

(Aus der Medizinischen Klinik der Kgl. ungar. Franz-Josef-Universität Szeged,
Ungarn [Direktor: Prof. Dr. St. Ruzsnyák].)

Erfahrungen mit der Akromion-Thorax-Ableitung der Aktionsströme des Herzens.

Von

Dr. A. de Châtel.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 15. März 1934.)

Der Kliniker ist dem theoretischen Forscher stets zum Dank verpflichtet, wenn ihm von diesem auf Grund experimenteller Arbeit neue diagnostische Verfahren in Vorschlag gebracht werden. Es ist die Pflicht des Klinikers, das Neue auf seine praktische Brauchbarkeit der Prüfung zu unterziehen; nur auf diesem Wege ist eine entsprechende Entwicklung des Gebietes gesichert.

Trendelenburg bringt eine Methode der Ableitung der Aktionsströme des Herzens in Vorschlag, welche der *Einthovenschen* Ableitung entgegen den Vorzug besitzt, einesteils größere Ausschläge im Elektrokardiogramm zu geben, andererseits *zitterfreie Kurven* zu liefern.

Die von ihm für klinische Zwecke statt der Extremitätenableitung empfohlene Ableitung geschieht mittels runden Plattenelektroden von 3 cm Durchmesser (oder kleiner), welche mit Gummibändern befestigt werden. Und zwar wird die Ableitung von den beiden oberen Extremitäten durch eine solche von den beiden Akromien ersetzt, was der ersten *Einthovenschen* Ableitung entspricht. An Stelle der unteren Extremität wird vom linken unteren Thoraxrand in der Achsellinie am Rippenbogen abgeleitet.

Diese Ableitungen wurden von mir an einer Anzahl von verschiedenen *Herzkranken* ausprobiert. Als erstes und erfreuliches Ergebnis meiner Arbeit kann ich berichten, daß die erhaltenen Elektrokardiogramme tatsächlich *praktisch zitterfrei* sind, und zwar nicht nur bei zu diesem Zweck eingeübten Kranken, sondern auch bei solchen, die infolge ihres schweren Zustandes — schwere Dekompensation, Asthma usw. — mit der Extremitätenableitung nur entstellte Kurven liefern konnten, wodurch die Analyse in mancher Hinsicht erschwert wurde.

Ich habe mir nun weiter die Frage vorgelegt, ob man auch an den Kurven, die mit Ableitung von den Akromien und der linken Thoraxseite gewonnen sind, *Achsenberechnungen* nach *Einthoven* ausführen kann. Einige Vorsicht, die dabei zunächst nötig ist, bezieht sich auf die proportionelle Höhe der QRS-Gruppe in den einzelnen Ableitungen. Es wurden bei einer Anzahl Kranken die mit der *Einthovenschen* und der Akromion-Thoraxableitung erhaltenen Elektrokardiogramme verglichen.

Hierbei zeigte sich, daß die beiden Kurven hinsichtlich der proportionellen Höhe der R- und S-Zacken in den drei Ableitungen verschieden sind. Folglich muß die Diagnose bezüglich der Lage der Herzachse — d. h. Rechts- bzw. Linksüberwiegen — auf Grund der beiden Ableitungsarten verschieden gestellt werden. Zahlenmäßig ausgedrückt bedeutet das soviel, daß der nach den *Einthovenschen* Formeln auf Grund der beiden Aufnahmen berechnete α -Winkel keine übereinstimmende Werte zeigt.

In der Tabelle sind die untersuchten Fälle gruppenweise zusammengestellt. In der ersten Gruppe befinden sich diejenigen, bei welchen in der Extremitätenableitung $R_1 > R_2 > R_3$ ist, also Fälle von Linksüberwiegen. In der zweiten Gruppe ist $R_2 > R_1 > R_3$, also Fälle von normaler Herzachsenlage. In der dritten Gruppe sind schließlich die Fälle von Rechtsüberwiegen, in welchen also $R_3 > R_2 > R_1$.

Wenn wir die proportionelle Höhe der R-, bzw. S-Zacken in den beiden Ableitungen vergleichen, so fällt sogleich ins Auge, daß R_2 und R_3 in den ersten beiden Gruppen in der Thoraxableitung verhältnismäßig stets größer ist als in der Extremitätenableitung, R_1 hingegen niedriger. In der zweiten Gruppe ist der Unterschied kein bedeutender, in der ersten hingegen ist er so groß, daß Fälle von ausgesprochenem Linksüberwiegen nach der Extremitätenableitung, in der Thoraxableitung als normal erscheinen. In der dritten Gruppe ist in der Thoraxableitung S_1 verhältnismäßig niedriger als in der Extremitätenableitung und auch R_3 niedriger. Das heißt, Fälle von Rechtsüberwiegen nach der Extremitätenableitung erscheinen in der Thoraxableitung als dem Normalen näher stehend.

Demnach sind also die Ableitungspunkte der Akromion-Thoraxableitung mit denjenigen der Extremitätenableitung nicht als identisch zu betrachten, obwohl die beiden Schultern der Ansatzstelle der Arme und die linke untere Thoraxseite dem linken Bein entsprechen mag. Auf diese Möglichkeit verwies bereits *Trendelenburg* in seiner Arbeit und der Grund hierfür läßt sich leicht erklären: Die beiden Arme und das linke Bein bilden in grober Annäherung ein gleichseitiges Dreieck, auf dessen Seiten die elektrische Achse des Herzens projiziert, die Ausschläge der drei Ableitungen resultieren. Auf dieser Basis wurden die bekannten Formeln von *Einthoven* angegeben, mit deren Hilfe der α -Winkel zu berechnen ist. Die Formeln lauten:

$$\begin{aligned} e_1 &= E \cos \alpha \\ e_2 &= E \cos (\alpha - 60^\circ) \\ e_3 &= E \cos (120^\circ - \alpha) \end{aligned} \quad \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{2 e_2 - e_1}{e_1 \sqrt{3}} \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{2 e_3 + e_1}{e_1 \sqrt{3}} \end{aligned} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{e_2 + e_3}{(e_2 - e_3) \sqrt{3}}$$

Das durch die beiden Akromien und den linken unteren Thoraxrand (Stelle C_1) gebildete Dreieck ist hingegen kein gleichseitiges, sondern steht einem rechtwinkligen näher, dessen rechter Winkel beim linken Akromion liegt. Die Projektionen der Herzachse auf die Seiten dieses Dreiecks können jedoch unmöglich dieselben sein als die auf die Seiten des gleichseitigen Dreiecks konstruierten. Folglich können die Ausschläge

in den beiden Ableitungsarten nicht dieselben sein. Aus Abb. 2 ist ersichtlich, daß die *Einthovenschen* Formeln im Falle eines rechtwinkligen gleichschenkligen Dreiecks sich folgendermaßen gestalten:

$$e_1 + e_3 = \sqrt{2} e_2; \quad e_2 = (e_1 + e_3) \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$e_1 = E \cos \alpha$$

$$e_2 = E \cos (45^\circ - \alpha)$$

$$e_3 = E \sin \alpha = E \cos (90^\circ - \alpha);$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_3}{e_1}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{2} e_2 - e_1}{e_1}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_3}{\sqrt{2} e_2 - e_1}$$

Wird α auf Grund obiger Formeln — am einfachsten der ersten — berechnet, so ergibt sich ein Winkel, welcher dem auf Grund der *Einthovenschen* Ableitung

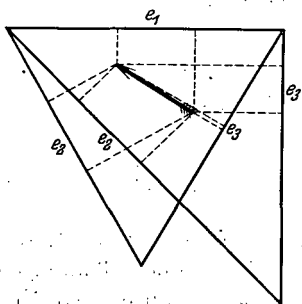


Abb. 1. Bei dieser Lage der Herzachse ist e_2 und e_3 bei dem rechtwinkligen Dreieck größer als beim gleichseitigen.

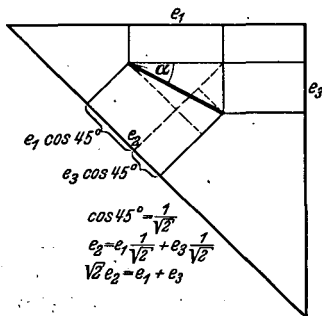


Abb. 2.

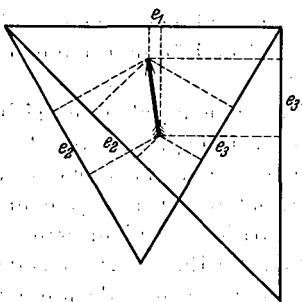


Abb. 3. Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß bei steiler Lage der Herzachse e_2 beim gleichseitigen Dreieck größer ist als bei dem rechtwinkligen.

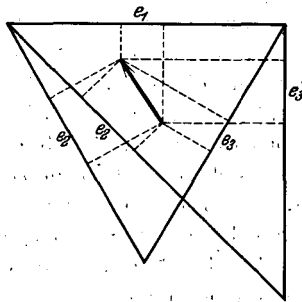


Abb. 4. Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß bei gewisser Lage der Herzachse e_2 und e_1 in den beiden Ableitungen übereinstimmend sein können.

berechneten wesentlich näher steht als derjenige, welcher auf Grund der Thoraxaufnahmen nach den *Einthovenschen* Formeln berechnet wurde. Wenn wir ferner

den Wert vom α -Winkel suchen, bei dem die beiden Ableitungen zu gleich hohen Ausschlägen führen, d. h.

$$\frac{2 e_2 - e_1}{e_1 \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2} e_2 - e_1}{e_1}$$

so ergibt sich nach untenstehender einfachen Ableitung, daß dies ein Winkel von 53° ist, dem ein Verhältnis von $e_1/e_2 = 61/100$ entspricht. Ist α größer als 53° , so wird e_1/e_2 in der Thoraxableitung größer als in der Extremitätenableitung sein; ist hingegen α kleiner als 53° , so wird e_1/e_2 in der Thoraxableitung kleiner als in der Extremitätenableitung. Praktisch bedeutet das soviel, daß in Fällen von steiler Herzachsenlage, also bei Rechtsüberwiegen R_1 in der Thoraxableitung verhältnismäßig höher sein wird und R_2 niedriger als in der Extremitätenableitung. Ist hingegen die Lage der Herzachse normal, oder dem Linksüberwiegen entsprechend, so gestalten sich die Verhältnisse verkehrt, d. h. R_2 wird in der Thoraxableitung verhältnismäßig höher sein und R_1 niedriger als in der Extremitätenableitung. Genau dasselbe habe ich auch bei der Vergleichung der Thorax- und Extremitätenaufnahmen gefunden, wie dies aus der Tabelle ersichtlich ist.

$$\frac{2 e_2 - e_1}{e_1 \sqrt{3}} < \frac{\sqrt{2} e_2 - e_1}{e_1} \quad \sqrt{6} - 2 = 0,449$$

$$2 e_2 - e_1 < \sqrt{6} e_2 - \sqrt{3} e_1 \quad \sqrt{3} - 1 = 0,732$$

$$(\sqrt{3} - 1) e_1 < (\sqrt{6} - 2) e_2 \quad \text{tg } \alpha = \frac{\sqrt{2} \times 100 - 61}{61} = 1,318$$

$$\frac{e_1}{e_2} < \frac{\sqrt{6} - 2}{\sqrt{3} - 1} = \frac{0,449}{0,732} = 0,61$$

$$\alpha = 53^\circ$$

Will man also auf Grund der von *W. Trendelenburg* zur Erzielung größerer Zitterfreiheit empfohlenen Akromion- und Thoraxseitenableitung Achsenberechnungen nach *Einthoven* ausführen, so ist der Winkel α nicht nach den *Einthovenschen* Tabellen, sondern nach den aus einem rechtwinkligen Dreieck berechneten Formeln (am einfachsten $\text{tg } \alpha = e_3/e_1$) zu berechnen. Dementsprechend ist die Diagnose der Lage der Herzachse aus den Akromion-Thoraxaufnahmen nach anderen Prinzipien zu stellen, als man sie aus den Extremitätenaufnahmen aufzustellen gewohnt ist.

Zum Schluß sei noch erwähnt, was übrigens einem jeden, der sich mit Elektrokardiographie beschäftigt, bekannt sein mag, daß die Berechnungen nach der *Einthovenschen* Dreiecksmethode begrenzten Wert haben. Das Elektrokardiogramm ist das Ergebnis eines ungemein verwickelten Erregungsablaufes, dessen Schematisierung nicht ganz ohne Fehler ablaufen kann. Andererseits spricht aber für die grundsätzliche Richtigkeit der trigonometrischen Auffassung soviel, und darunter auch das Ergebnis der vorliegenden Arbeit, daß es wohl unberechtigt wäre, die Berechnung ganz zu verwerfen.

Die Aufnahmen wurden nicht, wie es zu diesem Zweck erwünscht wäre, mit zwei Galvanometern synchron, sondern mit einem Apparat nacheinander gemacht. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß die angeführten Werte der Höhe der Hauptschwankung mit *Einthovens* Formeln nicht immer übereinstimmen.

Nr.	R ₁ bzw. S ₁	R ₂ bzw. S ₂	R ₃ bzw. S ₃	α nach <i>Einthovens</i> Tabellen in Grad	α auf Grund des rechtwinkligen Dreiecksberech- net $\text{tg } \alpha = e_3/e_1$ in Grad
679	16	10	— 7	8 Extremitätenableitungen	
	15	26	8	55 Thoraxableitungen	28
680	18	14	— 4	18 Extremitätenableitungen	
	12	16	6	44 Thoraxableitungen	26
690	21	10	— 13	1 Extremitätenableitungen	
	9	12	3	44 Thoraxableitungen	18
691	17	— 18	— 26	— 61 Extremitätenableitungen	
	9	— 17	— 17	— 70 Thoraxableitungen	— 62
715	28	12	17	5 Extremitätenableitungen	
	18	24	11	44 Thoraxableitungen	31
673	16	17	10	33 Extremitätenableitungen	
	14	20	9	51 Thoraxableitungen	32
674	15	16	3	33 Extremitätenableitungen	
	12	17	8	47 Thoraxableitungen	33
675	7	11	2	51 Extremitätenableitungen	
	6	12	6	60 Thoraxableitungen	45
676	12	13	3	34 Extremitätenableitungen	
	10	16	9	52 Thoraxableitungen	42
685	9	12	5	44 Extremitätenableitungen	
	9	16	11	56 Thoraxableitungen	50
686	10	10	5	30 Extremitätenableitungen	
	9	15	6	54 Thoraxableitungen	33
701	7	10	3	47 Extremitätenableitungen	
	7	11	7	51 Thoraxableitungen	45
705	7	9	5	42 Extremitätenableitungen	
	7	11	6	51 Thoraxableitungen	40
714	— 4	8	10	109 Extremitätenableitungen	
	— 2	9	7	100 Thoraxableitungen	106
711	— 13	25	32	110 Extremitätenableitungen	
	— 8	24	25	104 Thoraxableitungen	108

Zusammenfassung.

Es wurden Parallelaufnahmen mit der Extremitäten- und der Akromion-Thoraxableitung gemacht. Die beiden Elektrokardiogramme sind bezüglich der proportionellen Höhe und der Richtung der Hauptschwankung verschieden und müssen folglich zu verschiedenen Diagnosen führen. Der Grund dieser Dissonanz liegt darin, daß die Ableitungsstellen der Thoraxableitung, dem *Einthovenschen* Dreieck entgegen, ein rechtwinkliges Dreieck bilden. Folglich sind die Projektionen der elektrischen Achse des Herzens und somit die Höhe der Ausschläge in den beiden Aufnahmen verschieden. Formeln zur Berechnung von α für die Akromion-Thoraxableitung werden angegeben.

Literaturverzeichnis.

Trendelenburg, W.: Z. exper. Med. 92, H. 1/2. — *Weber, Arthur*: Die Elektrokardiographie und andere graphische Methoden: 1926. — *Wenkebach-Winterberg*: Unregelmäßige Herzstätigkeit. 1927.