

1. Einleitung

Die Fazialisparese ist in Westeuropa und den USA mit einer Inzidenz von 20–35/100.000 Einwohnern [58,135] im Jahr ein relativ häufiges Symptom, dem verschiedenartige Erkrankungen (Verletzung, Tumor, Infektion, idiopathisch) zugrunde liegen können. Die relative Häufigkeit ergibt sich aufgrund der außergewöhnlichen Anatomie. Bei einer Fazialisparese kann zwischen einem zentralen oder peripheren Lähmungstyp unterschieden werden, wobei die Parese temporär oder permanent, inkomplett oder komplett sein kann. Während beim peripheren Lähmungstyp aufgrund einer Schädigung im Verlauf des Nervus facialis oder aufgrund einer Schädigung des Kerngebiets selbst im Bereich der Brücke (Pons) eine Einschränkung der gesamten mimischen Muskulatur der ipsilateralen Seite beobachtet werden kann, ist beim zentralen Lähmungstyp (supranukleär) eine Lähmung vorwiegend der kontralateralen oralen mimischen Muskulatur festzustellen, da der Stirn- und Augenast doppelseitig innerviert sind.

Neben der ästhetischen Beeinträchtigung sind für den Patienten die funktionellen Ausfälle von Bedeutung [18,39,82,163]. Dies kommt besonders bei den beiden Sphinktersystemen des Gesichtes zum Tragen, dem *M. orbicularis oris* und dem *M. orbicularis oculi*. Im Bereich des Mundes kann es dadurch zu Problemen beim Trinken und beim Sprechen kommen. Der resultierende Lagophthalmus kann zu einer Keratopathie unterschiedlichen Schweregrades führen, in ausgeprägten Fällen kann es über ein Hornhautulkus zur Perforation der Hornhaut und damit zum Visusverlust kommen [18,33,57,97].

Zur Vermeidung der visusmindernden Komplikationen sind zunächst immer konservative Therapiemaßnahmen notwendig. Diese beinhalten neben der Applikation von Augentropfen und -salben auch das Bilden einer Feuchtkammer durch einen Uhrglasverband [98,103,108]. Neben den konservativen Therapieverfahren existieren verschiedene operative Verfahren (u.a. Implantate) zur Korrektur des Lagophthalmus, die mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen behaftet sind [164]. Daher entwickelte der Autor dieser Habilitationsschrift ein gegenüber den bisher verfügbaren Modellen verbessertes Lidimplantat, um die Rate postoperativer Komplikationen zu mindern.

Die vorliegende Habilitationsschrift beschäftigt sich mit der Entwicklung des Implantates ausgehend von klinisch anatomischen Studien zum Implantatdesign und der Frage nach der Biokompatibilität von Implantatmaterialien. Neben der wissenschaftlichen Auswertung der klinischen Ergebnisse war die klinische Praktikabilität von Interesse.

1.1. Anatomie des Nervus facialis

Der *Nervus facialis* innerviert mit seinem mimischen Anteil die 18 paarweise angeordneten Gesichtsmuskeln, was eine differenzierte Mimik ermöglicht. Durch einen Ausfall des Nerven kommt es zu unterschiedlich ausgeprägten Gesichtsentstellungen, die nicht nur bei Bewegungen, sondern auch in Ruhe sichtbar sind [158]. Die Anatomie des *Nervus facialis* ist im Vergleich zu den übrigen Hirnnerven außergewöhnlich, aufgrund seines „komplizierten“ Verlaufs. Prinzipiell kann der Verlauf des *Nervus facialis* in einen *intrakraniellen* Abschnitt, einen *intratemporalen* und einen *extratemporalen* Abschnitt untergliedert werden [39]:

- *Intrakranieller* Abschnitt

Die Fasern des *Nervus facialis* entspringen dem *Nucleus nervi facialis* (ein Hauptkern und 2 Nebenkern) und verlaufen in einer Schleife um den Kern des *Nervus abducens* (inneres Facialisknie). Der rein motorische *Nervus facialis* verlässt nach Vereinigung mit dem *Nervus intermedius* im Hirnstamm am kaudalen Rand die Pons. Der *Nervus intermedius* enthält Geschmacksfasern der *Chorda tympani* für die vorderen zwei Drittel der Zunge, präganglionäre parasympathische Fasern für die Tränendrüse und die Speicheldrüsen (außer der Glandula parotis) und sensible Fasern (u.a. für den Gehörgang). Der *Nervus intermediofacialis* vereinigt damit alle vier Faserqualitäten (motorisch, sensorisch, sekretorisch, sensibel) in sich. Die in ihrer Gesamtheit als Fazialisgruppe [202] bezeichneten Fasern des *Nervus facialis*, *Nervus intermedius* und *Nervus vestibulocochlearis* ziehen gemeinsam durch den *Meatus acusticus internus* in das Felsenbein. Anatomische Variationen in der Verlaufsstrecke des *Nervus facialis* von Pons zur Glandula parotis hin sind zwar selten, haben jedoch eine große klinische Relevanz [115].

- *Intratemporaler* Abschnitt

Hierbei werden ein *meatales*, ein *labyrinthäres*, ein *ganglionäres*, ein *tympanales* und ein *mastoidales* Segment unterschieden [38,39]. Der *intratemporale* Abschnitt bezeichnet den gesamten Streckenabschnitt zwischen *Porus acusticus internus* und *Foramen stylomastoideum*. Im Bereich des *ovalen Fensters* biegt der Facialisnerv im äußeren Facialisknie fast rechtwinklig nach lateral und hinten um. Hier liegt das *Ganglion geniculi*, wo der *Nervus intermedius* als *Nervus petrosus superficialis major* den *Nervus facialis* verlässt und im Ganglion umgeschaltet wird. In dem *tympanalen* Segment verläuft der *Nervus facialis* nahezu horizontal und biegt dann im Mastoidalsegment nach caudal um, um vertikal

verlaufend durch das *Foramen stylomastoideum* die Schädelbasis zu verlassen. Innerhalb des *mastoidalen* Segments entspringt der *Nervus stapedius* und die *Chorda tympani*. Der *Nervus stapedius* zieht im *tympanalen* Facialisabschnitt zum gleichnamigen Muskel. Die *Chorda tympani* zieht unter dem Hammer durch die Paukenhöhle, die sie durch die *Fissura petrotympanica* verlässt. Sie legt sich dann dem *Nervus lingualis* des *Nervus trigeminus* an und zieht zur Glandula submandibularis und sublingualis. Sie versorgt die o.g. Drüsen parasymphatisch und enthält zudem Geschmacksfasern der vorderen 2 Drittel einer Zungenhälfte.

- *Extratemporaler* Abschnitt

Der *Nervus facialis* verläuft nach Verlassen der Schädelbasis quer durch die *Fossa retromandibularis* und gibt neben dem *Nervus auricularis posterior*, der hinter der Ohrmuschel aufwärts steigt und den Musculus retroauricularis und den Musculus occipitalis versorgt, einen *Ramus digastricus* zum hinteren Bereich des Musculus digastricus und einen *Ramus styloideus* zur Versorgung des Musculus stylohyoideus ab. Nach Eintritt in die Glandula parotis teilt er sich fächerförmig in seine Endäste auf (*Plexus parotideus*). Triquet und Bruns (1859) stellten fest, dass der N. facialis nicht in die Substanz der Parotis eindringt, sondern in einer Furche mit einer lockeren Zellgewebsumhüllung liegt [198]. Der N. facialis wird mit seinen Aufzweigungen zwischen das Drüsenparenchym genommen, wodurch er einen kleinen inneren Lappen bildet. Der innere Lappen macht nur 1/5 der Gesamtgröße aus. Der Hauptteil bleibt lateral des N. facialis bzw. seiner Aufzweigungen [16,31]. Obwohl der periphere (extratemporale Fazialisfächer) eine hohe Variabilität aufweist, besteht dennoch ein allgemeingültiger Aufbau bzw. Aufzweigungsmodus. Chilla teilte 1979 in seiner Studie an 100 Parotidektomien die Anastomosen zwischen den Fazialisästen in fünf Typen auf [31]. Der Nervenstamm teilt sich an seiner Bifurkation in zwei Hauptäste. Aus dem nach cranio-ventral ziehenden temporo-fazialen Hauptast gehen meist noch innerhalb der Glandula parotis der *Ramus frontalis*, ein *Ramus orbicularis oculi*, ein *Ramus levator labii*, zwei *Rami zygomatici* und ein *Ramus buccalis* ab. Aus dem kaudal gelegenen zerviko-fazialen Hauptast gehen ein bis zwei *Rami buccalis*, ein *Ramus marginalis mandibulae* und ein *Ramus colli* ab. Zwischen den einzelnen Rami können variable Anastomosen bestehen.

Aus dieser „ungewöhnlichen Anatomie“ ergibt sich die relative Häufigkeit der Facialisparesie. Anhand des anatomischen Verlaufs des Nervus facialis und der unterschiedlichen lokalisierten Ausfälle ist eine Topodiagnostik der Läsionsstelle möglich [39,115].

1.2. Ätiologie der Fazialisparese

Bei einer Gesichtsnervenlähmung kann man einen peripheren (im Bereich des Nerven) und einen zentralen Lähmungstyp (im Bereich des Gehirns) unterscheiden. Beim peripheren Lähmungstyp kommt es zu einer Schädigung im Verlauf des Gesichtsnerven und damit zu einer Einschränkung der gesamten mimischen Gesichtsmuskulatur der gleichen Seite. Bei einem zentralen Lähmungstyp ist vorwiegend die gegenseitige Muskulatur des Mundes betroffen. Die häufigsten Ursachen der peripheren Fazialisparese sind:

- Idiopathisch

Die idiopathische Facialispause stellt eine Ausschlussdiagnose dar. Mit über 60-80% der Fälle ist sie die häufigste Form. Männer und Frauen sind etwa gleich häufig betroffen. Als mögliche Ursache wird mittlerweile eine Reaktivierung von Herpes simplex-Viren Typ I, die im Ganglion geniculi persistieren, favorisiert [68]. Sonderformen einer Fazialisparese unklarer Genese stellen das Melkersen-Rosenthal-Syndrom und das Heerfordt-Syndrom dar.

- Traumatisch

Ursachen sind Felsenbeinfrakturen, penetrierenden Verletzungen des Mittelohrs oder der Ohrspeicheldrüse. Zusätzlich müssen hier iatrogen entstandene Läsionen (z.B. Mittelohroperationen) genannt werden. Differentialdiagnostisch abgegrenzt werden müssen die geburtstraumatisch erworbenen Paresen von den Angeborenen [58]. Neben einer sorgfältigen Anamnese kann hierbei die klinische Untersuchung (Nachweis anderer Missbildungen oder Hirnnervenlähmungen) richtungweisend sein.

- Entzündlich

Diese Gruppe ist ausgesprochen heterogen. Neben Lokalinfektionen im Bereich des Ohres oder der Ohrspeicheldrüse gehören entzündliche Systemerkrankungen in diese Gruppe. Eine Rolle spielen dabei neurotrope Viren bzw. Bakterien. Zu nennen sind hierbei der Zoster oticus (Ramsay-Hunt-Syndrom), die Lyme-Borreliose, entzündliche otogene Ursachen, wie eine Otitis media acuta, Otitis media chronica oder eine Otitis externa maligna. Bei Kindern stellt die Lyme-Borreliose die häufigste Ursache einer akuten peripheren Fazialisparese dar [58]. Des Weiteren können Fazialisparenese bei der Poliomyelitis, Meningitis, Enzephalitis oder der HIV-Infektion beobachtet werden. Eine Sonderform stellt die Fazialisparese beim Guillain-Barré-Syndrom dar.

- Neoplastisch

Aufgrund des komplizierten anatomischen Verlaufs des Nervus facialis vom Hirnstamm über den Kleinhirnbrückenwinkel in das Felsenbein und nach seinem Austritt aus dem Foramen

stylomastoideum und seiner fächerförmigen Aufzweigung in der Glandula parotis sind eine Vielzahl von Tumoren denkbar, die zu einer peripheren Fazialisparese führen können [115,189]. Bei benignen Tumoren entsteht die Parese meist durch eine sekundäre Druckschädigung, bei malignen Tumoren oft durch eine Infiltration des Nerven selbst. Zu den häufigsten extraparotideal gelegenen Tumoren, die eine periphere Fazialisparese verursachen können, zählen das Akustikusneurinom und der Glomustumor. Deutlich seltener ist ein Neurinom des Nervus facialis oder ein Meningeom. Bei den malignen Tumoren finden sich Karzinome des Mittelohres und des äußeren Gehörganges. Zusätzlich kann es sich um eine metastatische Aussaat in das Felsenbein handeln (Mamma-, Bronchial- und Nierenkarzinom). Die Fazialisparese kann dabei ein Erstsymptom der Metastasierung sein [115]. Bei den intraparotideal gelegenen Tumoren ist ein Auftreten der Fazialisparese ein klinisches Indiz für die Malignität eines Tumors, kann aber sehr selten auch bei benignen Raumforderungen (z.B. Zystadenolymphom) beobachtet werden.

- Angeboren

Congenitale Fazialisparesen kommen im Rahmen von Missbildungsanomalien vor. Pathogenetisch sind hierbei, neben hereditär-endogenen Faktoren, exogene Noxen und perinataler Sauerstoffmangel oder eine Hyperbilirubinämie mit Kernicterus. Es finden sich ein- oder beidseitige Paresen, häufig in Kombination mit Ausfällen anderer Hirnnerven (z.B. Möbius-Syndrom) [58].

- Metabolisch

Patienten mit einem Diabetes mellitus oder Schwangere besitzen ein überdurchschnittliches Risiko, an einer Fazialisparese zu erkranken. Bei Schwangeren ist das Risiko vornehmlich im 3. Trimenon oder in den ersten 2 Wochen post partum erhöht. Ursächlich hierfür sollen erhöhte Progesteron- oder Östrogenspiegel sein.

1.3. Einteilungsschemata der Fazialisparese

Prinzipiell ist es sinnvoll, die unterschiedlichen Grade einer Fazialisparese in einem einheitlichen Schema zu klassifizieren, um chirurgische Maßnahmen zur Rehabilitation des Gesichtes miteinander vergleichbar zu machen. International existieren zahlreiche Einteilungsschemata, wobei eine Graduierung der Parese durch die Beurteilung der Parese in Ruhe und bei verschiedenen Bewegungen des Gesichtes evaluiert wird [70]. Vier der wichtigsten Bewertungsindexen kann man als gross scale. (= makroskopische Skalen mit Bewertung des ganzen Gesichtes) betrachten: House und Brackman (1985), Botman und Jongkees (1955), May (1991), Peitersen (1982) [20,71,113,134]. Der Nachteil aller o.g. Schemata bleibt, dass die Kategorien sehr grob gewählt sind und inkomplette Paresen oft schwierig einer Kategorie zuzuordnen sind. Defektheilungszustände können nicht abgebildet werden. Eine Sonderstellung nimmt das von May 1991 publizierte System ein, da es ausschließlich zur Beschreibung der Fazialisfunktion nach Nervenrekonstruktion gedacht ist [113].

Die vier folgenden Indices sind regionale Skalen mit Bewertung von bestimmten Regionen des Gesichts: Adour und Swanson (1971), Yanagihara (1977), Stennert (1977), Ross et al. (1991) [2,146,187,207]. May entwickelte 2000 besondere Skalen für die Bewertung der Reanimationsmaßnahmen [115]. Im deutschen Sprachraum haben sich besonders der Parese- und Defektheilungs-Index nach Stennert und das Schema nach House und Brackman bewährt, wobei das Letztgenannte ungeeignet für die Beschreibung der Fazialisfunktion nach Fazialisrekonstruktion ist [58]. Der Vorteil des von Stennert 1977 erstellten und 1979 modifizierten Parese- und Defektheilungsindex liegt in der getrennten Darstellung des Paresegrades und einer zu erwartenden Defektheilung [187,188].

Der Vorteil aller o.g. Schemata liegt in der Einfachheit und der schnellen Anwendbarkeit, der Nachteil allerdings in der subjektiven Einschätzung der Untersucher [28,190], so dass in den letzten Jahren zunehmend objektive Verfahren entwickelt wurden [27,81,119,128,129]. Zukunftsweisend erscheinen Klassifikationen wie z.B. von Burres (1986), die mittels exakter Messungen von definierten Gesichtspunkten aus eine größere Objektivierbarkeit des Paresegrades erreichen wollen [27]. Aufgrund des Zeitaufwandes dieser Untersuchungsmethoden haben sie bisher keine klinische Verbreitung gefunden. Daher werden derzeit Verfahren zur automatisierten, schnellen und objektiven Graduierung mittels elektronischer Datenverarbeitung entwickelt, die den Erfordernissen des klinischen Alltags eher entsprechen [44,75,154,190].

Computergenerierte Systeme in der klinischen Anwendung können dabei nicht nur der Objektivierung einer Fazialisparese dienen, um den Grad der Schädigung zu ermitteln, sondern zusätzlich die Möglichkeit bieten, in der Rehabilitation der Patienten das Training zu kontrollieren [178].

1.4. Pathophysiologie der Nervenschädigung und diagnostische Kriterien

1850 beschrieb Waller erstmals die histologischen Veränderungen des distalen Nervenstumpfes nach einem nervalen Trauma [203]. Nach Seddon lassen sich Schädigungen peripherer Nerven in 3 Schweregrade einteilen [167]:

- Neurapraxia: vollständig reversibler Funktionsausfall eines peripheren Nerven ohne anatomische Unterbrechung. Begrenzte Veränderung an den Markscheiden mit spontaner Rückbildung
- Axonotmesis: Kontinuitätsunterbrechung endoneuraler Strukturen und Axone bei erhaltener Hülle. Distal und proximal tritt eine sog. Wallersche Degeneration auf. Die Bedingungen für eine Regeneration sind wegen der erhaltenen Hüllstrukturen günstig.
- Neurotmesis: Nervenschädigung mit kompletter Durchtrennung der Fasern und der Hülle. Spontane Reinnervation nicht möglich

Sunderland teilte anhand histologischer Untersuchungen die Nervenschädigungen in 5 Schweregrade ein [191,192]:

1. die Überleitung ist blockiert, die Kontinuität des Axons ist erhalten und es findet keine Wallersche Degeneration statt. Die vollständige Funktionsrückkehr ist nach einer Ausfallzeit von 1-3 Wochen erreicht.
2. das Endoneurium ist intakt, aber das Axon ist so weit geschädigt, dass eine Wallersche Degeneration eintritt. Die vollständige Funktionsrückkehr dauert meist 2 Monate bis zu 2 Jahre.
3. Axon und Endoneurium sind unterbrochen, das Perineurium ist erhalten. Die Funktionsrückkehr ist auch nach mehreren Monaten nicht vollständig. Zusätzlich können Synkinesien beobachtet werden.
4. das Perineurium ist unterbrochen, die Funktionsrückkehr nach 4-18 Monaten ist sehr eingeschränkt, Synkinesien und Spasmen können beobachtet werden.
5. der Nerv ist durchtrennt. Es gibt keine spontane Funktionsrückkehr.

Zur Prognoseeinschätzung einer Parese und Identifikation des Schädigungsorts existieren, neben bildgebenden Verfahren und topodiagnostischen Tests, viele elektrophysiologische Untersuchungsverfahren [189]. Die topodiagnostischen Tests werden noch in vielen deutschen Kliniken und Praxen routinemäßig eingesetzt, die Zuverlässigkeit dieser Funktionstests ist jedoch der CT- und MRT-Diagnostik deutlich unterlegen. Einen „Goldstandard“ gibt es bis heute nicht [58]. Die meisten elektrophysiologischen Verfahren weisen keine ausreichende Validität und Reliabilität auf, um eine Degeneration des N. facialis nachzuweisen oder vorherzusagen [174], wobei die Elektromyographie derzeit sicherlich das beste Verfahren zum Nachweis einer degenerativen Schädigung des N. facialis ist. Die Ergebnisse der neurophysiologischen Untersuchungen können vor allem im zeitlichen Verlauf wertvolle Hinweise zur Therapieplanung geben und dienen darüber hinaus zur Verlaufsbeobachtung nach einer Nervenrekonstruktion, da die elektrischen Zeichen der klinischen Erholung vorausdeuten [163]. Dabei können die neurophysiologischen Ergebnisse durch neue bildgebende Verfahren und hier vor allem durch geeignete MRT-Sequenzen gezielt ergänzt werden [90,205]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Diagnostik zur Prognoseeinschätzung einer Parese und zur Beurteilung nach Fazialisrekonstruktion auch heute immer noch mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet ist. Die Bedeutung einer einzelnen Untersuchung ist als sehr gering anzusehen. Erst die sinnvolle, dem Einzelfall angepasste, Kombination der unterschiedlichen Untersuchungsverfahren im zeitlichen Verlauf trägt zur Absicherung der Prognose und damit zur Optimierung der Therapieergebnisse bei. Zur Therapieplanung müssen neben der Paresedauer und Restfunktion des N. facialis aber auch die Patientenwünsche berücksichtigt werden.

1.5. Anatomie und Funktion der Augenlider

- Makroskopische Anatomie

Die Augenlider sind als muskelhaltige Weichteilfalten dem Augapfel vorgelagert. Im 2. Embryonalmonat wachsen als Lidanlage Hautwülste von Stirn und Wange, die sich im 3. Monat vereinigen. Die Lidspalte öffnet sich erst im 7. Monat. Während Lidhaut und Lidranddrüsen ektodermalen Ursprungs sind, stammen die Lidmuskeln und Lidplatten vom Mesenchym ab.

Das Oberlid, *Palpebra superior*, ist durch den *Sulcus palpebralis superior* gegen die Stirn und das Unterlid, *Palpebra inferior*, durch den *Sulcus palpebralis inferior* gegen die Wange abgegrenzt. Bei geöffneter Lidspalte ist das Oberlid weitgehend durch die Deckfalte

überlagert. Ober- und Unterlid gehen temporal in einem spitzen Winkel, *Angulus oculi lateralis*, und nasal im eher abgerundeten *Angulus oculi medialis* ineinander über und begrenzen so die Lidspalte, *Rima palpebrarum*. Nahe dem medialen Lidwinkel befindet sich auf dem Unterlidrand das Tränenpünktchen, *Punctum lacrimale*. Im medialen Lidwinkel sammeln sich die Tränen im Tränensee, *Lacus lacrimalis*, außerdem befindet sich dort die *Caruncula lacrimalis*, das Tränenwärtchen, und eine halbmondförmige Bindehautfalte, die *Plica semilunaris conjunctivae*. Die Augenbrauen, *Supercilia*, umrahmen in Höhe des oberen Orbitarandes in einem konvexen Bogen das Auge.

Ober- und Unterlid haben den gleichen Aufbau. Sie bestehen aus zwei Blättern: Das äußere Blatt wird von der dünnen Lidhaut und der quergestreiften Muskulatur zweier Muskeln, dem ringförmigen *Musculus (M.) orbicularis oculi* und dem willkürlichen Lidheber, *M. levator palpebrae superioris*, gebildet [100]. Das innere Blatt enthält das „Skelett“ des Lides, den *Tarsus superior und inferior*, der für die Stabilität des Lides eine entscheidende Bedeutung besitzt, und die glatte Muskulatur des Müllerschen Lidhebers, des *M. tarsalis* [30]. Medial werden die Tarsi durch das vor dem Tränensack verlaufende *Ligamentum palpebrale mediale* am Stirnfortsatz des Oberkiefers, lateral durch das *Ligamentum palpebrale laterale* am Jochbein fixiert. Der obere und untere konvexe Rand der Tarsi geht in eine dünne Bindegewebsplatte, das zum Orbitarand ziehende *Septum orbitale*, über. Das *Septum orbitale* schließt den Orbitainhalt nach außen ab [39]. Durchbrochen wird es von Gefäßen und Nerven, den *Rami laterales und mediales* der *Arteria und Vena supraorbitalis* und des *Nervus (N.) supraorbitalis*, den *Nervi supra- und infratrochleares*, der *Arteria lacrimalis* und dem *N. lacrimalis* [150]. Zum Bewegungsapparat der Lider gehören der *M. orbicularis oculi*, der *M. levator palpebrae superioris* sowie die *Musculi tarsales superior und inferior*.

Der *M. orbicularis oculi*, vom *N. facialis* versorgt, umschließt ringförmig die Lidspalte. Er besteht aus drei Anteilen: der *Pars palpebralis*, *orbitalis* und *lacrimalis*. *Pars palpebralis und Pars orbitalis* entspringen medial vom *Ligamentum palpebrale mediale*, bilden untereinander verflochtene, konzentrisch angeordnete Muskelbögen um die Lidspalte und ziehen zum lateralen Lidwinkel, wo sie sich gitterartig verflechten und in die umgebende Muskulatur und Haut ausstrahlen [100]. Die *Pars lacrimalis* verläuft als horizontaler Muskel vom *Ligamentum palpebrale laterale* durch den inneren Lidrand (hier als *M. ciliaris* bezeichnet) zu den Tränenkanälchen. Hier bilden Muskelfasern um den vertikalen Schenkel der Tränenkanälchen ein doppelläufiges Spiralsystem, eine Art Sphinkter, und um den horizontalen Schenkel eine halbe Schraubendrehung. Der Muskel verläuft weiter als *Hornerscher Muskel* hinter dem Tränensack zur *Crista lacrimalis posterior*.

Der vom N. oculomotorius versorgte, quergesteifte *M. levator palpebrae superioris* entspringt in der Nähe des Canalis opticus vom kleinen Keilbeinflügel, verläuft in der Orbita zwischen *M. rectus superior* und Orbitadach, durchsetzt die Tränendrüse (teilt sie in eine Pars orbitalis und eine Pars palpebralis) und strahlt mit feinen Fasern in die Muskulatur und das Bindegewebe des Lides aus. Unterstützt wird er von dem glatten, vom Sympathikus versorgten *M. tarsalis superior*, der von der Sehne des Levator und des *M. rectus superior* entspringt und am Tarsus superior ansetzt. Zusammen mit dem am Tarsus inferior ansetzenden *M. tarsalis inferior* hält er durch seinen Tonus die Lidspalte offen [10,202].

- Mikroskopische Anatomie

Der Tarsus ist eine Kollagenfaserplatte. In ihm befinden sich in einer Reihe 20-25 längliche, verzweigte, alveoläre Talgdrüsen, *Glandulae tarsales (Meibomsche Drüsen)*, deren punktförmige Ausführungsgänge nahe der hinteren Kante des Lidrandes zu sehen sind. Sie geben ihr öliges Sekret als Lipidphase in den Tränenfilm ab [96].

An der abgerundeten vorderen Lidkante, *Limbus palpebralis anterior*, geht das verhornte Plattenepithel der Lidhaut in das unverhornte Plattenepithel des 2 mm breiten, freien Lidrandes über. Auf der Rückseite wird das Lid vom mehrschichtigen unverhornten Plattenepithel der Bindehaut überkleidet.

Nahe der vorderen Lidkante befinden sich 3-4 Reihen Wimpernhare, *Cilia*, die bei Berührung reflektorisch einen Lidschluß auslösen. Die kleineren holokrinen *Glandulae sebaceae (Zeissche Drüsen)* und apokrinen *Glandulae ciliares (Mollsche Drüsen)* liegen wesentlich oberflächlicher und münden in die Haarbälge der Wimpern. Der Hauttalg, der von den Zeisschen Drüsen gebildet wird, stellt eine hydrophobe Barriere gegen einen vorzeitigen Tränenabfluß über die Lidkante dar. Die Mollschen Drüsen bilden Schweiß. Ferner kommen im Augenlid *Glandulae lacrimales accessoriae*, kleine akzessorische (*Krausesche*) Tränendrüsen vor [96,202].

- Lidfunktion

Die Augenlider dienen dem Schutz des Augapfels. Sie können bei Gefahr (Fremdkörper, starke Blendung) blitzschnell geschlossen werden. 5 bis 10mal pro Minute erfolgt ein unwillkürlicher Lidschlag [106], der wie ein Scheibenwischer die neu sezernierte Tränenflüssigkeit gleichmäßig über der Hornhaut verteilt und ein Austrocknen von Hornhaut und Bindehaut verhindert. Außerdem werden Hornhaut und Bindehaut gereinigt, und die Tränenflüssigkeit nimmt Luftsauerstoff zur Ernährung der Hornhaut auf [10,201]. Der

Lidschluß sorgt weiterhin für die in der optischen Abbildung entscheidende klare Grenzschicht zwischen Hornhaut und Luft. Im Schlaf wird das Auge durch den vollständigen Schluß der Lidspalte vor Austrocknung, mechanischen und optischen Reizen geschützt [100]. Die Lidschlußbewegung ist ein komplexer Vorgang. Sie beginnt mit einer Senkung des Oberlides in der Vertikalen, und macht dann eine rasche Horizontalbewegung nach medial. Das Unterlid dagegen wird hochgeschoben und stärker nach medial bewegt. Der Lidschluss wird zu 85% vom Oberlid und in ca. 15% vom Unterlid bewerkstelligt [85,100,123], wobei die Strecke des Oberlids nach caudal ca. 8 mm und die Geschwindigkeit ca. 200 mm/s beträgt [178]. Beim Lidschluß verkürzt sich die Lidspalte um 1 bis 2 mm. Die Bewegung der Lider nach medial begünstigt die Fortbewegung der Tränenflüssigkeit zum Tränensee und den Tränenpunkten und in den Tränenkanälchen. Beim Lidschluß kantet die Pars lacrimalis des M. orbicularis oculi den Lidrand und die Tränenpünktchen nach innen und zieht gleichzeitig mit dem Hornerschen Muskel den Lidapparat nach medial, so dass die Tränenpünktchen in den Tränensee eintauchen können. Der senkrechte Schenkel der Tränenkanälchen wird durch den spiralförmigen Sphinkter geschlossen und damit ein Druckeffekt erzeugt. Der horizontale Schenkel verkürzt und erweitert sich gleichzeitig durch die Medialbewegung und bewirkt einen Saugeffekt. Beim Lidöffnen ist es genau umgekehrt, der senkrechte Schenkel wird erweitert und der horizontale verlängert. Die Muskulatur der Tränenkanälchen arbeitet somit bei der Lidbewegung als Saug- und Druckpumpe [200].

Der M. orbicularis ist sowohl am willkürlichen als auch am unwillkürlichen Lidschluß beteiligt. Seine Ausläufer umgeben als Muskelfasern (sogen. Riolan-Muskel) die Ausführungsgänge der Meibom-Drüsen, sodaß diese beim Lidschlag mit ausgedrückt werden können. Der M. levator palpebrae kann das Oberlid etwa 1 cm willkürlich heben. An der Augenöffnung beteiligt ist der M. frontalis, der in der Haut der Brauen und der Glabella entspringt und sich mit Fasern des M. orbicularis oculi verbindet [10].

Die *Musculi tarsales* halten durch ihren Tonus die Lidspalte offen. Außerdem wird die Lidspalte während der Wachphase durch den glatten, sympathisch innervierten Müllerschen Lidheber (*M. tarsalis*) offengehalten. Er reguliert die Weite der Lidspalte.

Ein Schutzreflex für das Auge ist der Lidschlußreflex, der je nach Ort der Reizung als Corneal- oder Conjunktival-Reflex bezeichnet wird. Jede Reizung von Horn- oder Bindehaut bewirkt einen reflektorischen Lidschluß. Der Reflex wird auf der afferenten Seite über den N. trigeminus, auf der efferenten Seite über den N. facialis (M. orbicularis oculi) vermittelt. Die Reflexzeit beträgt 70 bis 180 ms [106].

2. Kriterien für das operative Vorgehen und Einteilung der Methoden

Ursache und Ort der Schädigung des Nervus facialis sind entscheidend für die Art der chirurgischen Rehabilitation [82]. Zum Beispiel bedarf die chirurgische Resektion des Nervenfächers im Rahmen einer Tumoroperation an der Glandula parotis einer anderen Rehabilitationsmaßnahme, als eine Fazialisparese nach der Resektion eines Akustikusneurinoms. Daneben spielt der Sachverhalt, ob es sich um eine potenziell reversible oder um eine irreversible Parese handelt, eine entscheidende Bedeutung. In die Therapieplanung müssen sowohl die Dauer als auch die Restfunktion des Nervus facialis neben den individuellen Wünschen des Patienten berücksichtigt werden.

Im Rahmen dieser Habilitationsschrift wird nur auf die operative Korrektur des Lagophthalmus mit evtl. zusätzlich notwendig werdenden Rehabilitationmaßnahmen im Bereich des Auges eingegangen. Die Indikation zur operativen Korrektur des Lagophthalmus ergibt sich auch bei der reversiblen Form der Parese frühzeitig, nämlich bei einer höhergradigen Keratopathie, fehlendem Bell'schen Phänomen, Sensibilitätsverlust der Kornea, verminderter Tränenproduktion oder ausgeprägter Schmerzsymptomatik des Patienten. Hier sind Verfahren anzuwenden, die einfach durchzuführen und vor allem einfach und komplikationsfrei reversibel sind [84,103,108,169,196].

Die Beantwortung der Frage nach dem Zeitpunkt der chirurgischen Rehabilitation des Lagophthalmus gestaltet sich schwierig. Hierzu existieren in der Literatur unterschiedliche Angaben. Abhängig von der Genese der Fazialisparese werden unterschiedliche Zeitpunkte zur operativen Rehabilitation empfohlen. Dabei schwanken die meisten Autoren in einem Zeitintervall von unmittelbar nach Paresebeginn bis zu 6 Monaten [18,33,84,103,108,127,199,169,196]. Einigkeit besteht darüber, dass bei der irreversiblen Form der Parese eine chirurgische Korrektur erfolgen sollte. Aufgrund des relativ einfachen Operationsablaufes der Implantation eines Lidgewichtes und der in aller Regel problemlosen Entfernbarekeit des Lidimplantates, hält der Autor der Habilitationsschrift die Implantation eines Lidgewichtes für gerechtfertigt, wenn die Paresedauer erwartungsgemäß 3 Monate übersteigt. Die Prognose der Parese sollte dabei neben der klinischen Kontrolle durch elektrophysiologische Tests abgeschätzt werden.

2.1. Einteilung der operativen Methoden

Die Rehabilitation des Lagophthalmus muß als übergeordneter Begriff verstanden werden. Er umfaßt die primär chirurgischen Eingriffe zur Rekonstruktion des geschädigten Nervus facialis, wie auch alle Maßnahmen, die eine aktive Bewegung der Lider bzw. passive

Funktion ermöglichen. Bei den Operationsverfahren zur Korrektur des Lagophthalmus ist zwischen dynamischen und statischen Verfahren zu unterscheiden [39,196], daneben kommen unterschiedliche Implantate zum Einsatz, die eine Sonderstellung einnehmen.

Rekonstruktionsverfahren	
Dynamisch	Statisch
Nervenrekonstruktion	Tarsorrhaphie
Direkt	Implantate
Indirekt	Gewichte
Muskeltransfer	Lidfeder
Regional	Silikonschlinge
Freier Lappen	Magnete

Einteilung der Rekonstruktionsverfahren zur Korrektur des Lagophthalmus

2.1.1. Dynamische Rekonstruktionsverfahren

Im Hinblick auf die Qualität der funktionellen Rehabilitation ist zwischen der Rekonstruktion des Nerven selbst und sekundär plastisch rekonstruktiven Maßnahmen zu unterscheiden. Die besten funktionellen und ästhetischen Ergebnisse hinsichtlich emotionaler und willkürlicher Bewegung der Gesichtsmuskulatur werden durch rekonstruktive Maßnahmen am Nerven selbst erzielt [39,189]. Zu den postoperativ am häufigsten auftretenden Sekundärdefekten nach Nervenrekonstruktion zählen die Synkinesien. Dabei kommt es bei Willkürmotorik einer Muskelgruppe zur Mitbewegung anderer Muskeln. Die Ursache der Synkinesien liegt aller Wahrscheinlichkeit nach in der Fehlaussprossung regenerierender Neurone [121]. Sekundär plastisch-rekonstruktive Maßnahmen kommen dann in Betracht, wenn die Wiederherstellung der Nervenleitung nicht mehr möglich ist [39]. In diesem Zusammenhang müssen regional gestielte Muskelzügelungsplastiken als dynamisches Rehabilitationsverfahren und die Verwendung von unterschiedlichen Implantaten genannt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Verwendung von Implantaten (z.B. Lidgewichte) auch als Interimslösung dienen kann, bis der Erfolg einer Nervenplastik abgeschätzt werden kann.

2.1.1.1. Nervenrekonstruktion

Abhängig vom Schädigungsausmaß und Schädigungsort kommt als operative Maßnahme zur Rekonstruktion des Nervs die direkte Nervenrekonstruktion mit oder ohne Transplantat (End-zu-End-Anastomose) zur Anwendung. Oft verwendete Transplantate sind Äste aus dem Plexus cervicalis oder der N. suralis [82]. Die End-zu-End-Anastomose ist immer dann

anzustreben, wenn der Nervus facialis vollständig durchtrennt und die spannungslose Adaptation von peripherem und zentralem Fazialisstumpf möglich ist [39, 189]. Ist der Defekt des Nerven für die spannungsfreie Überbrückung zu groß, stehen prinzipiell zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Interposition eines autologen Nerventransplantats
- Rerouting des Nervus facialis zur Ermöglichung der Adaptation

Über die erste erfolgreiche intratemporale Nervennaht des N. facialis berichtete Bunnell bereits 1927 [26], während Sir Charles Ballance 1932 über die erfolgreiche Interposition eines autologen Nerventransplantats zur Überbrückung größerer Substanzdefekte des N. facialis berichtete [12]. Falls der zentrale Anteil des N. facialis nicht mehr genutzt werden kann, stehen indirekte Nervenrekonstruktionen zur Verfügung. Als häufigster Vertreter findet sich hier die Hypoglossus-Facialis-Propfanastomose, die der Accessorius-Fazialis-Anastomose deutlich überlegen ist [115]. Körte hat diese Technik 1903 zum ersten Mal beschrieben [88]. Zahlreiche Autoren haben mittlerweile über positive Ergebnisse berichtet [34,38,47,104,139,142,176]. Nach Durchführung einer Hypoglossus-Fazialis-Anastomose können Massenbewegungen und Synkinesien resultieren [47]. Unter Verwendung des gesamten Nervendurchmessers des Nervus hypoglossus können sich zusätzlich Probleme aufgrund der halbseitigen Zungenathrophie ergeben. Klinisch äußern diese sich beim Sprechen, Schlucken und Kauen und einem persistierenden Speichelfluss. Diese Komplikationen treten vor allem bei älteren Patienten auf [62]. Daher wurden Modifikationen der Originalmethode wie der Jump graft (Anastomose nur eines Teils des N. hypoglossus über ein Autonerventransplantat) [113], Seit-zu-End-Anastomose nach mastoidaler Fazialismobilisation [9] oder eine Anastomosierung mit der Ansa cervicalis [160], entwickelt. Hammerschlag berichtet 1999 in seiner Studie über eine postoperative Erfolgsrate in über 83% ohne Hemiatrophie der Zunge nach Durchführung einer Hypoglossus Fazialis-Anastomose mittels Jump Graft [62]. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass die Durchführung auch bei einer beidseitigen Fazialisparese möglich ist.

Beide Verfahren (direkte und indirekte Nervenrekonstruktion) können nach einem Vorschlag von Stennert kombiniert werden (Diversifikationsmethode nach Stennert). Ausgehend von der Beobachtung, dass nach Hypoglossus-Fazialis-Anastomose eine gute Funktionswiederkehr im Bereich der perioralen Muskulatur [47] und nach direkter Fazialisrekonstruktion eine günstige Reinnervation im Bereich der Augenregion zustande kommt, erfolgt bei diesem Verfahren zur

Rehabilitation des Augen- und Wangenteils eine direkte Nervenrekonstruktion über ein Autonerventransplantat während zur Rehabilitation der perioralen Fazialisäste eine Anastomose mit dem N. hypoglossus bzw. der Ansa cervicalis nervi hypoglossi erfolgt [189]. Durch eine funktionelle Trennung der beiden Sphinkersysteme des Gesichtes (M. orbicularis oculi, M. orbicularis oris) kann damit eine Reduktion von Massen- und Mitbewegungen erzielt werden.

Daneben existiert die Methode der Cross-face-Anastomose, wobei Fazialisäste der gelähmten Seite über Nerventransplantate mit Fazialisästen der gesunden Seite anastomosiert werden. Diese Technik wurde zuerst von Scaramela (1971) und später von Anderl (1979) sowie Samii (1980) beschrieben [3,153,155].

Nach Verletzung ist die Wiederherstellung der Nervenkontinuität möglichst frühzeitig nach der Läsion durchzuführen [15], wegen der Schwierigkeiten bei der operativen Nervenidentifikation und Nervenfreilegung. Um optimale Resultate zu erzielen empfiehlt May eine sofortige Nervenrekonstruktion bei einer Tumorsektion, während nach Trauma innerhalb von 30 Tagen operiert werden sollte [115]. Die Hypoglossus-Facialis-Anastomose sollte in einem Zeitintervall bis 2 Jahre nach proximaler Läsion des Nervus facialis vorgenommen werden [91], jedoch konnten positive Verläufe auch nach einem erheblich längeren Zeitintervall beobachtet werden [142]. Der Erfolg einer nervalen Rehabilitation kann aufgrund der Wachstumsgeschwindigkeit des Nervs [32,156] jedoch erst nach ca. einem halben Jahr beurteilt werden, wobei sich Veränderungen bis 2 Jahre nach Rekonstruktion ergeben können [47].

2.1.1.2.Rekonstruktion mittels Muskeltransfer

Kommen die Methoden der direkten oder indirekten Nervenrekonstruktion nicht infrage, so können mittels Transposition regionaler, vom Nervus trigeminus innervierter Muskeln (Musculus temporalis) zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden. Neben der von Gillies beschriebenen Originalmethode [52] existieren unterschiedliche Modifikationen [59,136,170,208]. Bei der Zügelung des Ober- und Unterlids mit Anteilen des M. temporalis werden 2 schmale Muskelfaszienstreifen entlang der Ober- und Unterlidkante zum medialen Lidbändchen geführt und dort fixiert. Die Zügel müssen unter einer gewissen Spannung stehen und lidkantennah liegen [149]. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Verwendung von autologem Material. Nachteilig an dem aufwendigen operativen Verfahren ist, dass das Auge nachts geöffnet bleibt, eine Verengung der Lidspalte erfolgt und häufig die postoperative Entwicklung eines Unterlidektropiums beobachtet werden kann. Weiterhin

schließt sich das Auge synchron bei Kaubewegungen [100]. Der entscheidende Nachteil dieses Verfahrens liegt jedoch in der problematischen Reversibilität.

Neurovaskulärer freier Muskeltransfer ist indiziert bei Fehlen distaler Motoneurone oder motorischer Endplatten, zusätzlichen großen Weichteildefekten, oder wenn andere Methoden der Rehabilitation nicht erfolgreich waren [172]. Freie Muskellappen kommen bei der Rehabilitation des Lagophthalmus kaum zur Anwendung. Gousheh berichtet 1995 bei der Verwendung eines freien Gracilis-Lappens über ungünstige Ergebnisse [55]. Der neurovaskuläre freie Muskeltransfer hat sich hingegen zur Rekonstruktion des oralen Sphinkersystems bewährt [79,161,193,199]. Als freies Muskeltransplantat kommen der M. gracilis, der M. pectoralis minor, Anteile des M. latissimus dorsi und der M. serratus zum Einsatz [189].

2.1.2. Statische Rekonstruktionsverfahren

Das Grundprinzip aller statischen Rekonstruktionsverfahren stellt eine teilweise oder vollständige Vernähung der Lider dar. Diese können, dem Einzelfall angepasst, medial oder lateral durchgeführt werden, um eine Reduktion der exponierten Corneaoberfläche zu erreichen [98,169]. Als klassische Methode wird die Tarsorrhaphie aufgeführt, auf die unterschiedlichen Modifikationen der Kanthoplastik wird im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen. Die Methode der Lidgewichtimplantation wird vom Autor nicht zu den statischen Rekonstruktionsverfahren gerechnet, da nach erfolgreicher Gewichtimplantation ein vollständiges Schließen und Öffnen des Oberlids möglich ist. Auch die weiteren, zur Rehabilitation des Lagophthalmus entwickelten, Implantate führen bei erfolgreicher Durchführung zur freien Beweglichkeit des Oberlids und können damit nicht den statischen Rekonstruktionsverfahren im eigentlichen Sinn zugeordnet werden.

2.1.2.1. Tarsorrhaphie

Als statische Operationsmethode zur Verschmälerung der Lidspalte gilt die Tarsorrhaphie. Das erforderliche Ausmass der Tarsorrhaphie hängt von der Schwere der Lidschlussinsuffizienz ab und kann sowohl medial, als auch lateral, permanent oder temporär, durchgeführt werden [98]. Bei der klassischen Methode werden die Lider inkl. Tarsus angefrischt und die Hautränder vernäht. Neben der konventionellen Technik existieren verschiedene Modifikationen, die mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen behaftet sind, wobei auch verschiedene Laser zur Anwendung kamen [89]. Die Durchführung einer

lateralen Tarsorrhaphie führt jedoch zu einer Gesichtsfeldeinschränkung und ist ästhetisch unschön [57,84,99,103,108,111], wie auf der folgenden Abbildung deutlich zu erkennen ist.



Daher wird die Indikation aufgrund neuerer Techniken zunehmend zurückhaltend gestellt [138]. Mit fortschreitendem Alter der Patienten kann der äußere Lidwinkel nach medial verlagert werden und ein nur schwer zu korrigierendes mediales Ektropium entstehen. Bei der Eröffnung einer Tarsorrhaphie kann es zu Trichiasis, Epithelzysten, Liddeformitäten oder zur Ausbildung eines Unterlidektropiums kommen [99,108,111]. Nachdem zusätzlich mit diesem Verfahren ein kompletter Lidschluß nicht immer erreicht werden kann und zudem die Eröffnung einer Tarsorrhaphie erhebliche Probleme bereiten kann, sollte dieses Verfahren Notfallsituationen vorbehalten bleiben [18].

2.1.3. Implantate

Zur Therapie des Lagophthalmus bei Fazialisparese kommen unterschiedliche Implantate zum Einsatz. Beim Einsatz alloplastischer Implantate ist neben den mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe insbesondere deren Biokompatibilität von Interesse. Bis zum heutigen Tag gibt es kein Implantatmaterial, das in allen chirurgischen Bereichen allen Anforderungen voll genügt, da alle Fremdmaterialien mit Vor- und Nachteilen behaftet sind [24]. Neben den mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe ist insbesondere deren Biokompatibilität von Interesse, da die Verwendung dieser Materialien im Bereich des Oberlids mit nicht unerheblichen Komplikationen vergesellschaftet sein kann [11,122]. Die biologischen Eigenschaften werden von den Korrosionseigenschaften der Implantatmaterialien bestimmt und können durch Beschichtung oder Verbund mit organischen Substanzen modifiziert

werden. Folgende Reaktionen können nach Implantation eines alloplastischen Werkstoffs auftreten:

- Eine direkte Reaktion des Gewebes auf das Implantat oder Korrosionsprodukte, die z.B. zu lokalen Entzündungen führen kann.
- Eine indirekte Reaktion auf das Implantat oder Korrosionsprodukte durch Transport und Anreicherung von Metallionen im Körper. Beim Überschreiten kritischer Konzentrationen kann es zu Intoxikationen und Allergien kommen.
- Durch Korrosion und die damit verbundenen elektrochemischen Prozesse kann es zu massiven Störungen des Elektrolythaushaltes in der Implantatumgebung kommen.
- Schädigung des umliegenden Gewebes durch Bildung von H_2O_2 in entzündeten Zellen.

Das Resultat der o.g. Reaktionen bedingt Störungen der Ionenkonzentration im Interzellularraum, wodurch Intoxikationen, eine Sensibilisierung (Allergisierung) oder lokale Reaktionen in Form von Entzündungs- oder Abstoßungsreaktionen ausgelöst werden können. Klinisch kann man die lokalen Reaktionen, die ein Metall im Organismus hervorruft, in drei Gruppen einteilen:

- Die *inerten* Metalle, die zu keiner Reaktion führen
- Metalle, die durch eine Weichteilschicht *abgekapselt* werden
- *Toxische* Metalle, die zu starken Reaktionen und einem Absterben von Zellen führen [1].

Im Folgenden werden die einzelnen Implantate für die chirurgische Korrektur des Lagophthalmus dargestellt und die Vor- und Nachteile diskutiert:

1. Lidmagnete

Die von Mühlbauer 1973 erstmals vorgestellten Lidmagnete stellen von der Idee her ein sehr elegantes Verfahren dar. Dazu werden 2 gekrümmte Magnete jeweils in das Ober- und Unterlid gegenpolig implantiert [125]. Die Magnete bestehen aus einer Platin-Kobalt-Legierung. Mit dieser Methode läßt sich zudem ein Unterlidektropium korrigieren. Ein

Problem bei dieser Methode bleibt, dass die maximale Magnetfeldstärke bei maximaler Annäherung besteht, also bei geschlossenen Lidern. In über 20% kam es dadurch zur Extrusion der Implantate [141]. Daraufhin wurden die Lidmagnete bereits 1986 vom Markt genommen.

2. Silikonschlinge

Medizinisch gebräuchliche Silikone bestehen aus einem Siliziumdioxidgrundgerüst und sind chemisch inert und hitzestabil. Neben Silikonelastomer als Festkörper steht flüssiges Silikon zur Verfügung. Die Viskosität hängt von der Kettenlänge des Polymers (Dimethyldesoxan) ab. Gegen Silikon wurden in den letzten Jahren verstärkt unspezifische Entzündungsreaktionen beobachtet [107]. In den histologischen Untersuchungen fiel vor allem ein Auftreten von Fremdkörperriesenzellen auf, wodurch es zu einer chronischen Entzündung kommt, die zu einer fibrösen Kapselbildung um das Implantat führt. Der Grund liegt in der fehlenden enzymatischen Abbaubarkeit des Materials [14,162]. Silikon findet als temporäres und als permanentes Implantatmaterial Anwendung. Neben der Verwendung als Schienungsmaterial des Septums oder des Trommelfells, zur Augmentation im Gesichtsbereich oder der Mamma, wurde Silikon von Arion 1968 erstmals in der Anwendung zur Korrektur des Lagophthalmus beschrieben [8]. Dabei wird eine Silikonschlinge durch das Ober- und Unterlid geführt. Nasal wird der Faden hinter das freiliegende innere Lidbändchen geführt und am lateralen Orbitarand über ein Bohrloch fixiert. Ein Vorteil dieser Methode ist auch hier die zusätzliche Korrektur des paralytischen Unterlidektropiums [13]. Neben den möglichen Fremdkörperreaktionen auf Silikon bedingt der im Laufe der Zeit einsetzende Elastizitätsverlust der Silikonschlinge mit erneut auftretendem Lagophthalmus die hohe Revisionsrate [163].

3. Lidfeder

Eine weitere Methode zur Rehabilitation des paralytischen Lagophthalmus stellt die Lidfederimplantation dar, welche durch Morel-Fatio 1964 erstmals beschrieben wurde [123]. Dazu wird kieferorthopädischer Draht, der aus einer Stahllegierung besteht, in Form einer Sicherheitsnadel unter dem M. orbicularis oculi platziert. Der obere Federbügel wird am Periost der lateralen Orbitabegrenzung mit einer Naht fixiert, während der untere Drahtbügel in eine Dacronhülle eingeschlagen und am Tarsus fixiert wird. Der operative Aufwand dieser Methode ist erheblich und die Reversibilität kann problematisch werden [100]. Ein Vorteil der Lidfeder im Vergleich zu den weiter unten beschriebenen Lidgewichten liegt in der Tatsache

begründet, dass die Funktion der Lidfeder auch erhalten bleibt, wenn der Patient eine horizontale Lage (z.B. beim Schlafen) einnimmt [123]. In ca. 20% kann allerdings postoperativ eine Extrusion beobachtet werden [97,117,163]. Probleme können sich auch hinsichtlich der MRT-Tauglichkeit der Federn ergeben. Beyer berichtete 1991 in diesem Zusammenhang über eine beobachtete Vibration einer Lidfeder bei Durchführung eines MRT [19]. May berichtete 1993 über einen Patienten, bei dem es zur Verbiegung einer Lidfeder aus Edelstahl kam, so dass das Implantat entfernt werden musste [114].

4. Lidgewichte

Für verschiedene chirurgische Gebiete müssen unterschiedliche Qualitätskriterien berücksichtigt werden. Materialien, die z.B. für die Mittelohrchirurgie geeignet sind, müssen gute Schallübertragungsqualitäten und eine gute Biokompatibilität bei möglichst geringem Gewicht aufweisen [77]. Im Gegensatz dazu sollen Implantatmaterialien, die als Lidimplantat in Frage kommen neben einer guten Biokompatibilität eine hohe Dichte besitzen. Da der Lidschluß durch ein Lidimplantat gravitationsabhängig ist, muss ein bestimmtes Implantatgewicht für einen passiven Lidschluss vorhanden sein. Im allgemeinen werden Implantatgewichte zwischen 1 und 2 Gramm verwendet. Nur sehr selten sind größere Massen erforderlich [84,103,163]. Je höher die Dichte, desto kleiner die Ausmaße des entsprechenden Implantats bei gleichem Gewicht ($\text{Dichte} = \frac{\text{Masse (kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$). Entsprechend den Anforderungen an Biomaterialien für Rekonstruktionen im Mittelohr [77], ergeben sich für Lidgewichte folgende Anforderungen:

- Gute Biokompatibilität
- Hohe Stabilität gegenüber körpereigenen Abbauvorgängen
- Hohe Dichte
- Funktionsangepasstes Design
- Gute intraoperative Formbarkeit oder problemlose Lagerung unterschiedlicher Implantatformen und -größen
- Vermeidung radiologischer Artefakte
- Problemlose Entfernung

Diesen Anforderungen an ein Lidimplantat kommen nur Metalle nach. Zur operativen Therapie des Lagophthalmus wurde 1950 erstmals die Methode der Gewichtimplantation

beschrieben [171]. Zur Anwendung kamen nach Angaben in der Literatur Tantalum [171], Stahl [92], Gold [33,50,74,84,86,103,109,111,127,137,163,168,196], Platin [11] und eine Platin-Iridium-Legierung [18,122]. Titan, mit seiner bekanntlich sehr guten Biokompatibilität, kam als Lidimplantat bisher nicht zur Anwendung, wegen seines geringen spezifischen Gewichts ($4,5 \text{ g/cm}^3$). Bei gleichem Gewicht wären Titanlidimplantate fast viermal größer als Goldimplantate. Im Folgenden werden die einzelnen Materialeigenschaften kurz beschrieben und ein Vergleich für die klinische Anwendung dargestellt.

- Stahl

Stahl entsteht durch die Verhüttung von Eisen in Gegenwart von Kohlenstoff. Dabei entsteht aus dem spröden Eisen walz- und schmiedbarer Stahl. Die meisten Stähle sind Legierungen aus Mangan, Chrom oder Nickel. Während Stahl in der Mittelohrchirurgie weite Verbreitung fand [67,78,133,140,143], ist es als Implantatmaterial für Lidgewichte einmal beschrieben worden [92]. Die Biokompatibilität von Stahl kann als gut bezeichnet werden, die biologische Reaktion besteht in einer Einkapselung des Metalls [1]. So konnten Himi et al. acht menschliche Felsenbeinpräparate histologisch untersuchen, bei denen im Rahmen einer Mittelohroperation Draht-Implantate eingebracht wurden. In keinem Fall konnten Arrosionen des Amboss oder Fremdkörperreaktionen beobachtet werden [67]. Edelstahl wird als Implantatmaterial weniger in der HNO-Heilkunde, als vielmehr in der Orthopädie oder Unfallchirurgie zur Stabilisierung von Frakturen eingesetzt. Die Tendenz hochlegierte korrosionsbeständige Implantatstähle einzusetzen, ist insgesamt abnehmend [24,95]. Gründe sind unter anderem die Korrosionsneigung, die potenziell karzinogene Wirkung von Chrom, Nickel und Kobalt und das vermehrte Auftreten von Chrom- und Nickelallergien. Ein weiterer Nachteil ist die durch den Kobaltgehalt bedingt Magnetisierbarkeit. Dies ist vor allem in der Lidregion bedeutend, wenn eine Kernspintomographie durchgeführt werden muss. So sind Komplikationen bei der Durchführung eines MRT nach Implantation einer Lidfeder aus Stahldraht beobachtet worden [19]. Die Dichte von Stahl beträgt, abhängig von der Art der Legierung, $8-9 \text{ g/cm}^3$.

- Tantalum

Tantalum hat ein spezifisches Gewicht von $16,6 \text{ g/cm}^3$. Neben der Verwendung bei der Herstellung von chirurgischen Instrumenten fand Tantalum in der Mittelohrchirurgie Anwendung [63,166]. Als Lidgewicht kam Tantalum nur einmal zum Einsatz. Sheehan berichtet hierbei über ein positives Ergebnis bei Einsatz eines Tantalum-Implantats [171]. Die

Biokompatibilität von Tantalum kann als sehr gut bezeichnet werden [166]. Es verhält sich biologische inert [1]. Auch über Allergien gegenüber Tantalum wurde bisher nicht berichtet. Sowohl Stahl- als auch Tantalumimplantate konnten sich als Lidgewicht aufgrund ihrer geringeren Dichte im Vergleich zu Gold und Platin nicht durchsetzen.

- Gold

Bereits Fallopius berichtet 1600 über die Verwendung einer Goldplatte zur Rekonstruktion des Schädeldachs [40]. Als Implantatmaterial kommt Gold sowohl in reiner Form, als auch in verschiedenen Legierungen zur Anwendung. Reines Gold (99,99%) hat ein spezifisches Gewicht von $19,3 \text{ g/cm}^3$ und wurde in der Mittelohrchirurgie vielfach als Implantatmaterial angewendet [165]. So findet Gold in der Stapeschirurgie [165], als Ossikelersatz [185], als Paukendrainage [194] und als Tube conductor [186] Verwendung. Neben der leichten Bearbeitbarkeit von reinem Gold wird Gold eine oligodynamische Wirkung, also eine Hemmung des Bakterienwachstums auf der Implantatoberfläche (Interface) zugeschrieben [66]. Daraus begründet sich die gute Biokompatibilität dieses Metalls und die breite Verwendung als Implantatmaterial. Die biologische Reaktion besteht in einer Kapselbildung um das Implantat [1,18,168,196]. Durch Legierungszusätze von Kupfer, Palladium oder Titan läßt sich die Härte von Gold erhöhen und kommt unter anderem als prothetischer Zahnersatz zur Anwendung. Als Implantationsmaterial für Lidgewichte wurde Gold erstmals von Illig 1958 beschrieben [74]. Zahlreiche Autoren haben mittlerweile über positive Ergebnisse nach Implantation von Lidgewichten aus Gold berichtet [33,50,74,84,86,103,109,111,127,137,163,168,196]. Postoperative Komplikationen sind jedoch in diesem Zusammenhang nicht ungewöhnlich. Da sowohl Abstoßungsreaktionen als auch Granulombildung [36] und Allergien nach Goldimplantation bekannt sind, werden die teilweise erheblichen Komplikationen unter anderem dessen Materialeigenschaften zugeschrieben [11,18,122,164].

- Platin

Platin ist ein weiß-graues Metal mit einer Dichte von $21,45 \text{ g/cm}^3$. Die Biokompatibilität von Platin ist sehr gut und hat sowohl in der Stapeschirurgie, als auch als innenohrkompatibles Elektrodenmaterial von Cochlear Implants weite Verbreitung gefunden [140,159]. Platin kommt sowohl in Reinform mit einer Reinheit von 99,95%, als auch als Legierung zur Anwendung, besitzt eine hohe Korrosionsbeständigkeit und verhält sich biologisch inert. Allergische Reaktionen auf reines Platin sind in der Literatur kaum beschrieben worden [7], sind jedoch bei Platinsalzen nicht ungewöhnlich [120,147]. Als Lidimplantat stehen reine

Platinimplantate und Implantate aus einer Platin (97%)-Iridium(3%)-Legierung zur Verfügung. Iridium gehört zur Gruppe der Platinmetalle, hat eine Dichte von 22,65 g/cm³ und wird aufgrund seiner großen Härte und Korrosionsbeständigkeit meist als Platin-Iridium-Legierung als Implantatmaterial, in chirurgischen Instrumenten und bei der Schmuckherstellung eingesetzt. In Legierungen wird Iridium überwiegend als Kornfeiner eingesetzt. Aufgrund seiner Reaktionsträgheit ist die Biokompatibilität von Iridium sehr gut. Bereits 1995 wurde Platin und 1997 eine Platin-Iridium-Legierung als Materialalternative bei der Verwendung als Lidimplantat beschrieben [11,122]. Neben der höheren Dichte im Vergleich zu Gold besitzt Platin zusätzlich eine bessere Biokompatibilität und verhält sich biologisch inert [1].

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Charakteristika der Metalle, die als Lidgewicht zum Einsatz kamen, tabellarisch dargestellt.

	Stahl	Tantalum	Gold	Platin
Dichte	8-9 g/cm ³	16,6 g/cm ³	19,3 g/cm ³	21,45 g/cm ³
Biokompatibilität	Gut	Sehr Gut	Gut	Sehr gut
Kosten	Billig	Teuer	Teuer	Teuer
MRT-Tauglichkeit	Bedingt	Ja	Ja	Ja
Bearbeitbarkeit	Schlecht	Mittel	Gut	Mittel

Charakteristika von als Lidimplantat verwendeten Metallen

Mittlerweile haben sich Gold und Platin als Implantatmaterial durchgesetzt [18,163]. Die Vorteile der Lidgewichtimplantation (Lidloading) liegen in der einfachen Durchführung und in der problemlosen Reversibilität des Eingriffs [18,50,84,100,103,108,111,127,137,163,196]. Damit eignet sich diese Methode nicht nur bei der irreversiblen, sondern auch bei der reversiblen Fazialisparese. Als Implantationsort der Lidgewichte wird in der Literatur sowohl das Septum orbitale [33,111,169], als auch der präatarsale Raum beschrieben [18,84,103,109,127,163]. Auf Grund der günstigeren Hebelwirkung des Implantates wird von den meisten Autoren der präatarsale Raum bevorzugt. Das zu implantierende Gewicht wird präoperativ durch das Aufkleben unterschiedlich schwerer Muster auf das Oberlid des aufrecht sitzenden Patienten nach Beurteilung des Lidschlusses bestimmt. Nachdem das minimale Gewicht bestimmt wurde, mit welchem im Klebetest ein vollständiger Lidschluss möglich war, sollte das nächsthöhere Gewicht (0,2 g schwerer) implantiert werden. Das höhere Gewicht ist notwendig, um postoperativ einen

vollständigen Lidschluss zu ermöglichen, da sich durch die Implantation des Lidgewichtes die Kraftvektoren des Implantates ändern [69]. Im Mittel liegt die erforderliche Erhöhung des Gewichts bei 0,2 g, was bei den industriell gefertigten Implantaten dem nächstschwereren Gewicht entspricht. Nach Einsetzen von Abdeckschalen zum Schutz der Kornea, Hautdesinfektion und lokalem Einspritzen von Xylonest 1 %ig mit Suprareninzusatz erfolgt der Hautschnitt in einer Hautfalte des Oberlids, nicht näher als 10 mm von der Lidkante. Nun wird eine ausreichend tiefe Tasche zwischen M. orbicularis oculi und Levator-Aponeurose gebildet und die Tarsusoberfläche dargestellt. Das präoperativ ausgewählte Implantat wird eingesetzt und mit 5.0 PDS-Fäden direkt mittig auf dem Tarsus fixiert. Der untere Rand des Goldplättchens sollte dabei ca. 2-3 mm kranial des Lidrandes liegen. Eine einfache Hautnaht schließt den operativen Eingriff ab. Die Intrakutannaht wird am 6. postoperativen Tag entfernt. Durch Aufkleben des Gewichtes auf das Oberlid des Patienten kann dieses Verfahren ohne Operation auch als konservatives Therapiekonzept angewandt werden [126].

Bei individueller Anpassung eines entsprechenden Gewichtes und präatarsaler Nahtfixation kann nach Angaben in der Literatur in 70 bis 100 % ein vollständiger Lidschluss erreicht werden [18,50,84,111,127,163,168]. Postoperative Komplikationen unterscheiden sich in ihrer Häufigkeit und Schwere [18,33,42,86,137,163]. Die Extrusion eines Implantates stellt die schwerwiegendste Komplikation dar, die zur Explantation zwingt. Zur Vermeidung dieser Komplikationen bei der Verwendung von Goldimplantaten sind in der Literatur unterschiedliche Techniken beschrieben worden. Nachdem sich in einer von Kelly 1992 veröffentlichten Studie eine Extrusionsrate von über 40 % nach Implantation von Goldimplantaten zeigte, wobei die Gewichte präatarsal nicht durch Nähte fixiert wurden [86], sind mittlerweile Nahtlöcher zur Fixation des Implantats vorhanden. Damit konnte die Extrusionsrate erheblich reduziert werden. Neben individuell angepassten Goldimplantaten [197], wurde versucht, das Implantat mit unterschiedlichen Materialien abzudecken, die eine gewisse Schutzfunktion ausüben sollten. Zur Anwendung kamen dabei Temporalisfaszie [197], Ohrknorpel [132] und Perikard [42]. Dadurch konnten überwiegend gute postoperative Ergebnisse erzielt werden. Die Methode bedingt allerdings einen zusätzlichen operativen Eingriff (Ohrknorpel, Temporalisfaszie). Ferner besteht bei der Verwendung von autologem Material (Pericard) ein prinzipielles Infektionsrisiko. Zur Vermeidung dieser Probleme wurden alloplastische Materialien wie Polytetrafluorethylen und poröses Polyethylen implantiert [76]. Weitere Versuche zur Reduktion der postoperativen Komplikationen bestehen in der Modifikation der Implantationstechnik [83], wie das partielle Ablösen der Levatoraponeurose und die Verlagerung über das Implantat [53]. Dies kann jedoch zu einer

chirurgisch schwer korrigierbaren Fehlstellung des Oberlids führen. Ein anderer Lösungsweg zur Reduktion der postoperativen Komplikationen lag in der Modifikation des Implantates selbst [33].

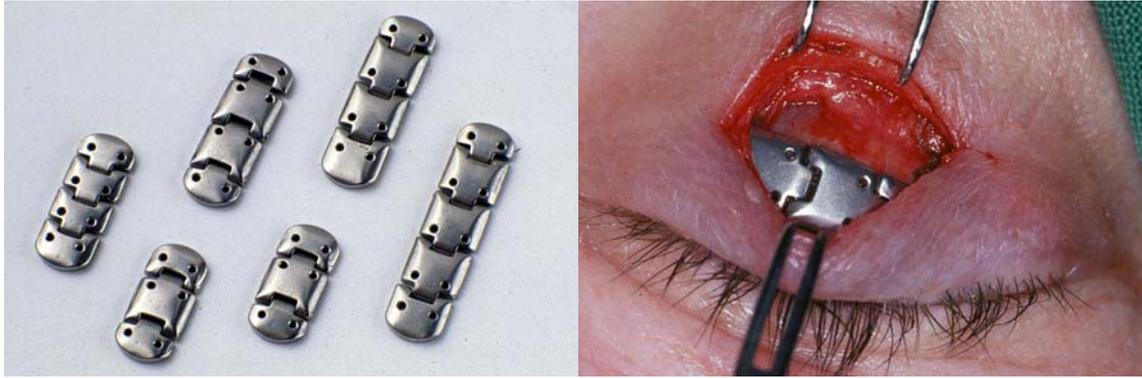
Neben individuell gefertigten Implantaten [33,57,197] stehen derzeit zwei industriell gefertigte Oberlidimplantate aus Gold oder Platin mit Krümmungsradien von 12,7 mm und 16,0 mm zur Verfügung. Die Gewichte reichen von 0,8 bis 1,8 g in 0,2 g-Schritten. Entsprechende Implantate sind in der folgenden Abbildung zu sehen.



Starre Goldimplantate mit unterschiedlichen Krümmungsradien

Wegen erheblicher postoperativer Komplikationen bei der Verwendung starrer Goldimplantate (siehe 3.1.1.), entwickelten wir eine flexible Kette als Implantat, da starre Implantate den anatomischen Gegebenheiten nach präatarsaler Implantation nicht optimal gerecht werden können. In einer 2001 vorgestellten Studie konnten wir zeigen, dass nicht nur interindividuelle Unterschiede der Tarsuskrümmung bestehen, sondern sich die Tarsuskrümmung bei augengesunden Probanden zusätzlich blickrichtungsabhängig statistisch signifikant ändert (siehe 3.1.2.). Entsprechend den Empfehlungen in der Literatur wählten wir als Implantatmaterial eine Platin (97%)-Iridium(3%)-Legierung [122]. Die Neugestaltung des Implantates wurde als Patent anerkannt (Deutsches Patentamt 20.09.1997 Nr. 1974 1342, Anhang 1).

In den folgenden Abbildungen sind unterschiedliche schwere Platinketten und ein intraoperativer Situs zu sehen.



unterschiedliche schwere Platinketten intraoperativer Situs

In der folgenden Tabelle sind die unterschiedlichen Implantate zur Korrektur des paralytischen Lagophthalmus vergleichend gegenübergestellt.

	Magnete	Lidfeder	Silikonschlinge	Lidgewichte
Extrusion	Hoch (> 20 %)	Ca. 20 %	Gering	Gering (~ 2 %)
Revision	Häufig	Häufig	Häufig	Gering
Operativer Aufwand	Ober- und Unterlid	Oberlid	Ober- und Unterlid	Oberlid
Verschmälerung der Lidspalte	Selten	Selten	Oft	Selten
Präoperative Anpassung	Ja	Nein	Nein	Ja
Magnetismus	Ja	Ja	Nein	Nein

Alternative Implantate zur Rehabilitation des Lagophthalmus