

# Meritev debeline plasti retinalnih živčnih vlaken s 3D fourierjevo optično koherentno tomografijo (OCT)

Retinal nerve fiber layer thickness measurement using 3D fourier – domain optical coherence tomography (OCT)

Barbara Cvenkel, Alenka Šket Kontestabile

Očesna klinika,  
Univerzitetni klinični  
center Ljubljana,  
Grablovičeva 46, 1525  
Ljubljana

## Korespondenca/ Correspondence:

doc. Barbara Cvenkel,  
dr. med.  
Očesna klinika, UKC  
Ljubljana,  
Grablovičeva 46,  
1000 Ljubljana  
E-mail: barbara.  
cvenkel@kclj.si

## Ključne besede:

glavkom, optična  
koherentna tomografija,  
plast retinalnih živčnih  
vlaken, občutljivost,  
specifičnost

## Key words:

glaucoma, optical  
coherence tomography,  
retinal nerve fibre layer,  
sensitivity, specificity

## Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2010;  
79: 1-96-103

Prispelo: 27. mar. 2009,  
Sprejeto: 4. sept. 2009

## Izvleček

**Izhodišča:** Visoko ločljivostna in hitrejša Fourierjeva 3D-optična koherentna tomografija (OCT) je omogočila boljšo kakovost OCT. S preskavo dobimo 6x6 mm skene velike gostote, iz katerih je izračunana debelina plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV). Z raziskavo smo želeli s Topconovim 3D-OCT 1000 izmeriti debelino PRŽV pri zdravih osebah in bolnikih z glavkomom.

**Metode:** V raziskavo smo vključili 19 zdravih oseb (19 oči) in 51 glavkomskih bolnikov (51 oči) z različno stopnjo bolezni. Posneli smo 3D skene papile vidnega živca, velikosti 6x6 mm. Debelina PRŽV je bila izmerjena v 6 predelih kroga premera 3,4 mm in za 9 predelov znotraj ETDRS mreže, ki smo ju centriralni na papilo. Povprečno debelino PRŽV smo izračunali znotraj ETDRS mreže za obroč 1 (sestavljeno iz področij 2–5) in za zunanji obroč (obroč 2, sestavljen iz področij 6–9).

**Rezultati:** Povprečna debelina PRŽV 3,4 mm kroga je bila 90  $\mu\text{m}$  (SD 11  $\mu\text{m}$ ; razpon 63–111  $\mu\text{m}$ ) pri kontrolni skupini in 61  $\mu\text{m}$  (SD 21  $\mu\text{m}$ ; razpon 18–100  $\mu\text{m}$ ) pri glavkomski skupini in se je statistično značilno razlikovala med skupinama za vsa področja 3,4 mm kroga in ETDRS mreže. Med posameznimi stopnjami bolezni so bili največje razlike v obroču 1 in področju 4 mreže ETDRS. Parameter, ki je najbolje razločeval zdrave od glavkomskih oči, je bil obroč 1 (površina pod "receiver operator characteristic curve" (ROC) = 0,944) in področje 2 (površina pod ROC = 0,906). Pri 80 % in 91 % specifičnosti je obroč 1 najboljši parameter za odkrivanje preperimetričnega in zgodnjega glavkoma z občutljivostjo 84 in 74 %.

**Zaključki:** Meritve debeline PRŽV s 3D-OCT so pokazale dobro občutljivost in specifičnost pri bolnikih z začetnim glavkomom in so tudi potrdile glavkomsko okvaro pri bolnikih z značilnimi glavkomskimi spremembami na papili in normalnim vidnim poljem.

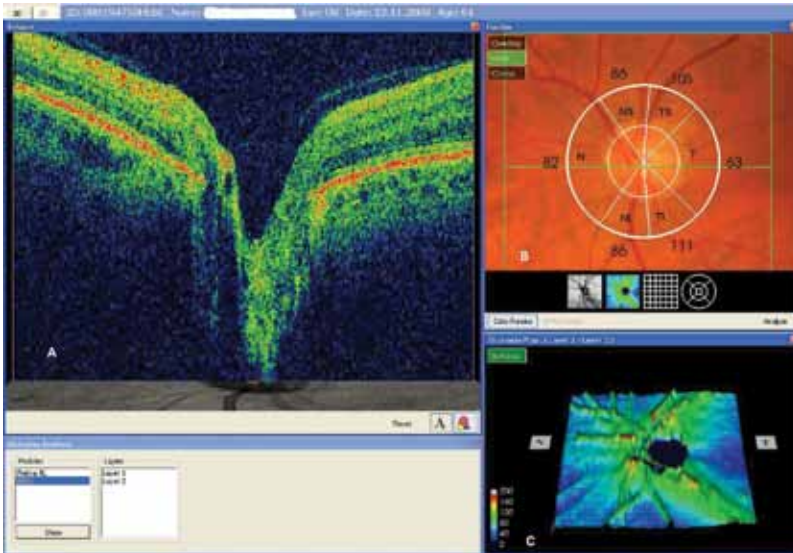
## Abstract

**Background:** Recently, high-speed, high-resolution Fourier-domain 3D-optical coherence tomography (OCT) has been introduced to improve OCT quality. It can provide 6x6 mm high-density scans to calculate retinal nerve fibre layer (RNFL) thickness measurements. The aim of the study was to measure peripapillary RNFL thickness with Topcon 3D-OCT 1000 in normal subjects and glaucoma patients.

**Methods:** Nineteen control subjects (19 eyes) and 51 glaucoma patients (51 eyes) with different stage of glaucoma were included into the study. High-density 6x6 mm 3D-scans of the optic disc were taken. RNFL thickness was measured for 6 areas of the 3.4 mm circle and for 9 areas corresponding to the ETDRS plot centered on the optic disc. Mean RNFL thickness values were calculated for ring 1 (consisting of areas 2–5) and the outer ring (ring 2, consisting of areas 6–9) of the ETDRS plot.

**Results:** Mean RNFL in the control group was 90  $\mu\text{m}$  (SD 11  $\mu\text{m}$ ; range 63–111  $\mu\text{m}$ ) and 61  $\mu\text{m}$  (SD 21  $\mu\text{m}$ ; range 18–100  $\mu\text{m}$ ) in the glaucoma group for the 3.4 mm circle scan and was significantly different between the 2 groups for all areas of the RNFL circle and ETDRS plot. The differences between different stages of glaucoma were most pronounced in ring 1 and area 4 of the ETDRS plot. The best parameters for differentiating normal from glaucoma eyes were ring 1 values (area under receiver operator characteristic curves (AUC) = 0.944) and area 2 values (AUC = 0.906). At 80 % and 91 % specificities ring 1 values were also the best parameter for detection of preperimetric and early glaucoma with 84 % and 74 % sensitivities, respectively.

**Conclusions:** 3D-OCT RNFL thickness measurement showed good sensitivity and specificity in patients with early glaucoma and confirmed glaucomatous damage in patients with glaucomatous optic disc changes and normal visual field.



**Slika 1:** A: Eden izmed 128 B-skenov s področja papile, posnet s 3D-OCT. B: Slika očesnega ozadja s papilo in 3,4 mm krožnim skenom, centriranim na papili. Vrednosti so povprečne debeline plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) v posameznih segmentih kroga v mikronih določene z avtomatskim algoritmom aparata (TS-temporalno zgoraj, T – temporalno, TI – temporalno spodaj, NI – nazalno spodaj, N – nazalno in NS – nazalno zgoraj). C: Barvno kodirana topografija debeline PRŽV velikosti 6x6mm; od najmanjše debeline, označene z modro barvo (0–60  $\mu\text{m}$ ), do največje debeline PRŽV označene z rdečo in belo barvo (160–200  $\mu\text{m}$ ).

## Uvod

Glavkom je napredujoča optična nevropatija, pri kateri propadanje mrežničnih ganglijskih celic in njihovih aksonov povzroči izgubo vidne funkcije. Zato je za odkrivanje in spremljanje glavkoma pomembno oceniti plast retinalnih živčnih vlaken (PRŽV). V klinični praksi PRŽV preiskujemo s kontaktno ali nekontaktno lečo s špransko svetilko v zeleni svetlobi. Stanjšanje v PRŽV lažje odkrijemo pri lokaliziranih kot pri difuznih izpadih v PRŽV. Tako vrednotenje PRŽV je subjektivno in na ta način ne moremo določiti stopnje okvare. Postopno so se pojavile preiskovalne metode, ki omogočajo objektivno določitev PRŽV okrog papile vidnega živca, in sicer skenirajoča laserska oftalmoskopija (HRT) in skenirajoča laserska polarimetrija (GDx).

Optična koherenčna tomografija (OCT) je neinvazivna preiskovalna metoda, s katero dobimo *in vivo* prečne prereze mrežnice, ki imajo visoko ločljivost. Klasični OCT meri zakasnitev odbite ali razpršene svetlobe od površin, ki jih preiskuje (analogno ultrazvoku) z interferometrom tako, da mehanično skenira referenčno razdaljo. Svetlobne od-

boje z različno zakasnitvijo zazna v različnih časovnih intervalih (»time-domain« tehnologija). V diagnostiki glavkoma se OCT uporablja od leta 1995.<sup>1</sup> Pri večini raziskav s področja glavkoma je bil uporabljen Stratus OCT (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA), ki temelji na t.i. »time-domain« tehnologiji. Nova tehnologija, vključena v OCT, t.i. spektralna ali Fourierjeva, je izboljšala ločljivost in hitrost skeniranja OCT. Pri merjenju zakasnitve od tkiva odbite svetlobe z interferometrom uporablja Fourierjevo spektrometrično metodo. Odbito svetlobe meri hkrati in ne zaporedno kot klasični (»time-domain«) OCT, zato ima boljšo aksialno ločljivost (5  $\mu\text{m}$ ; StratusOCT 10  $\mu\text{m}$ ) in 50-krat večjo hitrost skeniranja.<sup>2</sup> Stratus OCT meri debelino PRŽV vzdolž kroga premera 3,4 mm, ki je centriran na papilo na temelju 512 A-skenov. Debelina PRŽV, ki obdaja papilo, ima 2 značilna vrhova; z enim vrhom v zgornjem ter drugim v spodnjem kvadrantu.

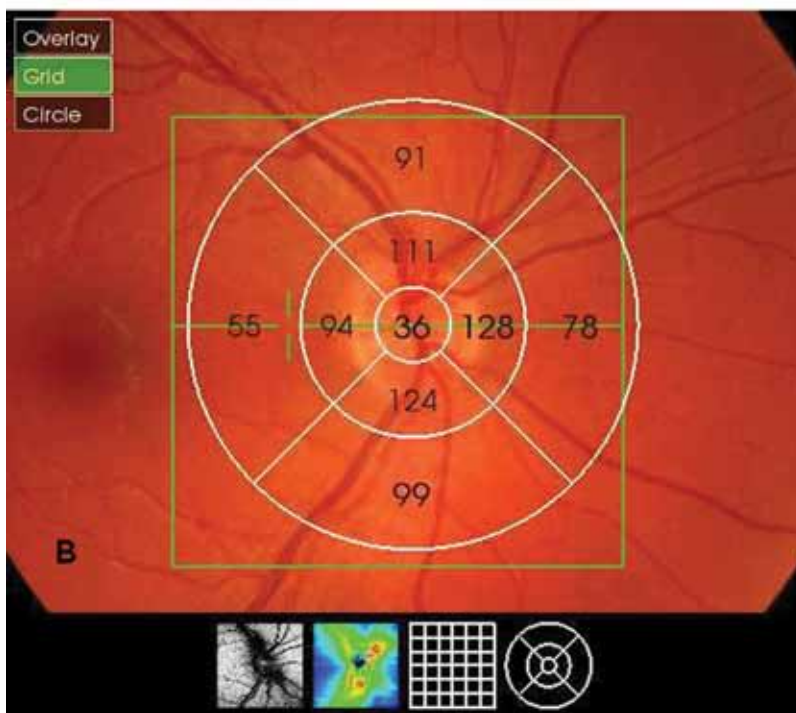
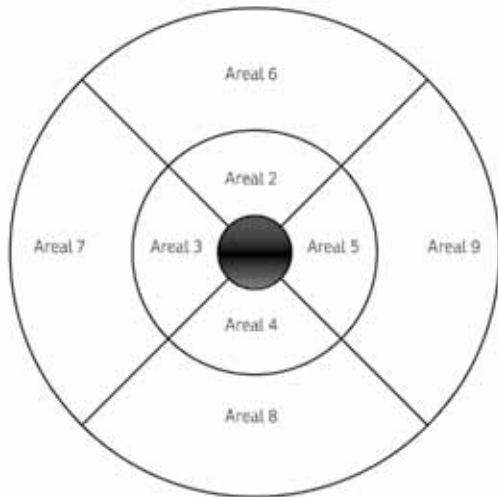
Meritve PRŽV okrog papile z visoko ločljivostnim »Fourier-domain« (FD) 3D-OCT (Topcon) pa temeljijo na večji gostoti skenov (512 x 128 B (aksialnih) skenov na področju 6 x 6 mm), zato je na voljo več podatkov za analizo PRŽV. Ponovljivost meritev debeline PRŽV s Topconovim 3D-OCT je bila dobra in neodvisna od preiskovalca, če so bili vključeni skeni dobre kakovosti (kakovost skena določi avtomatsko vključen programski algoritem: Q-faktor<sup>3</sup> 45).<sup>3</sup>

Z raziskavo smo želeli s Topconovim 3D-OCT 1000 izmeriti debelino PRŽV okrog papile pri zdravih osebah in bolnikih z glavkomom z različno stopnjo okvare in ugotoviti, kateri parametri najboljše razločujejo zdrave od glavkomske skupine in zdrave oči od preperimetričnega glavkoma.

## Metode

### Preiskovanci

V raziskavo smo po predhodnem obveščenem pristanku vključili 19 zdravih oseb (19 oči – kontrolna skupina) in 51 glavkomskih bolnikov z različno stopnjo okvare (51 oči). Merila za vključitev med zdrave preiskovance so bila: starost 40 let ali več, vidna ostrina po Snellenu<sup>3</sup> 0,8, očesni tlak  $\leq$



**Slika 2:** A: Shema ETDRS mreže za določitev debeline plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV). Temen krog v sredini nad papilo (areal 1) smo izključili pri analizi. Povprečno debelino PRŽV smo izračunali za obroč 1 (areali 2–5) in za obroč 2 (areali 6–9). B: Slika očesnega ozadja s papilo in mrežo ETDRS centrirano na papili. Vrednosti so povprečne debeline PRŽV v posameznih predelih mreže v mikronih določene z avtomatskim algoritmom naprave.

21 mmHg, normalna statična perimetrija, sferična refraktivna napaka  $< \pm 5D$ , astigmatizem  $< \pm 2,5D$ , normalen izgled papile in odsotnost drugih očesnih bolezni ter sladkorne bolezni.<sup>4</sup>

V glavkomsko skupino so bili vključeni bolniki, starejši od 40 let, ne glede na vrednost očesnega tlaka, pri katerih je bila prisotna značilna glavkomska okvara na papili

(difuzno ali lokazirano stanjšanje nevreoretinskega obroča, asimetrija v ekskavaciji papile, večja kot 0,2 ob enaki obliki in velikosti papile), sferična refraktivna napaka  $< \pm 5D$ , astigmatizem  $< \pm 2,5D$ , odsotnost sladkorne bolezni in drugih očesnih bolezni, ki bi lahko vplivale na vidno polje. Glavkomske bolnike smo razvrstili v posamezne skupine glede na spremembe v statični perimetriji:

- Preperimetrični glavkom: normalna statična perimetrija z značilno glavkomsko spremembo papile.
- Začetni glavkom: ponovljivi glavkomski izpadi v vidnem polju s povprečnim odklonom (»mean defect« MD), manjšim kot 6 dB. Glavkomski izpad v statični perimetriji smo opredelili kot a) zmanjšana svetlobna občutljivost<sup>3</sup> 5 dB na 3 ali več sosednjih mestih vidnega polja; b) zmanjšana svetlobna občutljivost<sup>3</sup> 10 dB na 2 ali več sosednjih mestih; ali c) razlika<sup>3</sup> 10 dB med 2 ali več mesti preko nazalnega horizontalnega meridiana.<sup>5</sup>
- Srednje hudi glavkom:  $6 \text{ dB} \leq \text{MD} < 12 \text{ dB}$  (enak ali večji od 6 dB ter manjši od 12 dB).
- Hud glavkom:  $\text{MD}^3$  (enak ali večji kot) 12 dB.

Pri vseh preiskovancih je bila napravljena statična perimetrija Octopus, Tendency Oriented Perimetry (TOP) strategija, glavkomski program G2. Vključena so bila vidna polja, pri katerih je bil delež lažno negativnih in lažno pozitivnih odgovorov manjši kot 25 %.

### Preiskava s 3D-OCT

Preiskava s 3D-OCT (Topcon) je bila narejena pri širokih zenicah po predhodnem kapanju 1-odstotnega tropikamida (Mydracil®). Preiskovanec je imel postavljeno fiksacijsko točko tako, da je bila papila v središču skeniranega področja velikosti 6x6 mm in gostote 512x128 B-skenov. OCT je povezan z barvno fundus kamero. Hkrati s skeniranjem poteka tudi slikanje in shranjevanje fotografije očesnega ozadja. Računalniški program vsebuje algoritem za avtomatsko izračunavanje debeline PRŽV v  $\mu\text{m}$ . Debelino PRŽV smo določili na 2 načina. Prvič vzdolž kroga premera 3,4 mm (kot ga upo-

**Tabela 1:** Povprečne vrednosti debeline plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) v mikronih vzdolž 3,4 mm kroga in v posameznih predelih mreže EDTRS pri zdravi in glavkomske skupini.

Povprečna debelina PRŽV (SD) $\mu\text{m}$	Kontrolna skupina (N= 19 oči)	Glavkomska skupina (N=51 oči)	P*
<b>3,4 mm krog</b> Povprečna debelina PRŽV	90 (11)	61 (21)	<0,001
ST segment	100 (26)	71 (31)	0,003
SN segment	98 (25)	70 (34)	0,001
IT segment	110 (22)	66 (32)	0,03
IN segment	100 (22)	61 (28)	<0,001
T segment	66 (15)	49 (17)	<0,001
N segment	75 (14)	51 (20)	<0,001
ETDRS mreža Areal 2	95 (18)	50 (29)	<0,001
Areal 3	62 (25)	30 (19)	<0,001
Areal 4	104 (23)	52 (31)	<0,001
Areal 5	94 (23)	51 (31)	<0,001
Areal 6	76 (23)	56 (21)	0,001
Areal 7	47 (12)	40 (15)	0,09
Areal 8	80 (14)	48 (21)	<0,001
Areal 9	55 (12)	36 (16)	<0,001
Obroč 1 povpr.	88 (15)	45 (22)	<0,001
Obroč 2 povpr.	65 (10)	45 (16)	<0,001

\*T- test ;statistično značilno pri  $P < 0,05$   
SD –standardni odklon  
MS- povprečna občutljivost  
MD- povprečni odklon  
LV- izguba variance  
ST- zgornji temporalni;  
SN – zgornji nazalni  
IT – spodnji temporalni;  
IN – spodnji nazalni  
T – temporalni; N – nazalni

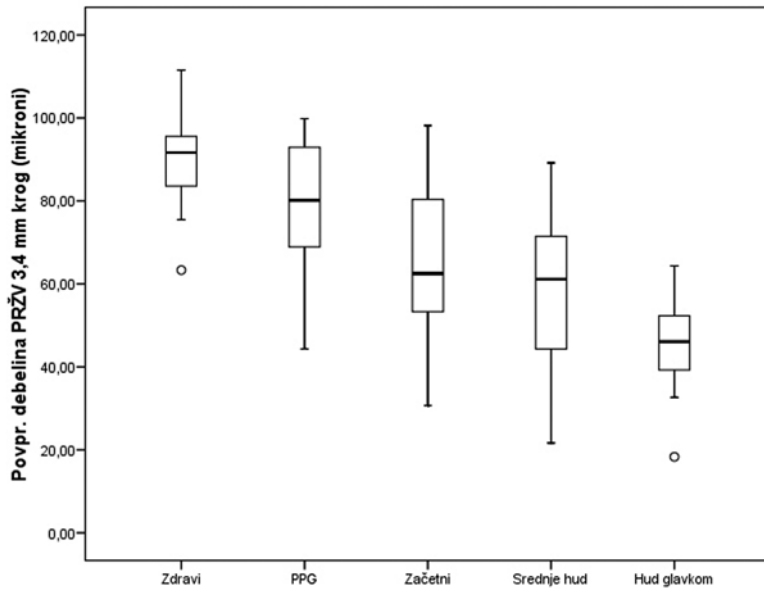
rablja Stratus OCT), ki smo ga centriralni na sredino papile (Slika 1 A, B, C). Krog je razdeljen na posamezne segmente, ki so ožji na zgornjem (zgornji temporalni segment in nazalni segment  $80^\circ$ ) in spodnjem polu (spodnji temporalni in nazalni segment), temporalni del ( $90^\circ$ ) in nazalni del ( $110^\circ$ ). Izračunali smo tudi povprečno debelino PRŽV vzdolž celotnega obsega 3,4 mm kroga. Pri drugem načinu smo uporabili mrežo ETDRS, ki smo jo centriralni na sredino vidnega živca (Slika 2 A, B). Notranji krog mreže ETDRS ima premera 500  $\mu\text{m}$ , srednji krog premera 3 mm in zunanji krog premer 6 mm. Notranji obroč smo izključili iz določitve PRŽV, ker leži nad papilo (areal 1). Da smo lahko enako ocenjevali levo in desno oko, smo priredili področja krogov tako, da je bilo levo oko zrcalna slika desnega in so areali 3 in 7 predstavljali temporalne kvadrante, 5 in 9 pa nazalne kvadrante. Izračunali smo še povprečno debelino PRŽV za

celoten srednji (obroč 1) in zunanji obroč (obroč 2).

Pri statistični obdelavi smo izračunali povprečne debeline PRŽV vzdolž 3,4 mm kroga in mreže ETDRS za zdrave in glavkomske bolnike. Za določitev razlike v povprečni debelini PRŽV med skupinama smo uporabili t-test za neodvisne vzorce in analizo variance za določitev razlik med glavkomske bolniki z različno stopnjo okvare. S površino pod "Receiver Operator Characteristic" (ROC) krivuljami smo opredelili, kateri parameter najbolje razločuje glavkomske od zdravih oči ter preperimetrični glavkom od zdravih. Uporabili smo statistični program SPSS 15.0 za Windows.

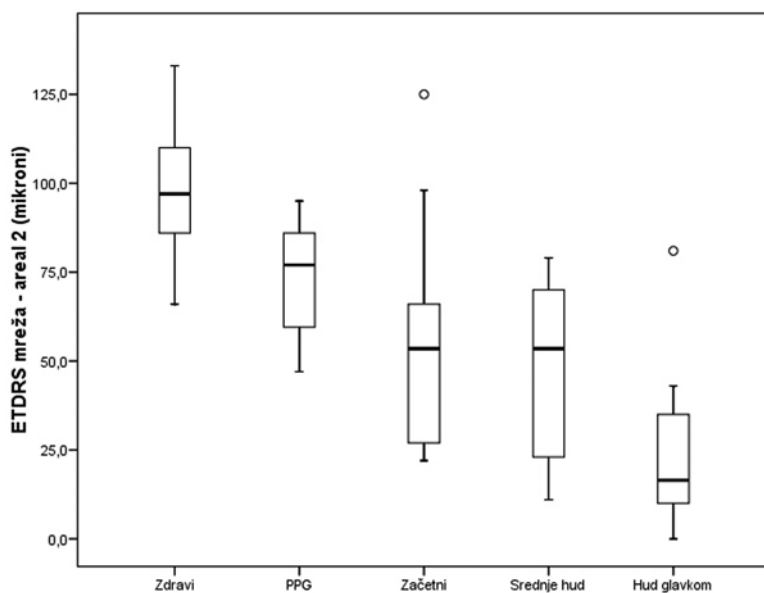
## Rezultati

Med kontrolno in glavkomske skupino ni bilo pomembne razlike v povprečni starosti [62,2 (standardni odklon  $SD \pm 9,4$ ) let pri



**Slika 3:** Povprečna debelina plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) 3,4 mm kroga pri zdravih in glavkomu z različno stopnjo okvare. PPG – preperimetrični glavkom

kontrolni in 66,8 (SD ± 7,0) let pri glavkomski skupini;  $P = 0,06$ ]. Od 19 zdravih oseb je bilo 9 žensk, od 51 glavkomskih bolnikov je bilo 33 žensk. Glede na stopnjo resnosti glavkoma je imelo 11 bolnikov preperimetrični, 14 bolnikov začetni, 14 bolnikov srednje hud glavkom in 12 bolnikov hud glavkom. Povprečna debelina PRŽV je bila v vseh



**Slika 4:** Povprečna debelina plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) areala 2 mreže ETDRS pri zdravih in glavkomu z različno stopnjo okvare. PPG – preperimetrični glavkom

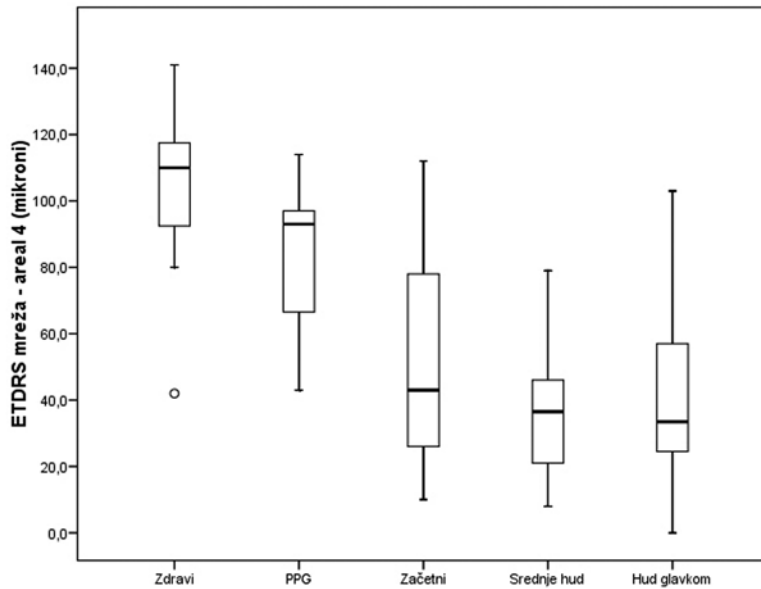
segmentih 3,4 mm kroga in ETDRS mreže značilno manjša pri glavkomski skupini, razen za areal 7 (temporalni predel zunanjega obroča mreže ETDRS) (Tabela 1). Glede na stopnjo okvare so bile med posameznimi glavkomskim skupinami statistično značilne razlike največje v naslednjih parametrih: povprečna debelina PRŽV vzdolž 3,4 mm kroga ter areal 2, areal 4 in obroč 1 mreže ETDRS (Slike 3–6).

Najboljši parametri za razločevanje med zdravimi in glavkomskimi očmi ter med zdravimi očmi in preperimetričnim glavkomom so bili obroč 1, areal 2 in 4 ter povprečna debelina PRŽV vzdolž 3,4 mm kroga (Slike 7 in 8). Pri 92 % specifičnosti je obroč 1 najboljši parameter za razločevanje zdravih od glavkomskih oči z občutljivostjo 84 % in oči s preperimetričnim glavkomom z občutljivostjo 74 %.

## Razpravljanje

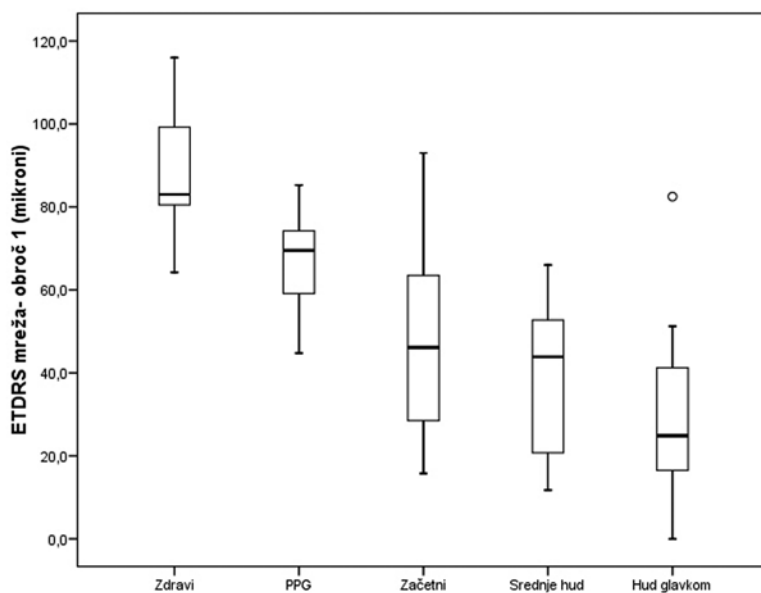
Optična koherentna tomografija z novo tehnologijo “Fourier domain” (FD) predstavlja zadnjo generacijo OCT. Zaradi boljše aksialne ločljivosti in hitrejšega skeniranja omogoča FD-OCT večjo gostoto skenov na večjih mrežničnih predelih. Stratus OCT 3, ki uporablja starejšo tehnologijo “time domain”, je debelino PRŽV okrog papile interpoliral na temelju 3 krožnih skenov premera 3,4 mm, centriranih na papilo. Z večjo gostoto skenov pri 3D-OCT dobimo podatke s področja velikosti 6 x 6 mm okrog papile in je verjetnost odkritja manjših, lokaliziranih izpadov PRŽV, ki so značilni za glavkom, večja. Menke in sodelavci<sup>3</sup> so za določanje ponovljivosti meritev PRŽV okrog papile uporabili ETDRS mrežo in ugotovili dobro ponovljivost meritev debeline PRŽV, zlasti v zgornjem in spodnjem kvadrantu ter za obroč 1 in 2. Ponovljivost meritev je bila dobra pri enem preiskovalcu, tudi razlike v ponovljivosti med 2 preiskovalcema so bile zelo majhne (0,9 μm za obroč 1 in 0,1 μm za obroč 2).

V naši raziskavi je bila povprečna vrednost debeline PRŽV 3,4 mm kroga pri zdravih očeh nekoliko nižja (89,9 μm), kot je bila določena s Stratus OCT (100,1 μm).<sup>6</sup> Budenz s sodelavci je ugotovil, da na izmerjeno de-



**Slika 5:** Povprečna debelina plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) areala 4 mreže ETDRS pri zdravih in glavkomu z različno stopnjo okvare. PPG – preperimetrični glavkom

belino PRŽV s Stratus OCT-jem pomembno vpliva starost, aksialna dolžina in površina papile.<sup>7</sup> V tej raziskavi so zdrave osebe razvrstili v starostne skupine in v starostni skupini od 60–69 let (povprečna starost zdravih oseb v naši raziskavi je bila 62 let) izmerili povprečno debelino PRŽV 3,4 mm kroga 97  $\mu$ m (v naši raziskavi 90  $\mu$ m).<sup>7</sup> Vendar pri-



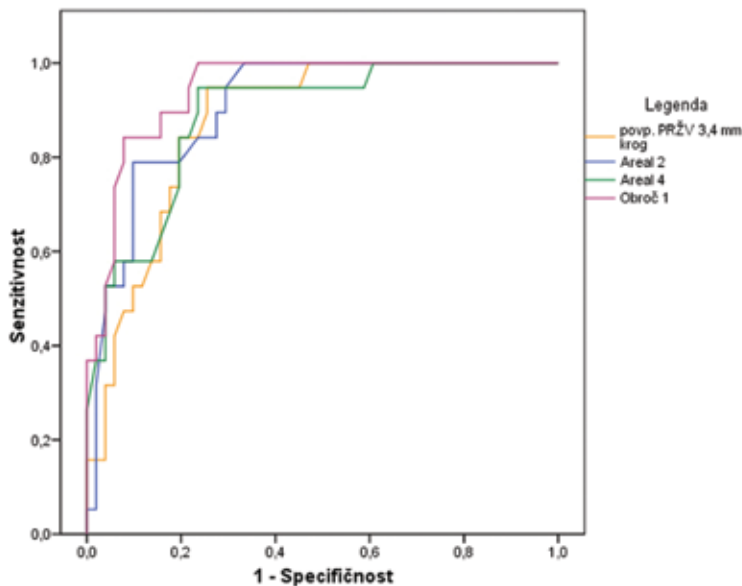
**Slika 6:** Povprečna debelina plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) obroča 1 mreže ETDRS pri zdravih in glavkomu z različno stopnjo okvare.

merjava med različnimi OCT napravami ni zanesljiva, saj se le-te lahko razlikujejo glede na algoritem določanja PRŽV, razlike v tehnologiji in uporabljenih protokolih skeniranja. Vzrok za različno debelino PRŽV je lahko tudi majhno število vključenih zdravih oseb v naši raziskavi. Velikost segmentov krožnega skena se med Stratus OCT in Topconovim 3D-OCT razlikuje, zato primerjava ni možna.

Za določitev debeline PRŽV okrog papile smo uporabili tudi mrežo ETDRS, ki je namenjena analizi debeline mrežnice v makuli. Notranji obroč mreže ETDRS ima premer 500 mikronov. Povprečni premer papile je največkrat večji kot notranji obroč, zato smo ga izključili iz analize. Robovi papile pogosto segajo v področje obroča 1 (areali 2–5). Pri analizi smo uporabili računalniški program, ki avtomatsko določi debelino PRŽV.

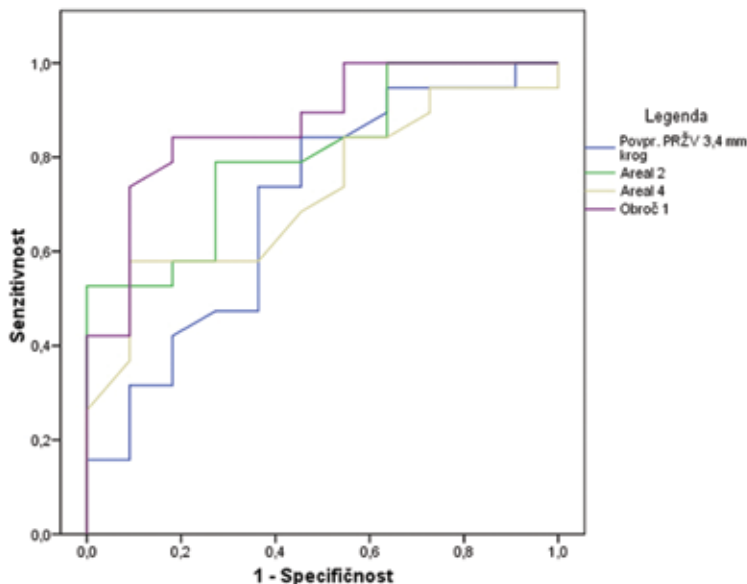
V naši raziskavi je povprečna debelina PRŽV za področja 2–9 manjša kot vrednosti izmerjene v edini objavljeni raziskavi pri 38 zdravih preiskovancih z enako napravo in uporabljenim enakim protokolom.<sup>3</sup> Manjše vrednosti so lahko posledica večje starosti preiskovancev (62 let v naši raziskavi, v primerjani 26 let), majhnega števila vključenih oseb in različnih velikosti papil. Ker mrežo ETDRS s fiksnimi premeri krogov centriramo na papilo, je od velikosti papile odvisno, na kateri razdalji od papile bomo določali debelino PRŽV. Pri zdravih osebah je debelina PRŽV okrog papile obratno sorazmerna z razdaljo od centra papile. Največja debelina PRŽV je na zgornjem in spodnjem polu na razdalji 1,5 mm od sredine papile in se od te razdalje linearno manjša v vseh kvadrantih, razen v nazalnem delu, kjer se PRŽV že od roba papile linearno zmanjšuje.<sup>8</sup>

Razlika v debelini PRŽV med zdravimi in glavkoma očmi so bile največje v obroču 1, arealu 2 in 4 ter v 3,4 mm krožnem skenu (Slike 3–6), vendar se vrednosti debeline PRŽV med zdravimi in začetnim glavkomom ter med posameznimi stopnjami glavkomske okvare delno prekrivajo. Parametri, ki so najbolj razločevali zdrave od vseh glavkoma očmi, so bili obroč 1 (površina pod ROC krivuljo 0,944, areal 2 - zgornji kvadrant (PROC 0,906), areal 4 – spodnji kvadrant (PPROC 0,887) in povprečna de-



**Slika 7:** »Receiver Operator Characteristic « (ROC) krivulje za parametre z najboljšo sposobnostjo razločevanje zdravih od glavkomskih oči (površina pod ROC krivuljo za obroč 1 = 0,944; Areal 2 = 0,906, Areal 4 = 0,887 in za povprečno debelino plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) vzdolž 3,4 mm kroga = 0,872).

belina PRŽV 3,4 mm kroga (PROC 0,872). (Sliki 7 in 8). Največje površine pod krivuljo ROC s Stratus OCT so bile ugotovljene za spodnji in zgornji kvadrant ter za povprečno debelino PRŽV 3,4 mm kroga. S Stratus



**Slika 8:** »Receiver Operator Characteristic « (ROC) krivulje za parametre z najboljšo sposobnostjo razločevanje zdravih oči od oči s preperimetričnim glavkomom (površina pod krivuljo ROC za obroč 1 = 0,873; Areal 2 = 0,806, Areal 4 = 0,722 in za povprečno debelino plasti retinalnih živčnih vlaken (PRŽV) vzdolž 3,4 mm kroga = 0,684).

OCT je bila površina pod krivuljo ROC za povprečno debelino PRŽV 3,4 mm krožnega skena večja (0,966), vendar so bili vključeni le glavkomski bolniki z izpadi v vidnem polju, v naši raziskavi so bili vključeni tudi bolniki s preperimetričnim glavkomom.<sup>9</sup> V raziskavah s Stratus OCT so imeli dobro ločljivost spodnji (PROC 0,84–0,971) in zgornji kvadrant (PROC 0,81–0,952) 3,4 mm krožnega skena.<sup>9,10</sup>

Pri 92 % specifičnosti je bil obroč 1 najboljši parameter za razločevanje zdravih od glavkomskih oči z občutljivostjo 84,2 %. Obroč 1 (presečna vrednost za obroč 1–80  $\mu$ m) je tudi najbolje razločeval med zdravimi in očmi s preperimetričnim glavkomom in zgodnjim glavkomom, pri 80 % in 91 % specifičnosti je bila njegova občutljivost 84 % in 73,7 %.

Optična koherenčna tomografija je objektivna metoda, s katero lahko na neinvaziven način kvantitativno in objektivno določimo debelino PRŽV. Z novejšo tehnologijo FD je gostota skenov večja, kar lahko odkrije manjše lokalizirane spremembe v PRŽV, ki so najpogostejše pri začetnem glavkomu. Pri očeh z značilnimi glavkomskimi spremembami na papili in normalnimi vidnimi polji smo pri 74 % z OCT potrdili glavkomsko okvaro. Za izključitev lažno pozitivnih rezultatov pa je potrebno spremljanje in dokumentiranje napredovanja bolezni s prvimi izpadi v vidnem polju. V prihodnosti je potrebno razviti normativno podatkovno bazo debeline PRŽV, ki v času poteka raziskave ni bila izdelana. Zaradi velike variabilnosti v velikosti papil bi bilo koristno izboljšati protokole skeniranja, ki bi omogočili določanje debeline PRŽV glede na oddaljenost od roba papile.

## Literatura

1. Schuman JS, Hee MR, Arya AV, et al. Optical coherence tomography: a new tool for glaucoma diagnosis. *Curr Opin Ophthalmol* 1995; 6: 89–95.
2. Wojtkowski M, Srinivasan V, Fujimoto JG, et al. Three-dimensional retinal imaging with high-speed ultrahigh-resolution optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2005; 112: 1734–46.
3. Menke MN, Knecht P, Sturm V, Dabov S, Funk J. Reproducibility of Nerve Fiber Layer Thickness Measurements using 3D Fourier-Domain OCT (Topcon 3D-OCT1000). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49:

4. Oshitari T, Hanawa K, Adachi-Usami E. Changes of macular and RNFL thicknesses measured by Stratus OCT in patients with early stage diabetes. *Eye* 2008;
5. Caprioli J. Automated perimetry in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1991; 111: 235–9.
6. Miglior S, Riva I, Guareschi M, et al. Retinal sensitivity and retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2007; 144: 733–40.
7. Budenz DL, Anderson DR, Varma R, et al. Determinants of normal retinal nerve fiber layer thickness measured by Stratus OCT. *Ophthalmology* 2007; 114: 1046–52.
8. Gabriele ML, Ishikawa H, Wollstein G, et al. Peripapillary nerve fiber layer thickness profile determined with high speed, ultrahigh resolution optical coherence tomography high-density scanning. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 3154–60.
9. Budenz DL, Michael A, Chang RT, McSoley J, Katz J. Sensitivity and specificity of the StratusOCT for perimetric glaucoma. *Ophthalmology* 2005; 112: 3–9.
10. Zangwill LM, Bowd C, Berry CC, et al. Discriminating between normal and glaucomatous eyes using the Heidelberg Retina Tomograph, GDx Nerve Fiber Analyzer, and Optical Coherence Tomograph. *Arch Ophthalmol* 2001; 119: 985–93.