

CONSIDERAÇÕES ATUAIS SOBRE A TONOGRAFIA (*) (**)

Drs. HILTON ROCHA e NASSIM CALIXTO — Belo Horizonte

INTRODUÇÃO

Na prática, continuam a tonometria e a campimetria como a pedra de toque para o diagnóstico, o prognóstico e a orientação terapêutica dos glaucomatosos.

A tonografia é mais um elemento propedêutico (e relevante), porém menos significativo na clínica do que os dois clássicos já referidos.

«O seu campo de aplicação clínica ainda é bastante restrito», afirma Depner ao tratar da tonografia.

Mesmo porque as críticas ao método são várias, inclusive aquela que põe em dúvida a própria fórmula original de Goldmann: $Po = F \times R + Pv$. Pois dúvidas têm sido arguidas contra a adoção da lei de Poiseuille ao escoamento do humor aquoso através das veias laminadas.

Mas, embora reconhecendo que o método ainda terá que sofrer alterações, aperfeiçoamentos e correções, está êle em ordem do dia, prestando significativa ilustração ao estudo teórico da hipertensão glaucomatosa.

Não quer isso dizer que também ilações práticas dêle não transpareçam: — como ao nos orientar satisfatoriamente sobre a modalidade de retenção do aquoso (glaucoma de ângulo fechado e glaucoma simples), sobre a verificação eloquente dos tonogramas após fistulizante efetiva, ou quando associamos o método a um dos testes provocadores (o da água especialmente), no afã de se diagnosticar precocemente um glaucoma.

(*) Apresentado à X Jornada Brasileira de Oftalmologia — Curitiba — Setembro de 1959.

(**) Trabalho da Clínica Oftalmológica da Faculdade de Medicina da Universidade de Minas Gerais.

É sem dúvida um capítulo apaixonante, e que nos abre algumas perspectivas sobre o emaranhado tema.

Nunca é demais que acentuemos, como aliás o fez Goldmann explicitamente, que o estudo do escoamento do aquoso (facilidade, resistência, débito) não caracteriza uma «escola mecânica» em oposição a uma «escola neuro-vascular». São aspectos ou fatores que se completam e associam, na ânsia de esclarecer a etiopatogenia da síndrome glaucomatosa.

Mesmo porque as chamadas escolas «mecânica» e «neuro-vascular» agitam a questão patogênica, mas pouco esclarecem sobre a etiologia.

A atualidade do tema animou-nos a trazer esta pequena contribuição à Jornada de Curitiba. Será especialmente uma contribuição nossa para os que se interessarem pelo método, poupando-lhes muitos cálculos fastidiosos a que nos obrigamos.

É de justiça que consignamos aqui um agradecimento ao ddo. Emir Soares, que muito nos auxiliou na confecção e revisão das tabelas anexas.

TONOGRAFIA

A tonografia de Grant é hoje um método que os oculistas cada vez mais utilizam, muito embora o seu ideador lhe desse de início um objetivo mais de investigação que de clínica.

O seu princípio e suas bases são bem conhecidos.

Goldmann, com as restrições devidas, aplicou ao olho, a lei de Poiseuille para o fluxo das correntes laminadas, através da fórmula $F = \frac{Pec}{R}$ ou $Pec = F \times R$.

Como a pressão de escoamento Pec é igual a $P_o - P_v$, teremos:

$$P_o - P_v = F \times R$$

$$P_o = F \times R + P_v$$

Foi essa fórmula que nos abriu novas perspectivas, para se conhecer F, R e P_v , e daí ajuizarmos da origem da hipertensão.

P_v é uma constante (8 a 10 mm Hg).

A tonografia veio exatamente como elemento propedêutico capaz de nos orientar sobre o valor da outra parcela, especialmente do fator **R**.

Há quase um século (Pagenstecher 1878) já se sabia que a pressão exercida sobre o olho provoca a queda da tensão, por maior escoamento do aquoso. Também já entreviam os observadores do passado que esse escoamento não era uniforme, mas que, nos olhos glaucomatosos, em geral ele se fazia sentir menos intensamente que nos olhos normais.

Essa a base da tonografia, que portanto é antiga. Mas o que é atual, não é só a denominação que valeria pouco, mas a sistematização do método, permitindo através dele ajuizarmos do «débito» do aquoso, (F), e principalmente da «resistência» (R) oferecida ao seu escoamento.

E como vimos que o débito (F) e a resistência (R) são os 2 fatores fundamentais da fórmula que nos dá a tensão ocular (Po), de vez que Pv é uma constante, — temos que a tonografia vem nos oferecer um método prático e acessível, de rigôr discutível, para ajuizarmos em cada caso dos fenômenos que servem de lastro à **hipertensão glaucomatosa**.

Moses e Bruno, Grant, Weekers e Prijot, enfim uma série grande de pesquisadores deu-lhe forma.

O ponto de partida é um fato de conhecimento antigo, já dissemos: a compressão duradoura de um olho provoca a sua queda tensional. Queda que, hoje não se duvida, está subordinada à eliminação forçada de um certo volume do humor aquoso.

Se diversos olhos, normais ou glaucomatosos, são submetidos à mesma compressão e se a queda tensional flutua, isso significa logicamente que a resistência ao escoamento é diferente nos dois olhos. Bastaria que nos lembrássemos da fórmula $F = \frac{P_{ec}}{R}$: se a pressão é a mesma e se F flutua, é porque deve variar a resistência.

A priori, sente-se que, pela queda tensional obtida, poder-se-á

avaliar matematicamente a resistência ao escoamento em cada olho.

Surgiu então a possibilidade de determinarmos **R** (resistência ao escoamento), ou **C** (como preferem os norte-americanos) que é o coeficiente de facilidade ao escoamento, sendo logicamente $R = \frac{1}{C}$, isto é, a resistência sendo rigorosamente o inverso da facilidade ao escoamento.

Mas se teoricamente a situação assim se configurava fácil, na prática surgiam 3 dificuldades principais:

1) tonometria rigorosa, inclusive atentando para a «rigidez escleral». Este aspecto será mais longamente considerado linhas abaixo.

2) Friedenwald ofereceu-nos possibilidade de superar o segundo óbice, sendo de justiça que se ressalte a notável e sólida contribuição de Schiotz. Quando um tonômetro de Schiotz é aplicado sobre a cornea, tem-se nas escalas próprias, a fácil verificação da tensão ocular. Mas na realidade, durante a tonometria, o peso do próprio tonômetro, em virtude da depressão que produz na córnea (diminuindo assim o volume do conteúdo do globo), acarreta um aumento dessa tensão, enquanto permanece sobre o olho o tonômetro. Exemplificando: — se a agulha do tonômetro de Schiotz, com peso 7,5, aponta o número 5, isso nos indica que a tensão ocular (P_o) é de 26 mm Hg (tabela I); mas, no momento da prova, essa tensão logicamente sobe, constituindo o que se convencionou chamar de «pressão tonométrica» (P_t), isto é, a pressão intra-ocular sob a ação do tonômetro. Friedenwald experimentalmente organizou a tabela das «pressões tonométricas», sem o que nos seria impossível a tonografia atual. Então, no caso imaginado, se a agulha do tonômetro fica em 5 com peso 7,5, deduz-se daí que a pressão intra-ocular é de 26 mmHg, mas também se deduz que a «pressão tonométrica» é de 42.61 mmHg., pela tabela IV de Friedenwald. Isso é indispensável, porque o valor de real interesse não é o da pressão intra-ocular simples, mas o da pressão induzida, isto é, da «pressão tonométrica», sob a qual vai ficar realmente o humor aquoso durante a prova.

3) Ainda Friedenwald nos ofereceu solução para o terceiro óbice. Como sabermos o volume do humor aquoso eliminado sob a compressão exercida? Em outras palavras, como saber o aumento de eliminação sob a pressão tonométrica? Friedenwald nos ofereceu, como veremos adiante, tabela que nos permite conhecer o volume (V_c) da depressão corneana, no início e no final da prova.

A diferença entre os dois valores de V_c (inicial e final) dar-nos-ia o volume do humor aquoso eliminado, se um outro fator não interferisse: — sob a «pressão tonométrica» a esclera cede. Como veremos adiante, Grant alterou a tabela de Friedenwald, para transformá-la em tabela que determina as alterações do volume do globo (ΔV), ajustando-a portanto aos objetivos tonográficos.

Devemos ressaltar que as tabelas de Friedenwald hoje universalmente utilizadas são as conhecidas como tabelas de 1955, publicadas nos Transactions of the American Academy of Ophthalmology and Oto-Laryngology de 1957, e que alteraram as anteriores (apresentadas à mesma Academy em 1954). Como disse o seu autor, muitas discrepâncias foram corrigidas, «in hoping that the 1955 scale represents a closer approach to the truth».

Para que nos situemos melhor em face do problema, vale que recordemos as linhas gerais dos cálculos para os coeficientes tonográficos, por cujas fórmulas nos lembraremos dos dados que se fazem mistér.

Primeiramente, estabeleceremos o significado dos símbolos a utilizar, em parte baseados na sugestão Grant-Goldmann:

- E — coeficiente de rigidez escleral
- F — débito do humor aquoso por minuto (em mm3)
- C — coeficiente de facilidade ao escoamento
- R — coeficiente de resistência ao escoamento
- W — pêso do tonômetro
- R — Leitura na escala do tonômetro (símbolo que deverá ser alterado, para não confundir com «resistência»).
- Po — Pressão intraocular

Pt — Pressão tonométrica

Ptm — Pressão tonométrica média

Vc — Volume da depressão corneana

Vs — Volume da retração escleral durante a tonografia

ΔV — Alteração de volume do conteúdo do olho

t — Tempo

F, C e R são os coeficientes tonográficos.

O coeficiente de facilidade de escoamento C traduz o volume do aquoso eliminado por minuto, para cada mmHg de tensão ocular acrescida.

Se pela tabela de Friedenwald-Grant (tabela 7) nós podemos conhecer a diferença de volume do conteúdo do olho no início e no fim da prova (ΔV), isto quer dizer que poderemos saber o volume de humor aquoso eliminado durante a prova. Dividindo esse número por 4 (tempo de duração da prova — t), teremos a quantidade de aquoso eliminada **por minuto**.

Por outro lado sabemos que Pt1 é a pressão tonométrica inicial, e Pt2 a pressão tonométrica final. Logo $\frac{Pt1 + Pt2}{2}$ será a pressão tonométrica média (Ptm). Se Po é a pressão intraocular inicial, $\frac{Pt1 + Pt2}{2} - Po$ será o aumento médio da tensão ocular durante a prova. Se dividirmos o volume aquoso eliminado por minuto pelo aumento médio da tensão ocular, teremos exatamente o coeficiente C, isto é, o volume de humor aquoso eliminado por minuto, para cada mmHg de pressão intraocular excedente.

Exemplifiquemos. Admitamos que, com pêso 7.5, o tonometro nos indique 5 no início e 7 no final da prova. Pelas tabelas de Friedenwald (que serão transcritas mais adiante) teremos:

$$Po = 26 \qquad Pt1 = 42.61 \qquad Pt2 = 36.84$$

$$\text{Diferença do volume do conteúdo do olho } (\Delta V) = 23.45 - 16.75 = 6.70.$$

$$\text{Eliminação de humor aquoso por minuto} = 6.70 \div 4 = 1.675.$$

Pressão tonométrica média

$$(Ptm) = \frac{Pt1 + Pt2}{2} = \frac{42.61 + 36.84}{2} = 39.72.$$

Aumento médio da tensão ocular = $P_{tm} - P_o = 39.72 - 26 = 13.72$.

Coeficiente de facilidade de escoamento (C) = humor aquoso eliminado por minuto ÷ aumento médio da tensão ocular = $= \frac{1.675}{13.72} = 0.12$.

Este é apenas um exemplo simples do cálculo, passível de críticas como veremos, inclusive pela ausência da parcela 1.25 que Linnér julga necessário incluir-se, para corrigir o aumento da P_v durante a tonografia.

Nós usamos acima a fórmula

$$C = \frac{\frac{V_2 - V_1}{t}}{\frac{P_{t1} + P_{t2}}{2} - P_o} = \frac{\frac{\Delta V}{t}}{P_{tm} - P_o}, \text{ donde } C = \frac{\Delta V}{t (P_{tm} - P_o)}$$

Se usarmos o fator de correção proposto por Linner, teremos:

$$C = \frac{\Delta V}{t (P_{tm} - P_o - 1.25)} = 0.13.$$

R (resistência ao escoamento) é exatamente o inverso de C, isto é, $R = \frac{1}{0.13} = 7.69$.

Como $F = (P_o - P_v) \times C = (26 - 9) \times 0.13 = 2.21$.

Recordadas assim, sumariamente, as linhas gerais e conhecidas da tonografia de Grant, ressalta o fato de que todo o raciocínio, os cálculos e as críticas devem girar sempre em torno de P_o , P_t e V_c (ou V), que passaremos a considerar.

P_o — Pressão intra-ocular

E — Coeficiente de rigidez escleral

Quando revemos a história da tonometria, um lugar destacado deve ser reservado a Maklakoff que, em 1885, deu um dos primeiros gritos em prol da tonometria instrumental, para que se saísse da aproximação grosseira do método bidigital, conhecido também como «método de Bowman». De acôrdo com Imbert, o tonômetro de Maklakoff foi o primeiro que trouxe «uma interpretação racional do fenômeno a medir e das circunstâncias que acompanham sua medida».

É curioso que a descrição de Maklakoff, repudiada pelos seus contemporâneos (com raras exceções inclusive Imbert), foi a de um «tonômetro de aplanção» (fig. 1). O seu instrumento era de pêso constante (10 grs.), tendo na extremidade inferior um vidro despolido, que era recoberto por uma camada de corante espesso (anilina, eosina). Com o doente em decubito dorsal, o tonômetro tocava rapidamente o vertice da córnea: — pela area de corante removido calculava-se a tensão ocular. Quanto mais tenso o olho, menor a area.

Mas o método não vingou.

Teremos que aguardar 1905, para vermos a memorável e magistral contribuição de Schiotz, que se tornou sem dúvida a pedra angular da tonometria. De 1905 a 1925, sucederam-se os trabalhos de Schiotz.

E desde então o «tonômetro de impressão» passou a ser o de nosso uso rotineiro. Isto é, um tonômetro aplicado sobre a córnea produz uma certa depressão que, num olho normal, mobiliza de 15 a 20 mm³ de líquido. Com essa brusca restrição de volume, haverá naturalmente um aumento significativo da tensão ocular. Isto é, a tensão ocular sob a ação do tonômetro se eleva, para constituir (como já vimos) a denominada «pressão tonométrica».

Assim por exemplo, se a agulha de um tonômetro de Schiotz indica 6, com pêso 5.5, isto significa que a tensão desse olho é de 14.57, mas que, sob a ação do tonômetro, a tensão se eleva a 28.98 mmHg (pressão tonométrica).

Ora, essa brusca e intensa elevação tensional irá forçar a esclerótica a ceder, e esta cederá mais ou menos, de conformidade com o seu «coeficiente de rigidez».

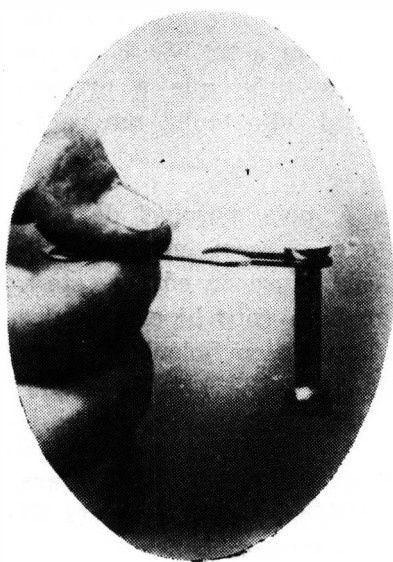


Figura 1
(Tonômetro de Maklakoff)

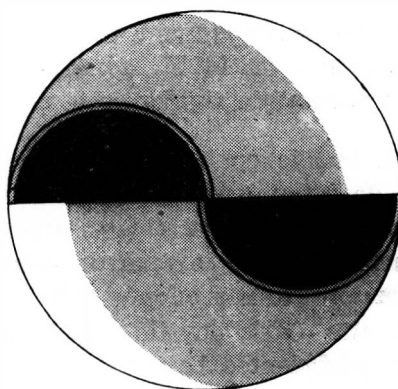


Figura 3
Os dois semi-círculos amarelos
tocam-se, quando se consegue
a aplanção

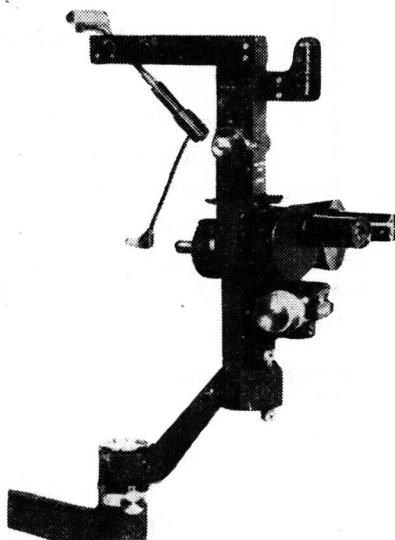


Figura 2
(Tonômetro de aplanção de Goldmann, anexo ao microscópio da lâmpada
de fenda Haag-Streit)

Em outras palavras, quando se aplica o tonômetro de Schiotz sobre a córnea (pêso 5.5) e a agulha indica 6, isso significa que nesse instante a pressão intra-ocular se elevou a 28.98. E as escalas que acompanham os tonômetros nos dirão que a pressão desse olho é de 14.57, admitindo-se que tal olho tenha um coeficiente **normal** de rigidez escleral (E).

A tensão ocular (Po) assim obtida é, pois, passível de uma série de erros, que são aqueles fatores que exercem influência sobre a rigidez escleral (idade, ametropia, curvatura da córnea, etc.). E varia na razão inversa do diâmetro do olho (nos hipermetropes E é maior que nos míopes). Nos altos míopes o coeficiente E é em geral alto (Friedenwald), embora Goldmann (1956) tenha registrado coeficientes baixos.

O coeficiente normal de rigidez escleral (E) é 0.0215. Para esse coeficiente os números acima são válidos: A Po é de 14.57 quando a agulha do tonômetro indicar 6 com pêso 5.5.

Mas se o coeficiente de rigidez (E) se modificar, iremos ter grande causa de erro. Por exemplo, se E for 0.0493 a Po será de 6 mmHg; se E for de 0.0010 a Po será de 28 mmHg (ver tabela 2). Embora, nos 3 casos, a agulha do tonômetro esteja sempre em 6 com pêso 5.5.

Reproduzimos aqui (fig. 5 - pág. 24), o gráfico de Goldmann e Schmidt muito expressivo: — tonômetro de Schiotz, pêso 7.5, tensão ocular 24 mmHg. Com o «coeficiente de rigidez» varia a leitura do tonômetro, falseando a conclusão quando (como se fazia de rotina) tal coeficiente não é considerado. Por exemplo, se o coeficiente for 0.0100 o ponteiro indica 8, se for 0.0400 indicará 3.5: — e em ambos os casos a Po é 24.

Impunha-se portanto compensar em cada caso a rigidez escleral. Como fazê-lo?

O método clássico era o de se tomar a Po com 2 pesos: — a coincidência dos valores encontrados é índice de normalidade da rigidez. A sua discrepância não permitindo a tranquila aceitação dos valores indicados.

Mas tal critério (há muito conhecido), embora nos orientando pela média dos valores encontrados, não nos dava o modo exato de corrigir tais valores, quando discrepantes as constatações com dois pêsos diferentes.

Coube ainda a Friedenwald trazer-nos o seu hoje conhecido e difundido «nomograma» (fig. 4), através do qual podemos com rapidez encontrar a P_0 de cada olho, compensado o coeficiente de rigidez, mediante a tomada da tensão com dois pêsos diferentes.

Por exemplo, se com pêso 5.5 a agulha do tonômetro indica 6, e com pêso 10 indica 11, basta que liguemos os 2 números 6 e 11 por uma reta que, prolongada, nos dará $P = 16$, e, se mobilizarmos para baixo essa reta até que ela toque o **O** do nomograma, vê-lamos cruzar 0.018 do arco que indica o «coeficiente de rigidez escleral».

O mesmo Friedenwald, para nos poupar o trabalho de manusear o nomograma (e também para dar mais rigôr às conclusões), ofereceu-nos os quadros (tabelas 2 e 3), que já nos darão diretamente P_0 e E , quando tomamos as medidas com pêsos 5.5 e 10, ou 7.5 e 15, respectivamente.

Tal raciocínio, válido para o tonômetro de Schiotz comum (na prática são aconselháveis os de fabricação Sklar ou Haag-Streit), é evidentemente também aplicável ao tonômetro electrónico (nós utilizamos o de fabricação V. Mueller). Mas inferioriza os tonômetros tipo Bailliart, que não permitem pêsos diferentes.

Não há dúvida de que o tonômetro electrónico foi um grande avanço na tonometria (especialmente para fins tonográficos, não só pela facilidade de manêjo e sensibilidade, como por permitir a inclusão de um sistema registrador automático.

Mas não é êle imprescindível, devemos acentuá-lo. Qualquer tonômetro de Schiotz (bem aferido), como os acima referidos, dá-nos idênticas possibilidades, e quem sabe até com maior tranquilidade quanto à exatidão dos valores achados?

Antes de sairmos do capítulo «tonometria», impõe-se uma palavra sôbre o «tonômetro de aplanção» de Goldmann.

TABELA I

TENSÕES OCULARES — Po — (segundo Friedenwald — 1955)

$$Po = R \times F + Pv$$

$$\text{Log } Po = \text{Log } Pt - E Vc$$

ESCALA DE CALIBRAÇÃO PARA OS TONÔMETROS SCHIOTZ (Po)

R	Leitura da Escala	P Ê S O W			
		5.5 GM.	7.5 CM.	10.0 GM.	15.0 GM.
	0.0	41.38	59.14	81.65	127.45
	0.5	37.78	54.21	75.11	117.87
	1.0	34.52	49.76	69.27	109.28
	1.5	31.61	45.76	63.96	101.44
	2.0	28.97	42.12	59.10	94.32
	2.5	26.56	38.80	54.66	87.99
	3.0	24.38	35.76	50.62	81.78
	3.5	22.38	32.97	46.86	76.20
	4.0	20.55	30.39	43.38	71.03
	4.5	18.86	28.01	40.18	66.23
	5.0	17.30	25.81	37.19	61.75
	5.5	15.88	23.78	34.40	57.55
	6.0	14.57	21.89	31.82	53.61
	6.5	13.35	20.14	29.40	49.94
	7.0	12.23	18.52	27.16	46.46
	7.5	11.20	17.01	25.06	43.22
	8.0	10.24	15.61	23.09	40.17
	8.5	9.36	14.31	21.26	38.13
	9.0	8.54	13.10	19.55	34.56
	9.5	7.79	11.97	17.96	32.02
	10.0	7.10	10.94	16.48	29.61
	10.5	6.46	9.98	15.10	27.37
	11.0	5.87	9.09	13.81	25.26
	11.5	5.34	8.28	12.62	23.27
	12.0	4.85	7.51	11.50	21.42
	12.5	4.39	6.82	10.48	19.69
	13.0	3.96	6.18	9.53	18.05
	13.5		5.59	8.64	16.53
	14.0		5.04	7.83	15.12
	14.5		4.54	7.08	13.70
	15.0		4.09	6.40	12.57
	15.5			5.76	11.43
	16.0			5.19	10.38
	16.5			4.66	9.41
	17.0			4.17	8.50
	17.5				7.67
	18.0				6.92
	18.5				6.21
	19.0				5.57
	19.5				4.87
	20.0				4.45

CLÍNICA OFTALMOLÓGICA
FACULDADE DE MEDICINA DA U. M. G.
Tabela de tensão e rigidez (segundo Friedenwald)
LEITURA COM PÊSO DE 10 GRS.

LEITURA COM PÊSO DE 5,5 GRS.

	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
0.0	0848 22	0480 32	0290 38	0178 43	0104 46	0054 49	0019 50																												
0.5	1765 6	0636 18	0496 27	0309 34	0196 39	0122 42	0072 45	0037 46	0011 48																										
1.0			0872 15	0512 24	0336 30	0211 35	0136 38	0095 41	0052 44																										
1.5				0883 12	0521 20	0353 27	0222 31	0130 35	0099 37	0064 39	0037 41	0017 42																							
2.0					0899 10	0525 18	0341 24	0231 28	0159 32	0110 34	0074 36	0047 38	0027 39	0012 40																					
2.5						0887 8	0520 15	0346 21	0238 26	0167 29	0117 32	0082 34	0055 35	0036 36	0020 38																				
3.0							0904 6	0534 13	0353 19	0244 25	0173 28	0124 29	0088 31	0063 33	0049 34	0027 35	0015 36																		
3.5								0879 7	0526 12	0350 17	0244 21	0176 24	0127 27	0094 29	0068 31	0048 32	0033 33	0021 34	0011 35																
4.0									0870 5	0525 10	0349 15	0245 19	0177 22	0132 25	0098 27	0073 29	0055 30	0038 31	0026 32	0016 33															
4.5										0917 9	0544 14	0368 18	0248 21	0165 25	0107 27	0076 28	0057 29	0042 30	0030 31	0020 32															
5.0											0942 8	0548 12	0368 16	0248 19	0165 21	0104 24	0080 25	0061 26	0046 28	0034 29	0024 30														
5.5												0498 7	0541 11	0345 15	0248 18	0166 20	0086 24	0069 25	0057 26	0047 27	0037 28	0027 29	0019 30	0013 31											
6.0													0493 6	0534 10	0342 13	0248 16	0161 19	0081 21	0064 22	0051 24	0039 26	0030 27	0022 28	0018 29	0010 30										
6.5														0488 5	0532 9	0340 12	0248 15	0161 17	0081 19	0065 21	0053 22	0042 23	0032 24	0025 25	0018 26	0013 27									
7.0															0478 5	0525 8	0337 11	0248 14	0161 16	0081 18	0069 19	0058 20	0048 21	0037 22	0029 23	0021 24	0015 25	0010 26							
7.5																0513 7	0338 10	0248 12	0161 14	0081 16	0069 17	0058 18	0048 19	0037 20	0029 21	0021 22	0015 23	0010 24							
8.0																	0507 6	0326 9	0248 11	0161 13	0081 15	0069 16	0058 17	0048 18	0037 19	0029 20	0021 21	0015 22	0010 23						
8.5																		0500 5	0322 8	0248 10	0161 12	0081 14	0069 15	0058 16	0048 17	0037 18	0029 19	0021 20	0015 21	0010 22					
9.0																			0500 4	0322 7	0248 9	0161 11	0081 13	0069 14	0058 15	0048 16	0037 17	0029 18	0021 19	0015 20	0010 21				

TABELA II

CLÍNICA OFTALMOLÓGICA
FACULDADE DE MEDICINA DA U. M. G.

tabela de tensão e rigidez

SEGUNDO FRIEDENWALD

LEITURA COM PÊSO DE 15 GRs.

	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	
0.0	1870 16	1024 31	0634 43	0414 51	0276 56	0192 60	0118 64	0072 66	0037 69	0011 70																									
0.5		1934 11	1054 25	0657 36	0434 45	0311 50	0203 55	0138 58	0091 61	0056 63	0029 64																								
1.0			2012 8	1083 20	0674 31	0450 38	0311 45	0219 50	0153 53	0106 56	0071 59	0044 59	0023 61																						
1.5					1100 16	0744 25	0460 34	0323 40	0231 45	0166 48	0119 51	0083 53	0056 55	0035 56	0019 57		5																		
2.0						1253 11	0693 23	0470 30	0331 36	0240 41	0176 44	0129 47	0093 49	0066 51	0045 53	0029 54	0012 55																		
2.5							1127 10	0702 19	0475 27	0338 33	0247 37	0183 41	0137 43	0102 46	0075 48	0054 49	0037 50	0024 51	0013 52																
3.0							1145 8	0705 16	0480 23	0343 29	0252 34	0189 37	0143 40	0108 43	0082 44	0061 46	0044 47	0031 48	0020 49	0011 50															
3.5								1146 6	0707 14	0481 21	0345 26	0256 31	0194 34	0148 37	0114 39	0087 41	0067 43	0050 44	0037 45	0026 46	0016 47														
4.0									0710 12	0481 18	0347 24	0259 28	0197 32	0152 34	0118 36	0092 37	0071 39	0055 40	0041 42	0031 43	0021 44	0014 45													
4.5										0705 10	0482 16	0347 21	0260 25	0199 29	0155 32	0122 34	0096 36	0075 38	0059 39	0046 40	0035 41	0026 42	0019 43	0012 43											
5.0											0705 8	0480 14	0347 19	0261 23	0201 27	0157 30	0124 32	0099 34	0071 35	0063 37	0049 38	0039 39	0029 40	0022 41	0016 42	0010 42									
5.5												0701 7	0345 12	0260 17	0201 21	0159 24	0126 27	0101 30	0082 32	0065 33	0052 35	0042 36	0033 37	0025 38	0019 39	0013 39									
6.0												0694 6	0472 9	0343 14	0259 17	0202 21	0160 24	0127 26	0102 28	0083 30	0068 31	0055 33	0044 34	0035 35	0028 36	0022 37	0016 38	0012 38							
6.5													0479 9	0346 14	0262 17	0204 21	0161 24	0130 26	0105 28	0086 30	0070 31	0057 32	0047 33	0038 34	0030 35	0024 36	0019 37	0014 37	0010 37						
7.0														0462 8	0337 13	0257 16	0200 19	0160 22	0129 24	0103 26	0086 28	0071 29	0059 31	0048 32	0040 33	0032 34	0026 35	0021 36	0016 36	0012 36					
7.5															0458 7	0334 11	0254 15	0199 18	0159 21	0129 23	0106 25	0087 26	0072 28	0060 29	0050 30	0041 31	0034 32	0028 33	0023 34	0018 34	0014 34				
8.0																0453 6	0330 10	0252 14	0198 17	0159 20	0129 23	0106 25	0088 26	0073 28	0061 29	0051 30	0043 31	0036 32	0029 33	0024 34	0019 34	0015 34			
8.5																	0446 6	0326 9	0249 13	0196 15	0158 18	0129 20	0105 22	0088 24	0074 25	0062 26	0052 27	0044 28	0037 29	0031 29	0026 29				
9.0																		0440 5	0322 8	0246 12	0194 14	0157 17	0128 19	0106 21	0089 22	0074 24	0063 25	0053 26	0045 27	0038 28	0032 28				

LEITURA COM PÊSO DE 7.5 GRs.

TABELA III

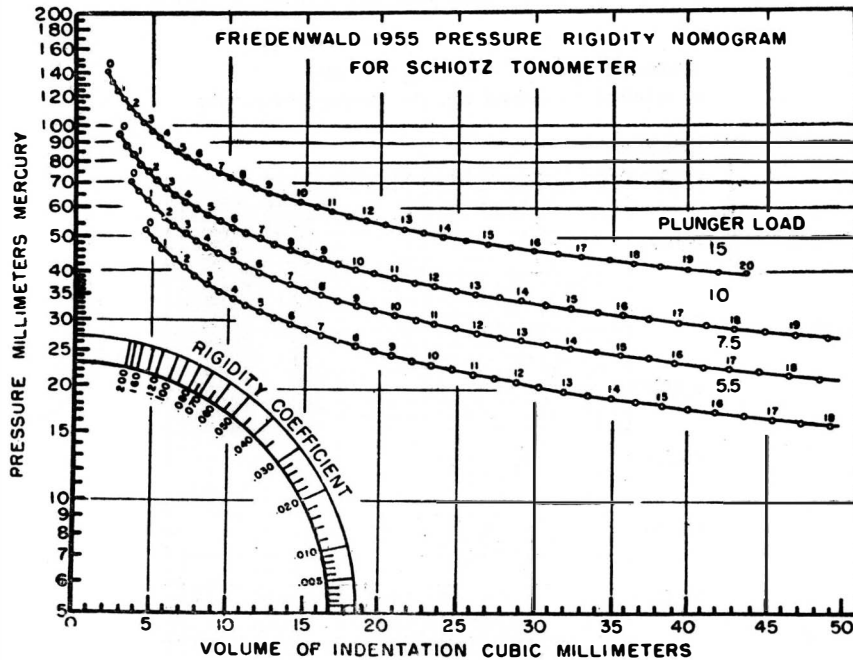


Figura 4
Nomogram de Friedenwald

Veiu êle recuperar o método de aplanção e ressaltar o mérito do trabalho princeps de Maklakoff. Se êste, como vimos, ideou um instrumento de «pêso constante», que haveria de produzir aplanções variáveis, Goldmann buscou uma area de aplanção constante (3.06 mm de diâmetro), que só poderá ser conseguida através de pêsos variáveis.

O «tonômetro de impressão» (tipo Schiotz) nos dá a tensão ocular em função da altura da depressão impressa na córnea. E já vimos que essa depressão significa alteração violenta nas condições tensionais do olho, gerando a «pressão tonométrica» bastante mais alta que a pressão em repouso, exatamente porque é mobilizado um volume de líquido apreciável (15 a 20mm³). Vimos no caso imaginado (pêso 5.5 — ponteiro em 6), que a Po é 14.57 e a Pt é 28.98. E com tão elevada Pt a distensão da esclera passa a ser elemento

valioso, cedendo ela mais ou menos de conformidade com o seu «coeficiente de rigidez». É uma grande causa de erro.

**Sclerereading with the 7,5g - weight
in relation to scleral rig. for tension 24,0 mmHg**

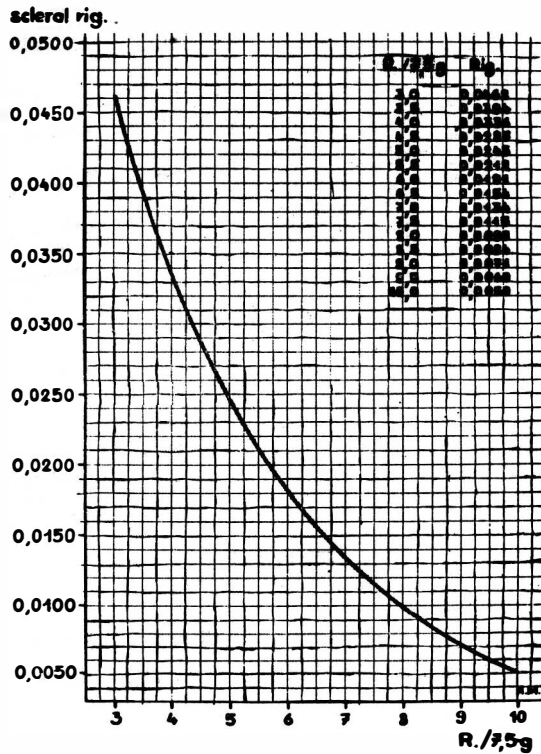


Figura 5 (Goldmann-Schmidt)

Variando o coeficiente de rigidez escleral E (ordenada), variará a leitura do tonômetro (abscissa), embora P_o não se altere (24,0 mms Hg)

O «tonômetro de aplanção» de Goldmann (fig. 2) busca o pêso capaz de aplanar uma area cujo diâmetro é de 3.06 mm. E para conseguí-lo (com pêsos variáveis conforme a tensão ocular) irá mobilizar apenas 0.50 mm³ de líquido (ao invés dos 15-20 do tonômetro de impressão), e então a P_t será praticamente igual à P_o ($P_o = 0.98 P_t$). Isto é, a mínima mobilização de líquido não

altera praticamente a tensão ocular, e consequentemente o coeficiente de rigidez escleral passa a ser fator secundário.

O tonômetro de aplanção, como é sabido, é adaptável à lâmpada de fenda Haag-Streit (hoje já existe também peça intermediária para adaptá-lo ao biomicroscópio de Zeiss). A tonometria é feita em sequência à biomicroscopia rotineira (doente assentado).

Novesine, fluoresceína, filtro azul. O contacto do compressor com a córnea mostra 2 semicírculos amarelados de curvaturas opostas. Com o parafuso próprio aumenta-se a compressão, até que os 2 semicírculos se toquem, formando uma senoide (fig. 3). Não uma senoide estática e imutável, mas oscilando com as pulsações, como convém a todo tonômetro sensível.

Essa imagem é índice de que se conseguiu a aplanção. O número de gramas necessário para êsse efeito deverá ser multiplicado por 10, para termos em mmHg a Po.

O diâmetro do compressor (3.06 mm) não foi arbitrário. Após meticolosas determinações, Goldmann e Schmidt verificaram que 3 mms. é o ideal. E estabeleceram 3.06, porque com essa aproximação será facilitado o resultado final. Isto é, com o diâmetro de 3.06 mm. cada 0.1 gr. de compressão corresponde a 1 mmHg, o que permite a simplicidade final do cálculo: — multiplicar por 10 o número de gramas para se obter em mmHg a pressão intraocular.

O «tonômetro de aplanção» foi a maior conquista contemporânea no capítulo do glaucoma. Inclusive êle nos permite a determinação do «coeficiente de rigidez», através do nomograma de Friedenwald. Para isso, determina-se Po com o «tonômetro de aplanção» e a seguir com o de Schiotz (um dos pêsos).

Na ordenada do «nomograma» marca-se o valor fornecido pelo «tonômetro de aplanção» (valor exato da Po); e une-se êsse ponto ao número indicado pelo Schiotz. Essa reta, baixada até o O do nomograma, nos dará com facilidade o «coeficiente de rigidez» E.

E não nos surpreendamos se, em breve, com um compressor de maior diâmetro, Goldmann puder desenvolver um método tonográfico, que mais facilmente fuja às interferências do coeficiente de rigidez escleral. Pois em 1956 êle já nos acenava com a possi-

bilidade de uma tonografia «melhor do que a tonografia com o tonômetro de Schiotz», realizando-a com um compressor de 6 mm de diâmetro, que lhe permitiria uma «tonografia com área constante de aplanção». O mesmo Goldmann já nos adiantava então a fórmula bem mais simples que um tal método permitirá utilizar para a determinação de R:

$$R = \frac{E (Po - Pv)}{\log \frac{Pt1}{Pt2}} t, \text{ sem necessidade evidentemente de nos}$$

preocuparmos com as variações de «volume».

Pt — Pressão Tonométrica

Pressão tonométrica é a pressão intra-ocular durante a tonometria. Também conhecida como pressão de «manômetro aberto», para recordar o método de sua determinação, que aliás provém de Schiotz: — conectar um olho a um manômetro d'água, e anotar as leituras da escala do tonômetro para as diferentes pressões intra-oculares medidas no manômetro. Schiotz nos deu o seu nomograma, mas os seus dados e os seus cálculos foram depois minuciosamente revistos por Friedenwald, que trabalhou em olhos de coelho, gato, porco e homem, não encontrando diferenças substanciais entre essas espécies.

Sem penetrarmos nas minúcias de cálculo, que poderão ser revistos nos trabalhos de Schiotz (1905-1925) e de Friedenwald (1937, 1954, 1957), lembramos apenas que, à base de constantes empíricas *a* e *b*, Friedenwald partiu da fórmula $\frac{W}{Pt} = a + bR$, em que *R* é a leitura na escala do tonômetro, e *W* o pêso utilizado para chegar a

$$Pt = \frac{W}{a + bR} = \frac{W}{0.107 + 0.0138 R}$$

Donde foi fácil levantar a tabela de «pressões tonométricas», que ampliamos aqui para todos os pêsos de 5.5. a 15 (numa progressão de 0.250), pois acreditamos poder ser de utilidade para os que pretendam realizar a isotonografia.

Convém ressaltar que o «nomograma» de Friedenwald nos possibilita o achado gráfico das «pressões tonométricas» (fig. 9).

TABELA IV
PRESSÕES TONOMÉTRICAS — Pt

$$Pt = \frac{W}{a + bR} = \frac{W}{0.107 + 0.0138 R}$$

Pt

R	5.5	5.75	6	6.25	6.50	6.75	7	7.25	7.50	7.75	8	8.25	8.50	8.75
0	51.40	53.74	56.07	58.41	60.75	63.08	65.42	67.76	70.09	72.43	74.77	77.10	79.44	81.78
0.5	48.29	50.48	52.68	54.87	57.07	59.26	61.46	63.65	65.85	68.04	70.24	72.43	74.63	76.82
1	45.53	47.60	49.67	51.74	53.81	55.88	57.95	60.02	62.09	64.15	66.22	68.29	70.36	72.43
1.5	43.07	45.03	46.98	48.94	50.90	52.86	54.82	56.77	58.73	60.69	62.65	64.60	66.56	68.52
2	40.86	42.72	44.58	46.43	48.29	50.15	52.00	53.86	55.72	57.58	59.43	61.29	63.15	65.01
2.5	38.87	40.64	42.40	44.17	45.94	47.70	49.47	51.24	53.00	54.77	56.54	58.30	60.07	61.84
3	37.06	38.75	40.43	42.12	43.80	45.48	47.17	48.85	50.54	52.22	53.91	55.59	57.28	58.96
3.5	35.42	37.03	38.63	40.24	41.85	43.46	45.07	46.68	48.29	49.90	51.51	53.12	54.73	56.34
4	33.91	35.45	36.99	38.53	40.07	41.61	43.16	44.70	46.24	47.78	49.32	50.86	52.40	53.95
4.5	32.53	34.00	35.48	36.96	38.44	39.92	41.39	42.87	44.35	45.83	47.31	48.79	50.27	51.74
5	31.25	32.67	34.09	35.51	36.93	38.35	39.77	41.19	42.61	44.03	45.45	46.87	48.30	49.72
5.5	30.07	31.44	32.80	34.17	35.54	36.90	38.27	39.64	41.01	42.37	43.74	45.11	46.47	47.84
6	28.98	30.30	31.61	32.93	34.25	35.56	36.88	38.20	39.52	40.83	42.15	43.47	44.78	46.10
6.5	27.96	29.23	30.50	31.77	33.04	34.32	35.54	36.86	38.13	39.40	40.67	41.94	43.21	44.48

Pt

R	5.5	5.75	6	6.25	6.50	6.75	7	7.25	7.50	7.75	8	8.25	8.50	8.75
7	27.01	28.24	29.47	30.70	31.92	33.15	34.38	35.61	36.84	38.06	39.29	40.52	41.75	42.97
7.5	26.13	27.32	28.50	29.70	30.88	32.06	33.25	34.44	35.63	36.82	38.00	39.19	40.38	41.57
8	25.30	26.45	27.60	28.75	29.90	31.05	32.20	33.35	34.50	35.65	36.80	37.95	39.10	40.25
8.5	24.52	25.64	26.75	27.86	28.98	30.09	31.21	32.32	33.44	34.55	35.67	36.78	37.89	39.01
9	23.79	24.87	25.95	27.03	28.11	29.19	30.28	31.36	32.44	33.52	34.60	35.68	36.76	37.85
9.5	23.10	24.15	25.20	26.25	27.30	28.35	29.40	30.45	31.50	32.55	33.60	34.65	35.70	36.75
10	22.45	23.47	24.49	25.51	26.53	27.55	28.57	29.59	30.61	31.63	32.65	33.67	34.69	35.71
10.5	21.83	22.83	23.82	24.81	25.80	26.80	27.79	28.78	29.77	30.76	31.76	32.75	33.74	34.73
11	21.25	22.22	23.18	24.15	25.12	26.08	27.05	28.01	28.98	29.94	30.91	31.88	32.84	33.81
11.5	20.70	21.64	22.58	23.52	24.46	25.40	26.34	27.29	28.23	29.17	30.11	31.05	31.99	32.93
12	20.18	21.09	22.01	22.93	23.84	24.76	25.68	26.60	27.51	28.43	29.35	30.26	31.18	32.10

Pt

R	5.5	5.75	6	6.25	6.50	6.75	7	7.25	7.50	7.75	8	8.25	8.50	8.75
12.5	19.68	20.57	21.47	22.36	23.25	24.15	25.04	25.94	26.83	27.73	28.62	29.52	30.41	31.30
13	19.20	20.08	20.95	21.82	22.69	23.57	24.44	25.31	26.19	27.06	27.93	28.81	29.68	30.55
13.5	18.75	19.60	20.46	21.31	22.16	23.01	23.87	24.72	25.57	26.42	27.27	28.13	28.98	29.83
14	18.32	19.15	19.99	20.82	21.65	22.48	23.32	24.15	24.98	25.81	26.65	27.48	28.31	29.15
14.5	17.91	18.72	19.54	20.35	21.17	21.98	22.79	23.61	24.42	25.24	26.05	26.86	27.68	28.49
15	17.52	18.31	19.11	19.90	20.70	21.49	22.29	23.09	23.89	24.68	25.48	26.27	27.07	27.87
15.5	17.14	17.92	18.70	19.48	20.26	21.03	21.81	22.59	23.37	24.15	24.93	25.71	26.49	27.27
16	16.78	17.54	18.30	19.07	19.83	20.59	21.35	22.12	22.88	23.64	24.40	25.17	25.93	26.69
16.5	16.43	17.18	17.93	18.67	19.42	20.17	20.92	21.66	22.41	23.16	23.90	24.65	25.40	26.14
17	16.10	16.83	17.56	18.30	19.03	19.76	20.49	21.22	21.96	22.69	23.42	24.15	24.88	25.61

Pt

R	9	9.25	9.50	9.75	10	10.25	10.50	10.75	11	11.25	11.50	11.75
0	84.11	86.45	88.78	91.12	93.46	95.79	98.13	100.47	102.80	105.14	107.48	109.81
0.5	79.02	81.21	83.41	85.60	87.80	90.00	92.19	94.38	96.58	98.77	100.96	103.16
1	74.50	76.57	78.64	80.71	82.78	84.85	86.92	88.99	91.06	93.13	95.20	97.27
1.5	70.48	72.43	74.39	76.35	78.31	80.27	82.22	84.18	86.14	88.10	90.05	92.01
2	66.86	68.72	70.58	72.44	74.29	76.15	78.01	79.86	81.72	83.58	85.44	87.29
2.5	63.60	65.37	67.14	68.90	70.67	72.44	74.20	75.97	77.74	79.50	81.27	83.04
3	60.65	62.33	64.02	65.70	67.39	69.07	70.75	72.44	74.12	75.81	77.49	79.18
3.5	57.95	59.56	61.17	62.78	64.39	66.00	67.61	69.22	70.83	72.44	74.05	75.66
4	55.49	57.03	58.57	60.11	61.65	63.19	64.73	66.28	67.82	69.36	70.90	72.44
4.5	53.22	54.70	56.18	57.66	59.14	60.61	62.09	63.57	65.05	66.53	68.01	69.48
5	51.14	52.56	53.98	55.40	56.82	58.24	59.66	61.08	62.50	63.92	65.34	66.76
5.5	49.21	50.57	51.94	53.31	54.67	56.04	57.41	58.77	60.14	61.51	62.87	64.24

Pt

R	9	9.25	9.50	9.75	10	10.25	10.50	10.75	11	11.25	11.50	11.75
6	47.42	48.73	50.05	51.37	52.69	54.00	55.32	56.64	57.95	59.27	60.59	61.91
6.5	45.75	47.62	48.30	49.57	50.84	52.11	53.38	54.65	55.92	57.19	58.46	59.73
7	44.20	45.43	46.66	47.89	49.12	50.34	51.57	52.80	54.03	55.25	56.48	57.70
7.5	42.75	43.94	45.13	46.32	47.51	48.69	49.88	51.07	52.26	53.44	54.63	55.82
8	41.40	42.55	43.70	44.85	46.00	47.15	48.30	49.45	50.60	51.75	52.90	54.05
8.5	40.12	41.24	42.35	43.47	44.58	45.70	46.81	47.92	49.04	50.15	51.27	52.38
9	38.93	40.01	41.09	42.17	43.25	44.33	45.41	46.50	47.58	48.66	49.74	50.82
9.5	37.80	38.85	39.90	40.95	42.00	43.05	44.10	45.15	46.20	47.25	48.30	49.35
10	36.73	37.95	38.78	39.80	40.82	41.84	42.86	43.87	44.90	45.92	46.94	47.96
10.5	35.73	36.72	37.71	38.70	39.70	40.69	41.68	42.67	43.67	44.66	45.65	46.64
11	34.77	35.74	36.71	37.67	38.64	39.60	40.57	41.54	42.50	43.47	44.43	45.40

Pt

R	9	9.25	9.50	9.75	10	10.25	10.50	10.75	11	11.25	11.50	11.75
11.5	33.87	34.81	35.75	36.69	37.64	38.58	39.52	40.46	41.40	42.34	43.28	44.22
12	33.01	33.93	34.85	35.77	36.68	37.60	38.52	39.43	40.35	41.27	42.18	43.10
12.5	32.20	33.09	33.99	34.88	35.78	36.67	37.57	38.46	39.35	40.25	41.14	42.04
13	31.42	32.30	33.17	34.04	34.92	35.79	36.66	37.53	38.41	39.28	40.15	41.03
13.5	30.68	31.54	32.39	33.24	34.09	34.95	35.80	36.65	37.50	38.35	39.21	40.06
14	29.98	30.81	31.64	32.48	33.31	34.14	34.97	35.81	36.64	37.47	38.31	39.14
14.5	29.31	30.12	30.93	31.75	32.56	33.38	34.19	35.00	35.82	36.63	37.45	38.26
15	28.66	29.46	30.26	31.05	31.85	32.64	33.44	34.24	35.03	35.83	36.62	37.42
15.5	28.05	28.82	29.60	30.38	31.16	31.94	32.72	33.50	34.28	35.06	35.84	36.61
16	27.45	28.22	28.98	29.74	30.51	31.27	32.03	32.79	33.56	34.32	35.08	35.84
16.5	26.89	27.64	28.39	29.13	29.88	30.63	31.37	32.12	32.87	33.61	34.36	35.11
17	26.35	27.08	27.81	28.54	29.27	30.00	30.74	31.47	32.20	32.93	33.66	34.40

Pt

R	12	12.25	12.50	12.75	13	13.25	13.50	13.75	14	14.25	14.50	14.75	15
0	112.15	114.48	116.82	119.16	121.49	123.83	126.17	128.50	130.84	133.18	135.51	137.85	140.19
0.5	105.35	107.55	109.74	111.94	114.13	116.33	118.52	120.72	122.91	125.11	127.30	129.50	131.69
1	99.34	101.41	103.48	105.54	107.61	109.68	111.75	113.82	115.89	117.96	120.03	122.10	124.17
1.5	93.97	95.93	97.88	99.84	101.80	103.76	105.72	107.67	109.63	111.59	113.55	115.50	117.46
2	89.15	91.01	92.87	94.72	96.58	98.44	100.29	102.15	104.01	105.87	107.72	109.58	111.44
2.5	84.80	86.57	88.34	90.10	91.87	93.64	95.40	97.17	98.94	100.70	102.47	104.24	106.01
3	80.86	82.55	84.22	85.92	87.60	89.28	90.97	92.65	94.34	96.02	97.70	99.39	101.08
3.5	77.27	78.88	80.49	82.10	83.71	85.32	86.93	88.53	90.14	91.75	93.36	94.97	96.59
4	73.98	75.52	77.06	78.61	80.15	81.69	83.23	84.77	86.31	87.85	89.40	90.94	92.48
4.5	70.96	72.44	73.92	75.40	76.88	78.35	79.83	81.31	82.79	84.27	85.75	87.23	88.70
5	68.18	69.60	71.02	72.44	73.86	75.28	76.70	78.12	79.55	80.97	82.39	83.81	85.23
5.5	65.61	66.97	68.34	69.71	71.07	72.44	73.81	75.17	76.54	77.91	79.28	80.64	82.01

Pt

R	12	12.25	12.50	12.75	13	13.25	13.50	13.75	14	14.25	14.50	14.75	15
6	63.22	64.54	65.86	67.17	68.49	69.81	71.13	72.44	73.76	75.08	76.39	77.71	79.03
6.5	61.00	62.28	63.55	64.82	66.09	67.36	68.63	69.90	71.17	72.44	73.71	74.98	76.26
7	58.94	60.16	61.39	62.62	63.85	65.06	66.30	67.53	68.76	69.99	71.21	72.44	73.67
7.5	57.01	58.19	59.38	60.57	61.76	62.94	64.13	65.32	66.51	67.69	68.88	70.07	71.26
8	55.20	56.35	57.50	58.65	59.80	60.95	62.10	63.24	64.40	65.54	66.70	67.84	69.00
8.5	53.50	54.61	55.73	56.84	57.96	59.07	60.18	61.30	62.41	63.53	64.64	65.76	66.87
9	51.90	52.98	54.06	55.15	56.23	57.31	58.39	59.47	60.55	61.63	62.72	63.80	64.88
9.5	50.40	51.45	52.50	53.55	54.60	55.65	56.70	57.75	58.80	59.85	60.90	61.95	63.00
10	48.98	50.00	51.02	52.04	53.06	54.08	55.10	56.12	57.14	58.16	59.18	60.20	61.22
10.5	47.63	48.63	49.62	50.61	51.61	52.60	53.59	54.58	55.57	56.57	57.56	58.55	59.55
11	46.36	47.33	48.30	49.26	50.23	51.19	52.16	53.13	54.09	55.06	56.02	56.99	57.96
11.5	45.16	46.10	47.04	47.99	48.93	49.87	50.81	51.75	52.69	53.63	54.57	55.51	56.45

Pt

R	12	12.25	12.50	12.75	13	13.25	13.50	13.75	14	14.25	14.50	14.75	15
12	44.02	44.94	45.85	46.77	47.69	48.60	49.52	50.44	51.35	52.27	53.19	54.11	55.03
12.5	42.93	43.83	44.72	45.61	46.51	47.40	48.30	49.19	50.09	50.98	51.88	52.77	53.67
13	41.90	42.77	43.64	44.52	45.39	46.26	47.14	48.01	48.88	49.75	50.63	51.50	52.37
13.5	40.91	41.76	42.62	43.47	44.32	45.17	46.03	46.88	47.73	48.58	49.43	50.29	51.14
14	39.97	40.80	41.64	42.47	43.30	44.13	44.97	45.80	46.63	47.47	48.30	49.13	49.97
14.5	39.07	39.89	40.70	41.52	42.33	43.14	43.96	44.77	45.59	46.40	47.21	48.03	48.84
15	38.22	39.01	39.81	40.61	41.40	42.20	42.99	43.79	44.59	45.38	46.18	46.98	47.77
15.5	37.39	38.17	38.95	39.73	40.51	41.29	42.07	42.85	43.63	44.40	45.18	45.96	46.74
16	36.61	37.37	38.13	38.89	39.66	40.42	41.18	41.94	42.71	43.47	44.23	44.99	45.76
16.5	35.85	36.60	37.35	38.10	38.84	39.59	40.34	41.08	41.83	42.58	43.32	44.07	44.82
17	35.13	35.86	36.59	37.32	38.05	38.79	39.52	40.25	40.98	41.71	42.45	43.18	43.91

TABELA V
COEFICIENTES B e N

PESO W	B	N
5.50	2.029	2.016
5.75	2.037	2.036
6	2.045	2.055
6.25	2.053	2.075
6.50	2.061	2.095
6.75	2.069	2.115
7	2.076	2.134
7.25	2.084	2.154
7.50	2.092	2.174
7.75	2.099	2.187
8	2.106	2.199
8.25	2.112	2.212
8.50	2.119	2.224
8.75	2.126	2.237
9	2.133	2.250
9.25	2.140	2.262
9.50	2.146	2.275
9.75	2.153	2.287
10	2.160	2.300
10.25	2.165	2.308
10.50	2.170	2.316
10.75	2.175	2.323
11	2.180	2.331

PÊSO W	B	N
11.25	2.186	2.339
11.50	2.191	2.347
11.75	2.196	2.354
12	2.201	2.362
12.25	2.206	2.370
12.50	2.211	2.378
12.75	2.216	2.385
13	2.221	2.393
13.25	2.226	2.401
13.50	2.231	2.409
13.75	2.237	2.416
14	2.242	2.424
14.25	2.247	2.432
14.50	2.252	2.440
14.75	2.257	2.447
15	2.262	2.455

V_c — VOLUME DA DEPRESSÃO CORNEANA EM mm³

Já sabemos que o volume da depressão corneana é um elemento necessário às conclusões tonográficas, porque a diferença desse volume (no início e no fim da prova) é que nos permitirá o cálculo da quantidade de humor aquoso eliminado.

A determinação desse volume (V_c) é feita pela fórmula:

$$\text{Log } V_c = N (B - \log Pt)$$

Ainda Friedenwald nos dá os valores de **N** e **B**, para os pesos 5.5, 7.5, 10 e 15: respectivamente 2.016, 2.174, 2.300 e 2.455 para **N**; e 2.029, 2.092, 2.160 e 2.262 para **B**.

Com êsses elementos foi-nos fácil organizar a tabela que se segue, para todos os pesos intermediários, facilitando evidentemente os cálculos eventuais.

Conhecendo-se **N**, **B** e **Pt**, têm-se logicamente os valores de **V_c**.

Foi o que Friedenwald também nos ofereceu, em tabela que aqui vai ampliada para todos os pesos intermediários, sempre e apenas com o objetivo de popupar aos colegas o trabalho fastidioso que tivemos para orgnaizá-las.

Embora, é bem verdade, o próprio «nomograma» nos possa indicar gráficamente êsses valores (fig. 9).

VOLUME DA DEPRESSÃO CORNEANA (Vc) em mm³

Log Vc = N (B — Log Pt)

R	5.50	5.75	6	6.25	6.50	6.75	7.0	7.25	7.50	7.75	8	8.25	8.50
0	4.38	4.26	4.14	4.02	3.90	3.79	3.67	3.55	3.43	3.36	3.29	3.22	3.15
0.5	4.96	4.83	4.70	4.57	4.45	4.32	4.19	4.06	3.93	3.85	3.77	3.70	3.52
1	5.59	5.45	5.31	5.17	5.03	4.89	4.75	4.61	4.47	4.38	4.30	4.21	4.12
1.5	6.25	6.10	5.95	5.80	5.65	5.50	5.35	5.20	5.05	4.95	4.86	4.76	4.66
2	6.95	6.79	6.63	6.46	6.30	6.14	5.98	5.81	5.65	5.55	5.44	5.34	5.24
2.5	7.69	7.52	7.34	7.17	7.00	6.82	6.65	6.47	6.30	6.19	6.08	5.97	5.86
3	8.46	8.28	8.09	7.91	7.73	7.54	7.36	7.17	6.99	6.87	6.75	6.63	6.51
3.5	9.27	9.08	8.88	8.69	8.49	8.30	8.10	7.91	7.71	7.58	7.45	7.32	7.19
4	10.12	9.92	9.71	9.51	9.30	9.10	8.89	8.69	8.48	8.34	8.20	8.07	7.93
4.5	11.01	10.79	10.58	10.36	10.15	9.93	9.71	9.50	9.28	9.13	8.99	8.84	8.69
5	11.94	11.71	11.49	11.26	11.04	10.81	10.58	10.36	10.13	9.97	9.82	9.66	9.50
5.5	12.90	12.66	12.42	12.19	11.96	11.72	11.48	11.25	11.01	10.85	10.68	10.52	10.35
6	13.89	13.65	13.40	13.16	12.91	12.67	12.42	12.18	11.93	11.76	11.58	11.41	11.23
6.5	14.94	14.68	14.43	14.17	13.92	13.66	13.40	13.15	12.89	12.71	12.52	12.34	12.16
7	16.01	15.75	15.48	15.22	14.95	14.69	14.42	14.16	13.89	13.70	13.51	13.31	13.12
7.5	17.12	16.85	16.58	16.30	16.03	15.76	15.49	15.21	14.94	14.74	14.54	14.33	14.13
8	18.27	17.99	17.71	17.43	17.15	16.86	16.58	16.30	16.02	15.81	15.60	15.39	15.18

V_c

R	5.5	5.75	6.0	6.25	6.50	6.75	7.0	7.25	7.50	7.75	8	8.25	8.50
8.5	19.46	19.17	18.88	18.59	18.31	18.02	17.73	17.44	17.15	16.93	16.71	16.49	16.27
9	20.69	20.39	20.10	19.80	19.51	19.21	18.91	18.62	18.32	18.10	17.86	17.64	17.41
9.5	21.95	21.65	21.35	21.05	20.75	20.44	20.14	19.84	19.54	19.30	19.06	18.83	18.59
10	23.25	22.94	22.64	22.33	22.02	21.71	21.41	21.10	20.79	20.54	20.30	20.05	19.80
10.5	24.60	24.29	23.97	23.66	23.34	23.03	22.71	22.40	22.08	21.83	21.57	21.32	21.06
11	25.97	25.65	25.33	25.01	24.70	24.37	24.05	23.73	23.41	23.14	22.89	22.62	22.36
11.5	27.38	27.06	26.73	26.41	26.08	25.76	25.43	25.11	24.78	24.51	24.24	23.97	23.70
12	28.82	28.50	28.17	27.85	27.52	27.20	26.87	26.55	26.22	25.94	25.66	25.38	25.10
12.5	30.32	29.99	29.66	29.33	29.00	28.67	28.34	28.01	27.68	27.39	27.11	26.82	26.53
13	31.87	31.53	31.20	30.86	30.52	30.18	29.85	29.51	29.17	28.88	28.58	28.29	28.00
13.5	33.43	33.09	32.76	32.42	32.08	31.74	31.41	31.07	30.73	30.43	30.13	29.83	29.53
14	35.03	34.69	34.36	34.02	33.68	33.34	33.01	32.67	32.33	32.02	31.71	31.41	31.10

Vc

R	5.5	5.75	6.0	6.25	6.50	6.75	7.0	7.25	7.50	7.75	8.0	8.25	8.50
14.5	36.66	36.32	35.99	35.65	35.32	34.98	34.64	34.31	33.97	33.66	33.34	33.03	32.71
15	38.33	37.99	37.66	37.32	36.99	36.65	36.31	35.97	35.64	35.32	35.00	34.67	34.35
15.5	40.06	39.72	39.39	39.05	38.72	38.38	38.04	37.71	37.37	37.04	36.72	36.39	36.06
16	41.81	41.48	41.14	40.81	40.47	40.14	39.80	39.47	39.13	38.80	38.46	38.13	37.79
16.5	43.62	43.29	42.95	42.62	42.28	41.95	41.61	41.28	40.94	40.60	40.26	39.92	39.58
17	45.45	45.12	44.79	44.45	44.12	43.79	43.46	43.12	42.79	42.45	42.11	41.77	41.43
17.5	47.32	46.99	46.67	46.34	46.02	45.69	45.36	45.04	44.71	44.38	44.05	43.72	43.39
18	49.19	48.88	48.56	48.25	47.93	47.62	47.30	46.99	46.67	46.35	46.03	45.71	45.39
18.5	51.17	50.86	50.55	50.24	49.93	49.62	49.31	49.00	48.69	48.38	48.06	47.75	47.44
19	53.13	52.83	52.53	52.22	51.92	51.62	51.32	51.01	50.71	50.41	50.10	49.80	49.50
19.5	55.20	54.90	54.60	54.30	54.00	53.70	53.40	53.10	52.80	52.50	52.20	51.90	51.60
20	57.23	56.94	56.65	56.36	56.07	55.78	55.49	55.20	54.91	54.62	54.33	54.04	53.75

Vc

R	8.75	9.0	9.25	9.50	9.75	10.0	10.25	10.50	10.75	11.0	11.25	11.50	11.75
0	3.08	3.01	2.94	2.87	2.80	2.73	2.69	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
0.5	3.54	3.46	3.38	3.31	3.23	3.15	3.10	3.06	3.01	2.97	2.92	2.88	2.83
1	4.04	3.95	3.86	3.77	3.69	3.60	3.55	3.50	3.45	3.40	3.35	3.29	3.24
1.5	4.57	4.47	4.38	4.28	4.19	4.09	4.03	3.98	3.92	3.86	3.81	3.75	3.69
2	5.14	5.03	4.93	4.83	4.72	4.62	4.56	4.50	4.43	4.37	4.31	4.25	4.18
2.5	5.75	5.63	5.52	5.41	5.30	5.19	5.12	5.05	4.99	4.91	4.85	4.78	4.71
3	6.39	6.26	6.14	6.02	5.90	5.78	5.71	5.63	5.56	5.48	5.41	5.33	5.26
3.5	7.06	6.94	6.81	6.68	6.55	6.42	6.34	6.26	6.18	6.09	6.01	5.93	5.85
4	7.79	7.65	7.51	7.38	7.24	7.10	7.01	6.92	6.83	6.75	6.66	6.57	6.48
4.5	8.55	8.40	8.25	8.10	7.96	7.81	7.71	7.62	7.52	7.43	7.33	7.24	7.14
5	9.35	9.19	9.03	8.87	8.72	8.56	8.46	8.36	8.25	8.15	8.05	7.95	7.84
5.5	10.19	10.02	9.86	9.69	9.53	9.36	9.25	9.14	9.03	8.92	8.81	8.70	8.59
6	11.06	10.89	10.71	10.54	10.36	10.19	10.07	9.96	9.84	9.72	9.60	9.49	9.37
6.5	11.98	11.79	11.61	11.43	11.24	11.06	10.93	10.81	10.68	10.56	10.43	10.31	10.18

R	8.75	9.0	9.25	9.50	9.75	10.0	10.25	10.50	10.75	11.0	11.25	11.50	11.75
7	12.93	12.74	12.55	12.34	12.16	11.97	11.84	11.70	11.57	11.44	11.31	11.17	11.04
7.5	13.93	13.73	13.53	13.32	13.12	12.92	12.78	12.64	12.50	12.36	12.22	12.07	11.93
8	14.97	14.76	14.55	14.34	14.13	13.92	13.77	13.62	13.47	13.32	13.17	13.02	12.87
8.5	16.06	15.84	15.62	15.40	15.18	14.96	14.80	14.65	14.49	14.33	14.17	14.02	13.86
9	17.18	16.95	16.72	16.50	16.27	16.04	15.87	15.71	15.54	15.38	15.21	15.04	14.88
9.5	18.35	18.11	17.87	17.64	17.40	17.16	16.99	16.81	16.64	16.46	16.29	16.11	15.94
10	19.56	19.31	19.07	18.81	18.57	18.32	18.14	17.96	17.77	17.59	17.41	17.23	17.04
10.5	20.81	20.55	20.30	20.04	19.79	19.53	19.34	19.15	18.96	18.76	18.57	18.38	18.19
11	22.10	21.84	21.58	21.31	21.05	20.79	20.59	20.39	20.19	19.99	19.79	19.59	19.39
11.5	23.43	23.16	22.89	22.62	22.35	22.08	21.87	21.66	21.45	21.24	21.04	20.83	20.62
12	24.83	24.55	24.27	23.99	23.71	23.43	23.21	22.99	22.77	22.57	22.34	22.20	21.90
12.5	26.25	25.96	25.67	25.38	25.10	24.81	24.58	24.36	24.13	23.90	23.67	23.45	23.22
13	27.71	27.41	27.12	26.83	26.53	26.24	26.00	25.77	25.53	25.30	25.06	24.82	24.59
13.5	29.23	28.93	28.63	28.33	28.03	27.73	27.48	27.24	26.99	26.75	26.50	26.25	26.00

Vc

R	8.75	9.0	9.25	9.50	9.75	10.0	10.25	10.50	10.75	11.0	11.25	11.50	11.75
14	30.80	30.48	30.17	29.87	29.56	29.25	29.00	28.74	28.49	28.23	27.98	27.72	27.47
14.5	32.40	32.08	31.77	31.45	31.14	30.82	30.56	30.29	30.03	29.76	29.50	29.24	28.97
15	34.03	33.71	33.39	33.06	32.74	32.42	32.15	31.86	31.60	31.33	31.06	30.79	30.51
15.5	35.74	35.41	35.08	34.75	34.43	34.10	33.82	33.54	33.25	32.97	32.69	32.41	32.12
16	37.46	37.13	36.79	36.46	36.12	35.79	35.50	35.21	34.92	34.63	34.34	34.04	33.75
16.5	39.25	38.91	38.57	38.23	37.89	37.55	37.25	36.95	36.65	36.35	36.05	35.75	35.45
17	41.09	40.74	40.40	40.06	39.72	39.38	39.07	38.76	38.45	38.14	37.83	37.52	37.21
17.5	42.97	42.62	42.27	41.93	41.58	41.23	40.91	40.59	40.27	39.95	39.63	39.31	38.99
18	44.89	44.53	44.18	43.82	43.47	43.11	42.78	42.45	42.12	41.80	41.47	41.14	40.81
18.5	46.88	46.52	46.16	45.79	45.43	45.07	44.73	44.39	44.06	43.72	43.38	43.05	42.71
19	48.88	48.51	48.15	47.78	47.42	47.05	46.70	46.36	46.01	45.67	45.32	44.97	44.63
19.5	50.94	50.57	50.21	49.84	49.48	49.11	48.76	48.40	48.05	47.69	47.34	46.98	46.63
20	53.06	52.69	52.32	51.95	51.58	51.21	50.85	50.48	50.12	49.75	49.39	49.03	48.66

Vc

R	12.0	12.25	12.50	12.75	13.0	13.25	13.50	13.75	14.0	14.25	14.50	14.75	15.0
0	2.41	2.37	2.33	2.28	2.24	2.20	2.16	2.12	2.08	2.04	2.00	1.96	1.92
0.5	2.79	2.74	2.70	2.65	2.60	2.55	2.51	2.47	2.42	2.38	2.33	2.29	2.24
1	3.19	3.14	3.09	3.04	2.99	2.94	2.89	2.84	2.78	2.73	2.68	2.63	2.58
1.5	3.64	3.58	3.53	3.47	3.41	3.36	3.30	3.24	3.19	3.13	3.07	3.02	2.96
2	4.12	4.06	4.00	3.93	3.87	3.81	3.75	3.68	3.62	3.56	3.50	3.43	3.37
2.5	4.64	4.57	4.50	4.43	4.36	4.29	4.22	4.16	4.09	4.02	3.95	3.88	3.81
3	5.18	5.11	5.03	4.96	4.88	4.81	4.73	4.66	4.58	4.51	4.43	4.36	4.28
3.5	5.77	5.69	5.61	5.52	5.44	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.87	4.79
4	6.39	6.30	6.22	6.13	6.04	5.95	5.86	5.77	5.68	5.60	5.51	5.42	5.33
4.5	7.05	6.95	6.86	6.76	6.66	6.57	6.47	6.38	6.28	6.19	6.09	6.00	5.90
5	7.74	7.64	7.54	7.43	7.33	7.23	7.13	7.02	6.92	6.82	6.72	6.61	6.51
5.5	8.48	8.37	8.26	8.15	8.04	7.93	7.82	7.71	7.60	7.49	7.38	7.27	7.16
6	9.25	9.13	9.02	8.90	8.78	8.66	8.55	8.43	8.31	8.19	8.08	7.96	7.84
6.5	10.06	9.96	9.81	9.68	9.55	9.43	9.30	9.18	9.05	8.93	8.80	8.68	8.55

vc

R	12.0	12.25	12.50	12.75	13.0	13.25	13.50	13.75	14.0	14.25	14.50	14.75	15.0
7	10.91	10.77	10.64	10.51	10.37	10.24	10.11	9.98	9.84	9.71	9.58	9.44	9.31
7.5	11.79	11.65	11.51	11.37	11.23	11.09	10.95	10.81	10.66	10.52	10.38	10.24	10.10
8	12.72	12.57	12.43	12.28	12.13	11.98	11.83	11.68	11.53	11.38	11.23	11.08	10.93
8.5	13.70	13.54	13.39	13.23	13.07	12.91	12.76	12.60	12.44	12.28	12.13	11.97	11.81
9	14.71	14.55	14.38	14.21	14.05	13.88	13.72	13.55	13.38	13.22	13.05	12.89	12.72
9.5	15.76	15.59	15.42	15.24	15.07	14.89	14.72	14.54	14.37	14.19	14.02	13.84	13.67
10	16.86	16.68	16.50	16.31	16.13	15.95	15.77	15.58	15.40	15.22	15.04	14.85	14.67
10.5	18.00	17.81	17.62	17.42	17.23	17.04	16.85	16.66	16.47	16.27	16.08	15.89	15.70
11	19.19	18.99	18.79	18.58	18.38	18.18	17.98	17.78	17.58	17.38	17.18	16.98	16.78
11.5	20.41	20.20	20.00	19.78	19.57	19.36	19.15	18.95	18.74	18.53	18.32	18.11	17.90
12	21.68	21.46	21.25	21.03	20.81	20.59	20.37	20.15	19.93	19.72	19.50	19.28	19.06
12.5	22.99	22.76	22.54	22.31	22.08	21.85	21.62	21.40	21.17	20.94	20.72	20.49	20.26
13	24.35	24.12	23.88	23.64	23.41	23.17	22.94	22.70	22.46	22.23	21.99	21.76	21.52
13.5	25.76	25.52	25.27	25.02	24.78	24.53	24.29	24.04	23.79	23.55	23.30	23.06	22.81

Vc

R	12.0	12.25	12.50	12.75	13.0	13.25	13.50	13.75	14.0	14.25	14.50	14.75	15.0
14	27.21	26.96	26.70	26.45	26.19	25.94	25.68	25.43	25.17	24.92	24.66	24.41	24.15
14.5	28.71	28.44	28.18	27.92	27.65	27.39	27.12	26.86	26.60	26.33	26.07	25.80	25.54
15	30.24	29.97	29.70	29.42	29.15	28.88	28.61	28.33	28.06	27.79	27.52	27.24	26.97
15.5	31.84	31.56	31.28	30.99	30.71	30.43	30.15	29.86	29.58	29.30	29.02	28.73	28.45
16	33.46	33.17	32.88	32.59	32.30	32.01	31.72	31.43	31.13	30.84	30.55	30.26	29.97
16.5	35.15	34.85	34.55	34.24	33.94	33.64	33.34	33.04	32.74	32.44	32.14	31.84	31.54
17	36.90	36.59	36.28	35.96	35.65	35.34	35.03	34.72	34.41	34.10	33.79	33.48	33.17
17.5	38.67	38.35	38.04	37.72	37.40	37.08	36.76	36.44	36.12	35.80	35.48	35.16	34.84
18	40.48	40.15	39.83	39.50	39.17	38.84	38.51	38.18	37.85	37.53	37.20	36.87	36.54
18.5	42.37	42.03	41.70	41.36	41.02	40.68	40.35	40.01	39.67	39.33	39.00	38.66	38.32
19	44.28	43.94	43.59	43.24	42.90	42.55	42.21	41.86	41.51	41.17	40.82	40.48	40.13
19.5	46.27	45.92	45.56	45.21	44.85	44.50	44.14	43.79	43.43	43.08	42.72	42.37	42.01
20	48.30	47.93	47.57	47.21	46.84	46.48	46.11	45.75	45.39	45.02	44.66	44.29	43.93

ΔV — DIFERENÇA DE VOLUME DO CONTEÚDO OCULAR

Anteriormente vimos os valores de V_c (volume da depressão corneana). Se abstração se fizesse do gráu de elasticidade da esclera, as diferenças de V_c corresponderiam à diferença de volume do conteúdo ocular.

Mas, como as alterações esclerais existem, e variam com a pressão tonométrica P_t e com o coeficiente de rigidez escleral E , — para que tenhamos realmente valores que traduzam as diferenças de volume do conteúdo ocular, teremos que computar todos êsses elementos.

E' o que se traduz pela fórmula:

$$\Delta V = \frac{1}{E} \log \frac{P_{tO}}{P_{tR}} + V_{cR} - V_{cO},$$

em que R e O aparecem como leituras na escala do tonômetro.

Na fórmula que acima consignamos para determinar ΔV , e que se deve especialmente a Grant, vemos que ΔV é a soma de dois componentes:

$$\left(\frac{1}{E} \log \frac{P_{tO}}{P_{tR}} \right) \text{ e } (V_{cR} - V_{cO})$$

$(V_{cR} - V_{cO})$ é a diferença do volume de depressão corneana.

$\left(\frac{1}{E} \log \frac{P_{tO}}{P_{tR}} \right)$ traduz a alteração do volume escleral, o que os autores de língua inglesa denominam de «scleral shrinkage». De acôrdo com a queda da pressão tonométrica e com o coeficiente de rigidez escleral, a esclera, que sofrera inicialmente a distensão oriunda de uma P_t mais alta, irá agora sofrer uma retração («shrinkage»). Em consequência dessa retração, o volume do globo diminuirá, e seria errôneo considerar apenas a parcela $(V_{cR} - V_{cO})$, pois que, na realidade, a diminuição do volume é acrescida da retração escleral, que será tanto maior quanto maior fôr a queda de P_t e quanto menor fôr o coeficiente de rigidez escleral.

Ora, é êsse valor ΔV (diferença de volume do conteúdo ocular) que nos interessa para o cálculo dos coeficientes tonográ-

ficos. E foi assim pensando que Grant adaptou a tabela de Friedenwald para êsse objetivo.

E o próprio Friedenwald refez essa tabela para fins tonográficos, baseado na escala de calibração 1955.

E' a escala de ΔV (Grant-Friedenwald) que a seguir incluiremos, ainda uma vez reproduzindo os dados geniais do saudoso cientista americano.

Porque é realmente genial o seu «nomograma» (fig. 4), que ainda aqui nos dá possibilidade gráfica de determinar não só ΔV_c (diferença de volume da depressão corneana), como ainda ΔV (diferença de volume do conteúdo ocular), levando em consideração o fator «shrinkage».

TABELA VII
(Grant-Friedenwald)

DIFERENÇA DE VOLUME DO CONTEÚDO OCULAR (ΔV em mms³)

$$\Delta V = \frac{1}{E} \text{Log} \frac{\text{PtO}}{\text{PtR}} + \text{VeR} - \text{VcO}$$

R	Leitura da Escala	P Ê S O			
		55 GM.	7.5 GM.	10.0 GM.	15.0 GM.
	0.0	0	0	0	0
	0.5	1.84	1.76	1.69	1.58
	1.0	3.66	3.49	3.32	3.11
	1.5	5.44	5.18	4.93	4.61
	2.0	7.21	6.85	6.53	6.09
	2.5	8.95	8.52	8.11	7.54
	3.0	10.69	10.17	9.66	8.97
	3.5	12.41	11.81	11.22	10.40
	4.0	14.14	13.46	12.77	11.81
	4.5	15.87	15.09	14.32	13.23
	5.0	17.61	16.75	15.88	14.64
	5.5	19.35	18.41	17.46	16.07
	6.0	21.09	20.07	19.04	17.40
	6.5	22.86	21.76	20.63	18.93
	7.0	24.63	23.45	22.23	20.39
	7.5	26.41	25.18	23.86	21.85
	8.0	28.21	26.91	25.51	23.33
	8.5	30.03	28.67	27.18	24.84
	9.0	31.87	30.45	28.87	26.36
	9.5	33.73	32.27	30.59	27.91
	10.0	35.60	34.09	32.34	29.49
	10.5	37.52	35.95	34.09	31.07
	11.0	39.43	37.82	35.90	32.70
	11.5	41.37	39.72	37.72	34.35
	12.0	43.33	41.68	39.59	36.03
	12.5	45.33	43.65	41.47	37.73
	13.0	47.38	45.62	43.40	39.49
	13.5		47.67	45.37	41.26
	14.0		49.74	47.36	43.07
	14.5		51.84	49.39	44.92
	15.0		53.94	51.43	46.80
	15.5			53.56	48.72
	16.0			55.67	50.67
	16.5			57.85	52.65
	17.0			60.10	54.70
	17.5				56.77
	18.0				58.87
	18.5				61.04
	19.0				63.23
	19.5				65.48
	20.0				67.77

COEFICIENTES TONOGRÁFICOS (C, R e F)

Nas nossas primeiras páginas, relembramos as fórmulas que norteiam a obtenção de **C** (coeficiente de facilidade ao escoamento), **R** (coeficiente de resistência ao escoamento) e **F** (débito do humor aquoso — em mm³ por minuto).

Em trabalho anterior (1957), um de nós divulgou uma tabela de coeficientes tonográficos, que muito nos auxiliou para os resultados.

Com os novos valores que Friedenwald nos trouxe (escala de calibração de 1955), impunha-se uma revisão da nossa tabela, o que foi muito facilitado pelo trabalho de Moses e Becker (1958), que divulgaram quadro semelhante apenas para o coeficiente **C**.

Nas páginas que se seguem, reproduzimos as nossas tabelas já agora revistas à base da nova escala de calibração. Por elas encontraremos com rapidez os coeficientes **C**, **R** e **F**, conhecendo-se apenas a leitura inicial e final na escala do tonômetro (após 4 minutos de compressão).

ISOTONOGRRAFIA

Os cálculos em tonografia baseiam-se especialmente na «pressão tonométrica» e na «Variação de volume do conteúdo ocular». Já vimos como o coeficiente de rigidez escleral interfere em tais valores. E, naturalmente, há de interferir nos coeficientes tonográficos.

Para exemplificar, podemos citar os 3 casos imaginados por Moses e Becker (1958), em que, com pêso 5.5, as leituras foram 5 e 7 na escala do tonômetro, no início e fim da prova. Se admitirmos que o coeficiente de rigidez E varia, sendo 0.0215 no 1.º caso, 0.0137 no 2.º, e 0.0342 no 3.º, os cálculos nos mostram nítida discrepância do coeficiente de facilidade de escoamento C, sendo:

1.º caso — C = 0.17		nêsses 3 casos, C sera sempre 0.17 se E não fôr considerado
2.º caso — C = 0.34		
3.º caso — C = 0.093		

Os cálculos de Moses e Becker, que permitem assim valores diferentes quando difere E, foram desenvolvidos de duas maneiras: — ou pelo método gráfico (nomograma de Friedenwald), ou pelo método tabular, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$C = \frac{0.0215 \Delta V + (E - 0.0215) \Delta V_c}{4 E (P_{tm} - P_o - 1.25)}, \text{ onde:}$$

ΔV = variação de volume do conteúdo ocular
 ΔV_c = variação de volume da depressão corneana
 E = coeficiente de rigidez escleral
 P_{tm} = pressão tonométrica média
 P_o = pressão intra-ocular (tonômetro de aplanção)

Assim raciocinando, as tabelas de coeficientes tonográficos, anteriormente incluídas, passam a ser apenas válidas para os casos em que E se mantenha nas proximidades de seu valor normal (0.0215). Para as discrepâncias de E, tais tabelas não poderão com rigor ser utilizadas, obrigando-nos assim a cálculos individuais.

Mas ainda assim surgirá uma crítica: — o coeficiente de rigidez E não é constante, no mesmo olho, para pressões intra-oculares diferentes. Isto quer dizer que, numa tonografia, — quando o olho é submetido à pressão P_{ti} no início da prova e à pressão

Pt2 ao final, — o coeficiente de rigidez escleral variará nas duas situações, trazendo evidentemente uma causa de erro, que para Prijet é ponderável.

Daí surgirem técnicas novas, que buscam exatamente remover essa causa de erro. São técnicas que poderemos englobar sob o rótulo comum de **isotonografia**, ou tonografia sob pressão constante (Moses, Prijet, van Beuningen, Goldmann, Kessler).

Se se mantiver a Pt constante durante toda a prova, não só o coeficiente de rigidez escleral será também constante, como não haverá modificações de elasticidade escleral: — não havendo queda da Pt não haverá «shrinkage», e, neste caso, a diferença de volume do conteúdo do olho será apenas fruto da diferença de volume da depressão corneana. Isto é, $\Delta V = VcR - VcO$.

Foi isto que Moses (1958), por inspiração de Ballantine, nos propôs, embora acreditando-o apenas útil por seu interesse teórico. Enquanto Prijet (1958-1959), em doentes glaucomatosos, já considera a diferença «statistically significant».

Vejamos em síntese as diferentes técnicas propostas para «isotonografia», lastimando não haver podido ler o trabalho de van Beuningen.

1) **Moses** (1958), por intermédio de uma seringa de tuberculina de 1cc articulada no tonômetro electrónico, pôde por meio do mercurio variar à vontade o peso sobre a haste do tonômetro, realizando com relativa exatidão a tonografia sob pressão constante.

2) **Prijet** (1958-1959) propôs um método mais prático, que ele denominou de «tonografia sob distensão constante da esclera».

Prijet faz uma tonografia comum. Após 4 minutos, ele vai acrescentando ao Peso do tonômetro 250 mg cada 3 segundos, até que Pt2 se iguale a Ptl. Para isso ele se utiliza de um jogo de pesos de 250 mg, iguais ao que aqui reproduzimos (fig. 6).

O tonograma de Prijet consta então de 2 partes: — a 1.^a parte é um tonograma clássico; a 2.^a parte (pesos de 250 mg. acrescentados de 3/3 segundos) mostra uma queda quase vertical do traçado, pelo aumento rápido da depressão corneana e da pressão tonométrica.

A 1.^a parte da curva nos dará Pt1, Po, Vc1, t — a 2.^a parte da curva nos dará Vc2, que será calculado no ponto em que Pt2 se igualar a Pt1, graças ao acréscimo progressivo do pêso.

Para calcular Vc2 (uma vez que a tabela de Friedenwald só nos dá Vc para pêsos 5.5, 7.5, 10 e 15) Prijet é obrigado a se utilizar da fórmula: $\log. Vc = N (B - \log. Pt)$.

Para evitarmos êsses cálculos, é que reproduzimos anteriormente a tabela completa de Vc, incluindo todos os pêsos intermediários, de 250/250 mg.

3) **Kessler** (1959) descreveu um método que se aproxima do de Prijet, a que êle denominou de «tonografia com restauração da pressão inicial».



Figura 6

Pêso de 250 mg. (Prigo)

No final de uma tonografia comum, Kessler adiciona um pêso de 2 grs. (o pêso que no tonômetro de Schiotz está marcado com 7.5), e logo a seguir outro pêso de 2 grs. As indicações da escala do tonômetro são anotadas.

Têm-se então 4 pontos: — o ponto de partida da tonografia A, o ponto terminal da tonografia B, e os 2 pontos C e D por adição de 2 e 4 grs.

Kessler traça uma curva unindo os pontos B, C e D. Curva essa que deverá cruzar a linha da Pt inicial, pois, como acentuou Moses, «a separate isobar line can be drawn for each Pt value».

O ponto de cruzamento X da linha BCD com a linha Pt1 dará, na abcissa do gráfico, o pêso que foi necessário para conseguí-lo. E, baseado nêsse pêso, tira-se Vc2.

4) **Goldmann** (1958) descreveu o seu método tonográfico, utilizando-se de um tonômetro de Schiotz. Parece-me de interêsse

pormenorizar a tecnica de Goldmann, não só porque ela atende ao objetivo da isotonografia, como porque êle sistematiza com inteligência a execução da prova.

«Os instrumentos necessários ao exame são: — 1 tonômetro de aplanção, nosso tonômetro de Schiotz (sem atrito e sem paralaxe), 1 par de lâmpadas de fixação distantes 11 cm. uma da outra e colocadas 40 cms. acima do paciente, e 1 cronômetro».

«O processo é o seguinte: — mede-se a pressão intraocular dos dois olhos com o tonômetro de aplanção. Depois, mede-se de novo a pressão dos 2 olhos, com o paciente deitado, com o tonômetro de Schiotz, com um pêso que dê à agulha um desvio de 5 a 7 graduações. Aplica-se em seguida o tonômetro assim carregado sobre o olho a examinar, e lê-se de 30/30 segundos o desvio da agulha, com aproximação de 1/4 de graduação; durante êsse tempo, o outro olho fixa uma das lâmpadas de fixação. Após 4 1/2 — 5 1/2 minutos, coloca-se sobre o tonômetro o pêso seguinte mais alto, sem tirar o tonômetro».

«Após 90 segundos e no 8.º minuto, pede-se ao doente que olhe por um curto instante para a outra lâmpada de fixação» (fig. 7).

FIG. 1. — Le patient fixe L_1 . Après 90 secondes (et 8 min) il fixe pendant quelques secondes L_2 . La différence des déviations de l'aiguille du tonomètre indique la déformation non élastique de la cornée.

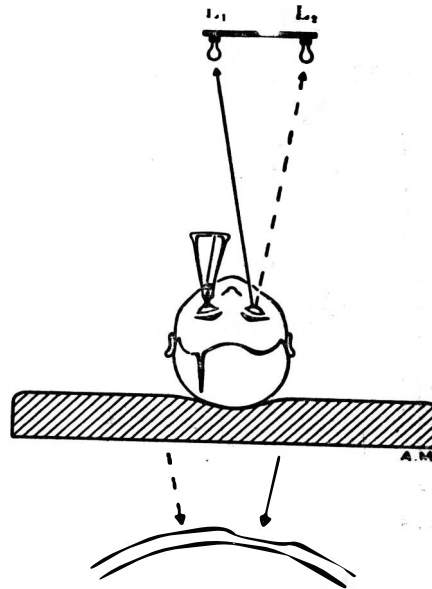


Figura 7 (Goldmann — 1958)

«Este processo permite eliminar as seguintes causas de êrros:

a) desprezando os primeiros 90 minutos, elimina-se o fator de êrro devido à deformação plástica da esclera;

b) o deslocamento do ponto de fixação, após 90 segundos e no 8.º minuto, permite eliminar a deformação não elástica da córnea, que não contribui para alterar o volume do conteúdo do ôlho;

c) são igualmente eliminados os êrros resultantes da rigidez escleral. Como nós colocamos pêso mais elevado após 4 1/2 — 5 1/2 minutos, nós registraremos duas vêzes a mesma queda da tensão. (Fig. 8). Basta-nos medir o tempo que se escôa para que uma mesma pressão intra-ocular seja de novo atingida, a pressão média exercida durante êsse tempo, e a depressão correspondente da córnea;

d) carregado sempre o tonômetro, no início da prova, com um pêso que dê um desvio da agulha entre 5 e 7, nós estamos eliminando os erros contidos nas curvas de Friedenwald;

e) enfim, a medida da tensão do outro ôlho, no início e no fim do exame, nos dá a variação de P_0 devida aos reflexos homeostáticos».

Transcrevemos acima as próprias palavras de Goldmann, para não prejudicar a clareza de sua exposição.

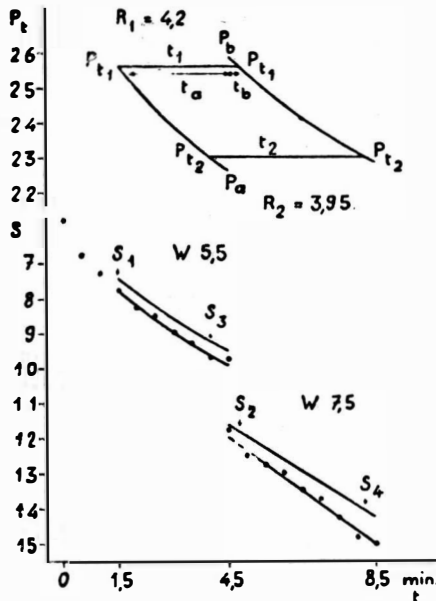


Figura 8 (tirada de Goldmann — 1958)

FIG. 2 Exemple de notre procédé : abscisse temps. Ordonnée en bas Δv : graduation du Schiotz; en haut : P_t . Les points : déviations de l'aiguille du tonomètre de Schiotz déterminées toutes les 30 secondes, d'abord avec poids (W) 5,5 pendant 4,5 min. après avec W 7,5 jusqu'à 8,5 min. On construit des courbes lisses à travers ces points. Les courbes S_1 , S_2 et S_3 , S_4 sont les premières courbes rectifiées après considération de la déformation non élastique de la cornée. Ces courbes déterminent les deux courbes de P_t en haut. On voit que les mêmes valeurs de P_t sont deux fois parcourues. On détermine le temps t_1 (resp. t_2) entre 2 points du même P_t et la différence des volumes déplacés (volume of corneal indentation) Δv correspondant aux points S_1 et S_2 (resp. S_3 et S_4). Le P_{tm} correspondant est

$$\frac{\frac{P_{t1} + P_{t2}}{2} \cdot t_1 + \frac{P_{t3} + P_{t4}}{2} \cdot t_2}{t_1 + t_2}$$

$$R = \frac{\Delta v}{P_{tm} - P_0} \cdot \frac{1}{t}$$

$P_{tm} - P_0$ doit être plus grand que 7mm.

NOMOGRAMA DE FRIEDENWALD

Friedenwald foi realmente inspirado ao confeccionar o seu nomograma (fig. 4), que, como todo nomograma, é um gráfico com **n** variáveis.

Por êle, pode-se graficamente, com a aproximação satisfatória para os objetivos tonográficos, determinar os seguintes valores (variáveis):

- 1) Pressão intraocular (P_o)
- 2) Coeficiente de rigidez escleral (E)
- 3) Pressão tonométrica (P_t)
- 4) Volume da depressão corneana (V_c)
- 5) Volume da retração escleral (V_s)
- 6) Variação do volume total do olho durante a tonografia (ΔV)

Vejamos como utilizá-lo.

Na fig. 9 imaginamos o seguinte caso:

Leitura na escala de Schiotz (inicial)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pêso } 5.5 = 6 \\ \text{Pêso } 10 = 12 \end{array} \right.$
Leitura na escala de Schiotz (final) (após 4 minutos)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pêso } 5.5 = 8 \end{array} \right.$

Com êsses 3 elementos lançados no «nomograma» (fig. 9), vamos tirar P_o , E , P_t1 , P_t2 , V_c1 , V_c2 e ΔV_c .

P_o (pressão intra-ocular) — Com uma reta ligaremos os números 6 (pêso 5.5) e 12 (pêso 10). Essa reta prolongada irá cortar o número 20 da ordenada. $P_o = 20$.

E (coeficiente de rigidez escleral) — Se baixarmos a reta acima (que nos indicou P_o), mantendo-lhe a obliquidade, até atin-

gir a 0 (ponto de origem do nomograma), iremos verificar que ela cruzará então o número 0.0118 do arco do «coeficiente de rigidez». $E = 0.0118$.

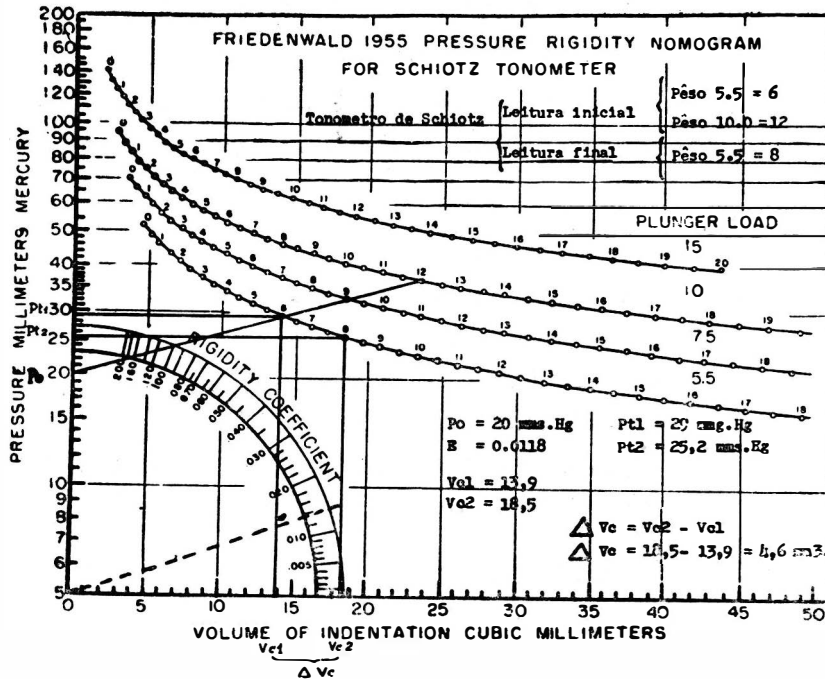


Figura 9

Como já dissemos ao tratar da «tonometria», o melhor meio de se determinar P_o é usando o tonômetro de aplanção de Goldmann. E, neste caso, para se determinar E (coeficiente de rigidez) basta fazer-se uma determinação com o tonômetro de Schiotz. Por exemplo, se P_o for 20 (aplanção) e com peso 5.5 o tonômetro de Schiotz indicar 6, ligaremos 20 (da ordenada) ao 6 (curva 5.5) e teremos a linha que, baixada até o 0 do nomograma, nos dará o coeficiente de rigidez E .

Pt1 (pressão tonométrica inicial) — Utilizaremos a curva «Peso 5.5», porque será o peso utilizado na tonografia, isto é, o peso que nos dará Pt2. Já vimos que a leitura inicial no tonô-

metro de Schiotz foi 6 (pêso 5.5). Se traçarmos uma horizontal partindo de 6, veremos que tal linha cruzará a ordenada do nomograma em 29. $Pt1 = 29$.

Pt2 (pressão tonométrica final) — A leitura final foi 8 (pêso 5.5). Se traçarmos uma horizontal partindo de 8, veremos que tal linha cruzará a ordenada do nomograma em 25.2. $Pt2 = 25.2$.

Ptm (pressão tonométrica média) —

$$Ptm = \frac{Pt1 + Pt2}{2} = \frac{29 + 25.2}{2} = \frac{54.2}{2} = 27.1.$$

Vc1 (volume da depressão corneana no início da prova) — Baixa-se uma vertical partindo de 6 (pêso 5.5), que cruzará perpendicularmente a abcissa em 13.9. $Vc1 = 13.9$.

Vc2 (volume da depressão corneana no final da prova) — Baixa-se uma vertical partindo de 8 (pêso 5.5), que cruzará perpendicularmente a abcissa em 18.5. $Vc2 = 18.5$.

ΔVc (diferença de volume da depressão corneana) = $Vc2 - Vc1 = 18.5 - 13.9 = 4.6$.

ΔVc é pois igual a 4,6 mm³.

Mas não é essa apenas a diferença do volume do conteúdo do globo, porque a Pt havendo baixado (de 29 para 25,2) haverá necessariamente uma «shrinkage» escleral, isto é uma diminuição também do volume da esclera.

Para que ΔVc traduza realmente a diferença de volume do conteúdo ocular, isto é para que ΔVc seja igual a ΔV , é necessário que se mantenha inalterada a Pt.

Vejam os como o «nomograma» ainda aqui nos poderá atender (fig. 10).

A linha AB nos dá a linha da pressão inicial ($Po = 20$). A linha CD nos dá a linha da Pt final ($Pt2 = 25,2$). A intersecção E das duas linhas nos indicará um ponto em que a $Pt1$ seria também igual a 25,2 ($Pt2$).

Se assim considerarmos, a diferença da depressão corneana (ΔVc) será igual à diferença total do volume do conteúdo ocular, porque, mantendo-se a mesma Pt, não haverá «shrinkage»; isto

é, Vc2 (vertical baixada de 8) continuará sendo 18,5. Mas Vc1 nos será dado pela vertical baixada de E. Portanto Vc1 será igual a 8,9. Então a diferença $18,5 - 8,9 = 9,6$, será igual a ΔV .

Na realidade, como já vimos, $\Delta V_c = 4,6$.

Então a diferença entre ΔV e ΔV_c corre por conta da «shrinkage» escleral $9,6 - 4,6 = 5$.

Em síntese, $\Delta V = 9,6$ $\Delta V_c = 4,6$ $\Delta V_s = 5$.

Resumindo, para se obter ΔV (diferença de volume do conteúdo ocular), deveremos raciocinar a base de isotonografia: isto é, mesmo no nomograma deveremos buscar as depressões corneanas sob a mesma Pt, no início e no final da prova. A vertical baixada de E nos dará sempre Vc1 sob a mesma Pt final. E, assim sendo, a diferença entre Vc2 e Vc1 será igual a ΔV , porque não há «shrinkage» quando a pressão não se altera.

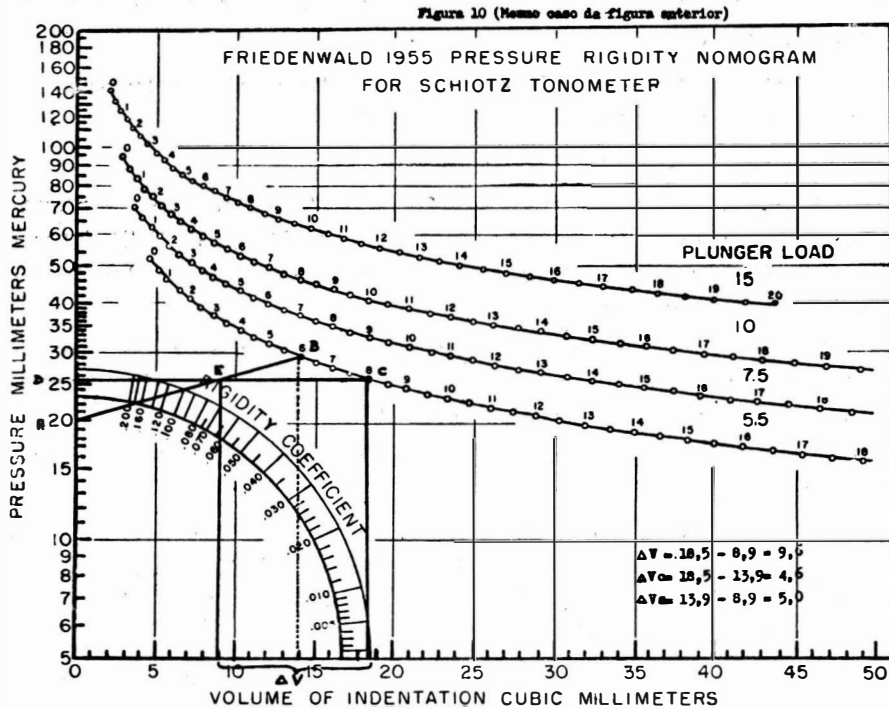


Figura 10 (mesmo caso da fig. 9)

REFERÊNCIAS

- 1 — BECKER e CHRISTENSEN — Water drinking tonography in the diagnosis of glaucoma — Arch. Ophth. 56:321, 1956.
- 2 — VAN BEUNINGEN e FISCHER (apud Prijot) — Methodische hinweise zur Tonographie und Gonioskopie — Klin. Monatsbl. f. Augenh. 129:202, 1956.
- 3 — DEPNER — L'etat actuel de la tonographie — Documenta Ophthalmologica XII:106, 1958.
- 4 — DUKE ELDER — Glaucoma — A Symposium — 1955 — Blackwell — Oxford.
- 5 — FRIEDENWALD — Contribution to the theory and practice of tonometry — Am. J. Opht. 20:985, 1937.
- 6 — FRIEDENWALD — Calibration of tonometers: decennial report by the Committee on Standardization of tonometers — American Academy of Ophthalmology, 1954.
- 7 — FRIEDENWALD — Tonometer calibration: an attempt to remove discrepancies found in 1954 calibration for Schiøtz tonometers — Tr. Am. Acad. Opht. 61:108, 1957.
- 8 — GOLDMANN — Un nouveau tonomètre à aplanation — Bull. et Mem. Soc. Franç. Opht. 67:474, 1954.
- 9 — GOLDMANN — Aplanation tonometry in Glaucoma: Transactions of the second conference — 1956 — Foundation Josiah Macy.
- 10 — GOLDMANN — Comentário sobre tonografia — Bull. Soc. Franç. Opht. 71:32, 1958.
- 11 — GRANT — Tonographic method for measuring the facility and the rate of aqueous flow in human eyes — Arch. Ophth. 44:204, 1950.
- 12 — IMBERT — Theorie des Ophtalmotonomètres — Arch. d'Opht. 5: 358, 1885.
- 13 — KESSLER — Tonography: with restoration of the initial pressure — Am. J. Opht. 47:233, 1959.
- 14 — LINNÉR — Episcleral venous pressure during tonography — Acta XVII Conc. Opht. 1954, 3:1532, 1955.
- 15 — MAKHLAKOFF — L'ophtalmotonometrie — Arch. d'Opht. 5:159, 1885.
- 16 — MAKHLAKOFF — Contribution à l'ophtalmotonometrie — Arch. d'Opht. 12:321, 1892.
- 17 — MOSES — Constant: Pressure Tonography — Arch. Opht. 59:527, 1958.
- 18 — MOSES e BECKER — Clinical Tonography: the scleral rigidity correction — Am. J. Opht., 45:196, 1958.
- 19 — MOSES and BRUNO — The rate of outflow of fluid from the eye under increased pressure — Am. J. Opht. 33: 389, 1950.

- 20 — PRIJOT — Une nouvelle methode de tonographie — *Ophthalmologica*, 136:266, 1958.
- 21 — PRIJOT — Tonography under constant distention of the sclera — *Arch. Ophth.*, 61:536, 1959.
- 22 — ROCHA, H. — Tonografia — *Arch. Chil. Oftal.*, XIV:5, 1957.
- 23 — SCHIOTZ — Tonometrie — *Acta Ophthal.* 2:1, 1925.
- 24 — SWANLJUNG e BLODI — Tonography in some provocative tests for glaucoma — *Am. J. Ophth.*, 41:187, 1956.
- 25 — WEEKERS e PRIJOT — Mesure de la résistance à l'ecoulement de l'humeur aqueuse au moyen du tonomètre electronique — *Ophthalmologica*, 123:1, 1952.