dermatologie_4_07 19.9.2007 7:59 Str. 202
proLékaře.cz | 13.11.2026

Čes.-slov. Derm. 82, 2007, No. 4, p. 202–205

Měření elasticity kůže

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

[1]Dermatovenerologická klinika LFUK v Plzni
přednosta prof. MUDr. Karel Pizinger, 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

Měření elasticity kůže

V práci je podán přehled současných aparatur a principů měření elasticity kůže. Uveden je výčet možností měření, dále reproduktibilita metody, dosavadní využití a důvody objektivního proměřování kůže. Na schématech a v textu jsou vysvětleny funkce přístrojů, interpretace registrovaných křivek, fáze měření a příklad nálezů u zdravé a patologicky změněné kůže u sklerodermie. Přístroj je v současnosti využíván k měření vlivu elektromagnetického a světelného pole na kůži při řešení výzkumného úkolu.

Klíčová slova: **měření pružnosti kůže – měření elasticity – elasticita kůže – Elastometer – Cutometer – Reviscometer**

Summary

Skin Elasticity Measurement

Article reviews the recent devices and principles for skin elasticity measurement and gives list of measurement possibilities, reproducibility of the method, its existing use and reasons for objective skin measurement. Figures and text explain the function of devices, interpretation of recorded curves, phase of measurement and examples of findings in the health skin and in the skin in scleroderma. The device is presently used to measure influence of electromagnetic and light field on the skin in the scope of a research project.

Keywords: **skin elasticity – Cutometer – Dermaflex – Elastometer – mechanical properties – elastic properties – measurement of skin elasticity – viscoelastic properties of human skin**

ÚVOD

Mechanické vlastnosti kůže zajímají nejen dermatology, ale celou řadu vědních oborů. Zkoumá se biomechanika v různých lokalitách, v závislosti na věku, ale také u některých chorob. Důležitá je rovněž korelace mechanických, anatomických a biochemických podkladů i změn. Metoda má již pevnou pozici při dermatologické diagnostice, terapii a testování efektivity kosmetik na pružnost kůže. Biomechanická měření jsou založena na zatížení nebo napětí pokožky. Na kůži působí síla, resp. tlak a měří se vzniklá deformace, event. napětí. Brzy se zjistilo, že kůže se nechová jako ideálně pružný objekt, ale že se během přetrvávající zátěže deformace pozvolna („plíživě“) zvětšuje. Jde o následek viskózního napětí kůže. Jestliže je zátěž mírná, kůže se nevrací hned do původního stavu, ale jistá míra deformace po určitou dobu přetrvává. To se nazývá hysterézou (zpožďováním). Souvisí to opět s viskózními vlastnostmi kůže. Pružnost kůže představuje tedy funkčně komplex elastických, plastických a viskózních vlastností (4).

Bioinženýrská zařízení vyvinutá různými laboratořemi se značně liší podle použité zátěže kůže. Užíval se tlak, elevace, torze, sání, imprese, vibrace, přičemž každá síla má určité výhody a nevýhody. Torzi nelze užít např. na prstech, tvářích, genitálu; prodloužení kůže je závislé na úhlu působení síly. Přístroje založené na elevaci či vtisknutí musí počítat nejen s vlastnostmi kůže, ale také se spodními strukturami. To platí i pro sukční a vibrační testy. Nevýhodou velkého počtu přístupů byla obtížná interpretace a porovnávání výsledků. Ačkoliv byly činěny

Projekt: MPO ČR evid.č. FT-TA/007

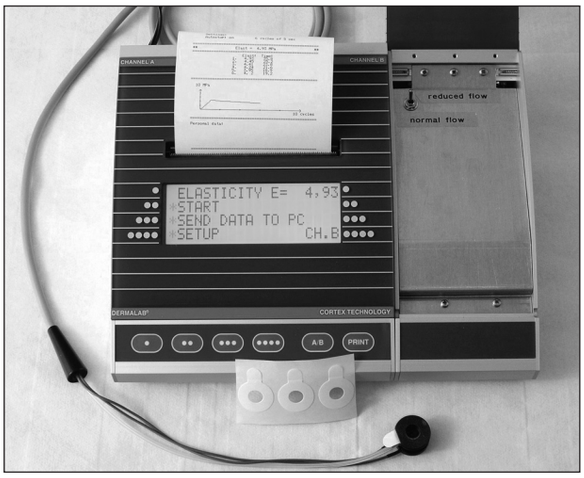
dermatologie_4_07 19.9.2007 7:59 Str. 203
proLékaře.cz | 13.11.2026

pokusy o mezinárodní standardizaci (7), jen některé aparatury a přístupy přešly do praktického používání. Využití přístrojů měřících elasticitu kůže spočívá např. ve studiu změn kůže v závislosti na věku, pohlaví, stárnutí, na různých místech těla, tloušťce pokožky, sledování u různých dermatologických i interních chorob, při hojení ran a vlastností jizev, vlivu různých léčebných agens (kortikosteroidů, retinoidů) a kosmetik. V poslední době se zvyšuje používání měření elasticity při řešení problematiky fotoagingu, vlivu volných radikálů a antioxidantů a při objektivizaci dermatologické terapie (4).

PŘEHLED NEJBĚŽNĚJI DOSTUPNÝCH APARATUR

1. DermaLab (Dermaflex)

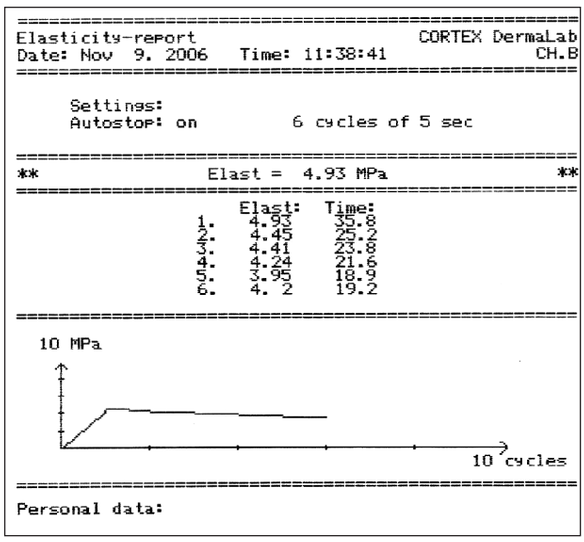
DermaLab (modernější) (obr. 1), resp. Dermaflex (dřívější) je zařízení vyvinuté v r. 1980 Jörgen Serupem a ověřené na dermatologické klinice v Kodani. Poté je komerčně dodává fa. Cortex Technology. (Cena: základní modul se zapisovací jednotkou je za 2500 € + sonda na měření elasticity 3330 €.) (12).



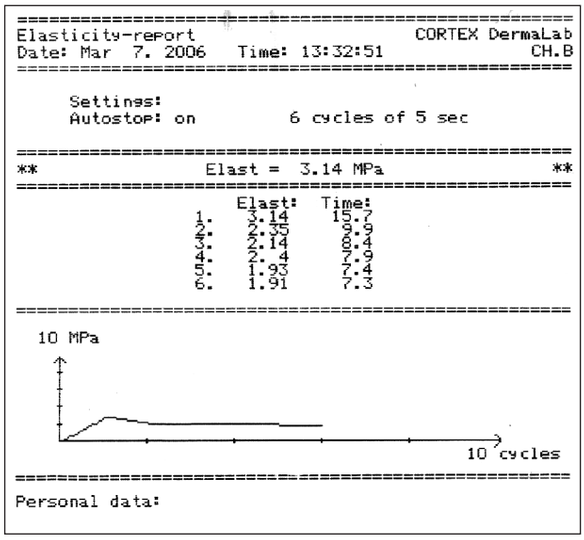
Obr. 1. Ilustrační obraz zařízení DermaLab se sondou.

Funkce přístroje je založena na sukční metodě (maximální vakuum 500 mbar). Vývěva i cykly jsou řízeny počítačem. Na kožním povrchu je umístěna vzduchotěsně pomocí dvojitě lepícího kroužku podtlaková komůrka. Čerpadlo vyvine kolmý podtlak směrem k povrchu, což má za následek deformaci kůže. Mění se kapacitní odpor mezi snímačem na vrcholu kůže a stěnou komůrky v závislosti na deformaci kůže uvnitř sondy. Při měření získáme např. křivky (obr. 2, 3), z nichž lze vyčíst tři biomechanické parametry a porovnat normální a patologický nález:

1. tahovou roztažnost v mm, jako nejvyšší míru roztažení kůže po aplikaci vakua pro definovaný čas;
2. pružné roztažení v mm, které popisuje zbývající (zbytkovou) deformaci po odstranění vakua; kůže se zcela nevrací do své dřívější pozice kvůli svým viskózním vlastnostem;



Obr. 2. Příklad záznamu křivky měření elasticity (DermaLab) ze zdravé kůže předloktí u zdravého 30letého muže.



Obr. 3. Příklad záznamu křivky měření elasticity (DermaLab) z 84leté ženy s cirkumskriptní sklerodermií na předloktí.

3. hysterézu (zpožďování) v procentech, popisující zvýšení maximální deformace mezi první aplikací vakua a definovaného počtu cyklů vakua; charakteristika rovněž vyplývá z viskózních vlastností kůže.

DermaLab je schopen ještě normálního a redukovaného nastavení vakuového systému a změny počtu a trvání vakuových cyklů. (Menší se užije na citlivější pokožce – obličej, krk – a při rychlém měření.) Přístroj je schopen automatického a manuálního tisku křivek i výpočtu hodnot. Informuje nás tak o aktuálním výpočtu modulu pružnosti, změně tlaku Δp [Pa] potřebného k vychýlení pokožky vztahujícímu se k prvnímu měřenému cyklu, dále o Δp k aktuálně měřenému cyklu a o době v sekundách, která se vztahuje k vychýlení při prvním a aktuál-

dermatologie_4_07 19.9.2007 7:59 Str. 204
proLékaře.cz | 13.11.2026

ním měřeném cyklu. Přesnost zařízení uvádí výrobce tak, že pro roztažení <3 mm je: absolutní přesnost lepší než 5% a pro roztažení 3 až 5 mm je reprodukovatelnost přibližně 1%, s klesající absolutní přesností (12).

Praktické použití: Přístroj byl použit u studií z oblasti klinické dermatologie a farmakologie i kosmetiky. Byli měřeni pacienti s lokalizovanou sklerodermií (morfea). Bylo zjištěno, že tahová roztažitelnost, hysteréze a pružná distenze jsou významně zmenšeny u sklerotických ložisek, s hysterézí přechodně zvýšenou během remise. V kontrolních místech byla přítomna signifikantní korelace mezi tahovou roztažitelností (distenzibilitou) a hysterézí a mezi hysterézí a pružnou roztažitelností. Tyto parametry nepřímo korelovaly s tloušťkou kůže určenou ultrazvukem. Prováděla se také řada studií vlivu hydratace kůže na elasticitu např. po aplikaci vody. Pozorovalo se významné zvýšení roztažitelnosti, pružné roztažitelnosti a hysteréze po 20 min působení vody (5). Byl studován i vliv petroleje, acetaldehydu a glycerinu na kožní mechaniku. Tahová roztažnost a hysteréze ukázaly nejvýraznější změny. Voda a petrolej způsobily signifikantní zvýšení těchto parametrů po 10 min aplikace. Změny přetrvávaly nejméně 10 min po aplikaci petroleje a zmizely dříve, než ty, které následovaly po aplikaci vody. Aplikace acetaldehydu měla záporný účinek na tahovou roztažitelnost. Glycerin měl za následek změny podobné petroleji (6).

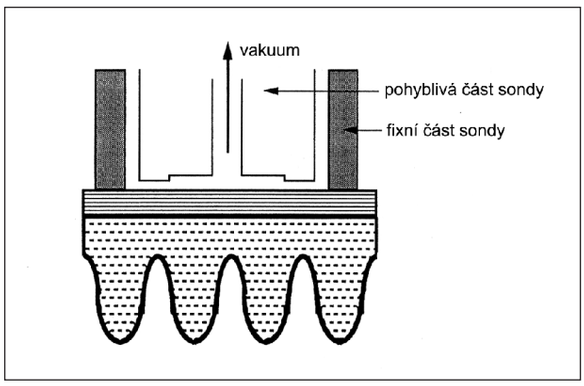
Studie kožní elastičnosti byla prováděna i u lupénky (3). Roztažnost v tahu byla snížená a hysteréze a pružná distenze byly zvýšeny u ložisek psoriázy v porovnání s kontrolními místy na nepostižené kůži.

Několik autorů uvádí (4, 10) změny elasticity na kůži u psoriatických pacientů indukované PUVA. U takto léčených pacientů byla významně snížena tahová roztažitelnost a elasticita (tahová roztažitelnost minus pružná roztažnost), zatímco hysteréze byla snížena jen u pacientů s kumulativními UVA dávkami >300 J/cm^2.

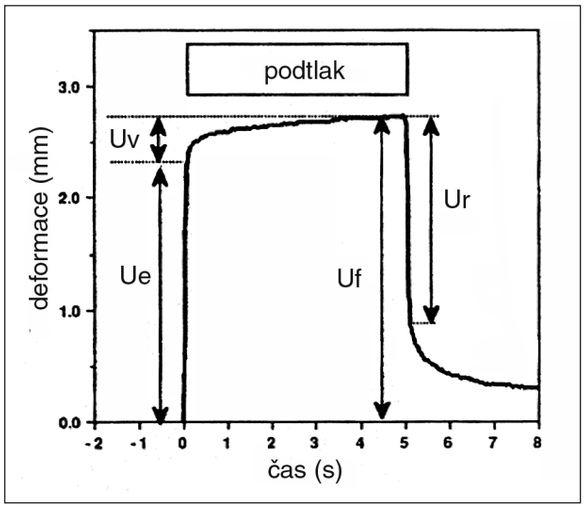
2. Cutometer SEM 474, 575, MPA 580, Skin Elastometer EM 25

Výrobce: Courage Khazaka Electronic GmbH, Germany, cena Cutometru je přibližně 7516 € (některé z přístrojů jsou levnější varianty) (2).

Princip přístroje je založen na vytvoření vakua, které působí na povrch kůže, což vede k její deformaci. Ta je pak změřena. Měřicí zařízení se skládá z hlavní jednotky a ruční sondy. Hlavní jednotka obsahuje vývěvu, která vytváří vakuum až do 500 mbar, snímač tlaku a elektronický obvod, který ovládá pumpu a analogově/digitální převod dat. Sukční hlava má na čelní straně kruhový otvor o průměru 2 mm. Vzniklá deformace vtažené kůže do nitra sondy je měřena s přesností 0,01 mm a frekvencí 100 Hz (obr. 4). Cutometer je spojený s kompatibilním IBM počítačem přes R 232 sériové rozhraní a je jím úplně řízen. Řídicí program poskytuje výrobce. Lze volit buď režim (mód) tlak-napětí, nebo čas-napětí. V režimu tlak-napětí se vakuum zvýší z 0 až 500 mbar při zvoleném časovém intervalu a deformace (v mm) je zobrazena jako funkce podtlaku (v milibarech). V režimu čas-napětí se vybrané vakuum aplikuje po zvolenou dobu. Nadto měření může být provedeno s lineárním zvýšením a klesáním vakua. Deformace je pak zobrazená jako funkce času. Naměřené hodnoty lze ukládat i porovnávat a vyčítat na displeji (2).



Obr. 4. Schéma sondy Cutometru.



Obr. 5. Typický záznam Cutometru. Po dobu 5 s bylo aplikováno vakuum 500 mbar s následnou relaxací 3 s.

Obrázek 5 ukazuje typickou křivku získanou v režimu čas-napětí. Vakuum bylo aplikováno na kůži po dobu 5 s s následnou relaxační dobou 3 s. Deformace kůže, jako odpověď na druhou a všechny následující doby sání, jsou si podobné, ale rozdílná je první deformace, která je variabilní. První deformace se považuje za předběžnou, a proto by neměla být vyhodnocena. Deformační křivka se skládá z rychlé deformace reprezentované čistě elastickou částí, následovanou viskoelastickou a nakonec čistě viskózní částí. Stejné momenty se rozlišují při retrakci tkáně (4).

Agache et al. (1) navrhli názvosloví: Ue je definováno jako okamžitá deformace nebo roztažnost kůže (extenzibilita), Uv jako opožděné roztažení (distenze), Uf jako finální (konečná) deformace a Ur jako okamžitá retrakce. Uv:Ue je míra mezi opožděnou a okamžitou deformací a označuje relativní přínos viskoelastické, viskózní a elastické deformace k celkové deformaci. Ur:Uf je míra okamžité retrakce k celkové deformaci, nazvané biologické pružnost (elasticita), a míra Ur:Ue se zdá být těsně (blíz-

dermatologie_4_07 19.9.2007 7:59 Str. 205
proLékaře.cz | 13.11.2026

ká) paralelní Ur:Uf. Youngův modul pružnosti může být vypočítán z lineární části zátěžové (stresové, napěťové) křivky (1, 4, 5).

Všechny naměřené parametry jsou funkce tloušťky kůže. Proto není smysluplné srovnávat jejich absolutní hodnoty mezi testovanými místy nebo osobami. Experimentální hodnoty by měly být standardizovány ve vztahu k tloušťce kůže nejlépe ultrazvukem. Jestliže údaje o tloušťce kůže nejsou k dispozici, mohou být určeny samotné koeficienty uvedených parametrů. Hodnoty některých parametrů jsou biologicky smysluplné, nezávisí na tloušťce kůže a mohou být porovnávány mezi místy těla i osobami (8, 9).

Praktické použití: Cutometer byl použit při studiu vlivu věku měřením na předloktí ventrálně u zdravých dobrovolníků mezi 3 až 92 lety, a také ve vztahu k 11 anatomickým krajinám. Byly aplikovány tři zátěže: 100, 200 a 500 mbar. Biologická pružnost Ur:Uf se snižuje s věkem, zatímco Uv:Ue (míra mezi viskoelastickou a elastickou roztažností) byla zvětšena, což ukazuje na zvětšující se vliv viskózní části k celkové extenzi s věkem. Žádná závislost pohlaví na biomechanických rozdílech pozorována nebyla. Sledovány byly i mechanické vlastnosti kůže na genitálu a předloktí, a to i ve vztahu k menopauze (3, 4). Koeficient Uv:Ue a Ur:Uf byl významně nižší u ženského genitálu než na kůži předloktí. Ur:Uf byl významně nižší u žen v menopauze na obou předloktích i na kůži vulvy. Uv:Ue byl významně souvztažný s tělesnou výškou, což může být i indikátorem mechanických vlastností pojivové tkáně. Wiliamsová touto metodou studovala u 2023 probandů vrásky, vliv slunce a stárnutí kůže (13).

3. DPE systém

Třetím přístupem k měření elasticity je zařízení zkonstruované Nielsenem a Bjerringem v Dánsku a komerčně dosažitelné od r. 1994 (Cotas Computer Technology, Aarhus, Denmark).

Princip měření je založen na mechanickém působení impedance na kůži. Sací komůrka je přiložena na kožní povrch neprodyšně a je vytvořeno vakuum 300 mmHg. Kůže je pak vystavena vibraci pravoúhlým (obdélníkovým) kmitočtovým spektrem 20 až 500 Hz (Impedance N/m/s). Senzor sbírá sílu a akcelerační signál, který je přenesen k PC. Kožní elasticita je zaznamenána jako funkce frekvence. Mechanické kmitočtové spektrum může být vypočítáno jako koeficient mezi silou a rychlostí v každém frekvenčním bodě. DPE systém se skládá z mobilní řídicí jednotky s pohyblivou sondou a komunikuje s uživatelem přes LED display. Zařízení je řízené počítačem přes rozhraní R 232C a tak jsou měření zobrazena a zaznamenána. Měřicí software je dodáván výrobcem a je zajištěn standardní kalibrační postup a reprodukovatelnost. Významné nálezy jsou pozorovány při srovnání zdravých dobrovolníků s nemocnými s generalizovanou sklerodermií (4, 11).

4. Reviscometer RVM 600

Výrobce: Courage Khazaka Electronic GmbH, Germany, cena cca 6650 €.

Tento přístroj představuje nové možnosti a další aspekty měření, které jsou založené na rezonanci v čase. Princip spočívá ve využití akustické šokové vlny (1,77 μJ), kterou vysílá emitující a zachycuje přijímající část sondy aparatury v závislosti na době. Elastické a viskoelastické vlastnosti jsou vymezeny průběhem kolagenních a elastických vláken. Tato speciální měřicí metoda umožňuje např. orientaci incizí u kožní chirurgie, má vztahy k „body mass indexu“, elasticitě, fotoagingu apod. (CK electronic) (2).

LITERATURA

1. AGACHE, PG., MONNEUR, C, LEVEQUE, JL., DE RIGAL, J. Mechanical properties and Young' modulus of human skin in vivo. *Arch Dermatol Res,* 1980, 269, p. 221–225.
2. CK ELECTRONIC. Courage + Khazaka electronic GmbH, Köln, Germany, www.courage–khazaka.de.
3. EISNER, P., WILHELM, D., MAIBACH, HI. Mechanical properties of human forearm and vulvar skin. *Br J Dermatol,* 1990, 122, p. 607–611.
4. ELSNER P. Skin Elasticity, In: Berardesca E et al. Bioengineering of the Skin: Methods and Instrumentation, *1995 by CRC Press, Chapter 6,* p. 53–64.
5. JEMEC, GB, SERUP, J. Epidermal hydration and skin mechanics. The relationship between electrical capacitance and the mechanical properties of human skin in vivo. *Acta Derm Venereol Stockh,* 1990 , 70, p. 245–249.
6. OVERGAARD OLSEN, L, JEMEC, GB. The influence of water, glycerin, paraffin oil and ethanol on skin mechanics. *Acta Derm Venereol Stockh,* 1993, 73, p. 404–409.
7. PAYNE, PA., MARKS, R., GUIBARRA, EJ. International standards for instruments, measurement methods and units for determination of physical properties and function of skin. In: *Bioengineering and the Skin,* Marks, R. and Payne, P. A., Eds., MTP Press, Lancaster, U.K., 1981, p. 9–14.
8. SERUP, J. Localized scleroderma (morphea). *Acta Dermatovenereol,* Suppl. 1986, p. 122, 1–6.
9. SERUP, J., NORTHEVED, A. Skin elasticity in localized scleroderma (morphea). Introduction of a biaxial in vivo method for measurement of tensile distensibility, hysteresis, and resilient distension of diseased and normal skin. *J Dermatol,* 1985, 12, p. 52–55.
10. SERUP, J., NORTHEVED, A. Skin elasticity in psoriasis. In vivo measurement of tensile distensibility, hysteresis, and resilient distension with a new method. Comparison with skin thickness as measured with high-frequency ultrasound. *J. Dermatol,* 1985, p. 12, 318–324.
11. SKINTECH Instruments DPE System - Client Information, Skintech Holdings, Skodstrup, Denmark, 1994.
12. TECHNOLOGY, C, DermaLab Users Manual*, Rev.Z0900111 UK.doc*, Cortex Technology, Hadsund, Denmark.
13. WILIAMS S., REUTHER T., KRÜGER N. et al. Bioengineering studies into cutaneous elasticity in 2023 probands, *JEADV*, 2005, 19, suppl 2, P02.54

Došlo do redakce: 10. 1. 2007

Prof. MUDr. V. Resl, CSc
Dermatovenerologická klinika LFUK
Tř. E.Beneše 13
305 99 Plzeň
E-mail: reslv@fnplzen.cz