

UNIVERZITA KARLOVA
Lékařská fakulta v Hradci Králové

**Využití porézních meziobratlových klecí z oxidu hlinitého
pro meziobratlovou fúzi krční páteře**

Roman Kostyšin

Autoreferát disertační práce
Doktorský studijní program: Chirurgie

Hradec Králové

2023

Disertační práce byla vypracována v rámci kombinovaného studia doktorského studijního programu Chirurgie na Neurochirurgické klinice Fakultní nemocnice Hradec Králové, Lékařské fakulty v Hradci Králové.

Autor: Roman Kostyšyn
Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Hradec Králové a
Lékařské fakulty v Hradci Králové Univerzity Karlovy

Školitel: doc. MUDr. Tomáš Česák, Ph.D.
Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Hradec Králové a
Lékařské fakulty v Hradci Králové Univerzity Karlovy

Školitel konzultant: doc. MUDr. Pavel Ryška, Ph.D.
Radiologická klinika Fakultní nemocnice Hradec Králové a
Lékařské fakulty v Hradci Králové Univerzity Karlovy

Oponenti: prof. MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D.
Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Olomouc a
Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

doc. MUDr. Michal Filip, Ph.D.
Neurochirurgické oddělení KN T. Bati ve Zlíně, Klinika rehabilitace a
tělovýchovného lékařství Lékařské fakulty Ostravské univerzity

Obhajoba se bude konat před Komisí pro obhajoby OR Chirurgie dne ...

S disertační prací je možno se seznámit na studijním oddělení děkanátu Lékařské fakulty v Hradci Králové, Univerzity Karlovy, Šimkova 870, 500 03 Hradec Králové (tel. 495 816 134).

prof. MUDr. RNDr. Milan Kaška, Ph.D.
Předseda komise pro obhajoby disertačních prací
v doktorském studijním programu chirurgie
Garant studijního programu

Obsah

1. Souhrn	5
2. Summary	6
3. Úvod do problematiky	7
4. Cíle disertační práce	9
5. Soubor a metodika	9
5.1. Soubor pacientů.....	9
5.2. Operační výkon	10
5.2.1. Sledované typy implantátů.....	10
5.2.1.1. Implantát z Al ₂ O ₃	10
5.2.1.2. Implantát z PEEK	11
5.3. Hodnocení pooperačních komplikací.....	11
5.4. Klinické sledování pacientů	12
5.5. Radiologické sledování pacientů	12
5.5.1. Sledované grafické parametry	12
5.6. Zpracování dat a statistická analýza.....	15
6. Výsledky	16
6.1. Rozdíly v demografických charakteristikách sledovaných skupin	16
6.2. Klinické výsledky	16
6.3. Pooperační komplikace	17
6.4. Radiografické výsledky.....	18
6.4.1. Začátek a rychlost meziobratlové fúze	18
6.4.2. Kvalitativní a kvantitativní hodnocení fúze.....	19
6.4.3. Subsidence a osteolýza	20
7. Diskuze.....	21
8. Závěry	24
9. Použitá literatura	25
10. Přehled publikační činnosti autora	27

1. Souhrn

Úvod: Operace přední krční diskektomie a fúze (ACDF) patří mezi nejužívanější metody chirurgické léčby degenerativního onemocnění krční páteře. Chirurgickým cílem operace je především dekomprese nervových struktur. Sekundárním, ale neméně důležitým cílem operačního výkonu, je zajištění meziobratlové fúze jako prevence následné instability nebo deformity v operovaném prostoru. Volba optimální klece pro náhradu disku při ACDF zohledňuje požadavky na rychlost a kvalitu fúze použitého implantátu, stejně tak klade nároky na jeho bezpečnost.

Cíle: Hlavním cílem této prospektivní randomizované monocentrické studie bylo zhodnotit kvantitativní a kvalitativní parametry meziobratlové fúze u implantovaných porézniích klecí z oxidu hlinitého (Al_2O_3) a porovnat je s parametry fúze u klecí z polyetheretherketonu (PEEK) při ACDF. Dalším cílem bylo porovnat klinické výsledky u obou implantátů.

Metodika: Do studie bylo zařazeno celkem 111 pacientů. Sledování probíhalo 18 měsíců a bylo dokončeno u 68 pacientů s Al_2O_3 klecí a 35 pacientů s PEEK klecí po jednosegmentové ACDF. Klinické výsledky byly hodnoceny podle skórovacího systému Neck Disability Index (NDI). Kvalitativní a kvantitativní parametry fúze byly hodnoceny pomocí výpočetní tomografie.

Výsledky: Průměry hodnot NDI poklesly ve skupinách Al_2O_3 a PEEK ze vstupních hodnot odpovídajících úplnému omezení (35,4 a 34,1) na úroveň středně těžkého omezení po 3 měsících (22,0 a 20,4) a na hranici mírného omezení na konci sledování (13,9 a 13,4 bodů). Znamky počínající fúze při první kontrole ve 3 měsících byly zjištěny u 22 % případů s Al_2O_3 klecí a 37,1 % případů s PEEK klecí. Po 12 měsících sledování byla míra fúze 88,2 % u klece z Al_2O_3 a 97,1 % u klece z PEEK. Na konci sledování (v 18 měsících) míra fúze stanovila 92,6 % u klece z Al_2O_3 a 100 % ve skupině klece z PEEK. Výskyt vboření implantátu byl pozorován u 11,8 % případů s klecí z Al_2O_3 a 22,9 % případů s klecí z PEEK. Osteolýza kolem implantátu se rozvinula ve 4,4 % ve skupině Al_2O_3 a 14,3 % ve skupině PEEK.

Závěr: U obou skupin došlo ke klinicky i statisticky významnému zlepšení klinických výsledků a nebyl pozorován meziskupinový rozdíl. Poréznií klece z Al_2O_3 vykazovaly nižší rychlost a kvalitu fúze ve srovnání s PEEK klecemi. Míra fúze u klecí Al_2O_3 však byla v rozmezí publikovaných výsledků pro různé klece. Výskyt vboření implantátu z Al_2O_3 byl nižší ve srovnání s implantátem z PEEK v této studii a publikovanými výsledky pro různé implantáty. Tato studie je první prospektivní studií, která v takové míře hodnotila kvalitativní a kvantitativní parametry fúze u klece z oxidu hlinitého. Poréznií Al_2O_3 klec považujeme za účinnou a bezpečnou pro pevnou náhradu disku při ACDF.

Klíčová slova: kvalita fúze, míra fúze, vboření implantátu, osteolýza kolem implantátu, PEEK, Al_2O_3 , NDI

2. Summary

Use of porous aluminum oxide interbody cages for interbody fusion of the cervical spine

Introduction: Anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) is one of the most commonly used methods of surgical treatment for degenerative disease of the cervical spine. The primary goal of the surgery is to decompress the nerve structures. A secondary but equally important goal of the surgery is to provide intervertebral fusion as a prevention of subsequent instability or deformity. The selection of the optimal cage for disc replacement in ACDF takes into account the requirements for the speed and quality of interbody fusion and places demands on its safety.

Aims: The objective of this prospective randomized monocentric study was to evaluate the speed and quality of interbody fusion of implanted porous aluminium oxide (Al_2O_3) cages, and compare with parameters of fusion of polyetheretherketone (PEEK) cages for anterior cervical discectomy and fusion (ACDF). Another aim was to compare the clinical results.

Methods: A total of 111 patients were enrolled in the study. The 18-month follow-up was completed in 68 patients with an Al_2O_3 cage and 35 patients with a PEEK cage in one-level ACDF. Initially, the first evidence (initialization) of fusion was evaluated on computed tomography. Subsequently, interbody fusion was evaluated according to the fusion quality scale, fusion rate and incidence of subsidence or peri-implant osteolysis. Clinical outcomes were assessed by Neck Disability Index (NDI) score.

Results: NDI score decreased in the Al_2O_3 and PEEK groups from baseline values corresponding to complete disability (35.4 and 34.1) to moderate disability at 3 months (22.0 and 20.4) and to the mild disability level at the final follow-up (13.9 and 13.4 points). Signs of incipient fusion at 3 months were detected in 22% of cases with the Al_2O_3 cage and 37.1% with the PEEK cage. At 12-month FU, the fusion rate was 88.2% for Al_2O_3 and 97.1% for PEEK cages, and at the final FU at 18 months, 92.6% and 100%, respectively. The incidence of subsidence was observed to be 11.8% and 22.9% of cases with Al_2O_3 and PEEK cages, respectively. Peri-implant osteolysis at the caudal vertebral body endplate was observed in 4.4% and 14.3% of cases in Al_2O_3 and PEEK groups, respectively.

Conclusion: Both groups showed clinically and statistically significant improvements in clinical outcomes. There was no difference in NDI between the groups. Porous Al_2O_3 cages demonstrated a lower speed and quality of fusion in comparison with PEEK cages. However, the fusion rate of Al_2O_3 cages was within the range of published results for various cages. The incidence of subsidence of Al_2O_3 cages was lower compared to published results. In an alumina cage, this study is the first prospective study to evaluate qualitative and quantitative fusion parameters to this extent. We consider the porous Al_2O_3 cage to be safe and effective for stand-alone disc replacement in ACDF.

Key words: quality of fusion, fusion rate, subsidence, peri-implant osteolysis, PEEK, Al_2O_3 , NDI

3. Úvod do problematiky

Degenerativní onemocnění páteře dlouhodobě představuje závažný zdravotní, sociální a ekonomický problém. Toto onemocnění postihuje rozsáhlou skupinu populace různého věku či odlišných profesí. Obvykle se začíná projevovat ve čtvrté dekádě života, ale vyskytuje se i u mladších jedinců (Carroll 2009). Degenerativní proces postihuje všechny úseky páteře, ale nejvíce postiženy bývají její nejpohyblivější segmenty, tedy krční a bederní. Degenerativní onemocnění krční páteře je ve středním a vyšším věku nejčastější příčinou postižení krční míchy a nervových kořenů v krční oblasti. Na rozvoji degenerativního onemocnění krční páteře se nejvíce podílí následující faktory: věk, pohlaví, vadný pohybový stereotyp a spankový režim, nikotinismus, pracovní a sportovní zátěž, genetické a psychosociální faktory (Baucher 2022, Bednařík 2011, Iyer 2016, Hansraj 2014, Kazeminasab 2022).

Klinické příznaky při degenerativním onemocnění krční páteře jsou definovány jako cervikalgie, cervikální radikulopatie, cervikální myelopatie, cervikocervikální a cervikobrachiální syndromy. Pro hodnocení bolesti, svalové síly, funkčních poruch, spokojenosti pacienta a jeho kvality života v souvislosti s degenerativní onemocnění krční páteře a jeho léčbou jsou nejčastěji využívány následující skórovací systémy: Visual Analogue Scale (VAS), MRC škála (Medical Research Council), Neck disability index (NDI), CROM (cervical range of motion), mJOA (modifikovaná škála Japonské Ortopedické Asociace) a Nurickova škála.

Hodnocením radiologických parametrů v operovaném prostoru krční páteře můžeme nalézt vysvětlení reziduálních, případně nových obtíží pacienta, stejně tak můžeme predikovat vývoj nežádoucí grafické situace. Kostní stenózu páteřního kanálu a stenózy neurálních foramin lze dobře zobrazit na CT vyšetření, eventuálně šikmých RTG snímcích v případě foraminostenózy. Pro komplexnější posouzení komprese nervových struktur je zapotřebí vyšetření MR (Seo a Lee 2023, Weichet 2017). Pro hodnocení změny zakřivení krční páteře se nejčastěji používá metoda Cobbových úhlů (segmentálního a globálního). Rozlišujeme 4 typy zakřivení krční páteře: lordotické, napřímené, sigmoidní a kyfotické (Yo 2018). Dle vývoje segmentální lordózy posuzujeme správnost volby implantátu a jeho umístění v meziobratlovém prostoru. Rozsah pohybů krční páteře a případnou nestabilitu v předozadní rovině lze graficky vypočítat jako rozdíl hodnot segmentálních Cobbových úhlů při maximální flexi a extenzi na bočních RTG snímcích. Ke grafickému průkazu fúze nebo naopak k odhalení pseudoartrózy jsou rutinně používány funkční a boční RTG snímky. Hodnocení fúze pomocí CT představuje nejpřesnější modalitu k posouzení přítomnosti kostní fúze a mělo by být považováno za zlatý standard (Godlewski 2022).

V konzervativní léčbě degenerativního postižení krční páteře mohou být využity kombinace následujících modalit: medikamentózní léčby, odlehčení svalového napětí šije měkkým krčním límcem, rehabilitace a fyzikální léčby. V případě léčby chronické bolesti se mohou uplatňovat neuromodulace a různé analgetické intervence.

Chirurgická léčba je indikována u akutních stavů doprovázených neurologickým deficitem, u chronicky progredujících stavů po vyčerpání konzervativní léčby a v případě invalidizující farmakorezistentní bolesti. Operace přední krční diskektomie a fúze (ACDF) patří mezi nejužívanější metody chirurgické léčby degenerativního onemocnění krční páteře. Chirurgickým cílem operace je především dekomprese nervových struktur. Sekundárním, ale neméně důležitým cílem operačního výkonu, je zajištění meziobratlové fúze jako prevence následné instability nebo deformity v operovaném prostoru.

V současné době je používáno mnoho druhů krčních rigidních meziobratlových implantátů vyrobených z různých materiálů (Roberts 2012, Pinter 2021, Suh 2017, Cabraja 2012, Godlewski 2022, Onyedimma 2022). Náhrada krční ploténky pomocí kostního štěpu je ve světě stále hodně

využívaná (Armaghani 2016, Menon 2021). Volba optimálního implantátu závisí nejenom na preferencích spondylochirurga, ale reflektuje i dlouhodobé zkušenosti pracoviště. Zohledňuje požadavky na rychlost a kvalitu fúze použitého implantátu, stejně tak klade nároky na jeho bezpečnost.

Podle systematického přehledu literatury, provedeného Yeem a kol. v roce 2020, byl celkový výskyt komplikací po předních přístupech následující: dysfagie 5,3 %, perforace jícnu 0,2 %, paréza n. laryngeus recurrens (NLR) 1,3 %, infekce 1,2 %, onemocnění přilehlých segmentů 8,1 %, pseudoartróza 2,0 %, selhání štěpu nebo implantátu 2,1 %, likvorea 0,5 %, hematom 1,0 %, Hornerův syndrom 0,4 %, obrna C5 3,0 %, poranění vertebrální tepny 0,4 %, nový nebo zhoršený neurologický deficit 0,5 % (Yee 2020).

Nejčastějšími nežádoucími jevy při hojení implantátu jsou vboření do obratlového těla a pseudoartróza v důsledku absence fúze (Yee 2020). Vboření (subsidence) implantátu je definováno jako situace, kdy implantát prolomí krycí desku obratlového těla. Ve většině případů proběhne vboření klece do horní krycí destičky dolního přilehlého obratle. Tento jev je posuzován v čase a ve vztahu k časnému pooperačnímu RTG nebo CT nálezu. Mnozí autoři dokonce považují vboření implantátu za komplikaci, protože může sekundárně vést ke změně morfologických a dynamických parametrů operovaného segmentu s negativními klinickými důsledky. Ztráta segmentální lordózy probíhá v průběhu prvních 6 měsíců od operace (Duey 2022). Teprve až změna globální křivky krční páteře může ovlivňovat dlouhodobé klinické výsledky, nikoliv samotná přítomnost subsidence (Wu 2012). Subsidence mimo jiné může vést k pseudoartróze, biomechanické nestabilitě, vycestování klece nebo sekundární foraminostenóze. Rizikové faktory a vliv vboření implantátu na grafické a klinické výsledky jsou dlouhodobě diskutovány. Za povšimnutí stojí recentní systematický přehled literatury s následujícími závěry. Významné vboření klece snižuje Cobbův úhel a meziobratlovou výšku, což může způsobit destabilizaci systému implantátu, například uvolnění nebo zlomení šroubu/desky, a tím způsobit biomechanickou nestabilitu. U pacientů s kombinací klece a dlahy byla míra vboření nižší než u pacientů se samostatnou klecí (jištěnou a nejištěnou šrouby). Opakovaně se potvrdilo, že PEEK materiál má nižší výskyt subsidence než titan a ostatní materiály. Vboření klece častěji probíhá v úrovních C5-C7 než v úrovních C2-C5. Nebyla zjištěna žádná významná korelace mezi věkem a vbořením klece (Dhar 2023).

Na našem pracovišti jsme přibližně před 15 lety postupně ustoupily od využití kostních náhrad krčních plotének z důvodu preference arteficiálních klecí. Nabídka syntetických implantátů na trhu je velmi široká a nejvíce využívanými jsou klece vyrobené z titanu nebo PEEK (Onyedimma 2022). Preference využívaných materiálů či konstrukcí se rychle mění za základě výsledků publikovaných studií a praktických zkušeností jednotlivých pracovišť. Nejčastěji využívanými arteficiálními implantáty pro krční meziobratlovou fúzi na našem pracovišti jsou: klec z PEEK a biokeramický implantát z oxidu hlinitého.

Konstatování fúze je důležitým momentem při sledování pacienta, podle kterého můžeme korigovat doporučení stran návratu do pracovního poměru, sportovních nebo fyzických aktivit.

4. Cíle disertační práce

1. Posoudit, zda má implantát z Al_2O_3 shodné klinické výsledky a výskyt komplikací v porovnání s implantátem z PEEK.
2. Zjistit, zda iniciace fúze, rychlost fúzování a celková míra fúze keramického implantátu z oxidu hlinitého jsou srovnatelné s implantátem z PEEK.
3. Ověřit, zda implantát z Al_2O_3 má nižší tendenci k vboření do obratlového těla než implantát z PEEK.

5. Soubor a metodika

5.1. Soubor pacientů

Prospektivní srovnávací studie probíhala na Neurochirurgické klinice Fakultní nemocnice a Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Hradci Králové od října 2015 do května 2021. Do souboru studie bylo zařazeno celkem 111 dospělých pacientů.

Vstupními kritérii studie byly: indikace operace jednoho prostoru krční páteře předním přístupem pro degenerativní onemocnění, klinický nález cervikobrachiálního syndromu, korelující s radiologickými nálezy, neuspokojivé výsledky konzervativní léčby.

Zařazení pacientů do studie striktně vylučovaly následující faktory: známky nestability v inkriminovaném prostoru krční páteře, známky zánětlivého procesu v oblasti krční páteře, předchozí trauma krční páteře, předchozí chirurgická intervence v oblasti krční páteře.

Každý pacient byl před zařazením do studie podrobně edukován o cílech a metodice studie, dvou porovnávaných implantátech, klinickém a radiologickém sledování pacienta po dobu 18 měsíců. Všichni pacienti podepsali informovaný souhlas s operací a souhlas se zařazením do studie (Příloha 1). Studie byla provedena ve shodě s Helsinskou deklarací z roku 1975, revidovanou v roce 2000, a byla schválena Etickou komisí FN Hradec Králové (Příloha 2).

Pacienti byli náhodně rozděleni do jedné ze dvou skupin: ACDF s porézní klecí z Al_2O_3 nebo ACDF s klecí z PEEK. Metoda nerovnoměrné randomizace s poměrem 2:1 byla použita z důvodu záměrného vytvoření větší skupiny s Al_2O_3 implantátem, na který byl tento výzkum zaměřen. Jeden indikovaný k operaci pacient byl vyřazen ze studie ještě před randomizací.

V průběhu sledování ze skupiny Al_2O_3 byl z důvodu pozdní infekce v místě operace vyřazen jeden pacient s anamnézou užívání drog. Čtyři pacienti ze skupiny Al_2O_3 a dva ze skupiny PEEK neabsolvovali všechna kontrolní vyšetření, proto byli ze studie vyřazeni. Analýzou prošly kompletní data 103 pacientů: 68 s implantátem z Al_2O_3 a 35 s PEEK implantátem.

Demografická data byla získána ze zdravotní dokumentace pacientů. Skupinu s implantátem z Al_2O_3 tvořili muži z 52,9 % a skupinu s implantátem z PEEK z 37,1 %. Medián věku pacientů v celém souboru byl 47 let, ve skupině implantátu z Al_2O_3 – 46 let (v rozmezí 26-79) a v kontrolní skupině implantátu z PEEK – 49 let s rozmezím 29-73 let. Demografické údaje a rozložení operovaných meziobratlových prostorů jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6. Demografické charakteristiky skupin pacientů

Skupina	Al ₂ O ₃ (N = 68)	PEEK (N = 35)
	medián (rozmezi) let	
Věk	46 (26–79)	49 (29–73)
Biologické pohlaví	n (%)	
Muži	36 (52,9 %)	13 (37,1 %)
Ženy	32 (47,1 %)	22 (62,9 %)
Meziobratlový prostor	n (%)	
C4-C5	12 (17,5 %)	3 (8,5 %)
C5-C6	34 (50,0 %)	22 (63,0 %)
C6-C7	21 (31,0 %)	10 (28,5 %)
C7-Th1	1 (1,5 %)	0,0 (0 %)

N – absolutní počet pacientů ve skupině, n (%) – absolutní počet a procentuální podíl případů

5.2. Operační výkon

Operační výkon ACDF byl u všech 110 pacientů proveden pravostranným anterolaterálním retrofaryngeálním přístupem s využitím Casparova instrumentária. 73 pacientů podstoupilo náhradu ploténky keramickým implantátem z Al₂O₃. Klec z PEEK byla implantována u 37 pacientů. Samotný operační výkon na našem pracovišti provádělo pět zkušených, atestovaných neurochirurgů se srovnatelnou manuální zkušeností. Třetinu všech výkonů provedl autor studie.

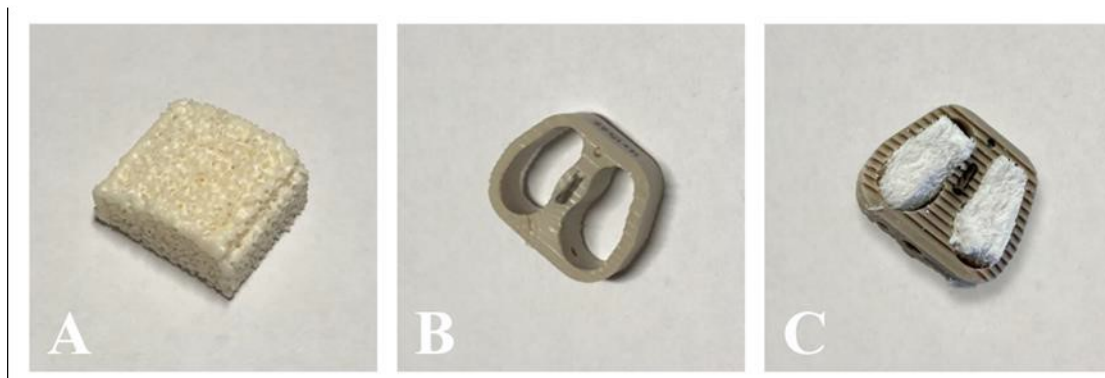
5.2.1. Sledované typy implantátů

5.2.1.1. Implantát z Al₂O₃

Oxid hlinitý (Al₂O₃) je krystalická látka, obvykle bílé barvy, která vzniká při spalování hliníku nebo dehydratací hydroxidu hlinitého. Oxid hlinitý (alumina) se v přírodě vyskytuje jako velmi tvrdý nerost korund.

Implantát Al₂O₃ (Obr. 8 A) je chemicky inertní a nevstřebatelný, má perfektní biokompatibilitu – nevyučuje hliník do těla. Otevřená porézní struktura, která napodobuje spongiózní kostní tkáň ze 60 %, určuje osteokonduktivní vlastnosti implantátu. Radiolucentní vlastnost implantátu umožňuje radiograficky sledovat jeho umístění a konsolidaci. Přední/zadní úhel 16° určuje následující charakteristiky implantátu: zamezuje migraci dorzálním směrem, lordotická konstrukce respektuje anatomickou lordózu, zajišťuje primární stabilitu implantátu v meziobratlovém prostoru. Přední

výstupek zabraňuje migraci implantátu dopředu. Krční klec Al_2O_3 je k dispozici v různých velikostech: šíře 12-16 mm, hloubky 14-16 mm a výšky 4-6 mm.



Obr. 8. Sledované implantáty: porézní keramická klec z Al_2O_3 (A), prázdná klec z PEEK (B) a klec z PEEK naplněná kompozitním materiálem (C)

5.2.1.2. Implantát z PEEK

Polyetheretherketon je termorezistentní a nevstřebatelný biopolymer, který je odolný proti většině chemikálií. Používá v řadě průmyslových odvětví včetně zdravotnických prostředků. Polyetherketonový polymer vzniká alkylací bisfenolových solí. Klece z PEEK jsou biokompatibilní, radiolucenční a mají modul pružnosti podobný kosti.

Naše klec z PEEK (Obr. 8 B) má anatomický tvar a lordotický úhel. K dispozici jsou různé velikosti: šíře 15-19 mm, hloubky 12-14 mm a výšky 4,5-7,7 mm. Stejně jako u předchozího implantátu jsme využívali větší rozměry pro zvětšení styčné plochy s kostí obratlových těl. Implantát obsahuje fixační kovové kýly, které vyčnívají na horní a spodní straně. Dalším stabilizačním prvkem je vroubkovaný povrch implantátu. Dvě vnitřní komůrky je možno vyplnit kostními sekvestry nebo jiným osteoinduktivním materiálem. V našem případě jsme implantát plnili kompozitní vložkou z CaHPO_4 a bovinního kolagenu typu I (Obr. 8 C).

Oba implantáty splňují biomechanická kritéria a jsou registrovanými výrobky v České republice.

5.3. Hodnocení pooperačních komplikací

Pooperační hodnocení neurologického stavu a případných operačních komplikací jsme prováděli za hospitalizace a následně při ambulantních klinických kontrolách. Sledovali jsme pooperační komplikace související s předním operačním přístupem.

Obtíže pacientů charakterizované chrapotem, tichým hlasem nebo zvýšenou únavou hlasu byly definovány jako dysfonie. V případě chrapotu trvajícím déle než 3 dny bylo indikováno laryngoskopické vyšetření k vyloučení parézy NLR.

Stížnosti pacientů na vážnutí či ztížení prostupu sousta při polykání nebo přechodný pocit tlaku, sevření a překážky v krku jsme hodnotili jako dysfagii. V případě trvání dysfagie déle než 3 dny jsme indikovali pacienta k otorinolaryngologickému vyšetření k vyloučení poranění hltanu nebo jícnu.

Sledovali jsme hemoragické komplikace v operačním poli, zvláště prevertebrální hematom nebo hematom v epidurálním prostoru, které by vedly k nové patologické symptomatice, změně terapeutického postupu či chirurgické revizi.

5.4. Klinické sledování pacientů

Klinické výsledky byly u všech pacientů sledovány pomocí dotazníku NDI. Dotazník byl předložen každému pacientovi při vstupním vyšetření a při ambulantních kontrolách v termínech 3, 6, 12 a 18 měsíců od operace.

Dotazník NDI je složen z 10 oddílů, které hodnotí intenzitu bolesti v oblasti krční páteře, provádění různých typů aktivit (péči o vlastní osobu, zvedání, čtení, soustředění, práci, řízení automobilu a volnočasové aktivity) a dále zaznamenávají přítomnost bolestí hlavy a potíže se spánkem. Jeví se tak univerzálním nástrojem hodnocení bolesti, funkce a duševního zdraví pacienta s degenerativním onemocněním krční páteře. Použili jsme oficiální českou verzi dotazníku (Příloha 3). Celkové skóre NDI bylo získáváno součtem všech bodů dosažených v jednotlivých oddílech. Výsledek bodového hodnocení v rozmezí 0–50 bodů byl následně interpretován jako omezení běžných denních aktivit pacienta podle následující škály: 0–4 = žádné omezení, 5–14 = mírné omezení, 15–24 = středně těžké omezení, 25–34 = těžké omezení, více než 34 = úplné omezení.

Za klinicky významnou změnu je považován rozdíl minimálně 5 bodů z celkového skóre 50 bodů v určitém úseku sledování (Bednaříková 2014).

5.5. Radiologické sledování pacientů

V první pooperační den byly zhotoveny RTG snímky krční páteře v předozadní a boční projekci, na kterých jsme posuzovali především správné umístění implantátu.

K hodnocení vývoje meziobratlové kostní fúze jsou v praxi používány tyto radiologické vyšetřovací metody: CT, prostá skiografie, funkční snímky v předklonu a záklonu. Na našem pracovišti používáme při pooperačním sledování pacientů prosté RTG snímky krční páteře v boční a předozadní projekci. V případě nejasností ohledně fúze, při známkách selhání implantátu nebo z důvodů klinického stavu pacienta provádíme CT vyšetření.

V naší studii jsme pro podrobnější hodnocení procesu kostní fúze a interpretaci pozice implantátu v operovaném prostoru zvolili CT modalitu. CT vyšetření všech pacientů byla provedena ve FN HK na stejném přístroji Somatom Definition AS + scanner (Siemens, Erlangen, Německo). Standardní protokol zahrnoval 2 mm řezy v axiální, koronární a sagitální rovině. Hodnocení a interpretaci radiologických výsledků prováděl autor studie po předchozím proškolení a průběžných konzultacích s radiologem.

5.5.1. Sledované grafické parametry

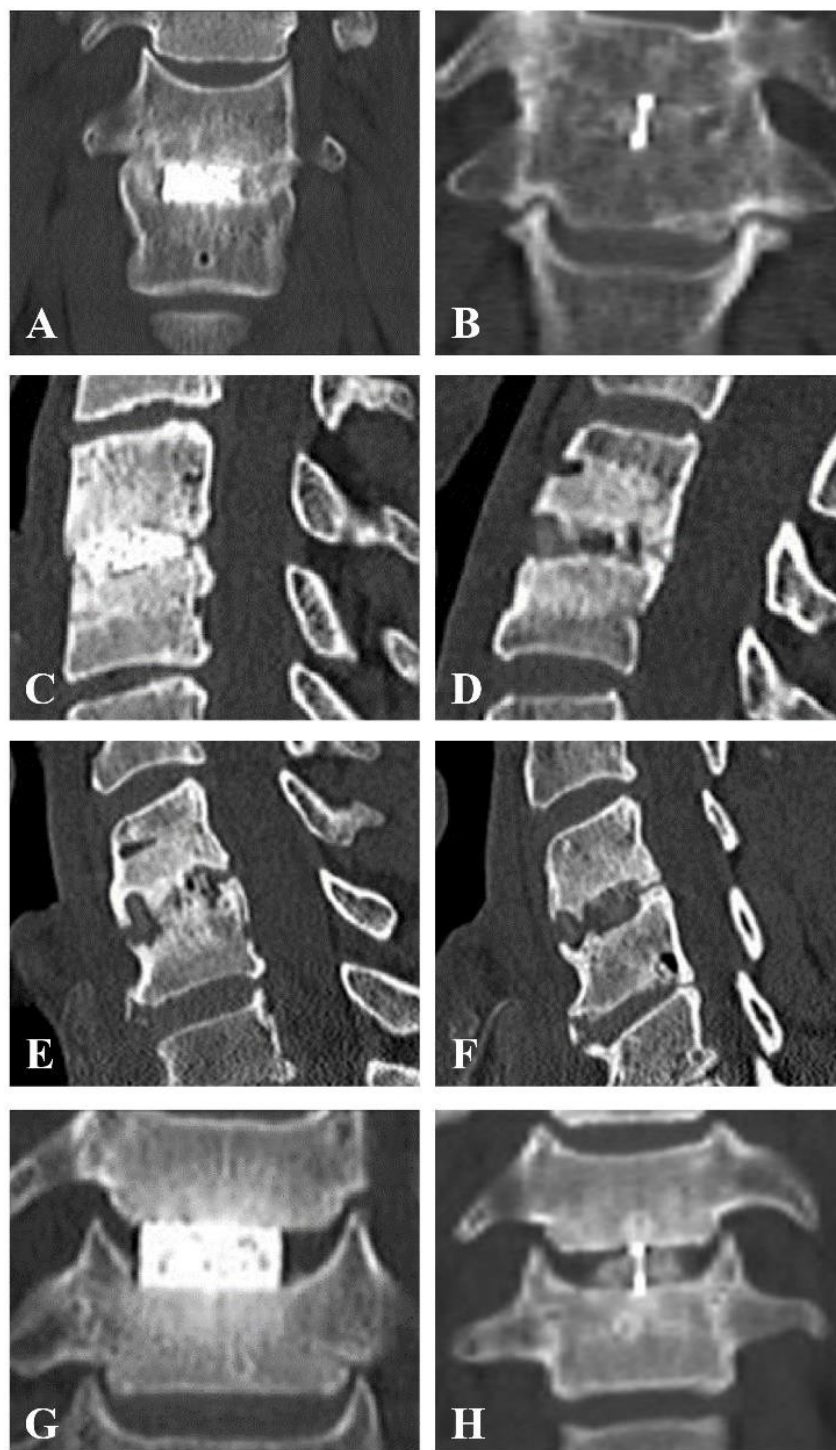
V průběhu studie bylo sledováno několik grafických parametrů v operovaném meziobratlovém prostoru.

Začátek kostní fúze byl definován na základě grafického průkazu přítomnosti prvních známek novotvorby kostní tkáně v oblasti klece nebo počínajícího trabekulárního přemostění v prostoru mezi krycími destičkami obratlových těl. Nález byl zaznamenáván jako přítomnost známek fúze (1) nebo nepřítomnost známek fúze (0) v každém časovém úseku sledování.

K hodnocení **kvality fúze** na CT zobrazeních neexistuje žádná oficiální škála nebo klasifikace. Pro potřeby studie byly využity publikované skórovací systémy meziobratlové kostní fúze (Vavruch 2002, Saur 2020, Krticka 2021) a modifikovány na vlastní verzi stupnice kvality fúze (Tab. 7). Přítomnost kostní konsolidace mezi obratlovým tělem a klecí nebo známek trabekulárního přemostění mezi dvěma krycími destičkami obratlových těl byla definována jako fúze obecně (stupně I, II a III). Fúze byla hodnocena na CT řezech ve čtyřech hlavních rovinách zobrazení: levé koronární, pravé koronární, levé sagitální a pravé sagitální. V případě pochybností byla dodatečně použita rovina transverzální. Příklady CT nálezů jednotlivých stupňů kvality fúze jsou zobrazeny na Obr. 9.

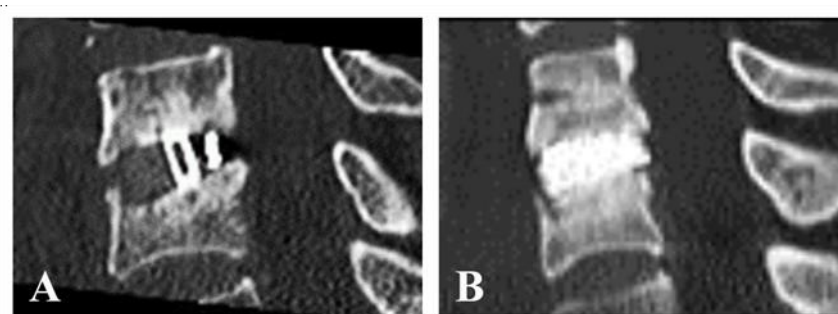
Tab. 7. Stupnice kvality fúze

Stupeň	Popis	CT obraz (Obr. 9)
I – kompletní fúze	Přemost'ující kostní trámce v rozsahu dekomprimovaného meziobratlového prostoru, a to oboustranně v koronárních projekcích, případně ventrálně či dorzálně od implantátu v sagitálních řezech	A, B
II – nekompletní oboustranná fúze	Fúze v oblasti klece je přítomná oboustranně, ale není úplná nebo radiologické známky kostní konsolidace mezi krycí destičkou obratle a povrchem klece jsou přítomny bipolárně	C, D
III – jednostranná fúze	Meziobratlová fúze je přítomná pouze jednostranně, a to buď laterálně, nebo ventrálně, či dorzálně	E, F
IV – bez fúze	Bez přemost'ujících kostních trámců v meziobratlovém prostoru či v okolí implantátu	G, H



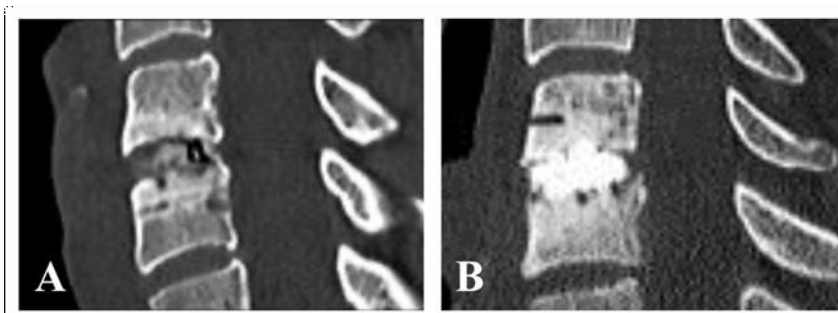
Obr. 9. CT obrazy stupňů kvality fúze. Stupeň I – kompletní fúze: klec z Al_2O_3 (A), klec z PEEK (B). Stupeň II – inkompletní oboustranná fúze: klec z Al_2O_3 (C), klec z PEEK (D). Stupeň III – jednostranná fúze: klec z PEEK, s trabekulárním přemostěním vlevo (E), bez přemostění vpravo (F). Stupeň IV – bez známek fúze: klec z Al_2O_3 (G), klec z PEEK (H)

Vboření implantátu (subsidence) bylo definováno jako stav dislokace implantátu do spodního obratlového těla ≥ 2 mm (Obr. 10).



Obr. 10. Vboření implantátu do spodního obratlového těla (CT nález): implantát z PEEK (A), implantát z Al_2O_3 (B)

Přítomnost drobných ovoidních ložisek úbytku kostní tkáně v místě styku implantátu a krycí destičky obratlového těla byla definována jako **osteolýza** (Obr. 11).



Obr. 11. Osteolýza mezi implantátem a horní krycí destičkou spodního obratle (CT nález): implantát z PEEK (A), implantát z Al_2O_3 (B)

5.6. Zpracování dat a statistická analýza

V průběhu sledování souborů pacientů byly všechny údaje průběžně ukládány do databáze v programu Excel (Microsoft Office Excel 2007, Remont, Washington, USA). Všechna statistická vyhodnocení byla provedena pomocí programu NCSS 10 Statistical Software (2015, NCSS, LLC, Kaysville, Utah, USA) a R 4.1.0 (R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing; 2021).

Vizuální kontrola histogramu u proměnné věk odhalila sešikmené rozdělení dat u jedné ze skupin a následně byla testem normality (Shapiro-Wilk) zamítnuta hypotéza o normálním rozdělení pravděpodobnosti. Proto byl pro porovnání věku v obou skupinách použit neparametrický Mann-Whitneyho test.

Hodnoty skóre NDI jsou uváděny ve formě průměr \pm směrodatná odchylka. Srovnání skóre NDI mezi oběma skupinami a hodnocení vývoje NDI v průběhu sledování bylo provedeno pomocí Studentova t-testu.

Kategorické proměnné jsou uváděny ve formě počtů s uvedením procenta. Pro porovnání kategorických proměnných byl použit Fisherův exaktní test, případně rozšířený Fisherův exaktní test (pro více než dvě kategorie). Výhodou těchto testů je, že nekladou omezení na pozorované četnosti a jsou vhodné i pro případy, kdy v některé buňce kontingenční tabulky je pozorovaná četnost velmi nízká (méně než 5). Fisherův exaktní test byl použit pro analýzu následujících parametrů: rozdílu mezi pohlavím pacientů v obou skupinách a rozdílu mezi výskytem subsidence v obou skupinách. Rozšířený Fisherův exaktní test byl použit pro analýzu následujících meziskupinových rozdílů: v inicializaci fúze, v distribuci různých stupňů kvality fúze po dobu 18 měsíců od operace, v čase dosažení kvality fúze I. stupně.

Hodnoty $p < 0,05$ byly považovány za statisticky významné.

Míra kostní fúze pro každou skupinu byla vypočtena jako procento případů s kvalitou fúze I.-III. stupně. Míra subsidence a míra osteolýzy kolem implantátu byly vypočteny jako procentuální výskyt jevu v každé skupině implantátu.

6. Výsledky

6.1. Rozdíly v demografických charakteristikách sledovaných skupin

Rozdíl mezi výskytem mužů a žen v obou skupinách nebyl statisticky významný ($p=0,149$), ačkoliv skupinu s implantátem z Al_2O_3 tvořili muži z 52,9 %, kdežto skupinu s implantátem z PEEK pouze z 37,1 %. Meziskupinový věkový rozdíl rovněž nebyl statisticky signifikantní ($p=0,707$). Rozdělení operovaných meziobratlových prostorů krční páteře v obou skupinách se významně nelišilo ($p=0,700$).

6.2. Klinické výsledky

Trend klinicky významného poklesu hodnot NDI byl pozorován v obou skupinách do 6 měsíců od operace. Dále byl stav pacientů stran výkonu běžných denních aktivit prakticky stacionární a na konci sledování zůstal v pásmu mírného omezení. V obou skupinách došlo ke statisticky významnému zlepšení klinického stavu na konci sledování v porovnání se vstupním předoperačním nálezem ($p < 0,001$). Ve všech časových bodech sledování nebyl pozorován statisticky významný meziskupinový rozdíl v rozložení hodnot NDI skóre (Tab. 8).

Tab. 8. Výsledky NDI skóre v obou skupinách

Skupina	Vstupní	3 měsíce	6 měsíců	12 měsíců	18 měsíců
Al₂O₃ (N = 68)	35,4 ± 13,3	22,0 ± 7,1	14,4 ± 5,5	14,0 ± 4,3	13,9 ± 3,6
PEEK (N = 35)	34,1 ± 12,0	20,4 ± 8,3	15,3 ± 5,1	14,0 ± 5,2	13,4 ± 3,1
Hodnota p	0,652	0,453	0,764	0,817	0,827

N – počet pacientů ve skupině nebo celém souboru, hodnoty NDI jsou uvedeny ve formě průměr ± směrodatná odchylka

6.3. Pooperační komplikace

Výskyt komplikací souvisejících s operačním přístupem u ACDF v celém souboru a obou skupinách zvláště uvádí Tab. 9. Komplikace byly hodnoceny u všech 110 operovaných pacientů. Nebyla pozorována žádná hemoragická komplikace, která by vyžadovala změnu terapeutického postupu nebo chirurgickou revizi. U jedné pacientky se rozvinula likvorea s vytvořením podkožní kolekce v oblasti operační rány. Stav si vyžádal chirurgickou revizi s ošetřením durální trhliny lepidlem. Infekční komplikace se rozvinula po 5 měsících od operace u pacienta s anamnézou užívání drog. Jednalo se o prevertebrální absces způsobený mikroblem *Staphylococcus aureus*.

Vzhledem k nízkému a v obou skupinách srovnatelnému počtu chirurgických komplikací nebyl meziskupinový rozdíl statisticky ověřován.

V obou skupinách v průběhu studie nebyla zaznamenána žádná dislokace klece směrem ventrálním či dorzálním, zlomenina obratlového těla nebo rozlomení implantátu.

Tab. 9. Pooperační komplikace

Komplikace	Al₂O₃ (N = 73)	PEEK (N = 37)	Celý soubor (N = 110)
		n (%)	
Dysfonie	3 (4,1 %)	2 (5,4 %)	5 (4,5 %)
- trvání do 3 měsíců	2 (2,7 %)	1 (2,7 %)	3 (2,7 %)
- trvání do 6 měsíců	1 (1,4 %)	1 (2,7 %)	2 (1,8 %)
- paréza NLR	1 (1,4 %)	0 (0 %)	1 (0,9 %)
Dysfagie	3 (4,1 %)	1 (2,7 %)	4 (3,6 %)
- trvání do 3 měsíců	3 (4,1 %)	1 (2,7 %)	4 (3,6 %)
- trvání do 6 měsíců	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
- poranění hltanu nebo jícnu	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Hornerův syndrom	0 (0 %)	1 (2,7 %)	1 (0,9 %)
Zhoršený neurologický nález			
- senzitivní	2 (2,7 %)	1 (2,7 %)	3 (2,7 %)
- motorický	1 (1,4 %)	1 (2,7 %)	2 (1,8 %)
Infekce operačního pole	1 (1,4 %)	0 (0 %)	1 (0,9 %)
Likvorea	1 (1,4 %)	0 (0 %)	1 (0,9 %)
Reoperace	2 (2,7 %)	0 (0 %)	2 (1,8 %)

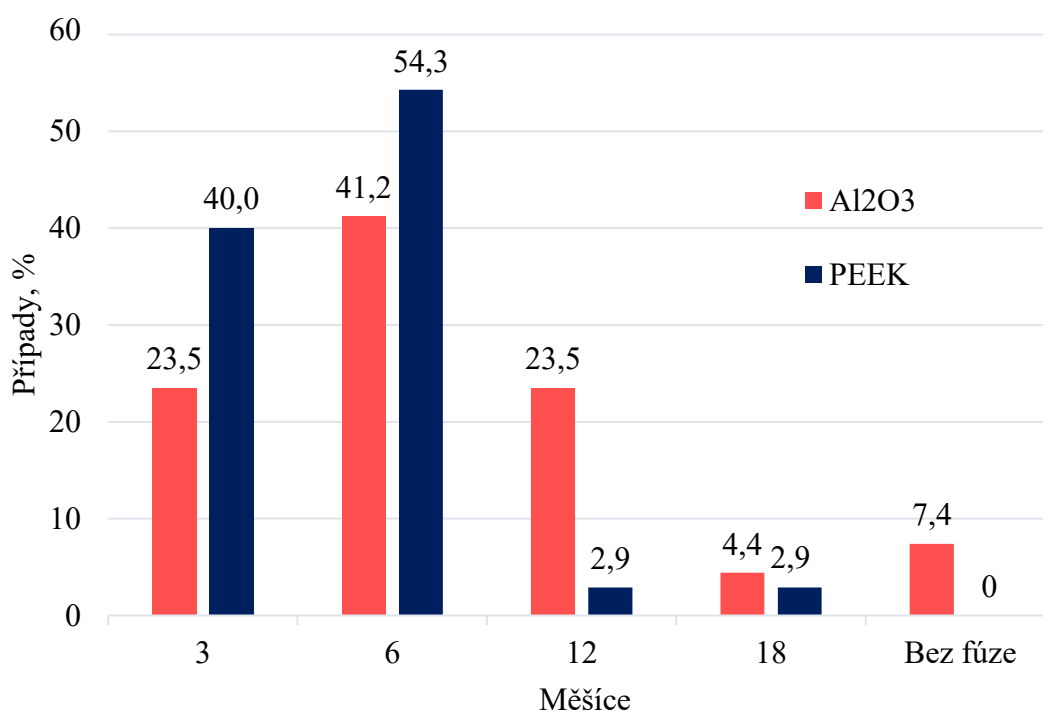
N – absolutní počet pacientů ve skupině, n (%) – absolutní počet a procentuální podíl

6.4. Radiografické výsledky

6.4.1. Začátek a rychlost meziobratlové fúze

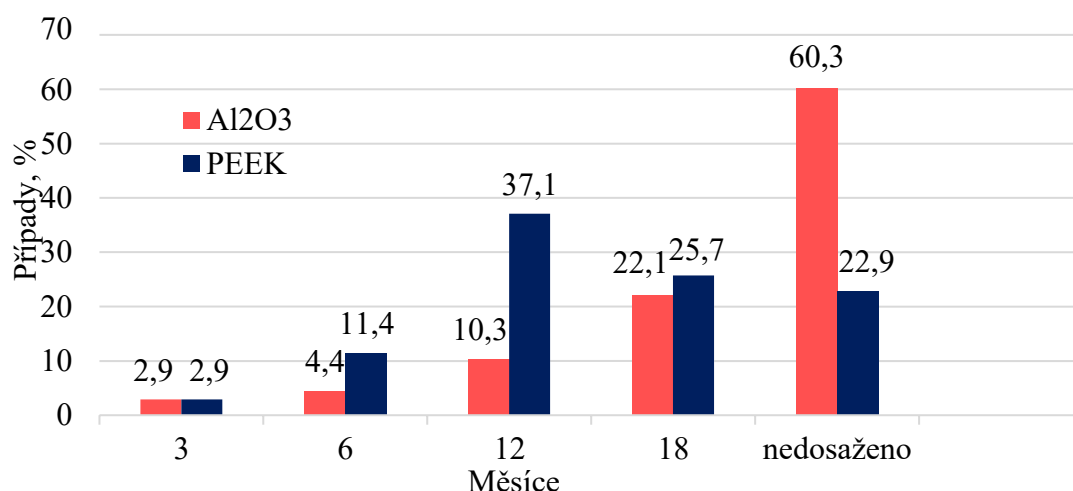
První důkazy fúze při kontrole ve 3 měsících od operace byly pozorovány u 23,5 % případů ve skupině Al_2O_3 a 40 % případů ve skupině PEEK (Graf 1). Během 6 měsíců byly známky inicializace fúze přítomny v 64,7 % případů (součet případů ve 3. a 6. měsících) ve skupině Al_2O_3 oproti 94,3 % ve skupině PEEK. Ani po 12 měsících (88,2 % v součtu) nedosáhla skupina Al_2O_3 výsledků, které byly pozorovány ve skupině PEEK po 6 měsících (94,3 %) (Graf 1). Rozdíl v začátku meziobratlové fúze mezi skupinami byl statisticky významný ($p=0,011$).

Graf 1. Čas pozorování prvních známek meziobratlové fúze



Ve 3 měsících od operace vykazovaly obě klece stejné výsledky (2,9 %) v dosažení kvality fúze I. stupně (Tab. 10). Ovšem mezi 3. a 18. měsícem vykazovaly klece z Al_2O_3 podstatně pozdější dosažení I. stupně fúze než klece z PEEK. Na konci sledování byla fúze I. stupně pozorována u 39,7 % pacientů ze skupiny Al_2O_3 a 77,1 % ze skupiny PEEK (Graf 2). Tento rozdíl byl statisticky významný ($p<0,001$).

Graf 2. Čas dosažení I. stupně kvality fúze



6.4.2. Kvalitativní a kvantitativní hodnocení fúze

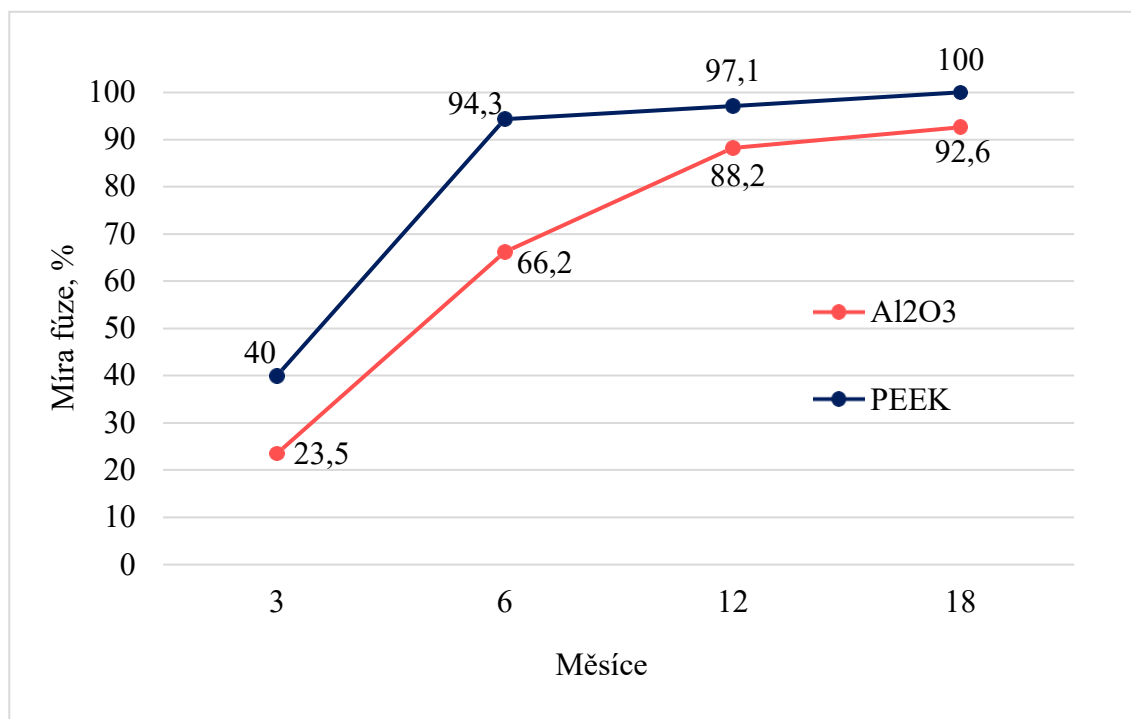
Rozdělení stupňů kvality meziobratlové fúze v obou skupinách zhodnocených podle výše uvedené stupnice (Tab. 7) je znázorněno v Tab. 10. Na konci sledování (v 18 měsících) byla meziobratlová fúze různého stupně kvality pozorována ve všech případech s PEEK klecí a vůbec se nevyskytla (stupeň IV) u 5 pacientů s Al₂O₃ klecí (7,4 %). Rozdíl v distribuci stupňů kvality meziobratlové fúze mezi skupinami byl statisticky významný ($p < 0,001$). Uspokojivý klinický výsledek u pacientů s neproběhlou fúzí nevyžadoval další radiologické vyšetření (např. RTG ve flexi/extenzi) nebo revizní operaci. Míra fúze ve skupině implantátů z Al₂O₃ stanovila 92,6 % a implantát z PEEK vykazoval 100 % míru fúze po 18 měsících. Dosažení fúze ve skupině implantátu z Al₂O₃ bylo zřetelně pomalejší ve všech časových intervalech (Graf 3).

Tab. 10. Hodnocení dosažení různých stupňů kvality meziobratlové fúze v čase

Skupina	Al ₂ O ₃ (N = 68)				PEEK (N = 35)			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Měsíc	n (%)				n (%)			
3	2 (2,9)	4 (5,9)	10 (14,7)	52 (76,5)	1 (2,9)	5 (14,3)	8 (22,8)	21 (60,0)
6	5 (7,4)	8 (11,8)	32 (47,0)	23 (33,8)	5 (14,3)	15 (42,9)	13 (37,1)	2 (5,7)
12	11 (16,2)	27 (39,7)	22 (32,4)	8 (11,8)	18 (51,4)	11 (31,4)	5 (14,3)	1 (2,9)
18	26 (38,2)	24 (35,3)	13 (19,1)	5 (7,4)	27 (77,1)	3 (8,6)	5 (14,3)	0 (0,0)

N – počet pacientů ve skupině, n – absolutní počet případů jednotlivých stupňů kvality

Graf 3. Míra fúze v čase



6.4.3. Subsidence a osteolýza

Subsidence byla pozorována ve 22,9 % případů ve skupině PEEK, což je prakticky dvojnásobek proti pozorovaným 11,8 % ve skupině Al₂O₃ (Tab. 11). Tento rozdíl však nebyl statisticky významný ($p=0,159$). Pozdější začátek meziobratlové fúze a pozdější dosažení fúze I. stupně kvality byly pozorovány ve většině případů subsidence.

Osteolýza v místě styku implantátu s krycí destičkou obratlového těla byla pozorována ve 4,4 % a 14,3 % případů ve skupinách Al₂O₃ a PEEK. Tento meziskupinový rozdíl však nebyl statisticky významný ($p=0,117$). Současný výskyt subsidence a osteolýzy lze v této studii pozorovat pouze v případě implantátu z PEEK – ve 3 z 5 případů, což představuje malou sérii pro statistickou analýzu.

Tab. 11. Subsidence a osteolýza

Skupina	Al ₂ O ₃ (N = 68)	PEEK (N = 35)	Hodnota p
	n (%)	n (%)	
Subsidence	8 (11,8 %)	8 (22,9 %)	0,159
Osteolýza	3 (4,4 %)	5 (14,3 %)	0,117
Subsidence v případě osteolýzy	žádná	3 z 5	

N – počet pacientů ve skupině, n – absolutní počet případů a procentuální podíl (%) jevu

7. Diskuze

Na pracovišti Neurochirurgické kliniky FN HK a LF UK v HK dlouhodobě patří mezi nejčastěji využívané arteficiální implantáty pro krční meziobratlovou fúzi klec z PEEK (vyplňovaná kompozitní vložkou z CaHPO_4 a bovinního kolagenu) a biokeramický implantát z oxidu hlinitého Al_2O_3 .

Hlavním profitem pro pacienta bezprostředně po operaci ACDF je úleva z dekomprese nervových struktur. V naší studii došlo k významnému zlepšení stavu pacientů stran výkonu běžných denních aktivit, a to ze stavu úplného omezení při vstupním vyšetření na úroveň středně těžkého omezení při kontrole ve 3 měsících od operace. Pozitivní vývoj pokračoval i v období následujícího půl roku. Na konci sledování byl klinický stav pacientů v obou skupinách na úrovni mírného omezení. Obdobný trend zlepšení NDI skóre o 20-30 bodů na konci sledování ve srovnání se vstupními hodnotami byl pozorován i mnoha dalšími autory (Eseonu 2022, Zou 2022). Mezi skupinami nebyl shledán žádný statistický rozdíl v celém průběhu sledování. Lze tedy konstatovat, že volba implantátu neměla vliv na klinický výsledek. Chirurgické komplikace byly v obou skupinách srovnatelné a jsou v souladu s tuzemskou a zahraniční literaturou (Hrabálek 2007, Yee 2020). Hodnocení meziobratlové fúze v průběhu pooperačního sledování hraje velkou roli, jelikož kvalitní fúze je důležitým faktorem prevence nestability operovaného prostoru, rovněž prevence rozvoje či progresu deformity. Oba tyto stavy mohou vyústit v rozvoj nové symptomatiky či návrat původních obtíží.

Hlavním zaměřením našeho výzkumu bylo hodnocení meziobratlové fúze u implantátu z Al_2O_3 po operaci ACDF. Očekávali jsme, že konsolidace klece z Al_2O_3 s krycími destičkami obratlových těl začíná mezi 3. a 6. měsícem, jak uvádí výrobce. Ovšem začátek fúze u implantátu z Al_2O_3 byl v tomto časovém intervalu prokázán pouze v 64,7 % případů. Míra fúze 88,2 % u klecí z Al_2O_3 po 12 měsících od operace odpovídá zjištěním Noordhoeka a kol. (87,6 % v průměru u různých klecí). Tito autoři tvrdí, že míra kostní fúze se mezi 12. a 24. měsíci po ACDF významně neliší. Ani s ohledem na klinické výsledky ten rozdíl není relevantní, proto dvanáctiměsíční sledování pacientů plně stačí pro hodnocení fúze (Noordhoek 2019). Míra fúze u klecí z Al_2O_3 po 18 měsících v našem souboru byla 92,6 %, což je v souladu s publikovanými výsledky pro různé klece pro ACDF (Samartzis 2005, Yang 2011, Park 2016, Seaman 2017, Noordhoek 2019, Park 2020, Onyedimma 2022).

V českém periodiku dosud nebyla evidována žádná zmínka o zkušenostech s využitím porézních klecí z oxidu hlinitého. Ve světových databázích zdravotnických publikací byly nalezeny pouze dvě práce. Finiels publikoval soubor 61 pacientů, u kterých pro pevnou náhradu krčního disku byly použity porézní Al_2O_3 klece. Soubor byl ovšem různorodý – jednoetážové a dvouetážové ACDF, se stabilizací přední dlahou nebo bez. Kostní fúze bylo dosaženo v 95 % po 6 měsících a u 100 % pacientů po roce od operace (Finiels 2004). Mostofi a kol. publikovali předběžné výsledky klinického souboru 118 pacientů po ACDF s implantovanou porézní klecí z Al_2O_3 . Kostní fúze byla hodnocena pouze prostým bočním rentgenovým snímkem a byla stanovena v 90,67 % případů v 6 měsících a v 94,92 % případů po roce od operace (Mostofi 2018). Obě studie ukázaly vyšší míru fúze po 6 a 12 měsících, než byla zjištěna v naší práci (66,2 % a 88,2 %). Domníváme se, že použití CT vyšetření nám poskytlo možnost přesnějšího hodnocení kostní fúze ve srovnání s prostým rentgenovým snímkem. Není nám známa žádná studie, ve které by bylo CT vyšetření použito k posouzení meziobratlové fúze u klecí z Al_2O_3 .

Nález CT skenů v naší studii mimo jiné poukázaly na odlišný proces fúzování v meziobratlovém prostoru u obou porovnávaných implantátů. U klece z PEEK fúze začíná především uvnitř klece, kde jsou dvě bioaktivní výplně, zatímco porézní klec z Al_2O_3 se konsoliduje s kostí na povrchů styku s obratlovým tělem, tedy spíše okolo implantátu. Rozdíl v procesu fúze lze vysvětlit odlišnou strukturou a složením klecí. Keramická klec z Al_2O_3 se ve své podstatě stává

syntetickým porézním lešením (angl. scaffold) pro novotvořenou kostní tkáň (Finiels 2004, Mostofi 2018). Umělý materiál PEEK sám o sobě nemá žádnou biologickou aktivitu. Existuje několik studií, které ukazují, že samostatné a prázdné klece z PEEK bez použití bioaktivních vložek mají vyšší výskyt pseudoartrózy (Krause 2018, Buyuk 2020). Podle Ahmeda a kol. mají klece z PEEK v kombinaci se stimulatory osteogenézy převahu nad prázdnými klecemi z PEEK, jelikož vykazují vyšší míru kostní fúze a nižší míru vboření implantátu. Dle výsledků jejich meta-analýzy měly prázdné klece z PEEK míru subsidence 0–48,3 % a míru fúze 81,3–100 % (Ahmed 2021). Další prospektivní studie poskytla přesvědčivé důkazy o tom, že celková míra radiografické fúze u prázdných PEEK klecí je pomalá a nedostatečná, proto jejich použití je méně efektivní v redukci bolesti a postižení pacienta (Suess 2017). Obecně platí, že použití látek stimulujících růst kostí vede k lepším výsledkům stran meziobratlové fúze (Campana 2014). Naše PEEK klec má dvě komůrky, které jsme vyplňovali kompozitní vložkou z CaHPO_4 a bovinního kolagenu typu I. Tento kompozitní materiál má vynikající osteoinduktivní vlastnosti (Campana 2014, Oryan 2014). Dva malé kovové klínky uprostřed PEEK klece, které slouží k lepšímu ukotvení v krycích destičkách obratlových těl, hypoteticky mohou mít další přínos – zlepšení migrace kostních buněk a krvinek z drobné perforace obratlových těl do meziobratlového prostoru. Míra fúze ve skupině PEEK byla vyšší ve všech časových intervalech sledování. Předpokládáme tedy, že použití bioaktivní výplně zlepšilo kostní fúzi v této skupině. Cena obou implantátů byla téměř stejná. Kompozitní výplň z CaHPO_4 a kolagenu však navýšila cenu o dalších 25 %. Nejsme si vědomi žádných vedlejších účinků spojených s používáním tohoto kompozitního materiálu.

Hodnotili jsme zvláště rychlost dosažení kvality fúze I. stupně, což je z radiologického hlediska kompletní bilaterální fúze. V databázích vědeckých publikací nebyla nalezena žádná práce, která by se zabývala hodnocením rychlosti a míry dosažení nejlepší kvality meziobratlové fúze u ACDF. Bez znalosti korelace s klinickými výsledky však nemůžeme posoudit praktický význam tohoto kvalitativního parametru.

Při hodnocení některých CT nálezů jsme si všimli drobných ložisek úbytku kostní tkáně mezi implantátem a krycí destičkou obratlového těla (ve většině případů spodního). Jelikož tento jev nepozorujeme při sledování pacientů pomocí prostého RTG snímku, museli jsme jej prostudovat v literatuře. Osteolýza kolem implantátu vzniká v důsledku chronické zánětlivé reakce vyvolané částicemi opotřebením implantátu, které právě jsou spouštěčem procesu stěhování makrofágů, fibroblastů, lymfocytů a osteoklastů. Tyto buňky vylučují prozánětlivé a osteoklastogenní cytokiny, které potencují zánětlivou reakci. Fagocytóza v kombinaci s autokrinními a parakrinními účinky vytváří v okolí implantátu komplexní prostředí pro narušení křehké rovnováhy mezi tvorbou a resorpcí kosti. Je známo, že se tento proces může aktivovat i kolem pouhých částic různých materiálů, jako jsou polyetylen, kovy, alumina a cement (Noordin 2012). Problematika periprotetické osteolýzy je dobře známa v ortopedii. Rozvoj tohoto procesu kolem kloubních náhrad může vést k selhání protézy nebo periprotetické zlomenině. Literární data o vlivu osteolýzy na proces fúze po ACDF ovšem chybí. Výskyt osteolýzy kolem implantátu byl v naší studii častější ve skupině PEEK. Neexistují žádné literární zmínky o osteolýze kolem aluminy (oxidu hlinitého), naopak je známo, že částice opotřebením materiálu PEEK způsobují významnou osteolýzu (Du 2018, Cuzzocrea 2019).

V průběhu studie v obou skupinách nebyla zaznamenána žádná dislokace klece směrem ventrálním nebo dorzálním či rozlomení implantátu. Vboření implantátu z PEEK se vyskytlo prakticky dvakrát častěji než u implantátu z Al_2O_3 (22,9 % a 11,8 %). Tento meziskupinový rozdíl sice nebyl statisticky signifikantní, nicméně jeho dopad na radiografické nebo klinické výsledky by mohl být dále prozkoumán. Míra subsidence ve skupině PEEK implantátu v našem souboru je v rozmezí publikovaných výsledků 14,9–66 % (Yson 2017, Yang 2011, Barsa 2007, Park 2016, Jin 2021), zatímco ve skupině implantátu z Al_2O_3 naopak pod úrovní uvedeného rozmezí. Tento rozdíl v našem souboru si vysvětlujeme především odlišnými profily implantátů. Klec z Al_2O_3 má

celoplošnou strukturu a zajišťuje tak větší kontaktní plochu s krycími deskami obratlových těl než klec z PEEK, která má pevné okraje a dvě otevřené komůrky.

Oba použité implantáty můžeme na základě výše uvedeného srovnání klinických a grafických výsledků fúze hodnotit jako takové, co splňují naše kritéria efektivní a bezpečné samostatné náhrady disku při ACDF.

Tento výzkum mohl mít určité limity. Za prvé, zvolená metoda randomizace vedla k vytvoření dvou skupin odlišné velikosti. Záměrným přidělením více pacientů (s poměrem 2:1) do skupiny klece z Al_2O_3 , která byla hlavním předmětem zkoumání, jsme chtěli docílit přesnějších výsledků u této klece. Logistický důvod, tedy snaha rychlejšího naplnění větší skupiny zkoumaného léku, implantátu nebo terapeutického výkonu, je v případě volby nerovnoměrné randomizace uváděn jako jeden z nejčastějších (Peckham 2015). Náhodné rozdělení do zkoumaných skupin v poměrech 2:1, 3:1 a 4:1 je považováno za přípustné.

Za druhé, látka stimulující kostní růst byla použita pouze v klecích z PEEK. Kompozit $CaHPO_4$ a bovinního kolagenu typu I má konzistenci houby a je hotový produkt od stejného dodavatele jako klec z PEEK, kterou jsme použili. Možnost kombinace této kompozitní houby s porézní keramickou klecí z Al_2O_3 je prakticky vyloučena. Zcela hypoteticky by stejný kompozitní materiál, ale ve formě pasty, mohl být použit v kombinaci s Al_2O_3 klecí. Keppler a kol. představili v roce 2020 nový pastovitý kompozit pro výplň kostních defektů na bázi polysacharidové matrice, fosforečnanu vápenatého a granulátů oxidu hlinitého. Byla potvrzena jeho dobrá biokompatibilita ve smyslu iniciace osteogenézy v kostním defektu, jak za podmínek in vitro, tak in vivo (Keppler 2020).

Výsledky studie byly publikovány v časopise Journal of Orthopaedic Surgery and Research s impakt faktorem 2,677 a kvantilem Q1 jako článek s názvem „Speed and quality of interbody fusion in porous bioceramic Al_2O_3 and polyetheretherketone cages for anterior cervical discectomy and fusion: a comparative study“ (Příloha 4). Práce byla recenzenty časopisu hodnocena jako přínosná pro databázi vědecké literatury.

8. Závěry

Tento výzkum nám přinesl zcela nové poznatky o průběhu meziobratlové fúze při hojení implantátu z Al_2O_3 po operacích ACDF. Pomocí CT vyšetření jsme měli možnost blíže a přesněji hodnotit kvalitu fúze a nežádoucí jevy u zkoumaného implantátu a porovnat je s implantátem z PEEK, který je druhým nejčastěji používaným na našem pracovišti. Na základě předpokladů o vlastnostech sledovaných implantátů byly stanoveny určité cíle studie, které se naplnily s následujícími závěry:

1. Při srovnání klinických výsledků v celém průběhu sledování pacientů po operaci ACDF nebyly shledány rozdíly ve skupinách obou implantátů. Výskyt komplikací při použití obou implantátů byl taktéž srovnatelný.
2. Prospektivní randomizované srovnání dvou implantátů ukázalo, že klec z Al_2O_3 neměla tendenci k rychlejší inicializaci fúze, vyšší kvalitě fúze a vyšší míře fúze než klec z PEEK plněná bioaktivní kompozitní vložkou. Prokázaná míra fúze porézní keramické klece z Al_2O_3 je ovšem v souladu s publikovaným rozmezím výsledků u různých rigidních klecí používaných při operacích ACDF.
3. Implantát z Al_2O_3 vykazoval nižší míru vboření do obratlového těla ve srovnání s kontrolní skupinou implantátu z PEEK. Míra subsidence klece z oxidu hlinitého je také nižší v porovnání s publikovanými výsledky u jiných syntetických implantátů pro ACDF. V průběhu grafického sledování fúze pomocí CT byl pozorován další nežádoucí jev – osteolýza kolem implantátu. Míra osteolýzy kolem implantátu z Al_2O_3 byla třikrát nižší než u implantátu z PEEK. Korelaci osteolýzy se subsidence za základě získaných dat v této studii nelze posuzovat. Naše studie byla první prací, která hodnotila tento nežádoucí jev u implantátů pro přední rigidní náhradu krční meziobratlové ploténky.

9. Použitá literatura

- Ahmed AF**, Al Dosari MAA, Al Kuwari A, Khan NM. The outcomes of stand alone polyetheretherketone cages in anterior cervical discectomy and fusion. *Int Orthop*. 2021;45(1):173-180.
- Armaghani SJ**, Even JL, Zern EK at al. The Evaluation of Donor Site Pain After Harvest of Tricortical Anterior Iliac Crest Bone Graft for Spinal Surgery: A Prospective Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(4):E191-6.
- Barsa P**, Suchomel P. Factors affecting sagittal malalignment due to cage subsidence in standalone cage assisted anterior cervical fusion. *Eur Spine J*. 2007;16:1395-1400.
- Baucher G**, Taskovic J, Troude L, et al. Risk factors for the development of degenerative cervical myelopathy: a review of the literature. *Neurosurg Rev*. 2022;45(2):1675-1689.
- Bednařík J**, Sládková D, Kadaňka Z, et al. Are subjects with spondylosis at increased risk of cervical spinal cord injury after minor trauma? *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2011;82(7):779-810.
- Bednaříková M**, Opavský J. Česká verze dotazníku Neck Disability Index a její použití u pacientů s bolestmi krčního úseku páteře. *Rehabil. fyz. Lék*. 2014;21(4):180-186.
- Buyuk AF**, Onyekwelu I, Gaffney CJ et al. Symptomatic pseudarthrosis requiring revision surgery after 1- or 2-level ACDF with plating: peek versus allograft. *J Spine Surg*. 2020;6(4):670-680.
- Cabraja M**, Oezdemir S, Koeppen D, Kroppenstedt S. Anterior cervical discectomy and fusion: comparison of titanium and polyetheretherketone cages. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012;13:172.
- Campana V**, Milano G, Pagano E et al. Bone substitutes in orthopaedic surgery: from basic science to clinical practice. *J Mater Sci Mater Med*. 2014;25:2445-2461.
- Carroll LJ**, Hogg-Johnson S, van der Velde G, et al. Course and prognostic factors for neck pain in the general population: results of the Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009; 32(2 Suppl):S87–S96.
- Cuzzocrea F**, Ivone A, Jannelli E, et al. PEEK versus metal cages in posterior lumbar interbody fusion: a clinical and radiological comparative study. *Musculoskelet Surg*. 2019;103(3):237-241.
- Dhar UK**, Menzer EL, Lin M, et al. Factors influencing cage subsidence in anterior cervical corpectomy and discectomy: a systematic review. *Eur Spine J*. 2023;32(3):957-968.
- Du Z**, Zhu Z, Wang Y. The degree of peri-implant osteolysis induced by PEEK, CoCrMo, and HXLPE wear particles: a study based on a porous Ti6Al4V implant in a rabbit model. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):23.
- Duey AH**, Gonzalez C, Geng EA, et al. The Effect of Subsidence on Segmental and Global Lordosis at Long-term Follow-up After Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *Neurospine*. 2022;19(4):927-934.
- Eseonu K**, Laurent E, Bishi H, et al. A Retrospective Comparative Study of Long-Term Outcomes Following Cervical Total Disc Replacement Versus Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *Cureus*. 2022;14(12):e32399.
- Finiels PJ**. Intérêt des biocéramiques en alumine poreuse cellulaire en chirurgie rachidienne [Interest of porous biomaterials in spinal surgery]. *Neurochirurgie*. 2004;50:630-638.
- Godlewski B**, Bebenek A, Dominiak M, et al. Reliability and Utility of Various Methods for Evaluation of Bone Union after Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *J Clin Med*. 2022;11(20):6066.
- Godlewski B**, Bebenek A, Dominiak M, et al. Subsidence following cervical discectomy and implant-to-bone ratio. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):750.
- Hansraj KK**. Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. *Surg Technol Int*. 2014;25:277-9.
- Hrabálek L**, Vaverka M, Kupka B, Houdek M. Komplikace operací z předního přístupu pro degenerativní onemocnění krční páteře. *Cesk Slov Neurol N*. 2007;103(2):201-206.

- Iyer S**, Kim HJ. Cervical radiculopathy. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016;9(3):272-80.
- Jin ZY**, Teng Y, Wang HZ, Yang HL et al. Comparative Analysis of Cage Subsidence in Anterior Cervical Decompression and Fusion: Zero Profile Anchored Spacer (ROI-C) vs. Conventional Cage and Plate Construct. *Front Surg*. 2021;8:736680.
- Kazeminasab S**, Nejadghaderi SA, Amiri P, et al. Neck pain: global epidemiology, trends and risk factors. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;23(1):26.
- Keppler AM**, Saller MM, Alberton P, et al. Bone defect reconstruction with a novel biomaterial containing calcium phosphate and aluminum oxide reinforcement. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):287.
- Krause KL**, Obayashi JT, Bridges KJ, et al. Fivefold higher rate of pseudarthrosis with polyetheretherketone interbody device than with structural allograft used for 1-level anterior cervical discectomy and fusion. *J Neurosurg Spine*. 2018;30(1):46-51.
- Krticka M**, Planka L, Vojtova L, et al. Lumbar Interbody Fusion Conducted on a Porcine Model with a Bioresorbable Ceramic/Biopolymer Hybrid Implant Enriched with Hyperstable Fibroblast Growth Factor 2. *Biomedicines*. 2021;9:733.
- Menon N**, Turcotte J, Patton C. Structural Allograft Versus Synthetic Interbody Cage for Anterior Cervical Discectomy and Fusion: A Comparison of 1-Year Outcomes From a National Database. *Global Spine J*. 2021;11(8):1215-1222.
- Mostofi K**, Moghaddam BG, Peyravi M, Khouzani RK. Preliminary results of anterior cervical arthroplasty by porous alumina ceramic cage for cervical disc herniation surgery. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2019;9:223-226.
- Noordhoek I**, Koning MT, Vleggeert-Lankamp CLA. Evaluation of bony fusion after anterior cervical discectomy: a systematic literature review. *Eur Spine J*. 2019;28:386-399.
- Noordin S**, Masri B. Periprosthetic osteolysis: genetics, mechanisms and potential therapeutic interventions. *Can J Surg*. 2012 Dec;55(6):408-17.
- Onyedimma C**, Jallow O, Yolcu YU, et al. Comparison of Outcomes Between Cage Materials Used for Patients Undergoing Anterior Cervical Discectomy and Fusion with Standalone Cages: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2022;158:e38-e54.
- Oryan A**, Alidadi S, Moshiri A, Maffulli N. Bone regenerative medicine: classic options, novel strategies, and future directions. *J Orthop Surg Res*. 2014;9(1):18.
- Park JY**, Choi KY, Moon BJ, Hur H et al. Subsidence after single-level anterior cervical fusion with a stand-alone cage. *J Clin Neurosci*. 2016;33:83-88.
- Park S**, Lee DH, Seo J et al. Feasibility of CaO-SiO₂-P₂O₅-B₂O₃ Bioactive Glass Ceramic Cage in Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *World Neurosurg*. 2020;141:e358-e366.
- Peckham E**, Brabyn S, Cook L, et al. The use of unequal randomisation in clinical trials--An update. *Contemp Clin Trials*. 2015 Nov;45:113-22.
- Pinter ZW**, Reed R, Townsley SE, et al. Titanium Cervical Cage Subsidence: Postoperative Computed Tomography Analysis Defining Incidence and Associated Risk Factors. *Global Spine J*. 2021;21925682211046897.
- Roberts TT**, Rosenbaum AJ. Bone grafts, bone substitutes and orthobiologics: the bridge between basic science and clinical advancements in fracture healing. *Organogenesis*. 2012;8(4):114-24.
- Samartzis D**, Shen FH, Goldberg EJ, An HS. Is autograft the gold standard in achieving radiographic fusion in one-level anterior cervical discectomy and fusion with rigid anterior plate fixation? *Spine* 2005;530:1756-1761.
- Saur K**, Májovský M, Vaněk P. Radiological analysis of the results of expandable implant insertion in one – to two-level cervical somatectomy. Radiologická analýza výsledků implantace expandabilní náhrady při jedno-až dvouetážové somatektomii krční páteře. *Rozhl Chir*. 2020;99:72-76.
- Seaman S**, Kerezoudis P, Bydon M, et al. Titanium vs. polyetheretherketone (PEEK) interbody fusion: Meta-analysis and review of the literature. *J Clin Neurosci*. 2017;44:23-29.

- Seo J, Lee JW.** Magnetic Resonance Imaging Grading Systems for Central Canal and Neural Foraminal Stenoses of the Lumbar and Cervical Spines With a Focus on the Lee Grading System. *Korean J Radiol.* 2023;24(3):224-234.
- Suess O, Schomaker M, Cabraja M, et al.** Empty polyetheretherketone (PEEK) cages in anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) show slow radiographic fusion that reduces clinical improvement: results from the prospective multicenter "PIERCE-PEEK" study. *Patient Saf Surg.* 2017;11:12.
- Suh PB, Puttlitz C, Lewis C, et al.** The Effect of Cervical Interbody Cage Morphology, Material Composition, and Substrate Density on Cage Subsidence. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(2):160-168.
- Vavruch L, Hedlund R, Javid D, et al.** A prospective randomized comparison between the cloward procedure and a carbon fiber cage in the cervical spine: a clinical and radiologic study. *Spine.* 2002;27:1694-1701.
- Weichet J, Malíková H.** Zobrazování míchy. *Neurol. praxi* 2017; 18(6): 380–384.
- Wu WJ, Jiang LS, Liang Y, Dai LY.** Cage subsidence does not, but cervical lordosis improvement does affect the long-term results of anterior cervical fusion with stand-alone cage for degenerative cervical disc disease: a retrospective study. *Eur Spine J.* 2012;21(7):1374-82.
- Yang JJ, Yu CH, Chang BS, et al.** Subsidence and nonunion after anterior cervical interbody fusion using a stand-alone polyetheretherketone (PEEK) cage. *Clin Orthop Surg.* 2011;3:16-23.
- Yee TJ, Swong K, Park P.** Complications of anterior cervical spine surgery: a systematic review of the literature. *J Spine Surg.* 2020;6(1):302-322.
- Yo K, Tsushima E, Oishi Y, et al.** The Reliabilities of Several Measurement Methods of Cervical Sagittal Alignment in Cases with Cervical Spine Rotation Using X-ray Findings in Cervical Spine Disorders. *Spine Surgery and Related Research.* 2018;2(3):186-196.
- Yson SC, Sembrano JN, Santos ER.** Comparison of allograft and polyetheretherketone (PEEK) cage subsidence rates in anterior cervical discectomy and fusion (ACDF). *J Clin Neurosci.* 2017;38:118-121.
- Zou T, Wang PC, Chen H, et al.** Minimally invasive posterior cervical foraminotomy versus anterior cervical discectomy and fusion for cervical radiculopathy: a meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2022;45(6):3609-3618.

10. Přehled publikační činnosti autora

Původní vědecké práce v impaktovaném časopise

Kostyšyn R, Hosszú T, Trávníček P, Jandura J, Póczoš P, Česák T. Efficiency of Interlaminar Uniportal Endoscopic Lumbar Discectomy. *Bratisl Lek Listy.* 2023. doi: 10.4149/BLL_2023_95. Epub ahead of print (IF 1,564)

Kostyšyn R, Ryska P, Jandura J, Selke-Krulichova I, Poczos P, Hosszu T, Cesak T. Speed and quality of interbody fusion in porous bioceramic Al₂O₃ and polyetheretherketone cages for anterior cervical discectomy and fusion: a comparative study. *J Orthop Surg Res.* 2023 Mar 3;18(1):165 (IF 2,677)

Poczos P, Cihlo M, Zadrobílek K, Jandura J, Čelakovský P, Adamkov J, **Kostyšyn R, Česák T.** The Need for Emphasis on Intracranial Hypertension Management in Spontaneous Skull Base Meningoencephaloceles. *World Neurosurg.* 2023 Jan 27:S1878-8750(23)00098-0 (IF 2,21)

Ryška P, Jandura J, Vajda M, Čech M, Vaňasek J, Raupach J, **Kostyšyn R**. Perkutánní vertebroplastika ve světě medicíny založené na důkazech. *Ces Radiol* 2021; 75(3): 220–227 (IF 0,16)

Jandura J, Vajda M, **Kostyšyn R**, Vanasek J, Cermakova E, Zizka J, Ryska P. Previous Lumbar Spine Surgery Decreases the Therapeutic Efficacy of Dorsal Root Ganglion Pulsed Radiofrequency in Patients with Chronic Lumbosacral Radicular Pain. *Journal of Personalized Medicine*. 2023; 13(7):1054 (IF 3,508)

Ostatní práce v impaktovaném časopise

Kostyšyn R, Pleskačová Z, Málek V. Agresivní hemangiom obratle. *Cesk Slov Neurol N* 2015; 78/111(2): 148-157. (IF 0,411)

Habal P, Kaltofen K, **Kostyšyn R**, Štětina M, Málek V. Fibrózní dysplazie žebere a páteře: multioborové řešení – kazuistika. *Cesk Slov Neurol N* 2010;73/106(6):734-737. (IF 0,411)

Ryška P, Jandura J, Vajda M, Čech M, Vaňasek J, Raupach J, Hoffmann P, **Kostyšyn R**. Léčba bolesti u zlomenin páteře a facetového syndromu hrudní a bederní páteře z pohledu intervenčního radiologa. *Ces Radiol* 2022;76(4): 231–236 (IF 0,16)

Přednášky na odborných setkáních

Chirurgické postupy u spondylodiscitid. 4. májové spondylochirurgické sympozium, Praha 5/2023

Bolesti zad z pohledu spondylochirurga. Lékařské sympozium, Lázně Velichovky 5/2023

Miniinvazivní řešení osteoporotických zlomenin páteře. XII. konference multidisciplinárního pojetí kineziologie, Lázně Bohdaneč 3/2023

Únavové zlomeniny páteře. XIV. ročník multioborového neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitačního sympozia, Soláň 1/2023

Problematika zlomenin páteře v terénu ankylozující spondylitidy. IX. ročník mezioborového sympozia na téma Neurotraumatologie, Lázně Bělohrad 10/2022

Únavové zlomeniny páteře. IX. ročník mezioborového sympozia na téma Neurotraumatologie, Lázně Bělohrad 10/2022

Efektivita interlaminární endoskopické extrakce výhřezu ploténky bederní páteře. XX. kongres České spondylochirurgické společnosti, Praha 9/2022

Spinální trauma – diagnostika a léčba. Specializační kurz před atestací z neurologie Hradec Králové 9/2022

Přední krční mikrodiskektomie a fúze – náš přístup. III. májové spondylochirurgické sympozium, Praha 5/2022

Endoskopická operativa výhřezu bederních plotének – přes 4 roky v praxi. Slovak Spine, Vysoké Tatry 5/2022

Léčba páteřních metastáz. Osteocool Medtronic Workshop, NCH klinika FNHK, 12/2021
(organizátor)

Agressive hemangioma – surgical treatment. 4th Spinal oncology symposium, Brno 12/2021

Využití klecí Ceramil (Al_2O_3) u ADCF. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 11/2021

Spondylartritidy krční páteře. VIII. mezioborové sympozium na téma Problematika krční páteře, Lázně Bělohrad 10/2021

Hodnocení meziobratlové kostní fúze u ACDF. VIII. mezioborové sympozium na téma Problematika krční páteře, Lázně Bělohrad 10/2021

Využití Al_2O_3 klecí při ACDF. XIX. kongres České spondylochirurgické společnosti, Praha 9/2021

Mini-invazivní řešení spinální stenózy. Klinický seminář NCH kliniky, HK 5/2021

Endoskopické operace hernie disku, ohlédnutí po dvouleté zkušenosti pracoviště. VII. ročník Mezioborového sympozia na téma Bolesti zad, Lázně Bělohrad 10/2020

Chirurgické řešení nestability sakroiliakálního skloubení. VII. ročník Mezioborového sympozia na téma Bolesti zad, Lázně Bělohrad 10/2020

Diskutabilní nebo limitované indikace přední náhrady u fraktur Th-L páteře. XII. mezinárodní kongres úrazové chirurgie a soudního lékařství. Mikulov 9/2020

Endoskopická operativa hernie disku bederní páteře –2,5leté zkušenosti. XVIII. kongres České spondylochirurgické společnosti, Olomouc 9/2020

Krční spondylodiscitida. XI. konference multidisciplinárního pojetí kineziologie, Lázně Bohdaneč 2/2020

Traumatická spondylolistéza. XI. ročník multioborového neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitačního sympozia, Soláň 1/2020

Agressive hemangioma – surgical treatment. 3rd Spinal oncology symposium, Brno 12/2019

Metastázy páteře. VI. ročník Mezioborového sympozia na téma Nesnáze a komplikace v péči o pacienty s onemocněním páteře, Lázně Bělohrad 10/2019

Opakovaný neúspěch chirurga či perzistující nespokojenost pacienta? VI. ročník Mezioborového sympozia na téma Nesnáze a komplikace v péči o pacienty s onemocněním páteře, Lázně Bělohrad 10/2019

Krční spondylodiscitida. VI. ročník Mezioborového sympozia na téma Nesnáze a komplikace v péči o pacienty s onemocněním páteře, Lázně Bělohrad 10/2019

Spondylodiscitida krční páteře. Výroční sjezd České neurochirurgické společnosti, Benešov 10/2021

Nové trendy a známé komplikace v léčbě zlomenin Th-L páteře. XI. mezinárodní kongres úrazové chirurgie a soudního lékařství. Mikulov 9/2019

Spondylodiscitida krční páteře – vzácná a zákeřná. XVII. kongres České spondylochirurgické společnosti, Praha 9/2019

Páteřní endoskopie. Rehaspring konference "Fyzioterapie budoucnosti", Liberec 9/2019

Krční spondylodiscitida. Výroční sjezd České neurochirurgické společnosti, Benešov 10/2019

Přední přístupy u zlomenin Th-L páteře. II. májové spondylochirurgické sympozium, Praha 5/2019

Epidurální hematom a subdurální hematom (diskuzní blok). XXVI. postgraduální kurz v neurochirurgii Hradec Králové 4/2019

Hemangiom obratle – kdy k neurochirurgovi? X. ročník multioborového neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitačního symposia, Soláň 1/2019

Endoskopické operace výhřezů ploténky LS páteře. X. ročník multioborového neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitačního symposia, Soláň 1/2019

Páteřní hemangiom – kdy k neurochirurgovi? V. ročník Mezioborového symposia na téma Bolesti zad, Lázně Bělohrad 10/2018

První zkušenosti s endoskopickou operativou páteře. V. ročník Mezioborového symposia na téma Bolesti zad, Lázně Bělohrad 10/2018

Endoskopická chirurgie hernie disku LS páteře. XVI. kongres České a slovenské spondylochirurgické společnosti, Brno 10/2018

Traumatická spondylolistéza L5-S1. První májové spondylochirurgické sympozium, Praha 5/2018

Primární nádory páteře, výskyt a chirurgická léčba. Agresivní hemangiom obratle. XXV. postgraduální kurz v neurochirurgii na téma Spondylochirurgie a chirurgie míchy, HK 4/2018

Poranění křížové kosti. XXV. postgraduální kurz v neurochirurgii na téma Spondylochirurgie a chirurgie míchy, HK 4/2018

Chirurgická léčba algického syndromu SI skloubení. IX. konference multidisciplinárního pojetí kineziologie, Lázně Bohdaneč 2/2018

Možnosti a limity komplexního řešení páteřních metastáz. IX. ročník multioborového neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitačního symposia, Soláň 1/2018

Nevšední komplikace všedního výkonu – cévní poranění při mikrodiskektomii. XV. kongres české a slovenské spondylochirurgické společnosti, Plzeň 10/2017

Možnosti a limity komplexního řešení páteřních metastáz. XV. kongres české a slovenské spondylochirurgické společnosti, Plzeň 10/2017

Poranění krční páteře. II. konference Lázně Velichovky, 10/2017

Chirurgická úskalí a následky stabilizace krční páteře. IV. mezioborové sympozium „Neurotraumatologie a neúrazové nitrolební krvácení“, Lázně Bělohrad 9/2017

Stavy dlouhodobé poruchy vědomí. Locked-in syndrom. IV. mezioborové sympozium „Neurotraumatologie a neúrazové nitrolební krvácení“, Lázně Bělohrad 9/2017

Traumatická spondylolistéza L5-S1 – přehled problematiky s kazuistikou. IX. mezinárodní kongres úrazové chirurgie a soudního lékařství, Mikulov 9/2017

Zadní stabilizace krční páteře. DePuy Synthes sympozium NCH kliniky FNHK, 5/2017

Mezioborový seminář FNHK na téma Páteřní metastázy, NCH klinika FNHK 3/2017 (organizátor)

Chirurgická úskalí a následky stabilizace krční páteře. VII. multioborové neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitační sympozium, Soláň 1/2017

Stavy dlouhodobé poruchy vědomí. Locked-in syndrom. VII. multioborové neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitační sympozium, Soláň 1/2017

Spinální intradurální cysty: kazuistika s přehledem literatury. XIV. kongres České a slovenské spondylochirurgické společnosti, Olomouc 10/2016

Využití porézních klecí z oxidu hlinitého pro meziobratlovou fúzi krční páteře. XIV. kongres České a slovenské spondylochirurgické společnosti, Olomouc 10/2016

Chirurgická léčba degenerativního postižení krční páteře. I. konference Lázně Velichovky, 10/2017

Mezioborová spolupráce v léčbě mnohočetného myelomu. Mezioborový seminář FNHK na téma Mnohočetný myelom, NCH klinika FNHK 6/2016 (organizátor)

Indikace a limity stentoplastiky obratlového těla. DePuy Synthes sympozium NCH kliniky FNHK, 5/2016

Spinální lymfomy z pohledu neurochirurga. Mezioborový seminář FNHK na téma Lymfomy páteře a míchy. NCH klinika FNHK, 1/2016 (organizátor)

Primární solitární non-Hodgkin B-lymfom lebky. Brněnské neurochirurgické dny, Velké Bílovice 11/2015

Přední krční diskektomie s pevnou náhradou ploténky. II. mezioborové sympozium na téma Problematika krční páteře, Lázně Bělohrad 9/2015

Bechtěrevová nemoc a DISH syndrom. II. mezioborové sympozium na téma Problematika krční páteře, Lázně Bělohrad 9/2015

Cementované stabilizace páteře. DePuy Synthes sympozium NCH kliniky FNHK, 6/2015

Možnosti chirurgické léčby degenerativy krční páteře. Seminář Ortopedické kliniky FNHK, HK 6/2015

Algický syndrom sakroiliakálního kloubu, možnosti chirurgické léčby. VI. Ročník multioborového neurochirurgicko-radiodiagnosticko-rehabilitačního symposia, Soláň 1/2015

Traumatická spondylolistéza L5-S1: přehled problematiky s kazuistickým sdělením. XII. spondylochirurgický kongres, Praha 9/2014

Hojení komplikované rány V.A.C. systémem. I. multioborové symposium na téma Bolesti zad, Lázně Bělohrad 9/2014

Agresivní hemangiom obratle. I. multioborové symposium na téma Bolesti zad, Lázně Bělohrad 9/2014

Zero-P implantát pro ACDF. DePuy Synthes symposium NCH kliniky FNHK, HK 5/2014

Perzistentní vegetativní stav a příbuzné dlouhodobé poruchy vědomí, locked-in syndrom. XXI. postgraduální kurz v neurochirurgii na téma Spondylochirurgie a chirurgie míchy, HK 4/2014

Agresivní hemangiom obratle. V. multioborové neurochirurgicko – radiodiagnosticko – rehabilitační symposium, Soláň 1/2014

Trauma C0-C2 páteře. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 1/2014

Reoperace pro časnou recidivu hernie disku. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 10/2013

Využití non-fusion technologie (semirigidní fixace) v léčbě degenerativních spondylolistéz. XI. Spondylochirurgický kongres, Ostrava 9/2013

Decompressive Craniectomy in Diffuse Traumatic Brain Injury. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 1/2013

Arteria vertebralis a operační přístupy. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 12/2012

Poranění krční páteře praktický přehled problematiky, management, kazuistiky. XV. Harrachovské chirurgické dny, Špindlerův Mlýn 6/2011

Chirurgická léčba agresivních hemangiomů páteře – kazuistika. 1. celostátní neurokazuistický sjezd, HK 6/2011

Spondylolistéza. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 5/2011

Diferencovaný přístup k indikaci chirurgické léčby u degenerativní spondylolistézy bederní páteře. Brněnské neurochirurgické dny, Velké Bílovice 11/2010

Komplikace chirurgické léčby kraniosynostóz. Klinický seminář NCH kliniky FNHK, HK 6/2009