

PŮVODNÍ PRÁCE

POVRCHOVÉ ŠTRUKTÚRY
A PIGMENTÁCIA DÚHOVIEK
JEDINCŮV Z VÝCHODNÉHO
SLOVENSKAIris surface features and pigmentation
among Eastern Slovakia individualsJana Gaľová, Petronela Antalová, Vincent Sedlák,
Mária Konečná, Janka Poráčová, Soňa MačekováKatedra biológie, Fakulta humanitných a prírodných vied,
Prešovská univerzita v Prešove, Prešov, Slovenská republika

Abstract

Human iris surface is rich in different textured features, which are specific for each person. These include gaped diamond shape, so-called Fuch's crypts; small collagen bundles, known as Wolfflin nodules; contraction furrows, or small build-up of melanin in the form of pigment spots. These shape features are also appropriate in the process of personal identification. We obtained the iris photos of 58 individuals (28 men and 30 women) from eastern Slovakia at the aged from 1 to 88. The iris pigmentation was determined based on the classification scale of Simionescu. The most common structure was Fuch's crypts, in 71.43 % males and 73.33 % females and the least common was Wolfflin nodes, in 25.00 % males and 36.67 % females.

We found a very weak positive correlation ($r = 0.0515$) between the age and incidence of Fuch's crypts using the Pearson's correlation analysis ($p < 0.05$). There was also identified a little higher, but still relatively weak positive correlation ($r = 0.2692$) between the age and incidence of pigment spots. The pigmentation of the iris and the incidence of contraction furrows correlated also at very weak positive level ($r = 0.0355$). We found a little higher, but still relatively weak positive correlation ($r = 0.2913$) between the pigmentation of the iris and the incidence of Wolfflin nodules. We found no differences between males and females.

Key words: contraction furrows, Fuch's crypts, pigment spots, pigmentation, Wolfflin nodules

Úvod

Detailná štruktúra ľudskej dúhovky je jedinečná pre každú osobu, preto dúhovka poskytuje vhodné znaky na biometrické rozpoznávanie (Poráčová et al., 2011). Jeden z najvýraznejších fenotypových znakov človeka predstavuje pigmentácia očnej dúhovky. Pri výskumoch sa veľmi často využíva jednoduchá stupnica pozostávajúca z troch základných kategórií pigmentácie, a to modrej, zelenej-orieškovej a hnedej. Avšak existuje viacero klasifikačných stupnic, ktoré vychádzajú z týchto troch základných farieb. Tieto sú doplnené o ďalšie kategórie

na základe sýtosti danej farby, ako je napríklad sivá, svetlohnedá alebo tmavohnedá farba (Simionescu et al., 2014). Pomerne častým znakom určeným pri pigmentácii dúhovky je centrálna heterochrómia. Ide o rozdielne zafarbenie pupilárnej a ciliárnej zóny dúhovky, pričom zvyčajne je tmavšie sfarbená pupilárna oblasť. Hoci výskyt centrálny heterochrómie prevažuje vo svetlejších dúhovkách, objavuje sa aj v tmavšie sfarbených (Rennie, 2011; Edwards, 2016). Okrem centrálny heterochrómie sa môžeme stretnúť aj so zriedkavejšou sektorovou alebo aj celkovou heterochrómiou. Pri celkovej má jedinec obe dúhovky úplne odlišnej farby a pri čiastočnej, sektorovej heterochrómi, sa v rámci jednej dúhovky vyskytuje odlišne sfarbená iba určitá časť – sektor (Larsson et al., 2011).

Povrchové štruktúry dúhovky (obrázok 1) sa podieľajú na vysoko detailnom vzore, ktorým sa jednotlivé osoby navzájom odlišujú (Larsson et al., 2011; Pau, 2019). Tieto štruktúry rozdeľujeme do dvoch skupín, a to podľa toho či ide o znaky, ktoré súvisia s pohybom a funkciou dúhovky alebo o znaky, ktoré súvisia s jej pigmentáciou. Do prvej skupiny sa zaradzujú Fuchsove krypty a kontrakčné brázdy, do druhej skupiny Wolfflinove uzly a pigmentové škvrny. Fuchsove krypty sú charakterizované ako otvory, jamky, respektíve medzery kosoštvorcového tvaru rôznej veľkosti, ktoré sa nachádzajú v prvých dvoch najvrchnejších vrstvách dúhovky. Primárne sa môžu vyskytnúť približne v ôsmom mesiaci prenatálneho vývinu, kedy môže dôjsť k atrofii a následnej resorpcii pupilárnej membrány (Gold & Lewis, 2011). Častejšie však vznikajú sekundárne počas života jedinca v dôsledku dilatačného alebo kontrakčného pohybu zrenice. Z tohto dôvodu sa vyšší výskyt Fuchsových krypt spája s vyšším vekom jedinca (Larsson, Pedersen, & Stattin, 2007). Kontrakčné brázdy sú tenké kruhové útvary, ktoré sa vyskytujú v ciliárnej zóne, blízko vonkajšieho okraja dúhovky. K ich tvorbe prispieva svojou činnosťou zvierac (*musculus sphincter pupillae*), ktorý spôsobuje zúženie zrenice a činnosť rozťahovača (*musculus dilatator pupillae*) prispieva k ich prehlbovaniu. Keďže základ týchto brázd je menej pigmentovaný, je možné ich lepšie pozorovať na tmavo sfarbených dúhovkách (Pau, 2019). Okrúhle kolagénové útvary belavej až žltkastej farby, ktoré sa nachádzajú rovnomerne rozložené pozdĺž periférnej hranice dúhovky, sa nazývajú Wolfflinove uzly. Farba dúhovky významne ovplyvňuje množstvo Wolfflinových uzlov. Výskyt týchto povrchových štruktúr dúhovky je oveľa častejší u jedincov so svetlou farbou očí (Pryse-Phillips, 2003; Edwards, Gozdziak, Ross, Miles, & Parra, 2012). Na povrchu mnohých dúhoviek môžeme pozorovať oblasti tmavšej pigmentácie, ktoré sú známe ako pigmentové škvrny. Ich vznik je podmienený zvýšenou tvorbou melanínu v melanocytoch. Na dúhovke oka sa tieto štruktúry objavujú približne v šiestom roku života, a s vekom sa ich počet postupne zvyšuje. V dúhovkách človeka sa vyskytujú rôzne typy pigmentových škvŕn, z ktorých najbežnejšie sú takzvané pehy a nevi. Nevi sú ohraničené štruktúry uzlovitého tvaru, ktoré majú vplyv na podkladovú stromálnu vrstvu, a časom sa môžu zväčšovať. Naopak pehy, nemajú vplyv na architektúru strómy (Harbour, Brantley, Hollingsworth, & Gordon, 2004; Larsson, Pedersen, & Stattin, 2007). Keďže nevi a pehy je ťažké rozoznať, častejšie sa pre obe tieto štruktúry používa jednotný pojem pigmentová škvrna (Edwards, 2016). Predispozíciu pre tieto pigmentové škvrny majú skôr starší ľudia, avšak je možné ich pozorovať vo všetkých vekových kategóriách (Schwab et al., 2017)

Cieľ

Hlavným cieľom tejto štúdie bolo analyzovať výskyt jednotlivých štruktúr dúhovky, medzi ktoré patria Fuchsove krypty, Wolfflinove uzly, kontrakčné brázdy a pigmentové škvŕny, ktorých prítomnosť bola pozorovaná na dúhovkách jedincov pochádzajúcich z regiónu východného Slovenska. Čiastkovým cieľom bolo zistiť, či existuje rozdiel vo výskyte týchto povrchových štruktúr ľudskej dúhovky v závislosti od pohlavia. Ďalej pomocou korelačnej analýzy zistiť vzťah medzi vekom jedinca a zvýšeným výskytom Fuchsových krýpt a pigmentových škvŕn, ako aj medzi zafarbením dúhovky a častejším výskytom Wolfflinových uzlov a kontrakčných brázd v populácii jedincov východného Slovenska.

Metodika

Výskumnú vzorku tvorilo 58 jedincov, pochádzajúcich z východného Slovenska. Išlo o 28 (48,28 %) jedincov mužského pohlavia a 30 (51,72 %) jedincov ženského pohlavia. Vek jedincov sa pohyboval od jedného roka do 88 rokov, tak aby boli zastúpené tri vekové kategórie – deti a adolescenti, jedinci v produktívnom veku a seniori. Priemerný vek súboru bol $39,39 \pm 21,97$

rokov. U každého jedinca bola zhotovená séria fotografií očných dúhoviek zo vzdialenosti 20 cm pri osvetlení denným svetlom. Fotografovanie bolo uskutočnené prostredníctvom fotoaparátu Sony Cyber-shot DSC-WX350. Na základe týchto fotografií boli hodnotené všetky sledované štruktúry. Farba očnej dúhovky bola stanovená na základe klasifikačnej škály podľa Simionescu et al. (2014). Samostatne bola stanovená farba pupilárnej oblasti, ktorá môže mať podľa zvolenej kategorizačnej stupnice modrú/sivú; svetlohnedú/medovú a tmavohnedú farbu. Samostatne bola stanovená aj farba ciliárnej oblasti, v rámci ktorej existuje 5 kategórií zafarbenia periférnej zóny, a to modrú/sivú; zelenú; orieškovú (zelená + hnedá + žltá); svetlohnedú a tmavohnedú. Okrem sfarbenia dúhovky bol pozorovaný aj výskyt povrchových štruktúr dúhovky (obrázok 1), medzi ktoré patria Fuchsove krypty, kontrakčné brázdy, Wolfflinove uzly a pigmentové škvŕny. Všetci jedinci boli do skúmaného súboru zapojení dobrovoľne, boli oboznámení s charakterom štúdie a súhlasili s anonymným spracovaním údajov.

Štatistická analýza získaných údajov bola uskutočnená v programe STATISTICA, ver. 10 (Pearsonová korelačná analýza, t-test). Ako hladina významnosti slúžila hodnota $p < 0,05$.

Obrázok 1. Povrchové štruktúry dúhovky (Upravené podľa Edwards, 2016)



Výsledky

Farba v pupilárnej oblasti dúhovky bola u jedincov stanovená podľa zvolenej kategorizačnej stupnice ako modrá/sivá; svetlohnedá/medová a tmavohnedá farba. V celom analyzovanom súbore nezávisle od pohlavia malo modré/sivé zafarbenie pupilárnej oblasti 24 (41,38 %) jedincov, svetlohnedé/medové zafarbenie malo 22 (37,93 %) jedincov a tmavohnedé zafarbenie malo 12 (20,69 %) jedincov. U mužského pohlavia sa najčastejšie vyskytovalo svetlohnedé/medové zafarbenie pupilárnej oblasti dúhovky, a to u 12 (42,86 %) jedincov. U ženského pohlavia sa najčastejšie vyskytovalo modré/sivé zafarbenie

pupilárnej oblasti dúhovky, a to u 15 (50,00 %) jedincov. Rozdiel vo výskyte jednotlivých farieb v pupilárnej oblasti dúhovky medzi mužským a ženským pohlavím nebol štatisticky významný ($p = 0,0982$).

Farba v ciliárnej oblasti dúhovky (tabuľka 1) bola u jedincov stanovená podľa zvolenej kategorizačnej stupnice ako modrá/sivá; zelená; oriešková; svetlohnedá a tmavohnedá. V celom analyzovanom súbore malo modré/sivé zafarbenie ciliárnej oblasti 36 (62,07 %) jedincov, zelené zafarbenie malo 8 (13,79 %) jedincov, orieškové zafarbenie mali 4 (6,90 %) jedinci, svetlohnedé zafarbenie mali 2 (3,45 %) jedinci a tmavohnedé zafarbenie

ciliárnej oblasti malo 8 (13,79 %) jedincov. U mužského, ako aj u ženského pohlavia sa najčastejšie vyskytovalo modré/sivé zafarbenie ciliárnej oblasti dúhovky, a to u 15 (53,57 %) jedincov mužského pohlavia a u 21 (70,00 %) jedincov ženského pohlavia. Rozdiel vo výskyte jednotlivých farieb v ciliárnej oblasti dúhovky medzi mužským a ženským pohlavím nebol štatisticky významný ($p = 0,1445$).

Tabuľka 1. Zafarbenie ciliárnej oblasti dúhovky v závislosti od pohlavia

Zafarbenie	Mužské pohlavie (%)	Ženské pohlavie (%)
Modrá/sivá	53,57	70,00
Zelená	17,86	10,00
Oriešková	7,14	6,67
Svetlohnedá	3,57	3,33
Tmavohnedá	17,86	10,00
hodnota p	0,1445	

U 20 (34,48 %) jedincov bola pozorovaná prítomnosť centrálnej heterochromie, čiže títo jedinci mali svetlohnedé alebo tmavohnedé zafarbenie pupilárnej oblasti dúhovky, zatiaľ čo v ciliárnej oblasti mala ich dúhovka modré, sivé alebo zelené zafarbenie. Zastúpenie centrálnej heterochromie bolo u oboch pohlaví takmer totožné – 9 (45,00 %) jedincov ženského a 11 (55,00 %) jedincov mužského pohlavia.

Okrem zafarbenia dúhovky, bol v analyzovanom súbore sledovaný výskyt povrchových štruktúr dúhovky (tabuľka 2), medzi ktoré patria Fuchsove krypty, kontrakčné brázdy, Wolflinove uzly a pigmentové škvrny. Najčastejšie sa vyskytujúcou štruktúrou u oboch pohlaví boli Fuchsove krypty, a to u 20 (71,43 %) jedincov mužského pohlavia a 22 (73,33 %) jedincov ženského

pohlavia. Druhou najčastejšou štruktúrou na povrchu dúhovky boli kontrakčné brázdy, a to u 19 (67,86 %) jedincov mužského pohlavia a 20 (66,67%) jedincov ženského pohlavia. Treťou štruktúrou v poradí boli u oboch pohlaví pigmentové škvrny, a to u 11 (39,29 %) jedincov mužského pohlavia a 18 (60,00 %) jedincov ženského pohlavia. Najvzácnejšou povrchovou štruktúrou boli Wolflinove uzly, a to u 7 (25,00 %) jedincov mužského pohlavia a 11 (36,67 %) jedincov ženského pohlavia. Rozdiel vo výskyte jednotlivých povrchových štruktúr medzi mužským a ženským pohlavím nebol štatisticky významný ($p = 0,1701$).

Tabuľka 2. Zastúpenie jednotlivých povrchových štruktúr dúhovky v závislosti od pohlavia

Vzory	Mužské pohlavie (%)	Ženské pohlavie (%)
Fuchsove krypty	71,43	73,33
Kontrakčné brázdy	67,86	66,67
Wolflinove uzly	25,00	36,67
Pigmentové škvrny	39,29	60,00
hodnota p	0,1701	

Na zistenie vzťahu medzi prítomnosťou Fuchsových krypt a pigmentových škvŕn v dúhovke jedincov patriacich do analyzovaného súboru a ich vekom (tabuľka 3) bola použitá Pearsonová korelačná analýza. Zistili sme, že medzi skúmanými javmi je štatisticky významný vzťah. Medzi vekom jedincov a výskytom Fuchsových krypt je veľmi slabá pozitívna korelácia ($r = 0,0515$) a medzi vekom a výskytom pigmentových škvŕn je o niečo silnejšia, no stále pomerne slabá pozitívna korelácia ($r = 0,2692$).

Tabuľka 3. Vzťah medzi výskytom Fuchsových krypt, pigmentových škvŕn a vekom

Štruktúra	n	Súbor	r	p
Fuchsove krypty	42	bez ohľadu na pohlavie	0,0515	0,0000
Pigmentové škvrny	29		0,2692	0,0457

Poznámka: n – celkový počet, r – korelačný koeficient

V tabuľke 4 je uvedený výskyt jednotlivých povrchových štruktúr v závislosti od zafarbenia dúhovky v ciliárnej oblasti. U jedincov s modrými/sivými očami sa najčastejšie vyskytli Fuchsove krypty, a to u 30 (83,33 %) jedincov, najmenej sa u nich vyskytli Wolflinove uzly, a to u 15 (41,67 %) jedincov. U jedincov so zelenými očami sa najčastejšie vyskytli kontrakčné brázdy, a to u 7 (87,50 %) jedincov, najmenej sa u nich vyskytli Wolflinove uzly, a to u 2 (25,00 %) jedincov. U jedincov s orieškovými očami sa najčastejšie vyskytli Fuchsove krypty,

a to u 3 (75,00 %) jedincov, a kontrakčné brázdy, taktiež u 3 (75,00 %) jedincov, Wolflinove uzly tu neboli zistené. U jedincov so svetlohnedými očami sa najčastejšie vyskytli Fuchsove krypty, a to u 2 (100,00 %) jedincov, a kontrakčné brázdy, taktiež u 2 (100,00 %) jedincov, Wolflinove uzly tu neboli zistené. U jedincov s tmavohnedými očami sa najčastejšie vyskytli kontrakčné brázdy, a to u 4 (50,00 %) jedincov, najmenej sa u nich vyskytli Wolflinove uzly, a to u 1 (12,50 %) jedinca a pigmentové škvrny, taktiež u 1 (12,50 %) jedinca.

Tabuľka 4. Zastúpenie jednotlivých povrchových štruktúr podľa zafarbenia dúhovky

Štruktúra	Modré/sivé (%)	Zelené (%)	Orieškové (%)	Svetlohnedé (%)	Tmavohnedé (%)
Fuchsove krypty	83,33	50,00	75,00	100,00	37,50
Kontrakčné brázdy	66,67	87,50	75,00	100,00	50,00
Wolflinove uzly	41,67	25,00	0,00	0,00	12,50
Pigmentové škvrny	55,56	62,50	50,00	50,00	12,50

Na zistenie vzťahu medzi prítomnosťou Wolflinových uzlov a kontrakčných brázd v dúhovke jedincov patriacich do analyzovaného súboru a zafarbením dúhovky (tabuľka 5) bola využitá Pearsonová korelačná analýza. Zistili sme, že medzi skúmanými javmi je štatisticky významný vzťah. Medzi zafarbením dúhovky

a prítomnosťou kontrakčných brázd je veľmi slabá pozitívna korelácia ($r = 0,0355$) a medzi zafarbením dúhovky a prítomnosťou Wolflinových uzlov je o niečo silnejšia, no stále pomerne slabá pozitívna korelácia ($r = 0,2913$).

Tabuľka 5. Vzťah medzi výskytom Wolfflinových uzlov, kontrakčných brázď a zafarbením dúhovky

Štruktúra	n	Súbor	r	p
Wolfflinove uzly	18	bez ohľadu na pohlavie	0,2913	0,0003
Kontrakčné brázdy	39		0,0355	0,0004

Poznámka: n – celkový počet, r – korelačný koeficient

Diskusia

Pigmentácia dúhovky je makrosomatickým znakom, ktorý bol predmetom vedeckého skúmania už od starovekých čias a u ľudí sa pohybuje od najsvetlejších odtieňov modrej až po najtmavšie odtiene hnedočiernej, pričom už v minulosti bolo vytvorených mnoho klasifikačných škál na určovanie pigmentácie dúhoviek človeka. V analyzovanom súbore sme zaznamenali výskyt všetkých troch základných typov zafarbenia dúhovky (modré, zelené, hnedé). Toto zistenie korešponduje s poznatkami, že hlavne naprieč Európou a v menšej miere v severnej Afrike, na Strednom východe a v centrálnej Ázii, vykazuje zafarbenie dúhoviek výrazné variácie. Vo zvyšnom svete sa zafarbenie dúhovky javí ako podstatne homogénnejšie a je primárne limitované na rôzne odtiene hnedej (Edwards, 2015). Najviac jedincov malo modré/sivé zafarbenie dúhovky, a to tak v pupilárnej (41,38 % jedincov) ako aj v ciliárnej (62,07 % jedincov) oblasti dúhovky. U žien v oboch oblastiach prevládalo modré/sivé zafarbenie, avšak u mužov prevládalo toto zafarbenie iba v ciliárnej oblasti, v pupilárnej oblasti sa u mužov najčastejšie vyskytlo svetlohnedé/medové zafarbenie. Rozdiel v pigmentácii dúhovky medzi mužským a ženským pohlavím nebol štatisticky významný ani v pupilárnej ($p = 0,0982$) ani v ciliárnej ($p = 0,1445$) oblasti dúhovky.

Bohatá povrchová štruktúra dúhovky ľudského oka ponúka množstvo znakov, ktoré je možné sledovať. V analyzovanom súbore sme pozornosť zamerali na výskyt štyroch povrchových štruktúr. Ani pri sledovaní prítomnosti vybraných povrchových štruktúr na dúhovkách jedincov, sme nezaznamenali štatisticky významný rozdiel medzi mužským a ženským pohlavím. Táto skutočnosť sa zhoduje s výsledkami štúdie podľa Larsson, Pedersen, & Stattin (2003) v ktorej podobne nezistili žiadne rozdiely vo výskyte štruktúr dúhovky medzi pohlaviami. Autori konštatovali, že jednotlivé povrchové štruktúry dúhovky, u jedincov s normálnym vývinom očí, nevykazujú rozdiely špecifické pre pohlavie.

V štúdiu Larsson a Pedersen (2004) zistili, že výskyt a množstvo otvorov kosoštvorcového tvaru, ktoré sa nazývajú Fuchsove krypty, koreluje s vekom. Tieto sekundárne vzniknuté medzery sa vytvárajú postupne v priebehu života, v dôsledku tlaku a ťahu na prednú vrstvu dúhovky počas kontrakcie a dilatácie zreničky. Na základe tohto poznatku sme aj v našom súbore očakávali, že výskyt Fuchsových krýpt bude častejší u starších jedincov, keďže ich predné vrstvy dúhovky boli vystavené tlaku a ťahu počas sťahovania a rozťahovania zreničky dlhšiu dobu. Medzi vekom a prítomnosťou štruktúry sme zaznamenali len veľmi slabú pozitívnu koreláciu ($r = 0,0515$). Larsson a Pedersen (2004) vo svojej štúdiu uvádzajú, že primárny typ krýpt sa môže objaviť u jedincov už okolo šiesteho mesiaca prenatálneho vývinu. Už počas embryonálneho vývinu dúhovky dochádza k atrofiu a následnej resorpcii pupilárnej membrány, pričom v okolí vytvoreného goliera sa vyskytuje mierna hypoplázia. Tá sa u niektorých dúhoviek rozširuje aj do ciliárnej oblasti (Gold & Lewis, 2011). V nami analyzovanom súbore sme zaznamenali jeden prípad výskytu takýchto krýpt, a to u ročného jedinca. Tieto krypty boli zastúpené v menšom počte v porovnaní s kryptami, aké bolo možné pozorovať v dúhovkách starších jedincov.

Pri sledovaní výskytu pigmentových škvŕn môžeme súhlasiť so zisteniami štúdie podľa Rennie (2011), že tieto škvŕny sa vyskytujú u 50 až 60 % zdravých jedincov. V našom súbore sa pigmentové škvŕny vyskytli u 29 z celkového počtu 58 jedincov,

čo predstavuje presne 50 % súboru. Štatistickým testovaním sa preukázalo, že medzi výskytom pigmentových škvŕn a vekom jedincov v sledovanom súbore, bola zistená mierne vyššia pozitívna korelácia, ako pri výskyte Fuchsových krýpt, no stále pomerne slabá ($r = 0,2692$). K podobným výsledkom dospeli aj v štúdiu Edwards (2016). Výskyt pigmentových škvŕn sme zaznamenali tak u detí a adolescentov, ako aj u jedincov v produktívnom veku a u seniorov. Najviac sa tieto škvŕny vyskytovali u jedincov v produktívnom veku, a nie ako by sa dalo očakávať, u najstarších jedincov. Napriek tomu, že sa predpokladá väčšia predispozícia pre výskyt pigmentových škvŕn u starších osôb, na základe našich výsledkov môžeme podporiť tvrdenia štúdie Sturm & Larsson (2009), v ktorej uvádzajú, že tieto štruktúry dúhovky je možné pozorovať v každej vekovej kategórii. Potvrdil sa nám aj poznatok štúdie Larsson a Pedersen (2004), že pigmentové škvŕny sa objavujú až okolo šiesteho roku života, nakoľko ani u jedného jedinca s vekom nižším ako šesť rokov sa tieto pigmentové škvŕny v našom súbore nevyskytli.

Na základe doterajších poznatkov a výsledkov, ktoré sú napríklad uvedené aj v štúdiu Li & Jain (2009), sa predpokladalo, že výskyt okrúhlych kolagénových útvarov bielej až žltkastej farby, známych ako Wolfflinove uzly, je častejší u jedincov so svetlo zafarbenými dúhovkami. Túto skutočnosť sme zaznamenali aj v našom súbore, kde sa Wolfflinové uzly častejšie vyskytli práve u jedincov s modrým/sivým a zeleným, teda svetlým, zafarbením dúhovky. Je potrebné podotknúť, že išlo o relatívne slabú pozitívnu koreláciu ($r = 0,2913$). Táto povrchová štruktúra sa celkovo vyskytla v dúhovkách jedincov v najmenšom počte.

Vplyvom kontrakcie a dilatácie zrenice vznikajú v ciliárnej vonkajšej zóne dúhovky kruhové kontrakčné brázdy. Predpokladalo sa, že výskyt, rozšírenie či hĺbka kontrakčných brázď úzko súvisí so zafarbením dúhovky (Sturm & Larsson, 2009). Pri vzniku a celkovom vzhľade kontrakčných brázď zohráva podstatnú úlohu celková hrúbka a hustota dúhovky. Rozsiahlejšie kontrakčné brázdy sa spájajú s hrubšou okrajovou časťou dúhovky, a tá sa pripisuje viac pigmentovaným a tmavo zafarbeným dúhovkám (Quillen et al., 2011). V súvislosti s uvedenými poznatkami sme predpokladali, že u jedincov s tmavo zafarbenými dúhovkami bude častejší výskyt kontrakčných brázď. Hoci sa u jedincov s tmavo zafarbenými dúhovkami vyskytli brázdy vo vysokej miere, rovnako boli v pomerne veľkom počte prítomné aj pri modrých/sivých či zelených očiach. Z tohto zistenia vyplýva, že na výskyte a rozšírení kontrakčných brázď sa pravdepodobne vo väčšej miere podieľajú iné faktory, okrem spomínaného zafarbenia dúhovky, čo potvrdzuje aj štatistický výsledok. Medzi zafarbením dúhovky a prítomnosťou kontrakčných brázď bola zaznamenaná len veľmi slabá pozitívna korelácia ($r = 0,0355$). Môžeme však súhlasiť s tým, že kontrakčné brázdy sú oveľa lepšie pozorovateľné práve na tmavo sfarbených dúhovkách jedincov. Základ kontrakčných rýh je menej pigmentovaný, teda lepšie viditeľný práve v tmavo zafarbených očiach (Li & Jain, 2009).

V očnej dúhovke sa exprimuje veľké množstvo génov, ktoré môžu ovplyvniť zafarbenie dúhovky, ako aj výskyt jednotlivých povrchových štruktúr. Skúmaním dedičnosti a diverzity týchto štruktúr sa dospelo k poznaniu, že gény podmieňujúce formovanie povrchových štruktúr sú odlišné od génov, ktoré sú zodpovedné za zafarbenie dúhovky. Väčšina génov asociovaných s pigmentáciou dúhovky, kóduje proteíny podieľajúce sa

priamo na procese melanogenézy, pričom väčšina génov asociovaných s povrchovými štruktúrami dúhovky, je zodpovedná predovšetkým za embryogenézu a vývin ľudského oka. Zatiaľ je preskúmané len malé percento génov, u ktorých sa zistil ich vplyv na dedičnosť a variácie povrchových štruktúr dúhovky. Je potrebné pokračovať v ďalšom výskume, rozšíriť analyzovaný súbor o ďalších jedincov a zamerať sa aj na jednotlivé gény a polymorfizmy, ktoré by mohli byť asociované s výskytom povrchových štruktúr ľudskej dúhovky.

Záver

Napriek tomu, že sa zafarbeniu dúhovky a jej bohato štruktúrovanému povrchu venuje čoraz väčšia pozornosť, v chápaní dedičnosti a výskytu týchto znakov existuje stále veľa medzier, nedostatkov a obmedzení, ktoré sú spôsobené obrovskou komplexnosťou štruktúry ľudskej dúhovky. Výskumom sme pokazali na skutočnosť, že zafarbenie dúhovky ani výskyt rôznych povrchových štruktúr na ľudskej dúhovke nie sú viazané na pohlavie, pretože sme nezaznamenali žiaden štatisticky signifikantný rozdiel ani pri jednom z týchto pozorovaných znakov v závislosti od pohlavia. Zaznamenali sme len slabú pozitívnu koreláciu medzi vekom jedincov a výskytom štruktúr, u ktorých sa predpokladá zvýšený výskyt v staršom veku (Fuchsove krypty a pigmentové škvrny), ako aj medzi zafarbením dúhovky a výskytom Wolfflinových uzlov, či kontrakčných brázd.

Podakovanie

Práca bola podporená projektom KEGA 018PU-4/2018 „Inovácia metód a foriem výučby predmetu biochémia“.

Súhrn

Štruktúry nachádzajúce sa na povrchu ľudskej dúhovky, vytvárajú detailný vzor, ktorý je charakteristický a špecifický pre každého jedinca. V predloženej štúdií bola pozornosť zameraná na štyri štruktúry nachádzajúce sa na povrchu dúhovky, konkrétne na Fuchsove krypty, Wolfflinove uzly, kontrakčné brázd a pigmentové škvrny. Prítomnosť týchto štruktúr bola pozorovaná na dúhovkách 58 jedincov pochádzajúcich z východného Slovenska. Hlavným cieľom štúdie bolo zistiť, či existuje korelácia medzi prítomnosťou uvedených povrchových štruktúr a zafarbením dúhovky, či vekom jedinca, u ktorého bola daná štruktúra zaznamenaná. Najčastejšie sa vyskytujúcou štruktúrou v sledovanom súbore boli Fuchsove krypty, ktoré boli zaznamenané u 71,43 % mužov a 73,33 % žien. Najmenej zaznamenanou štruktúrou boli Wolfflinove uzly, ktoré sa vyskytli u 25,00 % mužov a 36,67 % žien. Korelačnou analýzou sme zaznamenali slabú pozitívnu koreláciu medzi vekom jedincov a výskytom pigmentových škvŕn ($r = 0,2692$) a veľmi slabú pozitívnu koreláciu medzi vekom jedincov a výskytom Fuchsových krypt ($r = 0,0515$). Zaznamenali sme aj slabú pozitívnu koreláciu medzi pigmentáciou dúhovky a výskytom Wolfflinových uzlov ($r = 0,2913$) a veľmi slabú pozitívnu koreláciu medzi pigmentáciou dúhovky a výskytom kontrakčných brázd ($r = 0,0355$). Na základe dosiahnutých výsledkov nie je možné jednoznačne potvrdiť ani vyvrátiť asociáciu medzi výskytom sledovaných povrchových štruktúr a vekom jedinca, či pigmentáciu očnej dúhovky. Je však možné konštatovať, že zafarbenie dúhovky, ani výskyt rôznych povrchových štruktúr na ľudskej dúhovke nie je viazaný na pohlavie.

Kľúčové slová: kontrakčné brázd, Fuchsove krypty, pigmentové škvrny, pigmentácia, Wolfflinove uzly

Literatúra

Edwards, M. (2016). *The Genetic Architecture of Iris Colour and Surface Feature Variation in Populations of Diverse Ancestry*.

- Doctoral thesis. Toronto: Department of Anthropology, University of Toronto.
- Edwards, M., Cha, D., Krithika, S., Johnson, M., Cook, G., & Parra, E. J. (2015). Iris pigmentation as a quantitative trait: variation in populations of European, East Asian and South Asian ancestry and association with candidate gene polymorphisms. *Pigment cell & melanoma*, 29(2), 141-162.
- Edwards, M., Gozdzik, A., Ross, K., Miles, J., & Parra, E. J. (2012). Technical note: quantitative measures of iris color using high resolution photographs. *American journal of physical anthropology*, 147(1), 141-149.
- Gold, D. H., & Lewis, R. A. (2011). *Clinical Eye Atlas*. UK: Oxford University Press.
- Harbour, J. W., Brantley, M. A., Hollingsworth, H., & Gordon, M. (2004). Association between posterior uveal melanoma and iris freckles, iris naevi, and choroidal naevi. *The British journal of ophthalmology*, 88(1), 36-38.
- Larsson, M., Duffy, D. L., Zhu, G., Liu, J. Z., MacGregor, S., McRae, A. F., ...Medland, S. E. (2011). GWAS Findings for Human Iris Patterns: Associations with Variants in Genes that Influence Normal Neuronal Pattern Development. *American journal of human genetics*, 89(2), 334-343.
- Larsson, M., & Pedersen, N. L. (2004). Genetic correlation among texture characteristics in the human iris. *Molecular vision*, 10, 821-831.
- Larsson, M., Pedersen, N. L., & Stattin, H. (2003). Importance of genetic effects for characteristics of the human iris. *Twin research*, 6(3), 192-200.
- Larsson, M., Pedersen, N. L., & Stattin, H. (2007). Associations between iris characteristics and personality in adulthood. *Biological Psychology*, 75(2), 165-175.
- Li, S. Z., & Jain, A. K. (2015). *Encyclopedia of biometrics* (2nd ed.). USA: Springer.
- Pau, G. (2019). *The Foundations of Iridology: The Eyes as the Key to Your Genetic Health Profile*. Rochester: Healing Arts Press.
- Poráčová, J., Nagy, M., Zahatňanská, M., Blaščáková, M., Takácsová-Sopková, M., & Sedlák, V. (2011). *Biometria živočíchov a človeka*. Prešov: GRAFOTLAČ.
- Pryse-Phillips, M. D. (2009). *Companion to Clinical Neurology* (3rd ed.). UK: Oxford University Press.
- Quillen, E. E., Guiltinan, J. S., Beleza, S., Rocha, J., Pereira, R. W., & Shriver, M. D. (2011). Iris texture traits show association with iris color and genomic ancestry. *American Journal of Human Biology*, 23(4), 567-569.
- Rennie, I. G. (2011). Don't it make my blue eyes brown: heterochromia and other abnormalities of the iris. *Eye*, 26(1), 29-50.
- Simionescu, O., Grigore, M., Furtunescu, F., Minca, D., Chitu, V., & Costache, M. (2014). A Novel Iris Colour Classification Scale. *Annual research & review in biology*, 4(15), 2525-2534.
- Schwab, CH., Mayer, CH., Zalaudek, I., Riedl, R., Richtig, M., Wackernagel, W., ...Richtig, E. (2017). Iris Freckles a Potential Biomarker for Chronic Sun Damage. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 58(6).
- Sturm, R. A. & Larsson, M. (2009). Genetics of human iris colour and patterns. *Pigment cell and melanoma research*, 22(5), 544-562.

Gaľová, J., Antalová, P., Sedlák, V., Konečná, M., Poráčová, J., Mačeková, S. (2021). Povrchové štruktúry a pigmentácia dúhoviek jedincov z východného Slovenska. *Česká antropologie*, 71(1), 8-12.