

**MM. R. WEEKERS et G. LAVERGNE (Liège) : Le fonctionnement de la station de contrôle des tonomètres de Schiotz à l'Université de Liège.**

Les tonomètres utilisés en Belgique s'écartent tous plus ou moins des normes de la standardisation américaine. Les exceptions à cette règle sont rares. Pour le surplus, ces tonomètres diffèrent tous les uns des autres en un ou plusieurs points essentiels. Il en résulte que les mesures actuelles de la pression oculaire sont presque toutes entachées d'une erreur. Selon le tonomètre utilisé, cette erreur est minime ou importante. Si deux tonomètres différents fournissent des valeurs concordantes, c'est que leurs défauts sont, par hasard, la cause d'une erreur à peu près identique. Mais fréquemment cette erreur varie selon la pression; la concordance des résultats n'existe que dans une gamme assez étroite de tensions oculaires. Dans certains cas, l'erreur varie à chaque lecture si bien que deux mesures faites à quelques minutes d'intervalle sur deux yeux ayant la même pression, donnent des résultats différents; c'est le cas, par exemple, lorsqu'une asymétrie de la base du piston fait que la déviation de l'aiguille dépend de la position du piston dans le cylindre (Albrecht et coll., 1 et 2).

Dans l'état actuel des choses, chaque ophtalmologiste doit donc apprendre à connaître le tonomètre qu'il utilise personnellement. Il se trouve obligé de déterminer, expérimentalement, pour cet instrument, les limites de la pression oculaire physiologique. Cet étalonnage, pour être rigoureux, exige des mesures nombreuses sur des sujets normaux et le calcul statistique de la dispersion des résultats.

L'absence de standardisation des tonomètres a de nombreux inconvénients: a) Les données de la littérature sont discordan-

tes. Tel auteur considère comme physiologique une pression de 32 mm. Hg.; tel autre, par contre, s'inquiète lorsque la tension atteint 25 mm. Hg. De ces discordances est née la conception erronée que l'hypertension n'est qu'un facteur secondaire dans l'évolution d'un glaucome. b) Les résultats publiés dans la littérature par des auteurs qui emploient des tonomètres conformes aux normes américaines ne sont utilisables que *mutatis mutandis* par le possesseur d'un tonomètre non standard. Le facteur de correction d'un tonomètre non standard est difficile à calculer, si bien que d'excellents travaux, qui pourraient être d'une grande utilité, demeurent en fin de compte sans portée pratique. c) Un tonomètre non conforme aux normes américaines ne peut être utilisé ni pour la mesure de la résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse(\*) ni pour la détermination de la rigidité oculaire. Or, on doit espérer que dans un avenir proche l'emploi de ces deux techniques se généralisera. Elles sont l'une et l'autre simples et rapides. La tonographie complète et confirme les données de la tonométrie. La détermination de la rigidité oculaire est strictement indispensable à la mesure de la pression oculaire dans de nombreux cas, dans la myopie forte, par exemple (Goldmann et Schmidt, 10c; Lavergne, Prijot et Weekers, 12; Schmidt, 17). d) Enfin, un patient soigné par plusieurs ophtalmologistes ne tarde pas à noter des discordances qui, à juste titre, ébranlent sa confiance. Or, celle-ci est la condition indispensable à la discipline nécessaire à son traitement.

Le remplacement des tonomètres défectueux par des instruments conformes aux normes américaines s'avère donc une mesure nécessaire et urgente.

Les normes de la standardisation américaines sont le résultat de recherches qui ont débuté il y a 30 ans. Arnold et Karpow en 1922 (3), Schiötz en 1925 (16c), Comberg en 1928 (5c et b), le Comité de Standardisation du Congrès international tenu en Hollande en 1929 (5c), Posner en 1935 (15a et b, 18) ont fait œuvre de pionniers. Ils ont jeté les bases des travaux

(\*) Goldmann a montré que le tonomètre électronique n'est pas indispensable pour la tonographie et qu'un tonomètre de Schiötz, conforme aux normes américaines, peut être utilisé pour la mesure de la résistance à l'écoulement. (Communication personnelle.)

de J. S. Friedenwald et de P. C. Kronfeld au Comité de Standardisation de l'Académie américaine d'Ophtalmologie (6). C'est à ces auteurs que l'on doit l'étude de toutes les caractéristiques qui influencent les mesures tonométriques. Pour chacune d'elles, Friedenwald et Kronfeld se sont astreints à la détermination de la tolérance compatible, d'une part avec la construction d'un tonomètre à un prix abordable et, d'autre part, avec une mesure suffisamment précise pour les besoins de la clinique. Ces recherches dont on ne saurait assez louer la persévérance, ont été faites au moyen d'un tonomètre conforme aux normes américaines sur tous les points sauf un qui, intentionnellement, était entaché d'un défaut plus ou moins conséquent. Le rapport décennal du Comité de Standardisation américain (6) résume les conclusions de ces recherches. Les stations de contrôle énumérées ci après ont adopté ces conclusions :

Amsterdam (Pays-Bas)	Prof. Hagedoorn.
Berne (Suisse)	Prof. Goldmann.
Bonn (Allemagne)	Prof. Müller.
Liège (Belgique)	Prof. Weekers.
Rome (Italie)	Prof. Bietti.
Strasbourg (France)	Prof. Nordmann.
Tübingen (Allemagne)	Prof. Harms.
Uppsala (Suède)	Prof. v. Bahr.
Vienne (Autriche)	Prof. Böck.

Ces stations utilisent toutes les instruments de contrôle fabriqués par la firme Haag-Streit sur les conseils du Professeur Goldmann (10a et b). Il existe enfin à Copenhague (Danemark) une station de contrôle (Prof. Ehlers) qui a adopté, comme les stations précédentes, les standards américains, mais qui utilise des instruments de contrôle quelque peu différents (Mahneke, 14). A la station de contrôle de Cologne (Allemagne, Prof. vom Hofe), Albrecht (1 et 2) poursuit d'intéressantes recherches dont le but est d'accroître l'exactitude des mesures tonométriques.

Le contrôle d'un tonomètre suppose la mesure de toute une série de constantes « statiques » : poids et diamètre du piston,

rayon de courbure de sa face inférieure, rayon de courbure du pied cornéen, etc. Elle suppose également le contrôle de plusieurs facteurs « dynamiques » : frottement du piston dans le cylindre, du cylindre dans le support, mesure micrométrique de l'enfoncement du piston et du déplacement de l'aiguille, etc.

Les figures 1 à 5 montrent les instruments utilisés pour le contrôle d'un tonomètre et les opérations principales que comporte ce contrôle. La figure 6 est la reproduction du certificat délivré avec tout tonomètre contrôlé. On y trouve l'énumération des points soumis à un examen avec, en regard de chacun d'eux, la valeur standard optimum, la tolérance maximum admise et le résultat de la mesure pratiquée sur le tonomètre étudié.

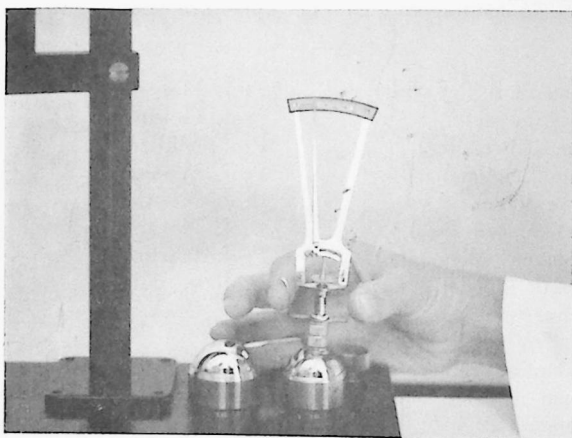


FIG. 1.

*Contrôle de la position de l'aiguille sur le cadran du tonomètre.*

Lorsque le tonomètre est posé sur une bille de 15 mm de rayon, l'aiguille doit se trouver sur la graduation — 1; sur une bille de 16 mm de rayon, l'aiguille doit se trouver au zéro.

La graduation — 1 est gravée sur les tonomètres les plus récents.

Depuis sa mise en service en mars 1956, la station de l'Université de Liège a contrôlé 69 tonomètres; 13 appartenaient à des médecins, 56 étaient des instruments neufs destinés à la vente.

Tous les tonomètres appartenant à des médecins, à l'exception d'un seul, étaient défectueux en un ou plusieurs points plus ou moins importants. Les erreurs de mesure résultant de ces défauts étaient, dans la plupart des cas, considérables et exposaient à des diagnostics erronés ainsi qu'à des thérapeutiques mal conduites. Ces tonomètres étaient tous irréparables.

Parmi les 56 tonomètres neufs, 30 étaient conformes aux normes américaines, 26 présentaient des défauts et ont été renvoyés à l'usine. Ces tonomètres ont été améliorés; nous les avons vérifiés à nouveau; la plupart sont actuellement conformes aux normes américaines.

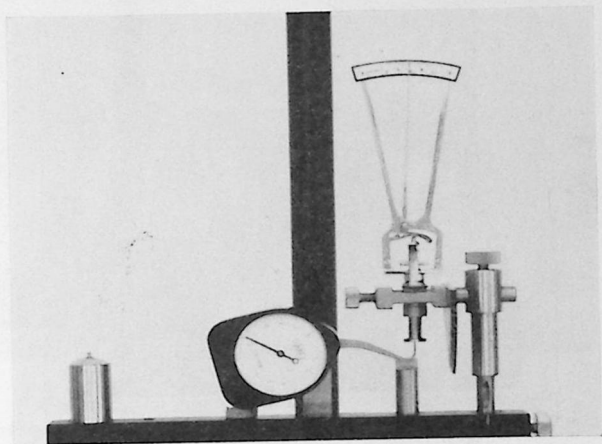


FIG. 2.  
*Pesée du piston, du poids additionnel marqué 5,5 g.  
du levier et de l'aiguille.*

La balance de torsion indique 5,5 g lorsque l'aiguille se trouve sur la graduation 10.

De façon évidente, la construction des tonomètres neufs qui nous sont soumis s'améliore rapidement et le pourcentage des tonomètres rebutés décroît.

La mesure exacte de la tension oculaire suppose, d'autre part, l'utilisation d'une seule et même table de calibration.

Cette table sert à convertir les valeurs d'indentation cornéenne, c'est-à-dire les déviations de l'aiguille sur le cadran, en pression oculaire exprimée en millimètres Hg.

Schiotz a successivement établi trois tables de calibration en 1905 (16a), 1909 (16b) et 1924 (16c).

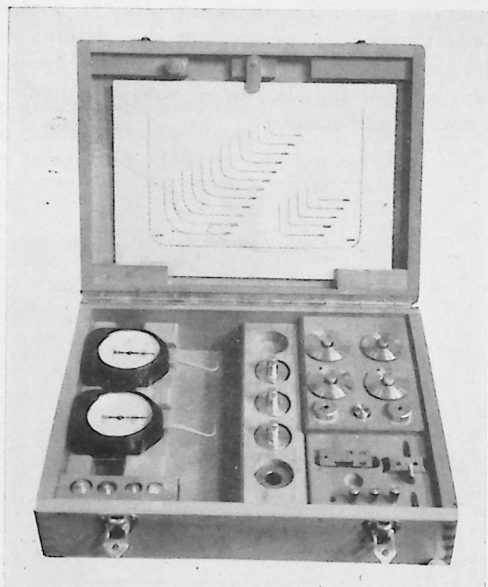


FIG. 3.

*Ecrin contenant les instruments de mesure.*

Dans le couvercle : les tracés servant à contrôler le rayon de courbure du bord du piston.

L'ombre du piston est agrandie 50 fois par projection. Le rayon de courbure optimum du bord du piston est 0,250 mm.

En 1948, le Comité américain de Standardisation a cherché à améliorer ces tables. Dans l'esprit même de ce Comité, la table de 1948 ne devait être que provisoire, la table définitive continuant à faire l'objet des recherches de Friedenwald. Ces travaux ont conduit à la publication de la table 1954 dont l'Académie américaine a conseillé l'emploi aux Etats-Unis et

que différentes publications ont fait connaître en Europe. Les mesures de pression oculaire faites au moyen d'un tonomètre standard et de la table de calibration 1954 semblent satisfaisantes. Les valeurs obtenues dans ces conditions chez le sujet normal, par exemple, ( $17,3 \pm 2,74$  mm. Hg., résultats personnels, 12) sont proches de celles obtenues par Goldmann au moyen d'un tonomètre par appplanation de grande précision ( $15,7 \pm 3,2$  mm. Hg.) (9).

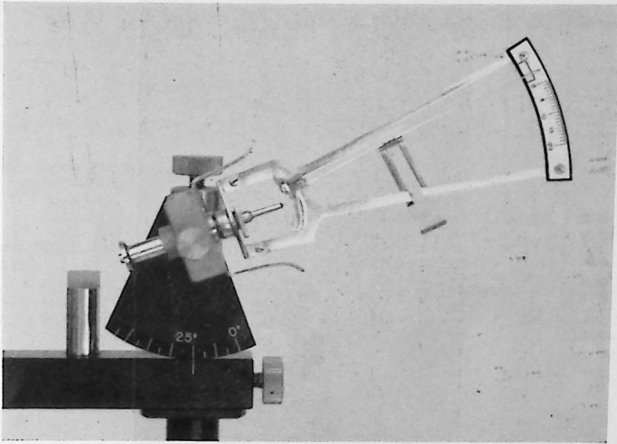


FIG. 4.

*Mesure du frottement du piston dans le cylindre.*

Muni du poids marqué 5,5 g, le piston doit glisser dans le cylindre pour une inclinaison inférieure à 25 degrés sur l'horizontale.

La table de calibration 1954 présente cependant un défaut dont différents auteurs (van Beuningen et Fischer, 4; Goldmann et Schmidt, 10c; Leydhecker et Leydhecker, 13) et nous-mêmes nous sommes aperçus rapidement : chez un même malade, les mesures faites au moyen de poids différents (5,5, 7,5, 10 g) ne sont pas tout à fait concordantes. La pression oculaire semble d'autant plus élevée que le poids utilisé est plus lourd. L'écart des mesures obtenues avec les poids de 5,5 et de 10 g est de l'ordre de 1 à 2 mm. Hg. (Kronfeld, communication et recherches personnelles).



Cette légère discordance est sans importance en matière de tonométrie clinique, mais elle a le très sérieux inconvénient d'exclure toute possibilité de mesure de la rigidité oculaire selon

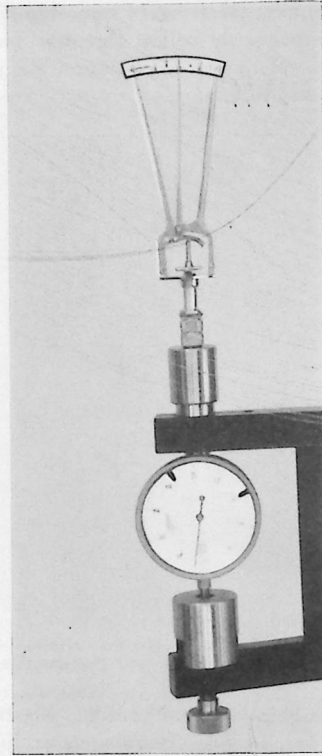


FIG. 5.  
*Mesure micrométrique de l'enfoncement du piston  
et de la déviation correspondante de l'aiguille.*

la méthode de Friedenwald. Cette méthode est, en effet, basée sur la comparaison du volume de l'indentation provoqué d'une part par un poids léger, 5,5 g, et d'autre part par un poids plus lourd, 10 ou 15 g. Le défaut de la table de calibration



des poids de 10 et de 15 g entraîne une erreur systématique dans la mesure de la rigidité oculaire. Telle est la raison pour laquelle Friedenwald, utilisant les données expérimentales qui lui ont été fournies par Ballintine, Kronfeld, Grant et Trotter,

UNIVERSITÉ DE LIÈGE  
Clinique Ophtalmologique

**Station de Contrôle des Tonomètres**

Professeur R. WEEKERS

Tonomètre n° \_\_\_\_\_

Marque \_\_\_\_\_

	Val. mesurée		Val. Standard	
	gr.	gr.	mm.	mm.
<b>1. POIDS</b>				
piston + levier + aiguille sur 5		5,5 ± 0,15		
» » » sur 10		5,5 ± 0,25		
tonomètre sans le support		16,5 ± 0,5		
poids supplémentaire 7,5 gr.		2 ± 0,02		
» » 10 gr.		4,5 ± 0,02		
» » 15 gr.		9,5 ± 0,02		
<b>2. FROTTEMENT</b> entre le piston et le cylindre		doit être négligeable		
<b>3. FROTTEMENT</b> entre le cylindre et le support, en haut de la course	gr.	gr.		
au milieu » »		0,5 max.		
en bas » »		1,5 max.		
<b>4. PIED CORNÉEN</b>	mm.	mm.		
diamètre		10,1 ± 0,2		
rayon de courbure		15 ± 0,25		
diamètre de la concavité		9 minim.		
défaut éventuel		aucun		
<b>5. PISTON</b>	mm.	mm.		
diamètre		3 ± 0,03		
rayon de courbure de la face inférieure		15 ± 0,75		
rayon de courbure du bord inférieur		0,212 - 0,300		
flèche		0,055 ± 0,01		
défaut éventuel		aucun		
<b>6. GRADUATION DU CADRAN</b>	division	division		
position de l'aiguille sur la bille de 15 mm.		-1 ± 0,2		
la bille de 15 mm.		0 ± 0,2		
la corne artificielle		0 ± 0,2		
<b>7. ÉTUDE MICROMÉTRIQUE</b>	mm.	mm.		
aiguille étant sur 0		0,05 ± 0,01		
5		0,20 ± 0,0125		
10		0,55 ± 0,0125		
15		0,95 ± 0,05		
<b>8. JEU, mesuré à la graduation piston</b>			division	division
axe du levier				0,4 max.
<b>9. SAILLIE DU PISTON sous le pied</b>			mm.	mm.
				3,0 max.
<b>10. AIGUILLE</b>			mm.	mm.
section				3,0 max.
épaisseur				0,25 max.
distance du cadran défaut éventuel				1,0 max.
<b>11. POSITION DU PISTON</b> par rapport au petit bras de levier perpendiculaire pour			division	division
				5...10
<b>12. FACE INFÉRIEURE DU LEVIER</b>				lisse
<b>13. REMARQUES SUR CONSTRUCTION</b>				
<b>14. CORNÉE ARTIFICIELLE</b>			mm.	mm.
diamètre				11,0 minim.
rayon de courbure				16 ± 0,04
surface				lisse
<b>15. L'étui doit pouvoir se fermer hermétiquement pour éviter la pénétration de la poussière. Il doit posséder deux emplacements, l'un pour le piston, l'autre pour le poids de 5,5, pour pouvoir démonter le tonomètre entièrement après usage.</b>				
<b>16. La courbe jointe à l'appareil n'est pas correcte.</b>				

FIG. 6.  
Certificat de contrôle d'un tonomètre de Schiotz.

a apporté en 1955 un correctif à la table 1954. Depuis le mois d'août 1956, nous utilisons à la Clinique ophtalmologique de Liège la table Friedenwald 1955 (fig. 7) tant pour la mesure de la tension oculaire que pour le calcul de la rigidité oculaire. Les résultats obtenus sont en tous points satisfaisants.

*Table de calibration pour les tonomètres de Schiotz*

(d'après J. S. Friedenwald, 1955).

Poc en mm. Hg.

Déviation.	Poids				Déviation.	Poids			
	5,5 g	7,5 g	10 g	15 g.		5,5 g	7,5 g	10 g	15 g
0,00	41,4	59,1	81,6	127,4	10,00	7,1	10,9	16,5	29,6
0,25	39,6	56,7	78,4	122,7	10,25	6,8	10,5	15,8	28,5
0,50	37,8	54,2	75,1	117,9	10,50	6,5	10,0	15,1	27,4
0,75	36,1	52,0	72,2	113,6	10,75	6,2	9,5	14,5	26,3
1,00	34,5	49,8	69,3	109,3	11,00	5,9	9,1	13,8	25,3
1,25	33,1	47,8	66,6	105,4	11,25	5,6	8,7	13,2	24,3
1,50	31,6	45,8	64,0	101,4	11,50	5,3	8,3	12,6	23,3
1,75	30,3	43,9	61,5	97,9	11,75	5,1	7,9	12,1	22,3
2,00	29,0	42,1	59,1	94,3	12,00	4,9	7,5	11,5	21,4
2,25	27,8	40,5	56,9	91,2	12,25	4,6	7,2	11,0	20,6
2,50	26,6	38,8	54,6	88,0	12,50	4,4	6,8	10,5	19,7
2,75	25,5	37,3	52,6	84,9	12,75	4,2	6,5	10,0	18,9
3,00	24,3	35,8	50,6	81,8	13,00	4,0	6,2	9,5	18,0
3,25	23,4	34,4	48,7	79,0	13,25		5,9	9,1	17,3
3,50	22,4	33,0	46,9	76,2	13,50		5,6	8,6	16,5
3,75	21,5	31,7	45,1	73,6	13,75		5,3	8,2	15,8
4,00	20,5	30,4	43,4	71,0	14,00		5,0	7,8	15,1
4,25	19,7	29,2	41,8	68,6	14,25		4,8	7,4	14,4
4,50	18,9	28,0	40,2	66,2	14,50		4,5	7,1	13,7
4,75	18,1	26,9	38,7	64,0	14,75		4,3	6,7	13,1
5,00	17,3	25,8	37,2	61,7	15,00		4,1	6,4	12,6
5,25	16,6	24,8	35,8	59,9	15,25			6,1	12,0
5,50	15,9	23,8	34,4	58,0	15,50			5,8	11,4
5,75	15,2	22,8	33,1	55,8	15,75			5,5	10,9
6,00	14,6	21,9	31,8	53,6	16,00			5,2	10,4
6,25	14,0	21,0	30,6	51,8	16,25			4,9	9,9
6,50	13,4	20,0	29,4	49,9	16,50			4,7	9,4
6,75	12,8	19,3	28,3	48,2	16,75			4,4	9,0
7,00	12,2	18,5	27,2	46,5	17,00			4,2	8,5
7,25	11,7	17,8	26,1	44,8	17,25				8,1
7,50	11,2	17,0	25,1	43,2	17,50				7,7
7,75	10,7	16,3	24,1	41,7	17,75				7,3
8,00	10,2	15,6	23,1	40,2	18,00				6,9
8,25	9,8	15,0	22,2	39,2	18,25				6,6
8,50	9,4	14,3	21,3	38,1	18,50				6,2
8,75	9,0	13,7	20,4	36,4	18,75				5,9
9,00	8,5	13,1	19,5	34,6	19,00				5,6
9,25	8,2	12,5	18,7	33,3	19,25				5,2
9,50	7,8	12,0	18,0	32,0	19,50				4,9
9,75	7,4	11,5	17,2	30,8	19,75				4,7
					20,00				4,4

## CONCLUSIONS.

1. La grande majorité des tonomètres utilisés actuellement en Belgique s'écartent en un ou plusieurs points des normes de la standardisation américaine et leur utilisation expose à des erreurs parfois importantes. En règle presque absolue ces tonomètres ne peuvent être corrigés.

2. La majorité des tonomètres neufs importés actuellement en Belgique sont soumis au contrôle de la station de standardisation de l'Université de Liège. Les tonomètres non conformes sont refusés et réexportés. La fabrication des tonomètres de Schiøtz s'améliore d'une façon constante et le pourcentage des tonomètres rebutés décroît progressivement.

3. Un tonomètre conforme aux normes américaines permet non seulement la mesure de la tension oculaire mais aussi la mesure de la résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse et la mesure de la rigidité oculaire. Ces mesures ont une importance pratique considérable en clinique.

4. La mesure de la rigidité oculaire suppose l'emploi de la table de calibration Friedenwald 1955. Cette table est une amélioration de la table 1954 de l'Académie américaine d'Ophtalmologie.

(Clinique ophtalmologique de l'Université de Liège.  
Professeur R. Weekers.)

## BIBLIOGRAPHIE.

1. ALBRECHT, H. & BERNEAUD-KOTZ, G. — Untersuchungen über die Präzision derzeitig handelsüblichen Tonometer. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1955, 127, 515-528.
2. ALBRECHT, H., BERNEAUD-KOTZ, G. & WEBER, K. — Beiträge zur Methodik der physikalisch-technische Tonometereichung. *Graefes Archiv.*, 1956, 157, 598-627.
3. ARNOLD, G. & KARPOW, C. — Ueber Eichungsverfahren für das Tonometer von Schiøtz. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1923, 71, 603-611.
4. VAN BEUNINGEN, E. & FISCHER, F. — Methodische Hinweise zur Tonographie und Gonioskopie. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1956, 129, 196-202.
5. COMBERG, W. — a) Einige über Funktion des Impressions-Tonometern und seine Prüfung. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1922, 69, 848.  
b) Ueber die Kontrolle des Schiøtz-Tonometern. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1928, 81, 289-298.  
c) Was ist nötig zur internationalen Regelungen der Tonometerkontrolle? *XIII Concil. Ophthalm. Hollandia*, 1929, 1, 360-361.

6. COMMITTEE ON STANDARDIZATION OF TONOMETERS. — Decennial report (1942-1952). *American Academy of Ophth. and Otolaryng.*, 1954.
7. FRIEDENWALD, J. — a) Contribution to the theory and practice of tonometry. *Am. J. Ophth.*, 1937, 20, 985-1024.  
b) Some problems in the calibration of tonometers. *Trans. Am. Ophth. Soc.*, 1947, 45, 355-375.
8. FRIEDENWALD, J. & MOSES, R. — Modern refinements in tonometry. *Doc. Ophth.*, 1950, 4, 335-362.
9. GOLDMANN, H. — Un nouveau tonomètre à aplanation. *Bull. et Mém. S. F. O.*, 1954, 67, 474-478.
10. GOLDMANN, H. & SCHMIDT, T. — a) Zur Prüfung und Standardisierung von Schlotztonometern. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1955, 127, 12-24.  
b) Ueber Tonometer. *Ophthalmologica*, 1956, 131, 335-341.  
c) Der Friedenwaldsche Rigiditätsfactor. A paraître dans *Ophthalmologica*.
11. HEYDACKER, C. & NORDMANN, J. — A propos d'une station de standardisation des tonomètres de Schiotz. *Bull. Soc. Ophth. Franç.*, 1956, 5, 530-533.
12. LAVERGNE, G., PRIJOT, E. & WEEKERS, R. — Acquisitions récentes en tonométrie. A paraître dans les *Archives d'Ophthalmologie*.
13. LEYDHECKER, W. & LEYDHECKER, G. — Die Messung der Rigidität der Bulbushüllen und die Schlotz-Eichkurve, 1954. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1956, 129, 61-67.
14. MAHNEKE, A. — Tonometers and their standardization. *Acta Ophth.*, 1956, 34, 266-272.
15. POSNER, A. — a) A checking station for tonometers. *Arch. of Ophth.*, 1935, 14, 453-457.  
b) Standardization and checking of Schlotz tonometers. *Arch. of Ophth.*, 1943, 30, 1-13.
16. SCHIOTZ, H. — a) Ein neuer Tonometer. *Tonometrie. Arch. f. Augenhk.*, 1905, 52, 401-424.  
b) Tonometrie. *Arch. f. Augenhk.*, 1909, 62, 317-339.  
c) Tonometry. *Brit. J. Ophth.*, 1925, 9, 145-153.
17. SCHMIDT, T. — Fortschritte in der Differentialtonometrie. *Klin. Mbl. Augenhk.*, 1956, 129, 196-202.
18. SCHOENBERG, M. & POSNER, A. — A report on defects found in tonometers examined at the checking station of the National Society for the Prevention of Blindness. *Am. J. Ophth.*, 1944, 27, 368-372.