Die Anordnung mit vier Kameras ermöglicht eine lückenlose Detektion aller sechs Marker bei der sitzenden Versuchsperson.

Um eine Therapie verfolgen zu können, müssen Daten vor und nach der Operation gemessen werden. Zudem braucht es mehr als zwei Meßtermine und die Daten müssen über einen längeren Zeitraum erhoben werden. Der Vorteil einer 3-d-Messung liegt auch darin, daß je nach Fragestellung beliebige Projektionen und Kombinationen von Meßgrößen wie Weg/Zeit oder Geschwindigkeit/Zeit dargestellt werden können.

5 Literatur:

- [1] Abdel-Aziz, Y. I.: Photogrammetric Potential of Non-Metric Cameras, M. S., University of Illinois, 1974.
- [2] Frey, M.: Die freie funktionelle Muskeltransplantation mit mikroneurovaskulären Anastomosen – Die Entwicklung zur standardisierten Operationsmethode. Wiener klinische Wochenschrift, 101. Jahrgang, Heft 2 (1989).
- [3] Morris, J. R. W.: A standard test protocol for assessment of 3-D kinematic system accuracy exemplified on its application to the VICON system: Gangbildanalyse (Vorträge), TU Berlin und Otto Bock Stiftung, Hrsg. Prof. Dr.-Ing. U. Boenick, 1990.
- [4] Moffit, F. H., E. M. Mikhail: Observations and Least Squares, Pub. Harper and Row, New York, 1976.
- [5] Stüssi, E., R. Müller: Vergleichende Bewertung kommerziell erhältlicher 3-d-Kinematik-Systeme für die Gangbildanalyse: Gangbildanalyse (Vorträge), TU Berlin und Otto Bock Stiftung, Hrsg. Prof. Dr.-Ing. U. Boenick, 1990.

526

Anschrift der Autoren:

Dr. E. Stüssi
Laboratorium für Biomechanik der ETH Zürich
Wagistraße 4
CH-8952 Schlieren

Prof. M. Frey
Klinik für Hand-, Plastische-
und Wiederherstellungschirurgie
Universitätsspital Zürich
CH-8091 Zürich