BrienHoldenVisionInstitute

KÍCH THƯỚC ẢNH VÕNG MẠC

TÁC GIẢ

GS. Earl L. Smith III: Đại học Houston

THẨM ĐỊNH

GS. Emeritus Barry L. Cole: Đại học Melbourne

GIỚI THIỆU VÀ ĐẠI CƯƠNG

Chương này bao gồm những nội dung:

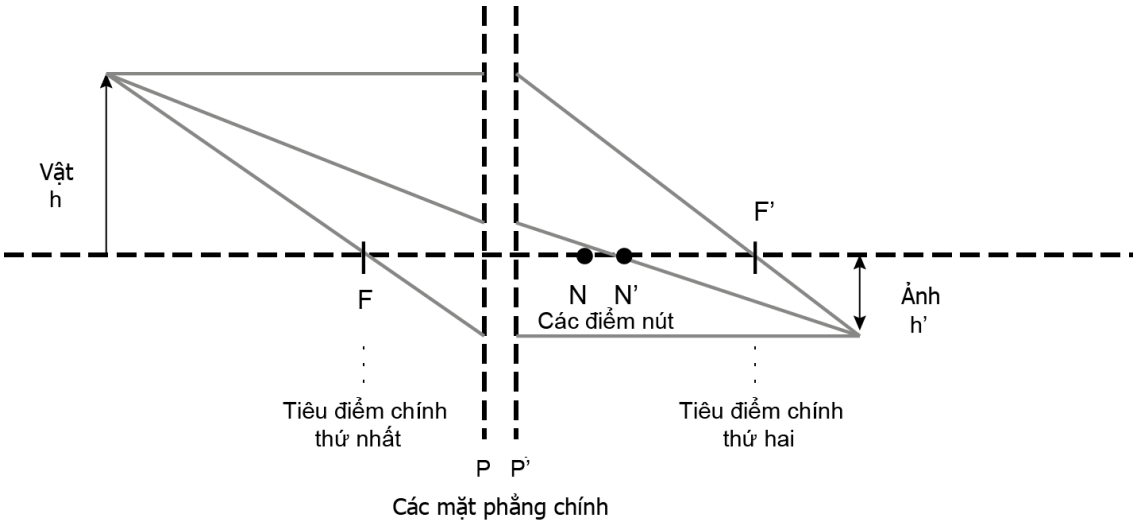
- Kích thước ảnh tạo thành bởi quang hệ của mắt
- Kích thước ảnh võng mạc (ảnh võng mạc rõ nét)
- Kích thước ảnh ở mắt bất chính thị do trục không chỉnh kính
- Kích thước ảnh ở mắt bất chính thị do khúc xạ không chỉnh kính
- Kích thước ảnh ở mắt bất chính thị có chỉnh kính
- Độ phóng đại kính và độ phóng đại kính tương đối ở mắt bất chính thị có chỉnh kính
- Mắt bất chính thị do trục có chỉnh kính
- Mắt bất chính thị do trục được chỉnh kính tiếp xúc
- Mắt bất chính thị do khúc xạ có chỉnh kính
- Mắt bất chính thị do khúc xạ được chỉnh kính tiếp xúc
- Kích thước ảnh võng mạc ở các điều kiện khác nhau
- Tính kích thước ảnh

Ngoài việc tạo ra một ảnh võng mạc rõ nét, kính chỉnh bao giờ cũng làm thay đổi kích thước ảnh võng mạc tạo ra bởi một vật đã cho. Những thay đổi độ phóng đại ảnh võng mạc do kính gây ra trong một số trường hợp có thể cải thiện hiệu năng thị giác nhưng các kính thực sự thu nhỏ ảnh võng mạc hoặc gây ra mất cân bằng kích thước các ảnh võng mạc giữa 2 mắt lại có thể cản trở hiệu năng thị giác tối ưu. Do đó, cử nhân khúc xạ nhãn khoa cần có kiến thức căn bản về ảnh hưởng của kính chỉnh đối với kích thước ảnh võng mạc.

Có nhiều cách để xác định kích thước ảnh tạo thành bởi quang hệ của mắt và kích thước ảnh võng mạc. Mắt giản đồ được mô tả ở VSII-5, đặc biệt là mắt rút gọn Emsley, rất hữu ích để tính kích thước ảnh. Chính xác mắt nào được chọn và phương pháp nào được dùng để tính kích thước ảnh còn phụ thuộc vào tình huống cụ thể được nghiên cứu (thí dụ ảnh võng mạc "đúng tiêu" hay là "lệch tiêu"? Bạn có muốn biết kích thước ảnh võng mạc hoặc đơn giản kích thước ảnh sinh ra nếu không có võng mạc?). Dưới đây là các thí dụ cách tính kích thước ảnh trong những điều kiện khác nhau.

KÍCH THƯỚC ẢNH TẠO THÀNH BỞI QUANG HỆ CỦA MẮT

Kích thước và vị trí của ảnh tạo ra bởi quang hệ của mắt (giả sử là võng mạc không cản trở sự tạo thành ảnh) được xác định dễ dàng bằng mắt giản đồ chính xác hoặc rút gọn Gullstrand và phương pháp quang hình học cổ điển. Thí dụ, giả sử một vật 10 cm được đặt ở 1.0 m trước mặt phẳng chính thứ nhất của mắt giản đồ rút gọn Gullstrand, phiên bản không điều tiết. Do mắt chính thị nên mặt phẳng ảnh sẽ ở sau võng mạc. Kích thước của ảnh rõ nét sẽ là thế nào (tức là ảnh được tạo thành ở sau mắt nếu võng mạc không cản trở sự tạo ảnh) và ảnh sẽ được tạo thành ở đâu? Trong sơ đồ ở Hình 4.1 vị trí, tư thế, và kích thước của ảnh được xác định bằng phép dựng hình. Một tia từ đỉnh của vật hướng về tiêu điểm chính thứ nhất (F). Tia này cắt mặt phẳng chính thứ nhất (P) và ló ra ra từ mặt phẳng chính thứ hai (P') song song với trục quang học. Một tia thứ hai hướng về phía điểm nút thứ nhất (N) bị khúc xạ ở mặt phẳng chính thứ nhất. Nó ló ra từ mặt phẳng chính thứ hai và đi qua điểm nút thứ hai (N') cùng hướng với tia hướng về điểm N ở không gian vật. Tia thứ 3 song song với trục quang học, ra khỏi mặt phẳng chính thứ hai và đi qua tiêu điểm chính thứ hai của mắt (F').



Hình 4.1: *Sơ đồ tia sáng của vị trí, kích thước và tư thế của ảnh võng mạc*

Ghi chú: Do mắt này chính thị nên tiêu điểm thứ hai tương ứng với giao điểm của võng mạc và trục quang học). Giao điểm của 3 tia này trong không gian ảnh xác định mặt phẳng ở đó ảnh sẽ được tạo thành (giả sử là võng mạc không chặn ánh sáng).

Để xác định vị trí của ảnh so với võng mạc, cần biết các đặc điểm của mắt giản đồ và giải một bài toán độ tụ tương đối đơn giản. Cần có những thông tin dưới đây về mắt giản đồ:

Công suất tương đương của mắt: F = +59.6 D
Vị trí của mặt phẳng chính thứ hai: P' = 1.75 mm
Chiết suất của không gian ảnh: n' = 1.336
Độ dài trục: hoàng điểm = 24.17 mm

Bước thứ nhất để giải bài toán là xác định độ tụ ánh sáng ở không gian vật (L).

$L = n/l$

n = chiết suất của không gian vật (1.0 đối với không khí)
l = khoảng cách từ điểm p đến vật; theo qui ước dấu là -1.0 m

$L = 1.0/-1.0 \text{ m} = -1.0 \text{ D}$

Bằng cách xác định độ tụ ánh sáng ở không gian ảnh (L'), có thể tính khoảng cách của ảnh so với p' (tức là l').

$L' = L + F$
$L' = -1.0 \text{ D} + 59.6 \text{ D} = +58.6 \text{ D}$

Khoảng cách ảnh $l' = n'/L'$

$l' = 1.336/+58.6 \text{ D} = 0.0228 \text{ m}$

tức là ảnh được tạo thành cách p' (mặt phẳng chính thứ hai) 22.8 mm. Vì p' ở cách giác mạc 1.75 mm nên ảnh được tạo thành cách đỉnh giác mạc 24.55 mm (1.75 mm + 22.8 mm). Độ dài trục nhãn cầu là 24.17 mm. Do đó, mặt phẳng ảnh sẽ ở sau võng mạc 0.38 mm.

Có thể tính kích thước ảnh bằng phương trình độ phóng đại dài.

$M = L/L' = h'_{(ảnh)}/ h_{(vật)}$
$M = -1.0 \text{ D}/+58.6 \text{ D}$
$M = -0.01706$

Ghi chú: Dấu trừ cho biết là ảnh ngược.

Do đó,

$h' = h(M)$
$h' = 10 \text{ cm } (-0.01706) = -0.1706 \text{ cm}$

tức là kích thước ảnh là 1.706 mm.

Cần thấy rằng phương pháp này không xác định được kích thước của ảnh mờ sẽ được tạo thành trên võng mạc trong ví dụ này. Mặc dù kích thước ảnh tạo thành bởi quang hệ của mắt (không nhất thiết ảnh võng mạc) đáng chú ý trong một số hoàn cảnh nhất định nhưng nó thường không đáng chú ý trên lâm sàng.

KÍCH THƯỚC ẢNH VÕNG MẠC (ẢNH VÕNG MẠC RÕ NÉT)

Khi ảnh tạo thành ở võng mạc nằm "đúng tiêu điểm" (tức là khi vật liên hợp với võng mạc), có thể dễ dàng tính được kích thước ảnh võng mạc khi dùng mắt rút gọn và các tia từ các điểm mút của vật đi qua điểm nút của mắt (các tia này đôi khi được gọi là tia chính). Bạn biết rằng ảnh được tạo thành trên võng mạc, do đó chỉ cần xác định giao điểm với võng mạc của một tia trong số nhiều tia có thể có. Các tia đi qua điểm nút mang lại một cách tiếp cận đơn giản đối với vấn đề này bởi vì các tia này không bị lệch khi khúc xạ. Do đó, góc đối diện với vật ở điểm nút sẽ bằng góc đối diện với ảnh võng mạc ở điểm nút.

Ghi chú: Mặt khúc xạ cầu đơn có một điểm chính tương ứng với đỉnh của mặt khúc xạ và một điểm nút tương ứng với tâm độ cong của mặt khúc xạ.

Hình 4.2 minh họa cách tính kích thước ảnh võng mạc bằng các tia đi qua điểm nút của mắt rút gọn. Mắt rút gọn được cho thấy là mắt chính thị Emsley. Giả sử một vật ở vô cực đối diện với **góc nhìn** 0.1 radian (rad).

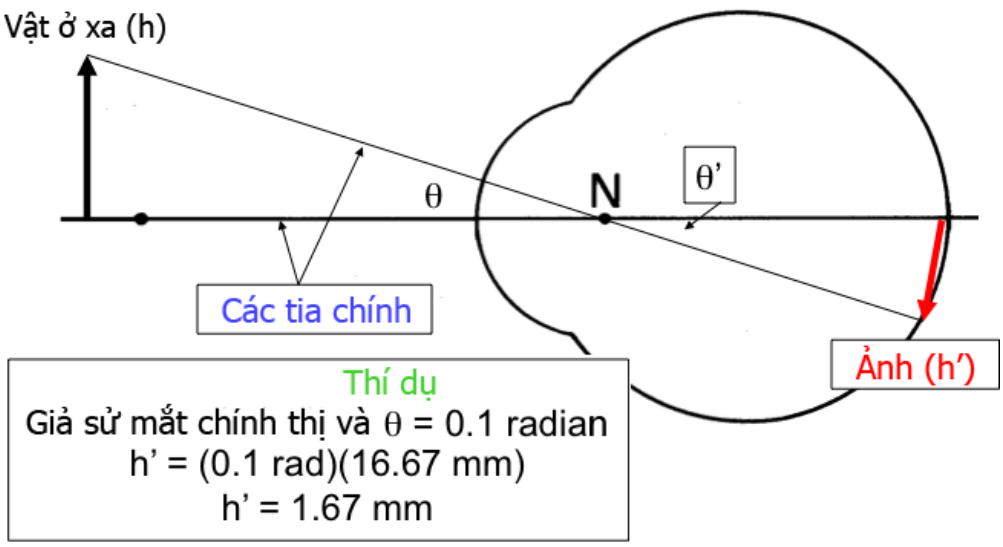
Ghi chú: Góc nhìn đối diện với một vật là góc tạo thành bởi các điểm mút của vật tại điểm nút. Đôi khi góc nhìn đối diện với một vật được gọi là kích thước biểu kiến của vật. Tuy nhiên, khi ảnh võng mạc không đúng tiêu điểm thì kích thước của ảnh được xác định bởi tia đi qua tâm đồng tử vào. Do đó, góc nhìn đôi khi được đo ở tâm đồng tử vào.

Ghi chú: Nói chung, thường dễ hơn nhiều khi định rõ các góc nhìn bằng radian hơn là bằng độ. Vì các phép tính kích thước ảnh thường bao gồm các tia cận trục nên ít sai số được đưa vào các phép tính.

Vì vật đối diện với 0.1 rad tại điểm nút nên ảnh cũng phải đối diện với 0.1 rad tại điểm nút (tức là $\theta = \theta'$). Do đó, để tính kích thước ảnh, người ta nhân θ' với khoảng cách giữa điểm nút và võng mạc. Đối với mắt chính thị rút gọn Emsley, khoảng cách này bằng 16.67 mm (22.22 mm - 5.55 mm).

Do đó:

kích thước ảnh = (0.1 rad) x (16.67 mm) = 1.67 mm.



Hình 4.2: *Dùng mắt chính thị rút gọn của Emsley để tính kích thước ảnh*

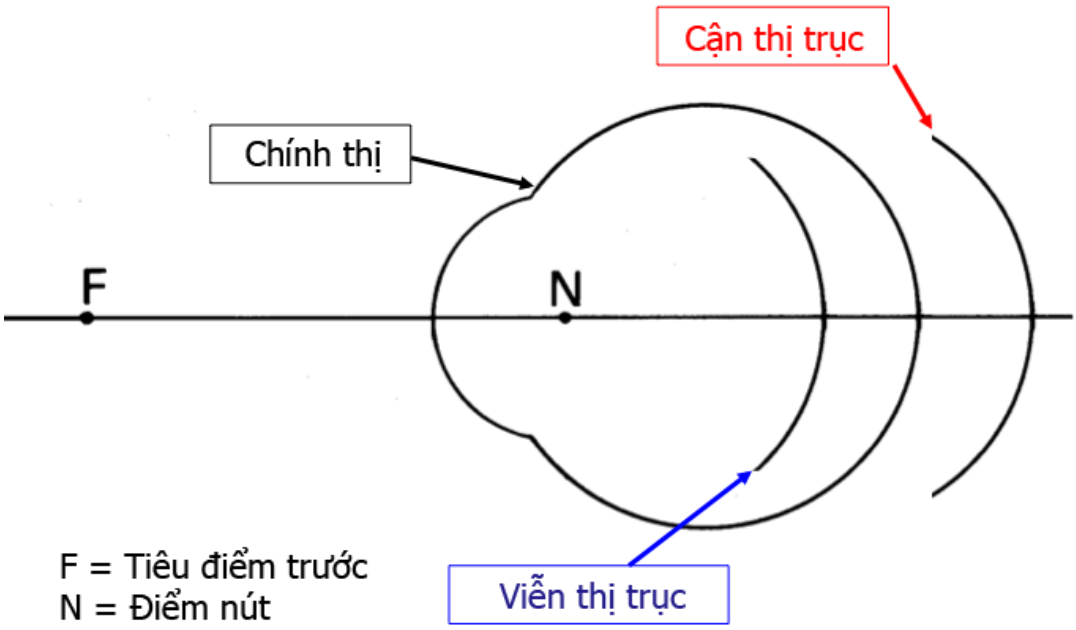
KÍCH THƯỚC ẢNH Ở MẮT BẤT CHÍNH THỊ DO TRỤC KHÔNG CHỈNH KÍNH

Khi xem xét ảnh võng mạc ở các mắt bất chính thị, sự có mặt của tật khúc xạ thường được gán cho một trong 2 nguyên nhân: độ dài trục nhãn cầu bất thường (tức là bất chính thị do trục) hoặc thành phần khúc xạ bất thường (bất chính thị do khúc xạ). Thực tế, các nguyên nhân của tật khúc xạ không thể tách biệt một cách rõ ràng thành 2 loại riêng biệt như vậy. Tuy nhiên, sự phân chia nhân tạo này cho phép hiểu rõ các đặc điểm của mắt không chính thị.

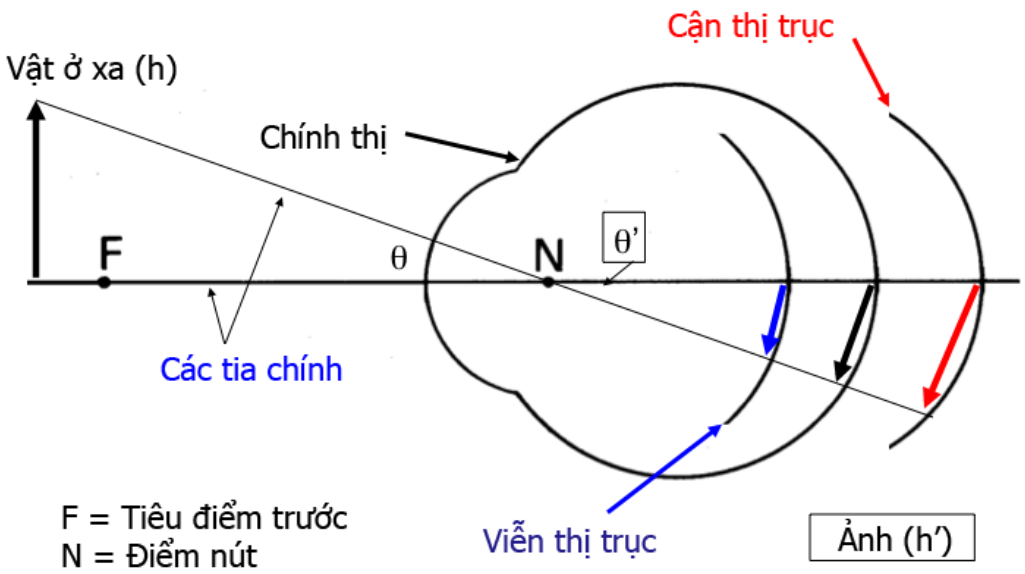
Do đó, theo định nghĩa, **bất chính thị do trục** là một tật khúc xạ được gây ra bởi độ dài trục không thích hợp. Công suất khúc xạ (tức là quang hệ của mắt) là bình thường ở người bất chính thị do trục. Do đó, bằng một mô hình giản đồ, tật bất chính thị do trục có thể được miêu tả bằng mặt khúc xạ tương đương giống như ở mắt chính thị, nhưng võng mạc sẽ ở một vị trí khác. Ở **những mắt cận thị trục**, độ dài trục nhãn cầu sẽ dài hơn bình thường. Ở **những mắt viễn thị trục**, độ dài trục nhãn cầu sẽ ngắn hơn bình thường.

Để so sánh, **bất chính thị do khúc xạ** là một tật khúc xạ được gây ra bởi một thành phần quang học bất thường. Độ dài trục nhãn cầu bình thường, tuy nhiên mắt có công suất khúc xạ quá cao (tức là **cận thị do khúc xạ**) hoặc công suất khúc xạ quá thấp (tức là **viễn thị do khúc xạ**). Các mô hình giản đồ rút gọn của tật bất chính thị do khúc xạ có độ dài trục giống như là mắt chính thị rút gọn; nhưng độ cong của mặt tương đương thì khác. Bán kính cong của mặt khúc xạ ngắn hơn bình thường ở những mắt cận thị do khúc xạ và *ngược lại* ở những mắt viễn thị do khúc xạ.

Sơ đồ trong Hình 4.3 minh họa 3 mắt giản đồ rút gọn đại diện cho một mắt chính thị, một mắt cận thị **trục** 5.0 D, và một mắt viễn thị **trục** 5.0 D. Do 2 người sau là bất chính thị do trục nên các công suất khúc xạ của mắt cũng như của mắt chính thị chuẩn của Emsley, do đó các điểm nút và các mặt khúc xạ của cả 3 mắt giống hệt nhau. Giả sử chúng ta lấy 3 vật khác nhau, đặt một vật ở vô cực đối diện với góc nhìn 0.1 rad ở điểm nút của mắt chính thị, đặt một vật ở viễn điểm của mắt cận thị để cho nó cũng đối diện với 0.1 rad, và đặt một vật thứ 3 (vật ảo) ở viễn điểm của mắt viễn thị cũng đối diện với 0.1 rad (xem Hình 4.4). Trong những điều kiện này, các tia sáng từ các điểm mút của vật qua các điểm nút có thể được dùng để tính kích thước ảnh võng mạc. Ngoài ra, các tia này cũng cho phép so sánh trực tiếp các kích thước các ảnh ở 3 kiểu mắt này. Do các giao điểm của các tia đi qua các điểm nút cùng với các võng mạc tương ứng vạch giới hạn các kích thước ảnh các võng mạc, có thể thấy rằng ở mắt **bất chính thị do trục không được chỉnh kính, kích thước của ảnh võng mạc tỉ lệ thuận với độ dài trục**. Ảnh ở mắt cận thị sẽ lớn hơn ảnh ở mắt chính thị, ảnh ở mắt chính thị sẽ lại lớn hơn ảnh ở mắt viễn thị.



Hình 4.3: *Cho thấy độ dài trục khác nhau ở viễn thị do trục, chính thị và cận thị. Chú ý là tiêu điểm trước và điểm nút là tương đương*



Hình 4.4: *Kích thước ảnh ở một mắt bất chính thị do trục tỉ lệ thuận với độ dài trục*

Để tính kích thước ảnh võng mạc ở các mắt bất chính thị, cần xác định khoảng cách giữa điểm nút và võng mạc. (Đối với mắt chính thị, khoảng cách này là 16.67 mm và thường là một đặc điểm của mắt rút gọn Emsley). Khoảng cách này có thể được xác định từ độ tụ ánh sáng trong không gian ảnh **cần thiết** để hội tụ ánh sáng trên võng mạc của các mắt bất chính thị (xem Hình 4.5). Phương trình tiêu điểm liên hợp có thể được dùng để tính độ tụ không gian ảnh thích hợp.

$$L' = L + F$$

Trong đó:

L' = độ tụ không gian ảnh
L = độ tụ không gian vật
F = công suất khúc xạ của mắt

Do các mắt này là bất chính thị do trục nên công suất khúc xạ ở cả 3 mắt đều bằng bằng nhau, tức là +60.0 D. Đối với mắt cận thị, độ tụ ánh sáng ở không gian vật (L) phải bằng -5.0 D để ánh sáng hội tụ vào võng mạc.

Do đó, đối với mắt cận thị:

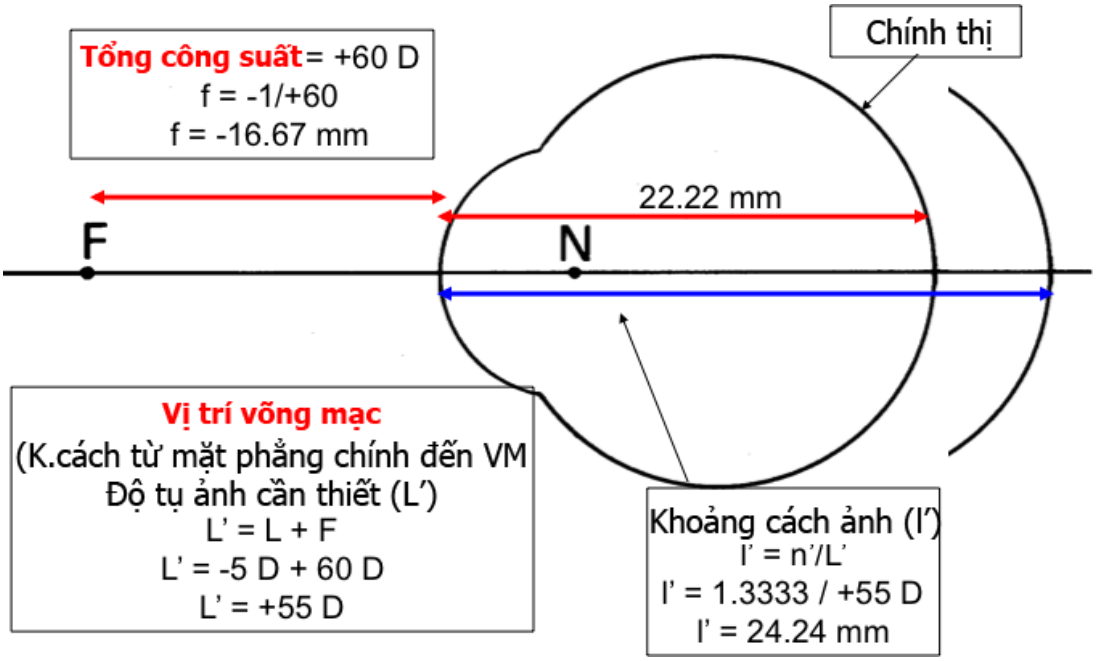
$$L' = -5.0\ D + 60.0\ D$$
$$L' = +55.0\ D$$

tức là ánh sáng phải rời khỏi mặt khúc xạ với độ tụ +55.0 D để tới một tiêu điểm trên võng mạc. Khoảng cách ảnh (l') gắn với độ tụ không gian ảnh trên có thể được tính như sau:

$$L' = n'/l'$$
$$l' = 1.333/+55.0\ D$$
$$l' = 0.02424\ m = 24.24\ mm$$

tức là khoảng cách từ mặt khúc xạ đến võng mạc là 24.24 mm. Khoảng cách từ mặt khúc xạ tới điểm nút của tất cả 3 mắt là 5.55 mm. Do đó, khoảng cách giữa điểm nút và võng mạc cận thị là:

24.24 mm −5.55 mm = 18.69 mm



Hình 4.5: *Xác định khoảng cách ảnh từ mặt khúc xạ ở một mắt cận thị trục -5 D cho phép tiếp theo tính khoảng cách từ điểm nút tới võng mạc và kích thước ảnh*

Kích thước ảnh võng mạc (h') ở mắt cận thị được tính đơn giản bằng cách nhân góc đối diện với ảnh ở điểm nút (0.1 rad) với khoảng cách từ điểm nút tới võng mạc.

h' = (18.69 mm) x (0.1 rad)
h' = 1.87 mm

Chúng ta đã xác định ở phần trước là ảnh tạo ra ở mắt chính thị bởi một vật đối diện với một góc nhìn 0.1 rad là 1.67 mm (trang 4). Một so sánh giữa mắt cận thị và mắt chính thị cho thấy là ảnh ở mắt chính thị lớn hơn khoảng 12% so với ở mắt chính thị.

Đối với mắt viễn thị:

L': độ tụ ánh sáng cần thiết ở không gian ảnh để hội tụ một ảnh trên võng mạc

L' = +5.0 D + 60.0 D
L' = +65.0 D

l': khoảng cách giữa mặt khúc xạ và võng mạc (xem Hình 4.6).

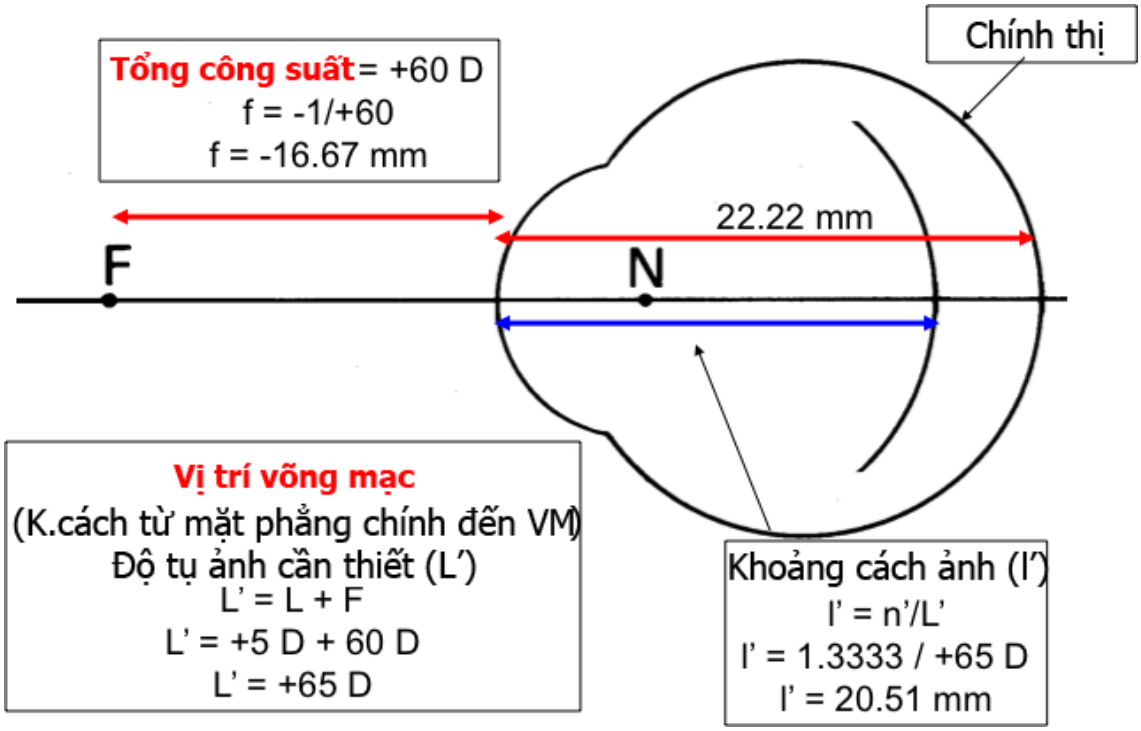
l' = 1.333/+65.0 D
l' = 20.51 mm

Khoảng cách giữa điểm nút và võng mạc của mắt viễn thị này là:

20.51 mm - 5.55 mm = 14.96 mm

h' là kích thước ảnh võng mạc.

h' = (14.96 mm) x (0.1 rad)
h' = 1.50 mm

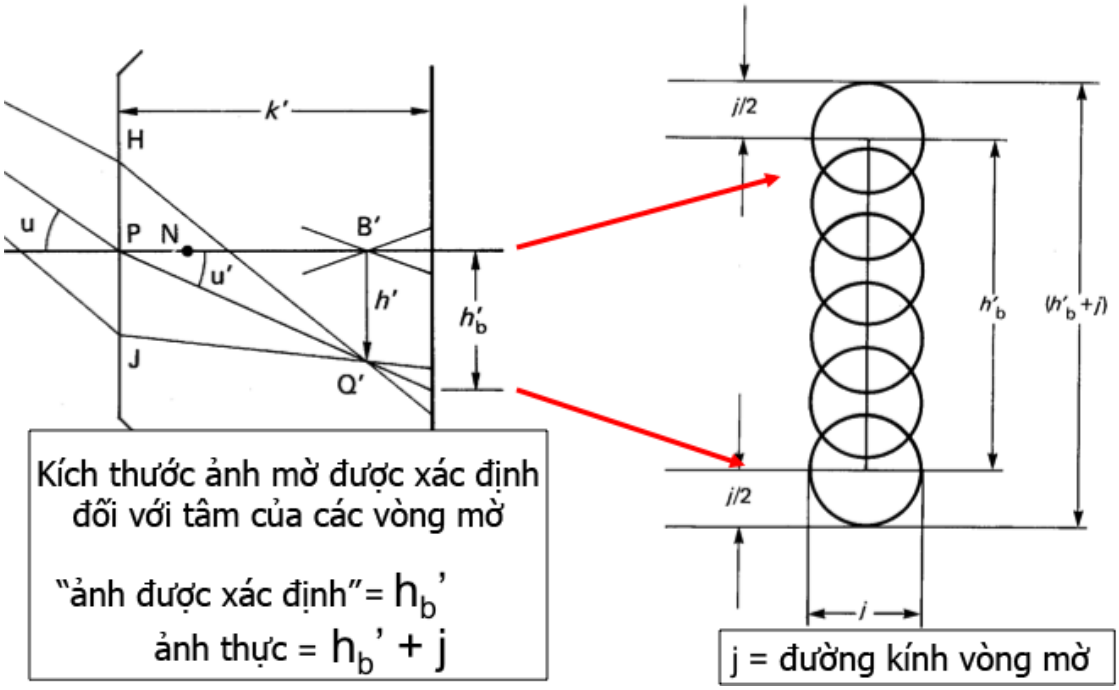


Hình 4.6: *Xác định khoảng cách ảnh từ mặt khúc xạ ở một mắt viễn thị trục +5 D cho phép sau đó tính khoảng cách từ điểm nút tới võng mạc và kích thước ảnh*

Ghi chú: Trong các thí dụ trên, độ khúc xạ được đo ở mặt phẳng chính của mắt. Khúc xạ được đo theo cách này gọi là **khúc xạ ở mặt phẳng chính** (hoặc **khúc xạ mắt**). Trong những điều kiện lâm sàng tiêu chuẩn, độ khúc xạ của bệnh nhân được đo ở mặt phẳng kính (thực tế là mặt phẳng phoropter) và được gọi là **khúc xạ ở mặt phẳng kính**. Khúc xạ mắt có thể được tính từ khúc xạ ở mặt phẳng kính nếu biết khoảng cách đỉnh và *ngược lại*. Trừ phi được ghi rõ là khác, các tật khúc xạ trong bài giảng này sẽ được đo ở các mặt phẳng chính.

KÍCH THƯỚC ẢNH Ở MẮT BẤT CHÍNH THỊ DO KHÚC XẠ KHÔNG ĐƯỢC CHỈNH KÍNH

Khi vật không liên hợp với võng mạc thì ảnh tạo thành ở võng mạc sẽ không đúng tiêu điểm và mỗi điểm vật sẽ được đại diện bằng một vòng mờ. Nếu vật ở vô cực thì kích thước của vòng mờ chủ yếu phụ thuộc vào mức độ tật khúc xạ và kích thước đồng tử. Trong một số hoàn cảnh nhất định, người ta cần xác định kích thước của ảnh mờ. Trong trường hợp này, không thể xác định kích thước ảnh bằng tia đi qua điểm nút của mắt. Thay vào đó, các tia sáng từ các điểm mút của vật đi qua **tâm đồng tử vào** (**các tia chính**) được dùng để xác định kích thước ảnh võng mạc. Các tia chính được dùng bởi vì kích thước của ảnh võng mạc mờ được định nghĩa là khoảng cách giữa các tâm của các vòng mờ gắn với các điểm mút của vật. Trong khi đó, các tia đi qua điểm nút không tạo thành **các tâm** của các vòng mờ, các tia chính vẫn cắt võng mạc ở tâm của một vòng mờ đã cho. Ở khía cạnh này, cũng có thể dùng tia chính để xác định kích thước của ảnh võng mạc rõ nét. Tuy nhiên, cần thấy rằng kích thước ảnh được xác định bằng tia chính không phải là kích thước vật lí thực của ảnh mờ. Như được minh họa trong Hình 4.7, **kích thước vật lí** của ảnh sẽ bằng kích thước ảnh được xác định bởi tia chính cộng với đường kính của một trong các vòng mờ.



Hình 4.7: *Kích thước vật lí của ảnh sẽ bằng kích thước ảnh được xác định bởi tia chính cộng với đường kính của một trong các vòng mờ*

Dưới đây là một thí dụ cách dùng tia chính để xác định kích thước ảnh võng mạc. Giả sử có một vật ở vô cực đối diện với một góc 0.1 rad ở đồng tử vào của mắt chính thị rút gọn Emsley. Khác với tia qua điểm nút, tia chính sẽ bị lệch do khúc xạ ở mặt phẳng chính. Do đó, góc đối diện với ảnh ở đồng tử vào sẽ nhỏ hơn 0.1 rad (xem Hình 4.8).

Để tính kích thước ảnh võng mạc, phải biết khoảng cách giữa mặt phẳng chính và võng mạc và phải tính góc khúc xạ của tia chính. Có thể dùng định luật Snell rút gọn để xác định góc khúc xạ.

Định luật Snell,

$$n.\sin(i) = n'.\sin(i')$$

Do góc tới của các tia cận trục tương đối nhỏ, các góc có thể được biểu diễn bằng radian và các hàm sin có thể bỏ đi. Do đó,

ni = n'i'
i' = ni/n'

Do n = 1 và n' = 4/3 (cho mắt rút gọn Emsley):

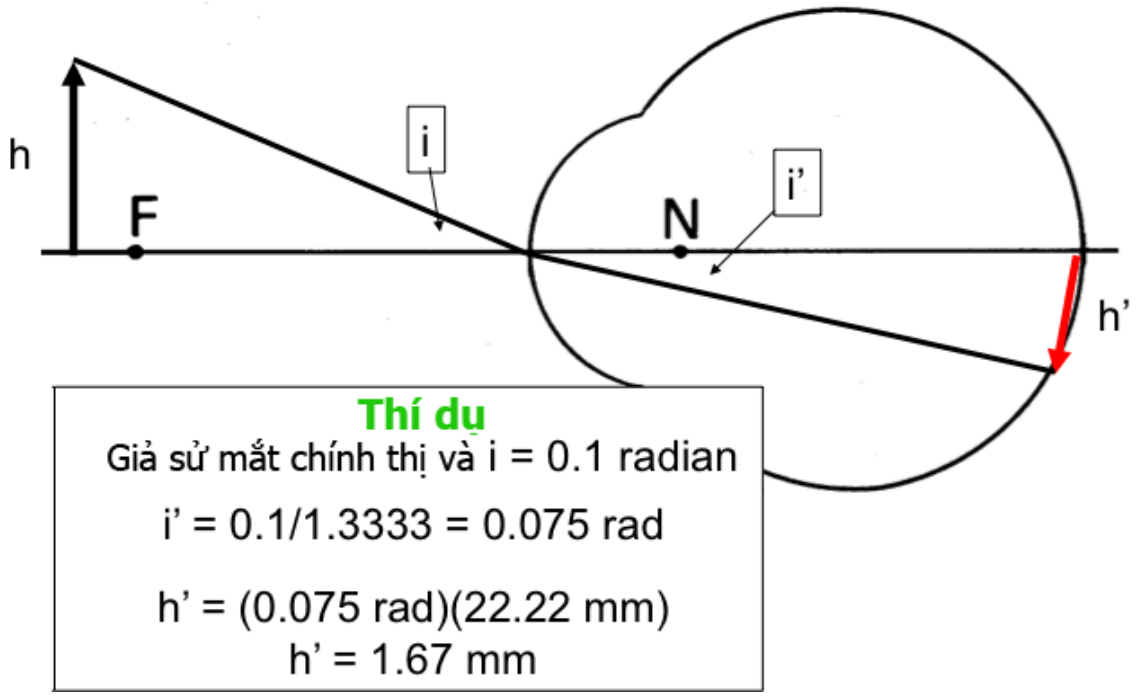
i' = 3/4(i) = 0.75i

Đối với thí dụ được minh họa ở trên:

i' = 0.1 rad(3/4) = 0.075 rad

Kích thước ảnh võng mạc (h'):

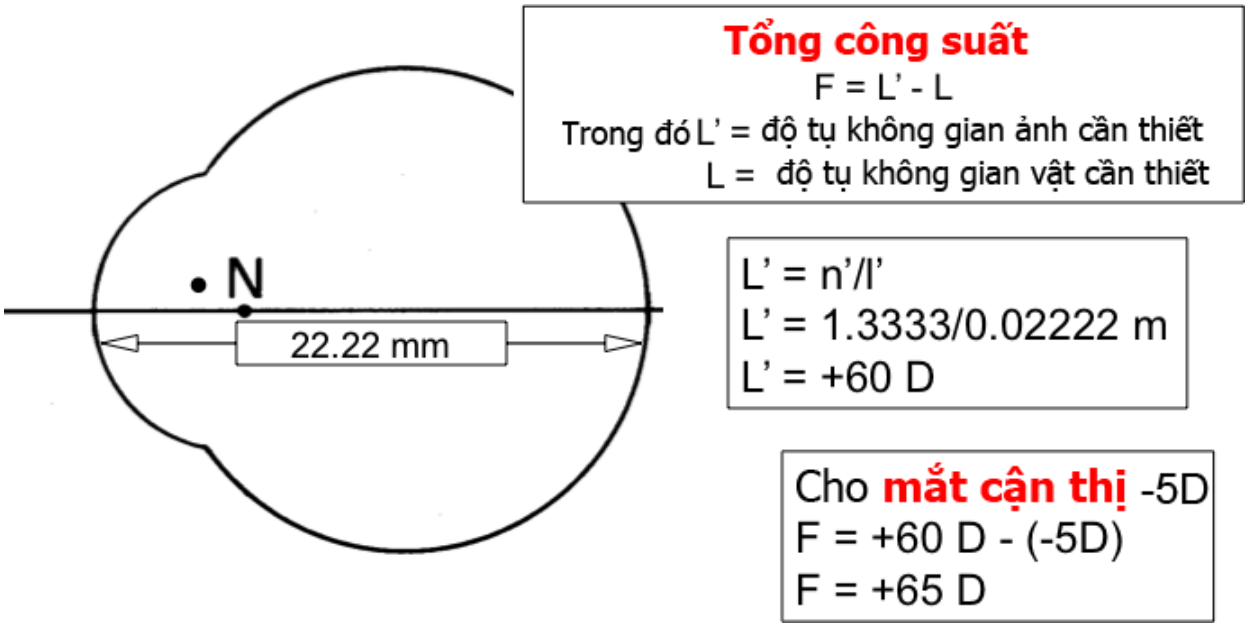
h' = i' (khoảng cách giữa mặt phẳng chính & võng mạc)
h' = 0.075 x 22.22 mm
h' = 1.67 mm



Hình 4.8: *Sử dụng góc khúc xạ của tia chính để tính kích thước ảnh*

Một trong những đặc tính quan trọng của tia chính là nó có thể được dùng để biểu thị mối tương quan giữa kích thước ảnh võng mạc tạo thành ở một mắt bất chính thị do khúc xạ không chỉnh kính và ảnh tạo thành ở một mắt chính thị. Hãy xét ảnh võng mạc tạo thành ở một mắt cận thị do khúc xạ 5.0 D bởi một vật ở vô cực đối diện với góc 0.1 rad ở tâm đồng tử vào. Như được minh họa trong Hình 4.9, độ dài trục nhãn cầu của mắt cận thị 5.0 D bằng độ dài trục nhãn cầu của mắt chính thị, tuy nhiên tổng công suất khúc xạ lớn hơn 5.0 D (tức là F = +65.0 D) so với mắt chính thị. Kết quả là một ảnh rõ nét của vật ở vô cực sẽ được tạo thành ở điểm X. Ánh sáng sau đó sẽ phân kì từ điểm X để tạo thành một vòng mờ trên võng mạc. Theo định nghĩa, kích thước ảnh ở mắt cận thị do khúc xạ không chỉnh kính này sẽ được xác định bằng tia chính. Do góc tới của tia chính là 0.1 rad nên góc của tia chính sau khúc xạ sẽ là 0.075 rad. Trong trường hợp này, góc khúc xạ sẽ bằng nhau ở cả mắt bất chính thị không được chỉnh kính và mắt chính thị.

Độ dài trục nhãn cầu cũng bằng nhau (22.22 mm; thực ra là khoảng cách giữa mặt phẳng chính và võng mạc). Kết quả là kích thước ảnh "được xác định" ở mắt bất chính thị không chỉnh kính sẽ bằng kích thước ảnh ở mắt chính thị (tức là ảnh võng mạc là 22.22 mm x 0.075 rad = 1.67 mm).



Hình 4.9: *Độ dài trục nhãn cầu của một mắt cận thị do khúc xạ 5.0 D bằng độ dài trục nhãn cầu của mắt chính thị, tuy nhiên, tổng công suất khúc xạ thì cao hơn 5.0 D (tức là F = +65.0 D)*

Tuy nhiên, từ Hình 4.7 rõ ràng là **kích thước vật lí** (không phải kích thước ảnh được xác định) của ảnh mờ ở mắt cận thị do khúc xạ sẽ lớn hơn ảnh rõ nét tạo thành bởi cùng vật đó ở mắt chính thị. Kích thước vật lí thực của ảnh mờ có thể xác định bằng cách tính đường kính của một trong các vòng mờ. Nếu giả sử rằng đồng tử của mắt cận thị do khúc xạ 5.0 D có đường kính là 5 mm (cần nhớ rằng đồng tử trùng với mặt khúc xạ ở mắt rút gọn) thì kích thước của vòng mờ có thể được tính bằng các hệ thức của các tam giác đồng dạng. Để làm điều này, vị trí của điểm X phải được xác định như sau:

$$L' = L + F$$

(Do vật ở vô cực L = 0)

$$L' = 0 + 65.0\ D = +65.0\ D$$
$$l' = n'/L'$$

(l' = khoảng cách từ mặt khúc xạ tới X)

$$l' = 1.333/+65.0\ D$$
$$l' = 20.51\ mm$$

Do tam giác ABX đồng dạng với tam giác CDX nên tỉ số của các đáy của các tam giác (tức là tỉ số của kích thước đồng tử trên kích thước của vòng mờ) sẽ bằng tỉ số của các chiều cao của các tam giác (tức là tỉ số của các khoảng cách từ mặt phẳng chính tới điểm X và từ điểm X tới võng mạc).

$$\frac{\text{CD (vòng mờ)}}{\text{5 mm (kích thước đồng tử)}} = \frac{\text{1.71 mm (X tới võng mạc)}}{\text{20.51 mm (mặt phẳng chính tới X)}}$$

$$CD = 0.417\ mm$$

(tức là đường kính vòng mờ = 0.417 mm)

Do đó, kích thước vật lí thực của ảnh mờ là:

0.417 mm + 1.67 mm = 2.087 mm

KÍCH THƯỚC ẢNH Ở MẮT BẤT CHÍNH THỊ CÓ CHỈNH KÍNH

Mục đích chính của kính là hội tụ ánh sáng từ vô cực vào viễn điểm của một mắt bất chính thị. Ngoài ra, để loại trừ ảnh võng mạc nhòe, mắt kính cũng thay đổi kích thước ảnh tạo thành ở mắt bất chính thị. Ảnh hưởng của công suất kính chỉnh đối với kích thước ảnh võng mạc có thể được mô tả bằng 2 hệ số, **độ phóng đại kính** và **độ phóng đại kính tương đối**.

Độ phóng đại kính (Spectacle Magnification-SM) cho biết kính chỉnh ảnh hưởng thế nào đối với kích thước của ảnh không được chỉnh kính. Nó được định nghĩa là tỉ số của kích thước ảnh của một vật **ở xa** ở **mắt bất chính thị có chỉnh kính** trên kích thước của ảnh mờ ở **mắt bất chính thị không được chỉnh kính**. Tức là:

$$SM = \frac{\text{Kích thước ảnh có kính}}{\text{Kích thước ảnh không được chỉnh kính}}$$

Có thể cho thấy rằng SM cũng bằng:

$$SM = \frac{\text{khoảng cách giữa viễn điểm và kính}}{\text{khoảng cách giữa viễn điểm và mặt phẳng chính thứ nhất}}$$

Hệ thức trên cho thấy rằng SM phụ thuộc vào độ tật khúc xạ và vị trí của kính chỉnh. SM bao giờ cũng là số dương. Ở những mắt viễn thị, do viễn điểm nằm ở sau mắt trong khi mặt phẳng kính bao giờ cũng ở phía trước mắt nên SM bao giờ cũng lớn hơn 1.0 (xem thêm phần mắt không thể thủy tinh). Đối với những mắt cận thị, cả viễn điểm và mặt phẳng kính đều ở phía trước mắt và do viễn điểm luôn cách xa mắt hơn so với kính chỉnh nên SM sẽ nhỏ hơn 1.0. Ở cả mắt viễn thị và cận thị, khoảng cách đỉnh càng lớn thì ảnh hưởng của thể thủy tinh đối với kích thước của ảnh không được chỉnh kính càng lớn, tức là SM sẽ lệch càng nhiều khỏi 1.0.

Độ phóng đại kính được gọi là **độ phóng đại góc** (trái ngược với độ phóng đại dài, tức là M = h'/h = L/L') bởi vì sự góp phần của quang hệ mắt bất chính thị đối với kích thước ảnh cũng như nhau ở trạng thái có chỉnh kính và không chỉnh kính. Tỉ số của các ảnh (có chỉnh kính/không chỉnh kính) chỉ phản ánh sự chênh lệch ở các góc đối diện với các tia chính ở mặt khúc xạ trong các điều kiện có chỉnh kính và không chỉnh kính.

Ghi chú: Về mặt lâm sàng, SM là quan trọng bởi vì nó có thể được dùng để dự tính một số thay đổi nhận thức không gian tạo ra bởi kính mắt. Thí dụ, giả sử một người viễn thị trẻ trước đó không chỉnh kính có khả năng điều tiết để bù trừ cho tật khúc xạ. Khi được chỉnh bằng kính, các vật ở xa sẽ rõ (mắt không điều tiết), nhưng lớn hơn so với ở trạng thái không chỉnh kính. Nói chung, khi một vật được phóng đại thì hệ thống thị giác sẽ diễn giải sự thay đổi kích thước như là sự thay đổi vị trí của vật. Do đó, khi kính được đeo lần đầu, các vật sẽ được nhận thấy là ở gần hơn so với vị trí của chúng ở trạng thái không chỉnh kính.

Độ phóng đại kính tương đối (Relative Spectacle Magnification-RSM) mô tả kích thước ảnh ở **mắt bất chính thị có chỉnh kính** khác biệt thế nào so với kích thước ảnh ở **mắt chính thị trung bình**. Nó được định nghĩa là tỉ số của các kích thước ảnh võng mạc tạo ra bởi một vật ở xa ở mắt bất chính thị có chỉnh kính và ở mắt chính thị trung bình, tức là:

$$\text{RSM} = \frac{\text{công suất tương đương của mắt chính thị}}{\text{công suất tương đương của mắt bất chính thị \& kính chỉnh}}$$

Ghi chú: Về mặt lâm sàng, RSM là quan trọng bởi vì tỉ số của các RSM của mắt phải và mắt trái của một bệnh nhân cho biết kích thước tương đối của các ảnh ở 2 mắt.

Đối với bất kì quang hệ nào, kích thước ảnh của một vật ở xa sẽ **tỉ lệ thuận với** tiêu cự **tương đương** của quang hệ, và do tiêu cự của quang hệ bằng nghịch đảo của công suất khúc xạ tương đương của nó (giả sử rằng quang hệ ở trong không khí) nên kích thước ảnh tỉ lệ nghịch với **công suất khúc xạ tương đương** của quang hệ

Do đó:

$$\text{RSM} = \frac{+60.00\ \text{D}}{F_{\text{mắt}} + F_{\text{kính}} - d(F_{\text{mắt}}).(F_{\text{kính}})}$$

Công suất tương đương của hệ thống mắt bất chính thị-kính có thể được tính bằng phương trình sau của công suất tương đương của một hệ thấu kính.

$$F_{\text{tương đương}} = F_{\text{mắt}} + F_{\text{kính}} - d/n(F_{\text{mắt}}).(F_{\text{kính}})$$

Trong đó,

$F_{\text{tương đương}}$ = tổng công suất tương đương
$F_{\text{mắt}}$ = công suất của mắt bất chính thị
$F_{\text{kính}}$= công suất của kính chỉnh
n = chiết suất giữa kính và mắt (thường là 1.0)
d = khoảng cách (bằng mét) giữa mặt phẳng chính thứ hai của kính và mặt phẳng chính thứ nhất của mắt

Ghi chú: d **không** bằng khoảng cách đỉnh. Trên lâm sàng, khoảng cách đỉnh được đo từ đỉnh giác mạc tới đỉnh sau của mắt kính.

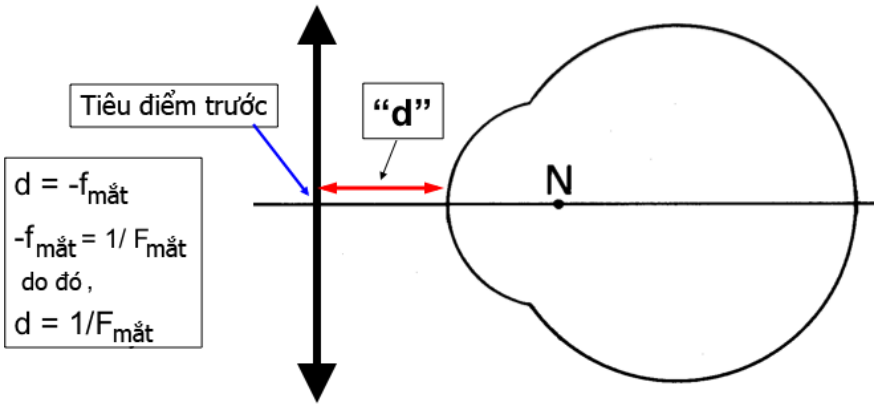
Giả sử mắt rút gọn Emsley được dùng như là mắt chính thị chuẩn thì hệ thức trên của RSM trở thành:

$$\text{RSM} = \frac{+60.00\ \text{D}}{F_{\text{mắt}} + F_{\text{kính}} - d(F_{\text{mắt}}).(F_{\text{kính}})}$$

(Cần nhớ rằng công suất tương đương của mắt chính thị rút gọn Emsley là +60.00 D.)

Hệ thức này là cơ sở của **định luật Knapp**, về mặt lịch sử là một trong những qui tắc lâm sàng quan trọng nhất.

Định luật Knapp: Đối với bất chính thị **do trục**, RSM sẽ bằng 1.0 khi mặt phẳng chính thứ hai của kính chỉnh trùng với tiêu điểm trước của mắt (xem Hình 4.10).



Hình 4.10: *Định luật Knapp cho rằng đối với mắt bất chính thị do trục, RSM bằng 1 khi mặt phẳng chính thứ hai của kính chỉnh trùng với tiêu điểm trước của mắt*

Hãy xem xét điều gì xảy ra đối với phương trình trên của RSM khi kính chỉnh được đặt ở tiêu điểm trước của mắt. Với kính chỉnh ở tiêu điểm trước, d sẽ bằng tiêu cự trước của mắt ($f_{mắt}$).

Do:

$$F_{mắt} = -1 / F_{mắt} = -d$$

(**Ghi chú:** d luôn luôn là một giá trị dương)

Thay thế $1/F_{mắt}$ bằng d

$$RSM = \frac{F(\text{mắt chính thị, tức là } +60.0\text{ D})}{F_{mắt} + F_{kính} - (1/F_{mắt}).(F_{kính})}$$

Và rút gọn là

$$RSM = \frac{+60.0\text{ D}}{F_{mắt} + F_{kính} - F_{kính}}$$

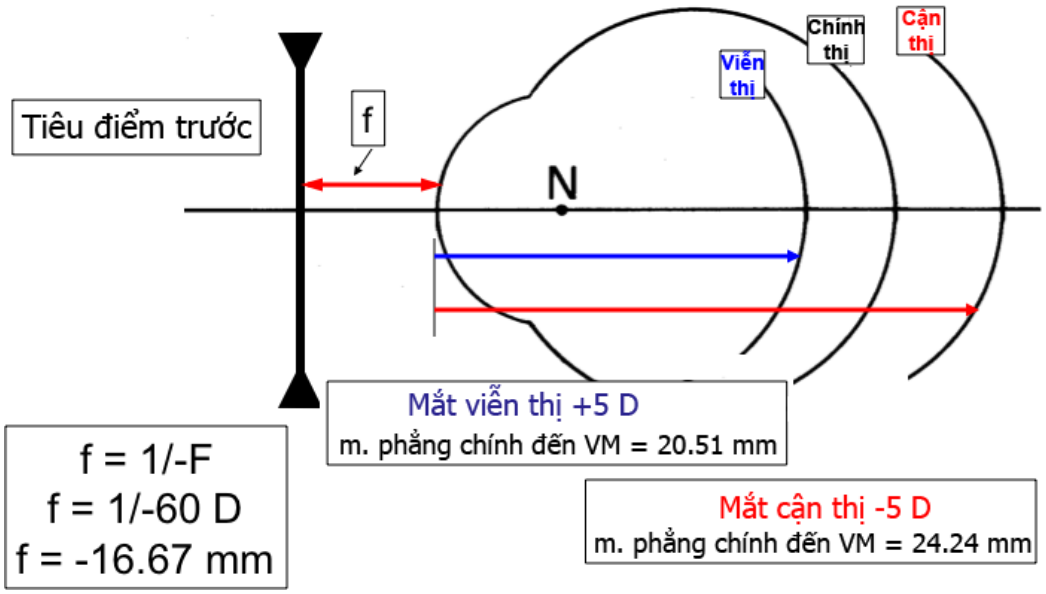
$$RSM = \frac{+60.0\text{ D}}{F_{mắt}}$$

$$RSM = \frac{(\text{công suất của mắt giản đồ})}{(\text{công suất của mắt bất chính thị})}$$

Nói một cách khác, khi một kính chỉnh được đặt ở tiêu điểm trước của mắt thì công suất tương đương của hệ thống mắt-kính sẽ bằng công suất của riêng mắt bất chính thị. Vì công suất khúc xạ của một mắt bất chính thị do trục bằng công suất của một mắt chính thị (tức là +60 D khi sử dụng mắt rút gọn Emsley):

$$RSM = \frac{+60.0\text{ D}}{+60.0\text{ D}} = 1.0$$

Do đó, khi kính chỉnh được đặt ở tiêu điểm trước của một **mắt bất chính thị do trục**, kích thước của ảnh võng mạc rõ nét ở mắt này sẽ bằng kích thước của ảnh tạo thành ở mắt chính thị. Điểm này có thể được minh họa bằng hình vẽ. Ở Hình 4.11, 3 mắt (một mắt chính thị, một mắt viễn thị do trục, và một mắt cận thị do trục) được đặt chồng lên nhau. Do công suất khúc xạ của mỗi mắt đều bằng nhau nên các tiêu cự trước cũng bằng nhau. Để chứng minh rằng RSM = 1.0 đối với mắt cận thị và mắt viễn thị được chỉnh kính đặt ở tiêu điểm trước, hãy xem xét các tia từ các điểm mút của một vật ở xa hướng vào các tiêu điểm trước của 3 mắt. Quang tâm của các mắt kính chỉnh cận thị và viễn thị sẽ trùng với các tiêu điểm trước, do đó các tia hướng về phía các tiêu điểm trước sẽ đi qua quang tâm của các mắt kính mà không bị lệch. Các tia sẽ giao cắt các mặt phẳng chính của 3 mắt và bị khúc xạ song song với trục quang học. Do các ảnh được tạo thành ở 3 mắt đều ở đúng tiêu điểm nên giao điểm của các tia đi qua tiêu điểm trước và các võng mạc tương ứng của mỗi mắt sẽ vạch ra kích thước của các ảnh võng mạc rõ nét. Tia đi qua tiêu điểm trước sau khi khúc xạ sẽ song song với trục quang học, do đó kích thước ảnh võng mạc sẽ không phụ thuộc vào độ dài trục nhãn cầu.



Hình 4.11: *Bất chính thị do trục được chỉnh kính đặt ở tiêu điểm trước*

SM VÀ RSM Ở MẮT BẤT CHÍNH THỊ CÓ CHỈNH KÍNH

Các thí dụ sau sẽ minh họa:

1. Ảnh hưởng của kính chỉnh đối với kích thước ảnh võng mạc ở cả 2 loại bất chính thị: do trục và do khúc xạ,
2. Chênh lệch kích thước ảnh ở mắt cận thị có chỉnh kính so với mắt viễn thị có chỉnh kính, và
3. Chênh lệch kích thước ảnh liên quan đến việc chỉnh một mắt bất chính thị bằng kính đặt ở tiêu điểm trước (tức là bằng kính gọng) so với kính đặt ở mặt phẳng chính của mắt (tức là bằng kính tiếp xúc).

Ghi chú: Ở phần lớn các bệnh nhân, tiêu điểm trước sẽ gần với (nhưng hơi ở phía trước) mặt phẳng kính (so sánh vị trí tiêu điểm trước của mắt Gullstrand số 1 với khoảng cách đỉnh của kính 13 hoặc 14 mm). Cũng cần chú ý rằng vì các mặt phẳng chính của mắt nằm ở trong thủy dịch nên không thể đặt kính chỉnh ở mặt phẳng chính (giả định là không dùng kính nội nhãn). Nhưng có thể dễ dàng chứng minh tác dụng gần đúng của kính tiếp xúc bằng cách xem xét kính chỉnh ở các mặt phẳng chính của mắt rút gọn Emsley.

MẮT BẤT CHÍNH THỊ DO TRỤC CÓ CHỈNH KÍNH

Giả sử một bệnh nhân có khúc xạ mắt (hoặc **khúc xạ ở mặt phẳng chính**) là −5.00 D (tức là cận thị 5.00 D) và một bệnh nhân thứ 2 viễn thị có khúc xạ mắt là +5.00 D. Giả sử mặt phẳng kính trùng với **các tiêu điểm trước** của các mắt bất chính thị (tức là P' của kính chỉnh trùng với F của các mắt bất chính thị).

Ghi chú: Cần nhớ rằng vì đây là bất chính thị do trục nên tiêu cự trước của các mắt bất chính thị sẽ bằng tiêu cự trước của mắt chính thị.

$$f = 1/-F$$
$$F = +60.00 \text{ D}$$

Do đó,

$$f = 1/-60.00 \text{ D}$$
$$f = -16.67 \text{ mm}$$

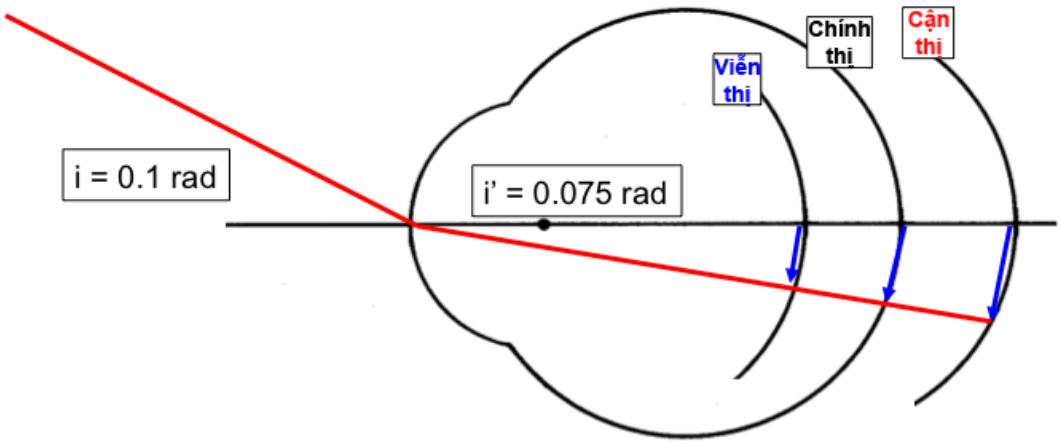
tức là các tiêu điểm trước ở 16.67 mm trước mặt phẳng chính (mặt khúc xạ tương đương).

Có nhiều phương pháp có thể dùng để tính SM và RSM của các mắt bất chính thị này. Phương pháp thứ nhất sẽ được minh họa là tính kích thước của các ảnh võng mạc được tạo thành ở các mắt bất chính thị có chỉnh kính và không chỉnh kính và kích thước ảnh võng mạc tạo ra bởi cùng một vật một mắt chính thị. Trong trường hợp này để thuận tiện thì bắt đầu tính kích thước các ảnh võng mạc ở trạng thái không chỉnh kính. Cũng để cho thuận tiện, giả định rằng vật ở xa đang được xét đối diện với góc nhìn 0.1 radian.

Ghi chú: Kích thước của vật được chọn không quan trọng: tức là các giá trị của SM và RSM không phụ thuộc vào kích thước chính xác của vật được chọn. Để thuận tiện thì chọn một vật đối diện với 0.1 rad bởi vì nó đơn giản hóa việc tính toán.

Trong sơ đồ ở Hình 4.12, các tia chính từ vật ở xa được vẽ cho các mắt bất chính thị không được chỉnh kính và mắt chính thị rút gọn tiêu chuẩn. Để tính kích thước ảnh võng mạc của 3 mắt này, cần xác định các góc đối diện với các ảnh võng mạc ở các mặt phẳng chính và phải biết khoảng cách giữa mặt phẳng chính và võng mạc. Góc khúc xạ của các tia chính (tức là góc đối diện với các ảnh võng mạc ở mặt khúc xạ) có thể được tính bằng định luật Snell, được rút gọn cho các tia cận trục.

ni = n'i'
i' = i/n
i' = 0.1 rad/1.333
i' = 0.075 rad



Hình 4.12: *Góc khúc xạ của các tia chính từ một vật ở xa cho các mắt bất chính thị không được chỉnh kính có thể được tính bằng định luật Snell*

Khoảng cách giữa mặt khúc xạ và võng mạc là 22.22 mm cho mắt chính thị rút gọn Emsley. Khoảng cách này phải được tính cho mắt cận thị và mắt viễn thị. Như đã trình bày ở phần trước (trang 6 & 7), việc này bao gồm tính độ tụ ánh sáng ở không gian ảnh (L') cần thiết để hội tụ ở võng mạc của các mắt bất chính thị và khoảng cách ảnh (l') gắn với độ tụ không gian ảnh này. Khoảng cách giữa mặt khúc xạ và võng mạc của mắt cận thị trục 5 D và mắt viễn thị trục 5 D tương ứng là 24.24 mm và 20.51 mm.

Kích thước các ảnh võng mạc (xem Hình 4.13) của mắt chính thị và mắt bất chính thị không được chỉnh kính:

Mắt chính thị

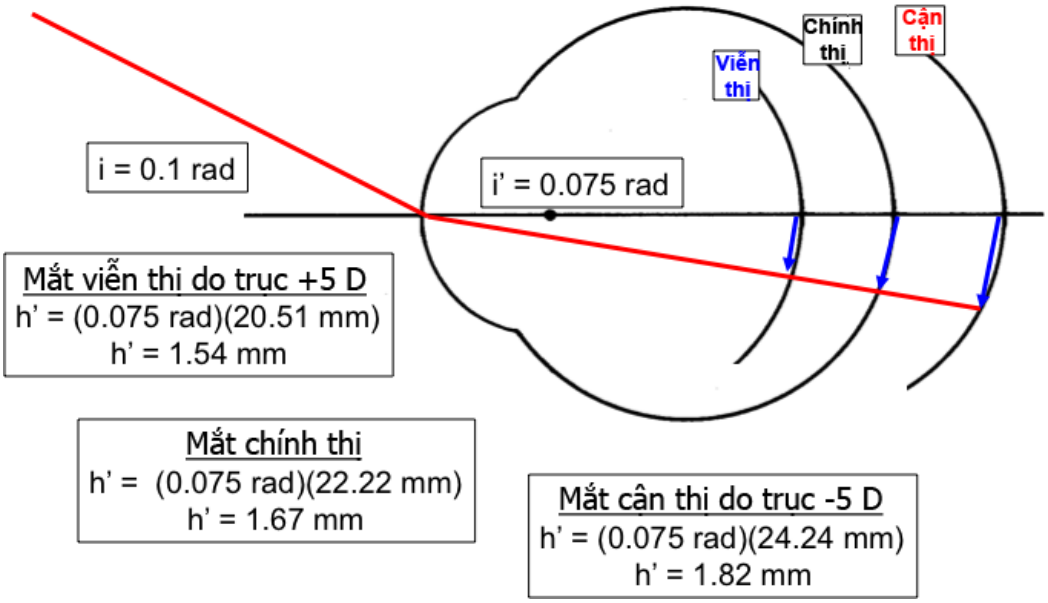
h' = (0.075 rad) × (22.22 mm)
h' = 1.67 mm

Mắt viễn thị do trục không chỉnh kính

h' = (0.075 rad) × (20.51 mm)
h' = 1.54 mm

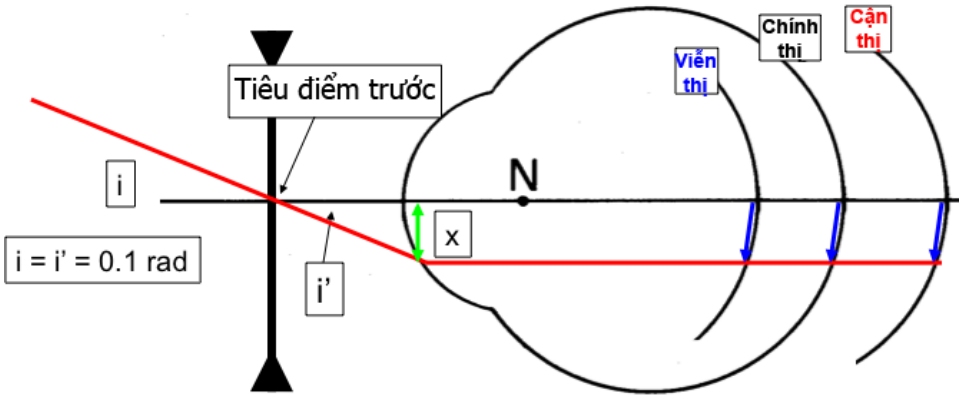
Mắt cận thị do trục không chỉnh kính

h' = (0.075 rad) × (24.24 mm)
h = 1.82 mm



Hình 4.13: *Kích thước ảnh của mắt bất chính thị do trục có thể được tính bằng khoảng cách giữa mặt khúc xạ và võng mạc*

Khi các mắt bất chính thị này được chỉnh bằng kính đặt ở tiêu điểm trước thì góc tới của các tia chính ở mặt phẳng chính của các mắt bất chính thị sẽ bị thay đổi do khúc xạ qua kính chỉnh (xem Hình 4.14). Trong trường hợp mắt cận thị, góc tới mới của các tia chính từ các điểm mút của vật sẽ nhỏ hơn 0.1 rad. Đối với mắt viễn thị, góc tới sẽ lớn hơn 0.1 rad. Trong tình trạng này, cách dễ nhất để tính kích thước ảnh võng mạc là sử dụng các tia đi qua tiêu điểm trước của các mắt bất chính thị. Nếu giả sử rằng kính chỉnh mỏng vô hạn và quang tâm của kính chỉnh trùng với tiêu điểm trước của mắt thì các tia từ vật ở xa hướng về tiêu điểm trước sẽ không bị lệch bởi kính chỉnh (tức là i= i'). Khi các tia này tới các mặt phẳng chính của mắt, chúng sẽ bị khúc xạ song song với các trục quang học và sẽ giao cắt các võng mạc để vạch ra kích thước các ảnh võng mạc. Do các tia này song song với các trục quang học ở không gian ảnh nên khoảng cách giữa giao điểm của các tia này ở mặt phẳng chính và các trục quang học (khoảng cách được ghi chữ X ở Hình 4.14) sẽ bằng kích thước ảnh võng mạc. Để tính khoảng cách X thì phải biết góc đối diện với vật ở tiêu điểm trước và tiêu cự trước. Do vật nằm ở vô cực quang học nên có thể giả định là vật sẽ đối diện với một góc ở tiêu điểm trước giống như góc đối diện ở tâm của đồng tử vào (do vật ở vô cực quang học và chênh lệch giữa khoảng cách vật đo ở tiêu điểm trước và khoảng cách đo ở mặt phẳng chính là nhỏ nên giả định này sẽ không ảnh hưởng đến các phép tính). Do đó, để tính kích thước ảnh ở các mắt bất chính thị có chỉnh kính, đơn giản nhân tiêu cự trước với góc nhìn đối diện với vật.



Hình 4.14: *Để tính kích thước ảnh ở các mắt bất chính thị có chỉnh kính, đơn giản nhân tiêu cự trước với góc nhìn đối diện với vật*

Mắt viễn thị (kích thước ảnh có kính)

h' = (16.67 mm) × (0.1 rad)
h' = 1.67 mm

Do đó,

SM = kích thước ảnh có kính/kích thước ảnh không được chỉnh kính
SM = 1.67 mm / 1.54 mm = 1.08

tức là kích thước ảnh có kính lớn hơn khoảng 8% so với ảnh không được chỉnh kính.

RSM = kích thước ảnh có kính/kích thước ảnh của mắt chính thị
RSM =1.67 mm / 1.67 mm = 1.0

Mắt cận thị (kích thước ảnh có kính)

h' = (16.67 mm) × (0.1 rad)
h' = 1.67 mm

Do đó,

SM = 1.67 mm / 1.82 mm
SM = 0.92

RSM = 1.67 mm / 1.67 mm
RSM = 1.0

MẮT BẤT CHÍNH THỊ DO TRỤC ĐƯỢC CHỈNH KÍNH TIẾP XÚC

Trong thí dụ này, chúng ta sẽ xem xét vẫn 2 người bất chính thị do trục được sử dụng ở phần trước (tức là một mắt cận thị 5.0 D và mắt viễn thị 5.0 D) và giả sử là kính tiếp xúc được đặt một cách hiệu quả ở các mặt phẳng chính của mắt. Hình 4.15 minh họa ảnh hưởng của kính chỉnh ở mặt phẳng chính đối với kích thước ảnh võng mạc ở những mắt viễn thị và cận thị trục. Giả sử là các mắt bất chính thị và kính chỉnh đều "đúng tâm" (tức là quang tâm các mặt khúc xạ nằm trên một trục chung), lúc này quang tâm của các mắt kính chỉnh sẽ trùng với các đỉnh của mặt khúc xạ tương đương của mắt (tâm của các đồng tử vào). Kết quả là các tia chính từ các điểm mút của vật sẽ đi qua quang tâm của các mắt kính chỉnh, do đó sẽ không bị lệch bởi kính chỉnh. Tất nhiên, các tia này sẽ bị lệch bởi khúc xạ (lệch về phía trục quang học) ở các mặt khúc xạ tương đương của mắt. Tuy nhiên, do kính chỉnh không làm lệch các tia chính nên các góc tới của chúng ở trạng thái có chỉnh kính này sẽ giống như ở trạng thái không chỉnh kính. Do đó, các góc đối diện với các ảnh ở các mặt phẳng chính của mắt sẽ giống nhau ở trạng thái có chỉnh kính và trạng thái không chỉnh kính (các giá trị này đã được tính trước đây ở trang 17). Kích thước của các ảnh không chỉnh kính không bị thay đổi bởi kính chỉnh (kính chỉ đưa ảnh vào đúng tiêu điểm), do đó

SM = 1.0

Đối với cả mắt viễn thị trục và mắt cận thị trục.

Theo định luật Knapp, RSM ở những mắt bất chính thị do trục này được chỉnh kính tiếp xúc ở các mặt phẳng chính sẽ không bằng 1.0. Thay vào đó,

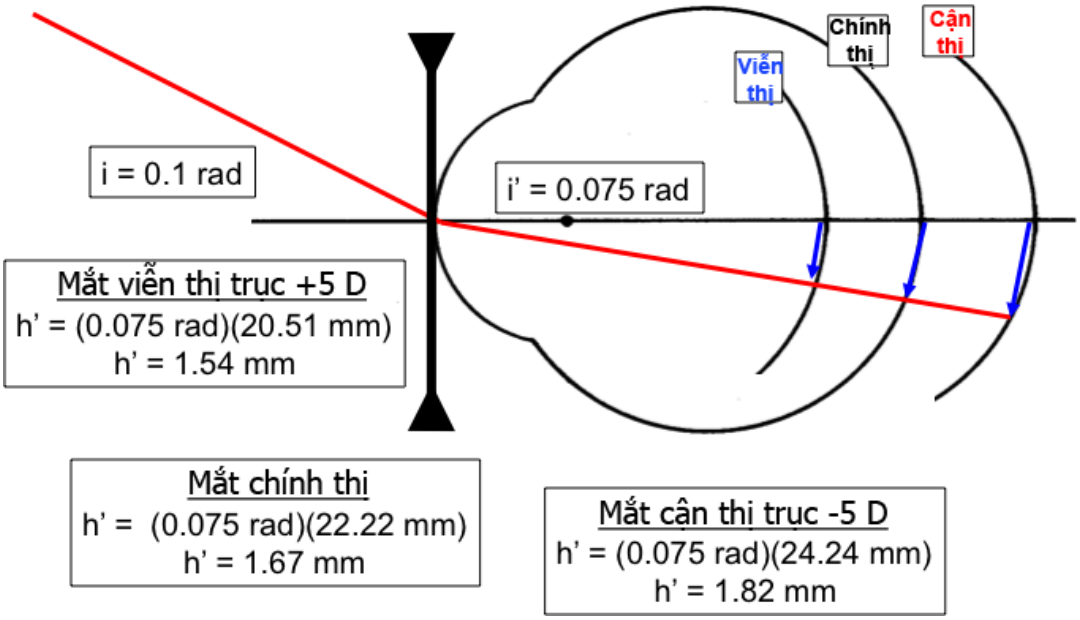
Đối với **viễn thị**,

RSM_H = 1.54 mm / 1.67 mm
RSM_H = 0.92

Đối với **cận thị**,

RSM_M= 1.818 mm / 1.67 mm
RSM_M = 1.089

Ghi chú: Kích thước ảnh lớn tương đối (tức là RSM > 1.0) xảy ra khi những mắt cận thị trục được chỉnh kính tiếp xúc là một lí do tại sao những người có loại tật khúc xạ này có được thị lực cao nhất với kính tiếp xúc. Ít ra về mặt kích thước ảnh, điều này ngược lại đối với những mắt viễn thị trục.



Hình 4.15: *Nếu kính chỉnh được đặt ở mặt phẳng chính thì kích thước ảnh sẽ giống như ở mắt không chỉnh kính (như trong Hình 4.13)*

MẮT BẤT CHÍNH THỊ DO KHÚC XẠ CÓ CHỈNH KÍNH

Giả sử một bệnh nhân cận thị 5.0 D do khúc xạ và một bệnh nhân thứ hai viễn thị 5.0 D do khúc xạ. Như trong thí dụ trước với mắt bất chính thị do trục, đầu tiên chúng ta sẽ xác định kích thước các ảnh lệch tiêu ở mắt không chỉnh kính.

Hình 4.16 cho thấy một đặc tính quan trọng của các mắt bất chính thị do khúc xạ. Ở trạng thái không được chỉnh kính, các tia chính từ một vật ở xa tiêu chuẩn (tức là vật đối diện với 0.1 radian) sẽ bị khúc xạ với cùng một mức độ ở các mắt bất chính thị cũng như mắt chính thị chuẩn. Kết quả là các góc đối diện với các ảnh ở các mặt phẳng chính của mắt sẽ giống như là ở mắt chính thị chuẩn, bất kể mức độ tật khúc xạ. Bởi vì, theo định nghĩa, độ dài trục của mắt bất chính thị do khúc xạ cũng bằng độ dài trục của mắt chính thị chuẩn, ảnh võng mạc không được chỉnh kính ở các mắt bất chính thị sẽ bằng kích thước ảnh tạo thành ở mắt chính thị.

tức là đối với một vật 0.1 rad ở vô cực,

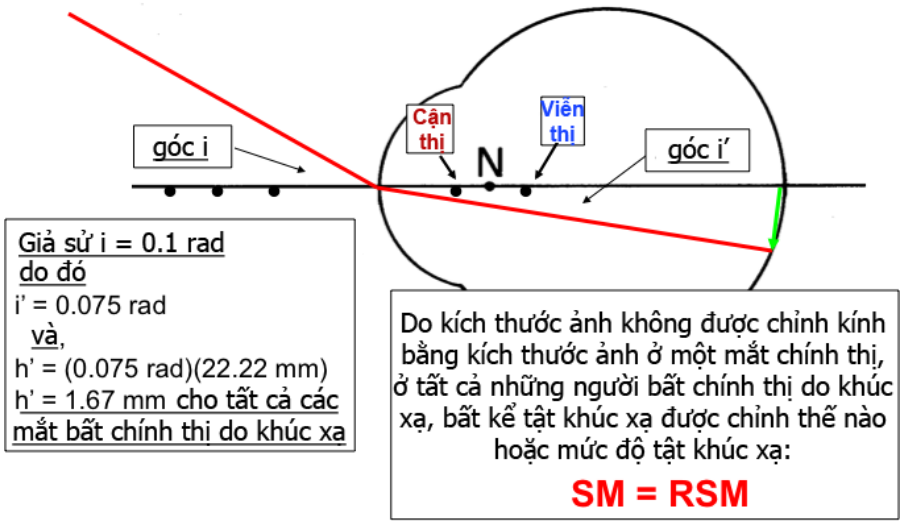
$$h' = (0.075 \text{ rad}) \times (22.22 \text{ mm}) = 1.67 \text{ mm}$$

Do các kích thước ảnh không được chỉnh kính ở các mắt bất chính thị này cũng giống như ảnh tạo thành ở các mắt chính thị, bất kể tật khúc xạ được chỉnh bằng biện pháp gì (kính tiếp xúc hoặc kính gọng), SM sẽ bằng RSM. Đặc tính này của các mắt bất chính thị do khúc xạ đơn giản là kết quả của các hệ thức sau:

$$\text{SM} = \frac{\text{kích thước ảnh có kính}}{\text{kích thước ảnh không được chỉnh kính}}$$

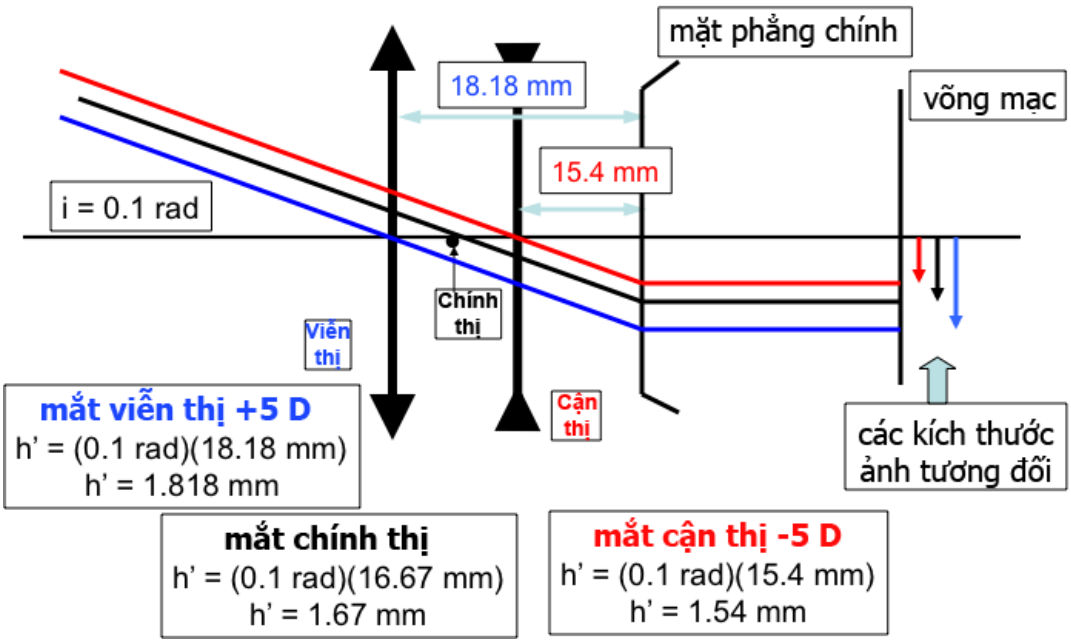
$$\text{RSM} = \frac{\text{kích thước ảnh có kính}}{\text{kích thước ảnh của mắt chính thị}}$$

Do các kích thước ảnh không được chỉnh kính bằng kích thước ảnh ở mắt chính thị nên các hệ thức này rõ ràng tương đương.



Hình 4.16: *Đối với một vật ở xa đã cho, góc tới và góc khúc xạ của các tia chính sẽ bằng nhau cho tất cả các mắt bất chính thị do khúc xạ.*

Hình 4.17 minh họa ảnh hưởng của việc đặt kính chỉnh ở tiêu điểm trước của một mắt bất chính thị do khúc xạ đối với kích thước ảnh võng mạc. Như ở hình vẽ, tiêu cự trước của các mắt bất chính thị do tật khúc xạ không giống nhau. Quang hệ của mắt cận thị do khúc xạ có đặc điểm là công suất khúc xạ quá cao. Trong trường hợp này (tật khúc xạ 5.00 D ở mặt phẳng chính), tổng công suất khúc xạ tương đương của mắt cận thị là +65.00 D. Tiêu cự trước của mắt này là 1/65.00 D (giả sử là mắt ở trong không khí) hoặc 15.4 mm. Quang hệ của mắt viễn thị do khúc xạ 5.00 D không có đủ công suất để hội tụ ánh sáng song song ở không gian vật lên võng mạc. Vì mắt viễn thị có công suất khúc xạ thấp hơn so với mắt chính thị hoặc cận thị nên nó sẽ có tiêu cự trước dài hơn (1/55.0 D; 18.18 mm).



Hình 4.17: *Mắt bất chính thị do khúc xạ được chỉnh kính đặt ở tiêu điểm trước và các kích thước ảnh tương đối*

Khi các mắt bất chính thị này được chỉnh bằng kính đặt ở tiêu điểm trước, kích thước của ảnh võng mạc sẽ tỉ lệ thuận với các tiêu cự tương ứng của mắt. Điểm này được minh họa bằng việc xét các tia đi qua tiêu điểm trước của các mắt này. Do quang tâm của kính chỉnh trùng với tiêu điểm trước nên các tia này sẽ không bị lệch bởi kính chỉnh. Khi các tia này tới các mặt khúc xạ tương đương, chúng sẽ bị khúc xạ song song với các trục quang học và các giao điểm của chúng với các võng mạc tương ứng sẽ vạch ra ranh giới của các ảnh võng mạc đúng tiêu. Từ sơ đồ hình học của tình huống này, có thể thấy rõ rằng tia đi qua tiêu điểm trước của mắt viễn thị sẽ giao cắt mặt phẳng chính của mắt ở dưới các giao điểm của các tia tương ứng của mắt chính thị và cận thị. Kích thước ảnh có thể được tính bằng cách xác định khoảng cách giữa trục quang học (tia từ đáy của vật) và giao điểm của các tia từ các điểm mút của vật ở mặt khúc xạ của mắt.

Đối với **viễn thị**,

$$h' = (0.1\ \text{rad}) \times (18.18\ \text{mm})$$
$$h' = 1.818\ \text{mm}$$

Đối với **cận thị**,

$$h' = (0.1\ \text{rad}) \times (15.4\ \text{mm})$$
$$h' = 1.54\ \text{mm}$$

Đối với **chính thị**,

h' = (0.1 rad) × (16.67 mm)
h' = 1.67 mm

Độ phóng đại kính và độ phóng đại kính tương đối có thể xác định bằng cách tính các tỉ số ảnh thích hợp. Do đó,

Đối với **viễn thị**,

$SM_{viễn}$= $RSM_{viễn}$ = 1.818 mm / 1.67 mm = 1.089

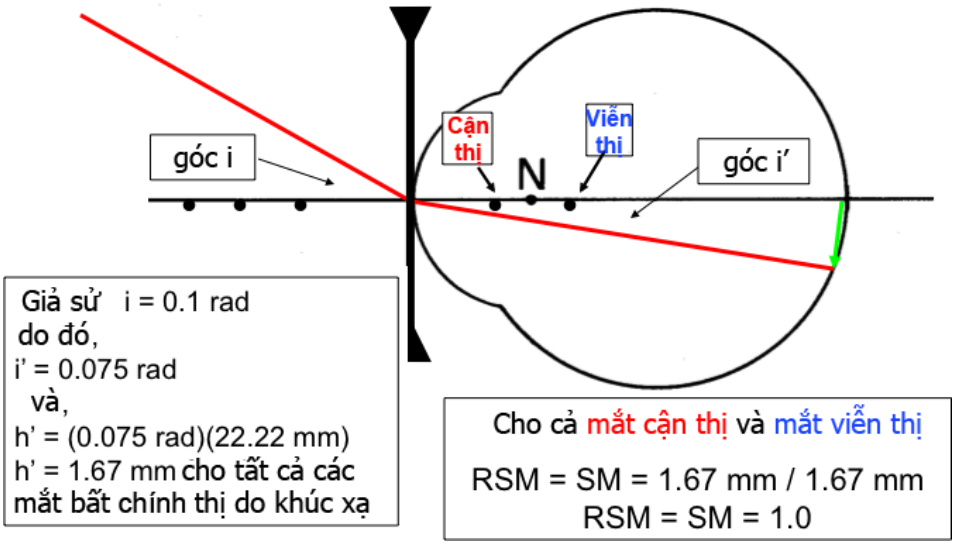
Đối với **cận thị**,

$SM_{cận}$= $RSM_{cận}$= 1.54 mm / 1.67 mm = 0.92

Việc xem xét các RSM của các mắt bất chính thị do khúc xạ chứng tỏ rằng những mắt viễn thị do khúc xạ có chỉnh kính sẽ được lợi từ kích thước ảnh lớn nhờ phương pháp chỉnh này.

MẮT BẤT CHÍNH THỊ DO KHÚC XẠ ĐƯỢC CHỈNH KÍNH TIẾP XÚC

Với mắt bất chính thị do khúc xạ, khi kính chỉnh được di chuyển về phía mặt phẳng chính của mắt, cả SM và RSM đều đến gần một giá trị bằng 1. Trong Hình 4.18, khi kính chỉnh được đặt ở mặt phẳng chính SM = RSM = 1.0. Như đã đề cập ở trên, khi quang tâm của kính chỉnh trùng với tâm đồng tử vào của mắt giản đồ (tức là đỉnh của mặt khúc xạ) thì kính chỉnh không làm thay đổi đường đi của tia chính. Do đó, góc mà ảnh võng mạc tạo thành ở mặt khúc xạ không bị ảnh hưởng bởi sự có mặt của kính chỉnh. Về mặt này, kính chỉnh đơn giản cho một ảnh đúng tiêu điểm. Do mắt bất chính thị do khúc xạ có độ dài trục như mắt chính thị nên kích thước của các ảnh đúng tiêu điểm ở mắt bất chính thị do khúc xạ sẽ bằng kích thước ảnh được tạo ra ở mắt chính thị.



Hình 4.18: *Với mắt bất chính thị do khúc xạ, khi kính chỉnh được đặt ở mặt phẳng chính, SM = RSM = 1.0*

HỆ QUẢ LÂM SÀNG CỦA ĐỊNH LUẬT KNAPP

1. Nếu bệnh nhân có bất đồng khúc xạ do chênh lệch độ dài trục giữa 2 mắt (bất đồng khúc xạ do trục) thì cần chỉnh bằng kính gọng để giảm thiểu chênh lệch ảnh võng mạc 2 mắt.
2. Nếu bệnh nhân có bất đồng khúc xạ do chênh lệch công suất khúc xạ giữa 2 mắt (bất đồng khúc xạ do khúc xạ) thì cần chỉnh bằng kính tiếp xúc để giảm thiểu chênh lệch ảnh võng mạc 2 mắt.

QUI TẮC LÂM SÀNG

Nếu không tuân theo định luật Knapp và một người có bất đồng khúc xạ do trục được chỉnh kính tiếp xúc thì phương pháp chỉnh sẽ dẫn đến chênh lệch kích thước ảnh 2 mắt khoảng 2% cho mỗi 1 D bất đồng khúc xạ. Nếu một người bất đồng khúc xạ do khúc xạ được chỉnh kính gọng thì phương pháp chỉnh sẽ dẫn đến chênh lệch kích thước ảnh 2 mắt khoảng 1.5% cho mỗi điốp bất đồng khúc xạ.

Ghi chú: Cần nhận thấy rằng các hệ quả lâm sàng này dựa trên giả định rằng kích thước ảnh nhận thức được là một hàm đơn giản của kích thước vật lí của ảnh võng mạc. Tuy nhiên, các thí nghiệm gần đây gợi ý rằng thay đổi mật độ tế bào cảm thụ của võng mạc có thể bù trừ cho chênh lệch kích thước vật lí của ảnh võng mạc ở những người bất đồng khúc xạ do trục. Dường như là mắt to hơn làm cho cấu trúc ghép mảnh ở võng mạc (retinal mosaic) của các thành phần thần kinh căng ra. Kết quả là ở những người bất đồng khúc xạ do trục, chênh lệch độ dài trục có thể gây ra các kích thước ảnh vật lí khác nhau, nhưng số lượng (hoặc tỉ lệ?) tế bào cảm thụ thần kinh được kích thích ở hai mắt đều bằng nhau. Nếu quan niệm này là đúng thì cách tốt nhất để tránh chênh lệch ảnh võng mạc 2 mắt là chỉnh những người bất đồng khúc xạ bằng kính tiếp xúc, bất kể chênh lệch tật khúc xạ 2 mắt có bản chất là do trục hay là do khúc xạ.

KÍCH THƯỚC ẢNH VÕNG MẠC Ở CÁC ĐIỀU KIỆN KHÁC NHAU

KÍNH KHÔNG Ở TIÊU ĐIỂM TRƯỚC

Ở phần trên, kích thước ảnh võng mạc và các giá trị SM và RSM được tính cho các vị trí của kính chỉnh thuận tiện, nhưng không nhất thiết thực tế. Thí dụ ở một mắt bất chính thị bình thường, không thể đặt kính chỉnh ở mặt phẳng chính của mắt. Cũng theo nghĩa này thì tiêu điểm trước sẽ nằm ở ngoài khoảng cách đỉnh thường dùng cho kính chỉnh. Ở phần này, chúng ta sẽ xem xét các phương pháp để tính kích thước ảnh ở một khoảng cách đỉnh thông thường hơn.

CÔNG SUẤT HIỆU DỤNG CỦA KÍNH CHỈNH

Đối với một mắt bất chính thị đã cho (tức là với một độ khúc xạ đã cho ở mặt phẳng chính), tật khúc xạ có thể được chỉnh bằng bất kì kính nào trong số một loạt kính công suất khác nhau đặt ở các khoảng cách đỉnh khác nhau. Với nhiều bệnh nhân, bạn sẽ muốn đặt đỉnh sau của kính chỉnh ở một khoảng cách khác so với khoảng cách của phoropter khi khám. Bạn phải xác định được công suất hiệu dụng thích hợp cần thiết để chỉnh mắt đó với khoảng cách đỉnh cụ thể. Kiến thức cơ bản về công suất hiệu dụng của kính chỉnh cũng hữu ích để tính kích thước ảnh võng mạc khi kính chỉnh không ở một điểm mốc thuận tiện của mắt (tức là mặt phẳng chính, v.v.)

Ghi chú: Trên lâm sàng, **công suất đỉnh sau** được dùng để biểu thị công suất khúc xạ của một kính đã cho (tức là các giá trị công suất ở phoropter là "các công suất đỉnh sau"). Khoảng cách đỉnh được đo ở đỉnh sau của kính chỉnh. Nói một cách cụ thể, khoảng cách đỉnh là khoảng cách giữa điểm nhìn của kính (giao điểm giữa trục thị giác của mắt với mặt sau kính) và giác mạc.

Các sách giáo khoa thường cho công thức dưới đây để tính công suất hiệu dụng thích hợp của một mắt kính.

$$F_{eff} = \frac{K}{1+d(K)}$$

Trong đó,

F_{eff} = công suất hiệu dụng cần thiết
K = độ khúc xạ ở mặt phẳng chính
d = khoảng cách đỉnh mong muốn (tính bằng mét)

Phương trình sau thường được dùng để tính sự thay đổi công suất cần thiết để bù trừ cho một sự thay đổi khoảng cách đỉnh đã cho của một kính chỉnh.

$$F_{mới} = \frac{F_{cũ}}{1-(d_1-d_2)F_{cũ}}$$

Trong đó,

$F_{mới}$ = công suất hiệu dụng cần thiết
$F_{cũ}$ = công suất ở khoảng cách đỉnh cũ
d_1 = khoảng cách đỉnh cũ
d_2 = khoảng cách đỉnh mới

Đối với hầu hết các kính chỉnh tật khúc xạ, ảnh hưởng của sự thay đổi khoảng cách đỉnh của kính là tương đối nhỏ và không có ý nghĩa lâm sàng. Tuy nhiên, với những tật khúc xạ độ cao (thí dụ trên 7.00 D) thì thay đổi nhỏ của khoảng cách đỉnh có thể gây ra những thay đổi đáng kể về mặt lâm sàng của công suất hiệu dụng. Thí dụ, hãy xét sự thay đổi công suất hiệu dụng cần thiết để chỉnh thích hợp mắt viễn thị được minh họa trong Hình 4.19. Giả sử bạn khám bệnh nhân với phoropter được đặt khoảng cách đỉnh là 15 mm và thấy tật khúc xạ của bệnh nhân là +10.00 D. Nhưng để giảm độ phóng đại, bạn quyết định chọn ở khoảng cách đỉnh 10 mm. Công suất kính cần thiết cho khoảng cách đỉnh 10 mm là bao nhiêu?

$$F_{mới} = \frac{+10.00\ \text{D}}{1-(0.015\ \text{m}-0.01\ \text{m})10.0\ \text{D}}$$

$F_{mới}$ = +10.53 D

tức là khi kính được đặt ở khoảng cách đỉnh 10 mm thì công suất đỉnh sau phải tăng thêm 0.53 D để tạo ra hiệu quả mong muốn.

Thay đổi công suất cần thiết để bù trừ thay đổi khoảng cách đỉnh

$$F_{mới} = \frac{F(cũ)}{1-(d_1-d_2)F_{cũ}}$$

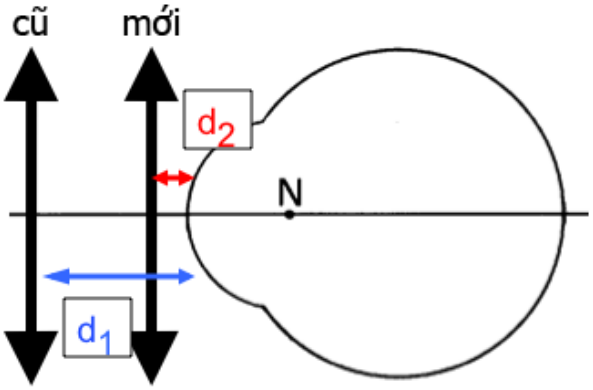
trong đó

$F_{mới}$ = công suất cần thiết

$F_{cũ}$ = công suất đỉnh cũ

d_1 = khoảng cách đỉnh cũ

d_2 = khoảng cách đỉnh mới



$F_{cũ}$ = +10 D ở khoảng cách đỉnh 15 mm. Công suất cần thiết cho khoảng cách đỉnh 10 mm là bao nhiêu

$F_{mới}$ = 10 D / [(1 - 0.015 m -0.01 m)(10 D)]

$F_{mới}$ = +10.53 D

Hình 4.19: *Thay đổi công suất cần thiết để bù trừ hay đổi khoảng cách đỉnh ở một mắt viễn thị +10 D*

Thí dụ này và các phương trình trên cho thấy rằng khi giảm khoảng cách đỉnh của kính chỉnh viễn thị thì phải tăng công suất kính để có thể chỉnh tật khúc xạ của bệnh nhân một cách thích hợp. Đối với kính cận thị, nếu giảm khoảng cách đỉnh thì phải giảm công suất kính chỉnh.

Theo kinh nghiệm của tôi, một người luôn luôn đảo ngược d1 và d2 ở phương trình trên, do đó mắc sai lầm khi xác định công suất kính chỉnh thích hợp. Lời khuyên của tôi là bạn không cần nhớ các công thức trên, nhưng thay vào đó chỉ cần nhớ mục đích của kính chỉnh. Nếu hiểu mục đích của kính chỉnh và định nghĩa viễn điểm của mắt thì có thể dễ dàng xác định công suất kính cần thiết cho bất kì khoảng cách đỉnh nào.

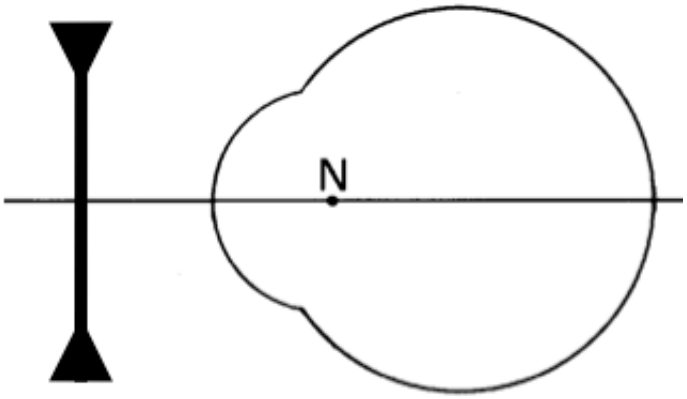
Viễn điểm: Theo định nghĩa, viễn điểm của mắt là điểm trong không gian liên hợp với võng mạc khi mắt ở trạng thái không điều tiết.

Mục đích của kính chỉnh: Mục đích của bất kì kính chỉnh nào cũng là để làm cho ánh sáng từ một vật ở xa vô cực hội tụ ở viễn điểm của mắt (tức là tạo ra ảnh của một vật ở xa tại viễn điểm của mắt).

Để đáp ứng những yêu cầu của một kính chỉnh thích hợp, tiêu cự của kính chỉnh phải bằng khoảng cách giữa viễn điểm của mắt và mặt phẳng kính mong muốn. Nghịch đảo của khoảng cách này bằng công suất kính thích hợp.

TÍNH KÍCH THƯỚC ẢNH

Giả sử bệnh nhân có cận thị trục -5.00 D (khúc xạ ở mặt phẳng chính) được chỉnh bằng kính đặt trước mặt phẳng chính 10 mm (xem Hình 4.20) và bệnh nhân đang nhìn một vật ở xa đối diện với một góc 0.1 radian ở mặt khúc xạ của mắt không chỉnh kính. Kích thước ảnh võng mạc ở trạng thái có chỉnh kính là bao nhiêu?



Hình 4.20: *Giả sử là bệnh nhân có cận thị trục -5.00 D (đo ở mặt phẳng chính) được chỉnh bằng kính đặt trước mặt phẳng chính 10 mm*

PHƯƠNG PHÁP HÌNH HỌC

Với phương pháp này, kích thước ảnh của vật ở xa được tạo thành ở viễn điểm của mắt sẽ được tính. Ảnh này sau đó sẽ được coi như là vật tạo ra ảnh võng mạc. Sau khi có được kích thước của "vật" mới này (tức là ảnh của vật ở xa tạo thành ở viễn điểm của mắt bởi khúc xạ ở kính chỉnh), có thể tính góc tới của tia chính (ở mặt phẳng chính của mắt sau khi khúc xạ bởi kính chỉnh). Lúc này, có thể dùng định luật Snell rút gọn để tính góc mà ảnh võng mạc tạo thành ở mặt khúc xạ của mắt. Do đó, nếu biết khoảng cách giữa mặt khúc xạ và võng mạc thì có thể dễ dàng tính được ảnh võng mạc.

Đầu tiên, tính khoảng cách giữa mặt khúc xạ của mắt và võng mạc.

$l' = n'/L'$

$l' = 1.3333 / +55.0$ D

$l' = 24.24$ mm

Thứ hai, tính kích thước của ảnh được tạo thành ở viễn điểm của mắt. Bạn biết rằng ảnh sẽ được tạo thành ở viễn điểm của mắt (trong trường hợp này ở trước mắt 20 cm, tức là bệnh nhân cận thị 5.00 D) và khoảng cách giữa kính chỉnh và viễn điểm là 19 cm (20 cm trừ đi khoảng cách đỉnh 1 cm). Để xác định kích thước ảnh, chỉ cần xét tia từ đỉnh của vật ở xa đi qua quang tâm của kính chỉnh. Nó sẽ không bị lệch và tạo thành phần đỉnh của vật ảo ở viễn điểm của mắt (giả sử là đáy của vật trùng với trục quang học). Bạn đã biết là ảnh được tạo thành ở mặt phẳng viễn điểm, do đó chỉ cần xét một tia. Do góc tới của tia đi qua quang tâm của mắt kính là 0.1 rad và không bị lệch bởi khúc xạ nên ảnh tạo thành ở mặt phẳng viễn điểm cũng sẽ đối diện với góc 0.1 rad ở quang tâm của kính chỉnh. Do đó, có thể dễ dàng tính được kích thước ảnh tạo thành ở mặt phẳng viễn điểm.

h' = (0.1 rad) x (19.0 cm)
h' = 1.9 cm

Ảnh ở mặt phẳng viễn điểm đóng vai trò như là vật của mắt. Trong trường hợp này, góc đối diện với vật ảo này ở tâm đồng tử vào của mắt có thể được tính và kích thước ảnh võng mạc cuối cùng được xác định bằng các tia chính. Góc đối diện với vật ảo,

góc = 1.9 cm/20 cm = 0.095 rad

tức là kính trừ làm giảm góc tới của các tia chính từ các điểm mút của vật (từ 0.1 rad xuống 0.095 rad).

Góc mà ảnh võng mạc tạo thành ở mặt phẳng chính của mắt có thể xác định bằng cách tính góc khúc xạ của tia chính sử dụng định luật Snell rút gọn.

i' = i/n
i'= 0.095 rad / 1.333
i' = 0.07125 rad

Kích thước ảnh võng mạc có thể được tính bằng cách nhân i' lần khoảng cách giữa mặt khúc xạ của mắt và võng mạc.

h' = (0.07125 rad) x (24.24 mm) = 1.73 mm

Ảnh hưởng của kính chỉnh đối với kích thước ảnh võng mạc có thể được tóm tắt bằng cách tính SM và RSM.

$$\text{SM} = \frac{\text{1.73 mm (kích thước ảnh có kính)}}{\text{1.818 mm (kích thước ảnh không được chỉnh kính)}}$$

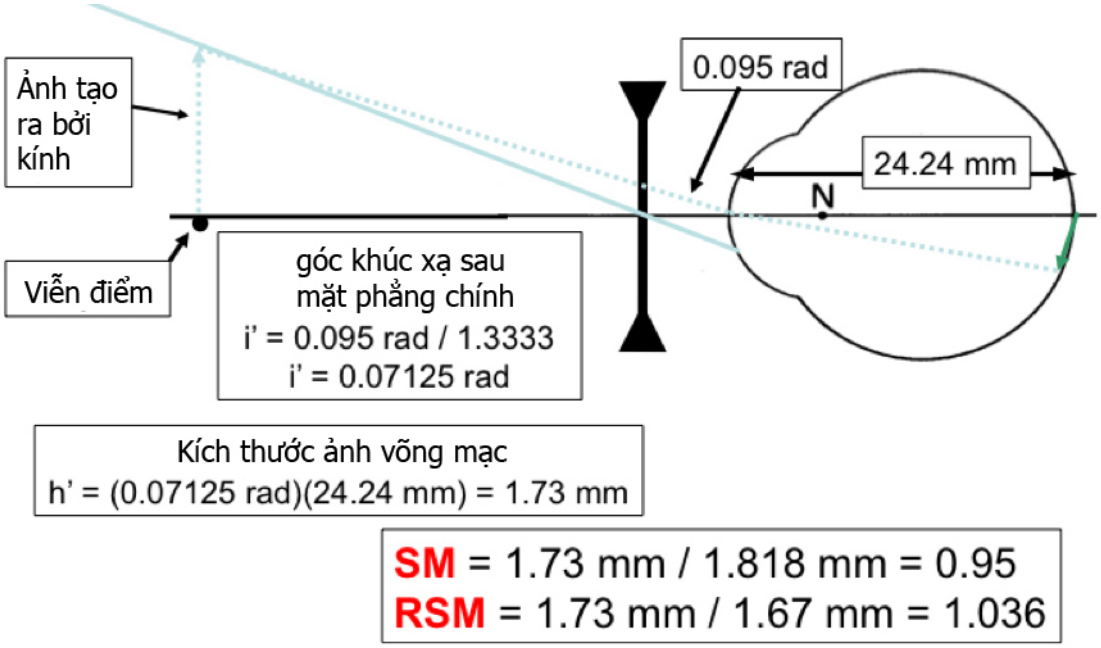
SM = 0.95

tức là kính chỉnh thu nhỏ kích thước của ảnh võng mạc không được chỉnh kính.

$$\text{RSM} = \frac{\text{1.73 mm (kích thước ảnh có kính)}}{\text{1.67 mm (kích thước ảnh của mắt chính thị)}}$$

RSM = 1.036

tức là mặc dù kính chỉnh làm giảm kích thước của ảnh võng mạc không được chỉnh kính thì ảnh rõ nét cuối cùng vẫn lớn hơn (khoảng 3.6%) so với ảnh võng mạc được tạo thành ở mắt chính thị chuẩn (xem Hình 4.21).



Hình 4.21: *Phương pháp hình học để tính kích thước ảnh võng mạc*

PHƯƠNG PHÁP DÙNG ĐỘ PHÓNG ĐẠI DÀI

Sau khi đã xác định kích thước ảnh tạo thành bởi kính chỉnh ở mặt phẳng viễn điểm của mắt, kích thước ảnh võng mạc có thể được tính bằng các công thức tiêu chuẩn cho độ phóng đại dài. Tuy nhiên, cần nhận thấy rằng phương pháp này chỉ có thể dùng khi ảnh võng mạc đúng tiêu. (xem Hình 4.22)

Bước thứ nhất của phương pháp này là tính độ phóng đại dài.

$$M = h' / h = L / L'$$

tức là độ phóng đại [tỉ số của kích thước ảnh (h') trên kích thước vật (h)] bằng tỉ số của độ tụ ánh sáng ở không gian vật và không gian ảnh.

Độ tụ của vật (L)

(Được đánh giá theo mặt phẳng chính của mắt)

$$L = 1/ -0.2 \text{ m} = -5.0 \text{ D}$$

Độ tụ của ảnh (L')

$$L' = L + F = -5.0 \text{ D} + 60.0 \text{ D} = +55.0 \text{ D}$$

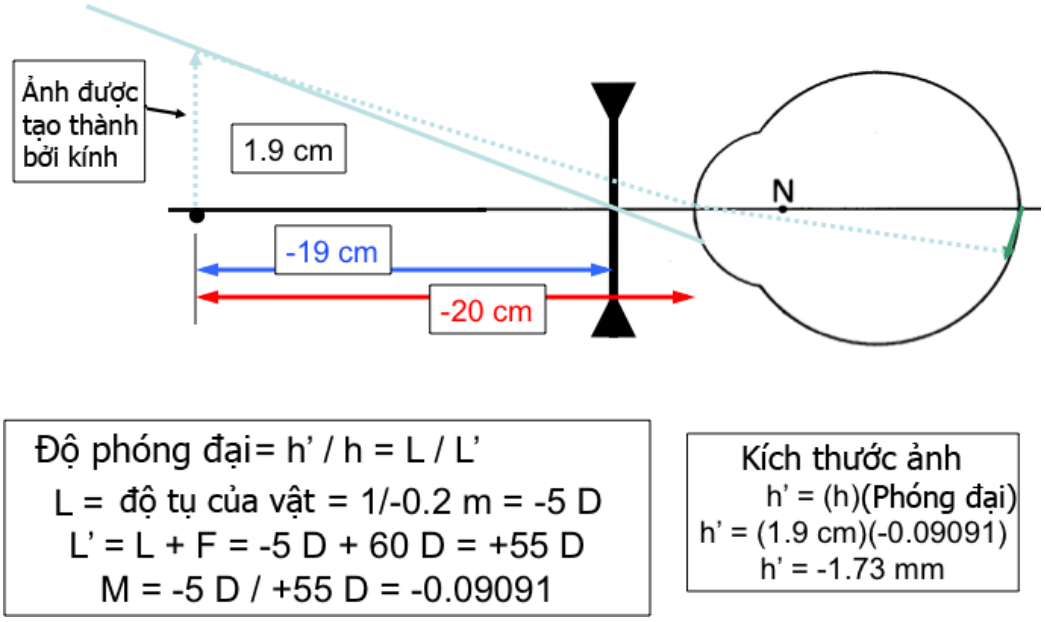
Độ phóng đại (M)

$$M = -5.00 \text{ D}/+55.0 \text{ D}$$
$$M = -0.09091$$

(Cần nhớ là dấu trừ cho biết là ảnh đảo ngược)

Kích thước ảnh võng mạc (h')

h' = h(M)
h' = 1.9 cm (−0.09091)
h' = −1.73 mm



Hình 4.22: *Phương pháp dùng độ phóng đại dài để tính kích thước ảnh võng mạc*

PHƯƠNG PHÁP DÙNG ĐỘ PHÓNG ĐẠI KÍNH

Một phương pháp tương đối đơn giản để xác định kích thước ảnh võng mạc là trước tiên tính SM và kích thước ảnh võng mạc không chỉnh kính (xem Hình 4.23). Hệ thức dưới đây thường được dùng để xác định SM:

$$SM = \frac{\text{khoảng cách giữa mặt phẳng kính \& viễn điểm}}{\text{khoảng cách giữa mặt phẳng chính \& viễn điểm}}$$

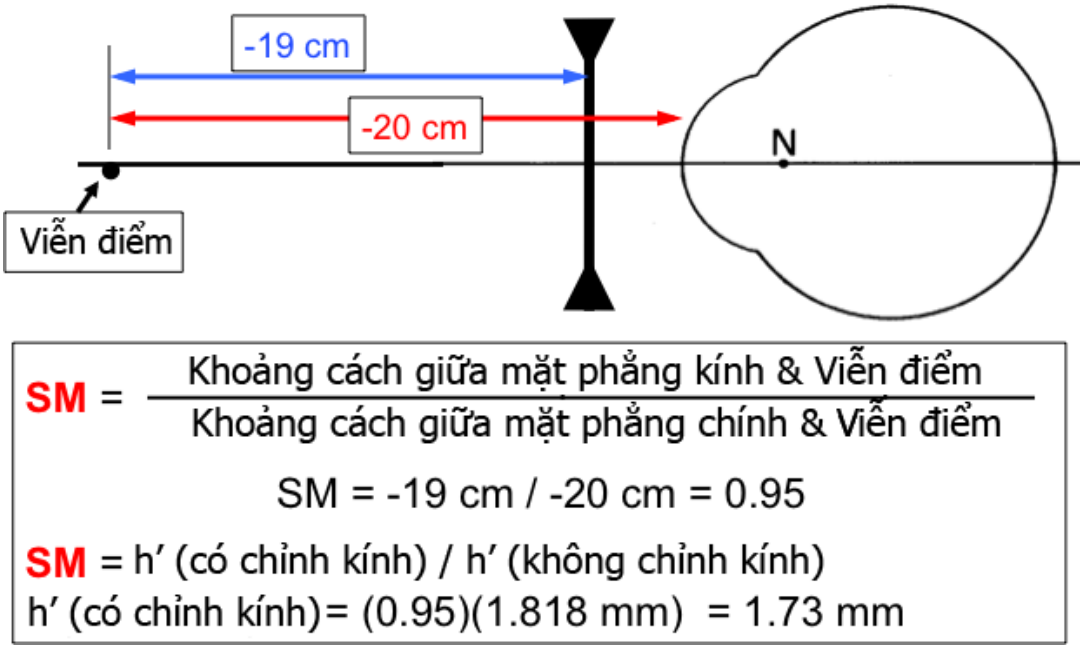
Trong thí dụ này,

SM = −19 cm / -20 cm
SM = 0.95

Kích thước ảnh võng mạc không được chỉnh kính (1.818 mm) đã được tính ở trên. Kích thước ảnh có kính có thể tính bằng cách nhân kích thước ảnh không được chỉnh kính với SM.

$$SM = \frac{h'_{\text{có kính}}\ (\text{ảnh được chỉnh kính})}{h'_{\text{không kính}}(\text{ảnh không chỉnh kính})}$$

$h'_c = SM\ (h'_{\text{không kính}})$
$h'_c = (0.95) \times (1.818\ \text{mm}) = 1.73\ \text{mm}$



Hình 4.23: *Phương pháp dùng độ phóng đại kính để tính kích thước ảnh võng mạc*

PHƯƠNG PHÁP DÙNG CÔNG SUẤT TƯƠNG ĐƯƠNG

Kích thước ảnh võng mạc có chỉnh kính có thể xác định bằng cách tính RSM từ các công suất tương đương của mắt chính thị và hệ thống mắt bất chính thị-kính (xem Hình 4.24). Sau đó có thể xác định ảnh võng mạc có chỉnh kính bằng cách nhân kích thước ảnh ở mắt chính thị với RSM. Hệ thức dưới đây có thể được dùng để xác định RSM:

$$\text{RSM} = \frac{F_{\text{mắt chính thị}}\ (\text{công suất của mắt chính thị})}{F_e + F_l - dF_eF_l\ (\text{công suất của mắt + kính})}$$

Ghi chú: Để dùng hệ thức này bạn phải biết công suất hiệu dụng của kính chỉnh, không chỉ khúc xạ mắt.

Công suất hiệu dụng của kính chỉnh (khoảng cách đỉnh 1cm),

$F_l = 1 / -0.19\text{m}$
$F_l = -5.26\text{D}$

(Cần nhớ rằng tiêu cự của kính chỉnh phải bằng khoảng cách giữa mặt phẳng kính và viễn điểm của mắt)

Theo định nghĩa, công suất khúc xạ của một mắt bất chính thị do trục là

$F_e = +60.00\ \text{D}$

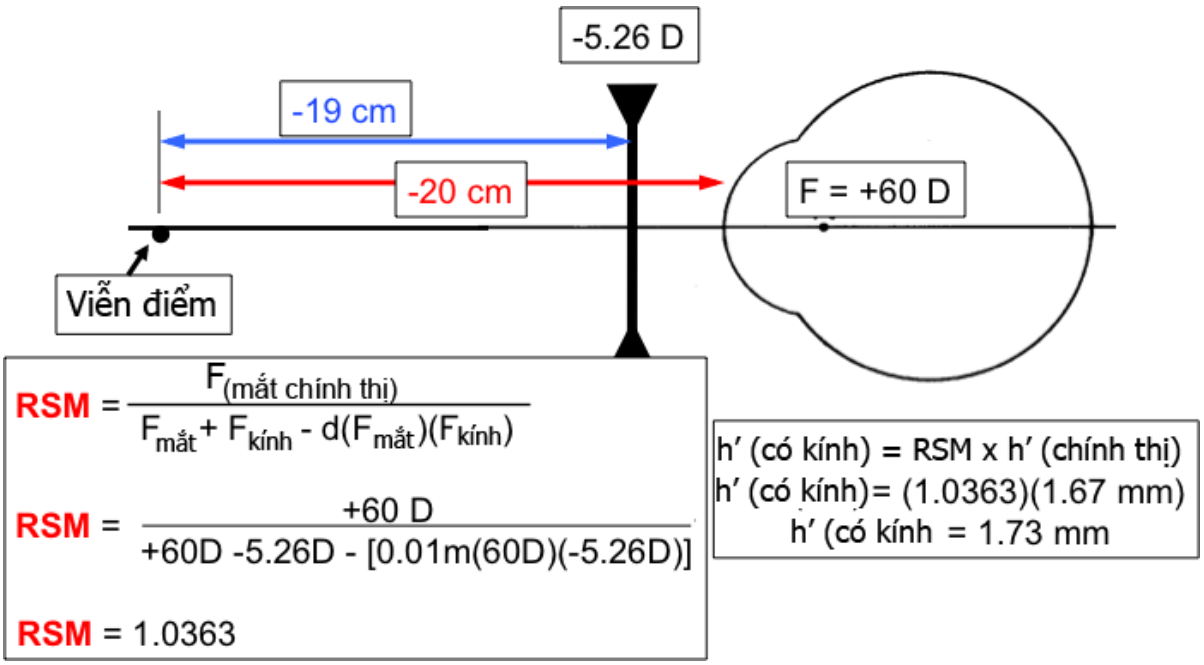
Độ phóng đại kính tương đối,

$$\text{RSM} = \frac{+60.0\ \text{D}}{60.0\ \text{D} - 5.26\ \text{D} - 0.01(60.0\ \text{D})(-5.26\ \text{D})}$$

$$\text{RSM} = \frac{+60.0\ \text{D}}{+57.898\ \text{D}}$$

Kích thước ảnh võng mạc,

$h'_{\text{mắt có chỉnh kính}} = \text{RSM}\ (h'_{\text{mắt chính thị}})$
$h'_c = (1.036) \times (1.67\ \text{mm})$
$h'_c = 1.73\ \text{mm}$



Hình 4.24: *Tính kích thước ảnh võng mạc bằng phép tính công suất tương đương*