

# Prehľad vybraných biomateriálov pre kostné augmentácie v orofaciálnej oblasti, II. časť

## Overview of Selected Biomaterials for Bone Augmentation in the Orofacial Region, Part II

Lučivjanská, Z., Stehlík, R., Kizek, P., Borza, B.

MDDr. Zdenka LUČIVJANSKÁ, MDDr. Radoslav STEHLÍK,  
MUDr. Peter KIZEK, PhD., MHA, MPH, MDDr. Branislav BORZA, PhD.

Klinika stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie UPJŠ LF a UN L. Pasteura v Košiciach

### Alogénne kostné materiály v orofaciálnej chirurgii

Alogénna kosť (alograft) predstavuje kostné tkanivo odobraté od geneticky odlišného jedinca rovnakého druhu – teda od iného človeka. Na rozdiel od autológnej kosti nepochádza priamo od pacienta, ale získava sa z tkanivových bánk po dôkladnom spracovaní a sterilizácii. Tieto postupy eliminujú bunkové elementy, redukujú imunitnú reakciu a riziko prenosu infekčných agensov, pričom zachovávajú základnú štruktúru kostnej matrice a niektoré biologicky aktívne komponenty.

V maxilofaciálnej chirurgii sa alogénne kostné štepy využívajú na augmentáciu alveolárneho hrebeňa, v implantológii, pri technike sinus lift, na rekonštrukciu po cystektómiách, resekcií tumorov, resp. resekčných výkonoch, ablatívnej chirurgii alebo pourazových stavoch.

Alogénne štepy sa spracovávajú rôznymi technológiami, ktoré určujú ich biologické vlastnosti a klinické využitie [1 – 5].

#### Najčastejšie používané formy sú:

- Mrazená kosť (fresh frozen bone – FFB): zachováva pôvodnú mikroštruktúru a kolagénové vlákna, no vyžaduje skladovanie pri veľmi nízkych teplotách.
- Deproteinizovaná, demineralizovaná kosť (demineralized bone matrix – DBM): vzniká chemickou extrakciou minerálnej zložky, čím sa uvoľňujú rastové faktory ako BMP (bone morphogenetic proteins), ktoré podporujú osteoindukciu.
- Lyofilizovaná kosť (freeze-dried bone allograft – FDDBA): sterilná, dlhodobo skladovateľná forma s výbornou manipuláciou; poskytuje osteokondukčný rámec, no s limitovanou osteoindukciou.
- Demineralizovaná lyofilizovaná kosť (decalcified freeze-dried bone allograft – DFDBA): spája výhody oboch predchádzajúcich foriem – vysokú stabilitu a schopnosť indukcie novej kosti.



**Obr. 3** Pseudocysta v oblasti tela sánky vľavo u 14-ročnej pacientky, ktorá bola náhodne zistená pri RTG vyšetrení (zdroj: KSaMFCH)

**Fig. 3** A pseudocyst in the region of the left mandibular body in a 14-year-old female patient, incidentally discovered during an X-ray examination



**Obr. 4** Alogénny kostný štep z tkanivovej banky (zdroj: KSaMFCH)

**Fig. 4** Allogeneic bone graft from a tissue bank



**Obr. 5** Stav po 1 mesiaci od revízie defektu a augmentácii pomocou alogénnej kosti (zdroj: KSaMFCH)

**Fig. 5** Status one month after defect revision and augmentation with allogeneic bone



**Obr. 6** Stav 6 mesiacov po operácii a úplnom vyhojení kostného defektu (zdroj: KSaMFCH)

**Fig. 6** Status 6 months after surgery with complete healing of the bone defect

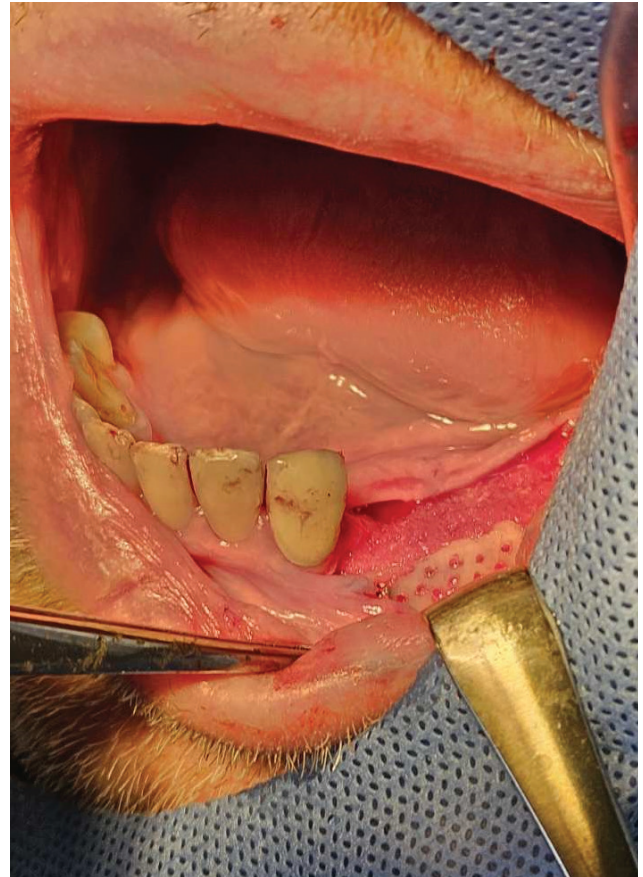
Spracovanie alogénneho materiálu zahŕňa sterilizáciu (rádiáciou, etylénoxidom alebo chemickou dezinfekciou), testovanie na infekčné agensy (HIV, HBV, HCV, syfilis) a validáciu podľa štandardov tkanivových bánk. Riziko imunitnej reakcie alebo prenosu infekcie je vďaka prísnemu spracovaniu minimálne. Testovanie na infekčné agensy u alogénnych materiálov je nedoriešený problém, protokol nie je zatiaľ medzinárodne štandardizovaný [11].

Alogénna kosť disponuje predovšetkým osteokondukčnými vlastnosťami – vytvára priestorovú štruktúru, po ktorej môžu migrovať osteoprogenitorové bunky z hostiteľského tkaniva. V prípade zachovania niektorých rastových faktorov sa prejavuje aj mierna osteoinduktívna aktivita, hoci nedosahuje úroveň autológnej kosti.

Osteogenéza, teda priamy prenos živých osteoblastov, pri alogénnych štepoch neprebíha, keďže bunkové elementy sú počas spracovania odstránené. Proces remodelácie prebieha pomocou resorpcie štepu a jeho postupnej náhrady novoutvorenou kosťou hostiteľa.

Výhodou alogénnej kosti je predovšetkým eliminácia potreby druhého operačného poľa, čo znamená skrátený čas zákroku a nižšiu záťaž pre pacienta. Taktiež dostupnosť väčšieho množstva materiálu, vhodného pre rozsiahlejšie defekty a dlhá skladovateľnosť s okamžitou pripravenosťou na použitie je veľkým benefitom. Forma je

voliteľná na základe indikácie ako blok, granuly alebo pasta. Alogénna kosť je dobre kombinovateľná s autogénnou kosťou, xenograftom, rastovými faktormi či membránami, čím sa jej vlastnosti ešte vylepšia. [1 – 6].



**Obr. 7** Kombinácia alogénnej kosti a xenograftu pri augmentácii alveolárneho výbežku sánky technikou podľa Khouryho (zdroj: KSaMFCH)

**Fig. 7** Combination of allogeneic bone and a xenograft in augmentation of the mandibular alveolar ridge using the Khoury technique

## Aloplastické (syntetické) biomateriály v orofaciálnej chirurgii

Aloplastické materiály (aloplasty) predstavujú synteticky vyrobené biomateriály určené na náhradu alebo regeneráciu kostného tkaniva. Sú navrhnuté tak, aby boli biokompatibilné, bezpečné a štrukturálne podobné kostnej hmote. Na rozdiel od autológnych, alogénnych či xenogénnych štepov nepochádzajú z biologického zdroja, čo eliminuje riziko prenosu ochorení a imunitnej reakcie [1]. Alostasty môžu byť vyrábané vo forme granúl, blokov, cementov, poréznych scaffoldov alebo pást a často sa kombinujú s biologickými faktormi (PRF, kmeňové bunky) alebo membránami pre zvýšenie regeneračného potenciálu [7, 8].

## Typy aloplastických materiálov

### 1. Kalciovo-fosfátové keramické materiály

- Hydroxyapatit (HA): veľmi biokompatibilný, pomaly resorbovateľný, poskytuje objemovú stabilitu; dostupný v makroporéznej alebo mikroporéznej forme.

- Trikalciumpfosfát ( $\beta$ -TCP): rýchlejšie sa resorbuje a nahrádza novoutvorenou kosťou; vhodný pre menšie defekty.

- Kombinácia HA/ $\beta$ -TCP (bifázické keramické materiály): spája stabilitu hydroxyapatitu s resorpčným potenciálom TCP.

## 2. Bioaktívne sklá

- Vytvárajú na svojom povrchu vrstvu hydroxykarbonátového apatitu, ktorá podporuje väzbu s hostiteľskou kosťou.

- Majú schopnosť uvoľňovať ióny (Si, Ca, P), čím stimulujú osteoblasty a angiogénu.

## 3. Polyméry

- Resorbovateľné polyméry (napr. polylaktid – PLA, polyglykolid – PGA, PLGA): využívané najmä ako nosiče pre bunky a rastové faktory v tkanivovom inžinierstve.

- Neresorbovateľné polyméry (napr. polymetylmakrylát – PMMA): používajú sa pri kraniofaciálnych rekonštrukciách ako pevné implantáty.

## 4. Kompozitné materiály

- Sú kombináciou viacerých zložiek, spravidla anorganických (napr. hydroxyapatit,  $\beta$ -trikalciumpfosfát, bioaktívne sklo) a organických (polyméry, kolagén, chitosan, alginát, PLGA, PEEK). Cieľom je využiť výhody oboch komponentov a kompenzovať ich nevýhody.

- Keramicko-polymérne kompozity – spájajú mechanickú pevnosť a osteokondukciu keramik (HA, TCP) s pružnosťou a bioresorbovateľnosťou polymérov (PLGA, PCL). Príkladom sú porézne scaffoldy s obsahom HA/TCP v polymérnej matici, ktoré napodobňujú prirodzenú štruktúru kosti.

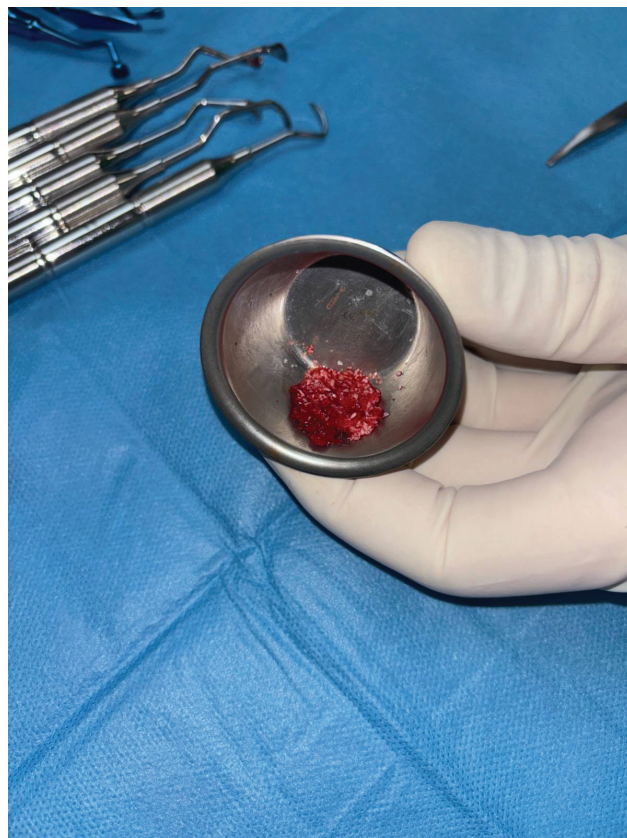
- Kolagénom impregnované keramické granuly – zlepšujú bunkovú adhéziu a napodobňujú prirodzenú extracelulárnu maticu.

- Kompozity s bioaktívnym sklom – umožňujú uvoľňovanie iónov, ktoré stimulujú angiogénu a osteoblastickú diferenciáciu.

- Nanokompozity – využívajú nanoštruktúrované povrchy a nanovláknité polyméry, ktoré sa svojou mierkou blížia prirodzenej kostnej architektúre.

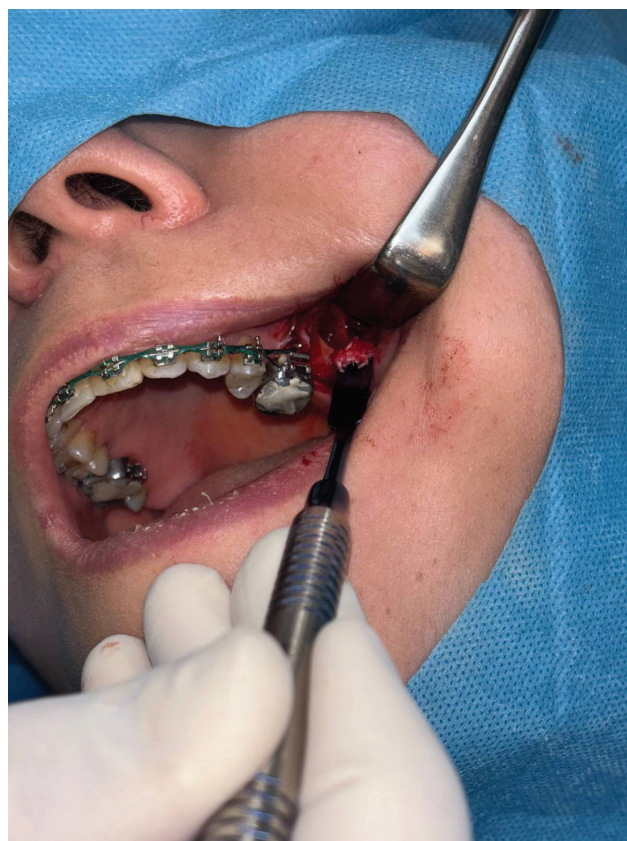
- Výhodou kompozitov je možnosť cieleného nastavenia ich vlastností, ako napríklad rýchlosti degradácie, pórovitosti, pevnosti a bioaktivity. V praxi to znamená, že materiál sa dokáže lepšie prispôbiť konkrétnym klinickým indikáciám.

Aloplastické biomateriály sú prevažne osteokonduktívne, slúžia ako mechanická a štrukturálna opora pre migráciu a proliferáciu osteoblastov. Samotné nemajú osteoinduktívny ani osteogénny potenciál, avšak v kombinácii s rastovými faktormi alebo kmeňovými bunkami môžu dosahovať veľmi priaznivé výsledky. Ich resorpcia a integrácia závisí od chemického zloženia, porozity a štrukturálnych vlastností. Napríklad  $\beta$ -TCP sa resorbuje v priebehu 6 – 24 mesiacov, zatiaľ čo HA môže perzistovať v tkanive dlhodobo [9, 10].



Obr. 8 Syntetický Octacalcium Phosphate Bontree® materiál zmiešaný s plazmou (zdroj: KSaMFCH)

Fig. 8 Synthetic octacalcium phosphate Bontree® material mixed with plasma



Obr. 9 Materiál počas aplikácie (zdroj: KSaMFCH)

Fig. 9 Material during application



**Obr. 10** Materiál aplikovaný do defektu (zdroj: KSaMFCH)  
**Fig. 10** Material applied to the defect

10. Bose S, Roy M, Bandyopadhyay A. Recent advances in bone tissue engineering scaffolds. *Trends Biotechnol.* 2012 Oct;30(10):546–554. doi:10.1016/j.tibtech.2012.07.005. PMID: PMC3448860.

11. Fishman JA, Greenwald MA, Grossi PA. Transmission of infection with human allografts: essential considerations in donor screening. *Clin Infect Dis.* 2012;55(5):720–727. doi:10.1093/cid/cis519.

#### **Korešpondujúci autor**

MDDr. Zdenka LUČIVJANSKÁ

Klinika stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie  
 UPJŠ LF a UN L. Pasteura v Košiciach

## **LITERATÚRA**

1. Nicolae C-L, Pirvulescu D-C, Niculescu A-G, Epistatu D, Mihaiescu DE, Antohi AM, Grumezescu AM, Croitoru G-A. An up-to-date review of materials science advances in bone grafting for oral and maxillofacial pathology. *Materials (Basel).* 2024;17(19):4782. doi:10.3390/ma17194782.
2. Fesseha H. Bone grafting, its principle and application: a review. *Osteol Rheumatol Open J.* 2020;1(1):43–50. doi:10.17140/ORHOJ-1-113.
3. Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *Eur Spine J.* 2001;10(Suppl 2):S96–S101. doi:10.1007/s005860100282.
4. Baldwin P, Li DJ, Auston DA, Mir HS, Yoon RS, Koval KJ. Autograft, allograft, and bone graft substitutes: clinical evidence and indications for use in the setting of orthopaedic trauma surgery. *J Orthop Trauma.* 2019 Apr;33(4):203–213. doi:10.1097/BOT.0000000000001420. PMID: 30633080.
5. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:218–236. PMID: 19885447.
6. Miron RJ. Optimized bone grafting. *Periodontol 2000.* 2024 Feb;94(1):143–160. doi:10.1111/prd.12517.
7. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone grafts and substitutes in dentistry: a review of current trends and developments. *Molecules.* 2021 May 18;26(10):3007. doi:10.3390/molecules26103007. PMID: PMC8158510.
8. Zimmermann G, Moghaddam A. Allograft bone matrix versus synthetic bone graft substitutes. *Injury.* 2011;42(Suppl 2):S16–S21. doi:10.1016/j.injury.2011.06.199.
9. Wang W, Yeung KWK. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: a review. *Bioactive Materials.* 2017;2(4):224–247. doi:10.1016/j.bioactmat.2017.05.007.