

Frank N Wilson

19. November 1890 - 11. September 1952

– Inaugurator der modernen Elektrokardiographie –

MR Dr. Dieter Schwartz

Prolog: Mit der Person und dem wissenschaftlichen Werk von Frank Norman Wilson verbindet sich dem Kardiologen der Beginn einer zweiten Entwicklungsperiode der klassischen klinischen Elektrokardiographie.

Biographische Einleitung

Frank Norman Wilson wurde am 19. November 1890 in Livonia (MI, USA) als Sohn des Farmers Norman Wilson Orlando Wilson und dessen Ehefrau Mary Holtz geboren. Er besuchte die Western High School in Detroit und studierte ab 1907 an der Michigan Medical School, Ann Arbor. Er graduierte 1911 zum Bachelor of Science (B.S.), und 1913 erfolgte die Promotion zum Doktor der Medizin.



Frank N Wilson
© The Ann Arbor News

Die erste Assistentenstelle trat er am Department für Innere Medizin der Universität Michigan an, wo ihn sein Chef, A. Walker Hawlett, beauftragte, sich mit dem 1914 angeschafften Saitengalvanometer zu beschäftigen. Bereits im April erschien die erste elektrokardiographische Publikation (Wi1). Die Beschäftigung mit der Elektrokardiographie verließ Wilson während des gesamten weiteren Lebens nicht mehr. Mit dem Eintreten der USA in den Ersten Weltkrieg gelangte Wilson mit einer Gruppe amerikanischer Ärzte nach Colchester in England. Dort arbeitete er im Rehabilitationshospital unter Leitung von Sir Tomas Lewis. Er sollte die Besonderheiten des „soldies heart“ ergründen, und unter dem Einfluss von Lewis entstanden erste Arrhythmie-Studien von Wilson. In Colchester entstand auch die Freundschaft mit Samuel A. Levine.

Nach der Rückkehr in die USA arbeitete Wilson zunächst an der Washington-Universität in St. Louis, um 1920 als Associate Professor an die Universität von



Die Medizinische Fakultät der Universität Michigan öffnete 1850 ihre Tore. Es war die erste Medizinische Fakultät in den USA, welche ein ihr gehörendes Krankenhaus betrieb.

<https://www.semanticscholar.org/paper/The-University-of-Michigan-Medical-School%2C-%22an-of-Markel/>

Laboratorium Einthovens (1927) besserten sich die wissenschaftlichen Arbeitsbedingungen. Eine längere Krankheitspause nach Cholecystektomie (1927 bis 1928) nutzte Wilson zum mathematischen Selbststudium (Algebra, analytische Geometrie und Arithmetik), was den späteren theoretischen, elektrokardiographischen Forschungen sehr zustatten kam.

Neben der wissenschaftlichen Arbeit, die von seiner 1913 geheirateten Ehefrau Juel A. Mahoney mit Verständnis gefördert wurde, hatte Wilson lebhaftes Interesse an der Vogelphotographie, Astronomie und der Sammlung optischer Geräte. Ab 1938 konnte Wilson in der Kuppel seines Farmhauses in Stockbridge mit einem 7-inch Refraktionsteleskop astronomische Studien durchführen.

1938 nahm die Familie Wilson den Exilanten Hans H. Hecht (1913-1971) und dessen Frau in ihrem Haus auf. Hecht blieb bis 1944 wissenschaftlicher Mitarbeiter Wilsons (10).

Übrigens erhielt Wilson in Ann Arbor 1922 Besuch von Thomas Lewis und Frau sowie 1924 von Willem Einthoven (mit Frau und Schwägerin). Mit Lewis ging Wilson auf Photopirsch, auf die „schwarze Seeschwalbe“ (11).

Einen ersten Herzinfarkt bekam Wilson während der Arbeit und tat dies ab, als ob es sich um den experimentellen Infarkt eines seiner Versuchshunde handelte *. 1945

Michigan nach Ann Arbor zurückzukehren. Er sollte dort eine Herzstation aufbauen, mußte aber in den zwischenliegenden fünf Jahren unter sehr schlechten Bedingungen mit seinem Saitengalvanometer in einem finsternen Raum unter der hölzernen Treppe des alten Hospitalgebäudes experimentieren (2). Nach Verbesserung der räumlichen Situation (1925) und Kauf eines Doppelsaitengalvanometers aus dem

erlitt er während eines Aufenthaltes in Mexico einen zweiten Infarkt, nachdem er am Vortage einen heftige wissenschaftliche Disput mit dem Physiologen Arturo Rosenblueth hatte, der Wilson aus elektrophysiologischer Sicht die Unhaltbarkeit seiner Ansicht vom 'fließenden Strom' nachzuweisen versuchte. Während der stationären Behandlung im Herzzinstitut erschien Rosenblueth täglich, um schuldbewußt am Krankenbett zu sitzen **. 1948 erkrankte Wilson an einer schweren Tuberkulose, die ihn zur Aufgabe von Unterricht und Forschungsarbeit zwang. Diese Krankheitsperiode nutzte Wilson, um seinen ornithologischen Neigungen nachzugeben und schrieb ein Büchlein über Vogelstimmen ***.

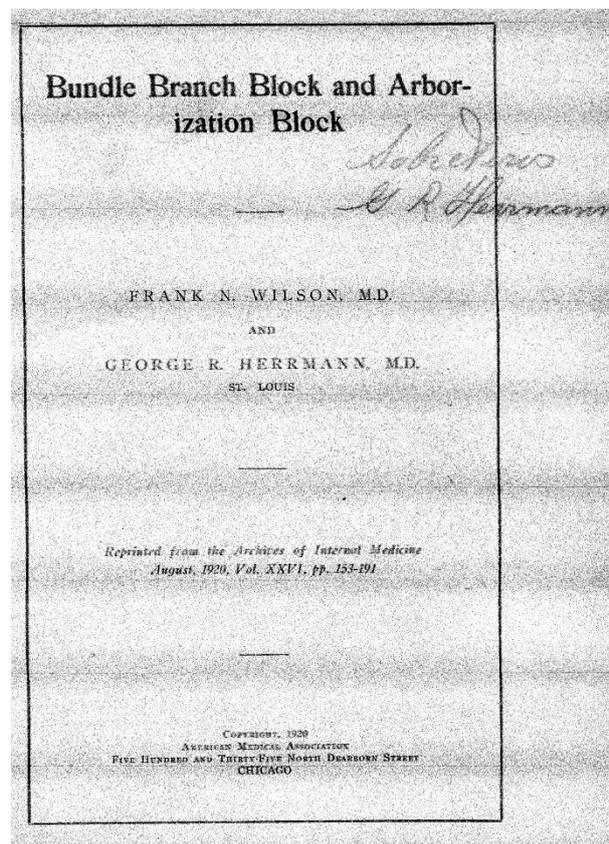
*, **, ***: persönliche Mitteilungen, R. Zuckermann, 1979

Da sich die Tuberkulose durch eine medikamentöse Therapie nicht als heilbar erwies, wurde 1952 eine Lungenoperation geplant. Wilson erlitt jedoch präoperativ einen Herzstillstand. Obwohl er diesen Zwischenfall überlebte, blieben bis zum Tode am Morgen des 11. Septembers 1952 in Stockbridge, Michigan nur wenige Monate bei schlechtem Gesundheitszustand.

Wissenschaftliches Wirken

Die erste Publikation von 1915 (Wi1) wurde bereits erwähnt. Im gleichen Jahr erfolgte die Publikation eines EKG mit kurzem P-R und verlängertem QRS in Vorwegnahme des späteren WPW-Syndroms (Wi2), erklärt durch anomale AV-Leitung unter Vaguseinfluß. Wilson beobachtete den wandernden Schrittmacher während der Respiration (Wi3) und den AV-Rhythmus nach Atropingabe (Wi4).

Während der Jahre in St. Louis wurden die Untersuchungen zum Schenkelblock mit G.R. Herrmann (Wi5; Wi6) und theoretische Überlegungen zum elektrischen Feld begonnen. Zwischen 1922



THE EFFECT OF DRINKING ICED-WATER UPON THE FORM OF THE T DEFLECTION OF THE ELECTROCARDIOGRAM.

By FRANK N. WILSON and RUSSEL FINCH.

(From the Department of Internal Medicine, University of Michigan Medical School, Ann Arbor.)

It has been shown repeatedly that local cooling or warming of the surface of the ventricles has a profound effect upon the form of T of the electrocardiogram as well as upon the end-phase of the base-apex electrogram.

Herzpotentiale im Körper (Wi11-13), T-Welle (Wi14) sowie theoretische elektrokardiographische Untersuchungen (Wi16-18). Als Extrakt zehnjähriger Beobachtungen

bildete die 1930 veröffent-

lichte Arbeit 'The

distribution of the potential

differences produced by

the heart beat within the

body and its surface'

(Wi13) die Grundlage für

Wilsons Studien über uni-

polare Ableitungen und das

gleichseitige Tetrahedron. Die wahre Form des EKG beim Schenkelblock wurde 1931 demonstriert (Wi15) und dabei die bis dahin allgemein akzeptierten Schenkelblock-Interpretationen von Thomas Lewis korrigiert.

In der deutschsprachigen elektrokardiographischen Literatur findet man den Terminus des sog. Wilson-Blockes, worunter die Form des Rechtsschenkelblockes mit einer QRS-Dauer über 0,11-0,12 s, einem schlanken R in I, aVL, V5, V6 und breitem, plumpem S sowie M-Form in V1 und ST-Senkung sowie T-Inversion V1, V2 verstanden wird. Die Bezeichnung resultiert aus der Tatsache, dass Wilson diese zunächst als atypischer Schenkelblock bezeichnete Form erstmalig als Rechtsblockvariante beschrieb (Wi 26, zit. nach 6). 1934 wurde die Methode zur Bestimmung des Ventrikelgradienten mitgeteilt (Wi29). Durch Flächenberechnungen von QRS wurde die Herzachse erhalten, die die Richtung des Erregungsprozesses in der Kammermuskulatur wiedergibt. Die Fläche von T ist Ausdruck der Erregungsrückbildung. Die theoretische Folgerung einer Fläche QRST = 0 trifft in der Praxis nicht zu, Das war

und 1932 veröffentlichte Wilson mit Mitarbeitern zahlreiche Arbeiten über Herzhypertrophie (Wi7), den Effekt des Trinkens von Eiswasser auf die T-Welle (Wi8), die Form des EKG (Intrinsicoiddeflection) (Wi9), Vorhoff-erregung (Wi10), Verteilung der

Am. Heart J. 5(1930), 599-616

THE DISTRIBUTION OF THE POTENTIAL DIFFERENCES PRODUCED BY THE HEART BEAT WITHIN THE BODY AND AT ITS SURFACE*†

FRANK N. WILSON, M.D.
ANN ARBOR, MICH.

ESSENTIALS OF EINTHOVEN'S TRIANGLE

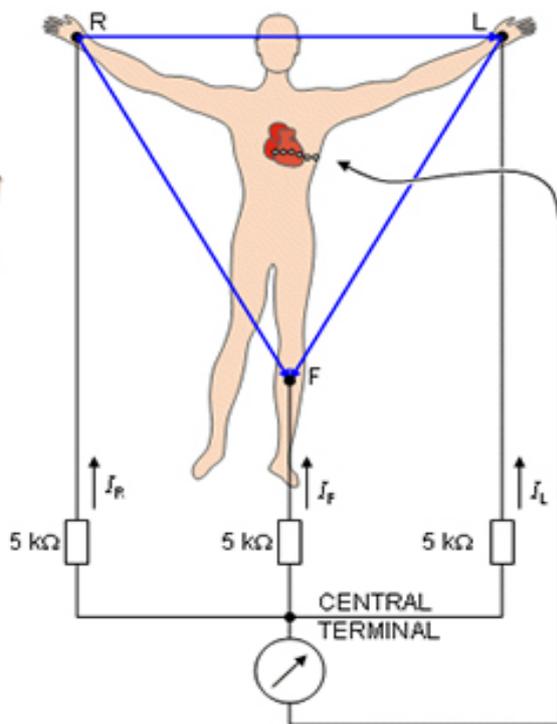
IN 1913 Einthoven, Fahr, and de Waart⁶ made an extremely important contribution to the subject of electrocardiography. They described a method by means of which it is possible to determine the direction and the "manifest value," or in other words the value manifest or effective in the three standard electrocardiographic leads, of the potential difference produced by the heart beat at any given instant in the cardiac cycle.

bereits auf Grund der Beobachtungen im Eiswasserversuch (Wi8) mit einer von QRS unabhängigen T-Wellenveränderung bekannt. Der Wert von QRST reflektiert als Ventrikelgradient ΔG die lokalen Variationen im Verlauf des Erregungsstadiums. Wilsons Theorien über den Ventrikelgradienten wurden bis 1943 wenig beachtet, bis durch neuerliche intensive Untersuchungen des Physiologen Richard Ashman Normwerte für Richtung und Größe des Ventrikelgradienten erarbeitet und die Winkelbeziehung des Gradienten zur anatomischen Herzachse festgelegt wurden (1).

1933 stand publizistisch im Zeichen der Beobachtung zum experimentellen Myokardinfarkt (Wi19, 20, 22-25, 28, 32-34, 37).

Die Bezeichnungen QI-TI-Typ und QIII-T III-Typ wurden eingeführt (Wi22). Weitere experimentelle Untersuchungen befaßten sich mit der elektrischen Ableitung vom freigelegten Herzen in nativer und geschädigter Form sowie mit den Potentialdifferenzen zwischen intrakavitärer und epikardialer Ableitung (Wi30, 31).

In der bereits zitierten Arbeit von 1930 (Wi13) wurde die Grundlage für die 'Wilson-Elektrode' gelegt. In einer späteren Veröffentlichung schrieb Wilson: 'Beim Studium des elektrischen Feldes des Herzschlages unter verschiedenen Bedingungen haben wir häufig präkordiale Ableitungen, Pelotten-Ableitungen und direkte Ableitungen in Tierexperimenten und präkordiale Ableitungen in klinischen Untersuchungen benutzt. Bei diesen speziellen Ableitungen wird eine Elektrode (die differente Elektrode) an einer der Extremitäten und die andere (die explorierende Elektrode) über dem Präkordium angebracht und zwar mit einer breiten Gaze-Pelotte, die in Salzlösung getränkt ist und auf das darzustellende Herz gelegt wird, oder direkt auf das entblößte Herz nach den jeweiligen Untersuchungsbedingungen. Bei direkten Ableitungen, die auf diese Weise hergestellt werden, fluktuiert das Potential der explorierenden Elektrode in einem so großen Bereich im Vergleich zu dem Potential der indifferenten Elektrode, daß kein Zweifel darüber herrscht, ob das Potential der letzteren als konstant während des kardialen Erregungszyklusses betrachtet werden kann' (Wi25 Übersetzung nach 7).



Schaltkreis der Zentralelektrode nach Wilson. Zum Ausgleich des Hautwiderstandes wurden die drei Gliedmaßelektroden über jeweils einen 5-kΩ Widerstand mit dem zentralen Anschluss verbunden.

Die Zentralelektrode (central terminal) war entwickelt. Übrigens: Bei seinen Versuchen musste die 1914 geborene Tochter Julie Anne als Nullpunktelektrode in den Teich der Farm steigen*.

* persönliche Mitteilung R. Zuckermann

Mit den Brustwandableitungen (ab 1932) bekam die Elektrokardiographie endgültig ihren Platz in der klinischen Medizin.

Dabei wurde jedoch ein weiterer Entwicklungsschritt zurückgelegt. Wilson selbst begann mit 4 – 5 Präkordialableitungen und benutzte ab 1934 die Bezeichnungen V1, V2 usw., wobei die indifferente Elektrode vom linken Bein zur 'central terminal' plaziert wurde. Kossmann

und Johnson aus Wilsons Labor beschreiben 1935 den Gebrauch von 6V-Ableitungen mit der Wilsonschen Zentralelektrode und definierten die Ableitpunkte. Sie erhielten mit der Methodik dann negative Ausschläge, wenn die Präkordialelektrode relativ positiv war (zitiert nach Wi39). Erst die Festlegungen des Standardisierungskomitees der American Heart Association und der Cardiac Society von Großbritannien und Irland (8) sowie die Ergänzungen der amerikanischen Kommission (9) schrieben eine Aufwärtsbewegung durch relative Positivität der herznahen Elektrode fest.

Der Wert rechts- und linksthorakaler Ableitpunkte fand dabei ebenfalls Berücksichtigung (9). Über die mathematischen Begründungen und den Wert der unipolaren Brustwand – im Vergleich zu den Extremitätenableitungen – gab es aber auch noch auf dem I. Interamerikanischen Kardiologiekongress 1944 anlässlich der Eröffnung des Herzinstituts in Mexico City heftige Debatten. Im Gefolge dieses Diskurses erarbeitete der frühere Mitarbeiter Wilsons, G.R. Herrmann, eine Vergleichsanalyse bei 200 Patienten und veröffentlichte mit seinen Mitarbeitern im Jubiläumsheft zu

Wilson's 60. Geburtstag (3) die Schlußfolgerung, daß für den praktischen Gebrauch die V-Ableitungen Wilsons überlegen sind und keine signifikanten Veränderungen aus anderen Ableitsystemen vermißt wurden.

Die Einführung der unipolaren Ableitungen brachten wesentliche Impulse für die

- Hypertrophiediagnostik,
- Erkennung und Lokalisation des Myokardinfarktes,
- Klarheit der Erkennung von Schenkelblockbildern,
- Erkennung von elektrolytisch-metabolischen Störungen und
- Diagnostik von Perikarditis, Myokarditis sowie verschiedenen kongenitalen Kardiopathien.

Der Übergang von essentiell empirischer klinischer Praxis zur quantitativen klinischen Wissenschaft war erreicht (5). Neben der konventionellen Elektrokardiographie beschäftigte Wilson sich mit seinen Mitarbeitern auch mit den frühen Pro-

Am. Heart J. 16(1938),14-28

THE VECTORCARDIOGRAM*

FRANK N. WILSON, M.D., AND FRANKLIN D. JOHNSTON, M.D.
ANN ARBOR, MICH.

INTRODUCTION

WALLER, who was the first to obtain graphic records of the electric currents produced by the human heart, had a clear conception of the relation between the direction of the cardiac electromotive force and the relative potential of the various extremities. One of his early papers,¹ published in 1889, contains a diagram which shows the distribution of the isopotential surfaces within the trunk when the electrical axis of the heart has a base-apex direction. In 1913 Einthoven, Fahr,

blemen der Vektorkardiographie (Wi35, 36). Der neuentwickelte Kathodenstrahloszillograph führte zu Parallelentwicklungen durch Hollmann und Hollmann, Schellong sowie Wilson.

Wilson benutzte die Elektrode

rechter Arm – linker Arm für die horizontale und die Zentralelektrode zur linken Fußelektrode für die Vertikalabweichung. Zur Registrierung des Vektorkardiogramms (Vkg) in drei Ebenen wurde das Einthovensche Dreieck unter Anwendung eines vierten, dorsalen Ableitpunktes (2 cm links vom 7. Wirbel) nach Arrighi (12) für die Sagittalabweichung zum gleichseitigen Tetraheder erweitert ('spatiales Vkg') und 1946 auf dem Inter-American Congress of Cardiology in Mexico City vorgestellt (1).

Parallel veröffentlichte Arbeiten beschäftigten sich mit dem Auftreten der Angina pectoris und dem elektrokardiographischen Erscheinungsbild z.B. nach Nikotininhalation (Wi38) und den Summationsformen von Myokardinfarkt bei Herzschenkelblock (Wi40).

In den Nachkriegsjahren erfolgten verschiedene Veröffentlichungen über theoretische Fragen:

- Theorie der unipolaren EKG-Ableitungen (Wi41),
- Ergänzung des Einthovenschen Dreiecks zum Tetrahedon,
- zur Erfassung der räumlichen elektrischen Achse (Wi42) und
- Auseinandersetzung mit den Ergebnissen von Burger und van Milaan (Wi43).

Gemeinsam mit Bayley erfolgte die Mitteilung der Gleichung für das Feld des exzentrischen Dipols in homogenen sphärischen Leitungsmedien in Anlehnung an die Methode von Helmholtz (Wi44).

Frank N Wilson hat nie ein Lehrbuch geschrieben. Hält man sich aber seine 123 Publikationen und weitere 28 Publikationen aus seinem Labor ohne Nennung seines Namens (10) vor Augen und bedenkt, welche Bewegung Wilson mit seinen Untersuchungen und Experimenten in die klinische Kardiologie gebracht hat, so nötigt das Lebenswerk große Hochachtung ab, und man bedauert umso mehr das frühzeitig abrupte Ende seiner Arbeit.

Der frühere Mitarbeiter Wilsons, G.R. Hermann, schilderte in der Würdigung zum 60. Geburtstag den ehemaligen Lehrer auch als typischen Professor, der – stets mit seinen Forschungsproblemen beschäftigt – zerstreut und ohne jegliches Showgebaren auftrat und kein Interesse für Publizität, Gesundheitspolitik sowie persönliche Würdigung hatte (2).

Ehrungen

Dr. Wilsons hervorragende Arbeit wurde während seines 60. Geburtstagsjahres, lange vor seinem Tode gewürdigt. Die Ausgabe von *Circulation* vom Juli 1950 (American Heart Association) und vom American Heart Journal vom November 1950 waren Dr. Wilson gewidmet. Zudem erhielt er während ihrer Jahrestagung im Jahr 1951 die Golden Heart Medal der American Heart Association.

Nachruf

Im Jahr 1950 ernannte die Internationale Gesellschaft für Kardiologie (I.S.C.) Frank N. Wilson zum Ehrenmitglied - das erste Mal, dass eine solche Ehre verliehen wurde. Diese Wahl spiegelt das stille Zeugnis der Kardiologen weltweit für die Arbeit dieses Gelehrten wider, der der geniale Konstrukteur der modernen Elektrokardiographie war. Sein Tod am 11. September 1952 beraubte die Kardiologie-Welt eines ihrer bedeutendsten Pioniere. Das Komitee der Internationalen Gesellschaft für Kardiologie spricht im Namen ihrer Mitgliedsgesellschaften Frau Frank Wilson ihr tiefes Mitgefühl aus.

Der Generalsekretär der I.S.C.: P. W. Duchosal

<https://www.karger.com/Article/Pdf/165270>

Literatur

1. Burch GE, Pasquale NP: A history of electrocardiography. Year Book Medical Publishers, Chicago, 1964
2. Herrmann GR: An appreciation of Frank N Wilson, MD. Am Heart J, 40 (1950) 647-649
3. Herrmann GR, Hejtmancik MR, Kopecky JW: The superiority of the Wilson leads and the value of unipolar limb and precordial derivations in clinical electrocardiography. Am Heart J. 40 (1950) 680-695
4. Kossmann CE, Johnston FD: The precordial electrocardiogram. I. The potential variations of the precordium and of the extremities in normal subjects. Am Heart J. 10 (1935) 935
5. Kossmann CE: Unipolar electrocardiography of Wilson. A half century later. Am Heart J. 110 (1985) 901-904
6. Lepeschkin E.: Das Elektrokardiogramm. Ein Handbuch für Theorie und Praxis, Kreislauf-Bücherei, Bd. 7, Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1957
7. Wormer EJ: Syndrome der Kardiologie und ihre Schöpfer. Medien Verlag, München 1989, 258
8. Standardization of precordial leads: Joint recommendations of the American Heart Association and the Cardiac Society of Great Britain and Ireland. Am Heart J. 15 (1938) 107
9. Committee on precordial leads of the American Heart Association: Standardization of precordial leads. Supplementary report. Am Heart J. 15 (1938) 235
10. Franklin D. Johnston, Eugene Lepeschkin (Edit.): Selected papers of Dr. Frank N. Wilson. Heart Station, Univ. Hospital, Ann Arbor, Michigan, 1954
11. Kahn J K, Howell JD: Frank Norman Wilson. Clin. Cardiol. 10(1987),616-618
12. Arrighi F: El eje eléctrico del corazón en el espacio. Tesis, Buenos Aires 1938, und Prensa Méd Argent. 26 (1939), 253

Anhang

Ausgewählte Bibliographie von Frank N. Wilson (Wi)

- Wi 1. Wilson, F. N.: Report of a case showing premature beats arising in the junctional tissues. *Heart* 6 (1915) 17–22.
- Wi 2. Wilson, F. N.: A case in which the vagus influenced the form of the ventricular complex of the electrocardiogram. *Arch. Internal Med.* 16 (1915) 1008–1027.
- Wi 3. Wilson, F. N.: Three cases showing changes in the location of the cardiac pacemaker associated with respiration. *Arch. Internal Med.* 16 (1915) 86–97.
- Wi 4. Wilson, F. N.: The production of atrioventricular rhythm in man after the administration of atropin. *Arch. Internal Med.* 16 (1915) 989–1007.
- Wi 5. Wilson, F. N., G. R. Herrmann: Bundle branch block and arborization block. *Arch. Internal Med.* 26 (1920) 153–191.
- Wi 6. Wilson, F. N., G. R. Herrmann: An experimental study of incomplete bundle branch block and of the refractory period of the heart of the dog. *Heart* 8 (1921) 229–295.
- Wi 7. Herrmann, G. R., F. N. Wilson: Ventricular hypertrophy. A comparison of electrocardiographic and postmortem observations. *Heart* 9 (1922) 91–147.
- Wi 8. Wilson, F. N., R. Finch: The effect of drinking iced-water upon the form of the T deflection of the electrocardiogram. *Heart* 10 (1923) 275–278.
- Wi 9. Macleod, A. G., F. N. Wilson, P. S. Barker: The form of the electrocardiogram. I. Intrinsic electrocardiographic deflections in animals and man. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 27 (1930) 586–587.
- Wi 10. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The form of the electrocardiogram. II. The character of the excitation wave in auricular muscle. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 27 (1930) 588–589.
- Wi 11. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The form of the electrocardiogram. III. Opposed potential differences. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 27 (1930) 589–590.
- Wi 12. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The form of the electrocardiogram. IV. The mean electrical axis and the center of stimulation. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 27 (1930) 591–592.
- Wi 13. Wilson, F. N.: The distribution of the potential differences produced by the heart beat within the body and its surface. *Am. Heart J.* 5 (1930) 599–616.
- Wi 14. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The T deflection of the electrocardiogram. *Transact. Assoc. Am. Physic.* 46 (1931) 29–38.
- Wi 15. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The interpretation of the initial deflections of the ventricular complex of the electrocardiogram. *Am. Heart J.* 6 (1931) 637–664.
- Wi 16. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The accuracy of Einthoven's equation. *Am. Heart J.* 7 (1931) 203–206.
- Wi 17. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The potential variations produced by the heart beat at the apices of Einthoven's triangle. *Am. Heart J.* 7 (1931) 207–211.
- Wi 18. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The order of ventricular excitation in human bundle – branche block. *Am. Heart J.* 7 (1931) 305–330.
- Wi 19. Wilson, F. N., F. D. Johnston, I. G. W. Hill, G. C. Grout: The electrocardiogram in the later stages of experimental myocardial infarction. *Transact. Assoc. Am. Physic.* 48 (1933) 154–163.
- Wi 20. Wilson, F. N., P. S. Barker, F. D. Johnston, I. G. W. Hill, G. C. Grout: The electrocardiogram in the earlier stages of experimental myocardial infarction. *J. Clin. Invest.* 12 (1933) 993.
- Wi 21. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker, F. D. Johnston, L. L. Klostermeyer: The electrocardiogram in myocardial infarction with particular reference to the initial deflections of the ventricular complex. *Heart* 16 (1933) 155–199.
- Wi 22. Wilson, F. N., A. G. Macleod, F. D. Johnston, I. G. W. Hill: Monophasic electrical response produced by the contraction of injured heart muscle. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 30 (1933) 797–798.
- Wi 23. Wilson, F. N., F. D. Johnston, I. G. W. Hill, G. C. Grout: Form of the electrocardiogram in experimental myocardial infarction. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* 30 (1933) 799 bis 801.
- Wi 24. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker: The distribution of the currents of action and of injury displayed by heart muscle and other excitable tissues. University of Michigan Studies, Scientific Series, Vol. X, Ann. Arbor, University of Michigan Press, 1933
- Wi 25. Wilson, F. N., F. D. Johnston, A. G. Macleod, P. S. Barker: Electrocardiogram that represent the potential variations of a single electrode. *Am. Heart J.* 9 (1934) 447 (zit. 7)
- Wi 26. Wilson, F. N., F. D. Johnston, I. G. W. Hill, A. G. Macleod, P. S. Barker: Electrocardiogram with abnormally long QRS duration and broad S deflection in lead I. *Am. Heart J.* 9 (1934) 459 (zit. 6).
- Wi 27. Wilson, F. N., F. D. Johnston, P. S. Barker: Electrocardiogram of an unusual type in right bundle branch block. *Am. Heart J.* 9 (1934) 472–479.
- Wi 27. Wilson, F. N., F. D. Johnston, P. S. Barker: Electrocardiogram of an unusual type in right bundle branch block. *Am. Heart J.* 9 (1934) 472–479.
- Wi 28. Wilson, F. N., I. G. W. Hill, F. D. Johnston: The form of the electrocardiogram in experimental myocardial infarction I. Septal infarcts and the origin of the preliminary deflections of the canine levocardium. *Am. Heart J.* 9 (1934) 596 bis 615.
- Wi 29. Wilson, F. N., A. G. Macleod, P. S. Barker, F. D. Johnston: The determination and the significance of the areas of the ventricular deflections of the electrocardiogram. *Am. Heart J.* 10 (1934) 46–61.
- Wi 30. Wilson, F. N., I. G. W. Hill, F. D. Johnston: The interpretation of the galvanometric curves obtained when one electrode is distant from the heart and the other near or in contact with the ventricular surface Part I: Observations on the cold-blooded heart. *Am. Heart J.* 10 (1934) 163–175.
- Wi 31. Wilson, F. N., F. D. Johnston, I. G. W. Hill: The interpretation of the galvanometric curves obtained when one electrode is distant from the heart and the other near or in contact with ventricular surface Part II: Observations on the mammalian heart. *Am. Heart J.* 10 (1934) 176–189.
- Wi 32. Johnston, F. D., I. G. W. Hill, F. N. Wilson: The form of the electrocardiogram in experimental myocardial infarction. II. The early effects produced by ligation of the anterior descending branch of the left coronary artery. *Am. Heart J.* 10 (1935) 889–902.
- Wi 33. Wilson, F. N., I. G. W. Hill, F. D. Johnston: The form of the electrocardiogram in experimental myocardial infarction. III. The later effects produced by ligation of the anterior descending branch of the left coronary artery. *Am. Heart J.* 10 (1935) 903–915.
- Wi 34. Wilson, F. N., F. D. Johnston, I. G. W. Hill: The form of the electrocardiogram in experimental myocardial infarction. IV. Additional observations on the later effect produced by ligation of the anterior descending branch of the left coronary artery. *Am. Heart J.* 10 (1935) 1025–1041.
- Wi 35. Wilson, F. N., F. D. Johnston, P. S. Barker: The use of the cathode-ray oscillograph in the study of monocardiogram. *J. Clin. Invest.* 16 (1937) 664–665.
- Wi 36. Wilson, F. N., F. D. Johnston: The vector cardiogram. *Am. Heart J.* 16 (1938) 14–28.
- Wi 37. Hill, I. G. W., F. D. Johnston, F. N. Wilson: The form of the electrocardiogram in myocardial infarction. V. The later effects produced by ligation of the right coronary artery. *Am. Heart J.* 16 (1938) 309–320.
- Wi 38. Wilson, F. N., F. D. Johnston: The occurrence in angina pectoris of electrocardiographic changes similar in magnitude and in kind to those produced by myocardial infarction. *Am. Heart J.* 21 (1941) 64–74.
- Wi 39. Wilson, F. N., F. D. Johnston, F. F. Rosenbaum, H. Erlanger, Ch. E. Kossmann, H. Hecht, N. Cotrim, R. Menezes de Oliveira, R. Scarsi, P. S. Barker: The precordial electrocardiogram. *Am. Heart J.* 27 (1944) 19–85.
- Wi 40. Wilson, F. N., F. F. Rosenbaum, F. D. Johnston, P. S. Barker: The electrocardiographic diagnosis of myocardial infarction complicated by bundle branch block. *Arch. Inst. Cardiol. Mex.* 14 (1945) 201–224
- Wi 41. Wilson, F. N., F. D. Johnston, F. F. Rosenbaum, P. S. Barker: On Einthoven's triangle, the theory of unipolar electrocardiographic leads, and the interpretation of the precordial electrocardiogram. *Am. Heart J.* 32 (1946) 277–310.
- Wi 42. Wilson, F. N., F. D. Johnston, Ch. E. Kossmann: The substitution of a tetrahedron for the Einthoven's triangle. *Am. Heart J.* 33 (1947) 594–603.
- Wi 43. Wilson, F. N., J. M. Bryant, F. D. Johnston: On the possibility of constructing on Einthoven's triangle for a given subject. *Am. Heart J.* 37 (1949) 493–522.
- Wi 44. Wilson, F. N., R. H. Bailey: The electric field of an eccentric dipole in a homogenous spherical conducting medium. *Circulation* 1 (1950) 84–92.