

Stylios Koutzoglou

Dr. med. dent.

Adresse:

L. Kountouriotou 129-131

GR-74100 Rethymno/Kreta

E-Mail: st-koutz@otenet.gr

Ioannis Logothetis

Kieferchirurg

Georgios Mastorakis

Kieferchirurg

Klinik für Kieferchirurgie

Venizelio-Panania-Krankenhaus

von Heraklion

Adresse:

L. Knossou

GR-71021 Heraklion/Kreta



## Kontrollierte autogene Molarentransplantation

Die vorliegende klinische Studie beschreibt die kontrollierte autogene Transplantation von 14 Molaren bei 11 orthodontischen Patienten mit einem Durchschnittsalter von 14,7 Jahren vor, während oder nach Ende der kieferorthopädischen Behandlung. Trotz der geringen Anzahl der Transplantate und der relativ kurzen Beobachtungszeit (maximal 4 Jahre) sind die Ergebnisse so interessant, dass sie hier vorgestellt werden sollen. Derartige Transplantationen sollten sowohl von Kieferorthopäden als auch von Zahnärzten in Betracht gezogen werden.

(Kieferorthop 17: 33–44, 2003)

**Indizes: Autogene Zahntransplantation, Molarentransplantation, Wurzelresorption, Ersatzresorption, Pulpnekrose**

### Einleitung

#### Geschichte

Der Versuch, verloren gegangene Zähne durch Transplantationen zu ersetzen, lässt sich bis in die Antike zurückverfolgen<sup>12,41</sup>. Dabei handelte es sich ausschließlich um allogene Transplantationen<sup>12,33</sup>. Die Erfolge waren den Voraussetzungen entsprechend nur von kurzer Dauer<sup>41</sup>.

Erst als *Widman* 1915 über die Transplantation verlagter Eckzähne berichtete, erwachte das Interesse für autogene Zahntransplantationen, die in den folgenden Jahrzehnten zu einem allgemein anerkannten chirurgischen Verfahren entwickelt wurden<sup>17,62</sup>.

Nachdem man in Nordamerika schon vor 50 Jahren systematisch Zahntransplantationen durchführte<sup>12</sup>, ist man dort von dieser Technik mit wenigen Ausnahmen<sup>11,40</sup> (vielleicht wegen des starken Aufkommens von Implantaten) wieder abgekommen. *Northway* meint außerdem, dass die Unterschiede zwischen den Sozialversorgungssystemen sowie die gegenwärtig populären Nichtextraktionskonzepte dabei eine Rolle spielen<sup>39</sup>. In Europa und besonders in den skandinavischen Ländern wurden Zahntransplantationen dagegen relativ häufig durchgeführt<sup>5-10,42,43,53,56-58</sup>.

Skandinavische Langzeitstudien der letzten Jahre lieferten wichtige Informationen<sup>13,14,42,43</sup>.

Fast alle diese Arbeiten beschäftigen sich nur mit Transplantationen von Prämolaren, die andere Prämolaren oder Schneidezähne im Oberkiefer ersetzen sollten. Aber auch Berichte über Transplantationen von Molaren und beson-

ders von Weisheitszähnen<sup>5,11,17,18,22,24-26,36,37,40,53,59,60</sup> sowie Eckzähnen sind in der einschlägigen Literatur zu finden<sup>23,52,53,59,60,62,63</sup>.

*Begriffsdefinition: Transplantation - Implantation - Reimplantation*

Transplantation (lat. *transplantare* = verpflanzen) ist die therapeutischen Zwecken dienende Übertragung von Zellen, Geweben oder Organen von einem Individuum auf ein anderes (oder an eine andere Körperstelle desselben Individuums).

Bei der autogenen Transplantation stimmen Spender und Empfänger überein; obsoletere Synonyma für diesen Begriff sind „autologe Transplantation“ und „Autotransplantation“. Transplantationen werden weiterhin in *syngene* (bei genetisch identischen Individuen, das heißt eineiigen Zwillingen oder Tieren eines Inzuchtstammes), *allogene* (genetisch differente Individuen, die jedoch derselben Spezies angehören) und *xenogene* (Individuen verschiedener Spezies) eingeteilt<sup>46</sup>.

Als *Implantation* (lat. *implantare* = einpflanzen) bezeichnet man das Einpflanzen von Fremtteilen in den Körper eines Individuums. In der Zahnmedizin bestehen Implantate meist aus alloplastischen Materialien (insbesondere Metalle und Materialien mineralogischer Herkunft). Derartige Implantate dienen zum Ersatz verloren gegangener Knochensubstanz beziehungsweise einzelner oder mehrerer Zähne sowie zur Stabilisierung totaler Prothesen<sup>46</sup>.

Als *Replantation* (lat. *reimplantare* = wieder einpflanzen) bezeichnet man das Wiedereinpflanzen

zen eines zuvor verlagerten Organs und das Wiederannähen eines abgetrennten Körperteils<sup>46</sup>.

### Gewebe geschehen im Zusammenhang mit Transplantationen

1 Woche nach Re- oder Transplantation ist die Gingiva verheilt<sup>2</sup> und die intraalveoläre Revascularisierung des Desmodonts wieder vollständig. Zu diesem Zeitpunkt beginnt gleichfalls die Wiederverbindung der kollagenen Faserbündel. 2 Wochen nach Re- oder Transplantation sind die Regenerationsvorgänge im Desmodontbereich bereits so weit fortgeschritten, dass das Parodont  $\frac{2}{3}$  seiner ursprünglichen Stützkraft besitzt<sup>2,42</sup>.

Obwohl bei autogenen Transplantationen die Gefäße und Nerven der Pulpa des Spenderzahnkeims zerstört werden<sup>54,55</sup>, verfügt die Pulpa eines transplantierten Zahnes mit nicht abgeschlossener Wurzelentwicklung über eine hohe Regenerationsfähigkeit<sup>2</sup>. Daher kommt es zu einer Restitution der vaskulären und teilweise sogar der nervalen Versorgung der Pulpa. Diese Heilungsprozesse wurden experimentell<sup>28,29,50</sup> und klinisch<sup>2,5,25,26,42,53,56-58</sup> untersucht. 4 Tage nach der Operation beginnt die Revascularisierung der Pulpa, die sich pro Tag um 0,5 mm fortsetzt. Dies bedeutet, dass die vollständige Revascularisierung bei einem jungen Individuum innerhalb von 30 bis 40 Tagen beendet ist<sup>2</sup>.

Eine Pulpaobliteration nach Zahntransplantation wird als Zeichen der Vitalität positiv interpretiert<sup>5,8,13,14,25,26,42,54,55</sup>.

Der Hauptgrund von Misserfolgen nach Transplantationen sind Resorptionen der Zahnwurzeln. *Andreasen* und *Andreasen* differenzieren dabei zwischen drei Resorptionstypen<sup>2</sup>:

1. Oberflächenresorption (repair related resorption – surface resorption),
2. entzündliche Resorption (infection related resorption – inflammatory resorption) und
3. Ersatzresorption (ankylosis related resorption – replacement resorption).

Alle drei Typen werden zusätzlich in aktive, ruhende und verheilte Formen unterteilt<sup>2-4</sup>.

Bei allen Transplantationen treten Oberflächenresorptionen auf, die durch kleine desmodontale Verletzungen verursacht werden. Die verletzte Fläche wird von Makrophagen und Osteoklasten resorbiert, so dass es zu einer ober-

flächlichen Exkavation der Zahnwurzel kommt. Diese Kavität wird nach einigen Wochen mit Wurzelzement und *Sharpey'schen Fasern* aufgefüllt<sup>2</sup>. Aufgrund ihrer geringen Ausdehnung sind derartige Oberflächenresorptionen in der Regel röntgenologisch nicht feststellbar<sup>1,3,4</sup>.

Wenn die initiale Resorptionskavität die Dentintubuli erreicht, stirbt die Pulpa ab, und Toxine breiten sich auf der Wurzeloberfläche aus. Dadurch werden die osteoklastisch bedingten Resorptionen von apikal und lateral verstärkt (entzündliche Resorption)<sup>2</sup>.

Klinisch sind in dieser Situation eine erhöhte Zahnbeweglichkeit, eine Klopfempfindlichkeit und ein dumpfer Perkussionsschall charakteristisch. Röntgenologisch erscheinen ausgehende Wurzelresorptionen als periradikuläre Aufhellungen. Derartige Resorptionen sind bei früher Erkennung gut durch endodontische Maßnahmen zu therapieren<sup>2,25,26,53</sup>.

Zu einer Ersatzresorption kommt es, wenn das Desmodont großflächig verletzt wird oder austrocknet. Dann entsteht eine Ankylose. Was weiter geschieht, ist vom Umfang der Verletzung und der funktionellen Belastung des transplantierten Zahnes während der Einheilungsperiode abhängig. Bei leichten Verletzungen des parodontalen Ligaments ohne nachfolgende Schienungen zur Stabilisierung des Zahntransplantats wird die Osteoklastenaktivität stimuliert und die Ankylose wieder zerstört (vorübergehende Ankylose – transient ankylosis)<sup>2</sup>.

Bei größeren Verletzungen ist dies nicht zu erwarten, so dass eine progressive Resorption des Zahnes folgt. Bei Kindern ist dieser Vorgang so fulminant, dass die Überlebenszeit derartig geschädigter transplantierte Zähne nur wenige Jahre beträgt. Im Gegensatz dazu erfolgt die Ersatzresorption bei Erwachsenen sehr langsam; ein betroffener Zahn kann daher bis zu 20 Jahre oder sogar noch länger überleben<sup>2,14</sup>.

### Indikationen

Die vier wichtigsten Indikationen für eine kontrollierte autogene Molarentransplantation sind in folgenden Situationen gegeben:

1. Wurden 1. Molaren mit sehr großen Füllungen oder mit einer Wurzelkanalbehandlung saniert, haben sie eine fragwürdige Prognose. Sollten gleichzeitig aufgrund von Platzmangel sowie als Rezidivvorbeugung die 3. Molaren extrahiert werden, so bieten sie sich als Transplantationsobjekte an.

Abb. 1 Unterkieferaufsicht einer unserer Patientinnen vor der kieferorthopädischen Behandlung; medikamentös bedingte Schmelzdysplasie der Zähne 36 und 46.



2. Sind die 1. Molaren kariös zerstört, so dass sie entfernt werden müssen, lehnt aber der betroffene Patient jede kieferorthopädische Behandlung ab, so ist eine Transplantation der 3. Molaren an die Stelle der 1. Molaren indiziert (Abb. 1 bis 3).
3. Auch bei ausgeprägter Zahnunterzahl bieten sich Molarentransplantationen an (Abb. 4 und 5).
4. Sind die Zahnkronen der 2. Molaren durch Schmelzdysplasie oder Karies vollständig zerstört und die Weisheitszähne angelegt, können die 3. Molaren an die Stelle der 2. Molaren transplantiert werden.



Abb. 2 Orthopantomogramm derselben Patientin zum gleichen Zeitpunkt; auch hier ist die Schmelzdysplasie der 1. Molaren zu erkennen. Die Zähne 18 und 28 sind nicht angelegt, eine Mesialführung der Zähne 37 und 47 nach Exzision der Zähne 36 und 46 war nicht möglich.

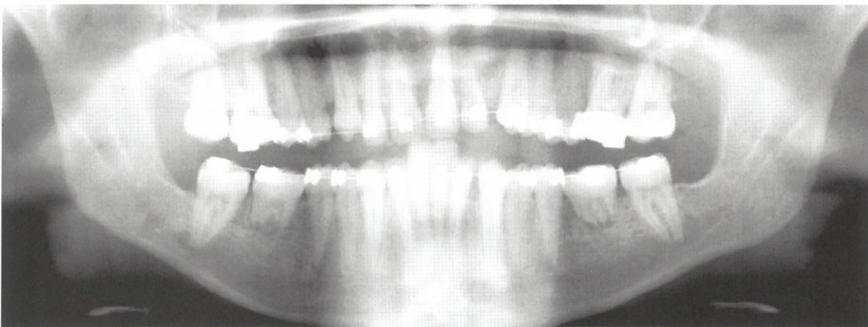


Abb. 3 Orthopantomogramm derselben Patientin 7 Monate post operationem und 4 Monate nach Behandlung der transplantierten Zähne 38 und 48.



Abb. 4 Orthopantomogramm eines 13-jährigen Patienten, bei dem die Zähne 18, 12, 22, 28, 38, 36 und 35 nicht angelegt sind. 1 Monat später wurde der Zahn 27 in die Position des Zahnes 36 transplantiert.



Abb. 5 Orthopantomogramm desselben Patienten 5 Monate post operationem vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung.

Wichtig ist, dass die für eine Transplantation ausgewählten Patienten kooperativ sind (sehr gute Mundhygiene) und sie sowie ihre Eltern den Wert dieser aufwändigen Maßnahme schätzen.

### Entwicklungsstadium des Spenderzahnkeims

Einer der wichtigsten Faktoren für den Erfolg einer Transplantation ist das Entwicklungsstadium des Spenderzahnkeims. Die Entwicklungsstadien werden sehr unterschiedlich eingeteilt<sup>15,16,35,45,61</sup>. Wir benutzen für unsere Arbeit die Klassifizierung nach Moorrees et al.<sup>35</sup> (Abb. 6). Die meisten Studien stimmen darin überein, dass das optimale Entwicklungsstadium für eine Transplantation erreicht ist, wenn die Wurzeln des Spenderzahnkeims  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  ihrer Entwicklung abgeschlossen haben<sup>5-10,13,14,19,20,25,26,29,40,42,50,51,56-59</sup>.

### Material

Im Weiteren geht es ausschließlich um autogene Molarentransplantationen, die bei 11 Patienten vorgenommen wurden. Dabei wurden 2 Molaren vor, 6 Molaren während und weitere 6 Molaren nach einer kieferorthopädischen Behandlung transplantiert. Bei 13 Patienten handelte es sich um 3. Molaren im Unterkiefer und einen 2. Molaren im Oberkiefer. Alle diese Zähne wurden in den Unterkiefer transplantiert: 12 Zähne in die Position des 1. Molaren oder des 2. Prämolaren und ein Zahn an die Stelle des 2. Molaren.

Zum Zeitpunkt der Transplantation befanden sich 6 Molaren im Entwicklungsstadium  $R \frac{1}{4}$ , 7 im Stadium  $R \frac{1}{2}$  und einer im Stadium  $R \frac{3}{4}$ .

### Vorgehen

#### Maßnahmen vor der Transplantation

Mundhygiene, Antibiose und Aufklärung

Einige Tage vor der Transplantation erfolgte eine gründliche professionelle Zahnreinigung, und der Patient wurde über eine perfekte Mundhygiene informiert. 1 Tag vor der Transplantation spülte der Patient zweimal täglich mit 1,2 %igem Chlorhexidindigluconat; diese Spülungen setzte er in den nachfolgenden 3 Wochen fort.

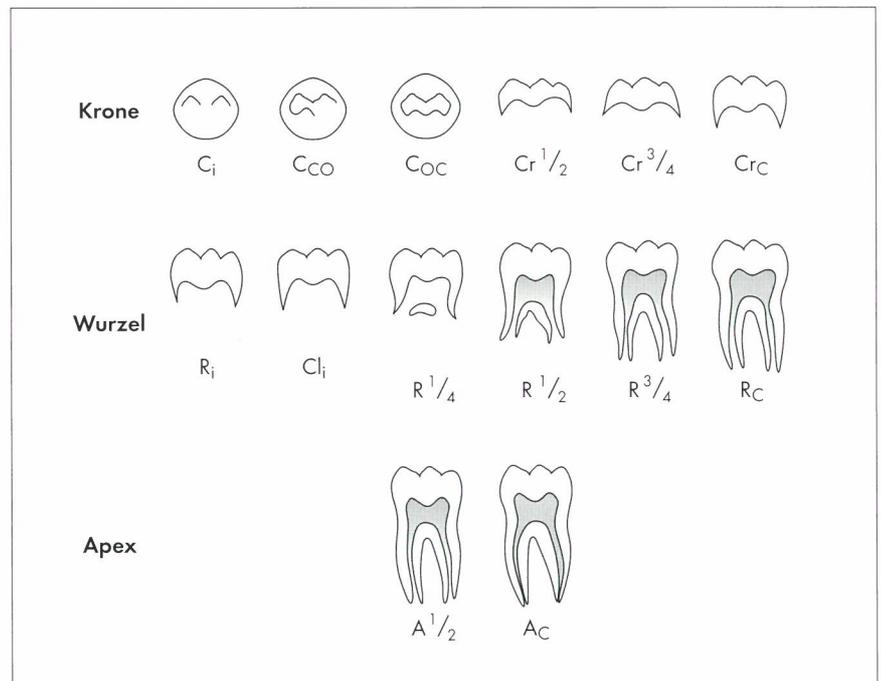


Abb. 6 Einteilung der Entwicklungsstadien der bleibenden Unterkiefermolaren nach Moorrees et al.<sup>35</sup>.

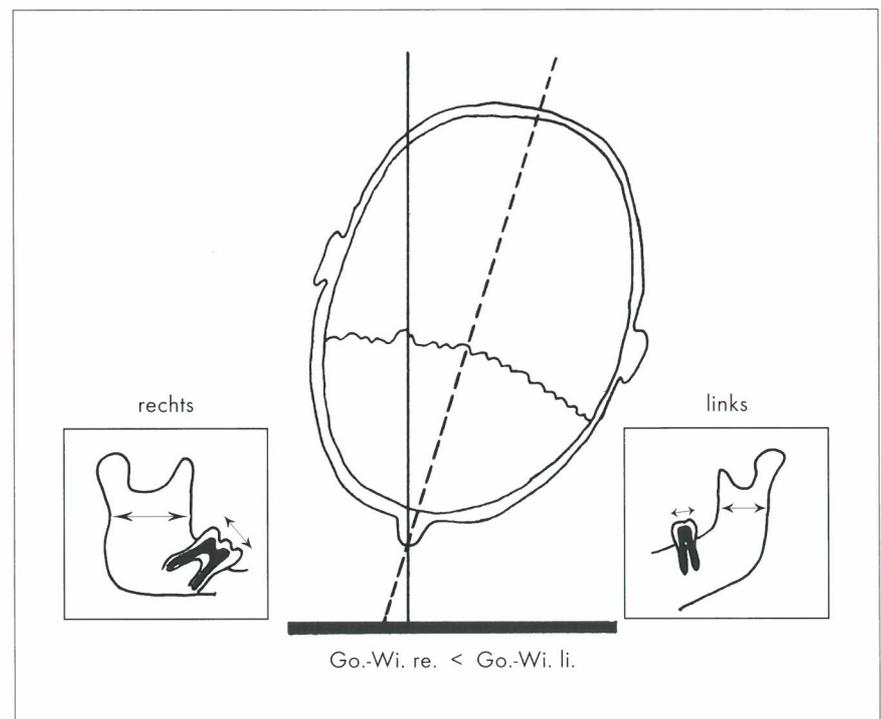


Abb. 7 Schematische Darstellung der Fehler, die in einem Orthopantomogramm auftreten, wenn ein Patient seinen Kopf dreht: asymmetrische Abbildung der rechten und linken Strukturen des Gesichtsschädels, unterschiedliche Größe des Kieferwinkels.

Abb. 8 Intraorale Unterkieferaufsicht eines 13-jährigen Patienten, bei dem die Zähne 35 und 36 nicht angelegt sind.



Abb. 9 Intraorale Unterkieferaufsicht nach Fräsen einer künstlichen Alveole im Bereich des Zahnes 36.

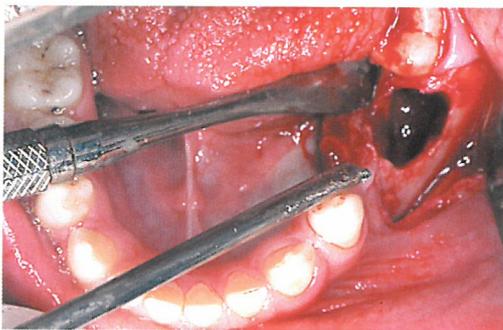


Abb. 10 Der Zahn 27 wurde direkt nach Extraktion in die künstlich geschaffene Alveole transplantiert. Um einen Frühkontakt mit dem Spenderzahnkeim zu vermeiden, wurden feste Aufbisse auf den Zähnen 34 und 46 eingesetzt.

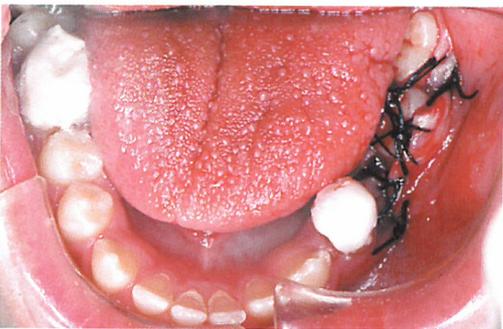


Abb. 11 Intraorale Frontalan-sicht in Okklusion; die Bissöffnung durch feste Aufbisse auf den Zähnen 34 und 46 ist deutlich zu erkennen.



Eine obligatorische antibiotische Therapie halten wir bei einer autogenen Zahntransplantation nicht für erforderlich. Insgesamt erhielten nur fünf Patienten, die unter einer periapikalen chronischen Entzündung des Empfängerortes litten, für 4 Tage ein Antibiotikum (Amoxicillin 500 mg 3 x/Tag). Außerdem wurde hier der Alveolenboden sorgfältig kurretiert und von Granulationsgewebe befreit.

Die Eltern aller Patienten wurden vor der Operation genau über die postoperative Versorgung, die erforderliche Zusammenarbeit, die Behandlungsalternativen und die Risiken aufgeklärt.

#### Vorbereitung der Empfänger-alveole

Anhand eines korrekt angefertigten Orthopantomogramms<sup>27</sup> erkennt man das Entwicklungsstadium der Zahnkeime, aber man erhält auch wichtige Informationen über die Kronendimensionen des Spenderzahnkeims, die man dann mit denen des zu entfernenden Molaren/der vorhandenen Lücke vergleicht. Fehler bei Panoramaschichtaufnahmen durch eine falsche Kopfhaltung sind in Abbildung 7 dargestellt<sup>27</sup>. Die Empfänger-alveole wird so vorbereitet, dass das Transplantat problemlos eingesetzt werden kann (Abb. 8 bis 11).

Wenn die Zahngröße und die Wurzeldimensionen nur anhand von Röntgenaufnahmen beurteilt werden können, wird empfohlen, die Platzverhältnisse mit einem „dummy tooth“ (zum Beispiel Kunststoffzahn) zu prüfen<sup>18,40</sup>, der in Form und Ausdehnung dem Transplantat entspricht. Man fräst dann die Empfänger-alveole so lange aus, bis der „dummy tooth“ hineinpasst.

Theoretisch könnte man die Dimensionen des Spenderzahnkeims auch mit Hilfe eines dreidimensionalen Computertomogramms exakt bestimmen (und einen „dummy tooth“ anfertigen lassen)<sup>31</sup>, aber weder Aufwand, noch Kosten, noch die damit verbundene Strahlenbelastung stehen in einem vernünftigen Verhältnis zu dem erzielbaren Nutzen. Aus diesem Grund begnügen wir uns vorwiegend mit Panoramaschichtaufnahmen.

Wenn die Größe des Empfängerbetts nicht ausreicht, kann der erforderliche Platz innerhalb von etwa 3 Monaten durch eine einfache fest-sitzende orthodontische Apparatur geschaffen werden (Abb. 12 und 13).

Falls keine orthodontischen Maßnahmen möglich sind und der Platzmangel nur gering ist, kann man 1 Woche vor der Transplantation mesial und distal des zu extrahierenden Zahnes Separiergummis einsetzen und die benachbarten Zähne danach approximal beschleifen und fluoridieren (Abb. 14 bis 16).

Das interradikuläre Knochenseptum muss analog zum Entwicklungsstadium der Wurzel des zu transplantierenden Zahnkeims weggefräst werden. Reicht nämlich die Tiefe der Empfänger-alveole nicht aus, besteht beim Einsetzen des

Zahnkeims die Gefahr, Wurzelhaut und Zement des Transplantats zu verletzen. Andererseits bietet ein zu weites Transplantatbett ungenügende Stabilität, wodurch der Einheilungsprozess verzögert wird.

#### Operatives Vorgehen

Alle Operationen lassen sich ambulant unter Leitungs- oder Lokalanästhesie durchführen. Die Schnittführung ist für Ober- und Unterkiefer gleich; sie verläuft im retromolaren Bereich auf dem Kieferkamm und im Molarenbereich entlang des Zahnfleischsulkus bis in die Region des Zahnes, der sich ventral des Implantats befindet (Abb. 17 bis 22). Eine vertikale Entlastung ist bei einem so großen Mukoperiostlappen nicht nötig.

Dann erfolgt die Freilegung des Transplantats, wobei so viel des umgebenden Knochens abgetragen wird, dass die Wurzel nicht ganz frei liegt, sondern noch von einer dünnen Knochenschicht umgeben bleibt (Abb. 17). Der Knochen darf beim Fräsen nicht überhitzt werden, was sich durch reichliches Spülen, eine niedrige Umdrehungszahl und einen geringen Anpressdruck erzielen lässt. Wird ein vorhandener Zahn ersetzt, wird dieser nun vorsichtig extrahiert (Abb. 18) und der Alveolarboden wie bereits beschrieben vorbereitet. Befindet sich im Transplantatbett kein Zahn, wird eine künstliche Alveole geschaffen.

Abschließend wird das Transplantat durch Hebelbewegungen vollständig mobilisiert und vorsichtig mit einer Zange entnommen, die oberhalb der Schmelz-Zement-Grenze ansetzt. Man kann das vollständig mobilisierte Transplantat auch an seinem Follikel mit einer gekrümmten Arterienklemme fassen, herausziehen und sofort ohne Druck in die Empfänger-alveole einsetzen. Auf diese Weise wird das Austrocknen des Transplantats verhindert, denn je kürzer die Zeitspanne ist, in der das Transplantat aus dem Knochen entfernt ist, desto günstiger verläuft seine Einheilung.

In diesem Zusammenhang wollen wir noch auf zwei Gesichtspunkte hinweisen:

1. Sollte die Empfänger-alveole zu klein sein, wird das Transplantat nach der Einprobe wieder in sein ursprüngliches Fach gelegt und nicht in Kochsalzlösung oder Ähnliches.
2. Ist das Transplantat für die vorbereitete Alveole zu breit, wird eine Grünholzfraktur (keine Zerstörung des Periosts) der lingualen beziehungsweise bukkalen Wand der Empfänger-



Abb. 12 Intraorale Unterkieferaufnahme vor Transplantation der Zähne 38 und 48 in die Position der Zähne 36 und 46; der fehlende Platz wurde in 3 Monaten orthodontisch gewonnen.



Abb. 13 Intraorale Unterkieferaufnahme 1 Monat nach Transplantation; durch das ausreichend große Transplantatbett hatte der Kieferchirurg intraoperativ keinerlei Schwierigkeiten, die Transplantate in ihre neue Position einzubringen.



Abb. 14 Um bei geringem Platzmangel das Beschleifen der benachbarten Zähne zu erleichtern, wurden 1 Woche vor der Transplantation Gummiringe eingesetzt.



Abb. 15 Nach dem Beschleifen wurden die Zähne fluoridiert und die Gummiringe erneut eingebracht.



Abb. 16 Nachfolgend problemloses Einsetzen des Spenderzahnkeims in das Transplantatbett.

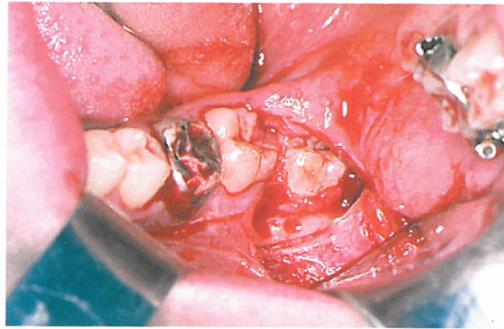


Abb. 17 Schnittführung und Mukoperiostlappen im retromolaren Bereich zur Transplantation des Zahnes 38 in die Position des Zahnes 36.

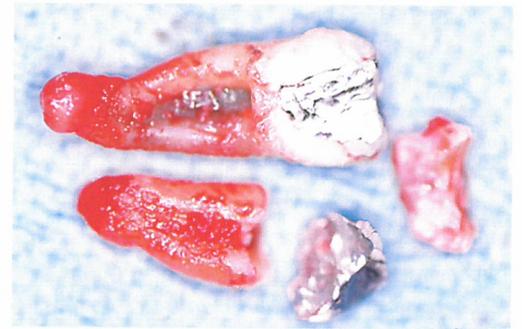


Abb. 18 Der wurzelkanalbehandelte Zahn 36 wurde wegen Frakturgefahr vor seiner Extraktion geteilt, und die einzelnen Segmente wurden getrennt extrahiert; mit der mesialen Wurzel wurde gleichzeitig eine kleine Zyste entfernt.

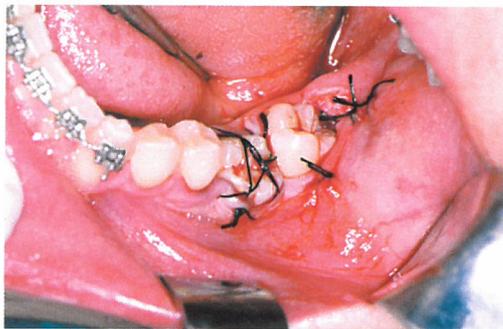


Abb. 19 Nach Transplantation wird der entsprechende Zahn nur mit Seidennähten immobilisiert; die Nähte kreuzen sich über der Okklusalfäche des transplantierten Zahnes.



Abb. 20 Intraorale Unterkieferaufsicht nach der kieferorthopädischen Behandlung; der transplantierte Zahn 38 ist in die Zahnreihe integriert und funktioniert einwandfrei.



Abb. 21 Der transplantierte Zahn 38 okkludiert physiologisch mit seinen Antagonisten; keine Anzeichen einer Infraokklusion (Ankylose).

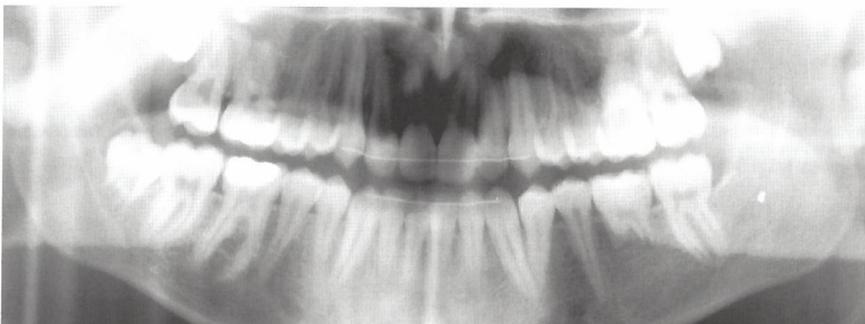


Abb. 22 Orthopantomogramm desselben Patienten nach kieferorthopädischer Behandlung; 1 Jahr post operationem sind eine fortschreitende Wurzelentwicklung des Zahnes 38 und eine Obliteration besonders seiner mesialen Wurzel zu erkennen.

alveole durchgeführt. Dadurch wird der Alveolarfortsatz sehr schnell und effektiv verbreitert.

Der transplantierte Zahnkeim sollte im Idealfall etwa 1 mm bis 2 mm unterhalb der Okklusionsebene eingesetzt werden. Häufig hat der Zahnkeim schon gleich nach dem Einsetzen okklusalen Kontakt, weil es nicht möglich war, eine ausreichend tiefe Empfänger-alveole zu fräsen (zum Beispiel bei einem ungünstig verlaufenden Canalis mandibularis). Solche Kontakte zwischen Transplantat und Antagonisten schleifen wir nicht ein, sondern schalten sie in der Regel durch feste Aufbisse aus (vgl. Abb. 10 und 11); natürlich kann man zu diesem Zweck auch ein herausnehmbares Gerät mit Aufbiss verwenden. Nach der Transplantation wird der Knochen marginal mit den Fingern an den Zahnkeim gedrückt. Interdental wird der Mukoperiostlappen mittelfest vernäht. Die Befestigung des Zahnkeims in der von uns vorbereiteten Alveole erfolgt nur durch Seidennähte, die sich über seiner Okklusalfäche kreuzen.

#### Postoperative Maßnahmen

1. Weiche Nahrung für 3 Wochen.
2. Keine Zahnpaste am 1. postoperativen Tag, vom 2. Tag an zweimal täglich Chlorhexidin-Mundspülungen über einen Zeitraum von 3 Wochen.
3. Operierte Seite für etwa 8 Stunden mit Eisbeutel kühlen (Kühlung jeweils nach 10 Minuten für 5 Minuten unterbrechen), um Schwellungen zu vermeiden.
4. Vom 2. postoperativen Tag an dreimal täglich über 3 Wochen zur Durchblutungsförderung mit lauwarmem Kamillentee spülen.
5. Sukzessives Beschleifen der Aufbisse über 3 Wochen.
6. Nach 1 Woche Nähte entfernen.
7. Wöchentliche Vorstellung des Patienten beim Kieferorthopäden in den ersten 2 Monaten, bis zum Ende des 1. postoperativen Jahres einmal monatlich, danach etwa 4 Jahre lang alle 6 Monate – es sei denn, ein akutes Problem erfordert eine unmittelbare Konsultation. Bei jedem Kontrolltermin detaillierte Prüfung aller Heilungsprozesse (Sensibilitäts-, Mobilitäts-<sup>48</sup>, Perkussionsprüfung, Verfärbung des Transplantats); Messen der Sulkustiefe erst 2 Monate post operationem.
8. Anfertigung von Orthopantomogrammen nach 6, 12 und 24 Monaten; gegebenenfalls Einzelzahnrontgenaufnahmen.

9. Falls erforderlich, nach vollständiger Einheilung orthodontisches Bewegen des Transplantats zwischen dem 3. und 12. Monat nach der Operation mit leichten Kräften, um Pulpanekrosen<sup>42</sup> zu vermeiden.
10. Regelmäßiges Untersuchen auf Karies; sind tiefe Fissuren vorhanden, werden diese nach der 3. postoperativen Woche versiegelt.

#### Ergebnisse

Innerhalb der Beobachtungsperiode zwischen 1997 und 2002 reagierten alle Transplantate bei einer Sensibilitätsprüfung mit CO<sub>2</sub>-Schnee uneingeschränkt positiv. Anzeichen von Pulpanekrosen oder entzündlichen Wurzelresorptionen waren nicht zu erkennen; Pulpaobliterationen traten dagegen bei allen transplantierten Molaren auf. Alles vorab Gesagte gilt auch für jene Transplantate, die nach dem Eingriff orthodontisch bewegt wurden. Die Gingiva war bei sämtlichen Transplantaten gesund; die Sulkustiefe betrug maximal 0,5 mm.

Nur ein transplantiertes Molar zeigte Symptome einer Ersatzresorption (Abb. 23 bis 25): 10 Monate post operationem hatte dieser Molar die Okklusionsebene nicht erreicht, bei Perkussion klang der Zahn hell-ankylosisch, und er ließ keine physiologische Beweglichkeit erkennen.

#### Diskussion und Epikrise

Bei unserer klinischen Studie zur autogenen Molarentransplantation haben wir uns bemüht, alle wichtigen Faktoren eines Erfolges zu kontrollieren. Allgemein akzeptiert ist, dass Transplantate hauptsächlich durch Pulpanekrosen, entzündliche Wurzelresorptionen und Ersatzresorptionen verloren gehen.

Eine Pulpanekrose kann bei dem hier vorgestellten Vorgehen nur extrem selten auftreten, weil folgende Punkte strikt befolgt werden:

1. Die Apizes aller transplantierten Zähne sind bei der Transplantation weit offen, so dass im Normalfall eine Revaskularisierung gesichert ist<sup>2</sup>.
2. Die Empfänger-alveole wird so sorgfältig vorbereitet, dass das Transplantat sekundenschnell und ohne Druck einzusetzen ist. Erweist sich die Empfänger-alveole als zu klein, wird das Transplantat abweichend von dem Vorgehen vieler Autoren<sup>20,21,36,37,44</sup>

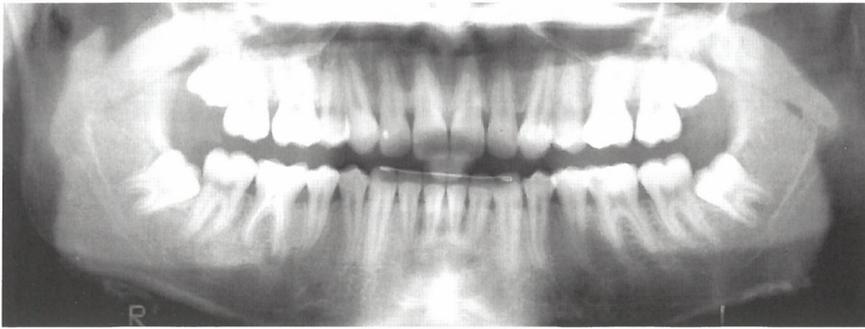


Abb. 23 Orthopantomogramm einer Patientin nach Entbänderung; Platzmangel für einen Durchbruch der Zähne 38 und 48, misslungene Wurzelkanalbehandlung des Zahnes 46 und tiefe kariöse Läsion unter der Füllung des Zahnes 36.



Abb. 24 Orthopantomogramm derselben Patientin 4 Monate nach der Transplantation des Zahnes 48 in die Position des Zahnes 46 und unmittelbar vor der Transplantation des Zahnes 38 in die Position des Zahnes 36.



Abb. 25 Orthopantomogramm derselben Patientin 9 Monate nach der ersten und 5 Monate nach der zweiten Transplantation; der Zahn 48 hat im Gegensatz zu Zahn 38 die Okklusionsebene nicht erreicht.

erneut in sein ursprüngliches Zahnfach repositioniert; nachfolgend wird die Alveole des Empfangsortes angemessen vergrößert.

3. Durch feste Aufbisse werden Okklusionskontakte mit dem transplantierten Molaren vermieden, so dass die Regenerationsvorgänge in der ersten Zeit nach der Transplantation nicht gestört werden.

4. Alle orthodontischen Bewegungen der Transplantate erfolgten wegen der fortschreitenden Pulpaobliteration zwischen dem 3. und 12. Monat nach der Operation mit nur leichten Kräften.

Die Sensibilitätsprüfung der Pulpa wurde hier nur mittels CO<sub>2</sub>-Schnee durchgeführt. Dabei ist unbestritten, dass die Laser-Doppler-Flowmetrie<sup>34</sup> – abgesehen von ihrem nicht invasiven Charakter – wesentlich mehr Aussagekraft besitzt. Allerdings steht die Laser-Doppler-Technik in einer zahnärztlichen Praxis üblicherweise nicht zur Verfügung.

Bei der hier vorgestellten Technik sind entzündliche Wurzelresorptionen des Transplantats unwahrscheinlich. Wie bereits erwähnt, setzt die entzündliche Wurzelresorption voraus, dass das Desmodont und das Wurzelzement stark verletzt wurden und daraus eine Pulpanekrose des Transplantats resultierte. Alles dies wurde durch entsprechend umsichtiges Vorgehen ausgeschlossen. Selbst dann lassen sich allerdings leichte Verletzungen des Desmodonts nicht vermeiden<sup>2,38</sup>. Derartige Schädigungen führen jedoch nur zu vorübergehenden Oberflächenresorptionen.

Zu Ersatzresorptionen kommt es nach Austrocknung beziehungsweise Verletzung größerer Flächen des Desmodonts. Die weiteren Folgen einer solchen Ankylose hängen unter anderem von der funktionellen Belastung des transplantierten Zahnkeims während der Einheilungsperiode ab. Wird das Zahntransplantat nach der Operation nicht durch eine Schienung stabilisiert, können Osteoklasten die knöcherne Brücke zwischen Zahn und Alveolarknochen wieder lösen<sup>2</sup>; das gilt aber offensichtlich nur für kleinflächige Ankylosen. Das hier beschriebene operative Vorgehen schließt sowohl Austrocknungen als auch großflächigere Verletzungen des Desmodonts aus. Da zudem keine Schienungen vorgenommen werden, ist die Ankylosegefahr – anders als in der Literatur beschrieben – gering<sup>17,18,24-26,36,37,40,44,47</sup>.

Unser bisher einziger Transplantationsmisserfolg (Ankylosierung) könnte darauf zurückzuführen sein, dass dem Transplantat während der Einheilungsperiode die Funktion fehlte, die zur Stimulierung einer gewissen Osteoklastenaktivität nötig ist. Die fehlende Funktion könnte durch die festen Aufbisse auf den 2. Molaren und den Umstand hervorgerufen worden sein, dass die Patientin 3 Wochen lang nur flüssige Nahrung zu sich nahm.

Sofern diese Überlegungen korrekt sind, sollten

Aufbisse schon nach der ersten Einheilungswoche entfernt werden, und der Patient sollte festere Nahrung zu sich nehmen, damit das Transplantat funktionell belastet wird. Die daraus resultierende Osteoklastenaktivität würde Ankylosierungen mehr oder minder ausschließen. Ebenso sollte frühzeitig mit der orthodontischen Bewegung des Transplantats begonnen werden.

Bislang liegt unsere Erfolgsrate bei 93 %. Im Gegensatz dazu berichten *Terheyden et al.* über eine Ersatzresorptionsrate von 24 % bei ihren 112 Transplantationen<sup>60</sup>; einen ähnlich hohen Prozentsatz (23 %) fanden *Schwartz et al.*<sup>53</sup>. Über 35 % der Transplantate in der Studie von *Schwartz et al.* wiesen eine abgeschlossene Wurzelentwicklung auf, während die Zähne bei *Terheyden et al.* noch ein weit offenes Foramen apikale hatten. Hinzu kommt, dass 84 % der Transplantate bei *Schwartz et al.* fest geschient wurden.

In einigen Studien wird angegeben, dass die endgültige Wurzellänge der Transplantate reduziert war, wenn diese Zähne orthodontisch bewegt wurden<sup>30,42</sup>. Diese Angaben sind jedoch differenziert zu interpretieren, denn Wurzelresorptionen können bei jeder kieferorthopädischen Behandlung auftreten<sup>32,49</sup>. Abgesehen davon können wir über diesen Gesichtspunkt zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund der relativ kurzen Beobachtungsdauer nichts aussagen.

In den meisten Studien erfolgte bei autogenen Zahntransplantationen eine Antibiose. Nur wenige Autoren verzichteten ebenso wie wir auf eine obligatorische Antibiotikaverabreichung<sup>19,44</sup>.

Selbstkritisch betonen wir, dass eine abschließende Beurteilung der Ergebnisse unserer Studie noch nicht möglich ist: Dazu müsste der Kontrollzeitraum deutlich länger sein.

## Zusammenfassung

Die hier vorliegende klinische Studie berichtet über autogene Molarentransplantationen, bei denen versucht wurde, alle die Faktoren zu kontrollieren, die zu einem Misserfolg führen können (entzündliche Wurzelresorption, Nekrose der Pulpa, Ersatzresorption). Bei 11 orthodontischen Patienten wurden vor, während oder nach der kieferorthopädischen Behandlung 14 Molaren im Unterkiefer transplantiert. Zum Zeitpunkt der Transplantation besaßen 6 Molaren  $\frac{1}{4}$  und 7 etwa  $\frac{1}{2}$  ihrer zu erwartenden

Wurzelendlänge, lediglich bei einem Molaren hatten die Wurzeln bereits  $\frac{3}{4}$  ihrer definitiven Länge erreicht.

Von entscheidender Bedeutung ist in unseren Augen das operative Vorgehen, vor allem wie die Empfängeralveole vorbereitet wird. Aber auch die postoperativen Maßnahmen haben erheblichen Einfluss auf das Therapieergebnis. Indem wir sämtliche Vorsichtsmaßnahmen befolgten, waren abgesehen von einer Ausnahme alle Transplantationen erfolgreich. Damit kann die autogene Molarentransplantation als eine hinreichend zuverlässige Behandlungsmaßnahme angesehen und bei entsprechender Indikation in Betracht gezogen werden.

## Schrifttum

1. *Andreasen J O*: Relationship between cell damage in the periodontal ligament after transplantation and subsequent development of root resorption. A time-related study in monkeys. *Acta Odontol Scand* 39: 15–25, 1981.
2. *Andreasen J O, Andreasen F M*: Essentials of traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen, 2000.
3. *Andreasen J O, Hjorting-Hansen E*: Replantation of teeth. I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth replanted after accidental loss. *Acta Odontol Scand* 24: 263–286, 1966.
4. *Andreasen J O, Hjorting-Hansen E*: Replantation of teeth. II. Histological study of 22 replanted anterior teeth in humans. *Acta Odontol Scand* 24: 287–306, 1966.
5. *Andreasen J O, Hjorting-Hansen E, Jølst O*: A clinical and radiographic study of 76 autotransplanted third molars. *Scand J Dent Res* 78: 512–523, 1970.
6. *Andreasen J O, Paulsen H U, Fjellvang H, Barford K*: Autotransplantation of premolars in treatment of tooth loss in the upper front. *Dan Dent J* 93: 435–440, 1989.
7. *Andreasen J O, Paulsen H U, Yu Z, Ahlquist R, Bayer T, Schwartz O*: A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part I. Surgical procedure and standardized techniques for monitoring healing. *Eur J Orthod* 12: 3–13, 1990.
8. *Andreasen J O, Paulsen H U, Yu Z, Bayer T, Schwartz O*: A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part II. Tooth survival and pulp healing subsequent to transplantation. *Eur J Orthod* 12: 14–24, 1990.
9. *Andreasen J O, Paulsen H U, Yu Z, Schwartz O*: A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part III. Periodontal healing subsequent to transplantation. *Eur J Orthod* 12: 25–37, 1990.
10. *Andreasen J O, Paulsen H U, Yu Z, Bayer T*: A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part IV. Root development subsequent to transplantation. *Eur J Orthod* 12: 38–50, 1990.

11. Clokie C M L, Yau D M, Chano L: Autogenous tooth transplantation: An alternative to dental implant placement? *J Can Dent Assoc* 67: 92–96, 2001.
12. Cserepfalvi M: Klinische Untersuchung von Zahntransplantationen beim Menschen. *Zahnärztl Welt* 21: 765–772, 1965.
13. Czochrowska E M, Stenvik A, Album B, Zachrisson B U: Autotransplantation of premolars to replace maxillary incisors: A comparison with natural incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118: 592–600, 2000.
14. Czochrowska E M, Stenvik A, Bjercke B, Zachrisson B U: Outcome of tooth transplantation: Survival and success rate 17–41 years posttreatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 121: 592–600, 2002.
15. Demirjian A, Goldstein H, Tanner J M: A new system of dental age assessment. *Human Biol* 45: 211–227, 1973.
16. Demirjian A, Goldstein H: New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol* 45: 411–421, 1976.
17. Feldmann G: Voraussetzungen, Vorgehen, Erfolge bei der Zahntransplantation. *Zahnärztl Mitt* 75: 2532–2540, 1985.
18. Hartmann H J: Die Autotransplantation von vitalen dritten Molaren. *Zahnarzt* 29: 560–568, 1985.
19. Henrichvark C, Neukam F W: Indikation und Ergebnisse der autogenen Zahntransplantation. *Dtsch Zahnärztl Z* 42: 194–197, 1987.
20. Hölftje W J, Scheuer H: Surgical aspects of tooth transplantation. *Kieferorthop Mitt* 4: 25–33, 1992.
21. Hölftje W J, Scheuer H: Die Prämolaren-Autotransplantation nach Frontzahnverlust im Oberkiefer. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40: 87–90, 1995.
22. Jacobs H G, Rost-Dickmann I: Die autologe Zahntransplantation – Prinzipien und Nachuntersuchungsergebnisse. *Quintessenz* 39: 817–826, 1988.
23. Janson M, Janson I, Herforth A: Die Zahntransplantation mit partieller Apektomie (Eine klinische und histologische Studie). *Dtsch Zahnärztl Z* 33: 657–664, 1978.
24. Jewan J, Pennig J: Autotransplantation von Zähnen zum Ersatz der Sechsjahrmolaren. *Zahnärztl Prax* 36: 340–342, 1985.
25. Khoury F: Erfahrung mit einer modifizierten Methode zur Weisheitszahntransposition (autologe Weisheitszahntransplantation). *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 9: 265–268, 1985.
26. Khoury F: Grundlagen und klinische Aspekte der autologen Zahntransplantation (Zahntransposition). *Zahnärztl Welt* 95: 1036–1046, 1986.
27. Koutzoglou S, Tränkmann J, Berten J: Die Gonion-Winkel-Korrelation zwischen Orthopantomogramm und Fernröntgenseitenbild – eine zuverlässige Prognose der Unterkiefer-Wachstumsrichtung. *Kieferorthop* 8: 269–278, 1994.
28. Kristerson L, Andreasen J O: The effect of splinting upon periodontal and pulpal healing after autotransplantation of mature and immature permanent incisors in monkeys. *Int J Oral Surg* 12: 239–249, 1983.
29. Kristerson L, Andreasen J O: Influence of root development on periodontal and pulpal healing after replantation of incisors in monkeys. *Int J Oral Surg* 13: 313–323, 1984.
30. Lagerström L, Kristerson L: Influence of orthodontic treatment on root development of autotransplanted premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 89: 146–149, 1986.
31. Lee S J, Jung I Y, Lee C Y, Choi S Y, Kum K Y: Clinical application of computer-aided rapid prototyping for tooth transplantation. *Dent Traumatol* 17: 114–119, 2001.
32. Linge B O, Linge L: Apical resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod* 5: 173–183, 1983.
33. Lohbauer R: Zahntransplantationen Kind – Mutter. *Quintessenz* 22 (8): 27–32, 1971.
34. Mensdorf-Pouilly N, Haas R, Ulm C, Mailath-Pokorny G, Watzek G: Die Vitalitätskontrolle mittels Laser-Doppler-Flowmetrie bei transplantierten Zähnen. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40: 80–83, 1995.
35. Moorrees C F A, Fanning E A, Hunt E E: Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42: 1490–1502, 1963.
36. Murganic Z: Zahntransplantation nach Molarenverlust (I). *Quintessenz* 37: 1319–1327, 1986.
37. Murganic Z: Zahntransplantation nach Molarenverlust (II). *Quintessenz* 37: 1481–1489, 1986.
38. Neukam F W, Reumann K, Schliephake H: Experimentelle Untersuchung zur Bestimmung der Wurzelschädigung von Zahntransplantationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 42: 186–189, 1987.
39. Northway M W: Autogenic dental transplants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 121: 592–593, 2002.
40. Northway M W, Konigsberg S: Autogenic tooth transplantation. The “state of the art”. *Am J Orthod* 77: 146–162, 1980.
41. Pape H D, Heiss R: Zur Geschichte der Zahntransplantation. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 20: 121–125, 1976.
42. Paulsen H U, Andreasen J O, Schwartz O: Pulp and periodontal healing, root development and root resorption subsequent to transplantation and orthodontic rotation: A long-term study of autotransplanted premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 108: 630–640, 1995.
43. Paulsen H U, Shi X-Q, Welander U, Huggare J, Scheutz F: Eruption pattern of autotransplanted premolars visualized by radiographic color-coding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119: 338–345, 2001.
44. Pongsiri S: Autogene Zahn-Transplantation in der Praxis. *Zahnarzt* 30: 551–554, 1986.
45. Prahl-Andersen B, van der Linden F P G M: The estimation of dental age. *Trans Eur Orthod Soc* 535–541, 1972.
46. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. de Gruyter, Berlin, 256. Aufl 1990.
47. Quayle A A: An adjustable splint for use in tooth transplantation procedures. *Brit Dent J* 149: 208–209, 1980.

48. Rateitschak K H, Rateitschak E M, Wolf H F: Befunderhebung - Diagnose - Prognose. In: Rateitschak K H (Hrsg) Parodontologie, Farbatlant der Zahnmedizin Bd 1, Thieme, Stuttgart, 1989.
49. Rygh P: Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod* 47: 1–16, 1977.
50. Scheibe B, Düker J: Das Wurzelwachstum - eine vergleichende histologisch-röntgenologische Studie. Tierexperimentelle Untersuchungen des Wurzelwachstums zur Bestimmung eines günstigen Zeitpunktes zur Zahntransplantation. *Österr Z Stomatol* 77: 183–192, 1980.
51. Scheuer H, Höltje W J: Orthodontic aspects of tooth transplantation. *Kieferorthop Mitt* 4: 13–24, 1992.
52. Schulz S: Zur Prognose autogener Zahntransplantation bei der kieferorthopädischen Behandlungsplanung. *Fortschr Kieferorthop* 50: 186–195, 1989.
53. Schwartz O, Bergmann P, Klausen B: Resorption of autotransplanted human teeth: a retrospective study of 291 transplantations over a period of 25 years. *Int Endod J* 18: 119–131, 1985.
54. Skoglund A, Tronstäd L, Wallenius K: A microangiographic study of vascular changes in replanted and autotransplanted teeth of young dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 45: 17–28, 1978.
55. Skoglund A, Hasselgren G, Tronstäd L: Oxidoreductase activity in the pulp of replanted and autotransplanted teeth in young dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 52: 205–209, 1981.
56. Slagvold O, Bjercke B: Autotransplantation of premolars with partly formed roots: a radiographic study of root growth. *Am J Orthod* 66: 355–366, 1974.
57. Slagvold O, Bjercke B: Indications for autotransplantation in cases of missing premolars. *Am J Orthod* 74: 241–257, 1978.
58. Slagvold O, Bjercke B: Applicability of autotransplantation in cases of missing upper anterior teeth. *Am J Orthod* 74: 410–421, 1978.
59. Sommermeier A: Praxiserfahrungen mit der Autotransplantation. *Quintessenz* 42: 211–230, 1991.
60. Terheyden H, Gerhardt U, König J: Langzeitergebnisse der Zahntransplantation unter funktioneller und parodontaler Sicht. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40: 84–87, 1995.
61. Van der Linden F P G M: Development of the dentition. Quintessence, Chicago, 1983.
62. Widman L: Om transplantation av retinerade hörntänder. *Sven Tandläk Tidskr* 8: 281–296, 1915.
63. Zweigart K: Hydroxylapatitkeramik (HA-Keramik) bei autogenen Zahntransplantationen. Ein Zwischenbericht. *Zahnarzt* 30: 647–650, 1986.

## Controlled autogenous transplantation of molars

### Summary

The aim of this study was to evaluate clinically the controlled autogenous transplantation of molars. In 11 orthodontic patients, mean age 14.7 years, 14 molars were transplanted (13 mandibular third molars and 1 maxillary second molar) into the mandible. 12 third molars replaced first molars, one replaced a second premolar and another one a second molar. All transplantations took place before, during or after orthodontic therapy. At the time of transplantation the root development of 6 molars was  $1/4$ , of 7 molars  $1/2$  and of one molar  $3/4$ . After meticulous preparation of the recipient and donor sites, an experienced oral surgeon transplanted the respective teeth within a few seconds. The transplants were secured with 3-0 silk stitches without any further splinting. Antibiotics were prescribed only when particular systemic or local inflammatory problems existed. The patients were instructed to rinse with chlorhexidine digluconate from day 1 before to 21 days after surgery.

Clinical examinations and radiographic controls over 4.7 years revealed no inflammatory root resorption and pulp necrosis in any of the transplants. Also, the periodontal condition of all but one transplant was physiologic. Our success rate amounts to 93 %, i. e. only one transplant was ankylosed according to a percussion and mobility test. According to our opinion a lack of functional activity in the transplant area was the cause of the observed replacement resorption in this one molar. This decrease in function may have been due to fixed glass-ionomer cement bite planes on a second mandibular molar and a second premolar which remained for 3 weeks but could also be attributed to the respective patient digesting only liquids during this time. Although our sample is small and the observation period limited, interesting conclusions can be drawn from our transplantation technique. In any case, autogenous tooth transplantation should be seriously considered with a given indication.