

**PENGARUH KADAR SERUM VITAMIN D PADA PANJANG
AKSIAL DENGAN KETEBALAN KOROID PADA PASIEN MIOPIA
DI RUMAH SAKIT PROF. CHAIRUDDIN PANUSUNAN LUBIS
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA DAN RUMAH SAKIT
JEJARING**

Ahmad Azmi Hasyim¹, Aryani Atiyatul Amra², Delfi³
azmihasyim17@gmail.com¹, aryaniamra@yahoo.com², delfimata00@gmail.com³
Universitas Sumatera Utara

ABSTRAK

Pendahuluan: Hubungan erat antara perubahan ketebalan koroid (choroidal thickness, CT) dan perubahan pertumbuhan mata pada manusia menunjukkan peran penting koroid dalam mekanisme regulasi pertumbuhan mata dan terjadinya gangguan refraksi. Vitamin D, dengan perannya dalam pengaturan metabolisme kalsium dan efek antiinflamasi, dapat membantu mempertahankan ketebalan koroid dan mencegah perubahan struktural yang berlebihan pada mata yang terkait dengan pemanjangan aksial. Metode: Penelitian ini merupakan sebuah studi analitik dengan pendekatan desain penelitian cross-sectional sehingga pengukuran dari panjang aksial dan ketebalan dari koroid diukur pada suatu waktu yang akan ditentukan setelah pasien didiagnosis dengan myopia di Poli Mata Rumah Sakit Prof. dr. Chairuddin Panusunan Lubis dan RS jejaring yang berada di wilayah Medan Pada bulan Juni 2024 hingga Agustus 2024. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan uji Korelasi Pearson jika data berdistribusi normal, apabila data tidak berdistribusi normal menggunakan uji korelasi Spearman. Hasil: Penelitian ini diikuti oleh sebanyak 63 orang penderita myopia, Kebanyakan subyek berjenis kelamin laki-laki berjumlah 34 orang (54%). Rerata usia subyek adalah 24,37 tahun dengan usia termuda 20 tahun dan tertua berusia 36 tahun. Nilai median kadar vitamin D pada kelompok penderita miopia ringan adalah 111 nmol/L, pada kelompok miopia sedang dengan median kadar vitamin D sebesar 102 nmol/L dan pada kelompok miopia berat dengan kadar vitamin D terendah dengan median 98 nmol/L. Nilai median panjang aksial pada kelompok penderita miopia ringan adalah 23,13 mm, pada kelompok miopia sedang dengan median panjang aksial 24,4 mm dan pada kelompok miopia berat dengan panjang aksial terpanjang dengan median 26,11 mm. Nilai median ketebalan koroid pada kelompok penderita miopia ringan adalah 291,31 μm , pada kelompok miopia sedang dengan median tebal koroid 290,41 μm dan pada kelompok miopia berat dengan tebal koroid tertipis dengan rerata 273,26 μm . Terdapat korelasi yang signifikan antara kadar vitamin D dengan panjang aksial ($p < 0,001$) dengan nilai korelasi -0,526 dan Kadar vitamin D berkorelasi signifikan dengan ketebalan koroid pada seluruh penderita miopia tanpa adanya pengelompokan berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$) dengan nilai korelasi sebesar 0,501. Kesimpulan: Terdapat korelasi negatif sedang antara kadar vitamin D dengan panjang aksial ($p < 0,001$; $r = -0,526$) dan korelasi positif sedang dengan ketebalan koroid ($p < 0,001$; $r = 0,503$) pada miopia secara keseluruhan.

Kata Kunci: Miopia, Vitamin D, Panjang Aksial, Ketebalan Koroid.

ABSTRACT

Introduction: The close relationship between changes in choroidal thickness (CT) and changes in eye growth in humans indicates an important role of the choroid in the mechanism of eye growth regulation and the occurrence of refractive disorders. Vitamin D, with its role in regulating calcium metabolism and anti-inflammatory effects, may help maintain choroidal thickness and prevent excessive structural changes in the eye associated with axial elongation. Methods: This study is an analytical study with a cross-sectional research design approach so that measurements of axial length and choroidal thickness were measured at a time to be determined after the patient was diagnosed with myopia at the Eye Clinic of Prof. Dr. Chairuddin Panusunan Lubis Hospital and

network hospitals in the Medan area from June 2024 to August 2024. The data obtained will be analyzed using the Pearson Correlation test if the data is normally distributed, if the data is not normally distributed using the Spearman correlation test. Results: This study was attended by 63 people with myopia, most of the subjects were male, totaling 34 people (54%). The average age of the subjects was 24.37 years with the youngest age being 20 years and the oldest being 36 years. The median vitamin D level in the mild myopia group was 111 nmol/L, in the moderate myopia group the median vitamin D level was 102 nmol/L and in the severe myopia group the lowest vitamin D level was 98 nmol/L. The median axial length in the mild myopia group was 23.13 mm, in the moderate myopia group the median axial length was 24.4 mm and in the severe myopia group the longest axial length was 26.11 mm. The median choroidal thickness in the mild myopia group was 291.31 μ m, in the moderate myopia group the median choroidal thickness was 290.41 μ m and in the severe myopia group the thinnest choroidal thickness was 273.26 μ m on average. There is a significant correlation between vitamin D levels and axial length ($p < 0.001$) with a correlation value of -0.526 and Vitamin D levels correlate significantly with choroidal thickness in all myopia patients without any grouping based on the degree of myopia ($p < 0.001$) with a correlation value of 0.501. Conclusion: There is a moderate negative correlation between vitamin D levels and axial length ($p < 0.001$; $r = -0.526$) and a moderate positive correlation with choroidal thickness ($p < 0.001$; $r = 0.503$) in myopia as a whole.

Keywords: Myopia, Vitamin D, Axial Length, Choroidal Thickness.

PENDAHULUAN

Miopia atau rabun jauh (shortsightedness) merupakan salah satu permasalahan terkait penginderaan yang sangat dapat memengaruhi kualitas hidup seorang individu, mengingat disabilitas yang diakibatkan oleh kondisi tersebut tidak memungkinkan penderitanya untuk hidup tanpa alat bantu seperti kacamata agar hidup dengan nyaman dan menjalankan aktivitasnya secara optimal. Miopia juga mendapatkan predikat sebagai kelainan refraksi atau bahkan kelainan oftalmologi yang paling sering didiagnosis pada populasi anak-anak dan dewasa muda.

Selanjutnya, miopia dapat diklasifikasikan berdasarkan jenisnya yaitu miopia anatomi dan miopia patologis, usia awitan, tingkat progresi, derajat dan teori perkembangan. Miopia fisiologis terjadi ketika komponen refraktif mata gagal mengakomodasi perubahan anatomis yang terjadi, berbeda dengan miopia patologis, yang terjadi ketika sistem optik mata berada di luar batas variasi biologis normal. Okafor et al., telah mengategorikan miopia berdasarkan tingkatan menjadi miopia sangat rendah $<1,00$ D, miopia rendah 1-3 D, miopia moderat atau sedang $>3-6$ D, miopia tinggi $>6-10$, dan miopia sangat tinggi >10).^{2,4} Dengan demikian, miopia merupakan suatu patologi yang cukup kompleks baik berdasarkan tampilan klinis ataupun faktor yang memengaruhi, meskipun pemahaman patofisiologinya yang relatif sederhana yaitu bayangan refraksi jatuh di depan retina.

Kelainan refraksi atau miopia secara khusus dapat terjadi ketika faktor yang berperan dalam fungsi refraksi mengalami kelainan ataupun kegagalan dalam mengakomodasi. Empat faktor utama yang berkontribusi terhadap status refraksi adalah aqueous dan vitreous humor, kornea, dan lensa. Ketika lensa dan kornea tidak dapat untuk "menetralkan" perubahan dari panjang aksial, kelainan refraksi seperti hiperopia atau miopia dapat terjadi. Perubahan proporsi dari AL dari batas fisiologis diduga berkaitan dengan pertumbuhan mata yang dipengaruhi oleh mekanisme adaptif akibat fungsi refraksi yang terjadi lebih sering pada suatu kondisi spesifik. Sebagai contoh, ketika mata terbiasa digunakan untuk melihat objek pada jarak yang lebih dekat, AL akan cenderung mengalami pemanjangan sehingga bayangan yang direfraksikan oleh kornea dan lensa jatuh relatif di depan retina; sehingga miopia terjadi akibat iregularitas dari kornea dan lensa dalam menjalankan fungsi tersebut.^{5,6}

AL sendiri dapat didefinisikan sebagai jarak antara kornea hingga epitel pigmentasi retina atau membran retina internal. AL juga dikenal sebagai salah satu variabel penting yang dinilai ketika seorang klinisi mengevaluasi kelainan refraksi pada mata, terutama miopia yang memiliki kaitan erat dengan pemanjangan nilai AL secara keseluruhan. Meskipun demikian, fokus yang relatif terlalu berlebih telah diberikan kepada AL oleh berbagai fasilitas kesehatan ataupun panduan diagnosis dari kelainan refraksi, hingga variabel lain seperti ketebalan koroid belum terlalu dieksplorasi secara ekstensif.^{5,6} Menariknya, koroid sendiri diduga memainkan peranan yang sangat penting dalam patofisiologi miopia, terutama miopia dengan derajat keparahan yang lebih tinggi. Koroid sendiri adalah jaringan vaskular yang memainkan berbagai peran penting dalam fisiologi normal mata, seperti menyuplai oksigen dan nutrisi ke retina luar serta mengatur tekanan intraokular (TIO).⁷

Hubungan erat antara perubahan ketebalan koroid (choroidal thickness, CT) dan perubahan pertumbuhan mata pada manusia menunjukkan peran penting koroid dalam mekanisme regulasi pertumbuhan mata dan terjadinya gangguan refraksi. Meskipun mekanisme molekuler yang menghubungkan koroid dengan perubahan pertumbuhan okular masih belum dipahami seutuhnya, lokasi anatomi koroid yang berada di antara retina dan sklera menunjukkan potensi peran koroid dalam pengiriman molekul sinyal retinal atau faktor-faktor pertumbuhan ke sklera, atau mungkin juga peran dalam produksi berbagai jenis faktor pertumbuhan yang dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhan sklera. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam teknologi tomografi koherensi optik (optical coherence tomography) telah meningkatkan kemampuan klinisi dalam menggambarkan dan mengukur koroid pada mata manusia melalui modalitas imaging tersebut.

Peningkatan panjang aksial yang terjadi pada miopia biasanya berhubungan dengan penipisan koroid. Hal ini dapat disebabkan oleh peregangan fisik dari bola mata yang memanjang, yang mengurangi ketebalan koroid. Vitamin D, dengan perannya dalam pengaturan metabolisme kalsium dan efek antiinflamasi, dapat membantu mempertahankan ketebalan koroid dan mencegah perubahan struktural yang berlebihan pada mata yang terkait dengan pemanjangan aksial.⁵

Meskipun hubungan ini masih membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk sepenuhnya dipahami, beberapa studi menunjukkan bahwa individu dengan kadar vitamin D yang lebih rendah cenderung memiliki panjang aksial yang lebih panjang dan ketebalan koroid yang lebih tipis, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan risiko miopia. Penelitian jangka panjang diperlukan untuk mengeksplorasi apakah peningkatan kadar vitamin D dapat memperlambat pemanjangan aksial dan mempertahankan ketebalan koroid, yang pada akhirnya dapat mencegah atau mengurangi perkembangan miopia.⁵

Mengingat adanya kemungkinan kaitan antara kelainan refraksi seperti miopia terhadap CT dan variabel lainnya yang sudah lebih dikenal seperti AL, tentu mengevaluasi hubungan antara kedua variabel tersebut akan menjadi konsep penelitian ilmiah yang potensial. Apabila korelasi antar keduanya dapat dianalisis secara statistik, estimasi terhadap CT ataupun AL menggunakan salah satu variabel akan sangat mungkin dilakukan e.g., semakin panjang AL maka akan semakin tebal atau tipis CT. Dengan demikian, dilakukannya penelitian ini di salah satu fasilitas kesehatan terbesar di Sumatera Utara atau bahkan Indonesia diharapkan dapat memberikan data yang representatif terkait evaluasi variabel anatomis pada kelompok pasien yang sudah mengalami kelainan refraksi seperti miopia.

METODE PENELITIAN

Teknik Analisis Data

Hasil pengolahan data yang ada dibentuk dan dijelaskan menggunakan tabel secara deskriptif dalam bentuk penjelasan narasi. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan uji Korelasi Pearson jika data berdistribusi normal, apabila data tidak berdistribusi normal menggunakan uji korelasi Spearman . Untuk menentukan derajat korelasi pengaruh kadar serum Vitamin D pada AL dan CT yang direpresentasikan dalam nilai r . Temuan nilai $P < 0,05$ akan dianggap signifikan secara statistik. Uji normalitas distribusi data akan dilakukan menggunakan metode penilaian Shaphiro-Wilk agar model presentasi data numerik yang optimal dapat ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Karakteristik Demografi Subyek Penelitian

Penelitian ini diikuti oleh sebanyak 63 orang penderita miopia yang datang berobat ke Poli Ilmu Kesehatan Mata RS CPL USU dan mahasiswa dan mahasiswi Fakultas Kedokteran penderita miopia di Rumah Sakit Prof. CPL Universitas Sumatera Utara.

Karakteristik demografi selengkapnya ditampilkan dalam tabel 1. Kebanyakan subyek berjenis kelamin laki-laki berjumlah 34 orang (54%). Rerata usia subyek adalah 24,37 tahun dengan usia termuda 20 tahun dan tertua berusia 36 tahun. Berdasarkan derajat miopia, terdapat sebanyak masing-masing 21 orang (33,3%) untuk penderita miopia ringan, sedang dan berat.

Tabel 1 Karakteristik Demografi Subyek Penelitian

Karakteristik Demografi	n = 63
Jenis Kelamin, n (%)	
Laki-Laki	34 (54)
Perempuan	29 (46)
Usia, tahun	
Rerata (SD)	24,37 (3,58)
Median (Min – Mak)	23 (20 – 36)
Derajat Miopia, n (%)	
Ringan	21 (33,3)
Sedang	21 (33,3)
Berat	21 (33,3)

Kadar Vitamin D, Visus, Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid berdasarkan Derajat Miopia

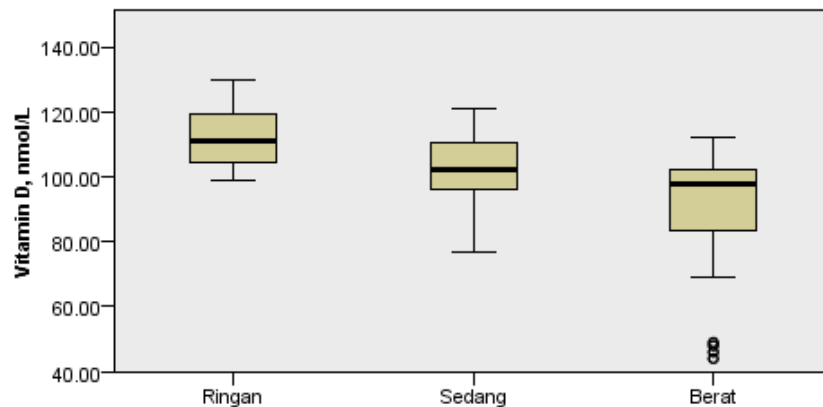
1. Kadar Vitamin D

Pada tabel 2 menampilkan nilai rerata (SD), median (minimum-maksimum) dari kadar vitamin D berdasarkan derajat miopia.

Tabel 2 Perbedaan Kadar Vitamin D berdasarkan Derajat Miopia

Derajat Miopia	Rerata (SD), nmol/L	Median (Min-Mak), nmol/L	p	Posthoc ^b	
				M. Sedang	M. Berat
Ringan	111,48 (8,49)	111 (99-130)	<0,001 ^a	0,001	<0,001
Sedang	101,62 (11,7)	102 (77-121)			0,014
Berat	87,71 (22,16)	98 (44 -112)			

^aKruskal Wallis, ^bDunn



Gambar 1 Grafik Boxplot Perbedaan Kadar Vitamin D

Berdasarkan Derajat Miopia

Nilai median kadar vitamin D pada kelompok penderita miopia ringan adalah 111 nmol/L, pada kelompok miopia sedang dengan median kadar vitamin D sebesar 102 nmol/L dan pada kelompok miopia berat dengan kadar vitamin D terendah dengan median 98 nmol/L. Dengan menggunakan uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar vitamin D yang signifikan berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Setelah dilakukan analisis uji posthoc menunjukkan bahwa antara masing masing derajat miopia terdapat perbedaan kadar vitamin D yang signifikan.

2. Visus

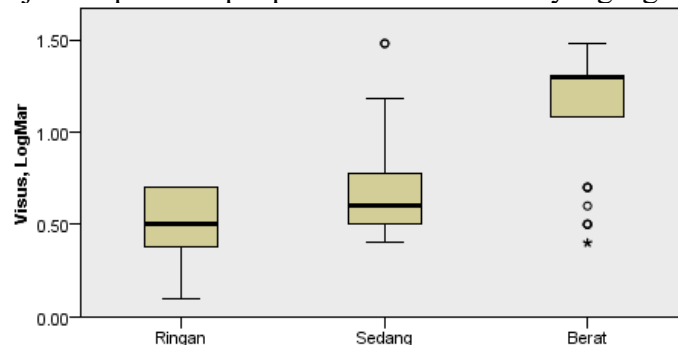
Pada tabel 3 menampilkan nilai rerata (SD), median (minimum-maksimum) dari visus berdasarkan derajat miopia.

Tabel 3 Perbedaan Visus berdasarkan Derajat Miopia

Derajat Miopia	Rerata (SD), logMar	Median (Min-Mak), logMar	p	Posthoc ^b	
				M. Sedang	M. Berat
Ringan	0,49 (0,18)	0,5 (0,1-0,7)	<0,001 ^a	0,025	<0,001
Sedang	0,7 (0,28)	0,6 (0,4-1,48)			<0,001
Berat	1,14 (0,33)	1,3 (0,4-1,48)			

^aKruskal Wallis, ^bDunn

Nilai median visus pada kelompok penderita miopia ringan adalah 0,49 logMar, pada kelompok miopia sedang dengan median visus 0,7 logMar dan pada kelompok miopia berat dengan visus tertinggi dengan median 1,14 logMar. Dengan menggunakan uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai visus yang signifikan berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Setelah dilakukan analisis uji posthoc menunjukkan bahwa antara masing masing derajat miopia terdapat perbedaan nilai visus yang signifikan.



Gambar 2 Grafik Boxplot Perbedaan Visus

Berdasarkan Derajat Miopia

3. Panjang Aksial

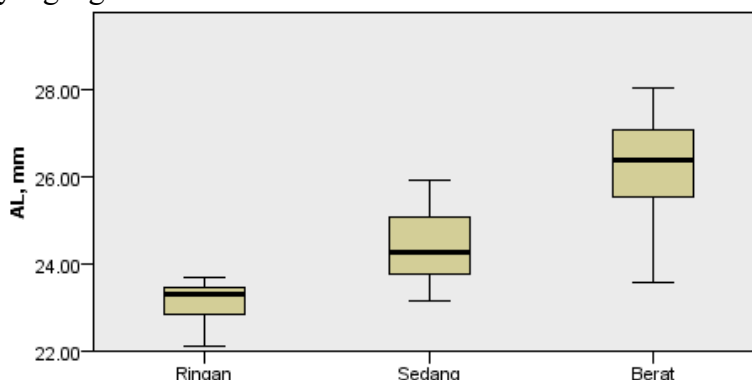
Pada tabel 4 menampilkan nilai rerata (SD), median (minimum-maksimum) dari panjang aksial berdasarkan derajat miopia.

Tabel 4 Perbedaan Panjang Aksial berdasarkan Derajat Miopia

Derajat Miopia	Rerata (SD), mm	Median (Min-Mak), mm	p	Posthoc ^b	
				M. Sedang	M. Berat
Ringan	23,13 (0,41)	23,29 (22,12-23,67)	<0,001 ^a	<0,001	<0,001
Sedang	24,4 (0,81)	24,26 (23,16-25,93)			<0,001
Berat	26,11 (1,36)	24,41 (23,56-28,06)			

^aKruskal Wallis, ^bDunn

Nilai median panjang aksial pada kelompok penderita miopia ringan adalah 23,13 mm, pada kelompok miopia sedang dengan median panjang aksial 24,4 mm dan pada kelompok miopia berat dengan panjang aksial terpanjang dengan median 26,11 mm. Dengan menggunakan uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan panjang aksial yang signifikan berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Setelah dilakukan analisis uji posthoc menunjukkan bahwa antara masing masing derajat miopia terdapat perbedaan panjang aksial yang signifikan.



Gambar 3 Grafik Boxplot Perbedaan Panjang Aksial

Berdasarkan Derajat Miopia

4. Ketebalan Koroid

Pada tabel 5 menampilkan nilai rerata (SD), median (minimum-maksimum) dari ketebalan koroid berdasarkan derajat miopia.

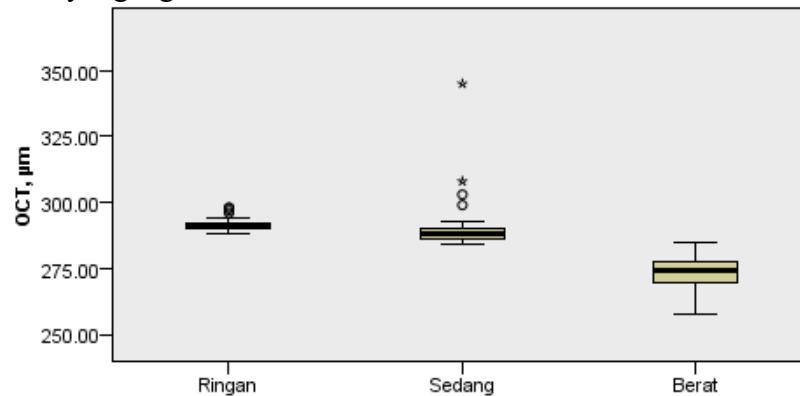
Tabel 5 Perbedaan Ketebalan Koroid berdasarkan Derajat Miopia

Derajat Miopia	Rerata (SD), μm	Median (Min-Mak), μm	p	Posthoc ^b	
				M. Sedang	M. Berat
Ringan	291,31 (2,4)	291 (288-298)	<0,001 ^a	0,014	<0,001
Sedang	290,41 (9,82)	288 (284-345)			<0,001
Berat	273,26 (6,3)	274 (258-285)			

^aKruskal Wallis, ^bDunn

Nilai median ketebalan koroid pada kelompok penderita miopia ringan adalah 291,31 μm , pada kelompok miopia sedang dengan median tebal koroid 290,41 μm dan pada kelompok miopia berat dengan tebal koroid tertipis dengan rerata 273,26 μm . Dengan menggunakan uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan ketebalan koroid yang signifikan berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Setelah dilakukan analisis uji posthoc menunjukkan bahwa antara masing masing derajat miopia terdapat perbedaan

ketebalan koroid yang signifikan.



Gambar 3 Grafik Boxplot Perbedaan Ketebalan Koroid

Berdasarkan Derajat Miopia

Hubungan Kadar Vitamin D dengan Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid

Pada tabel 6 menampilkan hasil analisis korelasi antara kadar vitamin D dengan panjang aksial dan ketebalan koroid.

Dengan menggunakan uji korelasi Spearman menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid pada penderita miopia ringan ($p=0,025$). Nilai korelasi yang diperoleh adalah 0,347. Tanda positif dari nilai korelasi berarti bahwa setiap peningkatan kadar vitamin D akan diikuti dengan peningkatan ketebalan koroid dengan tingkat kekuatan korelasi yang lemah ($r > 0,2 - 0,4$).

Tabel 6 Hubungan Kadar Vitamin D dengan Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid

Derajat Miopia	Variabel	n	Vitamin D	
			p*	r
Miopia Ringan	Panjang Aksial	42	0,284	-0,169
	Tebal Koroid	42	0,025	0,347
Miopia Sedang	Panjang Aksial	42	0,382	-0,138
	Tebal Koroid	42	0,184	-0,209
Miopia Berat	Panjang Aksial	42	0,458	0,118
	Tebal Koroid	42	0,037	0,323
Seluruh Miopia	Panjang Aksial	126	<0,001	-0,526
	Tebal Koroid	126	<0,001	0,503

**Spearman*

Pada kelompok penderita miopia berat juga ditemukan korelasi yang signifikan antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid ($p=0,037$). Nilai korelasi yang diperoleh adalah 0,323. Tanda positif dari nilai korelasi berarti bahwa setiap peningkatan kadar vitamin D akan diikuti dengan peningkatan ketebalan koroid dengan tingkat kekuatan korelasi yang lemah ($r > 0,2 - 0,4$).

Tidak ditemukan korelasi yang signifikan antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid pada penderita miopia sedang ($p=0,184$). Kadar vitamin D juga tidak ditemukan berkorelasi secara signifikan dengan panjang aksial pada masing-masing derajat miopia ($p>0,05$).

Tanpa pengelompokan derajat miopia, dengan menganalisis seluruh penderita miopia maka ditemukan korelasi yang signifikan antara kadar vitamin D dengan panjang aksial ($p<0,001$) dengan nilai korelasi -0,526. Tanda negatif dari korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang negatif artinya penurunan kadar vitamin D akan diikuti dengan

peningkatan ukuran panjang aksial penderita miopia. Tingkat kekuatan yang dihasilkan adalah sedang ($r > 0,4 - 0,6$).

Kadar vitamin D juga ditemukan berkorelasi signifikan dengan ketebalan koroid pada seluruh penderita miopia tanpa adanya pengelompokan berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$) dengan nilai korelasi sebesar 0,501. Tanda positif dari korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang positif artinya penurunan kadar vitamin D akan diikuti dengan penurunan ukuran ketebalan koroid penderita miopia. Tingkat kekuatan yang dihasilkan adalah sedang ($r > 0,4 - 0,6$).

Hubungan Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid

Pada tabel 7 menampilkan hasil analisis korelasi antara panjang aksial dan ketebalan koroid.

Tabel 7 Hubungan Panjang Aksial dengan Ketebalan Koroid Berdasarkan Derajat Miopia

Derajat Miopia	Variabel	n	Panjang Aksial	
			p*	r
Miopia Ringan	Tebal Koroid	42	0,012	-0,383
Miopia Sedang	Tebal Koroid	42	0,820	-0,036
Miopia Berat	Tebal Koroid	42	0,005	0,424
Seluruh Miopia	Tebal Koroid	42	<0,001	-0,673

**Spearman*

Dengan menggunakan uji korelasi Spearman menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara panjang aksial dengan ketebalan koroid pada penderita miopia ringan ($p=0,012$). Pada kelompok penderita miopia berat juga ditemukan korelasi yang signifikan antara panjang aksial dengan ketebalan koroid ($p=0,005$). Nilai korelasi yang diperoleh adalah 0,424. Tanda positif dari nilai korelasi berarti bahwa semakin bertambah panjang aksial akan diikuti dengan penurunan ketebalan koroid dengan tingkat kekuatan korelasi yang sedang ($r > 0,4 - 0,6$).

PEMBAHASAN

Karakteristik Demografis Penderita Miopia

Miopia merupakan salah satu masalah kesehatan global yang tergolong berdampak signifikan, terutama untuk wilayah Asia Timur dan Asia Tenggara, di mana prevalensinya yang terus meningkat seiring perubahan gaya hidup modern. Salah satu komplikasi yang dapat terjadi pada penderita miopia yaitu gangguan penglihatan yang bersifat ireversibel.⁵⁹ Maka dari itu, sangat diperlukan intervensi untuk mencegah progresi keparahan dari miopia. Dari studi sebelumnya, peranan vitamin D terhadap beberapa kondisi okular seperti age-related macular disease, retinopati diabetik, katarak, dan dry eye syndrome telah terbukti.⁶⁰ Mekanisme dari vitamin D dalam mencegah progresi beberapa kondisi tersebut yaitu dengan efek anti-inflamasi, antioksidan, dan neuroprotektif yang berperan dalam melindungi struktur mata dari kerusakan. Namun, untuk kasus miopia, masih terdapat perbedaan pendapat dari beberapa penulis mengenai peranan kadar serum vitamin D terhadap progresi penyakit ini.^{61,62} Maka dari itu, dalam penelitian ini, kami bertujuan untuk menilai pengaruh kadar serum vitamin D pada pasien dengan miopia. Parameter yang diukur adalah panjang aksial dan ketebalan koroid.

Pada penelitian ini, kami mendapatkan sebanyak 63 subjek yang memenuhi kriteria penelitian. Karakteristik dasar dari subjek yang dimasukkan dalam penelitian ini adalah dengan usia rerata $24,37 \pm 3,58$ tahun dan jenis kelamin laki-laki (54%). Berdasarkan derajat keparahan miopia, masing-masing terdapat 21 subjek (33,3%) untuk miopia derajat ringan, sedang, dan berat. Jika dibandingkan, pada penelitian yang dilakukan terhadap mahasiswa kedokteran di Universitas Diponegoro, rerata usia penderita yaitu $20,46 \pm 9,52$ tahun,

sedangkan mayoritas penderita ditemukan dengan jenis kelamin perempuan (57,4%).⁶³ Sayangnya, dalam penelitian tersebut tidak dilaporkan derajat keparahan miopia. Di sisi lain, pada penelitian yang dilakukan oleh Semenova et al. di Universitas Kazakhstani, didapatkan bahwa rerata usia pasien adalah 18 (18 – 19) tahun dan mayoritas penderita adalah perempuan (61,8%). Berdasarkan tingkat keparahannya, sebanyak 334 dengan miopia ringan (48,0%), 82 dengan miopia sedang (11,8%), dan 24 dengan miopia berat (3,4%).⁶⁴

Jika dilihat dari hasil penelitian kami dan hasil penelitian sebelumnya, maka dapat terlihat bahwa penderita miopia cenderung berusia <30 tahun. Temuan ini sesuai dengan laporan sebelumnya, di mana onset awal dari miopia disebutkan terjadi mulai dari usia 8 sampai 13 tahun. Progresi dari miopia akan terus berlanjut sampai usia dewasa, dengan kisaran peningkatan 1,00 diopters (D) pada rentang usia 20 sampai 30 tahun.⁶⁵ Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ducloux et al., kelompok usia yang lebih cenderung memiliki progresifitas miopia yang lebih tinggi yaitu kelompok usia 14 – 15 tahun (18,2%) dan kelompok usia 16 – 17 tahun (13,9%). Tingkat progresifitas yang tercatat pada kelompok usia 18 – 19, 20 – 21, 22 – 23, 24 – 25, 26 – 27, dan 28 – 29 secara berurutan yaitu 13,0%, 10,2%, 9,6%, 8,0%, 7,1%, dan 6,4%. Dari temuan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa progresi cenderung mengalami penurunan seiring pertambahan usia.⁶⁶ Selain itu, terlihat juga perbedaan prevalensi miopia berdasarkan jenis kelamin. Dalam beberapa studi sebelumnya, telah disebutkan bahwa miopia cenderung terjadi pada perempuan.^{67,68} Namun, dalam penelitian kami, ditemukan bahwa mayoritas subjek dengan jenis kelamin laki-laki. Terdapat beberapa alasan yang dapat menyebabkan perbedaan ini yaitu akibat perbedaan populasi ataupun karena perbedaan teknik pengambilan sample penelitian.

Kadar Vitamin D, Visus, Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid berdasarkan Derajat Miopia

Pada penelitian ini, kami menemukan bahwa terdapat perbedaan kadar vitamin D berdasarkan derajat miopia. Rerata kadar vitamin D yang ditemukan pada kelompok dengan miopia derajat berat yaitu $87,71 \pm 22,16$ nmol/L, sedangkan pada kelompok sedang dan ringan yaitu $101,62 \pm 11,7$ dan $111,48 \pm 8,49$ nmol/L. Perbedaan ini ditemukan bermakna secara statistik ($p < 0,05$). Laporan yang sesuai juga ditemukan pada penelitian oleh Viviyanti et al. Dalam penelitian tersebut, sebanyak 147 subjek miopia yang berusia 13 – 15 tahun di Kota Makassar dimasukkan kedalam penelitian. Nilai kadar vitamin D yang ditemukan pada kelompok derajat ringan adalah 57.38 (56.72 – 58.16) nmol/L, derajat sedang adalah 49.55 (48.76 – 51.71) nmol/L, dan derajat berat adalah 45.62 (44.75 – 46.22) nmol/L. Secara statistik, perbedaan yang dilaporkan juga ditemukan bermakna ($p < 0,001$).⁶⁹

Selain dari vitamin D, kami juga menilai perbedaan visus, panjang aksial, dan ketebalan koroid berdasarkan derajat miopia. Dari hasil analisis, kami menemukan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan untuk visus (ringan: $0,49 \pm 0,18$ logMar, sedang: $0,7 \pm 0,28$ logMar, berat: $1,14 \pm 0,33$ logMar), panjang aksial (ringan: $23,13 \pm 0,41$ mm, sedang: $24,4 \pm 0,81$ mm, berat: $26,11 \pm 1,36$ mm), dan ketebalan koroid (ringan: $291,31 \mu\text{m} \pm 2,4$, sedang: $290,41 \pm 9,82 \mu\text{m}$, berat: $273,26 \pm 6,3 \mu\text{m}$).

Panjang aksial merupakan salah satu parameter yang juga terpengaruh akibat progresi dari miopia. Maka dari itu, semakin berat derajat miopia, maka panjang aksial akan semakin tinggi. Hasil ini juga terlihat pada penelitian oleh Damara dan Ismail, di mana nilai panjang aksial pada kelompok dengan miopia ringan dan sedang yaitu hanya $19,75 \pm 1,02$ dan $23,02 \pm 0,67$ mm, sedangkan nilai pada kelompok miopia berat yaitu $25,72 \pm 2,16$.⁷⁰ Berdasarkan laporan dari Weise et al., penambahan 1D pada penderita miopia dengan usia

5 – 12 tahun akan meningkatkan panjang aksial sebanyak 0,04 mm. Selain itu, usia 1 tahun lebih muda juga mempengaruhi panjang aksial sebanyak 0,13 mm.⁷¹ Laporan serupa juga terlihat pada penelitian yang dilakukan oleh Flores-Moreno et al. Dalam penelitian tersebut, sebanyak 83 pasien dengan miopia berat dan 62 tanpa miopia dimasukkan ke dalam penelitian. Pada pengukuran panjang aksial, nilai reratanya pada kelompok dengan miopia berat yaitu $29,17 \pm 2,43$, sedangkan nilainya pada kelompok kontrol yaitu $23,07 \pm 0,78$. Selain dari panjang aksial, penelitian tersebut juga mendokumentasi perbedaan ketebalan koroid pada kedua kelompok.⁷² Rerata ketebalan koroid yang diukur pada kelompok dengan miopia berat yaitu $115,5 \pm 85,3 \mu\text{m}$, sedangkan pada kelompok kontrol yaitu $257,4 \pm 99,3 \mu\text{m}$. Berdasarkan bukti pada penelitian yang dilaporkan oleh Muhiddin et al., ketebalan koroid akan mengalami penurunan secara signifikan sesuai dengan derajat dari miopia, yang di mana miopia berat cenderung menyebabkan penipisan vaskularisasi koroid.⁷³

Hubungan Kadar Vitamin D dengan Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid Pada Penderita Miopia

Dua parameter penting yang telah disebutkan berkorelasi pada kasus miopia yang mengalami progresi yaitu panjang aksial dan ketebalan koroid. Dalam hal ini, berdasarkan hasil analisis kami, ditemukan bahwa terdapat korelasi antara kadar vitamin D dengan panjang aksial ($p < 0,001$; $r = -0,526$) dan ketebalan koroid ($p < 0,001$; $r = 0,503$) pada keseluruhan pasien miopia dalam penelitian kami. Pada analisis sesuai dengan derajat keparahan miopia, hanya ditemukan korelasi antara kadar vitamin D dan ketebalan koroid ($p = 0,025$; $r = 0,347$) pada miopia ringan, sedangkan tidak ditemukan pengaruh kadar vitamin D pada panjang aksial maupun ketebalan koroid pada miopia sedang. Pada miopia berat, ditemukan bahwa kadar vitamin D juga hanya berkorelasi dengan ketebalan koroid ($p = 0,037$; $r = 0,323$).

Meskipun tidak ditemukannya korelasi kadar vitamin D terhadap panjang aksial berdasarkan derajat keparahan miopia, namun korelasi kedua variabel terlihat jika dilakukan analisis pada keseluruhan subjek. Temuan ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Tidemen et al. Dalam penelitian yang melibatkan 2.666 anak berusia 6 tahun di negara Belanda, ditemukan bahwa rerata kadar 25(OH)D pada seluruh subjek adalah $68,8 \pm 27,5 \text{ nmol/L}$, sedangkan untuk rerata panjang aksial adalah $22,35 \pm 0,7 \text{ mm}$. Hasil analisis regresi linear dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa setiap peningkatan kadar 25(OH)D sebanyak 25 nmol/L secara signifikan berpengaruh terhadap panjang aksial ($\beta -0.038$; $P < 0.01$). Selain itu, setiap peningkatan 25 nmol/L akan menurunkan risiko miopia sebanyak 35% ($\text{OR} = 0,65$; 95%CI 0,46 – 0,92).⁷⁴ Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tao et al., kadar serum 25(OH)D yang tinggi dikaitkan dengan tingkat miopia yang lebih rendah. Secara statistik, kadar serum ini berkorelasi negatif dengan miopia ($\text{OR} = 0,98$; 95%CI 0,77 – 0,99; $p < 0,05$).⁷⁵ Sayangnya, dalam penelitian tersebut tidak dilakukan analisis lebih lanjut terhadap pengaruh vitamin D pada panjang aksial ataupun ketebalan koroid.

Pada penderita miopia, ketebalan koroid cenderung mengalami penurunan yang signifikan. Permasalahan ini telah dievaluasi pada meta-analisis yang dilakukan oleh Meng et al., di mana pasien pediatri yang mengalami miopia ditemukan mengalami penurunan ketebalan koroid secara signifikan.⁷⁶ Dari penelitian kami, telah berhasil diobservasi bahwa terdapat korelasi antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid pada penderita miopia ringan, berat, dan secara keseluruhan. Namun, kami menemukan bahwa tidak terdapat korelasi antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid pada penderita miopia sedang. Ketidaksesuaian ini mungkin disebabkan oleh karena sampel yang kurang representatif, sehingga terjadi bias hasil. Dari hasil penelusuran kami, kami mendapati bahwa belum terdapat laporan langsung mengenai peranan vitamin D terhadap ketebalan

koroid terkhusus pada kasus miopia. Tetapi, efek vitamin D pada terhadap ketebalan koroid pada pasien normal telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Seperti pada penelitian oleh Oncul et al., ketebalan koroid ditemukan mengalami penurunan secara signifikan pada pasien dengan defisiensi vitamin D. Setelah dilakukan pemberian vitamin D, terdokumentasi bahwa terjadi peningkatan pada ketebalan koroid. Hasil uji analisis pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid.⁷⁷ Akmaz et al. juga menemukan temuan yang serupa. Dalam penelitian mereka, kadar vitamin D yang rendah ditemukan secara signifikan berpengaruh negatif terhadap ketebalan koroid subfoveal ($p < 0,001$), nasal ($p < 0,001$), inferior ($p < 0,001$) dan superior ($p < 0,001$). Ketebalan koroid subfoveal, nasal, superior, dan inferior yang terukur pada kelompok defisiensi vitamin D adalah $323,63 \pm 47,79$, $172,97 \pm 47,56$, $174,57 \pm 39,93$, dan $148,68 \pm 37,22$. Sedangkan, ketebalan pada kelompok kontrol (non-defisiensi) adalah $364,79 \pm 35,62$, $211,7 \pm 46,84$, $209,3 \pm 37,89$, dan $186,91 \pm 38,48$. Dari temuan tersebut, maka dapat terlihat bahwa nilai ketebalan koroid cenderung lebih rendah pada penderita defisiensi vitamin D.

Hubungan Panjang Aksial dan Ketebalan Koroid Pada Penderita Miopia

Selain menilai korelasi vitamin D terhadap panjang aksial ataupun ketebalan koroid pada kasus miopia, kami juga melakukan analisis untuk menilai korelasi panjang aksial terhadap ketebalan koroid. Dari bukti penelitian sebelumnya, panjang aksial bola mata disebutkan sebagai salah satu faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan koroid. Xie et al. menemukan bahwa terdapat hubungan signifikan antara panjang aksial dengan penurunan ketebalan koroid pada central fovea ($p < 0,001$) dan parafoveal ($p < 0,001$).⁷⁹ Penelitian yang melibatkan 156 mata pasien pediatri dengan miopia oleh Zhu et al. mendokumentasi bahwa terdapat korelasi negatif antara ketebalan koroid dengan panjang aksial. Korelasi negatif ini berarti bahwa peningkatan panjang aksial akan mengurangi ketebalan koroid dan juga sebaliknya. Peneliti tersebut menyimpulkan bahwa penilaian ketebalan koroid menjadi indikator penting untuk menentukan progresifitas miopia pada pasien anak.

Hasil dari penelitian kami sedikit berbeda dengan laporan penelitian sebelumnya. Kami mendapati bahwa terdapat korelasi negatif lemah antara panjang aksial dengan ketebalan koroid pada miopia ringan ($p = 0,012$; $r = -0,383$) dan korelasi negatif kuat untuk keseluruhan miopia ($p < 0,001$; $r = -0,673$). Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya. Seperti pada laporan oleh Muhiddin et al., yang di mana peningkatan panjang aksial akan diikuti penurunan ketebalan koroid ($p < 0,05$).

KESIMPULAN

Karakteristik pasien miopia yang menjadi subjek penelitian ini adalah dengan usia rerata $24,37 \pm 3,58$ tahun, dengan mayoritas laki-laki (54%). Berdasarkan derajat miopia, terdapat sebanyak masing-masing 21 orang (33,3%) untuk penderita miopia ringan, sedang dan berat.

Terdapat perbedaan signifikan untuk nilai vitamin D berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Nilai rerata kadar vitamin D yang ditemukan pada kelompok miopia ringan, sedang, dan berat adalah $111,48 \pm 8,49$ nmol/L, $101,62 \pm 11,7$ nmol/L, dan $87,71 \pm 22,16$ nmol/L.

Terdapat perbedaan signifikan untuk visus berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Nilai rerata visus pada kelompok ringan, sedang, dan berat adalah $0,49 \pm 0,18$ logMAR, $0,7 \pm 0,28$ logMar, dan $1,14 \pm 0,33$ logMar. Terdapat perbedaan signifikan untuk panjang aksial berdasarkan derajat miopia ($p < 0,001$). Nilai rerata panjang aksial pada kelompok ringan, sedang, dan berat adalah $23,13 \pm 0,41$ mm, $24,4 \pm 0,81$ mm, dan $26,11 \pm 1,36$ mm.

Terdapat perbedaan signifikan untuk ketebalan koroid berdasarkan derajat miopia (p

<0,001). Nilai rerata ketebalan koroid pada kelompok ringan, sedang, dan berat adalah $291,31 \pm 2,4 \mu\text{m}$, $290,41 \pm 9,82 \mu\text{m}$, dan $273,26 \pm 6,3 \mu\text{m}$. Terdapat korelasi negatif sedang antara kadar vitamin D dengan panjang aksial ($p < 0,001$; $r = -0,526$) dan korelasi positif sedang dengan ketebalan koroid ($p < 0,001$; $r = 0,503$) pada miopia secara keseluruhan. Pada miopia ringan, hanya terdapat korelasi positif lemah antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid ($p = 0,025$; $r = 0,347$). Pada miopia sedang, tidak terdapat korelasi signifikan antara kadar vitamin D dengan panjang aksial maupun ketebalan koroid. Pada miopia berat, terdapat korelasi positif lemah antara kadar vitamin D dengan ketebalan koroid ($p = 0,037$; $r = 0,323$).

Terdapat korelasi negatif kuat antara panjang aksial dengan ketebalan koroid pada miopia secara keseluruhan ($p < 0,001$; $r = -0,673$). Berdasarkan derajatnya, ditemukan korelasi negatif lemah untuk miopia ringan ($p = 0,012$; $r = -0,383$), korelasi positif sedang untuk miopia berat ($p = 0,005$; $r = 0,424$), dan tidak ditemukan korelasi signifikan untuk miopia sedang ($p = 0,820$; $r = -0,036$).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka peneliti menyarankan untuk memberikan suplementasi vitamin D pada penderita miopia yang mengalami defisiensi vitamin D guna untuk mencegah progresi dari miopia.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan edukasi tentang miopia dan efek pemberian Vitamin D pada penderita Miopia serta dilakukan evaluasi panjang aksial dan ketebalan koroid pada penderita miopia yang mengalami defisiensi vitamin D yang dinilai sebelum pemberian vitamin D dan setelah terapi dengan dosis vitamin D terapeutik.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan analisis multivariat untuk menilai pengaruh dari variabel-variabel lain terhadap panjang aksial dan ketebalan koroid pada penderita miopia.

DAFTAR PUSTAKA

- Lanca C, Saw SM. The association between digital screen time and myopia: A systematic review. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2020;40(2):216–29.
- Subudhi P, Agarwal P. Myopia. *StatPearls* [Internet]; 2023.
- Wu PC, Huang HM, Yu HJ, Fang PC, Chen CT. Epidemiology of Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol.* 2016;5(6):386–93.
- Verkicharla P., Kammari P, Das AV. Myopia progression varies with age and severity of myopia. *PLoS One.* 2020;15(11):e2041759.
- Tideman WL, Snabel MCC, Tedja M. Association of Axial Length With Risk of Uncorrectable Visual Impairment for Europeans With Myopia. *JAMA Ophthalmol.* 2016;134(12):1355–63.
- Du R, Xie S, Igarashi-Yokoi T, Watanabe T, Uramoto K, Takahashi H, et al. Continued Increase of Axial Length and Its Risk Factors in Adults With High Myopia. *JAMA Ophthalmol.* 2021;139(10):1096–103.
- Read SA, Fuss JA, Vincent SJ, Collins MJ, Alonso-Caneiro D. Choroidal changes in human myopia: insights from optical coherence tomography imaging. *Clinical and Experimental Optometry. Clin Exp Ophthalmol.* 2019;102(3):270–85.
- Muhidin HS, Mayasari AR, Umar BT, Sirajuddin J, Pattelongi I, Islam IC, et al. Choroidal thickness in correlation with axial length and myopia degree. *Vision.* 2022;6(1):16.
- Wong CW, Brennan N, Ang M. Introduction and overview on myopia: a clinical perspective. *Updat Myopia A Clin Perspect.* 2020;1–26.
- Cooper J, Tkatchenko AV. A review of current concepts of the etiology and treatment of myopia. *Eye & contact lens. Eye Contact Lens.* 2018;44(4):231.
- Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, Tideman JW, Yam JC, Lan W, et al. IMI risk factors for myopia. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62(5):12–5.
- Theophanous C, Modjtahedi BS, Batech M, Marlin DS, Luong TQ, Fong DS. Myopia prevalence

- and risk factors in children. *Clin Ophthalmol*. 2018;12:1581–7.
- Shinojima A, Negishi K, Tsubota K, Kurihara T. Multiple Factors Causing Myopia and the Possible Treatments: A Mini Review. *Front Public Heal*. 2022;10(May):1–6.
- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5):1036–42.
- Sheeladavi S, Seelam B, Nukella PB, Borah RR, Ali R, Keay L. Prevalence of refractive errors, uncorrected refractive error, and presbyopia in adults in India: A systematic review. *Indian J Ophthalmol*. 2019;67(5):583–93.
- Morgan IG, French AN, Ashby RS, Guo X, Ding X, He M, et al. The epidemics of myopia: Aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res*. 2018;62:134–49.
- Xiang ZY, Zou HD. Recent Epidemiology Study Data of Myopia. *J Ophthalmol*. 2020;2020.
- Matsumura S, Ching-Yu C, Saw SM. Global epidemiology of myopia. *Updat Myopia A Clin Perspect*. :27–51.
- Booyesen DJ. Done at-1.00TM A Review of Myopia Control Strategies. *Univ Johannesburg*. 2016;
- Grzybowski A, Kanclerz P, Tsubota K, Lanca C, Saw SM. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol*. 2020;20(1):1–11.
- Basri S, Pamungkas SR, Arifian FF. Prevalensi Kejadian Miopia yang Tidak Dikoreksi pada Siswa MTSS Ulumul Quran Banda Aceh. *J Kedokt Nangroe Med*. 2020;2(4):1–8.
- Ariaty Y, Hengky HK. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Miopia pada Siswa/I Sd Katolik Kota Parepare. *J Ilm Mns dan Kesehat*. 2019;2(3):377–87.
- Nurjana N. Skrining Miopia pada Siswa Sekolah Dasar di Kabupaten Temanggung. *J Ilmu Kesehat Masy*. 2018;9(2):134–40.
- Palakkamanil M, Zakrzewski H. Myopia: Pathogenesis and clinical findings. *Calgary Guide. Ophthalmology*. 2015.
- Carr BJ, Stell WK. The science behind myopia. *Webvision Organ Retin Vis Syst*.
- Chakraborty R, Read SA, Vincent SJ. Understanding myopia: pathogenesis and mechanisms. *Updat myopia a Clin Perspect*. 2020;65–94.
- French AN, Ashby RS, Morgan IG, Rose KA. Time outdoors and the prevention of myopia. *Exp Eye Res*. 2013;114:58–68.
- Baird PN, Saw SM, Lanca C, Guggenheim JA, Smith EL, Zhou X, et al. Myopia. *Nat Rev Dis Prim*. 2020;6(1).
- Tiraset N, Poonyathalang A, Padungkiatsagul T, Deeyai M, Vichitkunakorn P, Vanikiet K. Comparison of visual acuity measurement using three methods: Standard etdrs chart, near chart and a smartphone-based eye chart application. *Clin Ophthalmol*. 2021;15:859–69.
- Marsden J, Stevens S, Ebri A. How to measure distance visual acuity. *Community Eye Heal*. 2014;27(85):16.
- Hudson Valley Eye Surgeons. Snellen Eye Chart. *WP Content*. 2023.
- Saluja G, Kaur K. Childhood Myopia and Ocular Development. *StatPearls [Internet]*; 2023.
- De Jong PTVM. Myopia: Its historical contexts. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(8):1021–7.
- Jones D. Measure Axial Length to Guide Myopia Management. *Clinical*. 2020.
- Chen Q, He J, Hu G, Xu X, Lv H, Yin Y, et al. Morphological Characteristics and Risk Factors of Myopic Maculopathy in an Older High Myopia Population—Based on the New Classification System (ATN). *Am J Ophthalmol*. 2019;208:356–66.
- Chamberlain P, Lazon de la Jara P, Arumugam B, Bullimore MA. Axial length targets for myopia control. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2021;41(3):523–31.
- Gifford KL, Richdale K, Kang P, Aller TA, Lam CS, Liu YM, et al. IMI – Clinical management guidelines report. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60(Imi):M184–203.
- Swiatczak B, Schaeffel F. Myopia: why the retina stops inhibiting eye growth. *Sci Rep*. 2022;12(1):21704.
- Tideman JW, Polling JR, Vingerling JR, Jaddoe VWV, Williams C, Guggenheim JA, et al. Axial length growth and the risk of developing myopia in European children. *Acta Ophthalmol*. 2018;96(3):301–9.
- Teberik K, Kaya M. Retinal and Choroidal Thickness in Patients with High Myopia without

- Maculopathy. *Pak J Med Sci.* 2017;33(6):1438–44.
- Flores-Moreno I, Lugo F, Duker JS, Ruiz-Moreno JM. The relationship between axial length and choroidal thickness in eyes with high myopia. *Am J Ophthalmol.* 2013;155(2).
- Logan NS, Radhakrishnan H, Cruickshank FE, Allen PM, Bandela PK, Davies LN, et al. IMI accommodation and binocular vision in myopia development and progression. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62(5).
- Liu G, Li B, Rong H, Du B, Wang B, Hu J, et al. Axial Length Shortening and Choroid Thickening in Myopic Adults Treated with Repeated Low-Level Red Light. *J Clin Med.* 2022;11(24):1–11.
- Lee SSY, Mackey DA. Prevalence and Risk Factors of Myopia in Young Adults: Review of Findings From the Raine Study. *Front Public Heal.* 2022;10(April):1–9.
- American Academy of Ophthalmology, Khadamy J. Eye in Numbers [Internet]. Eye. 2023 [cited 2023 Aug 2]. Available from: https://eyewiki.org/Eye_in_Numbers
- Chauhan K, Shahrokhi M, Huecker MR. Vitamin D. [Updated 2023 Apr 9]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441912/>.
- Viviyanti (2022). Korelasi kadar serum vitamin D3 (25(OH)D3) terhadap kejadian miopia pada anak usia 13 – 15 tahun. Tesis. Universitas Hasanuddin, Program Studi Ilmu Kesehatan Mata.
- Nair R, Maseeh A. Vitamin D: The "sunshine" vitamin. *J Pharmacol Pharmacother.* 2012 Apr;3(2):118-26. doi: 10.4103/0976-500X.95506. PMID: 22629085; PMCID: PMC3356951.
- Caban, M.; Lewandowska, U. Vitamin D, the Vitamin D Receptor, Calcitriol Analogues and Their Link with Ocular Diseases. *Nutrients* 2022, 14, 2353. <https://doi.org/10.3390/nu14112353>.
- Tideman JW, Polling JR, Voortman T, Jaddoe VW, et al. Low serum vitamin D is associated with axial length and risk of myopia in young children. *Eur J Epidemiol.* 2016 May;31(5):491-9. doi: 10.1007/s10654-016-0128-8. Epub 2016 Mar 8. PMID: 26955828; PMCID: PMC4901111.
- Choi, J. A., Kim, Y. J., & Lee, S. E. (2022). Effects of vitamin D supplementation on choroidal thickness in patients with vitamin D deficiency. *Journal of Clinical Medicine*.
- Kim, S. Y., Lee, E. J., & Kim, J. A. (2020). Vitamin D status and choroidal thickness in Korean adults. *BMC Ophthalmology*.
- Jabbar, M., Kiran, A., Fatima, N., Bodla, A. M., Qureshi, F., & Perveen, S. (2023). Effect of Vitamin D Supplement on Axial Length of Myopes: Effect of Vitamin D Supplement. *Pakistan Journal of Health Sciences*, 4(05). <https://doi.org/10.54393/pjhs.v4i05.778>
- Öncül, H., Alakus, M.F., Çağlayan, M., Yılmaz Öncül, F., Dag, U. & Arac, E., (2020). "Changes in choroidal thickness after vitamin D supplementation in patients with vitamin D deficiency." *Ophthalmology*, [online] 55(6), pp. 486-491. [Accessed 5 September 2024].
- Muhiddin HS, Mayasari AR, Umar BT, et al. Choroidal Thickness in Correlation with Axial Length and Myopia Degree. *Vision (Basel).* 2022;6(1):16. Published 2022 Mar 2. doi:10.3390/vision6010016
- Tarcin O, Yavuz DG, Ozben B, Telli A, Ogunc AV, et al. Effect of vitamin D deficiency and replacement on endothelial function in asymptomatic subjects. *J Clin Endocrinol Metab.* 2009 Oct;94(10):4023-30. doi: 10.1210/jc.2008-1212. Epub 2009 Jul 7. PMID: 19584181.
- Vural, E., Hazar, L., Çağlayan, M., Şeker, Ö., & Çelebi, A. R. C. (2020). Peripapillary choroidal thickness in patients with vitamin D deficiency. *European Journal of Ophthalmology*, 31(2), 578–583. doi:10.1177/1120672120902025
- Chan H-N, Zhang X-J, Ling X-T, et al. Vitamin D and Ocular Diseases: A Systematic Review. *International Journal of Molecular Sciences.* 2022; 23(8):4226. <https://doi.org/10.3390/ijms23084226>
- Chen Q, He J, Hu G, et al. Morphological Characteristics and Risk Factors of Myopic Maculopathy in an Older High Myopia Population-Based on the New Classification System (ATN). *Am J Ophthalmol.* 2019 Dec;208:356-366. doi: 10.1016/j.ajo.2019.07.010. Epub 2019 Jul 24. PMID: 31351050.
- Jung BJ, Jee D. Association between serum 25-hydroxyvitamin D levels and myopia in general Korean adults. *Indian J Ophthalmol.* 2020 Jan;68(1):15-22. doi: 10.4103/ijo.IJO_760_19.

- PMID: 31856458; PMCID: PMC6951132.
- Mutti DO, Marks AR. Blood levels of vitamin D in teens and young adults with myopia. *Optom Vis Sci.* 2011 Mar;88(3):377-82. doi: 10.1097/OPX.0b013e31820b0385. PMID: 21258262; PMCID: PMC3044787.
- Tideman JW, Polling JR, Voortman T, Jaddoe VW, Uitterlinden AG, Hofman A, Vingerling JR, Franco OH, Klaver CC. Low serum vitamin D is associated with axial length and risk of myopia in young children. *Eur J Epidemiol.* 2016 May;31(5):491-9. doi: 10.1007/s10654-016-0128-8. Epub 2016 Mar 8. PMID: 26955828; PMCID: PMC4901111.
- Kingwijati, S. N., Wildan, A., Dharma, A. G., & Nugroho, T. (2024). CORRELATION BETWEEN COMPLIANCE OF SPECTACLE WEAR AND MYOPIA PROGRESSIVITY RATE IN MEDICAL STUDENTS OF DIPONEGORO UNIVERSITY. *Ophthalmologica Indonesiana*, 49(S1), 124-129. <https://doi.org/10.35749/hzcg9x75>
- Semenova Y, Urazhanova M, Lim L, Kaiyrzhanova N. Refractive Errors, Amplitude of Accommodation, and Myopia Progression in Kazakhstani Medical Students: 5-Year Follow-Up. *J Clin Med.* 2024 Jul 8;13(13):3985. doi: 10.3390/jcm13133985. PMID: 38999549; PMCID: PMC11242746.
- Bullimore MA, Lee SS, Schmid KL, Rozema JJ, Leveziel N, et al. IMI-Onset and Progression of Myopia in Young Adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2023 May 1;64(6):2. doi: 10.1167/iovs.64.6.2. PMID: 37126362; PMCID: PMC10153577.
- Ducloux A, Marillet S, Ingrand P, Bullimore MA, Bourne RRA, Leveziel N. Progression of myopia in teenagers and adults: a nationwide longitudinal study of a prevalent cohort. *Br J Ophthalmol.* 2023 May;107(5):644-649. doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-319568. Epub 2021 Dec 22. PMID: 34937695; PMCID: PMC10176358.
- Czepita D, Mojsa A, Ustianowska M, Czepita M, Lachowicz E. Role of gender in the occurrence of refractive errors. *Ann Acad Med Stetin.* 2007;53(2):5-7. PMID: 18557370.
- Gao Z, Guo Z, Song Y, Shi X, Zhao Y, Liu C. Gender Difference of the Association Between Sleep Duration and Myopia Among Children and Adolescents. *Nat Sci Sleep.* 2024 Sep 2;16:1303-1312. doi: 10.2147/NSS.S476051. PMID: 39247908; PMCID: PMC11379028.
- Viviyanti, Akib, M. N., Amalius, A. A., Hendarto, J., Dean, M. Correlation of serum levels of vitamin D3 to the incidence of myopia in children aged 13–15 years in Makassar, Indonesia. *Journal of Medicinal and Pharmaceutical Chemistry Research*, 2025; 7(3): 422-430. doi: 10.48309/jmpcr.2025.460199.1270
- Damara, S., & Ismail, A. (2022). Association of Axial Length and Myopia Degree: A Retrospective Study. *Sriwijaya Journal of Ophthalmology*, 5(1), 141-144. <https://doi.org/10.37275/sjo.v5i1.70>
- Weise KK, Repka MX, Zhu Y, Manny RE, Raghuram A, Chandler DL, Summers AI, et al. Pediatric Eye Disease Investigator Group. Baseline factors associated with myopia progression and axial elongation over 30 months in children 5 to 12 years of age. *Optom Vis Sci.* 2024 Oct 1;101(10):619-626. doi: 10.1097/OPX.0000000000002187. PMID: 39480129.
- Flores-Moreno, Ignacio; Lugo, Francisco; Duker, Jay S.; Ruiz-Moreno, José M. . (2013). The Relationship Between Axial Length and Choroidal Thickness in Eyes With High Myopia. *American Journal of Ophthalmology*, 155(2), 314–319.e1. doi:10.1016/j.ajo.2012.07.015
- Muhiddin HS, Mayasari AR, Umar BT, Sirajuddin J, Patellongi I, Islam IC, Ichsan AM. Choroidal Thickness in Correlation with Axial Length and Myopia Degree. *Vision (Basel).* 2022 Mar 2;6(1):16. doi: 10.3390/vision6010016. PMID: 35324601; PMCID: PMC8949569.
- Tideman JW, Polling JR, Voortman T, Jaddoe VW, et al. Low serum vitamin D is associated with axial length and risk of myopia in young children. *Eur J Epidemiol.* 2016 May;31(5):491-9. doi: 10.1007/s10654-016-0128-8. Epub 2016 Mar 8. PMID: 26955828; PMCID: PMC4901111.
- Tao Q, Chang Y, Day AS, Wu J, Wang X. Association between serum 25-hydroxyvitamin D level and myopia in children and adolescents: a cross-sectional study. *Transl Pediatr.* 2024 Feb 29;13(2):310-317. doi: 10.21037/tp-23-617. Epub 2024 Feb 20. PMID: 38455758; PMCID: PMC10915447.
- Meng QY, Miao ZQ, Liang ST, Wu X, Wang LJ, Zhao MW, Guo LL. Choroidal thickness, myopia,

and myopia control interventions in children: a Meta-analysis and systemic review. *Int J Ophthalmol.* 2023 Mar 18;16(3):453-464. doi: 10.18240/ijo.2023.03.17. PMID: 36935799; PMCID: PMC10009593.

Öncül H, Alakus MF, Çağlayan M, Öncül FY, Dag U, Arac E. Changes in choroidal thickness after vitamin D supplementation in patients with vitamin D deficiency. *Can J Ophthalmol.* 2020 Dec;55(6):486-491. doi: 10.1016/j.jcjo.2020.06.014. Epub 2020 Aug 18. PMID: 32822660.