

Kryopräservierung von Zähnen

Schlüsselwörter: Autologe Zahntransplantation, Kryopräservierung, Zahnbank

MELANIE ZIMMERLI
ANDREAS FILIPPI

Universitätskliniken für Zahnmedizin
der Universität Basel, Klinik für
zahnärztliche Chirurgie, -Radiologie,
Mund- und Kieferheilkunde

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. dent. Andreas Filippi
Klinik für zahnärztliche Chirurgie,
-Radiologie, Mund- und
Kieferheilkunde
Universitätskliniken für Zahnmedizin
Hebelstrasse 3
CH-4056 Basel
Tel. 061 267 26 10
Fax 061 267 07 86
E-Mail: andreas.filippi@unibas.ch

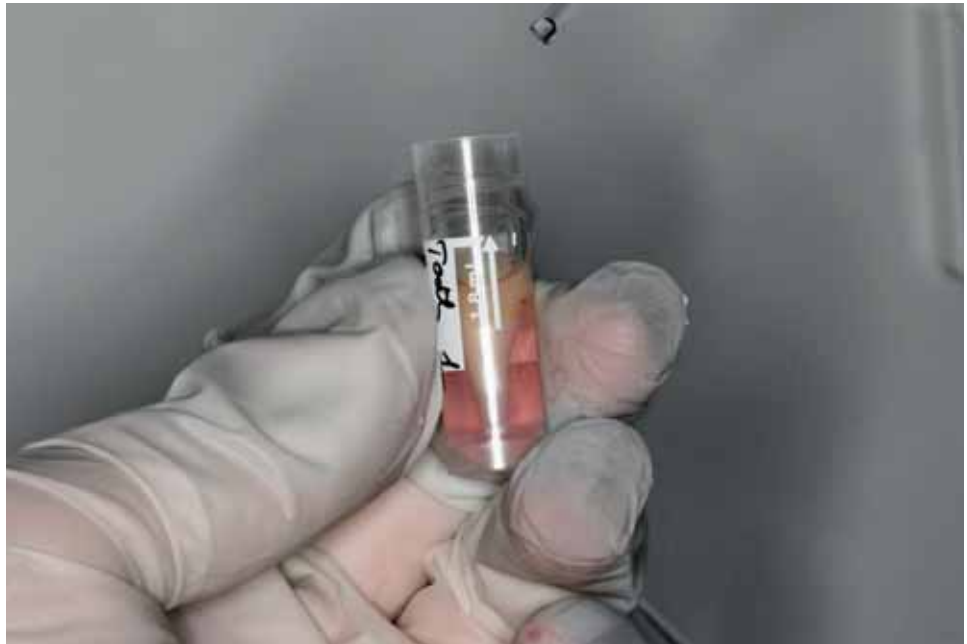


Bild oben: Zur Kryopräservierung geeigneter Container, der mit einem Nährmedium-Kristallisationsschutzmittel-Gemisch gefüllt wird.

Zusammenfassung Mithilfe der Kryopräservierung ist es möglich, kariesfreie und parodontal gesunde Zähne, die beispielsweise aus kieferorthopädischen Gründen entfernt werden, aufzubewahren und zu einem späteren Zeitpunkt bei einem Zahnverlust als autologes Transplantat zu verwenden. Verlorene Zähne können auf diese Weise, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen, biologisch und kostengünstig ersetzt werden. Aufgrund des

nicht abgeschlossenen Kieferwachstums können den Patienten in dieser Altersgruppe weder Implantate noch Brücken inseriert werden. Deshalb bietet die Kryopräservierung speziell für Kinder und Jugendliche eine alternative Möglichkeit des Zahnersatzes. An der Universität Basel werden derzeit erste Erfahrungen gesammelt und die ersten Schritte in Richtung Aufbau einer Zahnbank getan.

Einleitung

Die Transplantation von Zähnen hat in der Zahnmedizin ihren festen Stellenwert. Sie kann bei Kindern und Jugendlichen einen nicht erhaltungswürdigen Zahn (Karies), einen verloren gegangenen Zahn (Zahntrauma) oder einen nicht angelegten Zahn durch einen eigenen kariesfreien Zahn ersetzen. Die Zahntransplantation ist in dieser Altersgruppe in vielen Fällen anderen Arten des Zahnersatzes, wie beispielsweise kieferorthopädischem Lückenschluss oder Klebebrücken, aus finanzieller Sicht,

hinsichtlich der Behandlungsdauer sowie bezüglich Ästhetik und Funktion überlegen.

Autologe Zahntransplantationen werden heute mit hohen Erfolgsraten und gutem Langzeiterfolg durchgeführt (ANDREASEN 1992, ANDREASEN ET AL. 1970, GALANTER & MINAMI 1968, HOVINGA 1986, SINGH & DUDANI 1970, THRHEYDEN ET AL. 1995, FRENKEN ET AL. 1998, SLAGSVOLD & BJERCKE 1978, STÖCKLI 1994, POHL ET AL. 2005, LANG ET AL. 2003). Zur einzeitigen Zahntransplantation eignen sich besonders Weisheitszähne, Prämolaren und Milcheckzähne (LANG ET AL. 2003, FILIPPI 2009). Allerdings stellt sich

häufiger das Problem der Verfügbarkeit autologer Transplantate, denn Zähne gehen in den seltensten Fällen vor oder genau zu dem Zeitpunkt verloren, zu dem potenzielle Transplantate entfernt werden und zur Verfügung stehen würden. Im Zuge kieferorthopädischer Behandlungen müssen nicht selten im späten Wechselgebiss (etwa ab dem 10. Lebensjahr) parodontal gesunde, kariesfreie und pulpavitale Prämolaren aus Platzgründen entfernt werden. Gerade diese fast perfekten Transplantate gehen ohne Nutzen verloren. Es ist daher zu überlegen, ob diese Zähne nicht aufbewahrt werden sollten, um später allenfalls beim selben Patienten an einer anderen Stelle transplantiert zu werden. Diese Möglichkeit kann mittels Kryopräservierung realisiert werden (SCHWARTZ 1986, TEMMERMAN ET AL. 2006).

Kryopräservierung ist eine Methode, lebende Zellen und Gewebe mittels kontrollierter Tiefkühlung über lange Zeiträume hinweg zu konservieren. Die Lagerung vitaler Gewebe und Zellen in flüssigem Stickstoff bei $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist eine aus anderen Bereichen der Medizin (beispielsweise Nabelschnurblut) und Biologie bekannte und überprüfte Technik. Der Stoffwechsel der Zellen und somit auch die Zellalterung kommen bei diesen Temperaturen praktisch zum Stillstand, ohne dass die Überlebensfähigkeit relevant beeinträchtigt würde. Untersuchungen nach dem Auftauen von kryopräservierten Zähnen haben beispielsweise gezeigt, dass etwa 97% der Zellen auf der Wurzeloberfläche vital und proliferationsfähig bleiben (OH ET AL. 2005). Es konnte weiter gezeigt werden, dass Parodontalzellen auf Wurzeloberflächen bereits nach wenigen Tagen sich wieder zu teilen beginnen. Sie bilden nach autologer Transplantation ein intaktes, vom normalen Zahnhalteapparat nicht zu unterscheidendes Parodont (ANDREASEN 1992, ANDREASEN 1983) (Abb. 1 und 2). Auch bei der Revaskularisation der Pulpa gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen sofort transplantierten Zähnen und zuvor kryopräservierten Zähnen (PRICE 1972, LAUREYS ET AL. 2001). Selbst die Zahnhartsubstanzen erleiden – trotz dem unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Pulpa und Dentin – keine Schmelz- oder Dentinrisse (OH ET AL. 2005) (Abb. 3).

Kritisch ist nicht die Lagerung an sich oder der Lagerungszeitraum, sondern der Einfrier- und Auftauvorgang sowie allfällige Temperaturschwankungen während der Lagerungszeit. Während der Kryopräservierung kann es in der Pulpa zu intrazellulärer Eiskristallbildung und damit zu Zellschäden kommen, weshalb dem kryopräservativen Zusatz (Kristallisationsschutz-

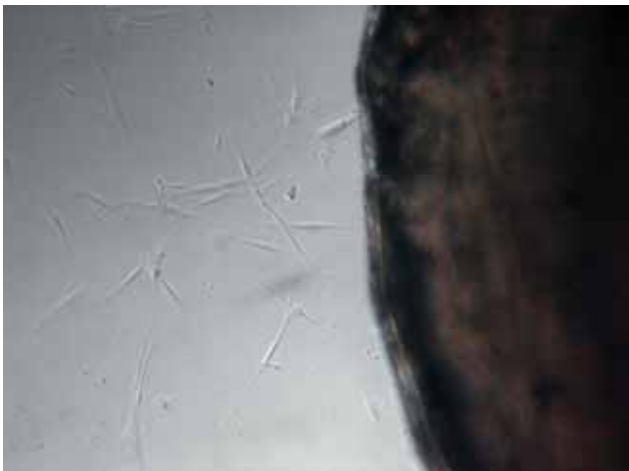


Abb. 1 Wurzeloberfläche eines kryopräservierten und aufgetauten Prämolaren in der Zellkultur: Zellwachstum nach 12 Tagen.



Abb. 2 Gleicher Zahn: Zellwachstum nach 30 Tagen.



Abb. 3 Prämolare nach Kryopräservierung und Auftauen. Untersuchung mittels Teilchenbeschleuniger (DAISY): keine Risse im Schmelz oder Dentin (Ausschnitt aus dem Bereich der Schmelz-Zement-Grenze).

mittel) in den speziell verwendeten Containern grosse Bedeutung zukommt. Dieses Kristallisationsschutzmittel modifiziert die physikalischen Belastungen, denen die Zellen beim Einfrieren und Auftauen ausgesetzt sind. Insbesondere die intrazelluläre Eiskristallbildung während des Gefriervorgangs wird reduziert (LEIBO 1981). Bei optimalen Bedingungen sind daher Lagerungszeiten von mehreren Jahren ohne wesentlichen Qualitätsverlust möglich (ANDREASEN 1992). Kryopräservierung von Zähnen könnte somit zum Aufbau von Zahnbanken dienen (OH ET AL. 2005).

Neben Prämolaren, die aus kieferorthopädischen Gründen entfernt werden, stellen avulsierte Zähne (meist obere Schneidezähne) eine weitere Indikation für die Kryopräservierung dar. Manchmal können avulsierte Zähne weder am Unfalltag noch an den darauf folgenden Tagen replantiert werden, weil entweder schwere allgemeinmedizinische Verletzungen, die Behandlungspriorität besitzen, oder erhebliche lokale Weichgewebsverluste bestehen, die zuerst reepithelisieren müssen, bevor eine Replantation überhaupt möglich ist (KRISTERSON ET AL.

1976). Eine weitere Indikation zur Kryopräservierung sind Kieferfrakturen mit Zähnen im Bruchspalt. Diese müssen häufiger vor Osteosynthese entfernt werden. Auch hier bietet sich die Möglichkeit der Aufbewahrung solcher Zähne mittels Kryopräservierung und der späteren Replantation (HILLERUP 1987). Auch bei Patienten mit Dysostosis cleidocranialis könnten überzählige retinierte Zähne kryopräserviert und für den späteren Gebrauch konserviert werden.

Voraussetzung für jede Kryopräservierung mit nachfolgender erfolgreicher Trans- bzw. Replantation ist, dass die Zähne so gewebeschonend wie möglich entfernt worden sind, was insbesondere bei einer Avulsion nicht immer gewährleistet ist. Die Wurzeln von aus kieferorthopädischen Gründen entfernten Prämolaren sollten etwa zu 50–75% ausgebildet sein, um das Überleben der Pulpa vorhersagbar zu ermöglichen (HENRICHVARK ET AL. 1987).

Vor einer möglichen Kryopräservierung müssen alle Patienten oder deren Erziehungsberechtigte mündlich und schriftlich ausführlich über das Verfahren und den Umgang mit ihren Zähnen aufgeklärt werden.

Technik der Kryopräservierung

Gewebe- und zellschonendes operatives Vorgehen

Die zervikalen gingivalen Fasern werden grundsätzlich vor Zahnentfernung mittels schmalen Skalpell durchtrennt, um diese Strukturen weitgehend zu erhalten (Schnittwunde vs. Rissquetschwunde). Die Zahnentfernung (Transplantatentnahme) erfolgt so gewebeschonend wie möglich und immer ohne Hebel oder kippende Zangenbewegungen, was beides zum grossflächigen parodontalen Zelltod führen kann. Der Zahn wird unter leichten Rotationsbewegungen oder durch Zahnlängsextraktion (Zalex®) (POHL 2008) entfernt. Die Wurzeloberfläche darf weder mit der Zange noch mit anderen Instrumenten tangiert werden; Zement- und Zementoblastendefekte erhöhen das Risiko von Wurzelresorptionen und reduzieren die Chance einer funktionellen parodontalen Hei-

lung (functional healing). Für eine mögliche Kryopräservierung werden vor allem einwurzlige Zähne (Frontzähne, Eckzähne und Prämolaren) aufgrund ihrer einfacheren Wurzelanatomie (falls spätere Wurzelkanalbehandlung erforderlich) und ihres Platzbedarfs im Container favorisiert.

Zellphysiologischer Transport ins Labor

Der Zahn wird unmittelbar nach der Entfernung in ein zellphysiologisches Lagerungsmedium gebracht (Dentosafe®, Fa. Medice Arzneimittel Pütter, Iserlohn, D; SOS Zahnbox®, Fa. Hager & Werken, Duisburg, D; Curasafe®, Healthco-Breitschmid AG, Kriens, CH) (ESKICI 2003, FILIPPI 2009) (Abb. 4). In einer solchen Box kann der Zahn, komplett von Nährmedium umgeben, ohne Eile in ein für Kryopräservierung zertifiziertes Labor oder Institut gebracht werden. Das Überleben der Zellen auf der Wurzeloberfläche des Zahnes (Parodontalfibroblasten, Zementoblasten) ist für mindestens 24 Stunden gewährleistet.

Zellphysiologisches Einfrieren des Zahnes

Die Vorbereitungen für die Kryopräservierung erfolgen unter einem sterilen Abzug. Der Zahn wird zunächst in mehreren mit PBS (Phosphate buffered saline, pH 7,2) gefüllten Petrischalen gereinigt, indem er vorsichtig durch Schwenken von anhaftenden Proteinen und Blut gesäubert wird (Abb. 5). Der Zahn kommt dann in ein optimiertes Zellnährmedium (z. B. RPMI, Ross-Park-Memorial-Institute-Medium), dem fetales Kälberserum (FCS, 40%) und ein kryoprotektiver Zusatz (10% DMSO, Dimethylsulfoxid oder Glycerol) zugegeben ist. In einem für das Einfrieren geeigneten verschraubbaren Container (Fa. Nunc, Inhalt 1,8 ml) wird der Zahn platziert (Abb. 6). Der verschlossene Container wird in einen mit Isopropanol gefüllten Behälter eingebracht, damit ein langsames Abkühlen garantiert ist (Abb. 7). Dieser Behälter wird über Nacht in einem Gefrierschrank gelagert und auf -70 °C heruntergekühlt. Am folgenden Tag wird der Container dem Behälter entnommen und in speziellen Racks platziert, welche in flüssigem Stickstoff



Abb. 4 Die verschiedenen Zahnrettungsboxen, die in der Schweiz erhältlich sind.



Abb. 5 Reinigung des Zahnes von anhaftenden Proteinen und Blutbestandteilen durch Schwenken in PBS-Lösung.



Abb. 7 Lagerung des Containers in einem mit Isopropanol gefüllten Behälter.



Abb. 6 Zur Kryopräservierung geeigneter Container, der mit einem Nährmedium-Kristallisationsschutzmittel-Gemisch gefüllt wird.



Abb. 8 Die Container werden in Kassetten geordnet in die mit flüssigem Stickstoff gefüllten Tanks gestellt.

($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) gelagert werden (Abb. 8) (SCHWARTZ 1986). Das Herunterkühlen kann auch vollautomatisch mit entsprechenden Kühlautomaten erfolgen.

Zellphysiologisches Auftauen des Zahnes

Der Container wird dem flüssigen Stickstoff ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) entnommen. Das Auftauen geschieht in einem $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmen Wasserbad unter schwenkenden Bewegungen (Abb. 9). Sobald das den Zahn umgebende Gemisch aus Zellkulturmedium und Kristallisationsschutzmittel beginnt flüssig zu werden, wird der Zahn

dem Container entnommen und in mehreren, mit PBS gefüllten Petrischalen im Sinne einer Verdünnungsreihe gereinigt. Der Zahn wird anschliessend sofort in einer Zahnrettungsbox bis zur sich anschliessenden Trans- oder Replantation gelagert (Abb.10) (SCHWARTZ 1986).

Transplantation des Zahnes

Das chirurgische Vorgehen nach Kryopräservierung und Auftauen entspricht weitgehend dem einer sofortigen Transplantation eines Zahnes (FILIPPI 2009).

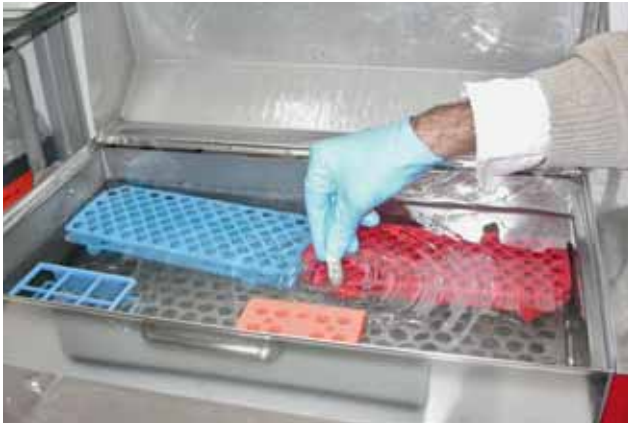


Abb. 9 Auftauen durch Schwenken in 37 °C warmem Wasserbad.

Das Transplantatbett (Knochen und Weichgewebe) muss jedoch aufgrund des zweizeitigen Vorgehens zunächst geschaffen werden. In dieser Zeit wird der Zahn über fünf Minuten in einer Tetrazyklinlösung gelagert, was bei offenem Foramen apicale die Wahrscheinlichkeit einer Pulpanekrose deutlich reduziert (YANPISSET ET AL. 2000). Da die parodontale Prognose nach Kryopräservierung und Transplantation mit der einer zeitigen Transplantation nahezu identisch ist (KAWASAKI ET AL. 2004), erübrigt sich in den meisten Fällen die Verwendung weiterer antiresorptiver regenerationsfördernder Medikamente (Emdogain®, Straumann, Basel, CH, oder Steroide) (POHL ET AL. 2005). Ausgenommen sind hiervon kryopräservierte avulsierte Zähne, die das gesamte Spektrum der heute üblichen medikamentösen Therapien erhalten (ANDREASEN 1992, FILIPPI 2008a).

Unabhängig von der Kryopräservierung bestimmen der Fortschritt des Wurzelwachstums sowie der Durchmesser des Foramen apicale, ob eine Wurzelkanalbehandlung erforderlich ist oder nicht. Bei wurzelunreifen Transplantaten, bei denen das Foramen apicale einen Durchmesser von 2 mm nicht unter- und die Länge des Wurzelkanals eine Länge von 17 mm nicht überschritten hat, kann zunächst auf eine Wurzelkanalbehandlung verzichtet werden (PRICE & CSEREPFALVI 1972, ANDREASEN ET AL. 1995). Sollte es trotzdem nicht zu einer Revaskularisation kommen, schliesst sich eine Wurzelkanalbehandlung im Sinne einer Apexifikation mit MTA (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, CH) an. Dies setzt jedoch engmaschige klinische und radiologische Nachuntersuchungen voraus, damit das Ausbleiben einer Revaskularisation möglichst schnell erkannt werden kann. Bei wurzelreifen Zähnen ist keine Revaskularisation zu erwarten. Eine Wurzelkanalbehandlung während (retrograde Stiftinsertion) oder bald nach der Transplantation (konventionell) ist erforderlich. Sie sollte nicht vor der Kryopräservierung geschehen, da sich die Ausdehnungskoeffizienten von Dentin und Wurzelkanalfüllmaterial unterscheiden (ANDREASEN 1992), was Einfluss auf die spätere Dichtigkeit der Füllung haben kann. Für die sich der Transplantation anschliessende Schienung hat sich die TTS-Schiene etabliert (Fa. Medartis, Basel, CH). Die Schienungsdauer beträgt nur wenige Wochen.

Engmaschige klinische (Inspektion, Zahnbeweglichkeit, Periotest, Sondierungstiefen, Bleeding on probing, Sensibilität) und radiologische Kontrollen müssen in den ersten zwölf Monaten nach Transplantation erfolgen. Erst nach etwa einem Jahr kann auch die Revaskularisation der Pulpa sicher diagnostiziert werden. Die Risikofaktoren für einen Misserfolg (Pulpanekrose, infektionsbedingte Wurzelresorption, invasive zervikale Resorption, Ankylose) hängen grundsätzlich nicht davon

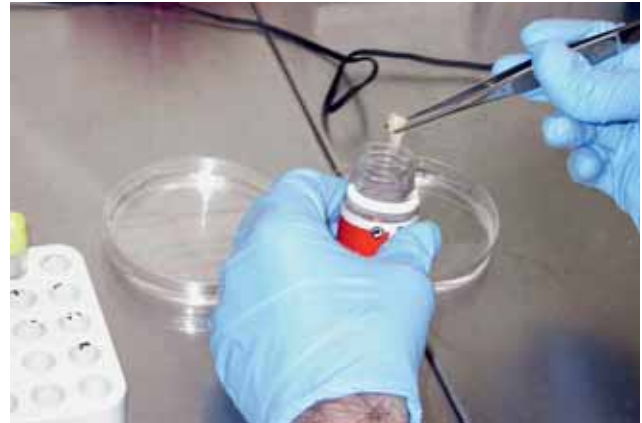


Abb. 10 Lagerung des Zahnes sofort wieder in der Zahnrettungsbox.

ab, ob die Transplantation einzeitig oder zweizeitig durchgeführt wurde (FILIPPI 2008b).

Schlussfolgerung

Die primär jugendlichen Patienten profitieren mit der Möglichkeit einer Kryopräservierung ggf. zu einem späteren Zeitpunkt vom Erhalt eines eigenen Zahnes, der aus Gründen von Platzmangel (Prämolaren) oder lokaler Infektion (Weisheitszähne) entfernt werden musste beziehungsweise durch Unfall oder Kieferfraktur entfernt wurde.

Solange keine klinisch relevante Möglichkeit besteht, vitale Zähne im Labor zu züchten und solange Implantate kein vitales Parodont induzieren können und somit im noch wachsenden Kiefer nicht inseriert werden dürfen, wird der Stellenwert der autologen Zahntransplantation und der Kryopräservierung bei Kindern und Jugendlichen stetig steigen.

Abstract

ZIMMERLI M, FILIPPI A: **Cryopreservation of teeth** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 120: 423–428 (2010)

After tooth loss dental implants or fixed prosthetic restorations are not indicated in children and adolescents due to incomplete maxillary and mandibular development. Cryopreservation is a method for long-term storage of healthy teeth which were removed for orthodontic reasons or due to traumatic origin. These preserved teeth can be used as autogenous replants or transplants after tooth loss. During transport to and from the freezing facilities prior to freezing the teeth are stored in a cell culture medium. The tooth is transferred into a freezing tube containing cell culture medium and cryoprotectant DMSO. Teeth autotransplanted after cryopreservation show vitality of the PDL cells. Usually no enamel and/or dentinal cracks can be observed. After tooth loss transplantation of cryopreserved teeth could be an effective and biological therapy for tooth replacement.

Verdankung

Die Autoren danken Prof. Dr. Giulio Spagnoli für die Kryopräservierung der Zähne in seinem Labor. Prof. Dr. Bert Müller und Hans Deyhle möchten wir für die Untersuchungen der Zähne im Teilchenbeschleuniger DAISY in Hamburg danken (Abb. 3), und Frau Martha Imholz gilt unser Dank für die Untersuchung kryopräservierter Zähne in der Zellkultur (Abb. 1 und 2).

Literatur

- ANDREASEN J O, HIJÖRTING-HANSEN E, JOLST O:** A clinical and radiographic study of 76 autotransplanted third molars. *Scand J Dent Res* 78: 512–523 (1970)
- ANDREASEN J O:** Atlas of replantation and transplantation of teeth. Mediglobe SA, Fribourg (1992)
- ANDREASEN J O, BORUM M K, JACOBSEN H L, ANDREASEN F M:** Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 2. Factors related to pulpal healing. *Endod Dent Traumatol* 11: 59–68 (1995)
- BARTLETT P F, READE P C:** Cryopreservation of developing teeth. *Cryobiology* 9: 205–211 (1972)
- ESKICI A:** Reimplantation und Transplantation von Zähnen. *Praxis der Zahnheilkunde*. Urban und Fischer, München, pp 232–254 (2003)
- FILIPPI A:** Zahntransplantation. *Quintessenz* 59: 497–504 (2008a)
- FILIPPI A:** Traumatologie bleibender Zähne. In: Lambrecht J T (Hrsg): *Zahnärztliche Operationen*. Quintessenz, Berlin, pp 169–223 (2008b)
- FILIPPI A:** Zahntransplantation – Biologischer Zahnersatz für Kinder, Jugendliche und manche Erwachsene. *Quintessenz*, Berlin (2009)
- FRENKEN J W, BAART J A, JOVANOVIĆ A:** Autotransplantation of premolars. A retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 27: 181–185 (1998)
- GALANTER D R, MINAMI R T:** The periodontal status of autografted teeth. A pilot study of thirty-one cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 26: 145–159 (1968)
- HENRICHVARK C, NEUKAM F W:** Indikation und Ergebnisse der autogenen Zahntransplantation. *Dtsch Zahnärztl Z* 42: 194–197 (1987)
- HILLERUP S, DAHL E, SCHWARTZ O, HIJÖRTING-HANSEN E:** Tooth transplantation to bone graft in cleft alveolus. *Cleft Palate J* 24: 127–141 (1987)
- HOVINGA J:** Autotransplantation of tooth germs of the third molars. Results of a follow-up study. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 93: 235–237 (1986)
- KAWASAKI N, HAMAMOTO Y, NAKAJIMA T, IRIE K, OZAWA H:** Periodontal regeneration of transplanted rat molars after cryopreservation. *Arch Oral Biol* 49: 59–69 (2004)
- KIRSCHNER H, POHL Y, FILIPPI A, EBELESEDER K:** Unfallverletzungen der Zähne. Urban & Fischer, München (2006)
- KRISTERSON L, SÖDER P, OTTESKOG P:** Transportation and storage of human teeth in vitro for autotransplantation and replantation. *J Oral Surg* 34: 13–18 (1976)
- LANG B, POHL Y, FILIPPI A:** Transplantation von Zähnen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 113: 1179–1199 (2003)
- LAUREYS W, BEELE H, CORNELISSEN R, DERMAUT L:** Revascularization after cryopreservation and autotransplantation of immature and mature apicoectomized teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119: 346–352 (2001)
- LEIBO S P:** Cryobiology of immune competent cells. In: Leibo S P (Ed): *The immune system*, Vol. 2. Karger, Basel, pp 66–67 (1981)
- OH Y H, CHE Z M, HONG J C, LEE E J, LEE S J, KIM J:** Cryopreservation of human teeth for future organization of a tooth bank – a preliminary study. *Cryobiology* 51: 322–329 (2005)
- POHL Y, FILIPPI A, KIRSCHNER H:** Results after replantation of avulsed permanent teeth. I. Endodontic considerations. *Dent Traumatol* 21: 80–92 (2005)
- POHL Y, FILIPPI A, KIRSCHNER H:** Results after replantation of avulsed permanent teeth. II. Periodontal healing and the role of physiologic storage and antiresorptive-regenerative therapy (ART). *Dent Traumatol* 21: 93–101 (2005)
- POHL Y:** Neue Techniken der Zahnextraktion. *Quintessenz* 59: 467–474 (2008)
- PRICE P J, CSEREPALVI M:** Pulp vitality and the homotransplantation of frozen teeth. *J Dent Res* 51: 39–43 (1972)
- SCHWARTZ O, ANDREASEN J O:** Cryopreservation of mature teeth before replantation in monkeys (I). Effect of different cryoprotective agents and freezing devices. *Int J Oral Surg* 12: 425–436 (1983)
- SCHWARTZ O, ANDREASEN J O, GREVE T:** Cryopreservation of mature teeth before replantation in monkeys (II). Effect of preincubation, different freezing rates and equilibration times and root canal treatment. *Int J Oral Surg* 12: 425–436 (1983)
- SCHWARTZ O:** Cryopreservation as long-term storage of teeth for transplantation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 15: 30–32 (1986)
- SCHWARTZ O, RANK C P:** Autotransplantation of cryo-preserved tooth in connection with orthodontic treatment. *Am Orthod Dentofac Orthop* 90: 67–72 (1986)
- SINGH K K, DUDANI I C:** Autogenous transplantation of developing mandibular third molars. *J Indian Dent Assoc* 42: 199–212 (1970)
- SLAGSVOLD O, BJERCKE B:** Indications for autotransplantation in cases of missing premolars. *Am J Orthod* 74: 241–257 (1978)
- STÖCKLI P W:** Postnataler Wachstumsverlauf, Gesicht-, Kieferwachstum und Entwicklung der Dentition. In: Stöckli P W, Ben-Zur E D (Hrsg.): *Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen*. Thieme, Stuttgart (1994)
- TEMMERMAN L, DE PAUW G A, BEELE H, DERMAUT L R:** Tooth transplantation and cryopreservation: state of the art. *Am J Orthod Orthop* 129: 691–695 (2006)
- TERHEYDEN H, GERHARDT U, KÖNIG J:** Langzeitergebnisse der Zahntransplantation unter funktioneller und parodontaler Sicht. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40: 84–87 (1995)
- YANPISET K, TROPE M:** Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after different treatment methods. *Endod Dent Traumatol* 16: 211–217 (2000)