

Constantin Landes, Björn Ludwig

Neue Ansätze in der kieferorthopädischen Chirurgie und Behandlung der Kiefergelenkserkrankungen nach bewährtem Entscheidungsalgorithmus



Constantin Landes
Prof. Dr. Dr. med. dent.
Mund-, Kiefer- und Plastische
Gesichtschirurgie
Sana Klinikum Offenbach
GmbH
Starkenburgring 66
63069 Offenbach
und
Praxisklinik Büsingpark
Kaiserstrasse 74
63065 Offenbach
E-Mail: info@praxisklinik-
buesingpark.de

DR. LUDWIG: Welche neuen Ansätze in der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie von Dysgnathien haben Sie in den letzten zehn Jahren verfolgt?

DR. LANDES: Es sind mehrere parallele Ansätze, beispielsweise vier Innovationen nennen.

Erstens: Die früher resorbierbaren Osteosynthesen, die Patienten eine gegebenenfalls notwendige spätere Metallentfernung sicher ersparen, machten 1998 den Anfang. Heute setze ich häufig *osteokonduktive Knochenfixierungen* (umgangssprachlich Osteosynthesen) ein. Diese haben über den erstgenannten Vorteil hinaus weitere Qualitäten: Sie werden in den verheilenden Knochen durch ihre Mischung aus Hydroxylapatit und Laktat schließlich integriert und zu körpereigenem Strukturgewebe umfunktioniert, wie es mit Knochenersatzmaterial in der Implantologie geschieht. Anders gesagt, handelt es sich um intelligente Osteosynthesen, die gleichzeitig „Scaffolds“ sind, also Wachstumsschienen für Gewebe, entlang derer neu gebildete Knochen wachsen kann. Die Langzeitstabilität hat sich vergleichbar zuverlässig zu den Titanosteosynthesen erwiesen, solange keine Extreimbewegungen ausgeführt werden oder andere Osteotomien, als die üblichen Le-Fort I- (auch segmentiert),

Obwegeser-dal Pont, Delaire-Osteotomien oder anteriore Segmentosteotomien damit fixiert werden.

Hydroxylapatit wurde in selbstauflösende Lactidosteosynthesen inkorporiert, weil sich das Material osteokonduktiv verhält. Die Segmentretention und Stabilität haben wir bei 50 Patienten über mindestens ein Jahr mit den typischen Segmentbewegungen untersucht. Die Segmentstabilität und Rezidive waren bei vergleichbaren intraoperativen Bewegungen ohne Unterschied. Natürlich waren nicht alle¹ Segmentbewegungen gleich stabil, sondern bewegten sich im Rahmen der von Profitt et al.^{2,3} mehrfach publizierten Langzeitergebnisse der Segmentstabilität. Die neuartigen Osteosynthesen waren stabiler als andere frühere resorbierbare Osteosynthesen (Abb. 1 bis 3)^{4,5}.

Zweitens: Die *Piezoosteotomie* hatten wir ebenfalls bei fünfzig Patienten in einer ersten Pilotstudie

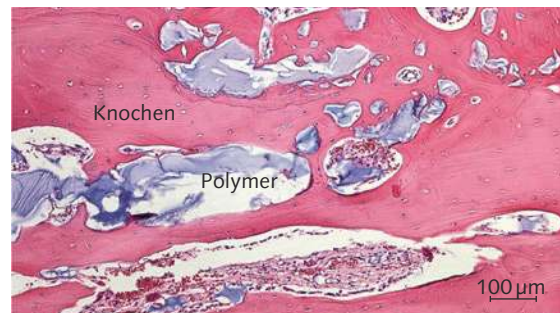


Abb. 1 HE-Färbung $\times 400$ zeigt den in das Hydroxylapatit-PLLA Polymer einwachsenden Knochen, und zwar im Gegensatz zu früheren Lactidosteosynthesen in Abb. 2.

Abb. 2 (α CD 68 Färbung, $400\times$) zeigt die von einer Bindegewebsbarriere und vielen Fremdkörperriesenzellen umgebenen granularen Überreste einer resorbierbaren Lactidosteosynthese. Die Bindegewebskapsel löst das Polymer mit großen Fremdkörperriesenzellen auf.

Abb. 3 Hydroxylapatit-PLLA-Osteosynthesen in der Oberkieferversorgung für eine Osteosynthese nach Oberkieferverlagerung in typischer Weise.

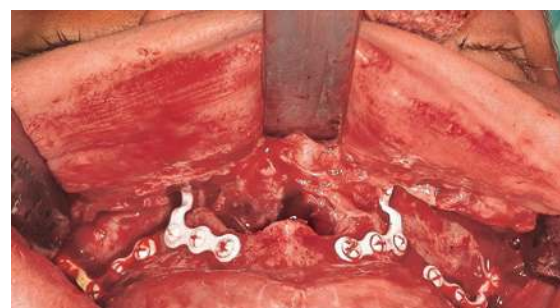
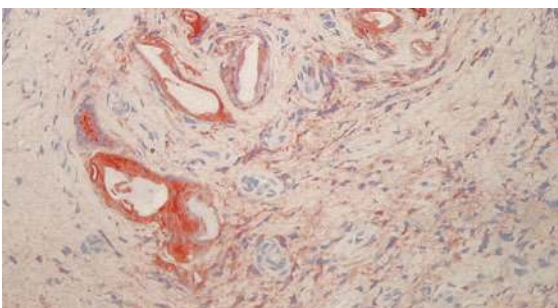




Abb. 4 Mit der Piezoosteotomie können sehr schonend interradikuläre Segmentosteotomien durchgeführt werden.

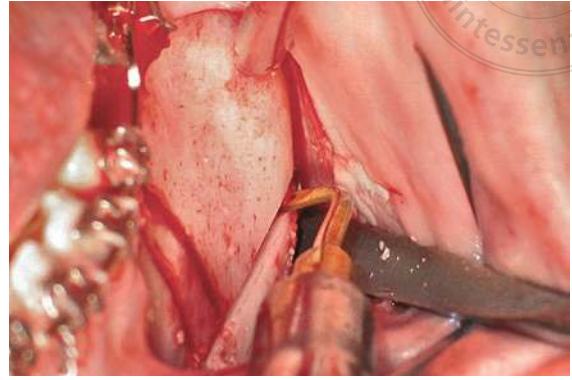


Abb. 5 Stellt alternativ eine komplexe Delaire-Piezo-Osteotomie zur Behandlung eines extrem offenen Bisses dar.

kieferorthopädischer Chirurgiepatienten eingesetzt und mittlerweile viele Hundert Patienten so behandelt⁶. Die Piezoosteotomie gestattet individualisierte Osteotomiedesigns die eine knöchernen Interdigitation nach der Reposition ermöglichen. Mit angulierten Werkzeugen kann die pterygoidale Disjunktion kontrollierter durchgeführt werden und damit die Feldmannsäge und Meißel überflüssig machen. Nach der Oberkiefermobilisation können die Pterygoidfortsätze schonender reduziert werden, was eine bessere Knochentrimmung bedeutet und stabilere Langzeitergebnisse, besonders in der dorsalen Oberkieferimpaktion.

Der Blutverlust verminderte sich signifikant ohne Zunahme der Operationsdauer. Die Unterlippensensibilität war zu 95% nach drei Monaten erhalten. Zukünftig könnte piezoelektrisches Bohren implementiert werden und computerunterstützt geplante und gestaltete Osteotomielinien für maximale Interdigitation nach Kieferreposition, das würde wiederum die notwendigen Osteosynthesenstärken vermindern (Abb. 4 und 5).

Drittens: Zwei Hauptnachteile der klassischen Obwegeser-Dal Pont-Osteotomie sind das sogenannte „bad split“ und Schäden des Nervus alveolaris inferior. Um diese Nachteile zu vermeiden und die Vorteile der Ultraschallosteotomie zu nutzen, haben wir die *tiefhoch schräge Piezoosteotomie* (LHO)⁷ aus der ursprünglichen hohen Ramusosteotomie nach Schlössmann von 1922⁸ entwickelt. Retrospektiv zeigte unser erstes Patientenkollektiv postoperativ nur in 3% Unterlippensensibilitätsdefizite und die Operationszeit war kürzer. Allerdings sollte die Fixierung mit ausreichend kräftigen Osteosynthesen erfolgen. Die Obwegeser-Dal Pont-Osteotomie ist ein Kind ihrer Zeit hinsichtlich der zum Zeitpunkt ihrer Entwicklung bestehenden Not-

wendigkeit, lange Knochenanlagerungsflächen für höhere Segmentstabilität erreichen zu müssen bei fehlender Osteofixierung oder lediglich Drahtcerclagen und lang anhaltender intermaxillärer Drahtfixierung, wie sie damals durchgeführt wurden. Osteosynthesen unserer Tage ermöglichen hier weiterentwickelte Osteotomien, die zuverlässig die Unterlippennervsensibilität erhalten und das natürlich ohne intermaxilläre Fixierung.

Kieferwinkelmodifikationen sind theoretisch besser durch die Obwegeser-Dal Pont-Osteotomie möglich, dies hat sich in der Praxis jedoch noch nicht als ein Nachteil erwiesen und ist eher eine theoretische Überlegung (Abb. 6 bis 8). Demgegenüber ist meine Beobachtung, dass die oft starke Kieferwinkelprojektion bei Klasse-III-Patienten etwas abgemildert wird und bei Klasse II nach LHO vorteilhaft betont wird.

Viertens: Ein weiterer Ansatz ist die *Festlegung einer sicheren Relation und Distanz der retrudierten Kontaktposition – zur habituellen Interkuspitation* (RKP-IKP) für die Unterkieferposition während der Umstellungsoperation. Eine neuartige und mittlerweile bewährte Ultraschallpositionierung^{9,10} der Kiefergelenke ermöglicht es uns, sehr zuverlässig und mit überschaubarem Aufwand intraoperativ den Aktionsraum festzulegen, der begrenzt wird von IKP, RKP, maximaler Mundöffnung, Protrusion, Laterotrusion und Mediotrusion. Denn wir benötigen in der kieferorthopädischen Chirurgie eine präzise intraoperative Gelenkpositionierung und darüber hinaus soll diese Position unter Funktion stabil bleiben. Die meisten traditionellen Methoden wie manuelle Positionierung oder Positionierungsplatten gestatten kein intraoperatives Monitoring des Kiefergelenkes. Deshalb haben wir 97 Patienten unter Verwendung



Abb. 6 und 7 Postoperativer Aspekt nach tief-hoch schräger Piezoosteotomie (LHO) beidseits mit Unterkieferverlagerung im 3-D-CT mit der Gitterplattenosteosynthese, die sich für diese Osteotomien günstig erwiesen hat.

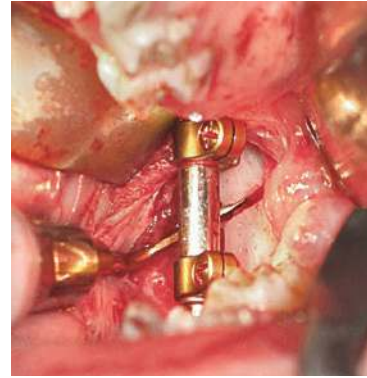


Abb. 8 Hier wird verdeutlicht, was mich zu dieser Osteotomie inspiriert hatte, nämlich die Osteotomie des aufsteigenden Astes für die Distraction bei hemifazialen Mikrosomien. Hier wollte ich das Gefäßnervenbündel schonen und trotzdem eine große Anlagerungsfläche für die Segmente erreichen. Daraus resultierte eine möglichst tiefe von vestibulär unten nach lingual oben gerichtete schräge Piezoosteotomie (hier mit dem in situ sitzenden intraoralen Distraktor).

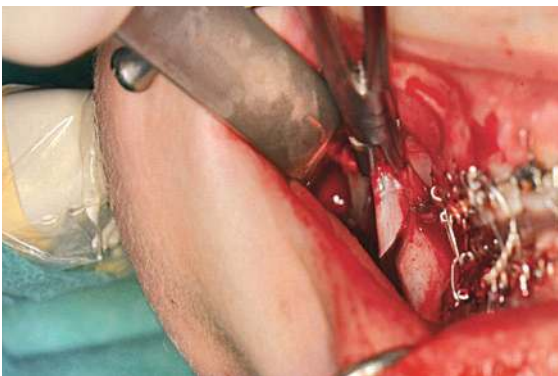


Abb. 9 Intraoperative Situation; der Schallkopf stellt mit extraoraler Positionierung auf dem Kiefergelenk das Gelenk dar.

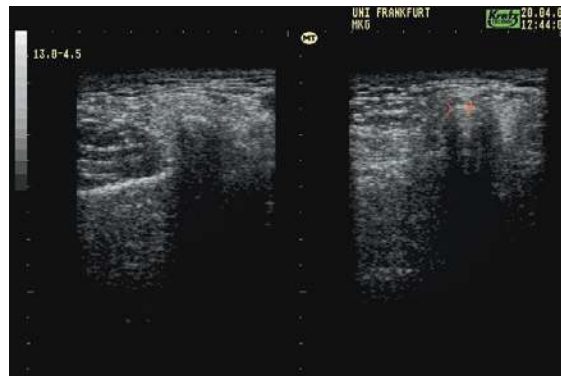


Abb. 10 Auf diese Weise generiertes paraxiales Schallschnittbild, welches von lateral die Kondylenzirkumferenz darstellt mit dem darüber lateral leicht überlappenden Diskus und der Gelenkkapsel. Mit der Kocher-Klemme am aufsteigenden Ast wie in Abb. 9 deutlich, kann nun die retrale Position eingestellt werden und für die Osteosynthese eine definierte Millimeterposition anterior davon (wie die orangen Pfeile verdeutlichen, jeweils an der antero-lateralen maximalen Zirkumferenz des Kondylenechos orientiert, die Situation zeigt die IKP-Kondylenposition). Die Einstellung der Kondylenposition im gewünschten Abstand beträgt hier bei der Osteosynthese 3 mm IKP vor RKP.

von MRT prä- und postoperativ mit intraoperativer sonografischer Kiefergelenkspositionierung vermessen. Dabei untersuchten wir die Änderung von Interkondylarabstand, Kondylenzentrik, Diskusposition, -Degeneration und -Dislokation in Abhängigkeit der sagittalen Verzahnung präoperativ (Abb. 9 bis 11).

Alle Änderungen der Kondylen-Fossa-Beziehung, Diskusposition und Diskusdegeneration waren in Klasse-II-Fällen nicht signifikant. Im Klasse-III-Kollektiv war eine leichte Zunahme der Diskusdegeneration aufgetreten. Der Interkondylarabstand vergrößerte sich wie erwartet in Klasse II und verkleinerte sich in Klasse III. Eine retrale Kondylenposition und damit postoperative Gelenkkompression konnte in allen Fällen vermieden werden. Sonografie konnte als nichtinvasive, komfortable, schnelle und ökonomische Methode der intraoperativen Kondylenpositionierung bestätigt werden. Prospektiv soll diese mit der manuellen Positionierung randomisiert verglichen werden.

DR. LUDWIG: Welche Methoden der SARPE empfehlen Sie?

DR. LANDES: Zwei Methoden der SARPE führen wir regelmäßig durch, die klassische zwischen den Inzisiven welche aus dem Oberkiefer zwei Segmente bildet (2S)SARPE, und die Dreisegment-(3S)SARPE; (Abb. 12 und 13) zwischen den lateralen Inzisiven und den Eckzähnen, wenn wir dort ausreichend interradikulären Knochen zur Verfügung haben. Dies ist in 89% unserer untersuchten Patienten der Fall. Ein interradikulärer Mindestabstand von 1,2 mm hat sich in unseren Untersuchungen mit der Piezoosteotomie als ausreichend erwiesen. Die 3S-SARPE hat gegenüber der Zweisegment-(2S)SARPE die Vorteile, dass die Osteotomie nicht durch eine spät verknöcherte Suture wie die Sutura palatina mediana erfolgt, sondern vielmehr durch eine schon bei Geburt breit verknöcherte Suture, die damit sehr stark Kallus ausbildet, nämlich

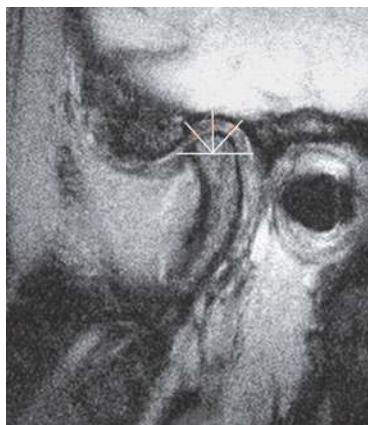


Abb. 11 Hier wird die Messmethode für die Kondylenposition nach intraoperativer Kiefergelenkspositionierung an den präoperativen und postoperativen MRTs verdeutlicht.

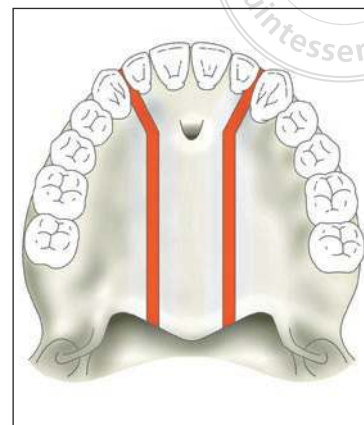
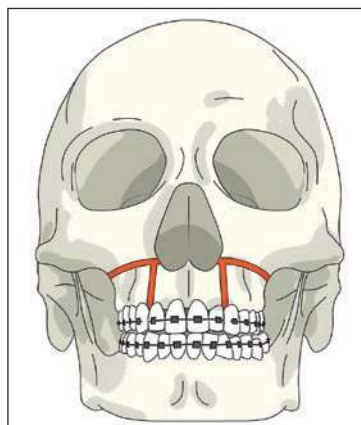


Abb. 12 und 13 Darstellung des Osteotomieverlaufs der 3S-SARPE auf der Schädel- und Oberkiefermodellzeichnung.

zwischen den ehemaligen bilateralen embryologischen Oberkieferwülsten und dem Zwischenkiefer. Dieser Kieferabschnitt, der beispielsweise bei Schafen als eigenständiges „Os incisivum“ aufgeführt wird, ist schon bei der Geburt mit der Maxilla beim menschlichen Neugeborenen verschmolzen. Als Angehöriger des Lehrkörpers der Goethe-Universität in Frankfurt am Main möchte ich hier einmal darauf aufmerksam machen, dass Johann Wolfgang von Goethe für sich in Anspruch nahm, das bei Tieren bereits bekannte Zwischenkieferbein 1784 gemeinsam mit Justus Christian Loder im Anatomieturm in Jena beim menschlichen Embryo entdeckt zu haben. Ihm war nicht bekannt, dass der Knochen zuvor schon mehrfach beschrieben worden war, zuletzt 1780 durch den französischen Arzt Félix Vicq d'Azyr¹¹. Die Existenz des Zwischenkieferbeins in der Ontogenese des Menschen ist ein Hinweis auf die gemeinsame Phylogenese von Menschen und Tieren und somit für die Evolution.

Doch zurück zur 3S-SARPE: Wir hatten seinerzeit 98 Patienten untersucht^{12,13}. Anhand ihrer Modelle und prä- sowie postoperativer CTs hinsichtlich transversaler maxillärer dentaler und skelettaler Expansion, Zahnkipfung, Attachmentverlust, Frontzahnangulation, auf präoperativen Fotos und nach Behandlungsabschluss wurde zusätzlich der „Pink Esthetic Score“ erhoben. Während die 3S-SARPE weiter mit mehr Symmetrie expandierte als die 2S-SARPE, war der Preis dafür mehr Zahnkipfung und Frontzahnangulation, der Pink Esthetic Score war jedoch signifikant besser. Folglich zeigten die 3S-SARPE-Ergebnisse,

dass 3S-SARPE die typischen Nachteile der 2S-SARPE wie medianes Diastema, Mittellinienverschiebung, Verletzung oder Veränderung der Papilla mediana incisiva, asymmetrische Expansion, Septum- und Columella-Dislokation, große Kraftübertragung auf den Parodontalapparat und nachgeordneter Attachmentverlust nachweislich und messbar vermindert.

DR. LUDWIG: Was halten Sie von knochengetragenen GNE-Apparaturen?

DR. LANDES: Nach den Berichten in der Literatur und unseren Untersuchungen schonen knochengetragene Distraktoren insbesondere im Prämolarenbereich effizient und reproduzierbar das Attachment. Wir hatten seinerzeit darüber hinaus in einer multifaktoriellen Analyse auch die Variablen 2S-SARPE (siehe oben) oder 3S-SARPE und pterygoidale Disjunktion mit aufgenommen^{14,15}.

Dabei fiel auf, dass die knochengetragenen Distraktoren insgesamt die ausgeprägtere skelettale und dentale Expansion erreichten, mit weniger vestibulärer Knochenresorption oder Zahnkipfung, allerdings größerer Asymmetrie in der Expansion. Zahngetragene Distraktoren hatten mehr vestibuläre Knochenresorptionen, vor allem in den Prämolaren und größere Zahnkipfungen zur Folge. Beide Methoden expandierten den Zahnbogen vor allem anterior mit einer deutlichen Dehnungsabnahme nach posterior.

Die knochengetragene Expansion ist besonders bei parodontal kompromittierten Patienten von Vor-

teil. Allerdings sind die Attachmentverluste im Molarenbereich nicht unterschiedlich. Die pterygoidale Disjunktion bringt bei Patienten unter 20 Jahren keinen Vorteil und wird nicht mehr durchgeführt, über Zwanzigjährige profitieren jedoch von ihr.

Sicher sind wir – was die Entwicklung knochengetragener Distraktoren anbelangt – noch nicht so weit, dass biomechanisch in ihrer Interaktion mit den Knochen im Detail ausgereifte Distraktoren auf dem Markt verfügbar sind, hier bleibt es spannend.

DR. LUDWIG: Von welchen Faktoren ist eine Langzeitstabilität einer SARPE abhängig?

DR. LANDES: Hier ist die 3S-SARPE wie bereits entwickelt und dokumentiert sicher interessant, weil sie die stärkeren seitlichen Maxillabereiche osteotomiert; dort wo ehemals die seitlichen embryonalen Oberkieferwülste mit dem Zwischenkiefer in der Embryonalperiode verschmolzen. Dieser Bereich, in dem auch die Lippen-Kiefer-Gaumenspalten auftreten, ist von höherem Potenzial im Hinblick auf die Kallusbildung als die nur teilweise und spät verknöcherte Sutura mediana palati. Nach unseren Untersuchungen ist hier bei 89% der Patienten ausreichend interradiikulärer Raum für eine Osteotomie gegeben, direkt nach dem Interradiikularraum zwischen den medianen Inzisivi. In der Literatur besteht keine einhellige Meinung zum Ausmaß der Osteotomie der klassischen SARPE: Eine inkomplette nur geringe Osteotomie mag zwar perioperativ wenig Schwellung und Hämatom hervorrufen, belastet aber bei zahngeträger Distraktorverankerung die Ankerzähne in höherem Maße mit den bekannten Folgen. Eine komplette Osteotomie des Gaumens intentionell beidseits entlang des Septums verschafft einerseits eine sichere komplette Mobilisation innerhalb des fusionierten Os maxillare und palatinae, andererseits geringere Kraftentwicklung an den Parodontien der beteiligten Ankerzähne während der Distraction. Im Falle knochengetragener Distraktoren ist die Kraftentwicklung entsprechend geringer am Ort der Knochenverankerung.

Zusammenfassend sind für mich die folgenden Faktoren mit langzeitstabilen Ergebnissen assoziiert: Kräftige Kallusbildung bei ausreichender Osteotomie durch massiven Knochen wie zwischen den lateralen Inzisivi und Eckzähnen beidseits hindurch (wie oben beschrieben), großzügige intraoperative Segmentmobilisation und damit geringe Kräfte am Ort

der Krafteinleitung während der Distractionphase entweder parodontal oder knochengelagert, großzügige Distraction. Hier werden zukünftige Arbeiten aber sicher noch mehr Erkenntnis bringen.

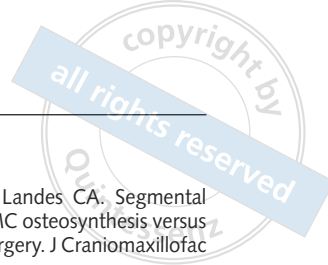
DR. LUDWIG: Welche kiefergelenkchirurgischen Maßnahmen führen Sie durch, wie häufig und wann erachten Sie diese als notwendig?

DR. LANDES: Nur etwa 1% der Kiefergelenkpatienten unserer Sprechstunde benötigen kiefergelenkchirurgische Maßnahmen. Während Patienten mit morphologischen Kiefergelenkveränderungen in der Bildgebung wie z. B. Gewebevermehrungen des Knorpels (Chondromatose), des Knochens (arthritische Exostosen) und der Synovia (Ganglion) eine klare Indikation für chirurgische Intervention haben, wird bei Patienten mit Bewegungseinschränkungen die Indikation unterschiedlich gestellt und diskutiert.

Vor den jüngeren Ergebnissen in vivo im Tierversuch lässt sich die Genese eines Schmerzgedächtnisses bei langandauernder Schmerzerkrankung im Kiefergelenk nachvollziehen, dabei werden Gene in trigeminalen Nozizeptoren durch schwankende β -Estradiol-Plasmakonzentration im Tierversuch aktiviert, welche die neuronale Erregbarkeit beeinflussen^{16,17}. Weiterhin ist die Schmerzempfindung während niedriger Sexualhormonspiegel durch zyklusbedingt erniedrigte endogene Opioidaktivität eine mögliche Erklärung, warum in der Mehrheit Frauen in der 3. bis 5. Dekade von CMD betroffen sind¹⁸. Spezifische Gliazellpopulationen werden dadurch unter anderem in den Trigeminalganglien aktiviert, was die Assoziation mit anderen chronischen Schmerzerkrankungen wie Fibromyalgie und Reizdarmsyndrom erklärt.

Durch die Verbesserungen in der Auflösung bildgebender Diagnostik konnte die Assoziation mit stärker perfundiertem retrodiskalem Gewebe im Magnetecho und Kiefergelenksschmerzen, sowie Diskusfehlposition belegt werden¹⁹.

Dies bedeutet, dass sehr langes erfolgloses Behandeln mit konservativen Behandlungsansätzen zur Bildung eines Schmerzgedächtnisses führt. Das muss ich leider aus der Erfahrung vieler Fälle von lange protrahierter Vorstellung bis zur Operation bestätigen. Dies hat zur Folge, dass viele der wenig erfolgreichen chirurgischen Ergebnisse auf die durch zu lange andauernde konservative Vorbehandlung



und auf die bereits anlaufende Schmerzgedächtnisbildung bei Operation zurückzuführen sind. Ganz anders wirkt eine frühere effektive chirurgische Entfernung der schmerzafferenten nozizeptiven Strukturen in den Geweben um das Kiefergelenk.

Hier wird noch vor der Bildung eines Schmerzgedächtnisses die Ursache beseitigt, solange keine selektiv gegen obengenannten Mechanismus zentral wirksamen Pharmaka zur Verfügung stehen¹⁷, was ganz wesentlich zur langfristigen Vermeidung einer Abhängigkeit von starken Schmerzmitteln (Morphinanaloga) beiträgt.

Die Arthrozentese und gegebenenfalls auch Arthroskopie konnten bislang keine nachhaltigen und breit reproduzierbaren Erfolge in der dauerhaften Schmerz beseitigung und chirurgischen Diskusreposition zeigen. Deshalb erachte ich sie in der Reduktion der intraartikulären Entzündungsmediatoren für indiziert, jedoch nur bei nicht zu langer Schmerz-anamnese und geringen morphologischen Veränderungen im MRT oder der Sonografie^{20,21}.

Die Arthroplastik kann mit nur minimalem Risiko der Nervschädigung für den Nervus facialis (sie liegt im eigenen Patientengut unter 0,1% für Ersteingriffe) erfolgen und verwendet körpereigenes Gewebe zur Gelenkrekonstruktion, nachdem zuvor die nozizeptive Matrix großzügig entfernt wurde.

Wenige Patienten mit ausgeprägten morphologischen Veränderungen am Gelenk oder mit der konventionellen Arthroplastik nicht ausreichend entfernter nozizeptiver Matrix benötigen einen alloplastischen oder autologen kompletten Gelenkersatz, der bei großen Defekten auch mit einem mikrovaskulären Transplantat kombiniert werden kann²². Der komplette Kiefergelenkersatz hat sich in den letzten zehn Jahren in miniaturisierter Form der Implantatdimensionen mit transoralem Vorgehen sowohl für die alloplastische Neokondylenimplantation als auch für die Transplantation eines körpereigenen Neokondylus (beispielsweise Fibula) bewährt.

■ Literatur

- Landes CA, Ballon A, Tran A, Ghanaati S, Sader R. Segmental stability in orthognathic surgery: Hydroxyapatite/Poly-l-lactide osteoconductive composite versus titanium miniplate osteosyntheses. *J Craniomaxillofac Surg* 2014;42(6):930-942.
- Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. Orthognathic surgery: a hierarchy of stability. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1996;11:191.
- Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. *Head Face Med* 2007;3:21.
- Ballon A, Laudemann K, Sader R, Landes CA. Segmental stability of resorbable P(L/DL)LA-TMC osteosynthesis versus titanium miniplates in orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 2012;40:e408-414.
- Landes CA, Ballon A. Skeletal stability in bimaxillary orthognathic surgery: P(L/DL)LA-resorbable versus titanium osteofixation. *Plast Reconstr Surg* 2006;118:703-721; discussion 722.
- Landes CA, Stübinger S, Rieger J, Williger B, Ha TK, Sader R. Critical evaluation of piezoelectric osteotomy in orthognathic surgery: operative technique, blood loss, time requirement, nerve and vessel integrity. *J Oral Maxillofac Surg*. 2008;66:657-674.
- Landes C, Tran A, Ballon A, Santo G, Schübel F, Sader R. Low to high oblique ramus piezoosteotomy: A pilot study. *J Craniomaxillofac Surg* 2014;42:901-909.
- Steinhäuser EW. Historical development of orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 1996;24:195-204.
- Landes CA. Proximal segment positioning in bilateral sagittal split osteotomy: intraoperative dynamic positioning and monitoring by sonography. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:22-28.
- Bethge LS, Ballon A, Mack M, Landes C. Intraoperative condyle positioning by sonographic monitoring in orthognathic surgery verified by MRI. *Cranio-Maxillofacial and Plastic Facial Surgery* (under review).
- Parent AF, Vicq d'Azyr. Anatomy, Medicine and Revolution *Can J Neurol Sci* 2007;4:30-37.
- Landes CA, Laudemann K, Petruchin O, Revilla C, Seitz O, Kopp S, Ludwig B, Sader RA. Advantages and limits of 3-segment (paramedian) versus 2-segment (median) surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012;113:29-40.
- Landes CA, Laudemann K, Petruchin O, Mack MG, Kopp S, Ludwig B, Sader RA, Seitz O. Comparison of bipartite versus tripartite osteotomy for maxillary transversal expansion using 3-dimensional preoperative and postexpansion computed tomography data. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2287-2301.
- Landes CA, Laudemann K, Schübel F, Petruchin O, Mack M, Kopp S, Sader RA. Comparison of tooth- and bone-borne devices in surgically assisted rapid maxillary expansion by three-dimensional computed tomography monitoring: transverse dental and skeletal maxillary expansion, segmental inclination, dental tipping, and vestibular bone resorption. *J Craniofac Surg*. 2009;20:1132-1141.
- Laudemann K, Santo G, Revilla C, Harth M, Kopp S, Sader RA, Landes CA. Assessment of surgically assisted rapid maxillary expansion regarding pterygomaxillary disjunction using thin volume-rendering technique: in variance analysis and in reliability, accuracy, and validity. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:2631-2643.
- Puri J, Bellinger LL, Kramer PR. Estrogen in cycling rats alters gene expression in the temporomandibular joint, trigeminal ganglia and trigeminal subnucleus caudalis/upper cervical cord junction. *J Cell Physiol* 2011;226:3169-3180.
- Cady RJ, Denson JE, Sullivan LQ, Durham PL. Dual orexin receptor antagonist 12 inhibits expression of proteins in neurons and glia implicated in peripheral and central sensitization *Neuroscience*. 2014;269:79-92.
- Fischer L, Arthuri MT, Torres-Chávez KE, Tambeli CH. Contribution of endogenous opioids to gonadal hormones-induced temporomandibular joint antinociception. *Behav Neurosci* 2009;123:1129-1140.
- Tasali N, Cubuk R, Aricak M, Ozarar M, Saydam B, Nur H, Tuncbilek N. Temporomandibular joint (TMJ) pain revisited with dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI). *Eur J Radiol* 2012;81:603-608
- Vos LM, Huddleston Slater JJ, Stegenga B. Lavage therapy versus nonsurgical therapy for the treatment of arthralgia of the temporomandibular joint: a systematic review of randomized controlled trials. *J Orofac Pain* 2013;27:171-179.
- Rigon M1, Pereira LM, Bortoluzzi MC, Loguercio AD, Ramos AL, Cardoso JR. Arthroscopy for temporomandibular disorders. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;11:CD006385.
- Landes C, Korzinkas T, Dehner JF, Santo G, Ghanaati S, Sader R. One-stage microvascular mandible reconstruction and alloplastic TMJ prosthesis. *J Craniomaxillofac Surg* 2014;42:28-34.