dermatologie_4_06 20.7.2006 10:28 Str. 212
proLékaře.cz | 13.1.2026

Čes.-slov. Derm. 81, 2006, No. 4, p. 212–216

Fotometrické zařízení pro měření nerovností kožního povrchu (SkinVisiometer 600)

Resl V.[1], Cetkovská P.[2], Leba M.[1], Rampl I.[2]

[1]Dermatovenerologická klinika LFUK v Plzni
přednosta prof. MUDr. Vladimír Resl, CSc.
[2]Fakulta elektroniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně a Enjoy spol. s r.o.
vedoucí doc. Ing. Ivan Rampl, CSc.

Souhrn

Fotometrické zařízení pro měření nerovností kožního povrchu (SkinVisiometer 600)

Pojednání se zabývá seznámením s transmisní profilometrií, která je založena na absorpci rovnoběžného světla po průchodu otiskem kůže. Ten je zhotoven speciálním postupem do standardizované formy modře zbarveným silikonem. Světlo se detekuje CCD kamerou a získané parametry se vyhodnotí k tomu určeným softwarem. Výstupem jsou křivky a číselné hodnoty, které hodnotí nerovnosti, včetně poskytnutí dvojči trojrozměrných obrazů. Metoda umožňuje v přijatelných mezích vyhodnocovat statisticky kvantitativní i kvalitativní změny kožního povrchu a tak objektivizovat nejrůznější fyziologické či patologické jevy nebo léčebné postupy.

Klíčová slova: **profilometrie – otisková profilometrie – transmisní profilometrie – měření nerovností kožního povrchu – povrch kůže – vrásky – topografie kůže – kožní relief – využití profilometrie**

Summary

Photometrical Device for Measurement of Skin Surface Roughness

Article introduces the method of transmission profilometry based on the absorption of parallel light after penetration of skin imprint. The imprint is made by a special procedure from a blue silicone to a standardized form. The light is detected by a CCD camera and the obtained values are evaluated by a specific software. The output curves and numbers which evaluate the roughness also provide two- or three-dimensional pictures. The method tolerably enables to statistically evaluate quantitative and qualitative changes of skin surface and thus objectively assess various physiological or pathological phenomena or treatment procedures.

Key words: **profilometry – skin surface – skin roughness – skin topography – skin wrinkles – use of profilometry**

ÚVOD

V předchozí publikaci (16) jsme uvedli možnosti a technické přístupy k měření nerovných povrchů. První přístroje (r. 1959) s diamantovým hrotem ve své podstatě pracovaly jako fonografy. Vertikální i horizontální pohyb jehly po nerovném povrchu nebo po replice kůže zachycený zapisující jednotkou je dvojrozměrný (2D). Později Hoppe et al. převedli analýzu několika 2D paralelních profilů na trojrozměrnou (3D) (8). Pohyb hrotu je časově náročný, proto byl diamantový hrot nahrazen optickými systémy s využitím laserů a tak bylo možné vyhnout se přímému dotyku kůže. Fotometrické i 3D záznamy z replik jsou získány v sekundách až minutách, přičemž se odstraní celá řada dalších nevýhod (3–8, 10–12, 17, 18).

Projekt: MPO ČR evid.č. FT-TA / 007

dermatologie_4_06 20.7.2006 10:28 Str. 213
proLékaře.cz | 13.1.2026

PRINCIP MĚŘENÍ

Fotometrické aparatury (SkinVisiometer SV 400, 500, 600, Courage a Khazaca electronic, Cologne, Germany) prohlížejí silikonový otisk kůže. Nejde o přímý zápis povrchu repliky, jako dělá hrotový profilometr, nýbrž měření tloušťky kolmého otisku. Použitím speciální formy se dosáhne toho, že je tloušťka repliky konstantní jen s nepatrnými odchylkami (obr. 1). Struktura povrchu replik může být reprodukována i při měření tloušťky několika plošných replik ze stejného místa a určena rozdílem mezi nimi. Při měření tloušťky plošných replik podle Lambertova-Beerova zákona při použití fotometru platí:

$$I_{ex} = I_{in} \cdot e^{-kd}$$

I_{in} je intenzita světla před vstupem do média, I_{ex} je intenzita světla po výstupu z média, *k* je konstanta média, *d* je tloušťka média (obr. 2).

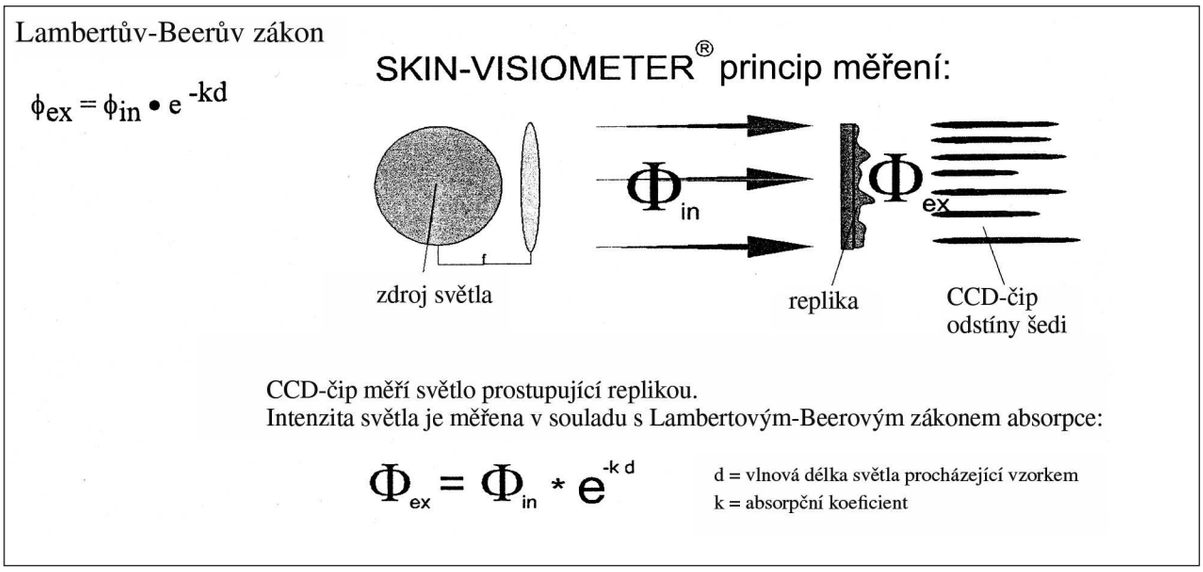
Obr. 1. Celkový pohled na fotometrický přístroj (SkinVisiometer 600).

Koncentrace absorbujících substancí materiálu a délka dráhy světla úměrně zmenšují intenzitu světla. Průsvitný silikon obsahuje konstantní koncentraci světlo absorbujícího modrého pigmentu. Proto snížení světelné intenzity záleží jen na délce cesty světla při průchodu replikou, tj. na tloušťce otisku. A tak tloušťka repliky může být vypočtena ze snížení intenzity světla. Kvantifikace je určena CCD kamerou, přičemž světlo je přeměněno na hodnoty elektrického signálu. CCD kamera obsahuje několik senzorů, proto tloušťka může být určena v několika sekundách (1, 2, 10).

ZHOTOVENÍ KOŽNÍHO OTISKU

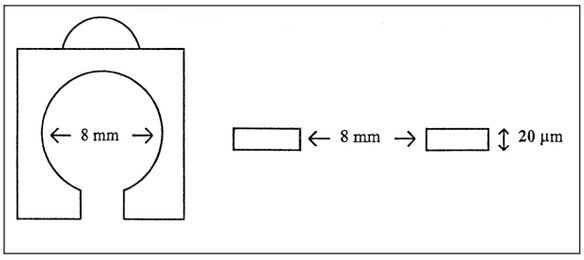
Je nezbytné zajistit, aby otisk nebyl ovlivněn jinými vlivy, než je povrch reprodukované kůže. Podmínky je dosaženo použitím formy při tvorbě repliky. Tu tvoří prstenec z plastu dříve 400 µm silný, nyní 100 µm (redukce možných artefaktů); jeho vnitřní kroužek má průměr 8 mm. Obě strany jsou kryté adhezivní vrstvou síly 60 µm. Jedna strana formy má malý otvor. Na kůži dovnitř formy se nalije silikon. Pod nepatrným tlakem se forma překryje mikroskopickým sklem, nověji fólií. Tak je jedna strana repliky, protější ke kůži, plochá a přebytečný silikon vyteče ven z otvoru ve formě. Forma drží celkovou tloušťku reprodukce konstantní (obr. 3, 4).

Množství použitého silikonu musí být úměrné a proces vyžaduje určitý pracovní návyk a stereotyp. Průsvitný silikon se získá smíšením v malém plastovém kalíšku ze dvou součástí: základní substance a katalyzátoru (distributor: fa. Courage & Khazaka). Obě součásti obsahují stejnou koncentraci modrého barviva. Viskozita silikonu se rychle zvyšuje; z tohoto důvodu musí být pro každou repliku znovu připraven. Postup přípravy byl vylepšen

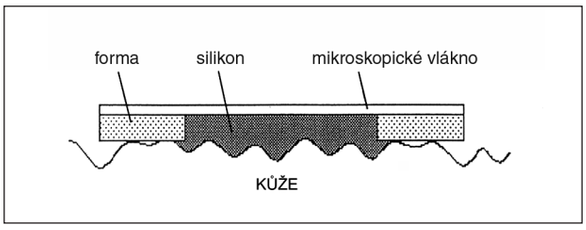


Obr. 2. Schéma principu měření.

dermatologie_4_06 20.7.2006 10:28 Str. 214
proLékaře.cz | 13.1.2026



Obr. 3. Forma pro zhotovení otisku kůže.



Obr. 4. Boční pohled na zhotovenou repliku kůže.

o vakuovou pumpu, která odstraňuje rušivé bublinky při míšení silikonu, které působily artefakty při měření. Rovněž částečky prachu nebo šupiny kůže pohlcují více světla nežli okolní modrá barva. Pro fotometrické zařízení se tato část repliky zdá být tlustší, nežli sousední oblasti, což je výsledkem arteficiálního vrcholu v povrchu záznamu. Naopak vzduchové bubliny uvnitř silikonové repliky pohlcují méně světla než okolní barva. Taková oblast se jeví řidší a výsledkem je arteficiální brázda v záznamu povrchu. Kromě místního efektu v zápisu mohou artefakty způsobit zhoršení až zkažení veškerého záznamu. Doporučuje se vložit repliku povrchu hned do přístroje a ten mít propojen s monitorem. Je možné tak odstranit chyby, popř. provést opakování, nežli pokusná osoba odejde.

Podmínky a obecné zásady měření: Použití je možné jen na neporušené pokožce, je nutné dodržet stejné okolní vlivy (teplota 20 °C, rel. vlhkost 40–60 %, netestovat pod vlivem slunce ani lamp, pacient má být v klidu, nestresovaný, kůže normálního vypnutí, je vhodné vybrat místo neochlupené, nedotýkat se krycí fólie, dodržet stejné místo odběru, což lze zajistit dermografem nebo fluorescenčním značkovačem) (1, 2).

VLASTNÍ MĚŘENÍ POVRCHU

Po vytvrzení silikonu se plastická forma s replikou kůže zlehka odstraní z kůže a umístí na lepenku velikosti diarámečku a takto se vkládá k proměření do fotometrického zařízení. Je to přestavěný diaskop, který obsahuje světelný zdroj, opálové sklo, diafragma a černobílou CCD kameru. Karton se vkládá mezi opálové sklo a diafragma. Opálové sklo rozptýlí světlo světelného zdroje a zabezpečí rovnoměrné osvětlení repliky. Světlo proniká replikou a diafragmatem na CCD kameru. Intenzita světla je snížena pohlcením na modrém barvivu. Když zbývající světlo dopadne na CCD kamerové senzory, je jeho intenzita přeměněna na úměrný elektronický signál. Výsledkem je kombinace všech signálů CCD kamerových senzorů na monitoru jako obraz repliky ve stupnici odstínů šedi. Tlustší partie repliky vyplývající z vrásek kůže jsou pro světlo méně prostupné a jeví se jako tmavé, kdežto slabší místa jsou jasná. Protože senzor může kvantitativně určit intenzitu světla, vypočtený výsledek odpovídá tloušťce kopie z plochy kůže. Provést tento výpočet lze digitalizací škály šedi obrazu a převedením na počítač. Digitalizovaný obraz se skládá z 274 linií s 360 pixely na linii. Každý pixel obsahuje digitální hodnotu mezi 0 a 255, která znamená specifickou úroveň (hodnotu) šedi.

Programové vybavení pomocí aplikace Lambertova-Beerova zákona vypočítá tloušťku příslušné oblasti repliky, která představuje hodnotu (úroveň) šedi, resp. intenzitu světla v pixelech. Digitální hodnota 0 v pixelech představuje maximální tloušťku plochy repliky, naopak hodnota 255 v pixelech představuje největší ztenčení. Hodnoty mezi 0 a 255 jsou rovnoměrně rozloženy na škálu od ztluštění po ztenčení oblasti, takže každá nižší (vyšší) digitální hodnota představuje další ztluštění (ztenčení) o stejnou hodnotu.

Každý stupeň určuje vertikální rozlišení fotometrického zařízení: rozdíl tloušťky mezi dvěma hodnotami tloušťky repliky v oblasti bude systémem rozpoznán pouze tehdy, bude-li rozdíl větší než tento stupeň. Bez znalosti stupně nemohou být aktuální rozdíly v tloušťce (hustotě) uložených obrazů reprodukovány. Proto jsou stupně uloženy spolu s daty obrazu v počítači.

PŘEHLED ZÁKLADNÍCH FUNKCÍ MĚŘÍCÍHO SOFTWARU SKINVISIOMETER 600

Zpracováním obrazu získáme křivku profilu, kdy zelená křivka představuje originální profil, červená značí vyhlazenou křivku uvnitř profilu. Dále můžeme vyhodnotit histogram a provést převod 2D obrazu na reálný nebo rychlý 3D obraz. Dále je možné zhotovit poměr délky přirozeně zvrásněné pokožky k natažené, změřit objem tekutiny potřebné k zalití měřeného místa pokožky v mm^3 a posléze měření drsnosti pokožky (roughness), kdy se určují: drsnost R1 (vzdálenost mezi nejvyšším a nejnižším vrcholem) R2 (maximální drsnost vybraného úseku), R3 (průměrná drsnost), R4 (hladkost prohlubní) a R5 (aritmetický průměr drsnosti) (1, 2).

Vertikální a horizontální rozlišení

Základy pro vertikální rozlišení repliky kůže byly stanoveny na 1,6 ± 0.4 µm hodnotu šedi. Digitalizovaný

dermatologie_4_06 20.7.2006 10:28 Str. 215
proLékaře.cz | 13.1.2026

obraz 360 x 274 pixel představuje oblast asi 6,5 x 5 mm^2. Proto, každý pixel představuje horizont rozlišení 18 µm, což odpovídá rozlišení asi 55 pixelů/mm (1, 2).

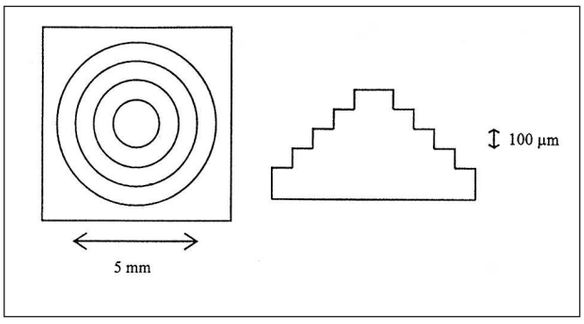
Prezentace naměřených dat a měření vrásek

Digitalizovaný obraz z Visiometru je možné demonstrovat na počítači. Obrazy je možné uložit k pozdějšímu vyhodnocení. Velikost každého souboru dat je přibližně 100 Kb. Záhlaví souboru obsahuje všechny potřebné údaje umožňující znovu reprodukci. Standardně uchovává 2D data v 16 tónech šedi. Přiřazením 16 zvolených barev lze koncipovat i 3D perspektivní pohled na povrch. Filtry digitálního obrazu mohou být užity ke zdůraznění struktur a zvětšení kontrastu prezentovaných dat. 2D obraz může být exportován jako soubor ve formátu BMP (*bitově mapovaném obrázku)*. Výsledky se drží obecných DIN a ISO směrnic pro měření nerovností (7).

Kalibrace fotometrického zařízení, horizontálního a vertikálního rozlišení

Před prvním fotometrickým měřením musí být fotometrické zařízení kalibrováno. Hodnoty kalibrace jsou uloženy a užívají se pro všechna měření, až do doby nové kalibrace fotometrického zařízení. Pro kalibraci horizontálního rozlišení se zaznamená černý kroužek na transparentní plastické fólii. Poté co obraz je digitalizován, označí se horní, spodní, levý a pravý okraj kruhu a určí jeho průměr. Program vypočítá prostorovou vzdálenost mezi pixely. Dříve než uplatníme při výpočtu tloušťky repliky Lambertův-Beerův zákon, musíme určit konstantu *k* materiálu a hustotu modrého barviva v silikonu. Obě hodnoty jsou stálé. Určení hodnoty konstanty se provádí záznamem repliky na speciální kalibrační kovové věži (obr. 5). Věž se skládá z několika vrstev kovu s postupně klesajícím průměrem. Každá vrstva je 100 µm tlustá. Po digitalizaci repliky musí uživatel označit dvě oblasti, které patří dvěma různým vrstvám, a výškový rozdíl mezi označenými vrstvami musí být specifikován. Zákon Lambertův-Beerův se aplikuje na obě vrstvy. Logaritmus obou rovnic je:

$$\ln (E_{ex1}) = - kd_1 + \ln (E_{in})$$
$$\ln (E_{ex2}) = - kd_2 + \ln (E_{in})$$



Obr. 5. Kalibrační kovová věž.

Protože E_{in} je konstanta, dvě rovnice mohou být situované rovně a transformované do

$$k (d_2 - d_1) = \ln (E_{ex1}) - \ln (E_{ex2})$$

Jelikož diference $d_2 – d_1$ je dána uživatelem a diference $\ln (E_{ex1}) - \ln (E_{ex2})$ může být určena ze záznamu světelných intenzit, program může vypočítat konstantu materiálu *k* (1, 2).

SPOLEHLIVOST A VALIDITA MĚŘENÍ

Srovnáním opakovaných měření byla zjištěna průměrná směrodatná odchylka 0,8 µm. Při srovnání s aktuální Ra hodnotou byl průměrný koeficient variace (CV) 1,56 %. Pro jehlové profilometry byl určen CV 1 %; odchylky laserového profilometrického měření jsou zanedbatelné a „lepší než 3 %“ jsou zjištěny pro analýzu obrazu metodou založenou na záznamu a analýze repliky obrazu z kamery osvícené světlem ze strany (15, 16). Normálně dosažitelné standardy odečtu nerovností, užívané u jehlových a laserových profilometrů, nejsou vhodné pro náš účel, což vyplývá z fyzikální podstaty měření. Nakonec byly zvoleny dva standardizující postupy. Jedno srovnání bylo učiněno prostřednictvím elektrochemické metody. Standard byl změřen a porovnán mechanickým a laserovým profilometrem se SkinVisiometerem. První dva přístroje měří přímo, třetí měří otisk povrchu. Výsledky jsou srovnatelné v přijatelném pásmu, fotometrické zařízení bývá deformováno artefakty. Použití pásmového filtru zkvalitní výsledek, takže se rovná konvenčnímu záznamu. Za druhý standard byly zvoleny paralelní brázdy vyryté v mosazi. Měřeno bylo UBM laserovým profilometrem (Silflo) a SkinVisiometerem.

Výsledky: Profily se podobaly, ale Rz-hodnota měřená fotometricky byla téměř dvakrát vyšší než hodnota měřená laserovým profilometrem. Fotometrické zařízení není dosud schopno reprodukovat parametry ekvivalentní konvenční profilometrií (1, 2, 9, 10).

MOŽNOSTI A ZÁVĚR

Skin Visiometr nezapisuje povrch zcela přesně, ale přesto jde o spolehlivé a rychlé zařízení, schopné rozeznat rozdíly mezi povrchy různých vlastností. Umožňuje i kvantifikaci (1, 3, 5, 7, 13–16).

LITERATURA

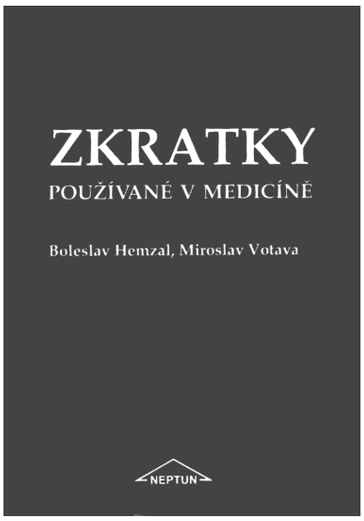
1. ARTICUS, K., KHAZAKA, G., WILHELM KLAUS, P. The SkinVisiometer – A photometric device for the measurement of skin roughness. In: Wilhelm Klaus-P., Elsner

dermatologie_4_06 20.7.2006 10:28 Str. 216
proLékaře.cz | 13.1.2026

P., Berardesca E., Maibach HI.: Bioengineering of the Skin: Skin Surface Imaging and Analysis. CRC Press New York 1997, p. 59–72.
2. Bedienungsanleitung zum SkinVisiometer SV 600. Courage & Khazaka, Cologne. Germany.
3. CAPUTO, R., MONTI, M., MOTTA, S., BARBARESCHI, M., TOSTI, A. SERRI, R., RIGONI, C. The treatment of visible signs of senescence: the Italian experience. *Br J Dermatol*, 1990, 122, Suppl 35, p. 97.
4. COOK, T., et al. Quantification of the skin's topography by skin profilometry. *Int J Cosmet Sci*, 1982, 4, p. 192.
5. CORCUFF, P., PIÉRARD, GE. Skin imaging: state of the art at the dawn of the year 2000. In: Elsner P., Barel AO., Berardesca E., Gabard B., Serup J.: Current Problems in Dermatology Vol.26, Skin Bioengineering Karger 1998, p. 1–11.
6. CORCUFF, P., DE RIGAL, J., LEVEQUE, JL. Image analysis of the cutaneous microrelief, *Bioengineer. Skin*, 4, 1992 s. 16.
7. DIN 4772 /4779 / 4762/ 4789, 4768/ 4790, ISO 4284 / 4287.
8. HOPPE, U., LUNDERSTÄDT, R., SAUERMANN, G. Quantitative Analyse der Hautoberfläche mit Hilfe der digitalen Signalverarbeitung. *Arztl Kosmetol*, 1986, 16, S. 13–16.
9. KAUTZKY, F., DAHM, WM., DROSNER, M., KÖHLER, LD., VOGT, HJ., BORRELI, S. Direct profilometry of the skin: its reproducibility and variability. *JEADV*, 1995, 5, s. 15–23.
10. MAKKI, S., BARBENEL, JC., AGACHE, P. A quantitative method for the assessment of the micro-topography of human skin. *Acta Derm (Stockh)*, 1979, 59, p. 285–289.
11. MIGNOT, J., ZAHOUANI, H., RONDOT, R., NARDIN, RH. Morphological study of human skin relief. *Bioengineer. Skin* 1987, 3, p. 177–180.
12. MÜLLER, U. Roughness (measured by profilometry: mechanical, optical, and laser). In: Berardesca E., Elsner P., Wilhelm Klaus-P., Maibach HI.: Bioengineering of the Skin: Methods and Instrumentation. CRC Press, New York 1995, p. 41–51.
13. RESL, V. Bioinženýrské metody v dermatovenerologii – I. Přístrojové metody ke stanovení různých paramatrů kůže. *Čes-slov Derm*, 2002, 77 (3), s. 133–138.
14. RESL, V. Bioinženýrské metody v dermatovenerologii – II. Přístrojové vyšetřovací metody zobrazující kůži nebo její struktury. *Čes-slov Derm,* 2002, 77 (6), s. 264–271.
15. RESL, V., KOŠŤÁLOVÁ, D. Kožní bioinženýrské metody u profesionálních dermatóz. *Čes-slov Derm*, 2002, 77 (2), s. 84–87.
16. RESL, V., CETKOVSKÁ, P., LEBA, M., RAMPL, I. Profilometrie (*Čes-slov Derm,* v tisku)
17. SAUR, R., SCHRAMM, U., STEINHOFF, R., WOLFF, HH. Strukturanalyse der Hautoberfläche durch computergestutzte Laser-Profilometrie. *Hautarzt*, 1991, 41, S. 499–501.
18. ZAHOUANI, H., VARGIOLU, R. Skin line morphology: Tree and branches. In: Measuring the Skin, Springer 2004, p. 40–59.

Došlo do redakce: 1. 12. 2005

Prof. MUDr. V. Resl, CSc.
Dermatovenerologická klinika LF UK
Dr. E. Beneše 13
305 99 Plzeň
E-mail: resl@fnplzen.cz



ZKRATKY POUŽÍVANÉ V MEDICÍNĚ

Boleslav Hemzal, Miroslav Votava

Příručka obsahuje thesaurus zkratek používaných v medicíně společně s vysvětlujícími texty, co tyto zkratky znamenají. Tam, kde to bylo zapotřebí uvedli autoři i cizojazyčný originál.

Vydal NEPTUN v roce 2005, ISBN 80-902896-9-X, A5, váz., 120 str., cena 195 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