

XXXV.

Aus dem Institut für allgemeine und experimentelle Pathologie
in Prag.

Zwei Apparate zur künstlichen Herzreizung.

Mitgetheilt von

Dr. J. Rihl,

Assistent des Institutes.

(Mit 7 Figuren im Text.)

A. Apparat zur automatischen Herzreizung.

In meiner Mittheilung „Experimentelle Analyse des Venenpulses bei den durch Extrasystolen verursachten Unregelmässigkeiten des Sägethierherzens“¹⁾ erwähnte ich (S. 47), dass ich zur Erzeugung von continuirlicher Bigeminie durch Einzelinductionsschläge einen zu diesem Zwecke eigens construirten Apparat benützte und stellte damals eine genaue Beschreibung dieses Apparates in Aussicht, die im Folgenden mitgetheilt werden soll.

Die Bedeutung dieses Apparates, der auf Anregung von Herrn Prof. Hering im Sommer 1903 von dem Mechaniker des Institutes J. Waraus construirt wurde, liegt, wie ich dies schon in der oben citirten Mittheilung hervorgehoben habe, in dem Umstand, dass es die Herzbewegung selbst ist, die die Einzelinductionsschläge in der für die Erzeugung einer continuirlichen Bigeminie erforderlichen Weise auslöst.

Das Princip ist folgendes:

Der Vorhof bezw. Ventrikel setzt durch seine Contraction mit Hilfe einer Fadenübertragung einen Hebel in Bewegung, dieser Hebel schliesst bei seiner Bewegung — je nach der getroffenen Anordnung — während der Systole oder Diastole jenes Herzabschnittes, von dem die Hebelbewegung ausgelöst wird, einen Strom, den er während der nachfolgenden Diastole bezw. Systole wieder öffnet.

Dieser Strom geht durch einen Elektromagneten, dessen Anker im Augenblick des Stromschlusses angezogen wird, im Augenblick der Stromöffnung in seine Ruhelage zurückgeht.

Der Anker schliesst, wenn er angezogen wird, und öffnet, wenn er zurückgeht, zwei Contacte, von denen der eine in den primären, der

1) Diese Zeitschrift. Bd. I.

andere in den secundären Kreis des den Reiz applicirenden Inductionsapparates eingeschaltet ist.

Dadurch, dass mit Hilfe einer Vorrichtung durch den Anker das eine Mal der primäre Strom um ein kleines Zeittheilchen früher geschlossen bzw. geöffnet werden kann als der secundäre, das andere Mal der secundäre früher als der primäre, ist man in der Lage, das eine Mal nur Schliessungs-, das andere Mal nur Oeffnungsinductionsschläge auf das Herz einwirken zu lassen.

Im Beginn einer jeden zweiten, vom Elektromagneten ausgelösten Ankerbewegung wird der Anker arretirt, noch ehe er auf die Contactvorrichtung des primären und secundären Stromkreises einwirken kann: es löst daher nur jede zweite Contraction einen Reiz aus.

Fig. 1 und 2 stellt die Hebelcontactvorrichtung dar, welche den durch den Elektromagneten fliessenden Strom schliesst und öffnet. Es ist ein zweiarmiger Hebel aus Hartgummi (hh'), der an jedem seiner Enden eine Gabel aus Kupferdraht (g, g') trägt. Jede Gabel taucht bei den Senkungen des Hebels in zwei Quecksilbernäpfchen (n_1, n_2, n_1', n_2'). Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, greift der durch den Faden ausgeübte Zug am rechten Hebelarme an: Die Stelle des Angriffspunktes kann durch Verschiebung der Oese o und entsprechende Einstellung des mit einer Rolle (r) versehenen Bälkchens in beliebige Entfernung von der Hebelachse verlegt werden, wodurch sich die Grösse der Ausschläge des Hebels reguliren lässt.

Bei jeder Systole eines Herzabschnittes, dessen Bewegungen durch die Fadenübertragung dem Hebel mitgetheilt werden, wird der rechte Hebelarm (h') gehoben, der linke (h) gesenkt, bei der Diastole sinkt der rechte in Folge einer Ueberlastung wieder herab, der linke geht in die Höhe.

Schaltet man die beiden linken Quecksilbernäpfchen (n_1, n_2) in die für den Elektromagneten bestimmte Stromleitung, so wird der Strom während der Systole geschlossen und während der Diastole geöffnet; schaltet man jedoch die beiden rechten Quecksilbernäpfchen ein, so wird er während der Diastole geschlossen und während der Systole geöffnet.

Eine Umschaltungsverrichtung (u) gestattet, bald den einen, bald den anderen Contact in den Stromkreis einzuschalten.

An der Schraube s kann mittelst eines Triebes die Hebelachse in verticaler Richtung nach oben und unten verschoben werden. Bei tiefer Einstellung der Hebelachse wird schon durch geringfügige Verschiebungen des Hebels aus seiner Gleichgewichtslage ein Contact geschlossen oder geöffnet, bei hoher Einstellung erst durch viel ausgiebigere Verschiebungen.

Bei tiefer Einstellung der Hebelachse schliesst die linke Gabel den Strom in einem früheren Momente der Systole und öffnet ihn in einem späteren der Diastole, die rechte Gabel öffnet ihn in einem späteren Momente der Systole und schliesst ihn in einem früheren der Diastole als bei hoher Einstellung.

Da die durch die Hebelcontactvorrichtung bewirkte Schliessung bzw.,

Oeffnung des den Elektromagneten versorgenden Stromes fast gleichzeitig mit dem von demselben ausgelösten Schliessungs- bzw. Oeffnungs-inductionsschlag erfolgt, hat man in der Höheneinstellung bis zu einem gewissen Grade ein Mittel, um in verschiedenen Phasen der Systole bzw. Diastole zu reizen.

Fig. 1.

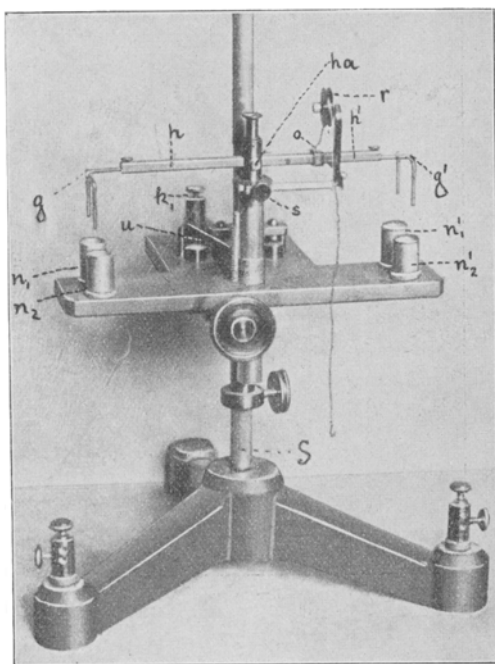
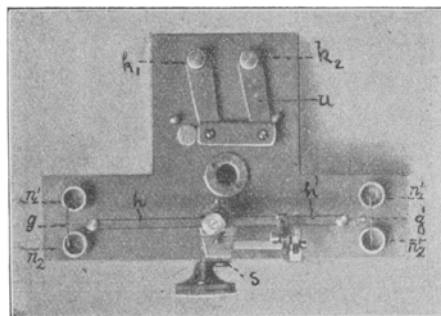


Fig. 2.



Figg. 3 und 4 zeigen jenen Theil des Apparates, der aus dem Elektromagneten, der in den primären und secundären Stromkreis des Inductionsapparates eingeschalteten Contactvorrichtung und der Steuerung für den Anker besteht.

e und e' sind die Spulen des Elektromagneten, a der Anker; sf ist eine Hohl säule, in welcher sich eine Feder befindet, die den Anker

Fig. 3.

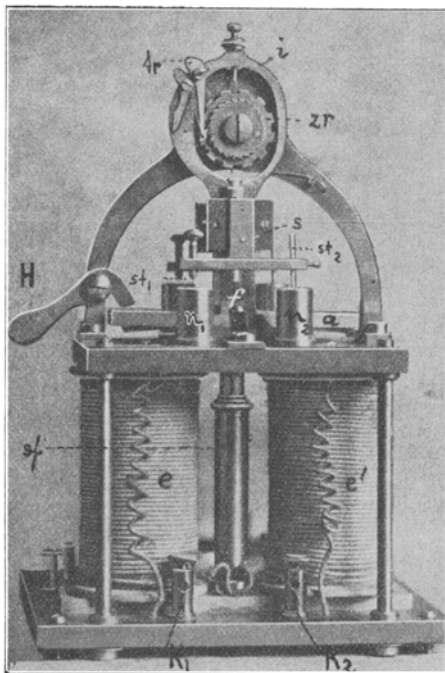
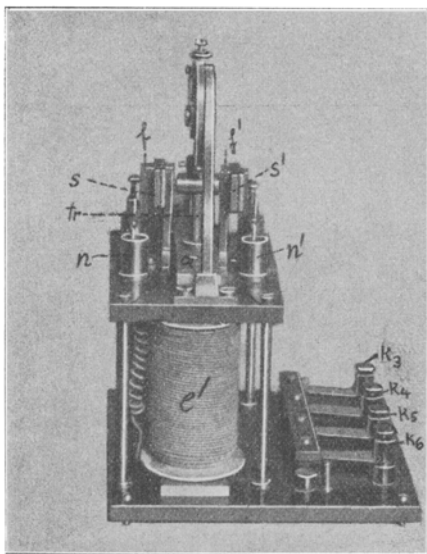


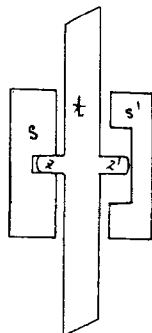
Fig. 4.



nach Oeffnung des durch den Elektromagneten gehenden Stromes in seine Ruhelage zurücktreibt.

Der Anker bewegt eine Tragstange (t), welche zwei in den Führungen f und f' gleitende Schieber s und s' mit sich führt, der eine Schieber (s) steht mit der Tragstange in festem Zusammenhang, der andere (s') nur in losem, indem ein von der Tragstange ausgehender Zapfen (z') bei den Bewegungen der Tragstange in einem todtten Raum dieses Schiebers läuft (s. Fig. 5).

Fig. 5.



Auf diese Weise wird sowohl beim Hinab- wie Hinaufgehen des Ankers der fixe Schieber früher in Bewegung versetzt als der lose.

Jeder Schieber trägt zwei Stifte, deren jeder in ein Quecksilbernäpfchen taucht: Der eine Stift jedes Schiebers (st_2, st_2') verweilt immerwährend in dem Quecksilber, der andere (st_1, st_1') taucht nur beim Hinabgehen des Schiebers ein und kommt wieder beim Hinaufgehen des Ankers aus dem Quecksilber empor.

Schaltet man die dem fixen Schieber entsprechenden Quecksilbernäpfchen in den primären, die dem losen Schieber entsprechenden in den secundären Stromkreis des Inductionsapparates, so wird beim Hinabgehen des Ankers der primäre Strom früher geschlossen als der secundäre, beim Hinaufgehen des Ankers der primäre früher geöffnet als der secundäre; es kommt also nur ein Oeffnungsinductionsschlag und zwar beim Hinaufgehen des Ankers zu Stande. Schaltet man die dem fixen Schieber entsprechenden Quecksilbernäpfchen in den secundären, die beiden anderen in den primären Stromkreis, so wird beim Hinabgehen des Ankers der secundäre Strom früher geschlossen als der primäre, beim Hinaufgehen des Ankers der secundäre Strom früher geöffnet als der primäre; es kommt also nur ein Schliessungsinductionsschlag und zwar beim Hinabgehen des Ankers zu Stande.

Die Umschaltuvorrichtung bei u ermöglicht es, jeden der Contacte bald in den primären, bald in den secundären einzuschalten.

Da man, wie bei der Beschreibung der Hebelvorrichtung auseinandergesetzt wurde, je nach der Einschaltung des linken oder rechten Hebelcontactes in den Stromkreis des den Electromagneten versorgenden Stromes sowohl bei der Systole als auch bei der Diastole Schluss oder Oeffnung, also Hinab- oder Hinaufgehen des Ankers erzielen kann, so

kann man trotz des Umstandes, dass Oeffnungsinductionsschläge nur beim Hinaufgehen des Ankers, Schliessungsschläge nur beim Hinabgehen desselben zu Stande kommen, sowohl in der Systole als auch in der Diastole je nach Belieben mit Schliessungs- oder Oeffnungsschlägen reizen.

Die Steuerung für den Anker wird folgendermaassen bewirkt: der Anker dreht durch einen Transporteur (tr) jedes Mal, wenn er in seine Ruhelage zurückgeht, ein an seiner Peripherie mit hohen abgestumpften Zähnen versehenes Rad (zr) um ein bestimmtes Stück vorwärts. Die Zähne an der Peripherie des Rades stehen in solchen Abständen, dass immer nach einer Drehung des Rades durch den Transporteur eine Kerbe zwischen zwei Zähnen, nach einer zweiten Drehung ein abgestumpfter Zahn einem mit dem Tragbalken des Ankers in Verbindung stehenden Stift i (Fig. 3) zugewendet ist. Steht die Höhe des Zahns dem Stift gegenüber, so stösst der letztere, wenn der Anker angezogen wird, alsbald an den Zahn und der Anker kann nicht so weit herabgehen, um mit den Stiften der Schieber einen Contact im primären und secundären Stromkreis zu schliessen.

Geht nun der Anker wieder in seine Ruhelage, so stellt sich eine Kerbe zwischen zwei Zähnen dem Stift gegenüber. Wird der Anker jetzt angezogen, so kann er genügend tief herabgehen, um einen Contact zu bewirken.

Auf diese Weise wird, obwohl jede Systole eine Ankerbewegung zur Folge hat, nur von jeder zweiten Systole ein Inductionsschlag ausgelöst.

Ich sah mich bei meinen Versuchen nur veranlasst, einen in der Diastole befindlichen Herzabschnitt (Vorhof oder Kammer) zu reizen. Es blieb für meinen Zweck einerlei, ob ich Schliessungs- oder Oeffnungsinductionsschläge anwandte.

Ich traf daher eine solche Anordnung, dass ich in die Leitung des für den Electromagneten bestimmten Stromes die beiden linken Quecksilbernäpfchen (n_1n_2) einschaltete. Ich erzielte so eine Schliessung dieses Stromes während der Systole des die Hebelbewegung auslösenden Herzabschnittes, eine Oeffnung während seiner Diastole. Die Schaltung im zweiten Theile des Apparates war eine solche, dass es zu einem Oeffnungsinductionsschlag zur Zeit der Diastole des betreffenden Herzabschnittes kam.

Die Hebelbewegung liess ich immer durch die Kammercontraction auslösen, auch wenn ich den Vorhof reizte. Es ist klar, dass sie bei dem Oeffnungsinductionsschlag in eine spätere Phase der Diastole fallen musste, als wenn die Auslösung der Hebelbewegung vom Vorhofe erfolgt wäre.

Ob die Schliessungsinductionsschläge thatsächlich abgeblendet wurden, konnte ich mich bei dieser Versuchsanordnung nicht überzeugen, da dieselben im Falle einer mangelhaften Function der Abblendungsvorrichtung zur Zeit der Systole, also der refractären Phase des zu reizenden Herzabschnittes hätten erfolgen müssen¹⁾.

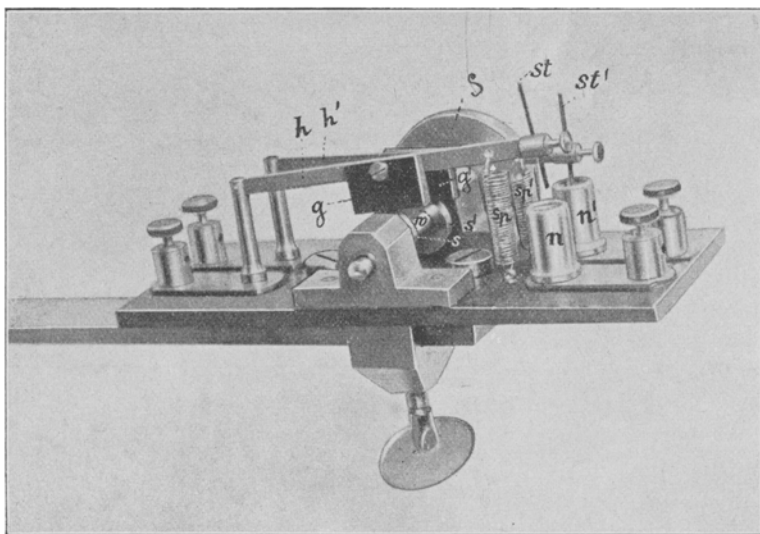
1) Diese Erwägung gilt wohl auch für jene Fälle, in denen bei Auslösung der Hebelbewegung vom Ventrikel der Vorhof gereizt wurde. In diesen Fällen müsste,

Ich führte daher einige Versuche am quergestreiften Froschmuskel durch, aus dem hervorging, dass die Ablendungsvorrichtung richtig functionirte und nur bei Strömen von allzu grosser Spannung ihren Dienst versagte.

B. Apparat zur rhythmischen Herzreizung.

Dieser Apparat, der gleichfalls auf eine von Herrn Prof. Hering ausgehende Anregung von dem Mechaniker des Institutes J. Waraus construirt und ausgeführt wurde, stellt eine sehr einfache und überaus handliche Vorrichtung dar, mit deren Hilfe man Einzelinductionsschläge derselben Art, also entweder Schliessungs- oder Oeffnungsinductionsschläge in rhythmischer Folge appliciren kann.

Fig. 6.



Der Apparat (Fig. 6) besteht aus zwei Hebelcontactvorrichtungen, von denen eine in die Leitung des primären, eine in die des secundären Stromes eingeschaltet wird.

Jede dieser Hebelcontactvorrichtungen stellt einen einarmigen Messinghebel (h , h') dar, der mit einer Hartgummilage (g , g') auf einer um eine Achse excentrisch rotirenden Scheibe schleift¹⁾ und auf diese Weise rhythmisch auf- und abbewegt wird. An dem freien Ende jedes Hebels befindet sich ein Messingstift (st , st'), der bei jeder Schwingung des Hebels in ein Quecksilbernäpfchen (n , n') eintaucht und den Stromkreis schliesst.

Die den beiden Hebeln entsprechenden excentrischen Scheiben sind an der nämlichen Welle befestigt. Die Mittelpunkte der beiden Scheiben

wenn die Ablendungsvorrichtung nicht richtig functioniren würde, der Schliessungsinductionsschlag den Vorhof allerdings in seiner Diastole treffen, aber in einer so frühen Phase der Diastole, dass sich in dieser Phase der Vorhof einem Reize von der in Betracht kommenden Stärke gegenüber noch immer refractär verhalten dürfte.

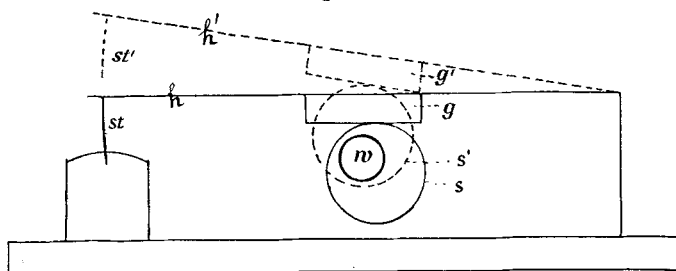
1) Die Spiralfedern sp und sp' haben den Zweck, eine Schleuderung der Hebel zu vermeiden.

nehmen dabei in Bezug auf die Welle verschiedene Lagen ein und zwar sind sie derart orientirt, dass bei einer Drehung der Welle um ihre Achse die beiden Hebel analoge Stellungen nicht gleichzeitig, sondern eine gewisse Zeit nach einander einnehmen.

Es wird dementsprechend der eine Stromkreis immer um eine gewisse Zeit früher geschlossen und geöffnet als der andere.

Dadurch, dass man die mit der Welle in Verbindung stehende Scheibe S ein Mal nach rechts ein Mal links dreht, kann man denselben Hebel in seinen Schwingungen dem andern zuvor- oder nachkommen lassen.

Fig. 7.



Es ist ohne weitere Auseinandersetzungen verständlich, dass man, wenn der primäre Strom früher geschlossen und geöffnet wird als der sekundäre, nur Oeffnungsschläge, im umgekehrten Falle nur Schliessungsinductionsschläge erwarten kann.

Versuche, die mit diesem Apparat am quergestreiften Froschmuskel gemacht wurden, haben gezeigt, dass die Ablendung der Schliessungs- bzw. Oeffnungsschläge selbst bei starken Strömen ganz verlässlich ist.

Je nach der Geschwindigkeit, die man der Scheibe S ertheilt, kann man in einem rascheren oder langsameren Rhythmus reizen.

Die Geschwindigkeit der Scheibe S kann man in ganz zweckmässiger Weise dadurch variiren, dass man dieselbe durch eine Transmission mit einer Wassercentrifuge in Verbindung bringt und die Umdrehungsgeschwindigkeit dieser durch die Grösse des Wasserdurchflusses regulirt.

Auf die Besprechung ähnlicher in der Literatur beschriebener Apparate soll nicht eingegangen werden, da es hier nur darauf ankam, die im Institute übliche Methodik ausführlich mitzutheilen.

Erklärung der Figuren im Text.

Fig. 1—5 Apparat zur automatischen Herzreizung.

Fig. 1. Hebelcontactvorrichtung (von vorn gesehen).

Fig. 2. Hebelcontactvorrichtung (von oben gesehen).

- | | |
|-----|----------------------------|
| hh' | Hebel. |
| h | linker Hebelarm. |
| h' | rechter Hebelarm. |
| ha | Hebelachse. |
| g | Gabel am linken Hebelarm. |
| g' | Gabel am rechten Hebelarm. |

- $n_1 n_2$ Quecksilbernäpfchen, in die die Zinken der linken Gabel eintauchen.
 $n_1' n_2'$ Quecksilbernäpfchen, in die die Zinken der rechten Gabel eintauchen.
 $\left. \begin{array}{l} o \\ r \end{array} \right\}$ Oese } für die Fadenübertragung.
 r Rolle
 u Umschalter.
 $k_1 k_2$ Klemmen für die Stromleitung, in welchen die Hebelcontact-
 vorrichtung eingeschaltet ist.
 s Schraube zur Höheneinstellung der Hebelachse.
 S Stativ.

Fig. 3. Electromagnetcontact- und Steuerungsvorrichtung (von vorn gesehen).

Fig. 4. Electromagnetcontact- und Steuerungsvorrichtung (von der Seite gesehen).

- e, e' Spulen des Electromagneten.
 a Anker.
 sf Hohlssäule mit Feder.
 t Tragstange.
 s Schieber, in fixer Verbindung mit dem Anker stehend.
 s' Schieber, in loser Verbindung mit dem Anker stehend.
 f u. f' Führungen für die Schieber.
 $st_1 st_2$ Stifte an dem Schieber s .
 $st_1' st_2'$ Stifte an dem Schieber s' .
 $n_1 n_2$ Quecksilbernäpfchen, in die die Stifte des Schiebers s tauchen.
 $n_1' n_2'$ Quecksilbernäpfchen, in die die Stifte des Schiebers s' tauchen.
 u Umschalter.
 tr Transporteur.
 zr Rad, an der Peripherie mit Zinken versehen.
 i Stift an der Steuerungsvorrichtung.
 H Handhabe zur Auslösung von Ankerbewegungen aus freier Hand
 (im Texte nicht erwähnt).
 $k_1 k_2$ Klemmen für die Stromleitung zu Electromagneten.
 $k_3 - 6$ Klemmen für die Leitung des primären und secundären Stromes.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Verbindung der beiden Schieber mit der Ankertragstange.

- s u. s' die beiden Schieber.
 z u. z' die beiden Zapfen.
 t Ankertragstange.

Fig. 6 und 7 Apparat zur rhythmischen Herzreizung.

Fig. 6. Apparat zur rhythmischen Herzreizung (von oben und vorn gesehen).

Fig. 7. Schematische Darstellung der Stellung der beiden excentrischen Scheiben in Bezug auf die Welle.

- h, h' Hebel.
 g, g' Hartgummilage.
 n, n' Quecksilbernäpfchen.
 st, st' Stifte.
 s, s' Excentrische Scheiben.
 sp, sp' Spiralfedern.
 w Welle.
 S Transmissionsscheibe.
-