

REFERÁTOVÝ VYBĚR®

dermato venerologie


ODBO RNÝ DVOUMĚSÍČNÍK
ROČNÍK 63
6/2021

7 KREDITŮ ČLK
PRO AUTORY ČLÁNKŮ

 @referatovyvyber

www.referatovyvyber.cz

 Download on the
App Store

 Available on the
Google Play

CeraVe
DEVELOPED WITH DERMATOLOGISTS

maVena

B12

Mast
Křém
Gel

 PRES

VYCHÁZÍ POD ZÁŠTITOU ČESKÉ DERMATOVENEROLOGICKE SPOLEČNOSTI

CENA: 57 Kč

Obsah

1

ÚVOD

Další vánoce přede dveřmi

Prof. MUDr. Petr Arenberger, DrSc., MBA, FCMA

6

Hydratace kůže a možnosti jejího měření

Prof. MUDr. Vladimír Rešl, CSc.

36

Atopický ekzém a jeho (ne)kortikoidní léčba

MUDr. et MUDr. Pavel Konrád

45

Pityriasis versicolor

MUDr. et MUDr. Pavel Konrád

PF 2022

Všem našim čtenářům děkujeme za milou přízeň v letošním roce a do nového roku přejeme pevné zdraví, štěstí, lásku a mnoho pracovních úspěchů.

Redakce

INZERCE

KOLLAGEN *resorb*™

- kolagenová houba z koňských šlach
K bezpečnému lokálnímu zastavení krvácení

GENTA-COLL *resorb*®

- kolagenová houba s gentamicinem
Homeostáza a antibiotická ochrana před infekcí


RESORBA®
REPAIR AND REGENERATE

an Advanced Medical Solutions Group plc company

resorba@resorba.cz
www.resorba.com

TITULNÍ FOTO: © ZOOMTEAM/123RF

OSTATNÍ FOTO: NENÍ-LI UVEDENO JINAK, JE AUTOREM FOTOGRAFIÍ AUTOR ČLÁNKU

ŠÉFREDAKTOR

Prof. MUDr. Petr Arenberger, DrSc., MBA, FCMA

ODBORNÉ RECENZE A KONSULTACE

Prof. MUDr. Monika Arenbergerová, Ph.D.
MUDr. Hana Ciferská, Ph.D.

REDAKCE

PhDr. Jarmila Drhilková
602 229 255, czechopress@czechopress.czMgr. Hana Kvapilová
608 238 077, kvapilova.hana@seznam.czAsistentka
724 116 414, office@czechopress.cz

REDAKČNÍ RADA

Prof. MUDr. Petr Arenberger, DrSc., MBA, FCMA
Prof. MUDr. Mária Šímaljaková, Ph.D. MHA, MPH
Prof. MUDr. Alena Pospíšilová, CSc.
Prof. MUDr. Martin Pěč, Ph.D.
Doc. MUDr. Karel Ettler, CSc.
Doc. MUDr. Eliška Dastychová, CSc.
As. MUDr. Libuše Marděšicová
Prim. MUDr. Slavomír Urbanček, Ph.D.
MUDr. Marta Hašková
JUDr. Jan Mach

DO ČÍSLA PŘÍSPĚLI

Prof. MUDr. Petr Arenberger, DrSc., MBA, FCMA
Prof. MUDr. Vladimír Rešl, CSc.
MUDr. et MUDr. Pavel Konrád

LAYOUT A GRAFICKÁ ÚPRAVA

Michaela Croft

ADRESA REDAKCE

FAKULTNÍ NEMOCNICE KRÁLOVSKÉ VINOHRADY
Dermatovenerologická klinika
Prof. MUDr. Petr Arenberger, DrSc., MBA, FCMA
Přednosta kliniky
Srobarova 50, 100 34 Praha 10

VYDÁVÁ

CZECHOPRESS AGENCY, s.r.o.
Na Strži 1702/65, 140 00 Praha 4
Tel: 602 229 255, fax: 272 941 824
E-mail: czechopress@czechopress.cz

STATUTÁRNÍ ZÁSTUPCE

PhDr. Jarmila Drhilková – jednatelka

OBJEDNÁVKY PŘEDPLATNÉHO
A INZERCI PŘIJÍMÁ

CZECHOPRESS AGENCY, s.r.o.
Na Strži 1702/65, 140 00 Praha 4
Tel.: 602 229 255, fax: 272 941 824
E-mail: czechopress@czechopress.cz
E-mail: referatovy.vyber@czechopress.cz

MK ČR E 13665
ISSN 1213-9106 (Print), ISSN 1803-778X (Online)
Číslo 6/2021, Ročník 63

Excerptováno v Bibliographia medica Českoslovacca

Časopis je indexován v Seznamu recenzovaných
neimpaktovaných periodik Rady pro výzkum,
vývoj a inovace Úřadu vlády ČR

DISTRIBUCE

Czechopress Agency, s.r.o.

CENA: 57 Kč

ZA ODBORNOU SPRÁVNOST
PŘÍSPĚVKŮ ODPOVÍDAJÍ
AUTOŘI ČLÁNKŮ.

HYDRATACE KŮŽE A MOŽNOSTI JEJÍHO MĚŘENÍ

Resl, V.¹, Janoušková, K.¹, Leba, M.¹, Soukup, R.², Blecha, T.³, Balabán, J.³, Blažková, E.¹.

¹⁾ Fakulta zdravotnických studií ZČU Plzeň

²⁾ Research and Innovation Centre for Electrical Engineering (RICE)

³⁾ Fakulta elektrotechniky ZČU Plzeň

SOUHRN: Souhrnně jsou uvedeny fyziologické základy hydratace epidermis, především stratum corneum. Kromě tuků (ceramidy, fosfolipidy) je probrána úloha NMF, filaggrinu, keratinu hyaluronové kyseliny a uložení vody v epidermis. Rovněž jsou zmíněny změny za některých patologických stavů (atopie, psoriasis). Uveden je přehled přístrojů k měření hydratace, včetně standardizace a dynamických testů. Příspěvkem k problematice je vyvinutí cenově dostupné sondy a přístroje i s možností telemetrického přenosu změřených dat a první zkušenosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: tuky v epidermis – pilosebaceous jednotka – přirozené zvlhčující faktory (NMF) – voda v epidermis – keratin a hydratace – měření hydratace – hydrolipidový film – bariéra – hydratace a patologické stavy – přístroje na měření hydratace – nový senzor a přístroj k měření hydratace – telemetrie dat hydratace – TEWL

SUMMARY: Skin hydration and measuring instruments. The physiological basis of epidermal hydration, especially the stratum corneum, is summarized. In addition to fats (ceramids, phospholipids), the role of NMF, filaggrin, keratin, hyaluronic acid and water storage in the epidermis is discussed. Changes in some pathological conditions (atopy, psoriasis) are also mentioned. An overview of instruments for measuring hydration, including standardization and dynamic tests. A contribution to the issue is the development of an affordable probe and instrument with the possibility of telemetric transmission of measured data and the first experience.

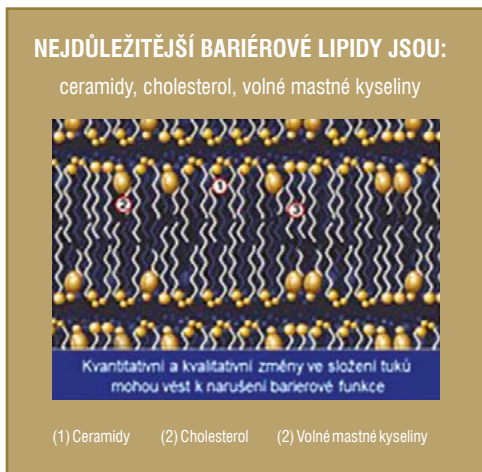
KEY WORDS: fats in the epidermis – pilosebaceous unit – natural moisturizing factors (NMF) – water in the epidermis – keratin and hydration – hydration measurement – hydrolipid film – barrier of the Skin – hydration and pathological conditions – hydration measuring instruments – new sensor and hydration measuring instrument – telemetry data hydration – TEWL

Hydratace pokožky je významně ovlivněna obsahem a složením tuků v epidermis, které se tvoří především v keratinocytech. Část tuků se na povrch kůže, kde jsou součástí hydrolipidového filmu, dostává také vlivem produkce mazových žláz.

Úvod a souhrn základních i méně běžných informací

Bylo by snad již kontraproduktivní uvádět dermatologům děje zrání korneocytů, psát o úloze lipidů, lamelárních tělísk /Odland bodies/ (Odland 1991) nebo o vlivu Natural Moisturizing Factors (NMF), které zvyšují schopnost zadržovat vodu v kůži. Podporu hydratace představuje i provitamin B5 a koenzym Q10, který se při fosforylaci uplatňuje jako přenašeč elektronů a dodavatel energie (Imokawa 1991, Motta 1994, Rawling 1994, 1993, Resl sebumetrie, Sybert 1985, Wellner 1992). Velký význam má také mezibuněčná oblast s dvojrstvami lipidů (zejména fosfolipidů, ceramidů a cholesterolu) (obr. 1).

Důležitá je i anatomická stavba stratum corneum (SC), včetně funkce potních a mazových žláz (tzv. kyselý vodní plášť), které spolu na povrchu vytvářejí bariéru tolik důležitou k ochraně před zevními vlivy. Ve str. granulosum se v zrnech keratohyalinu tvoří profilaggrin, který se mění ve filaggrin, a ten

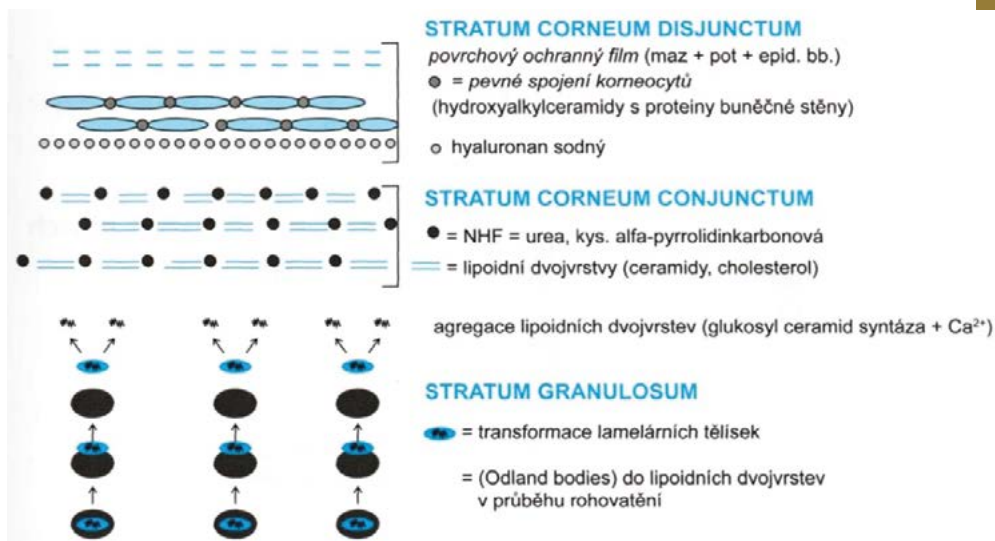


Nejdůležitější bariérové lipidy a jejich dvojrstevné uspořádání

Obr. 1

je enzymaticky odbouráván, přičemž degradace může být potlačena hydratací a NMF. (Blank 1984, Distant 1995, Elias 1981, Imokawa 1986, 1989,

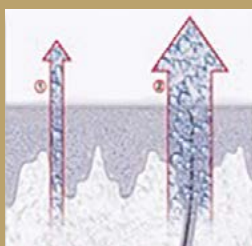
Průběh keratinizace a mechanismy v epidermis, které váží vodu (podle Záhejského)



Obr. 2

TRANSEPIDERMAL WATER LOSS

Kromě ztráty vody pocením (perspirací) probíhá permanentní transepidermální ztráta vody (TEWL)



(1) TEWL

(2) Perspirace

Obr. 3

Nejdůležitější bariérové lipidy a jejich dvojvrstevné uspořádání

Nikoloff 1994, Potts 1991, Proksch 1993, Ståab 1997, Garson 1991, Ghadially 1992). Záhejský sestavil schéma mechanismů, které váží vodu v průběhu keratinizace (Záhejský 2006) (obr. 2).

Shora zmíněné skutečnosti jsme již popisovali také v Referátovém výběru v roce 2006 (Resl 48, 3, s. 51–59). Problematice hydratace se věnujeme již řadu let a některé poznatky část autorů popsala v článku v Čes-Slov Dermatol. (Resl a kol. 2006).

Předložená publikace je nyní obohacena o novější výzkumy, méně známé skutečnosti a nové technické příspěvky.

Podstatný význam pro výměnu vody mají ekrinní potní žlázy, kterých má člověk 2–5 milionů, s délkou vývodů 53 km a objemem 43 dm³. Existuje i reabsorpce potu, při níž se uplatňuje sodíková pumpa. Perspiraci představuje viditelné pocení působené termickými vlivy (např. ztráta vody v horku, až 0,5–4 l/h) a tzv. perspiratio insensibilis (neznamenné pocení), které představuje deficit asi 30 ml/h = 300–1500 ml/24 h. Pot vytéká jako jednocestným ventilem pod tlakem 250 mmHg v cyklech. Jsou rozdíly mezi pohlavími – muži se potí při 29 °C, ženy při 32 °C. Kromě perspirace se může voda

ztrácet prostupem mezi buňkami, což lze i samostatně měřit (TEWL) (Lodén 1994, Pellacani 1998, Rohr 1998, Resl 2006 (obr. 3).

Epidermis lidské kůže lze tedy charakterizovat jako vícevrstevný plochý rohovějící epitel (proces alfa-keratinizace). Trvale mitoticky aktivní vrstva bazálních buněk produkuje dceřiné buňky, které diferencují cca 26 dní a odlučují se posléze jako stratum disjunctum. Procesy buněčného dělení a diferenciace jsou řízeny z epidermis i dermis růstovými faktory. Povrch kůže tedy nejen oděluje, chrání (mechanicky, fyzikálně, chemicky, bariéra, olupování, UV záření) a také spojuje svojí signální a sekreční činností s okolím (Motta 1994, Rawlinngs 1993, 1994), ale chová se rovněž jako důmyslná semipermeabilní membrána (Záhejský 2006).

Pro pochopení všech souvislostí je v tomto směru poučné také studium fylogenetického vývoje epidermis ryb, plazů, obojživelníků i ptáků. (Moll 1991, 13 ze Záhejský).

Poměrně často se v souvislosti s hydratací uvádí také *kyselina hyaluronová*, která je přirozeně se vyskytující glykosaminoglykan, čili lineární polysacharid. Přesnější je použití obecného označení hyaluronan (v případě, že neudáváme konkrétní kationt), či hyaluronát (vždy s udáním kationtu, např. hyaluronát sodný). Termín kyselina hyaluronová se používá spíše v kosmetice a medicínských aplikacích. Hyaluronan tvoří jednu z hlavních složek mezibuněčné hmoty a je významně obsažen v kůži. Má vysokou afinitu k vodě, což pozitivně ovlivňuje elasticitu a hydrataci tkání (kůže), tudíž je důležitým činitelem při podpoře hydratace pokožky. Přesněji se vyskytuje ve formě glukoronátu sodného ve SC, resp. v olupující se vrstvě str. dysjunctum. Může se tak uplatnit, je-li vhodně aplikován při řešení problémů se suchou kůží, tj. u dermatitid, ekzémů a hlavně atopické dermatitidy (Nečas 2008. Fallacara 2018) (viz obr. 2).

Ve vztahu k hydrataci se méně často uvádí vazba, resp. *Interakce, keratinu a vody*. Některé souvislosti jsme zmínili již shora (obr. 2). Keratiny jsou proteiny produkované keratinocyty epidermis u všech vyšších obratlovců. V této souvislosti se řešila i problematika elasticity korneocytů (Léveque 1987, 1988). Funkcí korneocytů je tvorba fyzikálního i chemického rozhraní organismu a vnějšího prostředí, což je pro existenci života nezbytné. Většina dějů se odehrává v SC. Ochlupení přispívá k teplotní homeostáze a ochraně před UV zářením, peří umožňuje létat a tepelně chrání. Kopyta, nehty a rohy jsou nutné pro pohyb, hledání potravy a udržování druhu. Zmíněné vlastnosti mají keratiny díky svým pozoruhodným fyzikálním a chemickým vlastnostem. Keratiny vykazují řadu rozdílů v chemické struktuře, hlavně v makromolekulárním uspořádání. Mají však jednu společnou vlastnost, že všechny obsahují aminokyselinu cystin (R-CH₂-SS-CH₂-R). Ta je odpovědná za silné kovalentní vazby, nejen v rámci daného polypeptidového řetězce, ale také mezi řetězci, což způsobuje, že tyto molekuly jsou špatně reaktivní a způsobují pozoruhodné fyzikální vlastnosti. Změnit vlastnosti keratinů mohou významně environmentální faktory, přičemž voda patří k těm nejdůležitějším. Vzhledem k jejich vysoce účinné dipolární povaze mohou molekuly vody tvořit vazby s mnoha zakončeními postranních řetězců keratinu. Mohou také způsobit vnitřní reorganizaci hydrofobních skupin. Voda tak může mít zásadní vliv na fyzikální vlastnosti keratinu, přičemž prokazatelná je např. závislost relativní vlhkosti a elektrické rezistence (Leveque 2004).

Poznámka: *Zde uvedené poznatky soustředilo mnoho biologů a vědců při studiu vlny ovcí, jako důležitého průmyslového materiálu, zejména v Austrálii a Anglii, tj. zprvu se konaly in vitro studie a nepřímo se usuzovalo na stav a poměry funkce a lokalizace vody v kůži a vlasech člověka. Až v poslední době některé přístupy dovolují experimenty in vivo (např. magnetická rezonance).*

Podobnosti a rozdíly ve stavbě SC a vlasů

SC a vlasy jsou součástí velké skupiny keratinizovaných tkání. Základním kamenem jak SC, tak i vlasů jsou korneocyty, které jsou spojené mezibuněčným cementem. U vlasů jsou kortikální buňky chráněny asi 10 vrstvami buněk kutikuly. Tyto vrstvy mají vliv na omezování výměn mezi kůrou a prostředím a také omezují bobtnání této konstrukce vodou. Jeden z hlavních rozdílů mezi vlasy a kůží je skutečnost, že lipidy ve SC představují asi 10 až 15 % hmoty, ale u vlasů jen 2 %. Přítomnost těchto lipidů vysvětluje, alespoň částečně, pomalou rovnovážnou kinetiku s vodou (Leveque 1981, 2004).

U SC tvoří lipidy dvojrstvy, které při použití transmisního elektronického mikroskopu představují dva hlavní typy organizace: pravidelnou a nepravidelnou, což se projevuje střídáním jasných a tmavých pruhů Landman (1986). Stojí za zmínku, že během hydratace nedochází k bobtnání těchto dvojrstev.

INZERCE



Vitella Ictamo Forte

Silná zklidňující pasta s bílým ichthyolem a octopiroxem

NOVINKA

- Akutní péče o kůži, která je zarudlá a svědí
- Při atopii, seboře i akné
- Obohacená o antimikrobiální látky octopirox a dermosoft decalact **pro výraznější a rychlejší nástup účinku**

Účinné látky:

- bílý ichthyol
- octopirox
- dermosoft decalact
- zinek

Obsah: 30g



Bez obsahu kortikosteroidů

U vlasů je situace zcela odlišná, protože lze rozlišit pouze jeden difrakční obrazec, při 4,2 nm. Z chemického a fyzikálního hlediska jsou zde rovněž důležité rozdíly. Pomocí Ramanovy spektroskopie objevili Gniadecka et al. (1998) velké rozdíly mezi SC, vlasy a nehty v chování lipidů a proteinů. Větší tekutost se nachází v SC. Použitím diferenciální skenovací kalorimetrie navrhli Golden a spol. (1998) korelaci v SC mezi tekutostí lipidů a obsahem vody. Tyto studie jasně prokazují, že existuje interakce mezi lipidy a vodou (Imokawa 1991), ale dosud komplexní model této interakce chybí.

Sorpční izotermly keratinu a další související techniky

Pro zkoumání hydratace jakéhokoli substrátu je prvním krokem stanovení sorpční izotermly, která odráží množství vody, které se může vázat při dané teplotě a relativní vlhkosti. Nad 70 % relativní vlhkosti je nárůst obsahu vody velmi rychlý, zejména v případě SC, které může absorbovat vodu několikanásobně, zatímco přirozené vlasy mohou pojmout pouze asi 30 % své suché hmotnosti. Izotermly úzce odrážejí interakce mezi chemickými skupinami daného materiálu a molekulami vody. Pomocí kalorimetrických měření, infračerveného měření, magnetické rezonanční spektroskopie a rentgenové difrakce lze zkoumat interakce mezi proteiny a vodou. Lze také detekovat vliv molekul vody na strukturální prvky SC nebo na mikrofilamenta a protofilamenta vlasů (Hey 1978, 1977).

Pevně vázaná voda

Jestliže byly vzorky SC nebo vlasů hluboce dehydratovány (mírné zahřívání ve vakuu), pak absorpce vody při relativní vlhkosti mezi 0 a 20 % zjevně odpovídá vazbě molekul vody v jediné vrstvě na řadě konkrétních vazebných míst. Při použití řady experimentálních metod se zjistilo, že vysoká interakční energie (58 kJ/mol) pravděpodobně odpovídá dvojně vodíkové vazbě s polárními postranními skupinami dvou blízkých keratinových vláken.

Tento stupeň hydratace odpovídá prvnímu stupni primární hydratace popsané Hansenem a Yellinem (1972). Tyto hodnoty jsou blízké hydratační energii v místech NH+. Naproti tomu hydratační energie karboxylových skupin (COO-) je pouze 31 kJ/mol. Chemickou strukturou lze vysvětlit lepší přístupnost COO- skupin při nízké vlhkosti |2|. Studie naznačují preferenční vazbu na karboxylové skupiny (Leveque 1977).

Vázaná voda

Přesná práce Watta a Leedera (1968) ukázala, že procento molekul vody, vázaných na karboxylové a aminoskupiny, představuje jen 46 % míst obsazených při 65% relativní vlhkosti. Na začátku sorpčního procesu zřejmě dochází ke kondenzaci molekul vody na jiných hydrofilních místech (např. na peptidové skupině nebo volné OH) prostřednictvím vodíkových vazeb. Tento proces umožňují molekulám vody vložit se mezi polypeptidové řetězce a vede ke snížení interakce mezi řetězci a tím usnadňuje plastifikaci struktury (Watt 1968).

Volná voda

Při prahové hodnotě asi 34 % přítomné vody ve SC (fúzní vrchol při teplotě 0 °C), se ukazuje přítomnost „zmrazitelné“ vody, která se označuje jako volná voda. Je zajímavé, že tento vrchol se ale neobjevuje v keratinu vlasů. Vlasy nikdy nedosahují 34 % obsahu vody, tj. neobsahují ani volnou, ani volnou/vázanou vodu. Úloha vody není úplně objasněná, ale dle Loden (2004, Kap. 24) lze souhrnem říci, že v SC lze nalézt 3 typy vody s různou molekulární mobilitou (Middleton 1968):

- a) *primární vodu*, která je při obsahu vody pod 10 % pevně vázána, pravděpodobně na polární místa proteinů nebo na mezibuněčné oblasti (Andersen 1973)
- b) *sekundární vodu*, jestliže stupeň hydratace přesáhne 10 %. Tato voda je vázána vodíkovými vazbami (můstky) k vodě již vázané na proteiny
- c) *vodu nad 40–50 %*, která se chová jako voda velkoobjemová (Takenouchi 1986)

Množství pevně vázané vody, která pravděpodobně nemá „plastifikační účinek“, je skoro stejné u různých patologických stavů, zatímco množství sekundární vody, které je zodpovědné za elasticitu, je mnohem menší ve SC u psoriatických pacientů a u starších osob s xerósou, než u normálního SC. U fyziologického SC s lysou kůží je obsah vody 38,2 mg/100 mg suché tkáně ve srovnání s 31,7 mg u senilní xerósy a 27,2 mg u psoriatických šupin na 100 mg suché tkáně (Loden 2004). Atopici a psoriatici mají epidermis méně hydratovanou a méně schopnou vázat vodu. Voda normálně podporuje aktivitu enzymů zapojených do deskvamace. Při jejím nedostatku se zvýší soudržnost korneocytů, ty se neodlučují izolovaně, nýbrž ve formě šupin a vzniká hyperkeratóza. Naopak hyperhydratace pokožky dlouhou koupelí způsobí, že se povrch SC snadno stírá. Důvodem je postupná degradace desmosomů a narušení mezibuněčných dvouvrstvých lipidů (Linde 1989, Jemec 1992, Long 1992, Horii 1989, Warner 1999, Kligman 1994).

Uvedené skutečnosti byly podpořeny experimenty pomocí magnetické rezonanční spektroskopie (Clifford 1966, Lynch 1969). Autoři těchto studií zjistili, že molekuly vody mají omezený pohyb i při 60 °C, ale nezamrzají bez ohledu na obsah vody. Experimenty ukazují, že při obsahu vody nad 18–19 % mají molekuly vody zvláštní vlastnosti a mění se elektrické vlastnosti keratinu. Nad touto hodnotou obsahu vody klesá aktivační energie elektrické vodivosti ze 125 na 58,5 kJ/mol (Algje 1973). Podobně vrchol tepelného proudu (fenomén dielektrické polarizace) se objeví při 130 K, což odpovídá charakteristice frakce volné vody (Leveque 1981). Zdá se tedy, že nad hodnotou obsahu vody asi 19 % se molekuly vody ve vlasech kondenzují v agregátech, které si zachovávají stejnou polarizační vlastnosti jako v kapalném stavu, ale ztrácejí rotační vlastnosti volné vody. Pomocí těchto experimentů se ukazuje, že termín „volná voda“ moc nevyhovuje. Vhodnější název by byl „intermediální (mezilehlá, přechodná) voda“. Za

normálních fyziologických podmínek existuje voda ve SC převážně ve vázaném stavu, je-li SC zcela hydratovaná. Pomocí transmisní elektronové mikroskopie se ale ukazuje, že kromě toho také existuje voda ve formě jakýchsi lakun (bazének, dutinek), které mohou narušit strukturu a dokonce mohou posouvat lamelární dvojvrstvy a vytvářet amorfní mezibuněčné zóny (Warner 1999). Tyto modifikace jsou reverzibilní (van Hal 1996).

Vliv lipidů a ve vodě rozpustných materiálů

Pomocí statistických termodynamických metod se ukázalo, že nejen lipidy, ale také ve vodě rozpustné materiály, které vznikají degradací filaggrinu, jsou také důležitým prvkem ve vazbě vody. Úlohou těchto látek je usnadnění průchodu vody mezi lipidovými dvojvrstvami (mezibuněčnými prostory) do korneocytů.

Můžeme tedy konstatovat, že voda má značný vliv na fyzikální vlastnosti vlasů i SC. Například mezi moduly pružnosti měřenými v suchých a vlhkých podmínkách je koeficient přibližně 100 (Leveque 1988), zatímco elektrická vodivost je mezi suchými a hydratovanými vzorky násobena faktorem 10 000 (Campbell 1977). Velké změny jsou také patrné v optických i tepelných vlastnostech (Solan 1977). Rovnováha mezi keratinem a vodou je tedy nezbytná pro to, aby keratinizovaná tkáň správně plnila svou roli. Naše chápání těchto interakcí není zdaleka úplné. Velký význam pro hydrataci SC mají lipidy a ve vodě rozpustné materiály, které jsou produkty degradace filaggrinu (Harding 1983). Bohužel stále přesně nevíme, jak tyto produkty (hlavně aminokyseliny) ovlivňují stupeň hydratace, ale může jít o přímý účinek nebo usnadnění přístupu molekul vody k hydrofilním místům na keratinu. Podobně je málo známá úloha mezibuněčných lipidů, kromě jejich bariérové funkce.

Informace shora uvedené byly odvozeny z údajů získaných in vitro. Situace in vivo je samozřejmě velmi odlišná; např. mezi vnější vrstvou a vnitřními

vrstvami existuje hydratační gradient. Tento gradient je zodpovědný za kontinuální proudění vodní páry přes SC. Kromě toho sekrece potu – kontinuální i diskontinuální – hraje důležitou roli v hydrataci SC.

Konečně povrchové lipidy (v podstatě kožní maz) mohou tvořit emulzi s vodou a pravděpodobně hrají roli při udržování povrchové hydratace (i když netvoří bariéru pro vodní páru). Ke všem těmto problémům je obtížné přistupovat in vivo, protože téměř všechny metody, které máme pro kvantifikaci hydratace, jsou nepřímé. Začínají se však objevovat specifitější metody: blízká infračervená spektroskopie, magnetická rezonance a spektroskopie by se v tomto prostředí mohly ukázat jako neocenitelné (Léveque 2004).

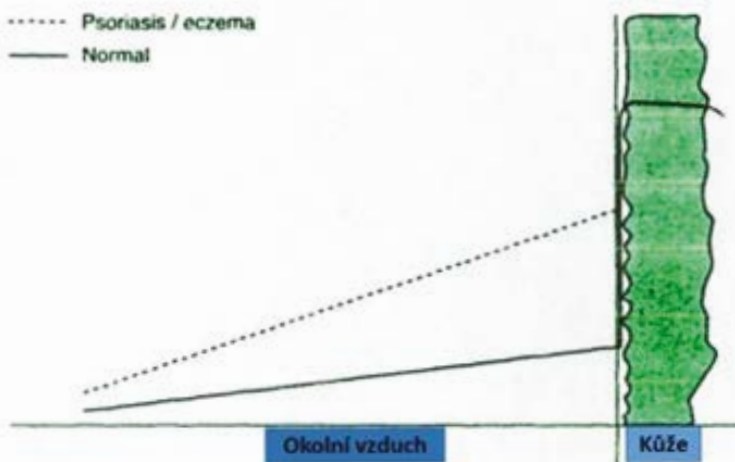
Přirozené vnitřní a zevní vlivy měnící hydrataci

Hydrataci významně ovlivňují *endogenní vlivy*, mezi něž počítáme genetické a hormonální faktory, biologické vlivy, zejména přirozený proces

stárnutí. Tzv. stařecká kůže je tenká, suchá, drsná, se sklonem k záhybům a vráskám. K problematice tedy přistupují i rozdíly podmíněné stářím, pohlavím a lokalizací (Distante 1995, Potts 1991, Stáb 1997). Z *exogenních vlivů* můžeme jmenovat vlivy klimatu a zevního prostředí, důležitým faktorem je tenze vodních par a teplota, vliv roční sezóny, slunce a podíl UV záření na stárnutí kůže (aging), vliv chemických látek, léků, stav výživy a celkové hydratace organismu. Uplatňuje se ale ještě celá řada dalších vnějších a vnitřních faktorů. Především je to kožní dýchání, výměna vodní páry, produkce potu, teplota, vlhkost vzduchu, kosmetika a farmaceutické preparáty. Stav příj. zhoršují detergenty a nevhodná kosmetika. Z těchto důvodů se neuvádějí normální standardní hodnoty vlhkosti kůže. Přesto určování hydratace má značný význam hlavně v průběžném sledování u téhož jedince a ve stejné lokalitě. Informace o významu vody a jejím obsahu v kůži se stále rozšiřují a zpřesňují. Jejich množství je samozřejmě nejvyšší v nižších vrstvách epidermis,

Obr. 4

Schéma gradientu vodní páry, resp. vodní bariéry kůže (podle Serupa – upravil Resl)



velmi nízké, přesto významné, je ve str. corneum. Voda se šíří od živých částí epidermis k povrchu při neporušené bariéře. Dochází tak k fyziologické transepidermální ztrátě vody (Lodén 1994, Pellacani 1998, Rohr 1998). K problematice přistupuje celá řada patologických změn:

HYDRATACE ZA PATOLOGICKÝCH STAVŮ A KLINICKÝCH JEDNOTEK

Hydratace u psoriázy a ekzému

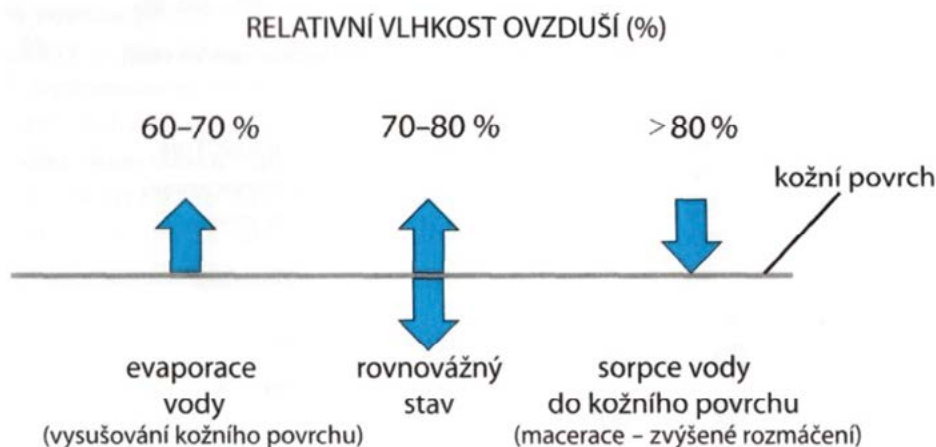
Hlavním nálezem je paradoxně suchý povrch a vysoká ztráta vody odpařováním. Za normálních okolností je známou skutečností neustálý posun zprvu jaderných keratinocytů od bazální membrány až po SC, kde jsou již bezjaderné a neviditelně se olupují. Proces trvá cca 26–28 dní. Důležitou skutečností je strmý gradient obsahu vody v hlubších partiích až po suché prostředí okolního vzduchu nad epidermis. Za poslední dekádu se značně rozšířily

znalosti o transepideárnální výměně vody (TEWL) jak u normální kůže, tak u patologických stavů. Původně Tagami (Tohoku University Japonsko) provedl sérii pokusů pomocí elektrické metody pro měření povrchové hydratace kůže (Tagami in Dekker 1982). Od té doby „Evropská společnost kontaktní dermatitidy“ zveřejnila přehled a pokyny pro měření TEWL (Pinnagoda, 1990). Byl zaznamenán paradox hydratace kůže u psoriázy a ekzému, tedy suchostí povrchu kůže v kontrastu se zvýšenou ztrátou vody odpařováním. Obsah vody v dermis a ve vrstvě dlaždicových buněk epidermis je přibližně 75 %, zatímco v granulárních a zrohovatěných vrstvách může být 10 až 30 %. Zjevná je vodní bariéra v povrchových vrstvách epidermis a v okolí (Serup 2004).

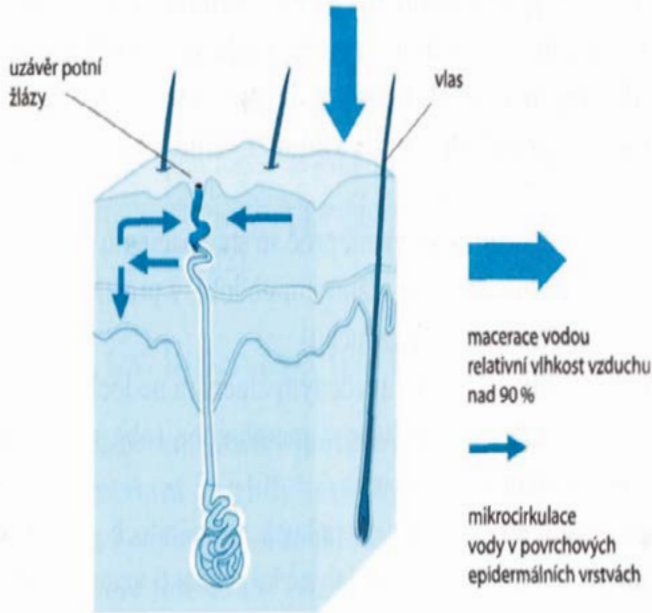
Neustálé odpařování vody z pokožky, známé jako perspiratio insensibilis, závisí také na tlaku vodní

Vliv vlhkosti okolního ovzduší na hydrataci kožního povrchu (Záhejský 2006)

Obr. 5



RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU 80-90 % (MACERACE)



MECHANICKÁ OKLUZE POTNÍCH VÝVODŮ (HYDROMEIÓZA)

Obr. 6

Schéma mechanické okluze potního vývodu jako důsledek zbotnění vývodu při nadměrné hydrataci kožního povrchu (Záhejský 2006). Vzniklý stav i macerace vedou k vyplavení látek vázících vodu, což se klinicky projeví jako miliaria, příp. se zánětem. Vzniká zvýšená propustnost bariéry pro alergeny (např. v botách – kůže) ev. pro mikroby a plísně (Sulzberger 1965, Wolff 1988).

páry okolního vzduchu bezprostředně mimo pokožku. Průkaz byl proveden evaporimetrem ServoMed, kdy senzory pro registraci vlhkosti byly namontovány 3 a 6 mm nad povrchem kůže a bylo tak možné měřit gradient tlaku vodní páry v okolním vzduchu, který odrážel i transepidermální vodu. Měření fungovalo i tehdy, jestliže se sonda oddálila 5 mm od povrchu a byla umístěna ve válcové komoře. To znamená, že na povrchu kůže nosíme jakýsi neviditelný plášť z vodní páry o tloušťce přibližně 10 mm (obr. 4).

Schéma má naznačit funkci vodní bariéry kůže, plášť vodní páry okolního vzduchu a intraepidermální

vodní gradient. Obrázek je v podstatě graf, kde svislá osa značí gradient vodní páry (plná čára) u zdravé kůže (je pod menším sklonem), přerušovaná čára pak vyjadřuje kůži nemocnou (psoriáza, ekzém). Z naznačeného vyplývá, že zdravá kůže si v sobě ponechává větší vlhkost oproti kůži nemocné, kde je tento gradient větší, tj. dochází k výrazně větší ztrátě vody.

Tento plášť z vodní páry je z pochopitelných důvodů snadno ovlivnitelný konvekci vzduchu, používáním textilií a samozřejmě vlhkostními a teplotními podmínkami prostředí. Lze tak učinit závěr, že vodní bariéra na kůži a všechny změny podmiňující

suchost povrchu kůže nezávisí pouze na epidermis nebo schopnosti SC zadržovat vodu, ale i na účinnosti biologické bariéry a dalších vlivech, tj. také na podmínkách zevního prostředí. Zejména k nim patří mezní, resp. hraniční vrstva vody, tj. plášť vodní páry. To ovlivňuje nejen měření pomocí elektrické vodivosti, ale i TEWL a obráceně – stav pláště z vodní páry se odráží i na samotné epidermis. Proto je povrch kůže v zimě sušší a ekzémy jsou v zimě častější a horší (Serup 2004). Základní poměry o vlivu relativní vlhkosti i potních žláz, případně při maceraci vodou schematicky znázornil Záhejský (2006) (obr. 5, 6).

Proces olupování u psoriázy a ekzému

Již shora bylo řečeno, že normální proces neviditelné deskvamace je výsledkem postupného zrání korneocytů. U psoriázy a ekzému je urychlen na 4–7 dní. U těchto stavů je tento jemný proces keratinizace a ztráty soudržnosti narušen, takže se pak z povrchu odlučují větší šupiny. Proces lze demonstrovat strippingem (páska D-Squame®). Ukazuje se, že povrch kůže u psoriázy a ekzému není homogenní a dochází k asynchronnímu procesu v jednotlivých lokalitách (Serup 2004).

Měření povrchové hydratace kůže a TEWL

Elektrické metody pro měření povrchové hydratace pokožky, jako např. Corneometer®, Skicon® a Novapen®, jsou praktické, rychlé, korelující a jde o běžně dostupná zařízení (Courage 1994). Serup uvádí zkušenost, že se Skicon® jeví jako vhodnější, je-li povrch kůže hydratován experimentálně a zaznamenává se dynamika absorpce-desorpce, zatímco Corneometer®, s větší kontaktní plochou, může mít výhody při studiu léčby psoriázy, ekzému a klinicky suché kůže a průběhu hojení resp. zlepšení. Důležitá je také oblast měření a vlastní kontakt sondy v závislosti na geometrii povrchu kůže. Pokud je povrch kůže drsný a fyzický a elektrický kontakt je špatný, budou zaznamenány nízké hodnoty, které nepředstavují průměr hydratace povrchu kůže. Pokud je sonda malá, může být metoda

příliš závislá na místě a může být nutné provést několik měření a vypočítat průměr. Elektrické metody nejsou specifické pro vodu a jakýkoli polární materiál může v zásadě ovlivnit záznamy. Tyto způsoby se však v praxi ukázaly jako užitečné pro libovolné zaznamenávání stavu hydratace povrchu kůže v široké škále situací (Resl 2006, Serup 2004). Nedávno se staly dostupnými také infračervené optotermální a magnetické rezonanční techniky a tyto komplikované a drahé metody jsou samozřejmě specifičtější.

TEWL se normálně měří buď pomocí evaporimetrů ServoMed, nebo Tevamer®. Jak již bylo zmíněno, tok vody z pokožky se vypočítává na základě záznamů v 10 mm plášti vodní páry okolního vzduchu. Mnoho proměnných a zdrojů chyb, které je třeba vzít v úvahu, bylo popsáno ve shora citovaných pokynech (Resl 2008). Při hodnocení hydratace kůže je třeba rovněž věnovat zvláštní pozornost předchozí fyzické aktivitě probandů a funkci potních žláz. Potní žlázy jsou bohaté na obličej, horní část trupu, dlaních a chodidlech. Pomocí mikroskopu se světlovodičem lze za teplého dne prokázat na dlani, jak se náhle objevují bublinky potu a odpařují se během několika sekund (Serup 2004).

Dynamika funkce vodní bariéry kůže

Rovnováha mezi hydratací povrchu pokožky a okolním vzduchem obvykle nastane během několika sekund nebo několika minut, což prokázal Tagami (1982) ve svých absorpčně-desorpčních experimentech. V těchto pokusech lze hodnotit schopnost SC zadržovat vodu. Jestliže se předloktí ponoří do vody na 5 nebo 20 minut, vodivost, kapacita a odpařování vody se okamžitě zvýší; po 15 až 20 minutách se však znovu získají hodnoty výchozí. Během ponoření na 5 a 20 minut podléhá SC bobtnání a zvyšuje se tření na povrchu kůže. Tyto experimenty prokazují, že úsek kůže, který lze zatížit vodou a zadržováním vody je malý, pravděpodobně ne více než pět až sedm vrstev buněk, a proto odpařování a adaptace na

podmínky okolního vzduchu potřebují jen krátkou dobu.

Suchý povrch – paradox vysoké ztráty vody vypařováním při psoriáze a ekzému

Psoriáza a ekzém vykazují jako velmi jednoznačný nález snížení elektrických parametrů, tj. vodivosti a kapacity, což ukazuje na suchost v kontrastu se zvýšením TEWL (obr. 4) (Serup 1989, 2004, Blichmann 1987). To znamená, že i když se šupiny vystaví vyššímu množství vody, zůstávají sušší. Pokusy provedené za různých podmínek ukázaly, že patologické šupiny mají ve skutečnosti sníženou schopnost zadržovat vodu. Ukázalo se, že se ale mohou vyskytovat oblasti se zvýšenou vlhkostí mezi šupinami, tj. oblasti, které mohou, nebo nemusí, být detekovány elektrickými metodami z důvodů drsnosti a tuhosti povrchu kůže a neúplného fyzického kontaktu s měřicí sondou. U ekzému v subakutní fázi může být vodivost zvýšená (Agner 1988). Šupiny jsou bílé z důvodu obsahu vzduchu a kvůli obsahu vzduchu se očekává, že budou mít i výrazný vliv (nízká vodivost) na elektrický záznam. Abnormality mezibuněčné fosfolipidové dvojvrstvy mezi keratinocyty mají vliv na atopický ekzém a možná i proces šupinatění obecně. Změny mezibuněčného cementu jsou také podkladem různých typů ichtyózy. U psoriázy, u níž je rychlý přechod keratinocytů přes všechny vrstvy epidermis, není patrně narušení mezibuněčné fosfolipidové dvojvrstvy důležitým kritickým faktorem.

Měření hydratace, charakteristiky během léčení a hodnocení účinnosti terapeutika

V průběhu léčby PUVA se TEWL stává normální souběžně s normalizací tloušťky kožní řasy. Během léčby dithranolem, který je lokálně dráždivý, zůstává TEWL zvýšený i po normalizaci tloušťky. TEWL je velmi citlivým parametrem pro studium primární dráždivosti. TEWL je vhodnou metodou pro objektivní posuzování a dokumentaci hojení psoriatických ložisek s výhradou, že terapeutikum bude bez dráždivých vlastností.

Léčiva pro terapii lupénky a ekzému jsou často ve formě krémů a mastí, které mohou interferovat s elektrickými parametry. Měření hydratace je obecně užitečná, ale ne nejúspěšnější bioinženýrská metoda pro monitorování hojení během aktivní léčby. Pro dokumentaci konečného zhojení po ukončení aktivní léčby jsou elektrické metody vhodné a jejich potenciál není dostatečně využit ani prozkoumán. Při aplikaci krému na kůži se voda odpaří do 10 minut, ale obsah lipidů se zvýší na 6 i více hodin. Vehikula ovlivní elektrické parametry, které se zlepšují a ovlivní se i deskvamace (průkaz D-Squame[®] tape). TEWL však není přímo ovlivňováno vehikuly, ale může se mírně změnit. Je mýtem, že vehikula, jako jsou masti a vazelína, účinně okludují kůži. Vrstva vazelíny nebo masti nanesená na kůži má okluzivní účinky pouze po dobu 10 až 30 minut. Zkoumány byly účinky močoviny na elektrické parametry a TEWL tvorbu šupin. Obecným nedorozuměním je, že bodání způsobené močovinou s malou molekulou a silným osmotickým vlivem, je totožné s podrážděním kůže a cytotoxickým poškozením.

Souhrnem lze říci, že měření TEWL je užitečné pro sledování hojení psoriázy a ekzému a je nedocenené i opomíjené. Je nezávislé na vehikulu, s výjimkou dráždivých léků. Elektrické měření hydratace povrchu kůže je na druhé straně závislé na vehikulu a je závislé na drsnosti a geometrii povrchu kůže. Nicméně elektrické metody mají dosud neprozkoumaný potenciál pro dokumentaci konečného uzdravení nebo relapsu po ukončení léčby (Serup 1989, 1992, 2004, Agner 1988, 1992).

Hydratace a atopická dermatitis

Kůže mimo vlastní ložiska u atopické dermatitidy je často hrubá, svědivá a xerotická, přičemž suchost se vyskytuje od 48–98 %. U klinicky ekzematózní, u xerotické kůže a i u kůže mimo ložiska výskytu atopické dermatitidy se běžně zjišťuje vyšší úroveň transepidermální ztráty (TEWL). Metoda je vhodným markerem porušení epidermální

bariéry. Míra hydratace SC a schopnost vazby vody je u atopie nižší, i když nejsou literární údaje zcela jednotné. Při studiu ultrastruktury u atopie se zjistila neúplná a zpomalená tvorba lamelárních tělísek ve str. granulosum. Dále se prokázaly snížené hladiny ceramidů a 6mastných kyselin a zvýšené množství fosfolipidů, některých fosfoglyceridů a změny v kys. arachidonové při porovnání s normální kůží. Ceramidy (hlavně ceramid 1) jsou nezbytné pro mezibuněčné lipidové dvojvrstvy, které mají význam pro tvorbu bariéry a vliv na zadržování vody ve SC. Toto se považuje za nejdůležitější etiologický faktor xerózy u atopické dermatitidy (Edwards 2004).

Pro značný rozsah uvádíme v tomto sdělení pouze jen výčet dalších stavů a onemocnění, které se specifickou tematikou hydratace také souvisejí: ostatní typy ekzémů, xerózy a různé typy suché kůže, pruritus, toxické dermatitidy, plenková dermatitis, změny a vývoj kůže u donošených a nedonošených novorozenců. S tím samozřejmě úzce souvisejí možnosti a způsoby ovlivnění hydratace a hodnocení efektu emoliencií a humektantů (Lodén 2004).

Standardizace měření

Při pročítání shora uvedených informací je zjevné, že měření může být snadno negativně ovlivněno nejrůznějšími nežádoucími vlivy. Proto u nejčastějších metod (hydratace, TEWL) byly vypracovány příslušné standardy nebo doporučení Evropské expertní skupiny pro měření kosmetiky (Pinnagoda 1990, Primavera et al. 2004).

Z nejčastějších podmínek měření, které je nutné při měření dodržet, uvádíme:

měření hydratace a TEWL poskytuje spolehlivé výsledky za podmínek, kdy jsou všechny proměnné faktory kontrolovány a standardizované podmínky jsou přísně dodržovány. Pokud je to možné, měla by být měření prováděna v místnosti s řízenou teplotou a relativní vlhkostí. Obvykle se

doporučuje udržovat teplotu mezi 20 °C a 22 °C ± 1 °C a relativní vlhkost nižší než 60 %. V závislosti na účelu pokusu se však podmínky studie mohou lišit. Teplota kůže testovaných osob by měla být měřena na testovaném místě a měřicí sonda by měla být zahřátá na tuto konkrétní teplotu. To lze provést na části povrchu kůže, kde se neprovádí žádné měření. Když je třeba aplikovat testovací produkty nebo je třeba vyvolat poškození kůže, musí být zahrnuty příslušné kontroly, např. odpovídající partie na levém a pravém předloktí. Předpokládá se, že pouze hodnoty ze stejných anatomických míst budou srovnatelné. Měření by mělo být prováděno v místnosti s omezenou

INZERCE

LA ROCHE-POSAY
LABORATOIRE DERMATOLOGIQUE

LIPIKAR ECZEMA
MED

NOVINKA
ZDRAVOTNICKÝ PROSTŘEDEK
PRO FÁZE VZPLANUTÍ EKZÉMU

S obsahem
aktivní složky
[ENDOBIOMA™],
která specificky
cílí na bakterie
odpovědné za rozvoj
zánětu, aniž by
eliminovala bakterie
nezbytné pro zdraví
pokožky.

BEZ OBSAHU
KORTIKOSTEROIDŮ.

LA ROCHE-POSAY
LABORATOIRE DERMATOLOGIQUE
LIPIKAR ECZEMA
MED
CREAM

cirkulaci vzduchu. V případě pochybností, zda dochází k nežádoucím turbulencím vzduchu, lze použít stínící box s otevřeným víkem.

Měření jednoho experimentu by měla být, kdykoli je to možné, dokončena během jedné sezóny. Měření během horkých letních a mrazivých zimních dnů je třeba se vyhnout, samozřejmě s výjimkou případů, kdy si cíl studie vyžaduje tento druh změny podmínek prostředí. Je třeba se také vyhnout přímým a blízkým zdrojům světla. Samotné měřicí sondy se před a během měření nesmíme dotýkat a lze s ní manipulovat jen pomocí elektrického vodiče, povlaku nebo v rukavicích. Měřicí plocha by měla být umístěna ve vodorovné rovině a sonda by měla být přiložena kolmo k této ploše konstantním, ale lehkým tlakem. Měření v rámci jednoho experimentu by měl přednostně provádět stejný operátor. Měření by měla být co nejkratší, aby se zabránilo okluzi. Před každým měřením by měla být zobrazena nulová hodnota. Pokud se před měřením provádí čištění kůže, měl by být prozkoumán jeho vliv. Dlouhodobá nebo opakovaná měření je třeba provádět ve srovnatelných obdobích (např. stejná hodina za den, stejný počet hodin po čištění pokožky atd.).

Dynamické testy hydratace

SC je značně chudé na vodu oproti jiným tkáním, umožňuje integritu organismu a jeho bariérové funkce. Epidermis má asi 30% obsah vody, která je nerovnoměrně rozložena. V povrchových, resp. vnějších vrstvách je to přibližně 15 % a v hlubších asi 40 %. Nízký obsah vody ve SC podporuje jeho hygroskopičnost. Za účelem přesnějšího měření byly navrženy 3 dynamické testy určené ke stanovení stupně zadržování vody:

- a) SDT (Sorpčně-dezorpční test)
- b) MAT (Moisture Accumulation Test – Test akumulace vlhkosti)
- c) POST (Plastic Occlusion Stress Test – Plastický okluzní zátěžový test)

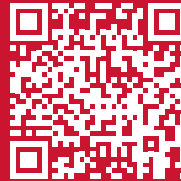
SDT měří hydrataci SC po vnějším kontaktu s vodou (hygroskopičnost) a spontánní ztrátu této hydratace, jestliže se tato voda odstraní. Tento test spočívá v aplikaci vody do SC in vivo a poté ve sledování poklesu obsahu vody ve SC (Primavera 2004). MAT měří zvýšení obsahu vody SC po okluzi pomocí měření impedance. Týká se rychlosti progresu hydratace po umělé okluzi. Kapacitu zadržování vody SC, kterou většinou měříme neinvazivními metodami elektrického typu, popisují pasivní elektrické charakteristiky SC. Ovlivňuje ji škála vnitřních, vnějších a environmentálních faktorů. Bezprostřední vliv má hloubka měření, tloušťka SC, lokalita, lipidová složka a přítomnost patologických stavů. Kapacita zadržování vody ve SC závisí na rozpadu filaggrinu v korneocytech a na množství NMF (tj. na přirozených hydratačních faktorech), přičemž mohou představovat až 10 % hmotnosti korneocytů. Jedná se o aminokyseliny, kyseliny: karboxylovou, pyrrolidonovou, mléčnou, močovinou, glukózu a minerální ionty. Keratinizace má důležitý význam při tvorbě NMF, které vykazují silný osmotický potenciál a přitahují molekuly vody. Vazba vody na NMF je statickým aspektem kožní hydratace. Druhý, dynamický, aspekt souvisí se selektivní permeabilitou SC a s vlastnostmi jeho lipidové bariéry. Od ní se odvíjí propustnost, která je velmi závislá na povaze a laminární organizaci mezibuněčných prostor (Tagami 1982, Elias 1981, Marty 2002, Berardesca 1990).

V mezibuněčných prostorech je ve skutečnosti voda přítomná jako volná nebo slabě vázaná na polární skupiny, např. ceramidy, ev. další lipidy (Yamamura 1989). Tato voda za běžných podmínek při nižší relativní vlhkosti atmosféry je přitahována k povrchu. Transepidermální ztráta vody (TEWL) představuje vlastně vodu, která difundovala přes SC z epidermis a pochází také z fyziologické dehydratace korneocytů. Zmíněná přirozená hydratace SC by se neměla zaměřovat s přidanou endogenní hydratací, která nastane po okluzi povrchu kůže, tj. pasivního jevu, kterého dosahujeme při



FotoFinder ATBM master

Vyšetření znamének pomocí
umělé inteligence



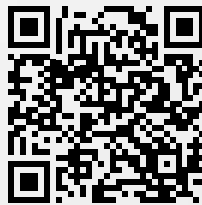
Naskenujte QR kód
a prohlédněte si video!

FotoFinder®

CLARITY II

Budoucnost v epilacích

Alexandrite 755 nm a Nd:Yag laser 1064 nm
Komplexní laser



LUTRONIC
Intelligent Care



ZOPAKOVÁNÍ POJMŮ:

EL. ODPOR A IMPEDANCE (zdánlivý, impedanční odpor) je veličina charakterizující vztah mezi napětím a proudem v lineárních elektrických obvodech.

KAPACITA je schopnost hromadit el. náboj. Jednotky 1F, (um, nF, pF). (1F má kondensátor, který při napětí 1V pojme náboj 1 Coulombu). Kapacita je tím větší, čím je větší plocha desek a menší jejich vzdálenost. Závisí také na vlastnostech dielektrika (vakuum má faktor asi 7, voda z faktor asi 81)

To znamená, že množství vody v kůži je úměrné kapacitě.

KONDUKTIVITA – VODIVOST je převrácená hodnota měrného odporu. V technické praxi se užívá jednotky siemens S.m/mm² (vodivost drátu délky 1 m a průřezu 1 mm²).

Obr. 7

Souhrn fyzikálních přístupů a veličin nejčastěji užívaných k měření hydratace

MAT a POST. V těchto případech se předpokládá, že zablokovaný TEWL vede k vyplnění a dilataci mezibuněčných prostor v celé tloušťce SC a následně ke zpomalení ztráty vody z nehlubších keratinocytů a k pasivní hydrataci s otokem str. compactum i str. disjunctum.

Dynamické hydratační testy jsou užitečné při vyšetřování v dermatologii, jak při studiu fyziologie, tak i při některých patologických stavech. Zejména při šetření SC při iritaci nebo hydrataci jsou SDT a MAT vhodnou volbou. Jde o rychlé testy (MAT 3 min, SDT 2,5 min). Především MAT má nejmenší technické odchylky. POST je spíše doplňkem k MAT, ale umožňuje více odlišit menší stupně změn SC po modifikacích mezibuněčných prostorů nebo buněčných membrán. Nevýhodou testu POST je doba potřebná k provedení testu: dvě měření oddělená 24 hodinami, přičemž poslední sezení trvá 30 minut (Primavera 2004, Berardesca 1990).

Možnosti a způsoby měření hydratace

Správný obsah vlhkosti rohové vrstvy může být velmi různý (hodnoty od 10–60 % obsahu vody). Závisí na vazebné schopnosti str. corneum, zejména podmíněné lipidy. Správně hydratovaná kůže vede k žádoucí, optimální elasticitě a omezuje projev stárnutí, ale souhrnem lze říci, že se na stavu hydratace podílí obrovská škála fyziologických, patologických a zevních vlivů. Chceme-li tento stav popsat, nezbyvá než nalézt objektivní, co nejpřesnější způsob měření.

Měření hydratace kůže in vivo patří k základním neinvazivním postupům. Objektivního vyhodnocení hydratace je možné docílit přímým i nepřímým přístupem k měření pomocí řady fyzikálních přístupů (Opava 1985, Kutinová 1982) (obr. 7), využívajících elektrických i neelektrických metod, které se mění vlivem hydratace kůže (Resl 2002, 2006, Serup 1994).

PŘÍSTUPY K MOŽNÉMU ŘEŠENÍ LZE ROZDĚLIT NA PŘÍMÉ A NEPŘÍMÉ:

a) přímé měření na principu: **kapacity, konduktivity, odporu resp. impedance**

Přístroje:

- **Corneometer** (Courage – Khazaka Electronic Köln) – kapacitní měření
- **DermaLab** (Cortex Technology, Denmark) – impedanční měření
- **Skin Sensor** (tzv. kožní vitalita) – lineární vzrůstající a klesající stejnoseměrné napětí
- **Skicon 200** – měření konduktivity elektrických změn s frekvencí 3,5 MHz
- **ACA-Derm MoistureMeter** (přístroj využívá mikrovln 200–400 MHz)
- **NovaTM Dermal Phase Meter** (Gloucester) – kapacitní měření
- **SCIM** (Surface-Characterizing Impedance Monitor) – impedanční měření

b) nepřímé způsoby měření:

- **měření výdeje vody kůží – TEWL**

(Transepidermal Water Loss). Jde o významné standardní, uznávané měření, které optimálně rozšiřuje naše znalosti o metabolismu vody

- **DermaLab** (Cortex Technology, Denmark)
- **Tewameter TM 210** (Courage – Khazaka Electronic Köln)
- **Evaporimeter Servo Med** (Kinna, Sweden)
Jedná se o jednu z nevhodnějších bioinženýrských metod k doplnění našich znalostí metabolismu vody za fyziologických i patologických situací (Distante 1995, Courage 1994, Khazaka 2004). Podrobně jsme se metodou zabývali v samostatné práci (Resl 2006).

■ sebumetrie

- **Sebumetr 810 PC, 820 PC, MC 1000** (Courage – Khazaka Electronic GmbH, Germany)
- **Sebifix F16** (přídavná funkce SkinVisiometru k měření mazu)

Metoda je podrobněji uvedena v publikaci v Čes-Slov Derm (Resl 2006).

■ měření pH

- **pH meter PH 900, MC 1000** (Courage – Khazaka Electronic GmbH, Germany)

■ měření kožní elasticity (cutometrie)

- **Dermaflex A** (Cortex Technology, Denmark)
- **Cutometer SEM 474** (Courage – Khazaka Electronic GmbH, Germany)
Popsáno v Čes-Slov Derm (Resl et al. 2007).

■ profilometrie (měření nerovností kožního povrchu)

Možnosti přístupu k řešení:

Mechanické profilografie (jehlové, hrotové) – stanovení průřezu profilu světelným paprskem, zpracováním obrazu vržených stínů, využitím interference, holografie, laseru, metod transmise

Fotometrický způsob – měření nerovností visiometrem a profilometrií jsme popsali v článkách v Čes-Slov Derm (Resl et al. 2006 – fotometrie nerovností, profilometrie)

- **vysokofrekvenční ultrazvuk** – bližší popis a využití: Resl (2008)

■ opticko-termální měření distribuce vody ve str. corneum

- pracuje za pomoci termálního radiometru a Erbium: YAG laseru

■ reflexní spektrofotometrie (Resl 2002)

■ měření infračerveného spektra (NIR)

■ magnetická rezonance

■ konfokální mikroskopie

Zmíněné funkce a vlastnosti kůže lze posoudit **přímým** měřením kapacity, impedance (odporu) a vodivosti (konduktivity) a dále **nepřímým** měřením elasticity, TEWL, kolorimetrie, gravimetrie, echografie, nukleární magnetické rezonance, NIR (blízkého infračerveného záření), FTIR (Fourierova infračervená transformační spektrofotometrie), přičemž se jednotlivá měření vzájemně doplňují. V běžné praxi se používá zejména měření kapacity a elektrického odporu a jako doplňku metod: Cutometer® (elasticita), Torquemetr® (zjištění rheolo-

INZERCE

**Mediket
Versi**

Mycí gel pro kůži
s Pyitiriasis versicolor



**Vitella
Versi**

Gel pro kůži
s Pyitiriasis versicolor

Účinné řešení
problémů při
**Pyitiriasis
versicolor**



gických parametrů) a metody D-Squames® (k určení šupinatosti) a profilometrie (vyhodnocení mikrotopografie /3-D/ kůže) (Courage 1994, Lodén 1994, Pellacani 1998, Resl 2002, Stáb 1997).

Nejvhodnější a komerčně také nejsnáze dostupné jsou elektrické metody založené na měření ekvivalentu kapacity (CorneometerCM 820, nebo modifikace, resp. se zabudováním do souprav s více funkcemi např. MC 1000) (obr. 8, 9), vodivosti (přístroj Skicon-100) a impedance (Nova™ Dermal Phase Meter nebo DermaLab – Cortex Technology, Denmark) (Courage 1994, Stáb 1997).

Přímé měření na principu kapacity

Dvě kovové desky oddělené tenkou vrstvou izolátoru (dielektrikum – vzduch, vakuum, sklo, plast, elektrolyt) se označují jako *kondenzátor*, neboť umožňují hromadit elektrický náboj (Wilhelm 1998). Záporný pól má přebytek elektronů, kladný nedostatek. Po zapojení proudí elektrony od záporného pólu ke kladnému, až se vyrovnají. Schopnost vodivých těles hromadit náboj se jmenuje *elektrická kapacita*. Jednotkou je 1 Farad (1F) a jednotky menší (μ F, nF, pF). (Kapacitu 1F má kondenzátor, který při napětí 1V pojme náboj 1 Coulombu). Kapacita je tím větší, čím je větší plocha desek a menší jejich vzdálenost. Závisí ale i na

vlastnostech dielektrika (na relativní permitivitě). Např. kapacita kondenzátoru, je-li dielektrikem vakuum, má relativní permitivitu menší než 1, vodou vzrůstá relativní permitivita na hodnotu 81. To znamená, že množství vody v kůži je úměrné kapacitě.

Na teoretických základech, uvedených v předchozím odstavci, byla vyvinuta měřicí sonda Corneometru /Corneometer (Courage – Khazaka Electronic Köln)/, kdy na keramické destičce 7 x 7 mm jsou paralelně zapojené zlaté proužky umístěné velmi blízko u sebe (viditelné lupou) a zatavené do speciálního skleněného krytu. Proužky mají charakter desek kondenzátoru. Žádný elektrický náboj touto izolací nemůže projít do kůže, tudíž nedochází k žádnému galvanickému spojení. U ideálních kondenzátorů je stejnosměrné pole mezi deskami, ale u skutečných vzniká na okrajích desek zvláštní rozptylové pole, které se zmenšuje úměrně se vzdávající vzdáleností. Corneometr právě využívá tohoto nežádoucího efektu (Wilhelm 1998). Jestliže se sonda s rozptylovým polem dotkne kůže (vody), vzroste její kapacita, což je měřitelné. Zvláštní konstrukce sondy umožňuje standardní přitlak (3,56 N) na kůži a tím i měření do stejné hloubky (Courage 1994, Khazaka 2004, Distant 1995, Stáb 1997). Měřicí proces je aktivován přitisknutím sondy ke kůži, na displeji se ukáže „H“ (hydratace), měření

Obr. 8

Corneometer

CORNEOMETER (COURAGE KHAZACA GERMANY)

Kapacitní způsob měření.

Důležitý je standardní přitlak sondy (zajištěno pérem v sondě).

Reproduktibilní a rychlé měření.



Obr. 9

Přístroj s mnoha bioženyřkými funkcemi (MC 1000)

MULTI SKIN TEST CENTER MC1000



trvá 1 s, za 20 s je každý měřicí čas zprůměrovaný a zkaliťován. Konec měření oznámí akustický signál. Naměřená hodnota se objeví na displeji, příp. přes rozhraní RS 232 se zapíše do počítače.

Podmínky měření

Z teoretického úvodu vyplývá, že je třeba zajistit stabilní vnější vlivy, které mohou měření zkreslovat, nebo se musíme snažit je odstranit. Jsou to zejména vlhkost, teplota vzduchu, místnost bez proudění vzduchu. Je třeba brát v potaz i závislost na věku a pohlaví. Důležité je zajistit stabilní přitlak sondy na kůži celou plochou, měřit mimo ochlupená místa, na stejném místě a musíme také vyloučit vliv statické elektřiny. Při omytí sondy alkoholem je nutné ji osušit jemnou utěrkou, protože zbytky alkoholu a vody mohou ovlivnit měření (Courage 1994, Lodén 1994).

Corneometr se stal pro speciální řešení sondy (CM 825) celosvětově uznávaným přístrojem, který je považován za standard. Vykazuje opakovatelnost výsledků, krátké měřicí časy i ekonomičnost, snadné ovládání, měření je zcela neinvazivní (Courage 1994, Distanté 1995). Měření je vhodné provádět v klimatizovaných místnostech na 21 °C a při 42% vlhkosti vzduchu. Vlastnosti přístroje byly ověřeny in vitro s roztokem NaCl v různých koncentracích i s glycerolem a in vivo při měření na předloktí před a po aplikaci přirozených zvlhčovačů za 14–16 h po poslední aplikaci produktů 7. a 14. den (Wilhelm 1994). Statistická závislost prokázala vztah i k jiným nepřímým metodám jako zjišťování mikrotopografie kůže, měření viskoelasticity (Cutometer SEM 474 Courage – Kazaka, SRN), měření šupinatosti kůže /D-Squame -CuDerm Corporation, Dallas/ (Stäb 1997, Wilhelm 1998).

Při dřívějších výzkumných projektech jsme měli možnost vyzkoušet i pracovat s dalšími přístroji, jejichž vlastnosti i přístupy jsme zvažovali při řešení našeho současného projektu. Pro rozsah je zde podrobně neuvádíme. Jednalo se o přímé měření

na principu vodivosti (konduktivity) a impedance pomocí zařízení Skicon 200, NOVATM Dermal Phase Meter (Gloucaster), ACA-Derm MoistureMeter a SCIM (Surface-Characterizing Impedance Monitor) – impedanční měření (Distanté 1995, Gabard 1994). Za velmi dobrý a dostupný přístroj s mnoha možnostmi považujeme DermaLab (Cortex Technology, Denmark), považovaný rovněž za standardní.

PŘÍSPĚVEK K ROZŠÍŘENÍ MOŽNOSTÍ MĚŘENÍ HYDRATACE, PREKLINICKÉ POKUSY A MOŽNÉ VYUŽITÍ

Materiál a metodika

Souhrn vývoje měření hydratace

V rámci projektu SeniorTex, což byl projekt MPO TRIO, jsme kromě pracovišť v záhlaví úzce spolupracovali ještě s Technickou univerzitou v Liberci a VÚB a.s. v Ústí nad Orlicí. Řešeno bylo mnoho úkolů, přičemž námětem jedné z etap byl *výzkum*

INZERCE

OSVĚDČENÁ ŠPIČKA V DIAGNOSTICE



RUČNÍ
OPTICKÝ
DERMATOSKOP
ILLUCO
IDS-1100C

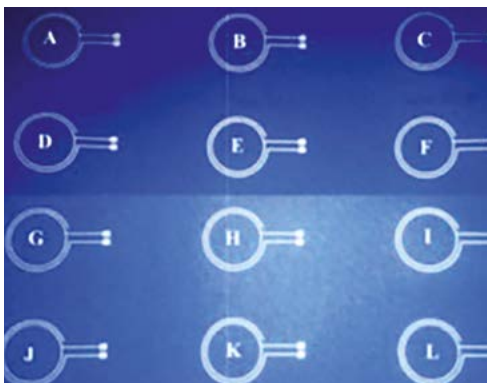
ILLUCO

- Polarizované světlo: dokonalý obraz bez použití gelu
- Dokonalé zaostření, deseti násobné zvětšení
- Vysoké rozlišení a možnost ovládání jasu
- Magnetické ochranné sklo umožňující snadnou dezinfekci
- Možnost připojení na chytrý telefon
- Bohatě příslušenství
- Prodloužená záruka: 7 let

www.shop.medicton.com

VÝHRADNÍ DISTRIBUTOR PRO ČR A SR: Medicton Group s.r.o. | Na Babě 1526/35 | 160 00 Praha 6
obchod@medicton.com | +420 226 224 813

medicton
GROUP



Obr. 10-1

Textilní senzory realizované dispenzengem

a vývoj elektronických mikrosystémů integrovaných ve smart oděvních výrobcích pro zjišťování hydratace kůže. Bylo realizováno monitorování hydratace pokožky změnou parametrů textilního kapacitního senzoru vlivem změny vlhkosti. Vyhodnocování stavu bariéry kůže je možné založit na změně impedance nebo na změně kapacity. Byla realizována technologie integrace vlhkostních senzorů do textilií a vývoj hardwaru a softwaru vyhodnocovací elektroniky. Navržený princip monitorování stavu bariéry kůže je založen na změně parametrů dielektrika kapacitních textilních senzorů vlivem změny vlhkosti. Vyhodnocování stavu bariéry kůže je tak možné založit na změně impedance nebo na změně kapacity senzoru.

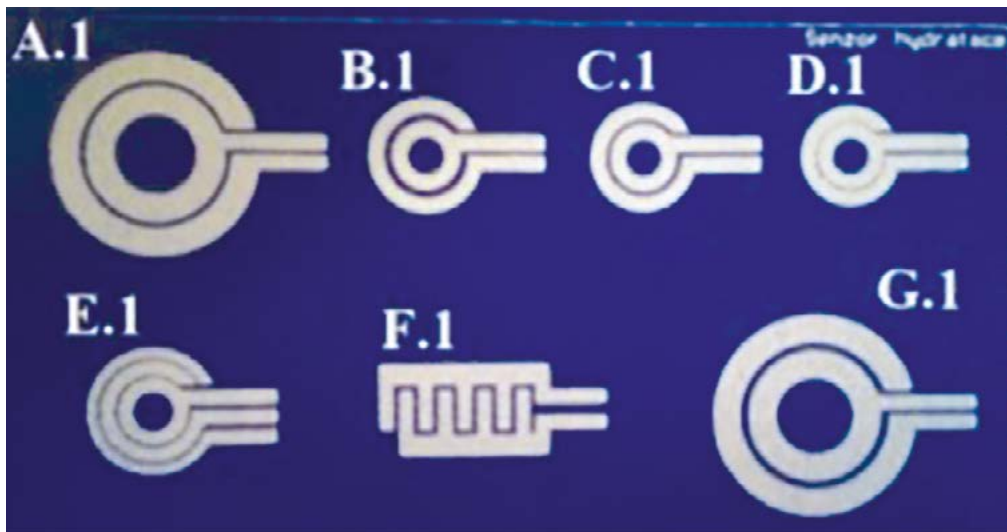
Hydratace pokožky je jedna z položek, resp. ukazatelů, které vypovídají o stavu bariéry kůže. Pracovníci FEL a RICE připravili celou řadu senzorů, které jsou integrovatelné přímo do textilií. Tyto senzory byly in vitro kalibrovány na přístroji z FZS (MP 1000), který je oficiálně uznán pro studium bariéry kůže. Pro testování byl připraven speciální oděvní výrobek s integrovaným elektronickým mikrosystémem pro monitorování jednoho z ukazatelů bariéry kůže. Pro integraci do textilií se uvažuje o provedení: první vrstva speciálních oděvů, např. speciální triko, pyžamo, nebo první vrstva speciální textilní náramek. Jednalo by se o nové řešení pro dlouhodobé sledování hydratace pokožky. Se-stavení je uskutečněno ze senzoru integrovaného v textilním výrobku, elektronického vyhodnocovacího hardwaru a softwaru a komunikačních obvodů s možností záznamu naměřených dat. Vyvinuté sondy je možné dále klinicky testovat, přičemž mohou mít vypovídací hodnotu např. u nemocných s ekzémy (i dalšími chorobami) nebo při posuzování vlivu materiálů, oděvů na kůži.

Činnosti při řešení projektu byly zejména zaměřeny na testování různých typů textilních senzorů za účelem selekce nejvhodnějšího senzoru z hlediska citlivosti, použité metody vyhodnocení, výroby a integrovatelnosti do textilních materiálů. Dále byla ověřována funkčnost celého realizovaného elektronického systému. Na základě dosažených výsledků byl proveden redesign elektronických

Obr. 10-2

Textilní senzory realizované laminací vodivé textilie





Textilní senzory realizované sítotiskem

Obr. 10-3

prvků, kterým došlo ke zmenšení rozměrů celého systému. Dále byly provedeny srovnávací testy a kalibrace mikrosystému, kdy byly naměřené hodnoty porovnávány s hodnotami získanými pomocí komerčně dostupného zařízení (Multi Skin Test Center MC1000).

Realizované a testované textilní senzory

Hlavní a důležitou částí celého systému je textilní sensorový element pracující na změně kapacity vlivem vlhkosti pokožky. Elektronický systém je tedy navržen tak, aby dokázal vyhodnotit i malé změny kapacity řádově v pF.

Stahovatelný návrh s textilním senzorem k upevnění na zápěstí ruky

Obr. 10-4



Textilní sensor pro monitorování stavu bariéry pokožky upevněný na zápěstí ruky

Obr. 10-5





Obr. 10-6

1. generace elektronického vyhodnocovacího systému a senzorový element pro monitorování stavu bariéry kůže



Obr. 10-7

Realizovaný elektronický mikrosystém s připojeným textilním senzorem

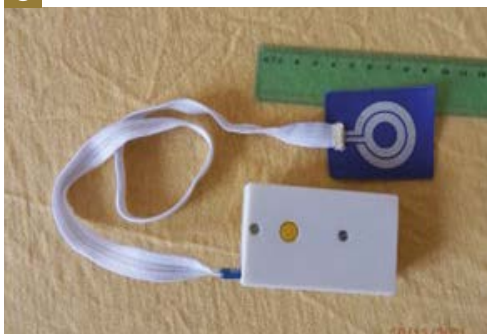
V rámci řešení byly navrženy různé geometrie textilních senzorů a byly použity různé technologie výroby jako je tisk na textilií pomocí dispenzeru, síťotisk nebo laminace vodivých textilií. Jednotlivé senzory se lišily geometrickým tvarem a rozměry.

Ukázky realizovaných senzorů jsou uvedeny na obrázcích 10-1 až 10-3.

U senzorů realizovaných dispenzeringem docházelo při mechanickém namáhání k přerušení vodivých

Obr. 10-8

Realizovaný funkční vzorek
Funkční vzorek cca 1 000–1 500Kč,
sonda cca do 100 Kč



Obr. 10-9

Realizovaný systém pro měření hydratace pokožky využívající textilní senzor a přenos dat do cloudového úložiště s následnou vizualizací naměřených dat



Microdacyn[®] 60

roztok

Vysoce efektivní roztok k ošetření chronických, akutních, infikovaných ran a popálenin.



Microdacyn[®]

hydrogel

Vysoce efektivní hydrogel k ošetření chronických, akutních, infikovaných ran a popálenin.



cest a tedy k nefunkčnosti senzoru. U senzorů realizovaných laminací bylo největším úskalím vyřezat vodivou textilii podle požadovaného tvaru a následně vodivé motivy nalaminovat na nosnou textilii při dodržení geometrických rozměrů, respektive mezery mezi elektrodami. Dále u těchto typů senzorů docházelo u vodivých textilií ke vzniku otřepů a tedy následnému zkratování elektrod. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že nejlepšími výsledky bylo dosaženo u tištěných elektrod na textilním substrátu pomocí sítotisku, kdy byly použity speciální flexibilní vodivé pasty, které jsou odolné vůči mechanickému namáhání. U těchto senzorů nedocházelo k mechanickému poškození a ani k deformaci geometrie senzoru.

Pro upevnění senzoru k lidskému tělu (zápěstí ruky) byl navržen speciální stahovatelný návlek (obr. 10-4, 10-5). K tomuto návleku je textilní senzor přišitý. Použitá tkanina má antibakteriální úpravu. Připevnění se předpokládá v oblasti zápěstí a je realizováno suchými zipy. U senzorů pro monitorování hydratace pokožky je důležitý tlak senzoru. Pro vytvoření tlaku senzoru k pokožce těla je využít opět suchý zip přišitý k pružné stuze. Samotný senzorový element je propojený s vyhodnocovací elektronikou pomocí textilní pružné vodivé stuhy s integrovanými vodivými cestami na bázi hybridních vodivých nití, která je nakontakována pomocí odporového svařování.

Realizovaný elektronický mikrosystém

Způsob měření kapacity, který je v systému aplikován, spočívá v zařazení textilního senzorového elementu do obvodu relaxačního generátoru, kdy změna kapacity přeladuje výslednou frekvenci generátoru, ze které je pak matematicky možné vyjádřit výslednou hodnotu kapacity. Jako měřící a vyhodnocovací obvod byl v 1. generaci vyhodnocovací elektroniky pro ověření funkčnosti celého systému navržen mikropočítač Arduino Uno, ke kterému je připojen alfanumerický displej pro zobrazení naměřených dat (obr. 10-6).



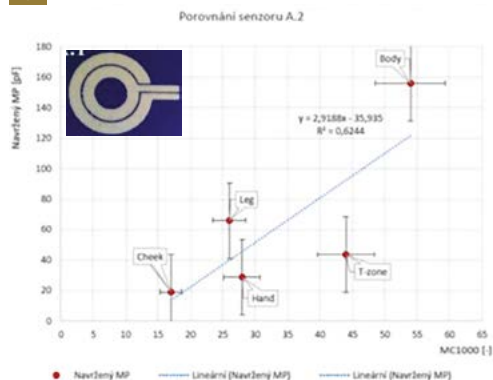
Obr. 10-10

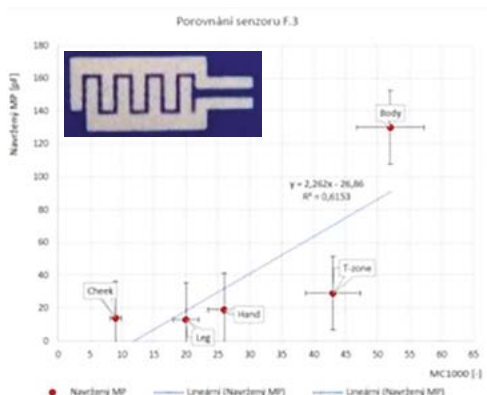
Zařízení Multi Skin Test Center MC1000

Na základě úspěšného testování byl celý elektronický mikrosystém upraven, aby došlo zejména ke zmenšení geometrických rozměrů (obr. 10-7). Mikrosystém byl doplněn jednoduchou indikací měřeného stavu bariéry kůže pomocí stavových LED diod a dále o komunikační jednotku využívající k přenosu získaných dat do nadřazeného systému (cloudu) technologii LoRaWAN. Naměřená data je následně možné přehledně vizualizovat,

Obr. 10-11

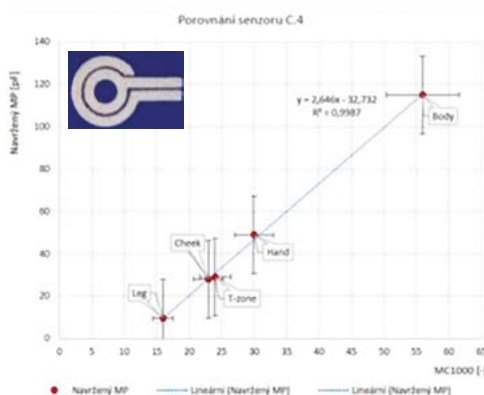
Porovnání naměřených hodnot – tištěný senzor A





Porovnání naměřených hodnot
– tištěný senzor F

Obr. 10-12



Porovnání naměřených hodnot
– tištěný senzor C

Obr. 10-13

např. na PC či mobilním telefonu. K dispozici jsou jak aktuální měřená data, tak historie naměřených dat a je tak možné graficky zobrazit vývoj hydratace pokožky v čase. Rozměry upraveného mikrosystému umožňují jeho vložení např. do textilní kapsy v oblečení nebo připevnění přímo na tělo z důvodu dlouhodobého monitorování (obr. 10-7 až 10-9).

Výsledky testování

Sestrojený mikrosystém pro monitorování stavu bariéry kůže byl úspěšně prakticky ověřen. Testování bylo provedeno na probandech a měření probíhalo na různých částech těla. Aby bylo možné na základě naměřených hodnot kapacit stanovit míru hydratace pokožky, bylo provedeno srovnávací měření zařízením Multi Skin Test Center MC1000.

Souhrn využití přístroje A

Obr. 11

VYUŽITÍ PŘÍSTROJE A

v základním a aplikovaném výzkumu

Studium kožní bariéry
Hydratace
Studium a vliv detergentů
Vliv a účinky léků
(např. atrofie kortikosteroidy)
Retinoidy
Glycerol
Účinky kosmetik

Souhrn využití přístroje B

Obr. 12

VYUŽITÍ PŘÍSTROJE B

Studium nemocí – zejména:
Dermatitis, eczema
Dermatitis atopica
Xerosis, xerodermie
Sklerodermie
Psoriasis
UV záření (photodamage, photoageing)

CÍL NAŠEHO VÝZKUMU

- cenová dostupnost
- sondy levné – až na „jedno použití“
- dostatečná přesnost
- indikace pomocí LED diod
- možnost měření fixací na kůži
- možnost zabudování do textilií (např. hodnocení jejich vlastností)
- doplněna možnost přenosu dat technologií LoRaWAN, resp. IoT (Internet of Things), tj. příspěvek k teledermatologii

Obr. 13

Souhrn cílů výzkumu

NOVÁ SONDA PRO MĚŘENÍ HYDRATACE

Účel

- nahrazení komerční sondy cenově dostupnou alternativou
- implementace do oděvů s možností kontinuálního měření

Výhody

- možnost provádět dlouhodobé měření bez nutnosti vnějšího zásahu (oproti běžným sondám je prodyšné – minimální okluze)
- měřené hodnoty jsou přenášeny sítí IoT → lze vzdáleně odečítat vývoj hodnot

Obr. 14

Souhrn využití, přednosti, možnosti

Měření bylo provedeno na různých částech těla dle doporučení k zařízení MC1000 (obr. 10-10).

Testované oblasti:

- T-zone (čelo)
- Cheek (tvář)
- Hand (ruka)
- Leg (noha)
- Body (tělo)

Na obrázcích 10-11 až 10-13 jsou uvedeny grafy, z nichž jsou patrné naměřené hodnoty kapacity

realizovaného systému a naměřené hodnoty hydratace pokožky přístrojem Multi Skin Test Center MC1000. Tento přístroj měří hodnoty hydratace pokožky na stupnici 0 až 100. Měření probíhalo opakovaně, kdy každý bod na těle byl měřen celkem 5x. Z naměřených hodnot byly stanoveny průměrné hodnoty a směrodatné odchytky. Naměřené hodnoty byly proloženy přímkou a rovnice přímky udává kalibrační rovnici, která je následně uložena v paměti mikrosystému. Z uvedených grafů je zřejmé, že u některých senzorů dochází k většímu rozptylu a korelační koeficient má nižší hodnotu.

Obr. 15

Předpokládané směry dalšího vývoje

NOVÁ SONDA PRO MĚŘENÍ HYDRATACE

ve vývoji ještě:

- validace hodnot pomocí komerční sondy v MC1000
- přesnost a stanovení možností
- identifikace vlivu vnějších podmínek na naměřené hodnoty a specifikace oblasti použití
- forma sondy, připevnění a ovládání pro použití ke specifickým účelům

U některých senzorů se naopak korelační koeficient blíží k 1, tedy nastává korelace mezi naměřenými hodnotami realizovaným systémem a komerčně dostupným přístrojem. Nejlepších výsledků dosáhl senzorový element s označením C4, u něhož byla dosažena korelace na úrovni 99 %. Tento senzor byl pak využitý pro vlastní realizovaný funkční vzorek systému pro dlouhodobé monitorování stavu bariéry kůže.

Souhrn a přehled využití přístrojů k měření hydratace

Shora uvedené metody a přístroje se užívají ve fyziologických i patologických šetřeních, při diagnostice onemocnění a zejména při testování účinnosti kosmetických a dermatologických prostředků. Jsou považovány za srovnatelné standardní postupy měření. Své slovo mohou říci při zavádění mnohých přípravků na trh i v jiných oborech, např. z oblasti mycích a pracích prostředků, fyzikálních vlivů, jež lze jimi testovat. Můžeme sledovat jejich

iritační potenciál. Metodika DermaLab-Skin Sensor® je např. používána při hodnocení vlivu mytí a detergentů na pokožku. Přístroje se dále používají k pozorování vlivu anatomických poměrů a lokality, věku, pohlaví, u kojenců, rasy, hormonálního stavu i genetické predispozice. Lze studovat vliv vehikul, iritační potenciál mastových základů i aktivních topických prostředků. Aparatury byly využity zejména při pozorování terapeutického efektu u ekzémů, atopické dermatitidy, psoriázy, ichthyózy a mohou pomoci v prevenci a sledování průběhu profesionální dermatózy, epikutánních testů a k předpovědi dráždivosti. Dosažení optimální hydratace kůže často léčebně řeší i některá onemocnění (dermatitis toxica, ekzém, atopie, profesionální dermatózy, xeróza, psoriáza) a úzce souvisí i se stavy jako jsou intertrigo, plenková dermatitida, erythrasma, kandidóza či další mykózy (Lodén 1994, 2005, Pellacani 1998, Resl 2002, Tupker 2004, Serup 1997, 2005, Edwards 2006, Sulzberger 1965), Stäb 1997, Sybert 1985, Rogers 1993) (obr. 11–15).

Práce mohla vzniknout jako částečný výstup projektu SeniorTex, podpořeného programem MPO Trio, a na základě vnitřní projektové podpory Fakulty zdravotnických studií Západočeské univerzity v Plzni (FZS ZČU).

ZÁVĚR

Hydratace pokožky je významně ovlivněna obsahem a složením tuků v epidermis, které se tvoří především v keratinocytech. Část tuků se na povrch kůže, kde jsou součástí hydrolipidového filmu, dostává také vlivem produkce mazových žláz. Film na povrchu udržuje kůži vláčnou, pružnou a představuje významnou bariéru proti bakteriím a plísním. Byla vyvinuta řada metod umožňujících měření hydratace pokožky. Jde o studium fyziologických a patologických stavů, sledování léčebných účinků externí kosmetiky, tj. jak ovlivňují stav hydratace pokožky. V článku je uveden výčet přímých metod pracujících na principu měření kapacity, impedance a konduktivity. Nepřímo se lze o stavu hydratace přesvědčit také měřením elasticity, TEWL, kolorimetrií, spektrofotometrií, profilometrií i měřením magnetické rezonance. Nejvíce jsou probrány možnosti a využití nejběžněji dostupných přístrojů Corneometer, Nova Dermal Phase Meter a DermaLab (3 typy sond), které jsou již považovány za standard těchto měření. Je demonstrováno několik příkladů měření. Pomocí uvedených metod chceme v následujících publikacích objektivizovat stav hydratace, zda a jak byl ovlivněn některými navrženými novými léčebnými metodami a postupy.

Voda má důležitý vliv na fyzikální vlastnosti SC a spolehlivá kvantifikace vody v rohové vrstvě a případně její interakce s lokálně aplikovanými prostředky je nezbytná pro pochopení fyziologie kůže a vývoj účinných přípravků i v kosmetice. Elektrické metody nabízejí citlivý přístup k hodnocení vody v SC, i když přesný vztah mezi údaji přístroje a skutečným obsahem vody v SC je složitý a značně proměnlivý, což brání přesné kalibraci a bohužel tak vzniká možnost nesprávné interpretace. Nezbytná je standardizace, včetně okolních podmínek měření.

V posledních letech se objevují stále nové vhodnější metody (ovšem i dražší), které by mohly zlepšit výsledky měření. Přesto v současnosti používané elektrické techniky zůstávají základními a rozšířenými metodami. Budou užitečné, pokud budou správně pochopena jejich omezení. Podmínky experimentu musí být navrženy tak, aby co nejvíce překonaly možné související obtíže, zejména vliv relativní vlhkosti a teploty okolí. Je třeba mít na paměti, že žádný jednotlivý typ přístroje není dostatečný. Vždy by měla být použita řada metod (klinické /vizuální, hmatové/, více přístrojů s různým principem), aby se zabránilo chybám v interpretaci. Na základě i vlastních zkušeností podporujeme porovnání měření s obdobnými typy aparatur, příp. s více druhy přístrojů pracujícími na jiném principu. Naměřené výsledky je třeba řádně statisticky a metodologicky zhodnotit.



Prof. MUDr. Vladimír Resl, CSc.

Fakulta zdravotnických studií ZČU Plzeň
Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň
resl@fzs.zcu.cz

LITERATURA

1. Agner, T., Serup, J., Comparison of two electrical methods for measurement of skin hydration. An experimental study on irritant patch test reactions, *Bioeng. Skin* 4, 263–269, 1988.
2. Agner, T. Noninvasive measuring methods for the investigation of irritant patch test reactions. *Acta Derm. Venereol. (Stockholm)*, Suppl. 173, 1–26, 1992.
3. Algie, J. E. Gamble, R. A. Dielectric properties of wool and horn containing absorbed water. *Rollout Z. Z. Polym.*, 251, 554, 1973.
4. Anderson, R. L., Cassidy, J. M., Hansen, J. R., Yellin, W. Hydration of stratum corneum, *Biopolymers*, 12, 2789, 1973.
5. Blank, I. H., Moloney, J., Emslie, A. G., Simon, I., Apt, C. The diffusion of water across the stratum corneum as a function of its water content. *J. Invest. Dermatol.* 1984, 82, 188–192.
6. Blichmann, C., Serup, J. Hydration studies on scaly hand eczema, *Contact Dermatitis*, 16, 155–159, 1987.
7. Blichmann, C. W., Serup, J., Winther, A. Effects of single application of a moisturizer: evaporation of emulsion water, skin surface temperature, electrical conductance, electrical capacitance, and skin surface (emulsion) lipids. *Acta Derm. Venereol. (Stockholm)*, 69, 327–330, 1989.
8. Blichmann, C. W., Serup, J. The effects of moisturizers determined by measurement of transepidermal water loss, *Ugeskr. Laeg.*, 149, 1389–90, 1987.
9. Berardcsca, E., Maibach, H. I. Monitoring the water-holding capacity in visually non-irritated skin by plastic occlusion stress test (POST), *Clin. Exp. Dermatol.*, 15, 107, 1990.
10. Berardcsca, E., Fideli, D., Borroni, G., Rabbiosi, G., Maibach, H. In vivo hydration and water-retention capacity of stratum corneum in clinically uninvolved skin in atopic and psoriatic patients, *Acta Derm. Venereol. (Stockh.)*, 70, 400, 1990.
11. Campbell, S. D., Kraning, K. K., Schibli, E. G., Momi, S. T. Hydration characteristics and chemical resistivity of stratum corneum using a noninvasive four-point microelectrode method, *Invest. Derma-*

- tol., 69, 290–295, 1977.
12. Clifford, J., Sheard, B. Nuclear magnetic resonance investigation of the state of water in human hair, *Biopolymers*, 4, 1057, 1966.
 13. Courage, W. Hardware and Measuring Principle: Corneometer.: In Elsner P et al.: *Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum*, CRC Press London 1994, 171–175.
 14. DermaLab® users manual. Hadsund: Cortex Technology Rev. Z0900111 UK.doc
 15. Deffond, D., Leveque, J. L., Scot, J. C., Saint-Leger, D. A photoacoustic investigation of the influence of constituents of stratum corneum on ultraviolet absorption, *Photodermatology*, 2, 279, 1985.
 16. Distanto, F., Berardesca, E. Transepidermal Water Loss. Chapter 1 In: Berardesca et al.: *Bioengineering of the Skin: Methods and Instrumentation* New York 1995.
 17. Distanto, F., Berardesca, E. Hydration. Chapter 2 In: Berardesca et al.: *Bioengineering of the Skin: Methods and Instrumentation* New York CRC Press, 1995, s. 5–9.
 18. Elias, P. M. Lipids and the epidermal permeability barrier. *Arch. Dermatol. Res.* 1981, 95, 270–276.
 19. Elias, P. M. Epidermal lipids, barrier function, and desquamation, *J Invest. Dermatol.*, 80 (Suppl.), 44s–49s, 1983.
 20. Edwards, Ch., Marks R. Chapter 26. Hydration and Atopic Dermatitis, In: Kap 28 In Fluhr, J., Elsner, P., Berardesca, E., Maibach, H. *Bioing of the Skin Water and Stratum Coreneum*, 2nd Edition. 2004.
 21. Fallacara, A., Baldini, E., Manfredini, S. Hyaluronic Acid in the Third Millennium. *Polymers. Roč.* 2018, čís. 10, s. 701–737.
 22. Gabard, B., Treffel P. Hardware and Measuring Principle: The NovaTM DPM 9003; In Elsner P et al. *Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum*, CRC Press London 1994, 177–193.
 23. Garson, J. C., Doucel, J., Leveque, J. L., Tsoucaris, G. Oriented structure in human stratum corneum revealed by X-ray diffraction, *J Invest. Dermatol.*, 96, 43, 1991.
 24. Ghadially, R., Halkier-Sorensen, L., Elias, P. M. Effects of petrolatum on stratum corneum structure and functions, *J Am. Acad. Dermatol.*, 26, 387–396, 1992.
 25. Gniadecka, M., Nielsen, O. F., Christensen, D. H., Wulf, H. C. Structure of water, proteins and lipids in intact human skin, hair and nail. *J Invest. Dermatol.*, 110, 393, 1998.
 26. Golden, G. M., Guzek, D. B., Harris, R. R., McKie, J. E., Potts, R. O. Lipid themotropic transitions in human stratum comeum. *J Invest. Dermatol.*, 86, 255, 1986.
 27. van Hal, D. A., Leremiase, E., Junginger, H. E., Bouwstra, J. A. Structure of fully hydrated human stratum corneum: a freeze fracture electron microscopy study. *J Invest. Dermatol.* 106, 89, 1996.
 28. Hansen, J. R., Yellin, W. NMR and infrared spectroscopic studies of stratum comeum hydration, in *Water Structure and the Water-Polymer Interface*, Jellinek, N.J. Ed. Plenum, London. 1972.
 29. Harding, C., Scot, I. Histidine-rich proteins (filaggrins): structural and functional heterogeneity during epidermal differentiation, *Mol. Biol.*, 170, 651, 1983.
 30. Hey, J., Taylor, D. J., and Derbishyre, W. Water sorption by human callus. *Bio-chem. Biophys. Acta*, 540, 518, 1978.
 31. Horii, I., Nakayama, Y., Obata, M., Tagami, H. Stratum corneum hydration and amino acid content in xerotic skin, *Br. J. Dermatol.* 121, 587, 1989.
 32. Imokawa, G., Akasaki, S., Hattori, M., Yoshizuka N.: Selective recovery of deranged water-holding properties by stratum corneum lipids. *J Invest. Dermatol.* 1986, 87, 758–763.
 33. Imokawa, G., Akasaki, S., Minematsu, Y., Kawai M. Importance of intercellular lipids in water retention properties of the stratum corneum: induction and recovery study of surfactant dry skin. *Arch. Derm. Res.* 1989, 45, 281–286.
 34. Imokawa, G., Kuno, H., Kawai, M. Stratum corneum lipids serve as a bound – water modulator. *J Invest. Dermatol.* 1991, 96, 845–851.
 35. Jemec, G. B. E., Serup, J. Scaling, dry skin and gender, *Acta Derm. Venereol.*, 177(Suppl), 26, 1992.
 36. Khazaka, G. Assesment of Stratum Corneum Hydration: Corneometer CM 825. Chapter 20. In Fluhr: *Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum*, Second edition 2004.
 37. Kligman, M. A. Hydration Injury to Human Skin; In: Elsner P et al: *Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum*, CRC Press London 1994, 251–255.
 38. Kutinová, B. et al. *Technický naučný slovník, SNTL, Praha 1982, díl:II. s. 19, s. 380, díl.III., s. 60,172, díl. IV., s. 70.*
 39. Landman, L. Epidermal permeability barrier. Transformation of lamellar granular-disks into cellular sheets by a membrane-fusion process, a freeze fracture study, *J Invest. Dermatol.*, 87, 202, 1986.
 40. Leveque, J. L., Poelman, M. C., de Rigal, J., Kligman, A. M. Are corneocytes elastic? *Dermatologica*, 176, 65, 1988.
 41. Leveque, J. L., Garson, J. C., Boudouris, G. Water in keratin: study of the depolarization thermal cur-

- rent peak. *II. Biopolymers*, 16, 1725, 1977.
42. Leveque, J. L., Garson, J. C., Pissis, P., Boudouris, G. Free water in hair keratin? A depolarization thermal current study. *Biopolymers*, 20, 2469, 1981.
 43. Leveque, J. L. Rassneur, L. Mechanical properties of stratum corneum: influence of water and lipids, in *Physical Nature of the Skin*, Marks, R. M. et al., Eds., MTP Press Limited, Lancaster, 1988.
 44. Leveque, J. L. Chapter 2 Water-Keratin Interactions. In Fluhr J., Elsner, P., Berardesca, E., Maibach, H. *Bioing of the Skin Water and Stratum Corneum*, second Edition 2004.
 45. Linde, Y. W. Dry skin in atopic dermatitis, *Acta Derm. Venereol. (Stockholm)*, Suppl. 177, 9–13, 1992.
 46. Lodén, M. Chapter 24. Hydration and Moisturizers In: Fluhr Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum, second edition 2004.
 47. Lodén, M., Lindberg, M. Product Testing – Testing of Moisturizers; In: Berardesca E. et al.: *Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum*, CRC Press London 1994, 275–289.
 48. Long, C. C. Marks, R. Stratum corneum changes in patients with senile pruritus, *J Am. Acad. Dermatol.*, 27, 560, 1992.
 49. Lynch, L. J., Marsden, K. H. An NMR study of keratin hydration, *Chan. Phys.*, 56, 5681, 1969.
 50. Marty, J. P. NMF and cosmetology of cutaneous hydration, *Ann. Dermatol. Venereol.*, 129, 131, 2002.
 51. Middleton, J. D. The mechanism of water binding in stratum corneum, *Br. J. Dermatol.*, 80, 437, 1968.
 52. Motta, S., Monti, M., Sesana, S., Mellesi, I., Ghidoni, R., Caputo, R. Abnormality of water barrier function in psoriasis. Role of ceramide fraction. *Arch. Dermatol.* 1994, 130, 452–456.
 53. Nečas, J., Bartošikova, L., Brauner, P., et al. Hyaluronic acid (hyaluronan): a review. *Veterinarni Medicina*. 2008, roč. 53, čís. 8, s. 397–411. Dostupné online.
 54. Nickoloff, B. J., Naidu Y. Perturbation of epidermal barrier function correlates with initiation of cytokine cascade in human skin. *J Am. Acad. Dermatol.* 1994, 30, 535–541.
 55. Odland, G. F. Structure of the skin, in *Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology of the Skin*, 2nd ed. Goldsmith, L. A., Ed., Oxford University Press, New York, 1991, 3–62.
 56. Opava, Z. *Elektřina kolem nás*. Albatros Praha 1985, s. 0113–0122.
 57. Pellacani, G., Belletti, B., Seidenari, S. Evaluation of the Short-Term Effects of Skin Care Products: A Comparison between Capacitance Values and Echographic Parameters of Epidermal Hydration. In Elsner, P. et al. *Skin Bioengineering Techniques and Applications in Dermatology and Cosmetology*, *Curr Probl Dermatol. Basel*, Karger, 1998, vol. 26, 177–182.
 58. Pinnagoda, J., Tupker, R. A., Agner, T., Serup, J. Guidelines for transepidermal water loss (TEWL) measurement, *Contact Dermatitis*, 22, 164–178, 1990.
 59. Potts, R. O., Francoeur, M.L. The influence of stratum corneum morphology on water permeability. *J Invest. Dermat.* 1991, 96, 495–501.
 60. Primavera, G., Joachim, W., Fluhr, J.W., Berardesca, E. Chapter 7. Standardization of Measurements and Guidelines, In Fluhr Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum, Second edition 2004.
 61. Primavera, G., Joachim, W. Fluhr, J. W., Berardesca, E. Electrical Assessment of Skin Hydration: Standardization of Measurements and Guidelines Chapter 23. In Fluhr: *Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum*, Second edition 2004.
 62. Primavera, G., Berardesca E. Chapter 19. Dynamic Measurements: The Plastic Occlusion Stress Test, Moisture Accumulation Test, and Sorption-Desorption Test. In Fluhr, J., Elsner, P., Berardesca, E., Maibach, H. *Bioing of the Skin Water and Stratum Corneum*, second Edition, 2004.
 63. Proksch, E., Holleran, W. M., Menon, G. E., Elias, P. M., Feingold, K. R. Barrier function regulates epidermal lipids and DNA synthesis. *Br. J. Dermatol.* 1993, 128, 473–478.
 64. Rawlings, A. V., Scott, I. R., Harding, C. R., Bowser, P. A. Stratum corneum Moisturization at the Molecular Level *J Invest. Dermatol.* 1994, 5, 731–737.
 65. Rawlings, A., Hope, J., Watkins, A., Harding, C. R., Egelrud, T. The biological effect of glycerol. *J Invest. Dermatol.* 1993, 100, 526–531.
 66. Resl, V., Průcha, J., Cetkovská, P., Fikrle, T. Kožní spektrofotometr s kontinuálním spektrem. *Čes.-slov. Derm.*, 2002, 77, 3, 125–130.
 67. Resl, V. Bioinženýrské metody v dermatovenerologii – I. Přístrojové metody ke stanovení různých parametrů kůže. *Čes.-slov. Derm.*, 2002, 77, 3, 133–138.
 68. Resl, V. Bioinženýrské metody ke zjišťování funkčních vlastností. *Kožní bariéry. Referátový výběr z dermatovenerologie*, 2006, 48, 3, 51–59.
 69. Resl, V., Cetkovská, P., Leba, M., Rampf, I. Měření hydratace kůže. *Čes.-slov. Derm* 81, 2006, No. 5, p. 298–304, ISSN 009-0514 (projekt: MPO ČR event.č. FT-TA/007)
 70. Resl, V., Košťálová, D. *Kožní bioinženýrské metody*

- dy u profesionálních dermatóz. Čes.-slov.Derm., 2002, 77, 2, 84–87.
71. Resl, V., Leba, M., Rampl, I. Měření transepidermální ztráty vody /TEWL/ Čes.-slov Derm., 83, 2008, No. 6, s. 319–324, ISSN 0009-0514.
 72. Resl, V., Cetkovská, P., Leba, M., Rampl, I. Měření kožního mazu – sebumetrie Čes.-slov. Derm. 81, 2006, No. 6, p. 342–345, ISSN 009-0514.
 73. Resl, V., Cetkovská, P., Leba, M., Rampl, I. Měření elasticity kůže. Čes.-slov. Derm 82, 2007, No. 4, p. 202–205, ISSN 0009-0514.
 74. Resl, V., Cetkovská, P., Leba, M., Rampl, I., Fotometrické zařizení pro měření nerovností kožního povrchu (Skin Visiometr 600). Čes.-slov. Derm. 2006, 81, 4, 212–216.
 75. Resl, V., Cetkovská, P., Leba, M., Rampl, I. Profi-
lometrie. Čes.-slov. Derm., 2006, 81, 3, 169–173, ISSN 0009-0514.
 76. Resl, V., Leba, M., Rampl, I., Říčař, J. Vyšetřování kůže vysokofrekvenčním ultrazvukem. Prakt. Lék. 88, 2008, č. 1, s. 6–13, ISSN 0032-6739.
 77. Rogers, S. Measurement of plaque thickness and evaporative water loss in psoriasis with PUVA and diethanol treatment, Clin. Exp. Dermatol., 18, 21–24, 1993.
 78. Rohr, M., Schröder, K. Climatic influence on Cosmetic Skin Parameters In: Elsner, P. et al.: Skin Bioengineering Techniques and Applications in Dermatology and Cosmetology, Curr Probl Dermatol. Basel, Karger, 1998, vol. 26, 155–164.
 79. Serup, J., Winther, A., Blichmann, C. A simple method for the study of scale pattern and effects of a moisturizer: qualitative and quantitative evaluation by D-Squame® tape compared with parameters of epidermal hydration, Clin. Exp. Dermatol., 14, 277–282, 1989.
 80. Serup, J., Winther, A., Blichmann, C. W. Effects of repeated application of a moisturizer. Acta Derm. Venereal. (Stockholm). 69, 457–459, 1989.
 81. Serup, J. A double-blind comparison of two creams containing urea as the active ingredient. Assessment of efficacy and side-effects by non-invasive techniques and a clinical scoring scheme. Acta Derm. Venereal. (Stockholm), Suppl. 177, 34–38, 1992.
 82. Serup, J. Urea revisited: including clinical uses and evaluation by bioengineering techniques, Acta Derm. Venereal. Suppl. 177, 1–52, 1992.
 83. Serup, J. Hydration in Psoriasis and Eczema: The Dry Surface-High Evaporative Water Loss Paradox. In: Chapter 28 In Fluhr J., Elsner, P., Berardesca, E., Maibach, H.: Bioing of the Skin Water and Stratum Coreneum, second Edition. 2004.
 84. Solan, J. L., Laden, K. Factors affecting the penetration of light through stratum corneum, Soc. Cosmet. Chan., 28, 125, 1977.
 85. Stáb, F., Sauermann, G., Hoppe, U. Evaluation of Moisturizers. In Bioengineering of the Skin: Wilhelm, K. P. et al.: Surface Imaging and Analysis, CRC Press, 1997, 315–327.
 86. Sybert, V. P., Dale B. A., Holbrook, K. A. Ichthyosis vulgaris: identification of a defect in filaggrin synthesis correlated with an absence of keratohyaline granules. J Invest. Dermatol. 1985, 84, 191–196.
 87. Sulzberger, M. The effect of heat and humidity on the human skin. Arch Environ. Health, 1965, 11, p. 400–406.
 88. Tagami, H. Impedance measurement for evaluation of the hydration state of the skin surface, in Cutaneous Investigation in Health and Disease, Leveque, J.-L., Ed., Marcel Dekker, New York, 79–111.
 89. Tagami, H., Kanamaru, Y., Inoue, K., Suehisa, S., Inoue, F., Iwatsuki, K., Yoshikuni, K., Yamada, M. Water sorption-desorption test of the skin in vivo for functional assessment of the stratum corneum, J Invest. Dermatol., 78, 425, 1982.
 90. Takenouchi, M., Suzuki, H., Tagami, H. Hydration characteristics of pathologic stratum corneum-evaluation of bound water, Invest. Dermatol., 87, 574, 1986.
 91. Tupker, R. A. Prediction of Irritancy. Chapter 10. In Fluhr: Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum, Second edition 2004.
 92. Warner, R. R., Boissy, Y. I., Spears, M. J. Water disrupts stratum corneum lipid lamellae, damage is similar to surfactants. Invest. Dermatol. 113, 960. 1999.
 93. Watt, I. C., Leeder, J. D. Role of carboxyl group in water absorption by keratin, Appl. Chem., 18, 1, 1968.
 94. Wellner, K., Wohlrab, W. Quantitative evaluation of urea in stratum corneum of human skin. Arch. Dermatol. Res. 1992, 285, 239–243.
 95. Wilhelm, K. P., Wolff, H.H., Maibach, H. I. Effects of Surfactans on Skin Hydration. In Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum, CRC Press London 1994, 257–274.
 96. Wilhelm, K. P. Possible Pitfalls in Hydration Measurements; In: Elsner P. et al.: Skin Bioengineering Techniques and Applications in Dermatology and Cosmetology, Curr Probl Dermatol. Basel, Karger, 1998, vol. 26, 223–234.
 97. Yamamura, T., Tezuka, T. The water holding capacity of the stratum corneum measured by H-NMR, Invest. Dermatol, 93, 160, 1989.
 98. Záhajský, J.: Zevní dermatologická terapie a kosmetika, Grada, Avicenum, 2006.