

IMI Nonpathological Human Ocular Tissue Changes with Axial Myopia

IMI Những thay đổi cấu trúc tế bào ở nhãn cầu của mắt cận thị trực

Prof. Jost B. Jonas

PhD, MD

IMI Committee Chair

Institute of Molecular and Clinical Ophthalmology IOB Basel, Switzerland

Chủ tịch Hội đồng chuyên môn - Viện Cận Thị Quốc Tế

Viện nhãn khoa phân tử và lâm sàng IOB Basel, Thụy Sĩ

Background

Axial myopia is characterised by an elongated eyeball, which can lead to various structural changes within the eye. This white paper explores the nonpathological ocular changes associated with axial myopia. Changes related to mild to moderate myopia are compared to those with high myopia. The authors utilised histomorphometric and clinical studies to analyse the qualitative and quantitative aspects of the myopic eye compared to non-myopic controls.

Thông tin chung

Cận thị trực đặc trưng bởi nhãn cầu giãn dài, điều này có thể dẫn tới thay đổi các cấu trúc trong mắt. Tài liệu hướng dẫn này giúp tìm hiểu những thay đổi không phải bệnh lý tại nhãn cầu ở những trường hợp cận thị trực. Những thay đổi liên quan đến cận thị từ nhẹ tới trung bình được so sánh với sự thay đổi của mắt cận thị cao. Các nhà nghiên cứu đã sử dụng những nghiên cứu về lâm sàng và về mô hình thái học để phân tích các khía cạnh định tính và định lượng của mắt cận thị so với nhóm chứng không mắc cận thị.

Orbit and ocular shape

Emmetropic eyes are typically slightly prolate or spherical in shape. However, when the eye undergoes myopic axial elongation, it changes to become more elongated, resembling a prolate ellipsoid. This change occurs primarily in the location between the equator and the posterior pole (retro-equatorial region). Studies have shown that the density of photoreceptors and retinal pigment epithelium (RPE) cells, as well as the overall thickness of the retina, decrease with increasing axial length, particularly in the retro-equatorial region.

Sự thay đổi ở hốc mắt và hình dạng nhãn cầu

Mắt chính thị thường có hình hơi bầu dục hoặc tròn. Tuy nhiên, khi mắt trải qua quá trình giãn dài trục nhãn cầu do cận thị, chiều dài trục trước sau sẽ trở nên dài hơn, giống như một hình ellip dài. Thay đổi này xảy ra chủ yếu ở vị trí giữa xích đạo và cực sau của mắt (vùng sau xích đạo). Các nghiên cứu chỉ ra rằng mật độ tế bào cảm thụ ánh sáng và tế bào biểu mô sắc tố cũng như độ dày võng mạc đều giảm khi chiều dài trục nhãn cầu tăng lên, đặc biệt ở vùng sau xích đạo.

The enlargement of the eye wall in myopic eyes is not limited to purely axial elongation. The horizontal and vertical diameters of the eye also increase to a minor extent, along with a slight enlargement of the eye wall in the pre-equatorial region. This finding helps explain why the Bruch's membrane opening (BMO) of the optic nerve head (ONH) also enlarges in myopic eyes. The strain within Bruch's membrane (BM), caused by the increased dimensions of the globe, can lead to the expansion of the BMO and the development of secondary BM defects in the macular region.

Sự giãn rộng của thành nhãn cầu ở mắt cận thị không chỉ bị giới hạn bởi sự giãn dài trục nhãn cầu đơn thuần. Đường kính ngang và dọc của mắt đều tăng một chút, cùng với sự giãn rộng nhẹ của thành nhãn cầu ở vùng trước xích đạo. Phát hiện này giúp giải thích tại sao lỗ mở màng Bruch (BMO) ở đầu thị thần kinh (ONH) cũng giãn rộng hơn ở mắt cận thị. Sự kéo căng màng Bruch (BM), gây ra bởi quá trình tăng kích thước nhãn cầu có thể dẫn tới sự mở rộng của BMO và hình thành các tổn thương thứ phát của BM tại vùng hoàng điểm.

The myopic enlargement of the eye wall primarily occurs in the retro-equatorial and equatorial regions, consistent with evidence suggesting a feedback mechanism regulating axial elongation in the mid-peripheral region of the eye. This enlargement aligns with clinical observations of a posterior shift of the BMO toward the fovea and explains other characteristics seen in axial myopia, such as BM overhanging into the intrapapillary compartment at the nasal optic disc border, an vertically ovalized optic disc shape, and the absence of BM in the temporal parapapillary region (parapapillary gamma zone).

Sự giãn nở của thành nhãn cầu do cận thị chủ yếu xuất hiện ở vùng sau xích đạo và vùng xích đạo, phù hợp với bằng chứng chỉ ra rằng cơ chế phản hồi điều chỉnh sự tăng chiều dài trục nhãn cầu ở vùng cạnh chu biên của mắt. Sự giãn rộng này phù hợp với các quan sát trên lâm sàng về sự dịch chuyển ra phía sau của BMO về phía hố hoàng điểm và giải thích các đặc điểm khác được thấy ở mắt cận thị trục, như BM nhô quá mức vào khoang nội mô ở vùng ranh giới đĩa thị phía mũi, thị thần kinh có hình oval dọc, và thiếu BM ở vùng quanh gai phía thái dương (vùng gamma quanh gai)

Optic nerve

In moderately myopic eyes, the shape of the optic disc changes from mostly circular to oval, usually vertically oval. Highly myopic eyes tend to have a larger optic disc and optic nerve head (ONH) canal compared to moderately myopic and emmetropic eyes. Optic disc enlargement in highly myopic eyes is associated with lengthening and thinning of the lamina cribrosa, potentially contributing to glaucoma-like optic neuropathy. In highly myopic eyes, stretching of the lamina cribrosa and flattening of the parapapillary tissue lead to a flattening of the optic cup, making it challenging to detect optic nerve damage. Optic disc enlargement in highly myopic eyes is accompanied by enlargement of the BMO, resulting in the retraction of nasal overhang of the Bruch's membrane into the parapapillary region and the development of a circular parapapillary gamma zone. The shape of the optic disc in highly myopic eyes shows high interindividual variability, with the longest axis being vertically, obliquely, or sometimes horizontally oriented. In extremely myopic eyes, a backward pull of the optic nerve, potentially due to the optic nerve dura mater, can influence the optic disc shape, leading to a vertically oval shape, rotation of the ONH, and even sagittal rotation toward the fovea.

Thần kinh thị giác

Ở mắt cận thị mức trung bình, hình dạng của đĩa thị thay đổi hầu hết từ hình tròn thành oval, thường là oval dọc. Mắt cận thị cao thường có đĩa thị và đầu thị thần kinh lớn hơn so với mắt cận thị trung bình và mắt chính thị. Đĩa thị rộng hơn ở mắt cận thị cao và có liên quan tới sự dài ra và mỏng đi của lá sàng, có khả năng gây ra bệnh thần kinh thị giác giống glaucoma. Ở mắt cận cao, sự kéo giãn lá sàng và phẳng ra của mô vùng quanh gai dẫn tới sự phẳng hoá của lõm gai thị, gây khó khăn trong việc phát hiện những tổn thương thị thần kinh. Sự giãn rộng đĩa thị ở mắt cận thị cao đi cùng với sự giãn rộng của BMO, dẫn tới sự co lại của phần nhô ra phía mũi của màng Bruch vào vùng quanh gai và tạo ra một vùng gamma quanh gai hình tròn. Hình dạng của đĩa thị ở mắt cận thị cao có sự khác biệt giữa các cá thể, với trục dài nhất ở hướng dọc, chéo hoặc thỉnh thoảng theo phương ngang. Ở mắt cận thị cực cao, sự kéo giãn về đằng sau của thị thần kinh, có thể do màng cứng bao quanh thị thần kinh, có thể ảnh hưởng tới hình dạng đĩa thị, dẫn tới hình dạng oval dọc, sự xoay của ONH và thậm chí xoay dọc về phía hố hoàng điểm.

In highly myopic eyes, there are two parapapillary zones called the gamma and delta zones (see Figure 1).

Ở mắt cận thị cao, có 2 vùng quanh gai tên gọi là vùng gamma và delta (hình 1)

Figure 1.

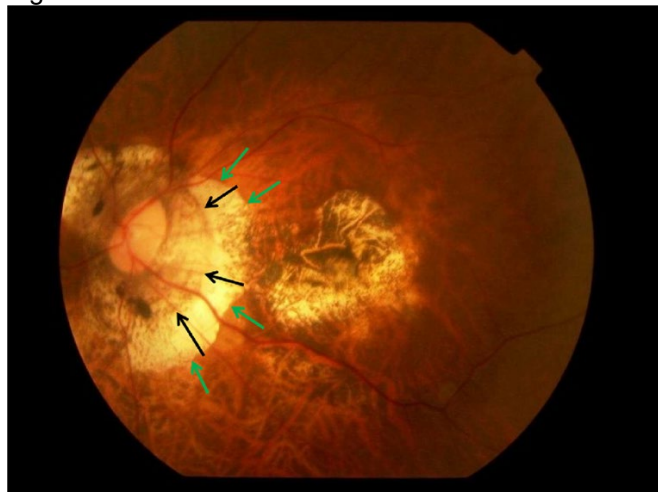


Figure Legend: Clinical photograph of a highly myopic eye with parapapillary gamma zone (green arrows) and parapapillary delta zone (black arrows).

Thông tin hình: hình ảnh lâm sàng của mắt cận thị cao với vùng gamma (mũi tên màu xanh) và vùng delta (mũi tên màu đen)

- The gamma zone is an area around the optic nerve head where there is no BM present. It occurs in moderately myopic eyes because the optic nerve canal is misaligned, causing BM to overhang into the nasal side of the optic disc and be absent in the temporal side. With myopia progression, the BMO enlarges, so that in highly myopic eyes the intrapapillary overhanging part of BM is retracted and a gamma zone is present circular around the optic disc.
- The delta zone is a region within the gamma zone characterized by an elongated and thinned part of the tissue surrounding the optic disc.
- *Vùng gamma là vùng bao quanh đầu thị thần kinh không có sự hiện diện của BM. Vùng này thường xuất hiện ở mắt cận thị trung bình bởi ống thần kinh thị giác bị lệch hướng, dẫn tới việc BM nhô vào vùng phía mũi của đĩa thị và thiếu ở phía thái dương. Khi cận thị tiến triển, BMO giãn rộng, vì vậy ở mắt cận thị cao thì phần BM nối với cấu trúc gai thị bị kéo thụt vào và vùng gamma xuất hiện thành một vòng xung quanh đĩa thị.*
- *Vùng delta là vùng nằm trong vùng gamma được đặc trưng bởi phần kéo dài và giãn mỏng của mô xung quanh đĩa thị.*

The axial elongation-related enlargement of the BMO and enlargement of gamma zone and delta zone lead to an enlargement of the blind spot in the visual field due to absence of photoreceptors in these regions.

Sự giãn rộng của BMO do sự giãn dài trục nhãn cầu và sự giãn rộng của vùng gamma và delta dẫn tới giãn rộng điểm mù trong trường nhìn do thiếu đi các tế bào cảm thụ ánh sáng ở những vùng này.

Retina

With a longer axial length, there is a decrease in photoreceptor and retinal pigment epithelium (RPE) cell density, especially in the retro-equatorial region. This is coupled with a reduction in total retinal thickness in that region. Retinal thickness in the macular region is affected by axial elongation only to a minor part, or not at all.

The prevalence of lattice degeneration and cobblestone degeneration generally increases with a longer axial length.

Võng mạc

Trục nhãn cầu khi dài thêm sẽ kéo theo sự suy giảm số lượng tế bào cảm thụ ánh sáng và mật độ biểu mô sắc tố tại võng mạc, đặc biệt ở vùng phía sau xích đạo, bên cạnh việc giảm bề dày võng mạc. Trong khi đó, bề dày võng mạc ở vùng hoàng điểm sẽ chịu ảnh hưởng rất ít hoặc gần như không có bởi tình trạng kéo dài trục nhãn cầu. Tỷ lệ thoái hoá hàng rào và thoái hoá dạng đá lát thường tăng khi trục nhãn cầu dài hơn.

Choroid and Sclera

Thinning occurs most significantly at the posterior pole with changes in the extracellular matrix and fibroblast activity. Thinning of the choroid primarily affects the layers of medium and large choroidal vessels, while the choriocapillaris thickness is marginally influenced. The evidence regarding the impact of increased axial length on choroidal blood flow appears to be conflicting.

Hắc mạc và củng mạc

Sự mỏng đi đáng kể ở cực sau với những thay đổi ở chất nền ngoại bào và hoạt động của nguyên bào sợi. Sự mỏng đi của hắc mạc ảnh hưởng chủ yếu tới lớp mạch máu hắc mạc trung bình và lớn, trong khi đó độ dày mao mạch hắc mạc ít bị ảnh hưởng. Bằng chứng liên quan tới ảnh hưởng của tăng chiều dài trục nhãn cầu tới dòng chảy mạch máu hắc mạc vẫn còn nhiều mâu thuẫn.

Vitreous

With increased axial length, the viscosity of the vitreous body decreases, and the prevalence of posterior vitreous detachment increases.

Dịch kính

Chiều dài trục nhãn cầu tăng dẫn đến giảm độ nhót của dịch kính, và tăng tỷ lệ bong dịch kính sau.

Anterior Segment

Changes in the anterior segment are less marked compared to the posterior segment. The thickness and diameter of the cornea appear to be independent of axial length although the corneal curvature decreases slightly with

increased axial length in moderately myopic eyes. Anterior chamber depth and angle increase with increased axial length which reduced this risk of primary angle-closure glaucoma.

Cấu trúc phía trước

Những thay đổi ở cấu trúc phía trước ít được ghi nhận hơn so với phần sau. Độ dày và đường kính giác mạc dường như độc lập với chiều dài trục nhãn cầu mặc dù độ cong giác mạc giảm nhẹ khi chiều dài trục nhãn cầu tăng ở mắt cận thị trung bình. Độ sâu tiền phòng và góc tiền phòng tăng khi chiều dài trục nhãn cầu tăng, làm giảm nguy cơ mắc glôcôm góc đóng nguyên phát.

Conclusions

This paper highlights that while these myopic changes are nonpathological, they are significant and involve various parts of the eye, such as the retina, choroid, and sclera. Understanding these changes is crucial for recognising the early stages of pathological myopia and potential visual function sequelae.

Kết luận

Bài báo này nhấn mạnh rằng mặc dù những thay đổi ở mắt cận thị là những thay đổi không liên quan bệnh lý, những thay đổi này rất quan trọng và liên quan tới nhiều phần khác nhau của mắt như võng mạc, hắc mạc, và củng mạc. Việc hiểu những thay đổi này rất quan trọng trong phát hiện cận thị bệnh lý giai đoạn sớm và di chứng chức năng thị giác tiềm ẩn.

Clinical Implications

Recognising these changes in myopic patients may inform early intervention strategies and monitoring for pathological progression. The findings underscore the importance of regular ophthalmologic evaluations for myopic patients, particularly those with high myopia, due to the structural changes that could predispose them to further ocular complications.

Ứng dụng trên lâm sàng

Nhận biết những thay đổi ở bệnh nhân cận thị có thể đưa ra các chiến lược can thiệp sớm và theo dõi tiến triển bệnh lý. Các phát hiện này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc khám mắt định kỳ cho bệnh nhân cận thị, đặc biệt với những trường hợp cận thị cao, do những thay đổi cấu trúc có thể khiến bệnh nhân gặp phải những biến chứng sau này.

ACKNOWLEDGMENTS

This IMI White Paper was summarised by Luke Seesink and IMI Program Director Dr Nina Tahhan PhD, MPH, BOptom. and translated by Dr Huy Tran Dinh Minh MD. MSc. A full list of the IMI taskforce members and the complete IMI white papers can be found at myopiainstitute.org. The publication and translation costs of the clinical summary was supported by donations from the Brien Holden Vision Institute, ZEISS, EssilorLuxottica, CooperVision, Alcon, HOYA, Théa, and Oculus.

Tài liệu hướng dẫn lâm sàng này của viện cận thị thế giới được tổng hợp bởi Luke Seesink và tiến sỹ Nina Tahhan - Giám đốc chương trình viện cận thị thế giới. Tổng hợp các thành viên cố vấn chuyên môn và độc giả có thể tìm các tài liệu toàn văn lại đường dẫn myopiainstitute.org. Bài công bố và chi phí dịch thuật của tóm tắt lâm sàng được hỗ trợ từ viện thị giác Brien Holden, Zeiss, EssilorLuxottica, CooperVision, Alcon, HOYA. Théa, and Oculus. Translated by Dr Huy Tran Dinh Minh MD. MSc.

REFERENCE

Jost B. Jonas, Richard F. Spaide, Lisa A. Ostrin, Nicola S. Logan, Ian Flitcroft, Songhomitra Panda-Jonas; IMI—Nonpathological Human Ocular Tissue Changes With Axial Myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2023;64(6):5. doi: <https://doi.org/10.1167/iovs.64.6.5>

CORRESPONDENCE

Brien Holden Vision Institute Ltd
Level 4, North Wing, Rupert Myers Building, Gate 14 Barker Street,
University of New South Wales, UNSW NSW 2052
imi@bhvi.org