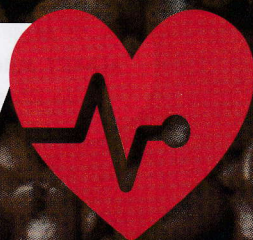


100+1

Zázraky MEDICÍNY

Rádce pro vaše zdraví
z redakce 100+1



září 2026

JÍDLLO

Proč vám škodí
bílá mouka?

RIZIKO

Kofeinový detox

Co vás čeká, když skončíte s pitím kávy?

ZDRAVÝ ŽIVOT

Jak se starat o mozek?

Odborník radí: 6 nejlepších tipů podle neurologa



**Zákeřné nemoci
z koupaliště**



**Rozhovor: Jak se
tisknou orgány**

99,90 Kč, na Slovensku: 5,49 €





Kovové **zázraky**

Chirurgické implantáty už nemusejí jen nahrazovat poškozenou kost. Díky nejmodernějšímu 3D tisku vznikají náhrady přesně na míru, které mohou uvolňovat léky, časem se v těle rozpustit nebo jednou samy upozornit na začínající komplikace

ptala se Eliška H. Černá

Vědci z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (VŠCHT) posouvají možnosti chirurgie a ortopedie. Díky unikátní 3D tiskárně kovů za 30 milionů korun dokážou vyrobit pacientovi implantát přesně na míru. Tato technologie umožňuje nejen dokonalou anatomickou shodu, ale i postupné uvolňování léků přímo v těle. O „kovových zázracích“, které pomáhají léčit, a nejmodernější evropské technologii kovového 3D tisku jsme mluvili s prof. Daliborem Vojtěchem z Ústavu kovových materiálů a korozního inženýrství VŠCHT Praha.

? Tiskárnu jste získali relativně nedávno. Už máte nějaké implantáty v praxi?

Tiskárnu máme teprve od března letošního roku, takže je brzy na to, abychom měli něco v pacientech. Technologie je principiálně velice jednoduchá. Nasypeme do stroje kovový prášek, zadáme počítači model implantátu, který má udělat, a on už pak pracuje sám. Můžeme ho klidně pustit přes noc a ráno máme hotový implantát. Kvůli náročným předpisům ve zdravotnictví to ale není v praxi tak jednoduché, jak to na první pohled vypadá. Vyrobit implantát

je tak třetina cesty. Její zbytek zahrnuje splnění všech medicínských kritérií. Možná si pamatujete na skandály s prsními implantáty, které se po čase začaly rozpadat. Od té doby Evropská unie velmi zpřísnila předpisy na schvalování implantátů určených lidem.

? Co je potřeba dalšího, kromě splnění předpisů, aby se dostal implantát do praxe?

Je potřeba optimalizovat proces vzniku implantátu natolik, aby ho schválila tzv. notifikovaná osoba, což je Evropskou unií jmenovaná firma, která zajistí

schválení pro použití výrobku v pacientech. Obvykle je to poměrně zdlouhavý proces, který stojí hodně peněz – řádově miliony korun u jednoho výrobku. Neposuzuje se materiál, ten už je schválený, ale proces návrhu, design, a hlavně proces výroby – že je kontrolovaný a probíhá v čistém prostředí. Dále, že je vyrobený produkt kvalitní, má dostatečnou pevnost, houževnatost, že laboratoře jsou dostatečně vybavené a sterilní...

pacientovi a zda mají vlastnosti, které potřebujeme. Samotné implantáty vyrábí česká firma ProSpon, a to i na základě našich poznatků a doporučení. ProSpon tuto evropskou certifikaci od notifikované osoby má, ale my jako univerzita sídlící v památkově chráněné budově, kde se pohybují stovky studentů, nejsme schopni zajistit čisté prostory, omezený přístup do laboratoří a další nutné požadavky.

„Naše tiskárna umí vyrobit implantát s natolik jemnými vlákny, jako je tloušťka zhruba pětinasobku lidského vlasu

Zkrátka že se pacient nemusí bát, že implantát poškodí jeho organismus, ale naopak mu pomůže.

? Máte pocit, že tyto nároky splňujete, nebo musíte ještě někde zabrat?

My jsme univerzita a nemáme ambice hromadně vyrábět lékařské implantáty pro nemocnice. Tuto tiskárnu jsme získali, abychom mohli vyrábět prototypy implantátů na míru. Námi vyrobené prototypy budou určeny pro testování jejich chování a vlastností v klinických testech a pro zkoumání, zda vyhovují, rozměrově odpovídají

? V čem je nejnovější tiskárna VŠCHT unikátní? Co na ní stálo 30 milionů?

Princip je poměrně jednoduchý. Do pracovní komory se nahrne tenká vrstvička kovového prášku, na který se pustí laser, který svítí jen na místa, která chceme v té vrstvičce natavit podle modelu. Laser lokálně prášek roztaví a přitaví ho k vrstvičce pod ní. Tento proces se neustále opakuje, dokud nemáme hotový celý implantát, který dohromady tvoří tisíce vrstev o šířce desetin milimetru. Naše tiskárna je unikátní ve dvou rovinách. Má unikátní silný laser. Obvykle mají lasery ve 3D tiskár-

kdo je?

Prof. Dalibor Vojtěch

Chemik, materiálový inženýr, vynálezce, vědec a vysokoškolský pedagog Ústavu kovových materiálů a korozního inženýrství Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, který od roku 2009 vede. V roce 2012 byl jmenován profesorem v oboru metalurgie. Od roku 2020 do roku 2023 byl na VŠCHT prorektorem pro vědu a výzkum. Specializuje se na kovové materiály a fyzikální metalurgii. Zabývá se lehkými slitinami pro letecký a automobilový průmysl, 3D tiskem kovů a slitinami pro medicínské využití (kovové biomateriály pro výrobu lékařských implantátů, interakce biomateriálů s tělním prostředím, prášková metalurgie, nanokrystalické a kompozitní materiály, krystalizace kovů aj.).



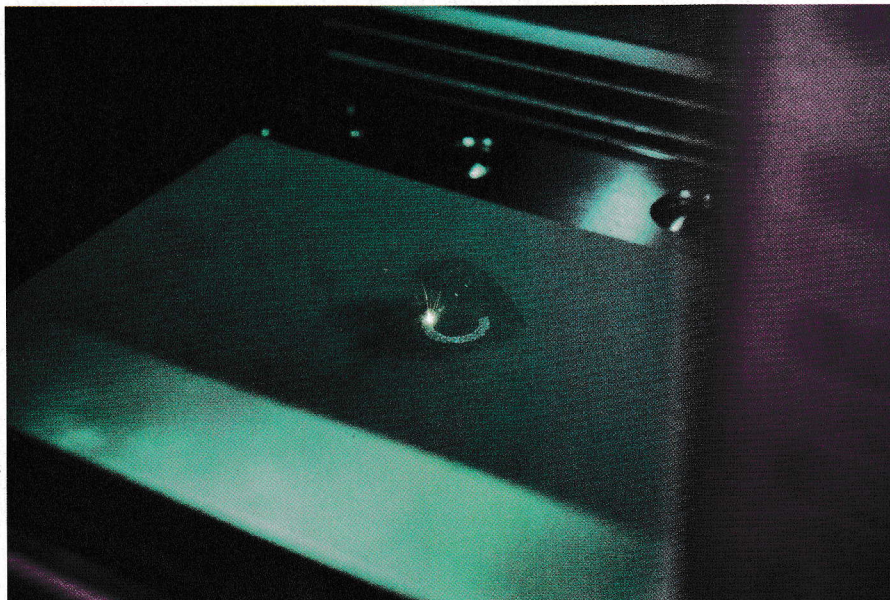
nách výkon ve stovkách W, ten náš má 1,2 kW. To znamená o řád silnější, než mají běžné větší tiskárny. Díky tomu jsme schopni tisknout velice jemné detaily a téměř neomezené spektrum tvarů. Abychom se co nejvíce trefili do pórovité struktury lidské kosti, musíme umět vyrobit implantát s natolik jemnými vlákny, jako je tloušťka zhruba pětinasobku lidského vlasu. A to právě naše tiskárna umí.

? Jaké implantáty podle vás budete nejčastěji vyrábět?

Spíš bych o tom v našem případě mluvil jako o prototypch. Obecně se dnes nejvíce tisknou kyčelní a kolenní klouby. Schopní jsme ale vytisknout všechno

◀ Nová špičková 3D tiskárna kovů AMCM M 290-1 FLX, kterou pořídila VŠCHT Praha pro výzkum pokročilých kovových materiálů, je jediným přístrojem tohoto typu v České republice a jedním z několika málo v Evropě





K Laser tiskárny svítí jen na místa, která je třeba ve vrstvičce kovového prášku natavit podle modelu. Laser lokálně prášek roztaví a přitaví ho k vrstvičce pod ní. Tento proces se neustále opakuje, dokud není celý implantát hotový. Dohromady jej tvoří tisíce vrstev o šířce desetin milimetru

flexibilním a poměrně složitým procesem. Většinou se buď kov roztaví a odlíje do formy, nebo se vyrobí polotovár a pomocí vrtání a frézování se obrobí tak, aby rozměrově a tvarově vyhovoval. My jsme oproti tomu schopní vytisknout naprosto přesně implantát takového tvaru, k jakému máme data z CT. Nebo přesně takový kousek

„ Lékař namočí implantát do viskózního vazkého roztoku o hustotě asi jako med **a hmota se nasaje do porézního povrchu implantátu**

od kloubů prstů nohy, kotníku, kolene, kyčle, pánve, ramene, lokte, klouby prstů na ruce, i součástky hlavy jako například čelist.

? Je něco, co 3D tiskárna neumí vytisknout?

Obečně se z kovů netisknou náhrady měkkých tkání, ale z těch tvrdých kostních jde vytisknout všechno, včetně celé lebky. My musíme pouze dostat počítačový model k vytvoření návrhu nového implantátu.

? Jak se data z CT snímku promění v digitální model pro tisk?

Data z CT nebo magnetické rezonance, která získáme od lékařů, se nahrají do speciálního softwaru, který je – zjednodušeně řečeno – umí převést do modelu jednotlivých vrstev v tiskárně. Ty vrstvičky jsou pro nás nejdůležitější, aby laser přesně věděl, jak se má pohybovat, kde má tavit prášek atd.

■ Endoprotézu (náhradu kolene) 3D tisk vylepšil o porézní „síťovaný“ návlek, tzv. femorální metafyzární augmentaci, která vyplňuje chybějící kost a vytváří povrch vhodný pro vrůstání kostní tkáně

? Jak probíhá spolupráce mezi vámi, nemocnicí a konkrétním pacientem?

Lékař má například pacienta, který má onkologický nález na kosti, vypadává mu kloub z kyčelní jamky nebo kus kosti chybí a potřebuje implantát. Dneska se implantáty vyrábějí nepříliš

kosti, který zaplní kostní defekt, aniž by se musela měnit např. celá kloubní jamka nebo hlavice. Tento tisk je proto vhodný pro individuální případy, jako jsou různé vady, onkologické nálezy nebo nestandardní rozměry kloubů a kostí. Pro takové případy nejsou vhodné sériové výrobky.

Navíc se často dělá i to, že kromě kovového implantátu vyrábíme i plastový model, který si chirurg může předem nastudovat a zkusit, a až pak implantovat finální kovovou součástku.

? Zkouší si to přímo na pacientovi, nebo předem?

Obojí. Lékař může mít například plastový kus, který je totožný s kostí pacienta, na níž je defekt. Může si předem vyzkoušet, jestli kovová část do defektu tvarově sedí, jak ji pevně zafixuje a podobně. Může si také předem promyslet, jaké problémy během operace mohou přijít, a připravit se na ně.

? Které slitiny se pro tisk kovových implantátů používají?



Materiál musí být biokompatibilní, nesmí lidskému tělu vadit a reagovat s tělními tekutinami, nesmí způsobovat záněty, být karcinogenní nebo způsobovat jakékoliv odmítavé reakce organismu. Kromě toho musí dosahovat dostatečné pevnosti, aby vydržel mechanické zatížení při chůzi, běhu atd. Materiál číslo jedna, který se pro implantáty používá nejčastěji, je titan a jeho slitiny. Starší, ale stále rozšířený materiál je nerez ocel (odborně korozi-vzdorná ocel) s hlavní složkou železem a chromem. Je jich mnoho typů a ve zdravotnictví se používají ty nej kvalitnější a nejodolnější. Dobré vlastnosti pro implantologii mají i slitiny kobaltu, které se díky svým skvělým třecím schopnostem využívají například pro kolenní implantáty. Případně můžeme dát na povrch implantátu vrstvičku stříbra, které má antibakteriální účinky.

? Vrstvu stříbra umí nová 3D tiskárna přitavit rovnou, v rámci jednoho procesu?

Neumí, je jednomateriálová a na kombinaci materiálů ani není zaměřená.

Na úpravu povrchové vrstvy jsou jiné postupy. Většinou povrchové vrstvy na implantát nanášíme chemicky.

? Říkal jste, že se prášek taví laserovým paprskem, každý kov má přitom jiný tavný bod. Je možné nastavit intenzitu laseru?

To je další výhoda naší tiskárny. Umí měnit nejen výkon laseru, ale i profil záření. Umí si nastavit, že je v jeden moment intenzita paprsku nejsilnější v jeho středu, a za chvíli zase nastaví, že se intenzita paprsku rovnoměrně rozloží z okraje ke středu. Toto nastavení si umí regulovat sama během tisku, což nám umožňuje dělat ty nejjemnější detaily, různé povrchy a póry v kovových výrobcích. Do těch „dírek“ v implantátu se pak dá zanášet léčivo.

? Dává se léčivo nebo antibakteriální povrch přímo do implantátu, nebo se to dělá nějak jinak, později?

Léčiva do implantátu dává až lékař přímo na operačním sále před vlastním výkonem, a to přesně podle

potřeby daného pacienta. Ví, jakou má pacient anamnézu, náchylnost k zánětům, alergie na léky a další detaily. Podle toho namočí implantát do viskózního vazkého roztoku o hustotě asi jako med. Hmota se nasaje do porézního povrchu implantátu, poté lékař nechá tuto hmotu zaschnout a vytvrdnout. Na rozdíl od složitějšího namíchání léčiva do infuze je tento proces velmi jednoduchý. My tedy s léčivem nemáme nic společného, jen pro něj vyrobíme ideální prostředí a nosič. Případně jsme schopni implantát potáhnout nanokrystalky zlata, stříbra nebo jiného antibakteriálního kovu, který zabráni zánětu během nebo po operačním zákroku.

? Na jaký typ výzkumu se s novým přístrojem plánujete zaměřit nejdříve?

Aktuálně pracujeme na implantátech s gradientní strukturou, což je jemňounká pórovitá pavučinka s otvory v řádu 10–20 setin milimetru a tloušťkou třeba půl centimetru až centimetru.

Chirurgické implantáty budoucnosti: zmizí, nebo budou samy hlásit problémy

Vývoj chirurgických implantátů se v posledních letech posouvá od pouhé náhrady poškozených tkání k materiálům, které s organismem aktivně spolupracují.

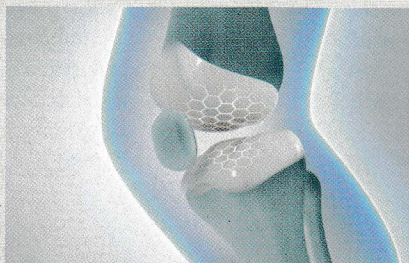
Rozpustí se, když splní svůj úkol

Biologicky odbouratelné implantáty z polymerů (například PLA nebo PLGA) se již běžně používají ve formě stehů či některých fixačních prvků. Intenzivně se však vyvíjejí také šrouby, dlahy a cévní stenty z hořčíkových nebo zinkových slitin. Ty poskytují dočasnou mechanickou oporu a poté se postupně rozloží na látky, které organismus dokáže

přirozeně zpracovat. Pacient tak často nemusí podstoupit druhou operaci kvůli odstranění implantátu.

Implantát, který komunikuje s lékařem

Dalším směrem vývoje jsou takzvané smart implantáty. Do jejich struktury lze integrovat miniaturní senzory, které

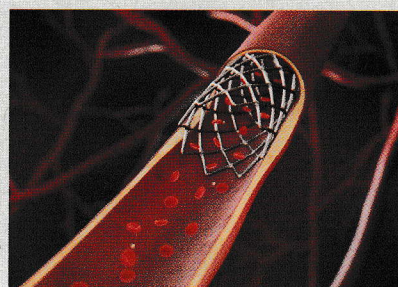


průběžně sledují například zatížení kosti, teplotu, pH nebo známky zánětu. Naměřená data mohou být bezdrátově přenášena lékaři, který díky nim odhalí komplikace ještě dříve, než se projeví bolestí nebo změnami na rentgenovém snímku. Takové systémy jsou zatím

převážně ve fázi klinického výzkumu a experimentálního testování.

Materiály měnící tvar

Velkou pozornost budí také kovy a polymery s tvarovou pamětí. Implantát lze zavést do těla ve složeném stavu malým řezem a po zahřátí na tělesnou teplotu se automaticky rozvine do požadovaného tvaru. Tato technologie by mohla usnadnit například zavádění cévních stentů nebo ortopedických implantátů a současně snížit invazivitu zákroku. Některé z těchto materiálů jsou navíc biologicky odbouratelné, takže po dokončení hojení z těla samy zmizí.



? Proč musejí mít implantáty tento pórovitý povrch?

Jednak proto, že do nich kost krásně proroste, pak tam pevně drží a implantát se neuvolní. Druhým důvodem je, že tato pórovitá struktura je perfektním zásobníkem pro léčiva. Jediné, co musí léčivo splňovat, je vhodná konzistence, aby se zasáкло do pórovité hmoty. Třetí věc je umožnění cíleného uvolňování léčiv – na tom teď děláme nejintenzivněji. Jde o pacienty, kteří jsou zdnlivě

Využívají se především v traumatologii na sešroubování zlomených kostí. Někdy je ale potřeba šrouby nebo jiný spojovací materiál z těla po srůstu vyndat, protože může pacientovi po čase způsobovat bolest nebo jinak vadit. My tady pracujeme na vývoji slitin, které po čase zdegradují a v ten správný moment se v těle zcela rozpustí. Není pak třeba další operační zákrok pro vyjmutí šroubů, takže šetříme pacienta i náklady na zdravotní systém.

v praxi zavedené hořčíkové šrouby, které se začínají používat i v klinické praxi. Vedle hořčíku jsme ale v roce 2011 jako první na světě navrhli zinek jako biodegradabilní materiál pro šrouby na fixace zlomených kostí. Oproti hořčíku je levnější, v těle se rozkládá pomaleji a má i další výhody. V současnosti probíhají klinické testy tohoto materiálu. Dále se vyvíjejí také šrouby ze slitin železa, ale bez prvků zajišťujících jejich nerezovost.

„ Dobré vlastnosti pro implantologii mají slitiny kobaltu; díky skvělým třecím schopnostem se využívají například pro kolenní implantáty

v pořádku, ale nikdy nevíte, jestli se jim zánět po implantaci nerozvíjí skrytě. Aktuálně tedy pracujeme na tom, abychom byli schopni spustit protizánětlivou léčbu ve chvíli, kdy to potřebujeme, například pomocí elektromagnetického záření nebo ultrazvuku. Řízené uvolňování a dávkování léčiva uloženého v implantátu je teď ve vědecké obci obecně velmi trendy a zaměřuje se na něj řada vědeckých skupin. Poslední typ výzkumu, na který se aktuálně soustřeďujeme, jsou biodegradabilní materiály.

? Co vás při výzkumu biodegradabilních materiálů zajímá?

Zajímá nás taková slitina, která je dostatečně pevná, protože ten šroub musí něco unést, a zároveň musí být biokompatibilní, tedy přijatelná pro lidský organismus. Kromě toho se musí v lidském těle rozpouštět rychlostí, která odpovídá růstu nové hojící se kosti. Abychom toho dosáhli, tak my metalurgové musíme spolupracovat s biologi. Takto už máme například

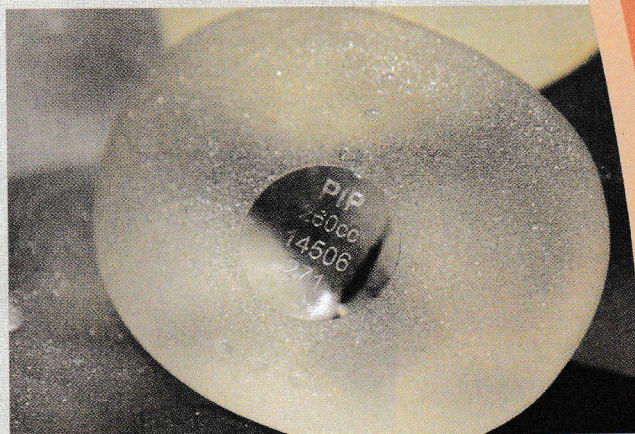
? Kam se podle vás posune obor kovových implantátů za deset let?

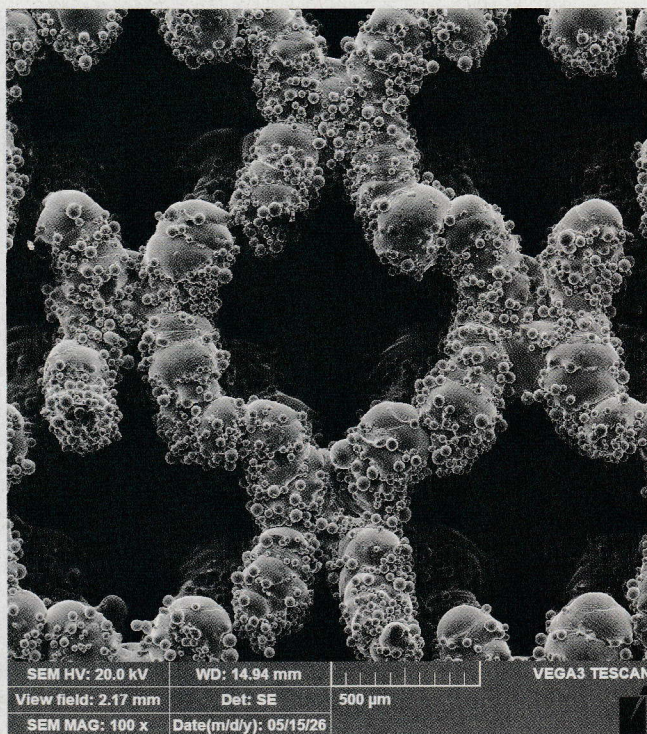
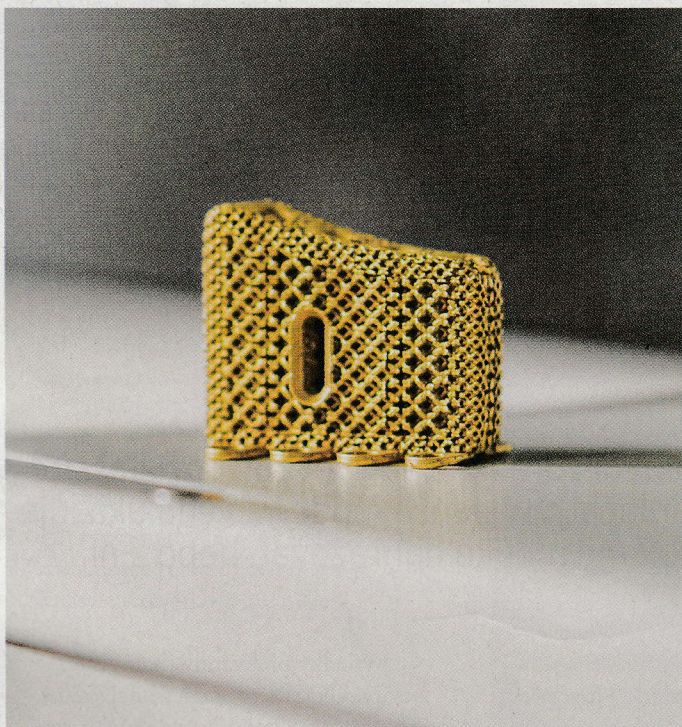
Bude se řešit masovější využití hořčíkových fixátorů a zavedení zinkových nebo železných. Co se týče inertních implantátů, tak je budoucnost v tzv. smart implantátech, které léčí, když jim to řekneme. Za třetí to budou implantáty opatřené nějakou sondou nebo čipem a dají nám vědět, když se začne v těle dít něco, co nechceme. Tím předejdeme stavům, kdy se

Milionový podvod s prsními implantáty

Na začátku tohoto století otrásl světem medicíny jeden z největších skandálů v dějinách plastické chirurgie. Francouzská společnost PIP (Poly Implant Prothèse) totiž po řadu let při výrobě prsních implantátů používala místo schváleného zdravotnického silikonu výrazně levnější průmyslový silikon, který nebyl určen pro použití

v lidském těle. Podvod vyšel najevo v roce 2010 při inspekci francouzských úřadů. Implantáty PIP vykazovaly vyšší riziko prasknutí než výrobky jiných výrobců. Po porušení jejich obalu mohl silikon unikat do okolních tkání, kde vyvolával zánětlivé reakce, bolest nebo vznik zatvrdlin. Odhaduje se, že po celém světě bylo implantováno přibližně 400 tisíc implantátů PIP ženám ve více než 60 zemích. Aféra se stala impulzem k rozsáhlým změnám v evropské legislativě. Výrobci zdravotnických prostředků dnes podléhají přísnějším kontrolám, častějším inspekčním i důslednějšímu sledování bezpečnosti svých výrobků po jejich uvedení na trh. Skandál PIP tak připomněl, že i zdánlivě rutinní zdravotnické prostředky musejí splňovat nejvyšší standardy kvality a bezpečnosti. ❤





▲ Implantát je tvořen vlákny o tloušťce zhruba pětinasobku lidského vlasu; pórovitost materiálu umožní kosti prorůst implantátem a dobře se s ním spojit a zároveň poskytuje prostor pro zásobu léčiv

pacientům ze zánětu rozjedou horečky nebo bolest.

Na něčem podobném pracuje Elena Tomšík z Fyzikálního ústavu Akademie věd. Povedlo se jí na implantát dostat biosenzor, který ohlásí počínající zánět.

je primárně zaměřen na zdravotnictví, a tak to bude i s touto tiskárnou. Automaticky to ale nevylučuje, že bychom nesměli tisknout nic jiného. Můžeme tisknout jakékoliv speciální součástky. Například ve spolupráci s leteckým

používané typy. Výhoda tiskárny je, že může tisknout i víc věcí naráz. Jsme omezení jen velikostí komory zhruba 30 × 30 × 30 cm. 3D tisk má velkou výhodu v tom, že je schopný velice přesně vytvořit i velmi složité tvary a struktury. Určitá nevýhoda na druhou stranu je, že je poměrně pomalý, proto není určený na sériovou výrobu. Je precizní, přesný a flexibilní... ale pomalý. ♥

„Řízené uvolňování a dávkování léčiva uloženého v implantátu je teď ve vědecké obci obecně velmi trendy

Ano, to je jeden příklad. Teoreticky musí umět takový implantát nejen rozeznat počínající problém, ale dát také vědět, že se něco děje, například vysíláním mikrovln. Chytrý je ten implantát v tom, že nejen vyplní defekt, ale umíme spolu vzájemně komunikovat a reagovat na problémy.

a kosmickým průmyslem v současnosti pracujeme na vývoji nových vysoce žárupevných materiálů pro součástky leteckých a raketových motorů, zejména pro nadzvukové letouny a kosmické rakety. Nové materiály jsou schopné vydržet vyšší teploty a zátěž než dnes

✓ Vytištěné průhledné kosti chodidla a bérce slouží k předoperačnímu plánování a k ověření, že implantát správně dosedá. Černá kloubní část v oblasti kotníku nahrazuje poškozený talus, případně i navazující část hlezenního kloubu. Dlouhé černé rameno obepínající zadní část nohy funguje jako fixační konstrukce

✓ Najde tato špičková technologie 3D kovového tisku uplatnění i mimo oblast zdravotnictví?

Tato tiskárna byla pořízena v rámci projektu *Strojní inženýrství biologických a bioinspirovaných systémů*, financovaného z Operačního programu Jan Amos Komenský (OP JAK), který

