stomatologie 3_06 7.6.2006 9:03 Str. 72
proLékaře.cz | 3.12.2026

Nanostrukturní titan – nový materiál pro dentální implantáty

Petruželka J.[1], Dluhoš L.[2], Hrušák D.[3], Sochová J.[2]

[1]Ústav tváření, katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita, Ostrava,
vedoucí ústavu prof. Ing. J. Petruželka, CSc.
[2]Timplant®, Ostrava
[3]Stomatologická klinika LF UK a FN, Plzeň,
přednosta doc. MUDr. A. Zicha, CSc.

Souhrn

Pro dentální náhrady jsou vyvíjeny nové materiály, které by lépe vyhovovaly požadavkům kladeným na ně zejména z hlediska medicíny. Perspektivním materiálem pro tyto účely je nanostrukturní titan (nTi). V práci jsou srovnány jeho vlastnosti s vlastnostmi ostatních materiálů používaných pro stejný účel. nTi je, stejně jako klasický komerčně čistý titan (cpTi), bioinertní, neobsahuje žádné, ani jen potenciálně toxické ani alergenní přísady a má vyšší měrné pevnostní vlastnosti než jakýkoliv materiál používaný pro dentální implantáty. Z nTi byly vyrobeny šroubové implantáty Nanoimplant® o průměru 2,4 mm a délce intraosseální části 12 mm. Bezprostředně po zavedení tří nanoimplantů do frontálního úseku dolní čelisti pacienta byly ošetřeny provizorním fixním můstkem. Průběh hojení i časného pooperačního období byl bez jakýchkoliv komplikací. Jedná se o ve světě prvé použití nTi dentálního implantátu.
Klíčová slova: objemové nanostrukturní materiály – nanostrukturní Ti – dentální implantát – okamžité zatížení

Petruželka J., Dluhoš L., Hrušák D., Sochová J.:
Nanostructured Titan – a New Material for Dental Implants

Summary: New materials have been developed for dental substitutions, in order to better suit to the demands made from the medical point of view. A prospect material for such purposes is the nanostructured titan (nTi). The paper compares its qualities with those of other materials being used for the same purpose. nTi is, in the same way as the commercially pure titan (cpTi), inert, does not contain any, even only potentially toxic or allergenic ingredients and its specific stability is higher than in any other kinds of materials used for dental implants. nTi has been used to produce screw implants Nanoimplant® of the 2.4mm diameter and the length of intraossal part 12 mm. Immediately after the introduction of three nanoimplants into the frontal part of low jaw of the patient these were treated with a temporary fixation bridgework. The course of healing even in the early postoperative period was without any complications. This is the first application of nTi dental implant in the world.
Key words: nanostructural materials – nanostructural Ti – dental implant – immediate load

Čes. Stomat., roč. 106, 2006, č. 3, s. 72–77.

ÚVOD

Od materiálu pro dentální implantáty se vyžaduje, aby byl biokompatibilní, nesmí být toxický a neměl by také vyvolávat alergické účinky. Musí mít vysokou mez pevnosti *Rm* a mez kluzu *Rp* při co možná nízké hustotě ρ a nízkém modulu pružnosti *E*.

Z kovových materiálů pro dentální náhrady se používají slitiny nerezavějících ocelí, kobaltové slitiny, titan a titanové slitiny.

Titan, ve formě komerčně čistého Ti (cpTi) nebo slitin Ti, je jako biomateriál pro medicínské a dentální náhrady používán od druhé poloviny 60. let minulého století [1cit z 2]. Byl mezi kovy pro tyto aplikace použit jako poslední. V současnosti je titan před nerezavějící ocelí a kobaltovými Ti slitinami preferován zejména pro jeho výtečnou biokompatibilitu (graf 1, graf 2, tab. 1).

V návaznosti na vývoj Ti slitin pro letecký, kosmický a zbrojní průmysl je vyvíjena i řada slitin pro medicínské aplikace.

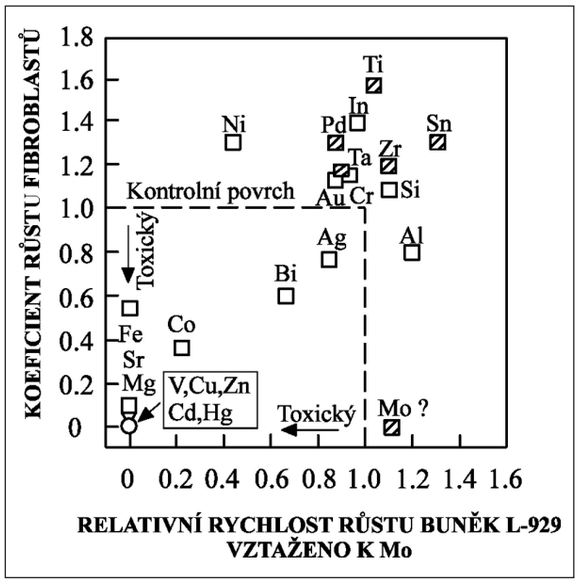
Cílem vývoje nejprve bylo využít vysoké pevnosti Ti slitin proti cpTi. Typickým představitelem materiálu této generace je α a β slitina Ti-6Al-4V.

Později se však prokázala toxicita vanadu (V) [7, 8 cit z 2] a také hliník (Al) je považován za prvek potenciálně toxický.

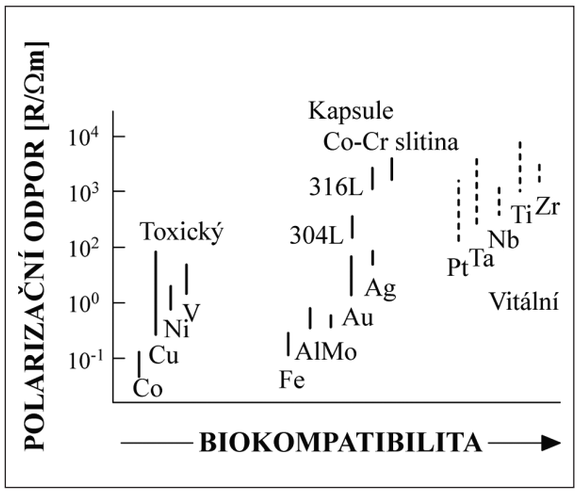
proLékaře.cz | 3.12.2026

Tab. 1. Biokompatibilita různých materiálů, posuzovaná podle typu osteogeneze [6]

Typ osteogeneze	Biomateriály	
Intervenovaná (distanční) osteogeneze	Nerezavějící oceli, Vitallium (Co slitiny), PMMA (polymetymetakrylát)l	Biotolerantní materiály
Kontaktní osteogeneze	cpTi, Ti slitiny, C, Al, Zr, Titania, TiN, Si_3N_4	Bioinertní materiály
Bonding osteogeneze (osteoinduktivita)	Bioglass, Ceravital, Trikalcium fosfát, Hydroxyapatit, A-W keramika	Bioaktivní materiály



Graf 1. Cytotoxicita čistých kovů [3, 4, cit. z 2]**.**



Graf 2. Biokompatibilita kovů hodnocená korozivzdorností podle polarizačního odporu [5 cit. z 2]**.**

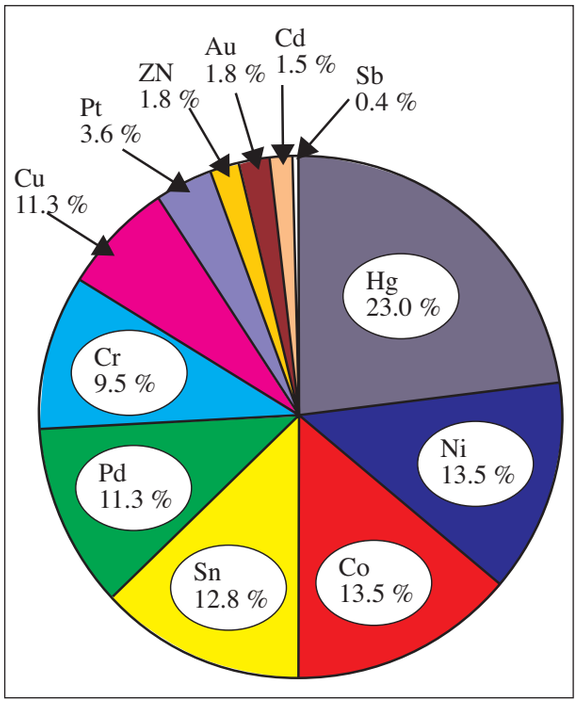
V dalším vývoji proto převládá snaha nahradit v Ti slitinách prvky toxické a potenciálně toxické prvky netoxickými jako jsou tantal (Ta), molybden (Mo), niob (Nb) nebo zirkonium (Zr). Současně jsou vyvíjeny β Ti slitiny, které se vyznačují nízkou hodnotou modulu pružnosti [9, řadu autorů cituje také 2]. Slitiny Ti s prvky o velmi rozdílné hustotě a teplotě tavení však vyžadují speciální technologie výroby, výrazně zvyšující výrobní náklady a cenu výrobku.

Problém při vývoji kovových biomateriálů představuje nejen jejich skutečná nebo potenciální toxicita, ale také jejich alergogenní potenciál [10 cit z 2].

Citlivost populace k alergiím se dramaticky zvyšuje. Alergie na kovy je způsobena kovovými ionty, které jsou z kovů uvolňovány tělními tekutinami. Podíl jednotlivých kovů na vzniku alergií je různý (graf. 3), Ni, Co a Cr jsou hlavními leguj ícími prvky nerezavějících ocelí a kobaltových slitin. Také některé Ti slitiny např. Ti-20Cr-0.2Si, Ti-20Pd-5Cr a Ti-13Cu-4.5Ni používané v dentálních aplikacích [2] obsahují prvky, klasifikované jako alergeny.

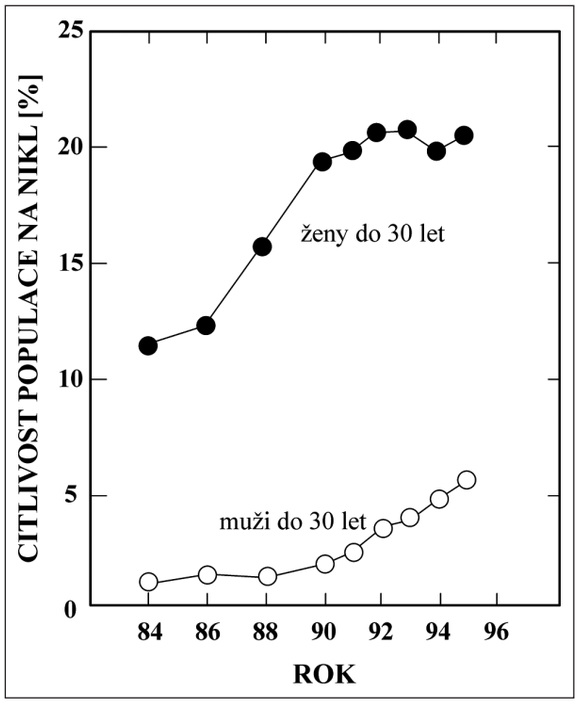
Citlivost evropské populace na Ni od poloviny 80. do poloviny 90. let minulého století je dokumentována na grafu 4 [11 cit z 2]. Stoupající trend jistě pokračuje i v současnosti.

Komerčně čistý cpTi zůstává preferovaným materiálem pro dentální aplikace. Žádoucí je, při zachování nízké hodnoty modulu pružnosti, zvý-



Graf 3. Procentuální podíl jednotlivých prvků v alergii na kovy [10 cit z 2]**.**

proLékaře.cz | 3.12.2026



Graf. 4. Citlivost evropské populace na Ni [11 cit z 2]**.**

šit jeho další mechanické vlastnosti a nepoužít při tom prvky i jen potenciálně toxické nebo alergenní. Cesta, která vede k tomuto cíli, je použití nanostrukturního Ti.

NANOMATERIÁLY

Nanomateriály jsou materiály, jejichž stavební prvky mají rozměry v nanometrech tj. v 10^{-9} m. Jsou označovány za materiály 3. tisíciletí a jejich použití zasahuje do mnoha oborů a také do medicíny, pro kterou jsou v současnosti vyvíjeny aplikace sahající za hranici včerejší scifi.

Pro náhrady tkání jsou jako biomateriály zajímavé tzv. *objemové nanostrukturní kovové materiály*. Za takové jsou považovány materiály s velmi jemným zrnem, v rozměrech řádově 1 – 100 nm.

Pro ilustraci lze uvést velikosti některých přírodních struktur měřenou v nanometrech.

DNA	2,5 nm
Molekula Aspirinu	1 nm
Protein	5 – 50 nm
Virus	75 – 100 nm
Bakterie	1 000 – 10 000 nm
Červená krvinka	7 000 nm
Bílá krvinka	10 000 nm
Lidský vlas	50 000 nm
Zrno Ti	25 000 – 50 000 nm
Zrno nTi	100 – 300 nm

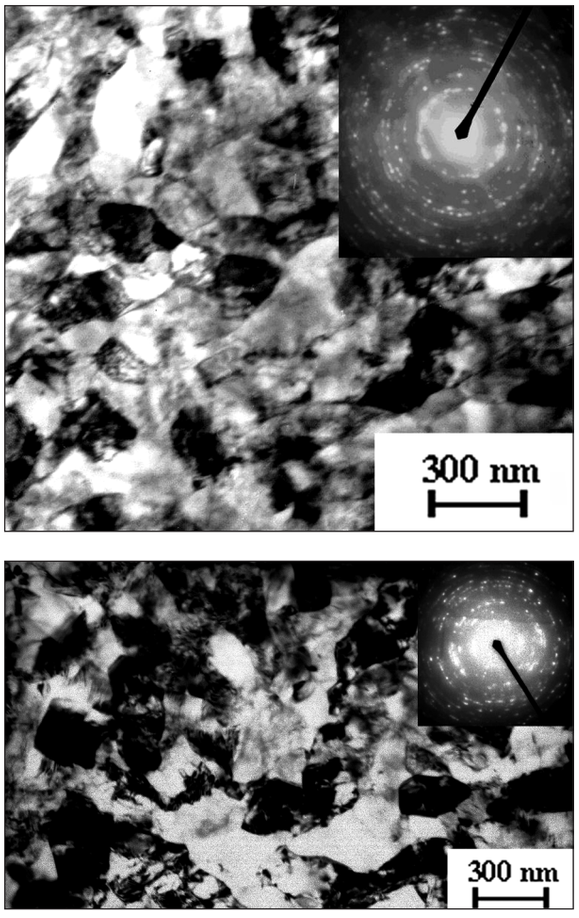
Nanostrukturní technicky čistý Ti (nTi)

Vlastnosti nTi, vhodné pro dentální implantáty jsou uvedeny na obr. 1, grafech 5 a 6 a v tab. 2 a 3.

Objemové nanomateriály se vyznačují mimořádnými mechanickými vlastnostmi, z nichž jsou pro dentální implantáty důležité zejména vysoká pevnost a vysoká mez kluzu.

Mechanické vlastnosti kovového náhradního materiálu se posuzují vztažené k jeho hustotě jako tzv. měrné vlastnosti.

Uváděný modul pružnosti byl měřen ohybovou zkouškou na VŠB-Technické univerzitě Ostrava. Údaje o ostatních mechanických vlastnostech nTi



Obr. 1. Snímek mikrostruktury nTi z TEM mikroskopu Grade 2, Grade 4.

Tab. 2. Chemické složení nTi

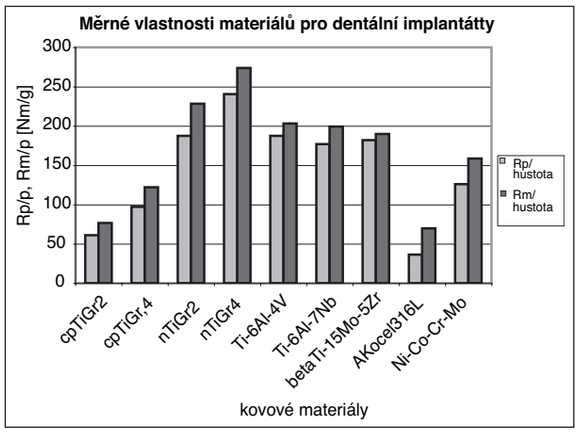
Jakost ASTM F67-00	**C [%]**	**Fe [%]**	**H [%]**	**N [%]**	**O [%]**	**Ti [%]**
Grade 2	max. 0,08	max. 0,3	max. 0,015	max. 0,03	max 0,25	do 100
Grade 4	max. 0,08	max. 0,5	max. 0,015	max. 0,05	max 0,4	do 100

proLékaře.cz | 3.12.2026

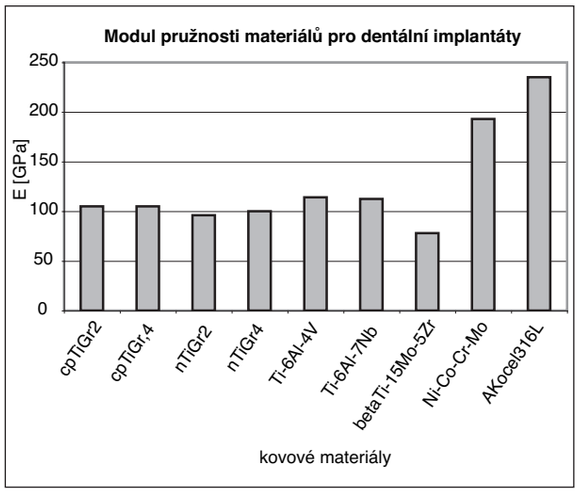
Tab. 3. Mechanické vlastnosti nTi.

Jakost	Pevnost R_m [Mpa]	Mez kluzu $R_{p\ 0,2}$ [Mpa]	Tažnost A [%]	Kontrakce Z [%]	Modul pružnosti v E [Gpa]
nTi Grade 2	1030	845	12.0	51.0	96
nTi Grade 4	1235	1085	12.5	47.4	100

byly získány u dodavatele a údaje o mechanických vlastnostech ostatních materiálů pocházejí z [12].



Graf 5. Mechanické vlastnosti materiálů pro dentální implantáty vztažené k hustotě materiálu.



Graf 6. Modul pružnosti materiálů pro dentální implantáty.

Implantát z nTi

Implantáty Nanoimplant® byly vyrobeny technologií používanou pro výrobu běžných implantátů, tj. procesem zahrnujícím obrábění a povrchovou úpravu. Polotovar nTi byl zpracován tzv. technologií ECAP – Equal Chanel Angular Pressing (úhlovým protlačováním kanálem stejného průřezu) a následným válcováním.

Existuje jen několik firem ve světě, komerčně vyrábějících objemové nanomateriály a v současné době je nám známa pouze jedna firma dodávající polotovar nTi v rozměru vhodném pro dentální implantáty. Cena nTi je více než 10krát vyšší než cena cpTi.

Cílem vývoje bylo vyrobit implantát menších rozměrů, se zachováním srovnatelné únosnosti jako má implantát průměru 3,5 mm, který může být použit jako pilíř v oblasti nedostatečné tloušťky alveolu. Na trhu dostupné miniimplantáty, vyráběné ze slitin Ti o průměru kolem 2 mm, svými materiálovými vlastnostmi neumožňují plnohodnotné zatížení a jsou určeny spíše na podpůrnou funkci nejčastěji pro hybridní protézy nebo vmezeřený pilíř.

Při vývoji implantátu Nanoimplant® byl respektován certifikovaný systém jakosti Timplant® dle ČSN EN ISO 13485:2003. První série byla vyrobena z nTi GR 4. Optimální průměr intraosseální části 2,4 mm byl výpočtem stanoven jako ekvivalent pevnosti implantátu tloušťky 3,5 mm. Varianty délek šroubové intraosseální části jsou 10, 12, 14 mm, zakončené leštěnou gingivální kuželovou částí, nad kterou je kuželový abutment umožňující fixaci protetické práce šroubem. Leptáním intraosseální části bylo dosaženo obnažení nanostruktury implantátu a přitom je zajištěna dostatečná drsnost povrchu, srovnatelná s povrchem cpTi. K primární stabilitě přispívá velký poměr průměru závitu k válcové části implantátu bez závitu, který je 1,29. Pro ilustraci miniimplantáty mívají koeficient do 1,22, implantáty průměru 3,5 mm do 1,18.

Výpočet únosnosti implantátů byl modelován v rovině přechodu mezi intraosseální (leptaná) a gingivální (leštěná) částí implantátu Nanoimplant® na obr. 2 vlevo a klasického implantátu na obr. 2 vpravo.



Obr. 2. Vlevo Nanoimplant® Ø 2,4 mm, vpravo implantát Timplant® Ø 3,5 mm.

stomatologie 3_06 7.6.2006 9:03 Str. 76
proLékaře.cz | 3.12.2026

Okamžité ošetření implantáty v dolní čelisti

Nanoimplanty byly použity k ošetření frontálního defektu chrupu u 55letého muže. Ztráta všech 4 dolních řezáků byla způsobena pokročilou parodontopatií, zuby 32 a 31 se spontánně eliminovaly počátkem roku 2005, zuby 42 a 41 byly extrahovány s následným chirurgickým ošetřením bez použití augmentačního materiálu. Pacient byl silně motivován k ošetření implantáty s okamžitým osazením fixní náhrady (obr. 3).



Obr. 3. Výchozí situace před zavedením implantátu – ztráta zubu 31, 32, 41, 42.

Po 7 měsících od extrakcí byly po předchozí analýze a přípravě na modelech (studijní modely, waxup, implantace na modelu) zavedeny 3 nanoimplanty průměru 2,4 mm do frontálního úseku dolní čelisti (obr. 4, obr. 5).

Primární retence implantátů byla dobrá, implantáty byly zavedeny paralelně symetricky kolem středového pilíře umístěného ve střední čáře. Postavení implantátů odpovídalo plánovému směru zavedení (obr. 5, obr. 6).

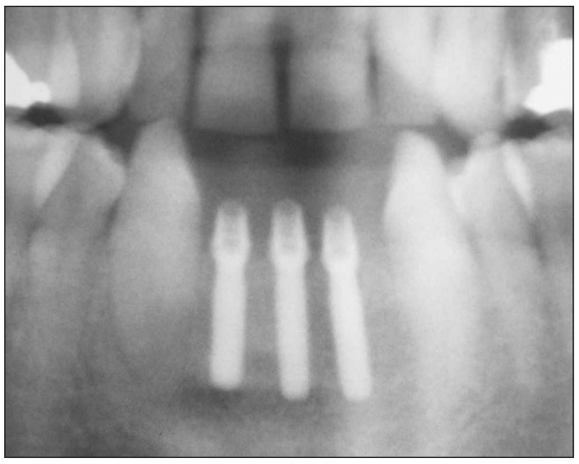
Týž den byl na implantáty nasazen provizorní fixní můstek (obr. 7). V bezprostředním pooperačním období ani v dalším pooperačním průběhu nedošlo k žádným komplikacím.



Obr. 4. Vpravo - analýza situace a vosková modelace (waxup), vlevo – situace s implantáty a hotový provizorní fixní můstek.



Obr. 5. Situace bezprostředně po zavedení implantátu – sutura sliznice.



Obr. 6. Rtg kontrola.



Obr. 7. Provizorní fixní můstek.

V současné době, t.j. 4 měsíce po implantaci, jsou implantáty osazené definitivním můstkem, zůstávají klinicky pevné, bez známek zánětu či resorpce kosti.

stomatologie 3_06 7.6.2006 9:03 Str. 77
proLékaře.cz | 3.12.2026

ZÁVĚR

Nanostrukturní titan si zachovává všechny významné vlastnosti z hlediska medicíny, kterými se čistý titan stal preferovaným materiálem i pro dentální implantáty. Současně nTi předčí jiné materiály, používané v této aplikaci, svými měrnými mechanickými vlastnostmi, důležitými pro zachování dlouhodobé bezpečné funkce implantátu.

Materiál nTiGr4 má 2,25krát vyšší mez pevnosti v tahu než cpTiGr4, 1,35 krát vyšší mez pevnosti než Ti-6Al-4V obsahující potenciálně toxické prvky, 1,37krát a 1,44krát vyšší mez pevnosti než Ti slitiny Ti-6Al-7Nb a Ti-15Mo-5Zr.

Nanostrukturní implantáty byly ve světě poprvé použity v klinické praxi k ošetření frontálního defektu chrupu s následným nasazením provizorního můstku.

Stávající vysoká cena nanomateriálu se nutně projeví i v ceně implantátu. Toto navýšení je však, při jeho užitných vlastnostech, přijatelné.

Seznam zkratek: nanostrukturní titan nTi, komerčně čistý titan cpTi, mez pevnosti Rm**,** mez kluzu Rp, modul pružnosti E.

LITERATURA

1. **Park, J. B.:** In The biomedical engineering handbook. vol. 1. sec. edition, 2000, ed. Bronzino, J. D. Boca Raton, F. L., CRC Press LLC. s. IV-1-IV-8 .
2. **Niinomi, M.:** Recent metallic materials for biomedical applications. Metallurgical and Materials Transactions A., roč. 33 A, 2002,. s. 477-486.
3. **Okazaki, Z. et al.:** Material. Sci Eng. *A., roč.* A213, 1996. s. 138-147.
4. **Kawaraha, H. et al.:** Int. Dental Journal*,* roč. 18, 1968, s. 443-467.
5. **Steinemann, S. G.:** In. Evaluation of Biomaterials, 1980. ed. Winter, G. D. et al, New York N. Y, John Wiley & Sons Ltd., s. 1-34.
6. **Takao, J.:** Jpn Soc. Biomaterials, roč. 7, 1989, s. 19-23.
7. **Zwicker, R. et al.:** In Titanium ´80: Scienceand Technology, ed. Kimura, H., Izumi, O. Warendale P. A.: TMS-AIME, roč.. 2, 1980, s. 505-514 .
8. **Semlitsch, M. et al.:** Biomed. Technology, roč. 30, 1985, s. 334-339.
9. **Gordin, D. M. et al.:** Development of Ti-based alloys for biomedical applications: Cytocompatibility and metallurgical aspects. Journal of Material Science: Materials in Medicine, 2004, č. 15, s. 885-891.
10. **Uggowitzer, P. J. et al.:** Adv. Powder Metal. Part Mater., roč. 7, 1997, s. 18,113-121.
11. **Niinomi, M.:** Function Materials, roč. 7, 2000, s. 36-44.
12. MatWeb: material property data. [on line]. URL< http://www.matweb.com.

Dr. Ing. Luděk Dluhoš
Timplant®
Sjednocení 77
725 25 Ostrava
e-mail: timplant@timplant.cz



SOMATIZACE A FUNKČNÍ PORUCHY

Karel Chromý, Radkin Honzák a kol.

Publikace překlenuje současnou mezeru v našich znalostech o potřebném léčebném postupu tam, kde se uváděné zdravotní poruchy považují za orgánově nevysvětlené tělesné potíže. Kniha současně nabízí řešení v situacích, kdy zážitek somatogenně podmíněných tělesných změn a pocitů může u disponovaného člověka vést k abnormálnímu jednání, k funkční superpozici a jejímu přetrvávání v bludném kruhu. Autorům – vynikajícím odborníkům v oboru – se podařilo řadu problémů osvětlit, ilustrovat je kazuistikami a dovést lékaře prakticky všech oborů k poznání, že současná medicína nezbytně vyžaduje dobrý psychosociální přístup. Kniha je určena všem zdrav. oborům, ale zejména psychiatrům, internistům, praktickým lékařům jak v pre- tak postgraduálním studiu. Recenze: doc. MUDr. J. Baštecký, CSc., MUDr. J. Vojtíšková.

Vydala Grada Publishing v roce 2005, ISBN 80-247-1473-6, kat. č. 1500, B5, brožovaná vazba, 220 str., cena 299 Kč.

Objednávku můžete poslat na adresu: Nakladatelské a tiskové středisko ČLS JEP, Sokolská 31, 120 26 Praha 2, fax: 224 266 226, e-mail: nts@cls.cz