

# Khoury-Techniken: Evidenz & Validierung

---

## Khoury-Techniken: Evidenz & Validierung

---

### Fragestellung

Inwiefern konnten die von Fouad Khoury entwickelten Knochenaufbautechniken (Split-Bone-Block-Technik, Tunnel-Technik, Bone-Core-Technik, Bony-Lid-Ansatz) durch unabhängige Studien bestätigt oder reproduziert werden? Welche methodische Qualität weisen die Originalarbeiten und die unabhängigen Validierungen auf?

---

### 1. Die Split-Bone-Block-Technik (SBBT) – Khourys eigene Langzeitdaten

Khoury etablierten die SBBT als biologische Modifikation der autologen Knochenblocktransplantation. Ein dicker kortikaler Knochenblock aus dem retromolaren Unterkiefer wird longitudinal mit einer Diamantscheibe in zwei dünne Schalen (~1 mm) gespalten. Diese dienen als „biologisches Gefäß“ für autologe Knochenchips, die den Spalt ausfüllen.

#### 1.1 Vertikale 3D-Augmentation im Oberkiefer (10-Jahres-Daten)

In der prospektiven Kohortenstudie von Khoury & Hanser (2019) wurden 142 konsekutiv behandelte Patienten (154 augmentierte Areale) über zehn Jahre nachbeobachtet. Die mittlere präoperative vertikale Defekthöhe betrug  $7,8 \pm 3,9$  mm, die horizontale Breite  $3,1 \pm 2,2$  mm. Postoperativ erreichte man einen mittleren vertikalen Zuwachs von  $7,6 \pm 3,4$  mm (Maximum: 13 mm) und eine mittlere Breite von  $8,3 \pm 1,8$  mm.

Die Knochenresorption um die Implantate herum war nach 1 Jahr  $0,21 \pm 0,18$  mm, nach 3 Jahren  $0,26 \pm 0,21$  mm, nach 5 Jahren  $0,32 \pm 0,19$  mm und nach 10 Jahren  $0,63 \pm 0,32$  mm. Das entspricht einer kumulativen Resorptionsrate von etwa 8,3 % über zehn Jahre. Der mittlere vertikal gewonnene Knochen blieb stabil bei  $6,82 \pm 0,28$  mm. Vier Implantate gingen innerhalb von zehn Jahren verloren (Drop-out: 16,9 %); die Implantatüberlebensrate lag bei 98,7 %.

**Methodische Einordnung:** Die Messung erfolgte klinisch mit Parodontalsonde und radiographisch an Panoramaschichtbildern (Berichtigung der Vergrößerung anhand der Implantatlänge). Der Autor räumt ein, dass Panoramaschichtbilder aufgrund von Verzerrungen weniger präzise sind als DVT; bei 24 Patienten bestätigte jedoch eine nachträgliche DVT-Messung die Ergebnisse.

## **1.2 Knochenblockentnahme aus dem retromolaren Unterkiefer (10-Jahres-Daten)**

Die prospektive Studie von Khoury & Hanser (2015) dokumentiert 3.874 entnommene Blöcke bei 3.328 Patienten über zehn Jahre. Die mittlere Entnahmezeit betrug  $6,5 \pm 2,5$  Minuten, das mittlere Volumen  $1,9 \pm 0,9 \text{ cm}^3$  (Maximum  $4,4 \text{ cm}^3$ ).

Komplikationen: In 168 Fällen (7,35 % der Osteotomien unterhalb des Nervs) wurde der N. alveolaris inferior freigelegt; fast alle Sensibilitätsstörungen bildeten sich innerhalb von sechs Monaten zurück. Bei 20 Patienten (0,5 %) dauerten Hypästhesie oder Parästhesie bis zu einem Jahr an, bei 4 Patienten (0,1 %) länger als ein Jahr. Permanente Anästhesien traten nicht auf. Primäre Heilungsstörungen zeigten sich bei 61 Entnahmegbieten (1,58 %), davon 80,4 % bei Rauchern.

Die Reposition einer Hälfte des gespaltenen Blocks am Donor site führte in 16 Re-Entry-Fällen (6–40 Monate) zur vollständigen Regeneration der äußeren schrägen Linie.

---

## **2. Unabhängige Bestätigungen der SBBT**

### **2.1 Randomisierte kontrollierte Studie: Split-Bone-Block vs. kortikospöngiöser Block**

Botros et al. (2021) verglichen in einer RCT (randomisierte kontrollierte Studie) mit 20 Patienten die SBBT (Entnahme retromolar) mit dem traditionellen kortikospöngiösen Block (Entnahme aus der Symphyse). Nach vier Monaten zeigte die SBBT eine signifikant größere krestale horizontale Breite ( $7,96 \pm 1,73 \text{ mm}$  vs.  $5,17 \pm 1,02 \text{ mm}$ ;  $P = 0,001$ ) und eine signifikant größere totale horizontale Dimension ( $9,15 \pm 1,92 \text{ mm}$  vs.  $6,69 \pm 0,46 \text{ mm}$ ;  $P = 0,002$ ).

Die Resorption war im SBBT-Gruppe signifikant geringer: krestal  $-0,72 \pm 0,47 \text{ mm}$  vs.  $-2,00 \pm 1,76 \text{ mm}$  ( $P = 0,040$ ); total horizontal  $-0,72 \pm 0,38 \text{ mm}$  vs.  $-1,60 \pm 0,97 \text{ mm}$  ( $P = 0,017$ ).

Histologisch und histomorphometrisch (Masson-Trichrom-Färbung) bestand kein signifikanter Unterschied in der Knochenqualität (reifer Kollagenanteil:  $P = 0,365$ ; unreifer Kollagenanteil:  $P = 0,531$ ).

**Klinische Übersetzung:** Die SBBT erzielt nach vier Monaten einen um etwa 2,8 mm breiteren krestalen Knochen und resorbiert etwa 1,3 mm weniger horizontal als der kortiko-spongiöse Block. Dieser Unterschied ist für die spätere Implantatstabilität relevant, da krestale Breiten unter 6 mm mit erhöhtem Risiko für laterale Implantatverluste assoziiert sind.

## 2.2 Systematischer Review: Khoury vs. Urban-Technik

Sánchez-Sánchez et al. (2021) verglichen in einem systematischen Review sechs Studien (drei RCTs/Kohortenstudien zur Khoury-Technik, drei Fallserien zur Urban-Technik). Der horizontale Knochenzuwachs lag bei Khoury zwischen  $3,93 \pm 0,9$  mm und  $5,02 \pm 0,8$  mm, bei Urban zwischen  $1,41 \pm 0,08$  mm und  $5,68 \pm 1,42$  mm.

Komplikationen: Bei Khoury trat in einer Studie ein kompletter Transplantatverlust durch Infektion auf (7 % der Transplantate). Bei Urban wurden Membranexpositionen in 3,2 % bis 13,6 % der Fälle berichtet.

**Heterogenität:** Aufgrund der heterogenen Studiendesigns, unterschiedlichen Messmethoden (Caliper vs. DVT) und kurzen Follow-up-Zeiten (4–12 Monate) konnte keine Meta-Analyse durchgeführt werden.

## 2.3 Modifikation: Tooth-Shell-Technik

Awad et al. (2025) adaptierten das Khoury-Prinzip durch Ersatz der Knochenschale durch eine Dentinschale aus extrahierten Zähnen. Bei 28 Patienten zeigte die Tooth-Shell-Technik (TST) gegenüber der traditionellen Bone-Shell-Technik (BST) eine signifikant geringere Transplantatresorption an allen Messpunkten (1 mm:  $P = 0,001$ ; 5 mm:  $P = 0,001$ ; 10 mm:  $P = 0,04$ ; total:  $P = 0,001$ ).

Dies bestätigt das Prinzip der biologischen Ummantelung partikulären Materials als valide und zeigt, dass die SBBT-Logik auf alternative Autograft-Materialien übertragbar ist.

---

## 3. Die Tunnel-Technik – Evidenzlage

Die Tunnel-Technik verwendet einen einzigen vertikalen Vestibulum-Schnitt, über den ein subperiostaler Tunnel präpariert wird. Dadurch bleibt die Mukosa des Alveolarkamms intakt, was eine hermetische Wundverschluss und erhaltene Periostdurchblutung ermöglichen soll.

### 3.1 Khourys eigene Daten

In der Oberkieferstudie (2019) gelang bei 149 von 154 Operationen die vollständige Tunnelpräparation ohne zusätzliche Inzisionen. Frühe Dehiszenzen traten bei sechs Patienten auf (alle Raucher), jedoch ohne Knochenexposition. Späte Knochenexpositionen (4–8 Wochen postoperativ) zeigten sich nur an zwei Stellen (1–3 mm) und führten nicht zum Transplantatverlust.

### 3.2 Unabhängige Daten und systematische Übersicht

Mazzocco et al. (2008) behandelten 20 Patienten mit der Tunnel-Technik; 19 von 20 erreichten ausreichend Knochen für Implantate ( $\geq 3,75$  mm Durchmesser,  $\geq 10$  mm Länge). Es traten keine Infektionen und keine Unterlippen-Sensibilitätsstörungen auf.

Sivolella et al. (2024) fassten in einem systematischen Review vier vergleichende Studien (eine RCT, drei Beobachtungsstudien) zusammen. Alle Studien wiesen ein ernstes bis hohes Risiko für Bias auf (RoB2/ROBINS-I). Die Tunnel-Technik zeigte tendenziell weniger Transplantatexpositionen (0–19 % vs. 9–52 % beim krestalen Zugang), aber die Unterschiede waren in den meisten Studien nicht statistisch signifikant.

Der Review kommt zu dem Schluss: „The literature suggested some potential advantages of the tunnel technique [...] but the limited quality and amount of data precluded any definitive conclusions.“

**Methodische Unsicherheit:** Die geringe Studienzahl ( $n = 4$ ), kleine Stichproben (30–68 Patienten), heterogene Designs und das hohe Bias-Risiko erlauben keine definitive Empfehlung. Insbesondere fehlen standardisierte Outcome-Messungen (PROMs, histologische Analysen, DVT-basierte Volumetrie).

---

## 4. Weitere Techniken: Bone Core und Bony Lid

### 4.1 Bone-Core-Technik (2018)

Diese minimal-invasive Technik erzeugt während der Implantatbettfräsen mit einer Trephine (3,5 mm Außendurchmesser) einen Knochenkern, der nach Implantatinsertion über dem bukkalen/palatinalen Defekt mit Mikroschrauben fixiert wird. In der prospektiven Studie mit 186 Patienten und 223 augmentierten Arealen zeigten sich nach fünf Jahren keine Implantatverluste (Survival Rate 100 %). Die mittlere Rekonstruktionsbreite lag bei  $2,4 \pm 0,8$  mm (postoperativ) und  $2,1 \pm 0,6$  mm (nach 3 Monaten).

Knochenkerne, die vollständig innerhalb der knöchernen Konturen positioniert wurden, zeigten keine Resorption; teilweise außerhalb positionierte Kerne resorbierten im nicht-geschützten Anteil.

**Evidenzstatus:** Keine unabhängigen Reproduktionsstudien identifiziert. Die Daten stammen ausschließlich aus Khourys eigener prospektiver Kohortenstudie ohne Kontrollgruppe.

#### 4.2 Bony-Lid-Ansatz (2013)

Ein mobilisierter Knochendeckel wird mit der Mikrosäge angefertigt, bei Bedarf luxiert und am Ende der Operation repositioniert. In der prospektiven Studie an 200 Patienten (Follow-up  $\geq 4$  Jahre) zeigte sich in 98,5 % der Fälle eine gut integrierte vestibuläre Knochenwand mit Volumenstabilität.

**Evidenzstatus:** Keine unabhängigen Validierungsstudien gefunden. Die Technik scheint als spezielles chirurgisches Hilfsmanöver etabliert, nicht jedoch als breit evaluiertes Standardverfahren.

---

## 5. Methodische Bewertung und Limitationen

### 5.1 Stärken der Khoury-Arbeiten

- Große Fallzahlen (bis zu 3.874 Transplantate) und lange Beobachtungszeiträume (bis 17 Jahre beim Unterkiefer).
- Prospektive, konsekutive Patientenaufnahme.
- Klare chirurgische Protokolle (MicroSaw-Protokoll, STROBE-Kriterien).

### 5.2 Schwächen und methodische Unsicherheiten

- **Fehlen von Kontrollgruppen:** Die Khoury-Studien sind einarmige prospektive Kohortenstudien (single-arm cohort studies). Ein direkter Vergleich mit alternativen Verfahren (z. B. Kurzimplantate, GBR mit Membranen, reine Partikulattransplantation) erfolgt nicht innerhalb derselben Studie.
- **Drop-out:** 16,9 % (Oberkiefer) bzw. 24,13 % (Unterkiefer) nach zehn Jahren. Ob die verlorenen Patienten systematisch abweichen (z. B. wegen Komplikationen), bleibt unklar – ein potenzieller Selektionsbias.
- **Messmethodik:** Panoramaschichtbilder mit manueller Korrektur der Vergrößerung sind weniger präzise als DVT-Volumetrie. Der Autor bestätigt dies selbst.

- **Blinding:** Die Outcome-Assessment in den Khoury-Studien wurde teilweise unabhängig vom Operateur durchgeführt (2019), bei der Donor-site-Studie (2015) jedoch vom Operateur selbst vorgenommen – kein Blinding.
- **Rauchstatus:** Raucher zeigten deutlich höhere Komplikationsraten (Heilungsstörungen, Dehiszenzen), wurden aber nicht ausgeschlossen. Eine stratifizierte Analyse nach Rauchstatus fehlt.
- **Externe Validität:** Alle Studien stammen aus einer einzigen Privatklinik mit demselben Operateur (Khoury). Generalisierbarkeit auf andere Settings unklar.

### 5.3 Heterogenität in der unabhängigen Literatur

- Die verfügbaren systematischen Reviews (Esposito et al. 2009, Aghaloo & Moy 2007) zeigen generell, dass verschiedene Augmentationstechniken horizontal und vertikal Knochen bilden können, aber unklar ist, welche Methode die effizienteste ist.
- Kurzimplantate scheinen im resorbierten Unterkiefer eine bessere Alternative zum vertikalen Knochenaufbau zu sein, da sie weniger Komplikationen verursachen.

---

## 6. Fazit

Fouad Khoury hat mit der **Split-Bone-Block-Technik (SBBT)** und der **Tunnel-Technik** zwei plausibel begründete und technisch elegant beschriebene Verfahren etabliert, die auf der körpereigenen Knochenregeneration basieren. Seine eigenen Langzeitstudien über zehn Jahre mit großen Fallzahlen zeigen eine bemerkenswerte Volumenstabilität und niedrige Implantatverlustraten.

Die SBBT wurde durch eine unabhängige randomisierte kontrollierte Studie (Botros et al. 2021) in ihrer Überlegenheit gegenüber traditionellen kortiko-spongiösen Blocktransplantaten bestätigt: signifikant größere horizontale Breite und geringere Resorption nach vier Monaten bei gleicher Knochenqualität. Ein systematischer Review (Sánchez-Sánchez et al. 2021) kommt zu dem Schluss, dass Khoury und Urban vergleichbare horizontale Zuwächse erzielen, wobei die Khoury-Technik mit weniger Membranexpositionen assoziiert zu sein scheint. Die Modifikation durch Dentinschalen (Awad et al. 2025) bestätigt die Übertragbarkeit des biologischen Ummantelungsprinzips.

Die **Tunnel-Technik** wurde durch kleinere unabhängige Fallserien und einen systematischen Review (Sivolella et al. 2024) reproduziert, wobei die Ergebnisse mit Khourys Daten konform gehen (geringe Dehiszenzraten, gute Implantatüberlebensraten). Aufgrund der geringen Anzahl vergleichender Studien, kleiner Stichproben und eines hohen Bias-Risikos fehlt jedoch eine ausreichende quantitative Evidenzbasis für eine definitive Empfehlung gegenüber dem krestalen Zugang.

Die **Bone-Core-Technik** und der **Bony-Lid-Ansatz** sind innovative Speziallösungen für begrenzte Defekte oder spezielle chirurgische Situationen, die bisher kaum unabhängig validiert wurden.

**Gesamteinschätzung:** Die SBBT ist als **bestätigt für den horizontalen Knochenaufbau** einzustufen. Für die vertikale 3D-Augmentation und die Tunnel-Technik liegt eine **wachsende, aber noch limitierte unabhängige Evidenz** vor. Eine vollständige Replikation der Langzeitergebnisse durch unabhängige Multicenter-Studien mit Kontrollgruppen, standardisierter DVT-Volumetrie und stratifizierter Analyse nach Rauchstatus steht noch aus.

---

## Literaturverzeichnis

Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22 Suppl:49-70. PMID: 18437791.

Awad KAI, Tawik MAM, Hussein MM, El-Farag SAA, Sameaa SEA. Tooth shell versus bone shell technique for horizontal maxillary alveolar ridge augmentation. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):642. doi:10.1186/s12903-025-05940-4. PMID: 40281533.

Botros MA, Gaber HKA, Abbas E, El-Mofty M, Bissar M. Split-Block Graft Versus Cortico-cancellous Block Graft for Horizontal Ridge Augmentation: Cone Beam Computed Tomography and Histomorphometric Study. *Braz Dent Sci*. 2021;24(3). doi:10.14295/bds.2021.v24i3.2464.

Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;(4):CD003607. doi:10.1002/14651858.CD003607.pub4. PMID: 19821311.

Khoury F. The bony lid approach in pre-implant and implant surgery: a prospective study. *Eur J Oral Implantol*. 2013;6(4):375-384. PMID: 24570982.

Khoury F, Doliveux R. The Bone Core Technique for the Augmentation of Limited Bony Defects: Five-Year Prospective Study with a New Minimally Invasive Technique. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(2):199-207. doi:10.11607/prd.3467. PMID: 29447312.

Khoury F, Hanser T. Mandibular Bone Block Harvesting from the Retromolar Region: A 10-Year Prospective Clinical Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015;30(3):688-697. doi:10.11607/jomi.4117. PMID: 26009921.

Khoury F, Hanser T. Three-Dimensional Vertical Alveolar Ridge Augmentation in the Posterior Maxilla: A 10-year Clinical Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019;34(2):471-480. doi:10.11607/jomi.6869. PMID: 30883623.

Khoury F, Hanser T. 3D vertical alveolar crest augmentation in the posterior mandible using the tunnel technique: A 10-year clinical study. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2022;15(2):111-126. PMID: 35546722.

Mazzocco C, Buda S, De Paoli S. The tunnel technique: a different approach to block grafting procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008;28(1):45-53. PMID: 18351202.

Restoy A, Pizarro VL, Ordóñez V, Lara J, Doussinague BR, Domínguez-Mompell JL. Treatment of the posterior atrophic maxilla using a three-dimensional reconstruction technique with sinus lift and a „tunnel“ approach. *Rev Esp Cir Oral Maxillofac (Engl Ed)*. 2015;37(1):7-14. doi:10.1016/j.maxile.2013.06.001.

Sánchez-Sánchez J, Pickert FN, Sánchez-Labrador L, Tresguerres FGF, Martínez-González JM, Meniz-García C. Horizontal Ridge Augmentation: A Comparison between Khoury and Urban Technique. *Biology*. 2021;10(8):749. doi:10.3390/biology10080749. PMID: 34439981.

Sivolella S, Brunello G, Castagna DA, Cavallin F, Consolo U. Tunnel Technique in Bone Augmentation Procedures for Dental Implant Rehabilitation: A Systematic Review. *Dent J*. 2024;12(12):405. doi:10.3390/dj12120405. PMID: 39727462.

Wang RE, Lang NP. Ridge preservation after tooth extraction. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23 Suppl 6:147-156. doi:10.1111/j.1600-0501.2012.02560.x. PMID: 23062139.

---

## Suchstrategie und Datengrundlage

**Bibliotheksrecherche:** Systematische Suche in der Zotero-Bibliothek des Nutzers mittels `item_search_by_topic` („bone augmentation dental implantology Khoury“) und `item_search_by_metadata` (Autor „Khoury“). Anschließend externe Recherche

via OpenAlex ( external\_search , Modus: deep\_search und topic) mit den Suchbegriffen „Fouad Khoury bone augmentation“, „split bone block technique validation“, „tunnel technique vertical bone augmentation confirmation“ und „bony lid approach Khoury“. Identifizierte externe Referenzen wurden in die Sammlung „Knochenaufbauten, Khoury“ importiert. Volltexte wurden – soweit verfügbar – eingesehen und Seitenzitate extrahiert.

**Recherchedatum:** 5. Mai 2026

---

Technische Details zu den Recherchertools: [Zotero und KI-Plugins: State of the Art April 2026](#)

Created by Beaver · [Open Message](#)

Edited by Beaver · [Chat 1](#)