stoma+pzl_3.2009:maketa - radiologie 3.6.2009 8:19 Stránka 58
proLékaře.cz | 21.11.2026

Vliv délky implantátu na jeho primární stabilitu

Dzan L., Čapek L.[1]

Oddělení ústní, čelistní a obličejové chirurgie KN Liberec, a.s.
[1]Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní, Technická univerzita Liberec

Věnováno prof. MUDr. Jiřímu Vaňkovi, CSc., k jeho významnému životnímu jubileu.

SOUHRN

Dentální implantologie je jednou z nejrychleji se rozvíjejících oblastí stomatologie a implantolog potřebuje mít k dispozici kvalitní vědecky ověřené medicínské informace, aby mohl poskytnou pacientovi to nejlepší, co dnešní věda a trh nabízí.

Dlouhodobé správné fungování zubních implantátů ovlivňuje řada faktorů, mezi které patří design implantátu (čili tvar, povrch, průměr a délka) a chirurgický postup implantace. Předmětem naší práce je posouzení vlivu délky implantátu na jeho primární stabilitu měřenou rezonanční frekvenční analýzou (RFA) a následně zpracovanou sérií parametrických výpočtů s využitím metody konečných prvků.

Klíčová slova: design implantátu - rezonanční frekvenční analýza (RFA) - metoda konečných prvků - délka implantátu

SUMMARY

Dzan L., Čapek L.: Effect of the Implant Length on its Primary Stability

Dental implantology is one of the fastest developing areas of stomatology. An implantologists needs to have good quality medically proven information so that they can provide the best care for the patience from what today's science and market offers. Long term correct functioning of the implants is influenced by their design (size, surface, diameter and length) and surgical procedure of the implantation. The subject of this work is the evaluation of the influence of the length of the implant on its primary stability measured by Resonance Frequency Analysis (RFA) and a resulting set of parametric calculations with using the method of the sinite elements.

Key words: implant design - Resonance Frequency Analysis (RFA) - finite element analysis - implant length

Čes. Stomat., roč. 109, č. 3, s. 58–62.

ÚVOD

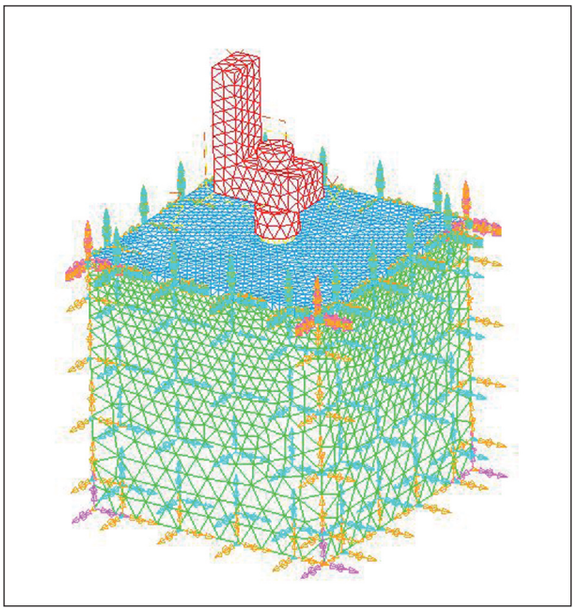
Dentální implantáty se staly od začátku 80. let minulého století běžnou součástí stomatologické praxe. Díky poměrně snadnému přístupu při zavádění umožňují, na rozdíl od většiny ostatních implantátů, i relativně snadnou post-operativní kontrolu jejich stavu. Kvalita zavedení, tedy jeho primární stabilita a následná kvalita ukotvení implantátu v kosti (oseointegrace), tj. sekundární stabilita, tvoří dohromady fundamentální informaci pro implantologa.

S vývojem implantátů souvisí i vývoj metodik zjišťování jejich stability. Metodika měření stability implantátu by měla být především: rychlá, snadno opakovatelná, nedestruktivní a zdraví nezávadná. Je potřeba znát její limity a vyvarovat se možným špatným interpretacím.

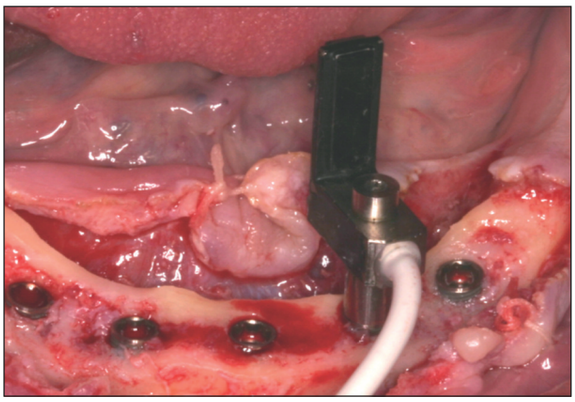
V minulosti se v klinické praxi používalo mnoho metod: můžeme zmínit RTG snímky, měření potřebného vytočovacího momentu a histologické rozbory. Další metodou bylo stanovení stability pomocí vibrační analýzy, a to buď přechodnou nebo kontinuální excitací. Na principu přechodné excitace je založen Periotest (Siemens, Bensheim, Německo) [10], původně vyvinutý ke stanovení charakteristik vlastního zubu. Postupně se však pro svou jednoduchost začal hojně využívat i k určování stability implantátů.

Nejnovější a patrně i nejpřesnější metoda je založena na kontinuální excitaci, čili na rezonanční frekvenční analýze (RFA) [16]. První prototyp,

stoma+pzl_3.2009:maketa - radiologie 3.6.2009 8:19 Stránka 59
proLékaře.cz | 21.11.2026



Obr. 1. Geometrie kostního bloku s L segmentem.

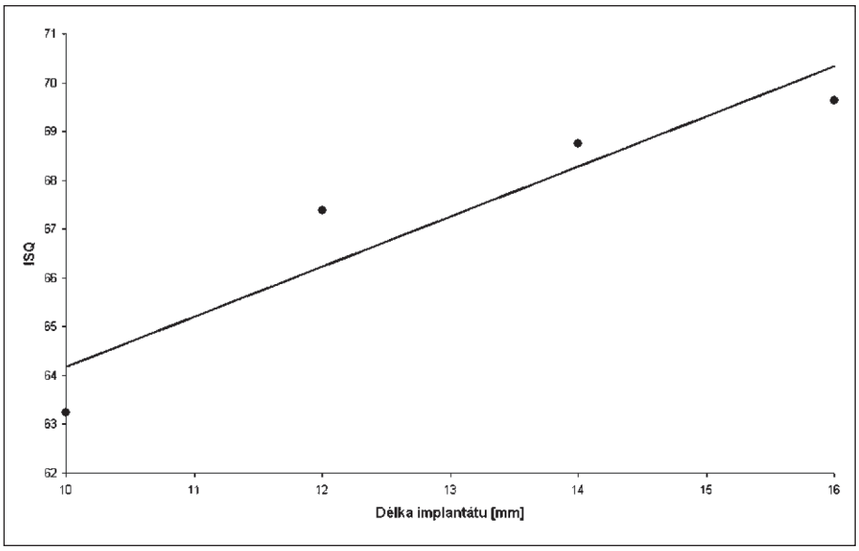


Obr. 2. Orientace L segmentu snímače v ústní dutině.

který využívá RFA pro zjišťování stability dentálních implantátů, byl sestrojen profesorem Neilem Meredithem začátkem devadesátých let [7, 8, 9, 10]. Následně byl přístroj rozšířen pod obchodní značkou Osstell (Integration Diagnostic AB, Sweden) [12]. V současné době přístroj dospěl do třetí generace a prodává se pod obchodní značkou Osstell Mentor [11, 15]. Osstell® měří rezonanční frekvenci pomocí snímače obsahujícího dvojici piezoelementů, umístěných v segmentu ve tvaru L, který je fixačním šroubem připevněn k implantátu. První piezoelement slouží k rozkmitání celé soustavy (tj. L-segmentu, implantátu a periimplantátové kosti) periodickým sinusovým signálem o frekvenci stoupající od 5 do 15 kHz [10, 13]. Druhý piezoelement registruje odezvu, tedy rezonanční frekvenci. Vyšší naměřené rezonanční frekvence by měly odpovídat vyšší stabilitě implantátu [4, 5, 6]. Zjištěná rezonanční frekvence je automaticky přepočítávána na Implant Stability Quotient (ISQ), který je v rozsahu od 0 do 100 [12]. Závislost ISQ na rezonanční frekvenci je lineární [15]. Hodnota ISQ je zobrazena na displeji. Současně se na displeji vykreslí i graf amplitudového spektra, ze kterého lze usoudit na validitu měření [14, 12].

Při interpretaci výsledků je potřeba znát limity přístroje, které ovlivňují výsledné hodnoty stability. Je zcela evidentní, že přístroj neměří pouze kvalitu spojení implantát–kost, ale výsledná hodnota je ovlivněna řadou biomechanických parametrů. Pro některé parametry je snímač kalibrován individuálně. Utahovací moment, vyvinutý při dotahování fixačního šroubku a snímače, se ukázal jako prakticky nevýznamný [2, 17]. Vliv finálního kroutícího momentu při zavádění implantátu do kosti na výsledné ISQ ale dle námi dostupných informací nebyl dosud zkoumán.

Další parametry, které ovlivňují výslednou hodnotu primární stability, jsou materiálové vlastnosti kostní tkáně a tvar implantátu. Další souvisejí se samotným přístrojem. V literatuře [14, 15] bylo ukázáno, že přístroj v některých případech nezaznamenává první vlastní frekvenci, ale zachycuje až frekvence vyšší, a to v případě, že první frekvence neleží v měřitelném pásmu [1]. Jiné studie ukazují, že výsledek primární stability je výrazně ovlivněn orientací snímače [13, 17].



Graf 1. Výsledky závislosti získané z naměřených hodnot.

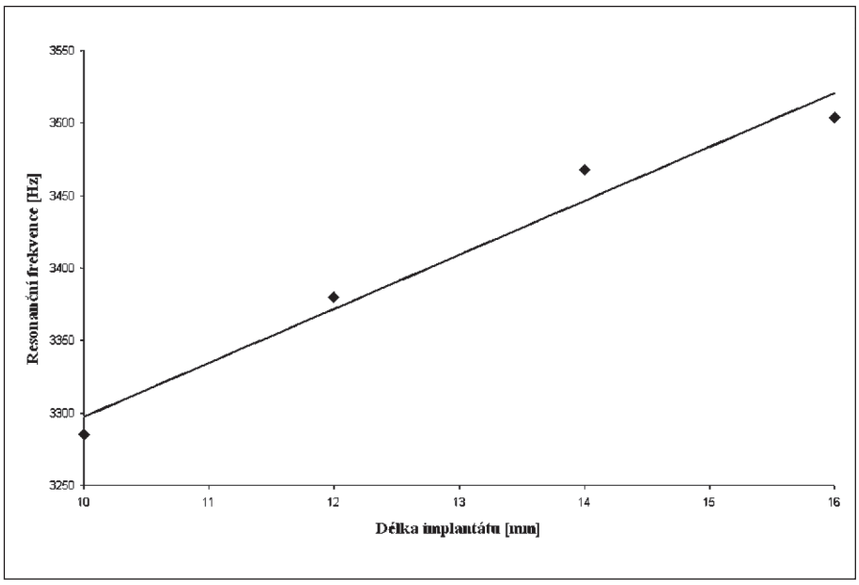
stoma+pzl_3.2009:maketa - radiologie 3.6.2009 8:19 Stránka 60
proLékaře.cz | 21.11.2026

Tato studie je zaměřená na prokázání vlivu délky implantátu na výsledné hodnoty primární stability.

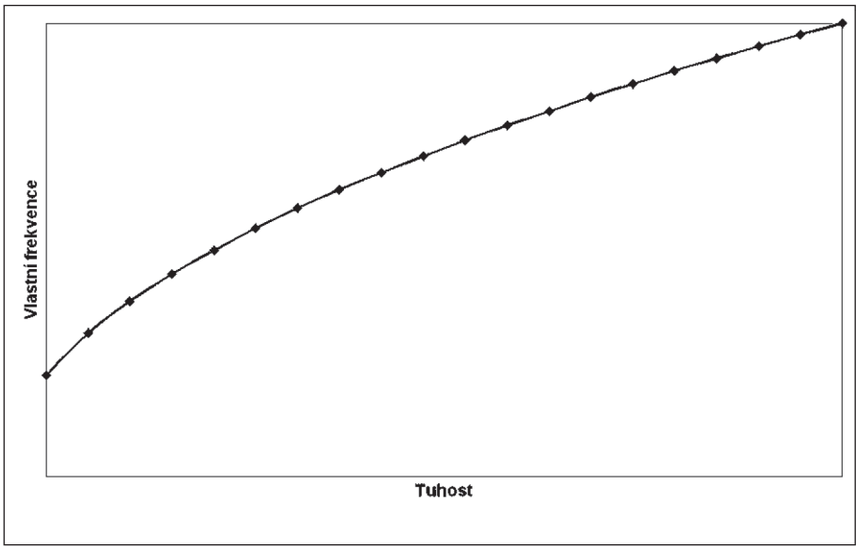
MATERIÁL A METODIKA

Zadání bylo řešeno pomocí série parametrických výpočtů s využitím metody konečných prvků [3] v programu I-deas 9 (Siemens PLM Software, Texas). Konečno-prvkový model L segmentu, implantátu a kostní tkáně byl namodelován následovně: L segment odpovídá použitému při experimentech, implantát byl zjednodušen tím, že neberem v úvahu závit a kostní tkáň modelujeme jako homogenní-izotropní materiál. Implantaci považujeme za unikortikální, síla kortikální kosti je 1 mm. Jako prvek byl použit čtyřuzlový čtyřstěn.

Geometrie bloku kostní tkáně byla tvořena kvádrem 30x30x30 mm (obr. 1), délka implantátu byla volena 10, 12, 14 a 16 mm a průměr všech implantátů byl 3,7 mm. Do experimentu bylo zahrnuto celkem 32 pacientů (18 žen a 14 mužů), u nichž byly zavedeny do dolní čelisti v rozsahu 46–36 implantáty firmy Lasak Impladent STI-BIO-C. Snímač byl vždy orientován kolmo na dlouhou osu alveolu (obr. 2), přičemž rameno L segmentu je umístěno orálně. Výsledné hodnoty primární stability ISQ byly zaznamenány a zpracovány v matematickém programu.



Graf 2. Výsledky závislosti zpracované metodou konečných prvků (MKP).



Graf 3. Charakter změny rezonanční frekvence v závislosti na změně tuhosti soustavy (hmotnost je konstantní).

VÝSLEDKY

Z naměřených hodnot jsme stanovili pro příslušné délky průměrné hodnoty. Ze závislosti (je lineární) můžeme vidět, že hodnoty primární stability se zvyšují s délkou implantátu (graf 1, graf 2). Maximální hodnoty průměrných ISQ jsou nejvyšší pro implantát délky 16 mm s hodnotou 69,63 a nejnižší pro implantát délky 10 mm s hodnotou 63,25. Typ závislosti se shoduje jak pro experiment, tak i pro numerické výpočty.

DISKUSE

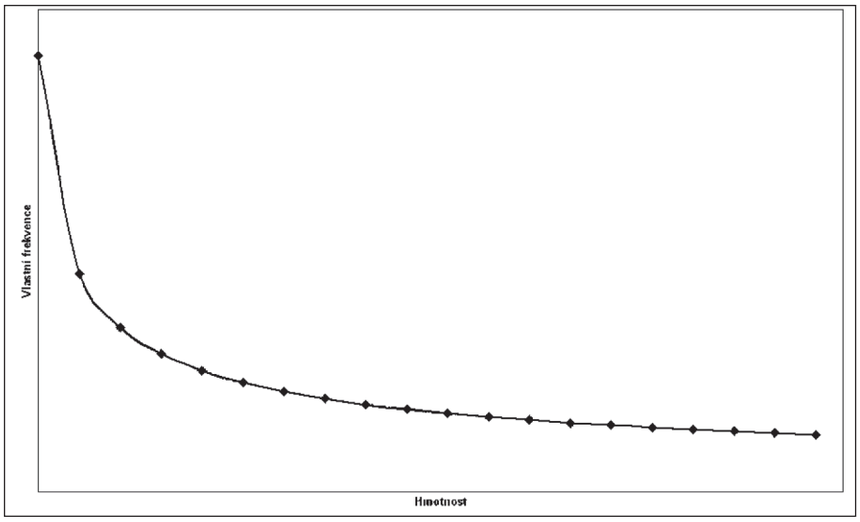
Naměřené a vypočtené závislosti můžeme vysvětlit z pohledu základů kmitání. Z nich vyplývá, že rezonanční frekvence (pro zjednodušený model) jsou závislé na tuhosti a hmotnosti dle následujícího vzorce:

$$\Omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

kde Ω je rezonanční frekvence, k tuhost soustavy a m její hmotnost.

Obecně ale nelze dopředu říci, zdali pro zvyšující se délku implantátu

stoma+pzl_3.2009:maketa - radiologie 3.6.2009 8:19 Stránka 61
proLékaře.cz | 21.11.2026



Graf 4. Charakter změny rezonanční frekvence v závislosti na změně hmotnosti soustavy (tuhost je konstantní).

poroste rezonanční frekvence. Ze vzorce je patrné, že rezonanční frekvence závisí na dvou parametrech ***m*** a ***k***, přičemž délka implantátu je obsažena v obou, čili délka mění nejen hmotnost, ale i tuhost soustavy.

Vliv jednotlivých parametrů (hmotnosti a tuhosti soustavy) na rezonanční frekvenci můžeme vidět na grafech. Graf 3 popisuje obecně platnou závislost vlastní frekvence na tuhosti soustavy při konstantní hmotnosti soustavy a graf 4 popisuje obecně platnou závislost vlastní frekvence na hmotnosti soustavy při konstantní tuhosti soustavy.

Z naměřené a vypočítané závislosti vidíme, že se zvyšující se délkou implantátů (při zachování jejich průměrů) stoupají hodnoty primární stability. Čili hodnoty rezonančních frekvencí jsou přímo závislé na délce implantátu. Z tohoto lze usuzovat, že délka implantátu se větší měrou podílí na zvýšení tuhosti systému než na zvýšení jeho hmotnosti, a proto s délkou implantátu (při stejném průměru) stoupá jeho primární stabilita.

Při znalosti popsaných zákonitostí pak vyšší primární stabilita u tappered implantátů ve srovnání s klasickými šroubovými implantáty je vysvětlitelná i tak, že vzhledem ke svému tvaru má tappered implantát nižší hmotnost. Porovnání těchto dvou typů implantátů a matematické vyjádření závislostí jejich tvarů a primární stability je předmětem našich dalších měření.

ZÁVĚR

Je velmi dobře známo, že primární stabilita závisí na chirurgickém postupu, kvalitě kosti a na designu implantátu. Do něj řadíme tvar, povrch, délku a průměr implantátu. Z těchto charakteristik je ve světové i domácí literatuře nejmenší pozornost věnována právě délce, která primární stabilitu ovlivňuje tak, že s prodlužující se délkou implantátu primární stabilita stoupá.

Znalosti a pochopení zákonitostí designu implantátu jsou nezbytnou součástí každého předimplantačního procesu, při kterém plánujeme budoucí zákrok. Bez implementace těchto zákonitostí do praxe se žádný implantolog dnes ani v budoucnu neobejde.

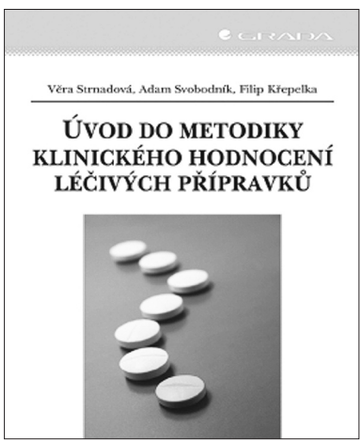
LITERATURA

1. **Al-Nawas, B., Groetz, K. A., Goetz, H., Duschner, H., Wagner, W.:** Comparative histomorphometry and resonance frequency analysis of implants with moderately rough surfaces in a loaded animal model. Clin. Oral Impl. Res., 19, 2008, s. 1-8.
2. **Cawley P., Pavlakovic B., Alleyne D. N., George R., Back T., Meredith N.:** The design of a vibration transducer to monitor the integrity of dental implants. Proc. Instn. Mech. Engrs., 212, 1998, s. 265-272.
3. **DeTolla, D. H, Andreina, S., Patra, A., Bujíte, R., Comella, B.:** The role of the finite element model in dental implants. J. Oral Implantol., 26, 2000, 2, s. 77-81.
4. **Ito, Y., Sato, D., Yoneda, S., Ito, D., Kondo, H., Kasugai, S.:** Relevance of resolnance frequency analysis to evaluate dental implant stability: simulation and histomorphometrical animal experiments. Clin. Oral Impl. Res., 19, 2008, s. 9-11.
5. **Lachmann, S., Jäger, B., Axmann, D., Gomez-Roman, G., Groten, M., Weber, H.:** Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part I: an in vitro study on measurement reliability and a method of comparison in the determination of primary dental implant stability. Clinical Oral Implants Research, 17, 2006, s. 75- 79.
6. **Lachmann, S., Laval, J. Y., Jäger, B., Axmann, D., Gomez-Roman, G., Groten, M., Weber, H.:** Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part II: peri-implant bone loss follow-up. An in vitro study with periost and osstell instruments. Clinical Oral Implants Research, 17, 2006, s. 80-84.
7. **Meredith, N., Allene, D., Cawley, P.** Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. Clinical Oral Implants research, 1996, 7, s. 261-267.
8. **Meredith, N., Book, K., Friberg, B., Jemt, T., Sennerby, L.:** Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross-sectional and longitudinal study of resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla. Clin. Oral Impl. Res., 8, 1997, s. 226-233.
9. **Meredith, N., Shagaldi, F., Allene, D., Sennerby, L.,**

stoma+pzl_3.2009:maketa - radiologie 3.6.2009 8:19 Stránka 62
proLékaře.cz | 21.11.2026

Cawley, P.: The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. Clin. Oral Impl. Res., 8, 1997, s. 234-243.
10. **Mihoko A. el at.:** Methods used to assess implant stability: current status. Oral and Maxillofacial Surgery, 22, 2007, s. 743-754.
11. Osstell™ Mentor user's manuals. Integration Diagnostics AB, Goteborg.
12. Osstell™ user's manual. Integration Diagnostics AB, Goteborg.
13. **Pattijn, V., Jaecques. S. V. N., De Smet, E., Muraru, L., Van Lierde, C., Van der Perre, G., Haert, I., Vander Sloten, J.:** Resonance frequency analysis of implants in the guinea pig model: Influence of boundary conditions and orientation of the transducer. Medical Engineering & Physics, 29, 2007, s. 182-190.
14. **Pattijn, V., Lierde, C., Perre, G., Naert, I., Sloten, J.:** The resonance frequencies and mode shapes of dental implants: Rigid body behaviour versus bending behaviour. A numerical approach. Journal of Biomechanics, 39, 2006, s. 939-947.
15. **Samiotis, A., Batniji, M., Lopez, L., Steveling, H.:** Clinical monitoring with RFA of astra implants. Poster J. Dent. Oral Med., 2003, 5, Poster 203.
16. **Sjöström, M., Lundgren, S., Nilson, H., Sennerby, L.** Monitoring of implant stability in grafted bone using resonance frequency analysis. A clinical study from placement to 6 months of loading. Oral and Maxillofacial Surgery, 34, 2004, s. 45-51.
17. **Veltri, M., Balleri, P., Ferrari, M.:** Influence of transducer orientation on Osstell™ stability measurements of osseointegrated implants. Clin. Impl. Dent. Rel. Res., 9, 2007, s. 60-63.

Prim. MUDr. Ladislav Dzan
Oddělení ústní, čelistní a obličejové chirurgie
KN Liberec, a.s.
Husova 10
460 63 Liberec 1
e-mail: ladislav.dzan@seznam.cz



ÚVOD DO METODIKY KLINICKÉHO HODNOCENÍ LÉČIVÝCH PŘÍPRAVKŮ

Věra Strnadová, Adam Svobodník, Filip Křepelka

Knihu vytvořila skupina univerzitních učitelů, majících bohaté osobní zkušenosti s klinickým hodnocením léčiv. Vzhledem k jejich různému zaměření, představuje kniha aktuální a ucelený pohled na speciální problematiku, která je vzhledem k naší současné legislativě a odpovídající legislativě EU mimořádně aktuální.
Publikace je určena jednak studentům přírodovědného zaměření, zejména medicíny, farmacie, biologie, chemie, kteří chtějí získat ucelené informace v této oblasti, ale také členům etických komisí, kteří posuzují etiku klinického výzkumu. Zaměstnanci výzkumných institucí i zdravotnických zařízení, najdou v textu odpovědi na základní otázky metodické, etické i právní. Text je užitečnou pomůckou pro farmaceutické firmy, které se podílejí na organizaci výzkumu léčiv.

Vydalo nakladatelství Grada Publishing a.s., formát A5, brožovaná vazba, 152 stran, cena 290 Kč, (493 Sk), ISBN 978-80-247-1917-7, kat. číslo 1072.

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
Na objednávce laskavě uveďte i jméno časopisu, v němž jste se o knize dozvěděli.