



Budoucnost kontaktních čoček:

hodnota Dk je skutečně důležitá

CIBA VISION®

A Novartis Company

Při vědeckých diskuzích o důležitosti propustnosti pro kyslík u materiálů na výrobu kontaktních čoček stále převládá klinická snaha o maximalizaci přísunu kyslíku pro všechny nositele kontaktních čoček.

V nedávných vědeckých studiích bylo naznačeno, že propustnost pro kyslík (hodnota Dk) u jakéhokoliv typu silikon-hydrogelových kontaktních čoček je dostatečně vysoká a že poskytnout rohovce a oku co možná nejvyšší možnou hladinu kyslíku nehraje od určitých hodnot žádnou podstatnou roli.^{1,2} V těchto studiích se tvrdí, že silikon-hydrogelové čočky i s tou nejnižší kyslíkovou propustností (Dk/t) jsou pro zdraví rohovky dost dobré a že úplné odstranění rizika hypoxie má pro zdraví oka pouze malou výhodu.

Hodnota Dk (kyslíková propustnost neboli permeabilita) a hodnota Dk/t (kyslíková propustnost neboli permeabilita v závislosti na designu) je však stále důležitá. Pokud se oku dostává nejvyšší možná hladina kyslíku, je předpoklad, že bude v dobrém zdravotním stavu. Dostupnost kyslíku samozřejmě není jedinou podmínkou pro úspěšné a bezpečné nošení kontaktních čoček. Dostatečná pohyblivost, odolnost vůči depozitům, optický a tvarový design, povrchová smáčivost a to, jak dobře oko čočku snáší, je u kontaktních čoček také nezbytně důležité. Podstatné je, aby kontaktní čočky s vysokou propustností pro kyslík byly i v těchto výše popsaných vlastnostech stejné nebo i lepší než běžné hydrogelové čočky s nízkou hodnotou Dk.

Nositelé kontaktních čoček potřebují nejvyšší možnou hodnotu Dk z jednoho prostého

důvodu: rohovka je uzpůsobena tomu, aby jí stačily normální hladiny kyslíku během dne i nižší hladiny kyslíku, které se k ní dostávají během noci přes oční víčka. Jakékoli snížení propustnosti pro kyslík vyžaduje od rohovky jisté metabolické úpravy, avšak dlouhodobý kompromis bude zřejmě zdraví škodlivý. Proč však uzavírat kompromisy s rohovkou, když to není nutné?

Jak uvádějí autoři Efron a Brennan³, skutečně kritickou hladinu kyslíku u nositelů kontaktních čoček představuje koncentrace 20,9% kyslíku v atmosféře. Jakékoli kontaktní čočky, které rohovce poskytují méně kyslíku, než je uvedená hodnota, ovlivní v konečném důsledku její fyziologii.

Některé silikon-hydrogelové kontaktní čočky mají lokální propustnost pro kyslík nižší než 25 až 30 jednotek hodnoty Dk (jednotka se měří jako násobek 10^{-9} [cm/sec] / [mLO₂/mL x mm Hg]), zatímco jiné přesahují 100 jednotek hodnoty Dk po celé ploše čočky. Téměř všichni nositelé kontaktních čoček si s nimi během dne na chvíli zdřímnou a výrazný počet s nimi i spí, ať již příležitostně, nebo pravidelně.⁴ Poskytnout proto rohovce méně kyslíku je odvážné i pro průměrného denního nositele kontaktních čoček. Proč se vystavovat riziku poškození oka v důsledku nedostatku kyslíku, když se tomu dá předejít?

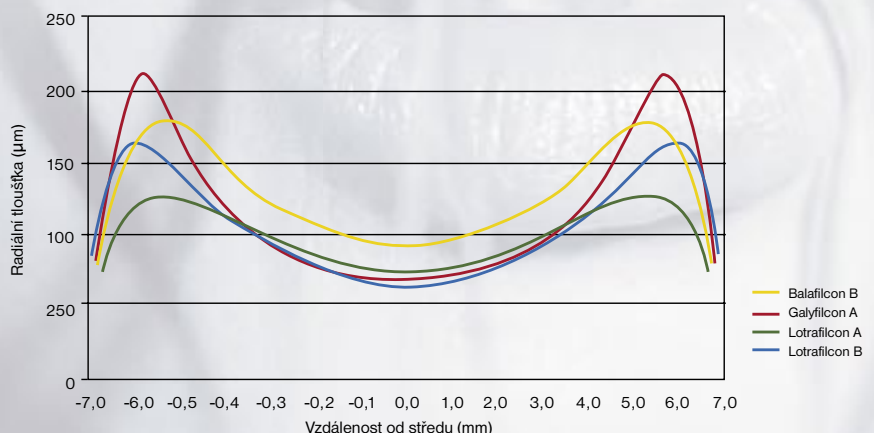
Důsledky hypoxie způsobené kontaktními čočkami

Každá kontaktní čočka (s výjimkou čistých silikon-elastomerových čoček) pod uzavřenými očními víčky brání propustnosti pro kyslík na přední plochu rohovky a to vyvolává hypoxii způsobenou čočkami. Chronická hypoxie je od prvopočátku nošení kontaktních čoček⁶ považována za hlavní zdravotní komplikaci, protože způsobuje:

- otok rohovky, tzv. Sattlerův závoj (u tvrdé sklerální čočky),⁶
- zákal rohovkového centra (u tvrdé korneální čočky),⁷
- strije, vakuoly a mikrocysty (u měkké čočky).⁸

Dlouhodobě má hypoxie za následek syndrom vyčerpání rohovky, vedoucí až k nutnosti přerušit nošení kontaktních čoček.⁹

V posledních desetiletích přišli vědci na to, že kontaktní čočky, které nesplňují požadavky na propustnost pro kyslík, mohou způsobit poškození rohovkového metabolismu a integrity, snížit epitelální tloušťku, zeslabit stromu, zvýšit endotelální polymegatizmus a limbální injekci a v neposlední řadě způsobit rohovkovou vaskularizaci.^{10, 11} Navíc laboratorní a klinické studie ukazují, že hypoxie způsobuje větší adhezi bakterií na epitelální



obr. 1 Profil tloušťky kontaktní čočky u různých silikon-hydrogelových čoček s hodnotou -3,00 D

buňky¹²⁻¹⁵ a noční hypoxie rohovky zvyšuje riziko infekce.¹⁶

Přesto nás naše zkušenost se silikon-elastomernými kontaktními čočkami¹⁷ a v nedávné době i se silikon-hydrogelovými kontaktními čočkami¹⁸ učí, že pouhá eliminace hypoxie není pro prevenci infekcí dostatečná. I když je hypoxie rizikovým faktorem mikrobiální keratitidy, nošení kontaktních čoček v noci (kdy máme zavřené oči) a bakteriální kontaminace mohou být rozhodujícími faktory.¹⁹⁻²³

Měření hladiny kyslíku

Vědci poprvé odhalili důležitost propustnosti pro kyslík u kontaktních čoček před více než 60 lety.⁶ Diskuze ohledně hodnot propustnosti pro kyslík pokračují až do dneška, částečně kvůli tomu, že nelze měřit přísun kyslíku v normálních klinických situacích a částečně kvůli tomu, jak široké je spektrum fyziologických a klinických ukazatelů používaných v různých studiích, které navíc pracují s různými mezními hodnotami.

Odchyly ve způsobu měření a výpočtu toku kyslíku a nejednotné používání terminologie způsobily zmatek nejen mezi kontaktology, ale prostřednictvím inzerátů i mezi nositeli kontaktních čoček. Kontaktologové potřebují spolehlivé a praktické hodnoty naměřené u propustnosti pro kyslík. Navíc potřebují vědět, jak kontaktní čočky, které mají rozdílnou hodnotu Dk, poskytují rohovce kyslík v závislosti na dioptrických hodnotách a designu kontaktních čoček. Nestačí spoléhat se na nepodložená a nepřesná prohlášení typu „všechny silikon-hydrogelové kontaktní čočky v zásadě poskytují rohovce stejné vysoké hladiny kyslíku“.

Kontaktologové se spoléhají na dva způsoby výpočtu propustnosti pro kyslík:

1. „In-vitro“ – tj. laboratorní měření propustnosti materiálu kontaktních čoček (Dk). Výpočty a modely spojené s měřením „in vitro“ pak slouží k odvození klinicky smysluplných čísel.
2. „In-vivo“ – tedy klinické studie, které používají pro měření propustnosti pro kyslík a k odvození vlivu této propustnosti kontaktních čoček takové techniky, jako je např. pachymetrie rohovky.

Výhodou měření hodnot Dk in-vitro, kde D je rozpustnost (difuzita) a k je koeficient rozpustnosti kyslíku, je relativně jednoduchá standardizace měřících technik a získávání reprodukovatelných dat. Dk je materiálová hodnota; Dk/t (kde t je hodnota tloušťky čočky buď v centru, nebo zprůměrovaná na celý profil čočky) je centrální nebo průměrný

odhad toku kyslíku přes kontaktní čočku (opak rezistence).

Materiálová hodnota Dk se vypočítává z laboratorních měření Dk/t (rezistence vůči toku kyslíku) a popisuje propustnost neboli permeabilitu materiálu kontaktních čoček, bez ohledu na tloušťku materiálu (zohledňuje však vliv okraje čoček). Když známe u materiálu kontaktních čoček hodnotu Dk, potom můžeme vypočítat hodnoty Dk/t u každé kontaktní čočky zhotovené ze stejného materiálu. Hodnota Dk tedy umožňuje kontaktologům vypočítávat a odhadovat propustnost pro kyslík u čoček různé tloušťky, různých dioptrických hodnot a designu.

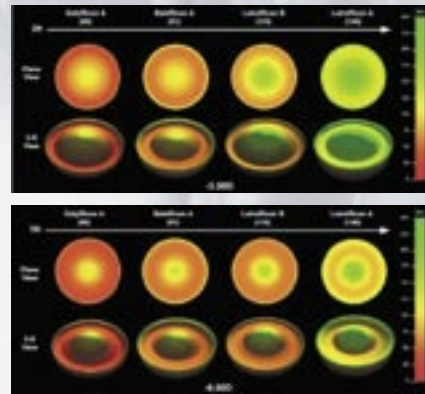
Jak správně porozumět hodnotě Dk/t

Abychom porozuměli části známé teorie „Dk/t – oxygen flux (tok kyslíku)“, je důležité vědět, že hodnota Dk/t se získává měřením čočky umístěné mezi komorou obohacenou kyslíkem a komorou s kyslíkovým deficitem. Takto získaná hodnota Dk/t znamená maximální potenciál propustnosti pro kyslík u kontaktní čočky přes prostor, kde je přední povrch kontaktní čočky v kontaktu se vzduchem a zadní strana je bez kyslíku. Podobná situace nastane v životě například tehdy, když nositel tlustých kontaktních čoček s nízkou hodnotou Dk/t právě otevře oko.

Hodnoty Dk a Dk/t umožňují kontaktologům odhadnout kyslíkovou propustnost kontaktní čočky u širokého spektra tvarů, tloušťky, dioptrických hodnot a při různých klimatických a životních podmínkách (afakické čočky a čočky se silnými okraji ve vysokých nadmořských výškách, letadlech, nošení čoček během spánku atd.).

Poněkud zavádějící je pro kontaktology to, že hodnota Dk/t je často uváděna pro všechny typy čoček z daného materiálu, i když je tato hodnota platná pouze pro čočku se středovou tloušťkou o dioptrické hodnotě -3,00 D. Hodnoty Dk/t (na nejtenčím bodě těchto čoček s hodnotou -3,00 D) se také používá k výpočtu průtoku kyslíku (oxygen flux). Taková měření příliš zjednodušují celou problematiku a jsou zavádějící, protože ignorují jak rozdíly ve středové tloušťce kontaktních čoček a rozdílné dioptrie, tak rozdíly mezi kontaktními čočkami o rozdílných profilech (např. cylindrické čočky). Tyto rozdíly mají významný vliv na propustnost pro kyslík do rohovky a rohovkového limbu. Lidé přece nenosí středy kontaktních čoček – nosí celé kontaktní čočky, které ovlivňují celou rohovku včetně periferie rohovky a spojivky. Porovnávání tloušťky profilů některých silikon-hydrogelových kontaktních čoček (obr. 1), dostupných v současné době, jasně ukazuje na značné rozdíly.

Když přepočteme tyto profily na Dk/t, potvrdí se nám to, co jsme očekávali. Dk/t kontaktních čoček s minusovými dioptriemi je větší ve středu než na okraji (obr. 2), přesně naopak je tomu u kontaktních čoček s plusovými dioptriemi (obr. 3). Kontaktní čočky vyrobené ze stejného materiálu poskytují oku a rohovce rozdílné množství kyslíku v závislosti na tloušťce materiálu.



obr. 2 Barevně odlišená kyslíková propustnost (Dk/t) u silikon-hydrogelových čoček pro -3,00 D (nahore) a pro -6,00 D (dole). Prostý pohled ukazuje hodnoty Dk/t napříč plochou každé čočky. Zvýšené oblasti v pohledu 3D ukazují nejvyšší hodnotu Dk/t u každé čočky.

Proudění kyslíku (oxygen flux)

Ve snaze odhadnout kvantitativně množství kyslíku, které se skutečně k rohovce dostane určitou plochou a za určitý čas (oxygen flux), a vyhodnotit vliv kyslíku spotřebovaného rohovkou na proudění kyslíku během nošení kontaktních čoček vymodelovali Hill a Fatt²⁷ (s pomocí Fickova zákona difuze, viz obr. 4) rozdělení kyslíku napříč rohovkou. Fickův zákon se používá k odhadu stálého stavu kyslíkového proudění a stanovuje, že kyslíková propustnost je závislá na rozdílu kyslíkového tlaku mezi přední a zadní plochou např. kontaktní čočky a kyslíkové propustnosti této kontaktní čočky.

Měření tlaku kyslíku (P_o) za kontaktní čočkou je obtížné. Hamano²⁴ jej dosáhl pomocí tenké drátové kyslíkové sondy. Bonanno²⁵ použil fosforeskující barvivo citlivé na kyslík a Hill^{26, 27} měřil P_o nepřímo pomocí evokovaného kyslíkového procenta (EOP). EOP získáme sejmutím kontaktní čočky z oka, okamžitým změřením hodnoty kyslíku, který rohovka spotřebovala, a poté získanou hodnotu dáme do souvislosti s citlivostí rohovky na známé plyny.

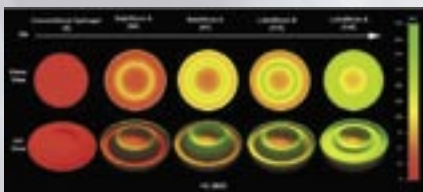
Brennan¹ navrhol, aby se hodnota Dk/t nahradila celkovou hodnotou kyslíku, který rohovka spotřebovala, a přísun kyslíku (oxygen flux) se stal pro kontaktology hlavním měřítkem porovnání propustnosti různých materiálů kontaktních čoček, protože lépe odráží rohovkový metabolismus během nošení kontaktních čoček. Přesto však vystávají obtíže vzhledem k teoretické povaze výpočtů a také proto, že

se spoléháme na jejich rozličné předpoklady a počítáme s neměřitelnými variantami podmínek prostředí během denního cyklu nositele kontaktních čoček a s jejich různými typy.

Brennanův první model přísunu kyslíku (oxygen flux) odhadoval, že propustnost pro kyslík v hodnotě 15 jednotek pro nošení v průběhu dne a 50 jednotek pro prodloužené nošení by měla být dostatečná a měla by stačit na pokrytí jeho běžné spotřeby. Z měření denního a nočního otoku rohovky²⁸ ale vyplývá, že tyto hodnoty nezabrání ani takovým jasným znakům hypoxie rohovky, jako je např. výskyt viditelného otoku.

Hlavním problémem je to, že tok kyslíku (oxygen flux) se vypočítává jako entita na základě jistého souboru předpokladů, které původní Brennanův model¹ zahrnul do předpokladů spojených s tím, kolik rohovka spotřebuje kyslíku. Tato spotřeba se však liší v závislosti na okolních kyslíkových podmínkách, rohovkovém pH, teplotě, fyzikálním tlaku, vrstvení buněk, počtu buněk a jejich zdraví.

Brennan zdůrazňuje, že jeho model je pouze teoretickým cvičením. Nezahrnuje dynamický charakter rohovkového metabolismu ani vliv odlišností prostředí, jako je např. kyselost, jak je tomu u modelu Radkeho a Chhabra.²⁹ Jejich práce potvrdila, že 125 jednotek by mělo být minimem k tomu, aby se zabránilo závažným syndromům spojeným s nedostatkem kyslíku v době, kdy máme zavřené oči. Tyto problémy by nás však neměly odstrašit od rozvoje modelů, které jsou užitečné pro teoretické analýzy. Protože se však spoléhají na pevný soubor podmínek, měly by mít omezené použití v klinických situacích.



obr. 3 Barevně odlišená kyslíková propustnost (Dk/t) u silikon-hydrogelových čoček pro +6,00 D. Prostý pohled ukazuje Dk/t napříč plochou každé čočky. Zvýšené oblasti v pohledu 3D ukazují nejvyšší hodnotu Dk/t u každé čočky.

Problémy, které vznikají tím, že používáme model přísunu kyslíku, abychom odhadli celkový stav rohovky, jsou v podstatě následující:

- 1) náchylnost předpokládat modelové podmínky,
- 2) předpoklad, že shodné (vypočítané) proudění kyslíku (oxygen flux) znamená stejné důsledky pro dobrý stav rohovky.

Druhý problém – předpoklad, že všechen proudění jsou si rovna – lze pochopit,

když si představíme dvě rozdílné situace se zdánlivě stejným prouděním. Proudění kyslíku (oxygen flux) je matematická výslednice Dk/t vynásobená rozdíly v částečném tlaku napříč čočkou (obr. 4). Následně proto bude vypočteno stejné proudění přes čočku s Dk/t o 100 jednotkách a hnací síle, tedy $P_1 - P_0$, o 10 mm Hg (např. 155 mm Hg k 145 mm Hg), a to stejným způsobem, jakým bude získáno u čočky s Dk/t o 10 jednotkách a hnací síle 100 mm Hg (např. 155 mm Hg k 55 mm Hg). Protože vypočtená proudění jsou stejná, tyto dvě rozdílné podmínky pokusu – čočka s vysokým Dk/t a nízkou hnací silou (kvůli vysokému tlaku kyslíku za čočkou) a čočka s nízkým Dk/t a vysokou hnací silou (kvůli slabému tlaku kyslíku za čočkou) – se zdají být stejné. Situace je matoucí, protože se vychází z velmi rozdílných fyziologických podmínek. Jedna rohovka bude vystavena částečnému tlaku kyslíku o velikosti 55 mm Hg (7% kyslíku) a druhá tlaku kyslíku o velikosti 145 mm Hg (19% kyslíku).

Vzájemný vztah Dk/t a fyziologických účinků na rohovku

Nedávný důkaz vycházející z prací Rena a Wilsona³⁰ a Cavanagheho³¹ ohledně korneální homeostáze odhalil některé důvody, proč má hypoxie způsobená kontaktními čočkami tak výrazný a dlouhodobý vliv na oční fyziologii.^{14, 32-36} Jejich práce ukazuje, že všechny typy a druhy kontaktních čoček ovlivňují do jisté míry dělení a obnovu rohovkového epitelu. Vliv silikon-hydrogelových kontaktních čoček s vysokým Dk na obnovu epitelu je méně výrazný než u jiných druhů kontaktních čoček. Nositelé silikon-hydrogelových čoček vykazují více znaků adaptace epitelu rohovky během dlouhodobého nošení.

Vypadá to, že důvodem prohlubujícího se zeslabování epitelu u kontaktních čoček s nižším Dk oproti kontaktním čočkám s vyšším Dk je to, že nedostatek kyslíku vytváří nerovnováhu mezi tvorbou nových buněk bazálního epitelu a ztrátou starých buněk z povrchu rohovky. Pomalejší odlupování buněk epitelu znamená menší potřebu nových buněk z periferních částí rohovky. Tato snížená potřeba vede jednoznačně k tomu, že k povrchu se přesouvá méně buněk a středový epitel tak nakonec slábne. Studie z Göteborgu¹⁰ ukázala, že prodloužené nošení kontaktních čoček s nízkým Dk/t narušilo metabolismus epitelu, příjem kyslíku do oka se snížil, došlo k zeslabení epitelu. Jalbert a jeho spolupracovníci³⁷ nedávno prokázali, že tento jev je minimalizován u silikon-hydrogelu. U silikon-

-hydrogelu s vysokým Dk zjistili pouze 7% ztenčení epitelu v porovnání s 23% ztenčením u hydrogelových čoček s nízkým Dk .

Důsledek nedostatku kyslíku v periférii rohovky může vést ke kritické situaci, zvláště když bereme v úvahu, že periférie rohovky pomáhá oku zachovávat celkovou kondici a zdraví. Periférie rohovky je jediným zdrojem epitelálních kmenových buněk. Poskytuje neomezené množství těchto nových epitelálních buněk a zajišťuje rychlé zotavení povrchových erozí rohovky. Jakákoliv ztráta nebo porušení **dělení kmenových buněk může mít vážné ná-**

$$j = Dk/t \times (P_1 - P_0)$$

j ... přísun kyslíku
 P_1 ... tlak kyslíku v atmosféře
 P_0 ... tlak kyslíku za kontaktní čočkou

obr. 4 Fickův zákon difuze aplikovaný na kontaktní čočky

sledky včetně opakovaných erozí, chronické keratitidy a vaskularizace.³⁸

Kolik Dk/t je potřeba?

Pravdivý test hodnoty Dk/t bude takový test, který porovná tuto hodnotu se skutečnými klinickými nálezy. Pokud všechny silikon-hydrogelové kontaktní čočky budou rohovku zásobovat v podstatě stejným množstvím kyslíku, pak nebude rozdíl mezi tím, jak se tyto kontaktní čočky chovají, když jsou jejich vlastnosti porovnávány s klinickými nálezy hypoxie. Brennanův model³⁹ předpokládá, že kontaktní čočky s propustností pro kyslík vyšší než 15 a 50 jednotek neposkytují během denního nebo dlouhodobého nošení žádné další výhody. Rozdíl v klinických pozorováních však tuto teorii nepodporuje (např. limbální injekce a otok rohovky).

Papas definoval jasný vztah mezi limbální injekcí a nedostatkem kyslíku pod okrajem kontaktní čočky a stanovil, že na to, aby se zabránilo limbální injekci při denním nošení,⁴⁰ je nutná minimální hodnota Dk/t o 125 jednotkách. Pokud by neexistovala žádná výhoda při nošení kontaktních čoček, které mají propustnost pro kyslík vyšší než 15 jednotek při denním nošení, potom by se dalo předpokládat, že neexistuje žádný rozdíl v hladinách limbální injekce, které pozorujeme při denním nošení u téměř všech běžných hydrogelových kontaktních čoček a silikon-hydrogelových kontaktních čoček. To však není tento případ. Porovnání limbálních injekcí při denním nošení měkkých

kontaktních čoček, které provedla doktorka Maldonado-Codina⁴¹, poodhalilo výrazné odlišnosti mezi kontaktními čočkami s hodnotami 26 a 86 jednotek Dk/t.

Otok rohovky je jedním z nejnázve odhalitelných příznaků nedostatku kyslíku v rohovce, který kontaktologové a vědci používají při vyhodnocování kvality kontaktních čoček. U 4%–6% otoku se objeví jemné strukturální změny ve formě strií v zadním stromatu. U 8% otoku je možné pozorovat změny na endotelu. Otok stromatu navíc není stejný ve všech částech rohovky, ale odráží odlišný objem kyslíku v slzném filmu pod kontaktní čočkou. Nosí-li pacienti hydrogelové čočky s velkým středovým otvorem, vzniká edém rohovky v té části, která je kryta kontaktní čočkou, a ne ve středové oblasti⁴² (obr. 5). Otok rohovky souvisí s hodnotou Dk/t u otevřených a zavřených očí.

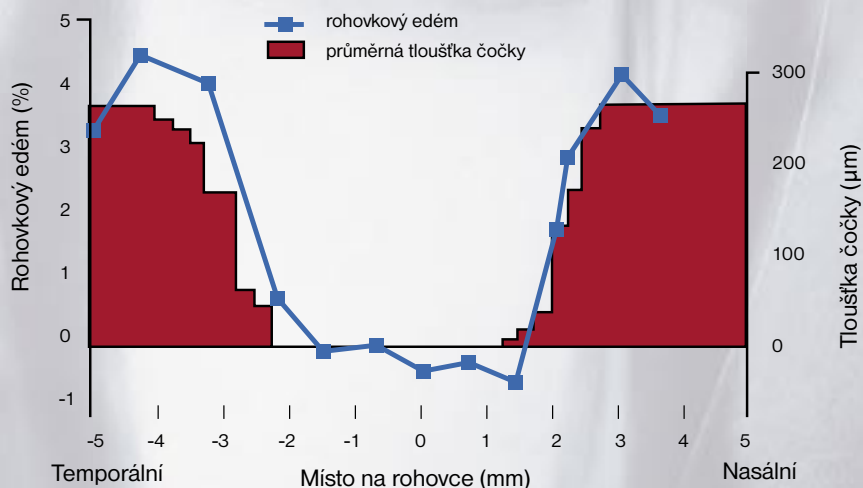
Rozdíly v hodnotách Dk/t mezi silikon-hydrogelovými kontaktními čočkami jsou zaneseny ve studii, kterou provedl Mueller a jeho spolupracovníci,⁴³ a jež porovnávala noční otok u silikon-hydrogelových kontaktních čoček s hodnotami Dk 140 a Dk 99 jednotek. Při použití silikon-hydrogelových kontaktních čoček s hodnotou Dk 140 jednotek vědci zjistili, že u čoček s hodnotou -1,00 D a -6,00 D neexistuje výrazný rozdíl u nočního otoku ve středu nebo na okraji oka. Také neexistuje žádný rozdíl u nočního otoku u pacientů, kteří tyto čočky používají, ale nemají je na očích. Pacienti, kteří měli silikon-hydrogelové čočky s hodnotou Dk 99 jednotek, však v porovnání s pacienty bez kontaktních čoček vykazovali výrazně vyšší otok rohovky ve středu a na okraji. Navíc v jiných studiích s čočkami o hodnotě Dk 99 jednotek prodělalo 11 % ze 30 adaptovaných nositelů měkkých kontaktních čoček více než 7,7 % otoků při nočním nošení.⁴⁴

U čočky existují dvě praktická měřítka, která umožňují kontaktologům vyhodnotit přístup kyslíku – je to průměr hodnoty Dk/t napříč optickou zónou a periferní hodnota Dk/t. První z uvedených hodnot je základem Holden-Mertzových kritérií,²⁸ která stanovují, jak zabránit hypoxii během nošení kontaktních čoček jak v době, kdy máme oči otevřené, tak v době, kdy je máme zavřené. Druhá z uvedených hodnot je Papasovým kritériem, které stanovuje, jak zabránit vlivu hypoxie na periférii rohovky (a možnému vlivu hypoxie na kmenové buňky).⁴⁰

Holden-Mertzova kritéria, která stanovují 24, 35 a 87 jednotek pro to, aby se zabránilo otoku na konci prvního dne nošení, sedmého dne nošení a 4% nočnímu otoku, jsou založena na průměrné tloušťce kontaktní čočky.⁴⁵ Při použití Holden-Mertzovy rovnice sloužící

k vypočtení průměrné hodnoty Dk/t na to, aby se zabránilo 3,2% nočnímu edému (hladina nočních edémů bez kontaktních čoček, kterou zjistili La Hood a kol.⁴⁶ u více subjektů než původně u Mertze⁴⁵), se dostaneme na hodnotu 125 Dk/t a ta je nutná k zamezení nočního otoku. Harvittův a Bonannův matematický model kyslíkové difuze napříč rohovkou v případě zavřeného oka podtrhuje, že jako kritérium pro noční nošení je účinných 125 jednotek.⁴⁷

Dostatečná propustnost pro kyslík u kontaktních čoček je důležitá pro všechny nositele čoček a zvláště pro ty, kteří nosí čočky s vyšší dioptrickou hodnotou nebo čočky, které jsou silnější na okraji. Téměř 35 % nositelů je vysoce krátkozrakých, trpí astigmatizmem nebo hyperopii, a proto nosí kontaktní čočky o tloušťce až 0,35 mm ve středu nebo na okraji. Více než 23 % populace tvoří presbyopové a ti potřebují multifokální kontaktní čočky o vyšších středových tloušťkách. Dk zůstává



obr. 5 Průměr rohovkového otoku (v %) napříč rohovkou po 6 hodinách nošení kontaktních čoček se středovým otvorem (n = 10) v porovnání s průměrnou tloušťkou čočky pokrývající rohovku během nošení.

Papasův model vlivu Dk/t u okrajové čočky shodou okolností také počítá se 125 jednotkami nutnými pro to, aby se zamezilo limbální injekci u otevřeného oka.⁴⁰ Papasův model nastavuje ten nejpřísnější standard pro denní nošení moderních kontaktních čoček. To vše jasně dokazuje, že tvrzení, v nichž se hovoří o tom, že kyslíková propustnost nad 15, 25 nebo dokonce 80 jednotek není důležitá, jsou založena na velmi limitovaných, omezených požadavcích na kontaktní čočky.¹

Kyslíková propustnost zaručuje zdravé oko

Kontaktologové by měli používat nejvyšší možné hladiny Dk/t, a to kvůli tomu, aby zabránili chronické injekci očního limbu a zajistili zdravý vývin a obnovu epitelálních a kmenových buněk během nošení kontaktních čoček.

Několik dlouhodobých klinických studií porovnávalo vlastnosti silikon-hydrogelových kontaktních čoček s vysokým Dk se stavem, kdy nositelé nepoužívají kontaktní čočky,⁴⁸ a nošení hydrogelových kontaktních čoček.⁴⁹ Výsledky jasně ukázaly, že od sebe nelze rozeznat oči, na nichž jsou silikon-hydrogelové čočky, a oči, jež kontaktní čočky nepoužívají.

spolehlivou a praktickou hodnotou k odhadu kyslíkové propustnosti kontaktní čočky. Tato hodnota je závislá na topografii kontaktní čočky, její tloušťce a rozdílných podmínkách, ve kterých se nositelé pohybují, ať již mají oči otevřené, či zavřené.

Předpokládáme, že kontaktologové budou stále častěji aplikovat kontaktní čočky s nejvyšší možnou propustností pro kyslík. Všechny ostatní charakteristiky kontaktních čoček jsou si rovny, tak proč by také měli postupovat jinak? Během posledních dvou let vzrostl např. v USA podíl předepsaných silikon-hydrogelových kontaktních čoček pro denní nošení přibližně osmkrát.⁵⁰ Naše teoretické diskuze o potřebě kyslíku a výpočtech průtoku kyslíku (oxygen flux) v různých materiálech by nás neměly odvracet od našich praktických klinických zkušeností a pozorování.

Překlad článku „The Future of Contact Lenses: Dk Really Matters“ zveřejněného v časopise „Contact Lens Spectrum“, únor 2006, str. 20–28. Autoři: Holden, B., Stretton, S., Lazon de la Jara, P., Ehrmann, K., LaHood, D. Z originálu přeložil Tomáš Haberland, produktový manager, CIBA Vision. Odkazy na prameny naleznete na: www.cz.cibavision.com