



MARYAN EIGER

BIBLIOTEKA
Szpitala im. Karola Ł. 1. 2. III
Dla Pacjenta
Nr. 273

PODSTAWY FIZYOLOGICZNE
ELEKTROKARDYOGRAFII



KRAKÓW
NAKŁADEM AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SPÓŁKI WYDAWNICZEJ POLSKIEJ
1911.



www.dlibra.wum.edu.pl

BIBLIOTEKA
Szpitala im. Karola i Marii
Dla Dzieci
Nr. 273



ODSTAWY FIZYOLOGICZNE
ELEKTROKARDYOGRAFII



KRAKÓW
WYDAWSTWO
1951

MARYAN EIGER

PODSTAWY FIZYOLOGICZNE ELEKTROKARDYOGRAFII



KRAKÓW
NAKŁADEM AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SPÓŁKI WYDAWNICZEJ POLSKIEJ
1911.



www.dlibra.wum.edu.pl

Osobne odbicie z T. LI. Ser. B. Rozpraw Wydziału mat.-przyr.
Akademii Umiejętności w Krakowie.

Kraków 1911. — Drukarnia Uniw. Jagiell. pod zarządem J. Filipowskiego.

**Biblioteka Główna
WUM**



Podstawy fizyologiczne elektrokardjografii.

Przez

Maryana Eigera.

(Z 7 tablicami i 8 rycinami w tekście).

Rzecz przedstawiona przez czł. N. Cybulskiego na posiedzeniu Wydziału
matem.-przyrodn. w dniu 3 lipca 1911.

I.

Zasadniczy kształt krzywej elektrokardjograficznej i wyjaśnienie powstania jej załamków.

W roku 1856 Kölliker i Müller dowiedli zapomocą doświadczeń na obnażonem i bijącym sercu żaby istnienia prądów elektrycznych, towarzyszących czynności serca. W roku 1876 pierwszy Marey użył włosowatego elektrometru Lippmanna do zbadania zjawiska elektrycznego w sercu żaby i żółwia i otrzymał pierwszą krzywą elektrokardjograficzną a tem samem stworzył podwalinę t. zw. metody elektrokardjograficznej. Aczkolwiek Waller jeszcze w roku 1889 otrzymał krzywą elektrokardjograficzną serca ludzkiego, jednakże prawdziwy i znaczny postęp w rozwoju metody elektrokardjograficznej datuje się dopiero od chwili, w której Einthoven zbudował swój galwanometer strunowy i opracował teoretyczne podstawy działania tego przyrządu.

Czułość galwanometru Einthovena, jak również niezwykła łatwość otrzymywania niezmiernie dokładnych krzywych elektrokardjograficznych, dających się zarówno obserwować wzrokiem, jak również i fotografować, sprawiły, że zarówno elektrofizjologia

jako też elektropatologia mięśni, serca i nerwów zdołały rozwikłać już wiele trudnych kwestyi, i z dniem każdym mnożą się przykłady okazujące, jak potężnym narzędziem w rękach badaczy stał się dokładny i obiektywnie zapisujący przyrząd Einthovena.

W pracy niniejszej, poświęconej wyłącznie doświadczalnemu badaniu fizyologicznych podstaw metody elektrokardiograficznej, zaznaczone być może — rzecz oczywista — znaczenie galwanometru Einthovena tylko w tej dziedzinie; sprawa zaś doniosłości tego przyrządu z punktu widzenia ogólnej fizjologii poruszana będzie o tyle, o ile tego wymaga konieczność dowiedzenia, że zjawiska elektryczne w sercu dają się sprowadzić do ogólnych zjawisk, znanych w elektrofizjologii mięśni oraz fizjologii ogólnej serca. Dowód taki stanowi główny cel pracy niniejszej. O doniosłości przyrządu Einthovena świadczy przede wszystkim bogate piśmiennictwo z ostatnich lat dziesiątka, poświęcone metodzie elektrokardiograficznej, opracowujące sprawę elektrokardiografii zarówno z punktu widzenia ogólnie fizyologicznego, teoretycznego, jako też klinicznego. Ujęcie czynności serca z nowego punktu widzenia rzuciło i rzucić będzie nowe światło na czynność serca, zarówno prawidłową, jak i nieprawidłową.

Od chwili, gdy Einthoven dowiódł, że wystarcza w sposób bardzo łatwy zarówno dla badacza, jak i dla badanego, połączyć zapomocą przewodników dwie kończyny człowieka lub zwierzęcia z galwanometrem strunowym, przyczem badany osobnik może się nawet znajdować w odległości paru km od galwanometru, a badanie z łatwością dokonane być może nad ciężko i obłożnie chorymi a nawet umierającymi, od tej chwili pojawiła się obfita ilość prac klinicznych, świadczących wyraźnie o wielkiem znaczeniu metody elektrokardiograficznej i przyrządu Einthovena w klinice chorób sercowych. Okazało się przytem, że metoda elektrokardiograficzna pozwala nam nie tylko stwierdzać przerosty poszczególnych części serca i zmiany położenia serca wywołane tymi przerostami¹⁾, lecz również wszelakiego rodzaju zmiany w rytmie, zupełne lub częściowe rozkojarzenie czynności przedsionków i komór i t. d. Nowy sposób badania stanu serca wykazał przytem, że klinika

¹⁾ Dr. Maryan Eiger, Metoda elektrokardiograficzna, jej znaczenie oraz zastosowanie kliniczne. Rzecz przedstawiona na posiedzeniu krakowskiego Tow. Lekarskiego d. 30 grudnia 1910. „Przegląd lekarski“ 1911 r.

liczyć się musi z nowymi objawami stanów chorobowych serca, niedostępnymi dla klinicysty, posługującego się wszystkimi innymi dotychczas znanymi metodami badania. Pod tym względem niezwykle cenne są niektóre krzywe Krausa i Nicolai'a, otrzymane od osobników, u których krzywa elektrokardiograficzna wykazała nieprawidłowość, nie dającą się wykryć żadną inną metodą. W ostatniej swej pracy z 9-go stycznia 1911 r. (Berl. klin. Wochensch.) przedstawia Nicolai krzywą żołnierza, uskarżającego się na dolegliwości ze strony serca, u którego, mimo zastosowania wszystkich metod badania, tylko na zasadzie krzywej elektrokardiograficznej stwierdzić można było nieprawidłową działalność serca; żołnierz ten został na tej podstawie uwolniony od służby wojskowej. Kraus i Nicolai ogłosili wyniki swych prac w tej dziedzinie w książce p. t. „*Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen*“ (Lipsk 1910, stron 322), która pod względem klinicznym stanowi cenny przyczynek do nauki o elektrokardiografii. Nazywają oni jeden z załameków, występujących w formie nieprawidłowej u tych chorych, u których inne metody badania nie wykazują nieprawidłowości, załamekiem „nerwowym“, dlatego tylko, że najczęściej załamek ten w tej formie występuje rzekomo u neurasteników. Ponieważ w pracy niniejszej przytoczone będą dowody, że teoria elektrokardiograficzna, zbudowana przez Krausa, a głównie przez Nicolai'a, szwankuje pod wieloma względami, nie od rzeczy będzie, zdaje się, zaznaczenie, że wówczas dopiero przyjdzie właściwy czas na nadawanie poszczególnym nieprawidłowym formom załameków nazw klinicznych w rodzaju „załameków nerwowych“ („*nervöse Zacke*“), gdy klinika będzie posiadała dostateczną ilość takich przypadków, w których nie tylko badanie kliniczne za życia, lecz przede wszystkim badanie pośmiertne, anatomo-patologiczne, drobnowidzowe, dowiedzie, że rzeczywiście serce nie wykazuje żadnych nieprawidłowości pod względem anatomicznym i anatomo-patologicznym. Jeżeli Nicolai w wyżej przytoczonym artykule, broniąc słuszności tej niewłaściwej nazwy, powiada, że takie serce musi być nazwane nerwowem, gdyż (str. 55) „tak często mówi się o nerwowej sprawie chorobowej, gdy się nie zna żadnej innej, dającej się stwierdzić przyczyny choroby“, — to na taki dowód zgodzić się dlatego nie można, że bardzo często tam, gdzie klinicysta nie jest w stanie wskazać źródła objawu chorobowego i dowolnie przypisuje objawowi temu pochodzenie „nerwowe“, tam ściśle badanie

anatomiczne i anatomo-patologiczne stwierdza przecież istnienie dostatecznego powodu, wywołującego chorobę. Przypisywanie zaś procesu biochemicznego, zachodzącego nawet w tych przypadkach w sercu, wyłącznie wpływom nerwowym jest z punktu widzenia współczesnej biochemii przestarzałe i nie wytrzymuje ścisłej krytyki.

Ażeby wykazać, że nowy elektrokardiograficzny sposób badania serca przysporzył nowych faktów klinice, dodamy jeszcze dla przykładu, że w chorobie Morgagni-Stokes-Adamsa¹⁾, z objawami rozkojarzenia czynności serca, metoda elektrograficzna zmusza do odróżniania poszczególnych form przy rozpoznawaniu choroby i że zapomocą przyrządu Einthovena udało się badaczom (Kahn i inni) zbadać dokładniej zjawisko tonów serca, a Wyssowi²⁾ objaśnić powstawanie t. zw. tonu przedskurczowego, presystolicznego, i trzeciego tonu Einthovena, zwanego protodyastolicznym, występującego w pewnej formie rytmu cwałowego.

Przytoczone fakty oczywiście nie wyczerpują doniosłości metody elektrokardiograficznej. Z rozpatrywania podstaw fizjologicznych elektrokardiografii wynika niezbiecie, jak się o tem przekonać będzie można na zasadzie doświadczeń niżej przytoczonych, że metoda elektrokardiograficzna jest sprawdzaniem procesów przemiany materji, zachodzących w sercu, i że z krzywej elektrokardiograficznej wnosić można, jaki proces odbywa się w określonej fazie czynności serca, czy proces asymilacji czyli anabolizmu, czy też proces dezasymlacji t. j. katabolizmu; innymi słowy, czy w danym okresie odbywa się odtwarzanie tkanki czy też jej rozkład [Fano, Gaskell, Cybulski³⁾]. Jeżeli zaś tak jest w istocie, — a przytoczone poniżej własne doświadczenia, jak i elektrokardiogramy otrzymane przez innych autorów, zdają się potwierdzać słuszność takiego twierdzenia, — to na metodę elektrokardiograficzną zapatrywać się należy nie tylko jako na sprawdzian spraw chemicznych, zachodzących w sercu i niedostępnych dla badania zapo-

¹⁾ A. Hoffmann, Deutsches Archiv f. klin. Med. tom 101, zes. 1 i 2, str. 172.

²⁾ Deutsches Archiv für klin. Mediz., tom 100, z. 1.

³⁾ N. Cybulski, Über die Beziehung zwischen den Aktionsströmen und dem tätigen Zustand der Muskeln. Bullet. de l'Acad. des Sciences de Cracovie, Mars 1910.

N. Cybulski, Kilka uwag o elektrokard. na podstawie własnych doświadczeń. (Gazeta lekarska 1910).

mocą innych metod u człowieka żywego lub zwierzęcia, lecz jako na metodę pozwalającą nam badać wpływ najrozmaitszych czynników, zarówno fizjologicznych jak i patologicznych, na proces odbywającej się w sercu zdrowem i chorem przemiany materji. Metoda elektrokardiograficzna przeto rozszerza teren badania i otwiera nowe horyzonty nie tylko dla ogólnej fizjologii serca i patologii klinicznej, lecz i dla farmakologii, toksykologii, nauki o pasorzytnictwie, bakterjologii i serologii.

Z tego, że zjawisko elektryczne w sercu towarzyszy procesom chemicznym tak samo np. jak zjawisko cieplne, wynika, że teorię o podstawach fizjologicznych elektrokardiografii i wyjaśnienie powstawania poszczególnych załamków krzywej oprzeć należy bezsprzecznie na ogólnej elektrofizjologicznej teorii powstawania zjawiska elektrycznego w mięśniach i nerwach.

W elektrofizjologii wbrew spostrzeżeniom Du Bois Reymonda panowała przez długi czas prawie niepodzielnie teoria Hermanna. Hermann twierdził, że nieuszkodzony mięsień nie wykazuje prądu; jeżeli się jednak w jakikolwiek sposób mięsień uszkodzi, np. przetnie go poprzecznie, to w takim razie otrzymuje się zwykle dość silny prąd, zwany prądem spoczynkowym. Prąd ten — zdaniem Hermanna — ma kierunek w samym mięśniu od powierzchni uszkodzonej do powierzchni prawidłowej. Jeżeli mięsień uszkodzony wprawimy w stan czynny, zapomocą zadrażnienia, to prąd spoczynkowy znacznie się zmniejszy i igła magnesowa odchyli się wstecz, wskutek tego ten prąd, wywołany stanem czynnym, nazwano wahaniami wstecznem.

Teoria Hermanna, przypisująca powstawanie prądu spoczynkowego wyłącznie jakimukolwiek uszkodzeniu, otrzymała nazwę „teorii uszkodzenia“ (*Alterationstheorie*),

Przeciwko teorii Hermanna wystąpili zarówno Cybulski¹⁾ jak i Bernstein²⁾. Obydwaj, opierając się na ogólnych zasadach elektrofizyki i elektrochemii, dowiedli, że w mięśniu nie uszko-

¹⁾ Cybulski l. c. a także:

1) Über die Oberflächen- und Aktionsströme der Muskeln. *Bullet. de l'Acad. des Sciences de Cracovie*; jak również odczyt przedstawiony na Zjeździe fizjologów w Wiedniu 1910.

2) Über den sogenannten „Willkürversuch“ von du Bois Reymond. *Wiener Med. Wochenschr.* (Nr. 39. 1910).

²⁾ Bernstein, porównaj: „Lehrbuch der Physiologie“, 1910.

dzonym wbrew teorii Hermanna stale daje się wykazać prąd. Dowody, którymi Cybulski popiera swoją teorię powstawania prądów w nieuszkodzonym mięśniu, nieczynnym i czynnym, opartą na ogólnej teorii elektrochemicznej ogni pływnych, a Bernstein swoją „*Membrantheorie*“, opartą na zasadzie ogni koncentracyjnych, autorowie ci przytaczają w szeregu swych prac. Z prac tych zdaje się wynikać niezbicie, że hipoteza Hermanna nie ma racji bytu.

Ponieważ Cybulski pierwszy te nowe poglądy, obalające hipotezę Hermanna, zastosował do krzywej elektrokardiograficznej, należy więc zatrzymać się nieco na jego teorii w tej dziedzinie.

„Z obserwacji dotychczasowych“ — pisze Cybulski — „które miałem sposobność wykonać na sercu i mięśniach prądkowych, z elektrokardiogramów, które otrzymywałem bezpośrednio lub pośrednio, — wydaje mi się najprawdopodobniejszą następująca hipoteza, która w pewnym stopniu już wynika ze spostrzeżeń Gaskell'a i Fano.

„W każdej cząsteczce żywej materii (protoplazmy), jak wiadomo, współcześnie odbywają się wciąż dwie sprawy: jedna, dzięki której cząsteczki martwej substancji zostają włączane w aglomeraty żywej i stają się składową częścią żyjącej materii (protoplazmy), — i druga, która polega na tem, że te złożone cząsteczki żywej materii albo się rozpadają na prostsze grupy, albo się od nich oddzielają stosunkowo prostsze związki chemiczne, znane pod nazwą produktów przemiany materii.

„Pierwszą nazywamy sprawą asymilacji, lub — według angielskich badaczy — anabolizmem, drugą — sprawą dezasymilacji albo katabolizmem. Otóż przypuszczam, że zmiany elektryczne właściwie towarzyszą sprawie katabolicznej i anabolicznej i są wyrazem zewnętrznym ich natężenia i trwania. Sprawa kataboliczna charakteryzuje obniżenie potencjału w tych cząsteczkach żywej materii, w których katabolizm się odbywa. Odwrotnie — anabolizm charakteryzuje wzrost potencjału. Tak obniżenie jednak, jak i wzrost, noszą *ex regula* cechę zmian tylko chwilowych, mających charakter jakby spraw wybuchowych. Jeżeli obie te sprawy się równoważą, to potencjał całej powierzchni takiej żywej tkanki pozostaje bez zmiany. Najmniejsza przewaga jednego z nich ujawnia się odrazu zmianą elektryczną, charakteryzującą stan potencjału elektrycznego.

„Miejsce, w którym ta przewaga następuje, staje się dodatniem albo ujemnem, zależnie od tego, która sprawa przeważa...

„Przyjmując tę hipotezę, będziemy w stanie zrozumieć każdą krzywą elektrokardiograficzną i przynajmniej do pewnego stopnia uzmysłowieć sobie te sprawy, które w normalnych warunkach w sercu zachodzą“.

Mięsień, a właściwie każde włókienko mięśniowe, jest — zdaniem Cybulskiego¹⁾ — złożoną zamkniętą baterią elektryczną. Kierunek prądów w tej baterii jest wstępujący i świadczy o anabolizmie, odbywającym się w mięśniu dopóty, dopóki mięsień żyje. Gdy mięsień staje się czynnym, gdy zjawia się katabolizm, powstaje prąd zstępujący. Prądy elektryczne są w ścisłym związku ze sprawami przemiany materii. A zależność tę zjawisk elektrycznych od przemiany materii w tkankach żywych przedstawia Cybulski²⁾ w sposób następujący:

„Potrzeba było, ażeby się zjawila i doszła do pewnego rozwoju nowa nauka, a przynajmniej nowy dział fizyki i chemii, t. zw. elektrochemia, ażeby zjawiska elektryczne można było uzależnić od przemiany materii w tkankach żywych. Badania elektrochemiczne wykazały, że cały szereg ciał, związków chemicznych, jak sole, kwasy, zasady, rozpuszczone w wodzie lub w innych ciałach, ulegają elektrycznej dysocjacji, t. j. rozkładają się na dwie części, z których jedna zawiera w sobie ładunek elektryczny dodatni, druga — ujemny. Są to t. zw. jony. Otóż te jony, podobnie jak same ciała rozpuszczone, ulegają dyfuzji i osmozie, gdy się znajdują w roztworach o różnej koncentracji, przyczem każdy jon posiada właściwą sobie ruchliwość. Dzięki tej różnicy w ruchliwości jonów, gdziekolwiek mamy warunki do dyfuzji, odrazu powstają także różnice potencjału elektrycznego, które oczywiście powodują powstawanie prądów. Oto jest najprawdopodobniejsze źródło prądów, które obserwujemy w tkankach, a więc w mięśniach i sercu. Badanie tych prądów było jednakże do ostatnich czasów bardzo kłopotliwe. Prądy bowiem te powstają bardzo szybko, niekiedy

¹⁾ „Über die Oberflächen- und Aktionsströme der Muskeln“, rzecz przedstawiona na Zjeździe fizjologów 1910

²⁾ N. Cybulski l. c. również:

N. Cybulski i M. Eiger, O elektrokardiogramach przy rozmaitych rodzajach uśpienia. (Rzecz przedstawiona na posiedzeniu III-em Zjazdu chirurgów polskich). Porównaj także: Medycyna i Kron. Lek. 1910.

trwają krótko, tymczasem galwanometry, którymi je badano, wszystkie posiadały pewną bezwładność, wymagały dużo czasu na ustalenie. Więc między przebiegiem zjawisk elektrycznych a tem, co wykazały aparaty, właściwie nie było równoległości. Dopiero wynalezienie nowego przyrządu, t. zw. galwanometru strunowego Einthovena, trudności te usunęło, ponieważ ten przyrząd wykazuje zmiany elektryczne prawie bez opóźnienia.

„Wszystkim Panom wiadomo, że w każdym jestestwie żyjącem, w każdej tkance żywej odróżniamy dwie kategorie zjawisk, a właściwie dwa procesy. Jeden polega na syntezie, na ciągłym odtwarzaniu nowej tkanki, na zwiększeniu energii w tkance. Jest to t. zw. proces anaboliczny. Drugi proces polega na wyładowaniu energii, zawartej w żywej tkance, na rozkładzie cząsteczki żywej materii. Jest to proces kataboliczny. Oczywiście, że w obu razach muszą powstawać nowe substancje, których przedtem w danej tkance, w danym miejscu nie było.

„Te substancje oczywiście, będąc jonizowane, ulegają dyfuzji i w ten sposób powodują różnicę potencjałów elektrycznych, a więc powstawanie prądów. Gdy mięsień jest w spoczynku, gdy się w nim odbywa asymilacja, prąd ma kierunek od dołu ku górze, zawsze od końca obwodowego ku dośrodkowemu, gdy mięsień się kurczy, to jest staje się czynnym, to prąd zawsze ma kierunek odwrotny, od góry ku dołowi. Jest to najważniejszy punkt, na który chciałem zwrócić uwagę Panów. Z tego, co powiedziałem. Panowie widzicie, że na podstawie kierunku, który obserwujemy, możemy sądzić o tem, co się dzieje w mięśniu, co się dzieje w cząsteczkach jego żywej materii. Z tego także Panowie widzicie, jakie znaczenie mieć może badanie mięśni wogóle, a szczególnie serca, t. zw. elektrokardiografia“.

Należało zatrzymać się dłużej nad teorią Cybulskiego, dlatego że on poglądami swymi, opartymi na doświadczeniach, obala dawną hipotezę Hermanna (Teorię uszkodzeń, *Alterationstheorie*). Oparte na nowym tym poglądzie wyjaśnienie powstawania poszczególnych załamków krzywej elektrokardiograficznej jest zasadniczo odmienne od sposobu tłumaczenia wszystkich innych badaczy, a przede wszystkim od hipotezy Krausa i Nicolaja, która jako najbardziej opracowana zdążyła już też najbardziej się rozposzechnić.

Rozpatrzyć więc należy te główne hipotezy.

Einthoven¹⁾ przypisywał powstawanie załamka S lewej komorze, a powstawanie załamka R komorze prawej. Całą krzywą elektrokardiograficzną rozpatruje Einthoven w związku z rozchodzeniem się fali skurczu przez mięsień sercowy (*Fortpflanzung der Kontraktionswelle durch die Herzmuskeln*).

Skurcz rozpoczyna się, zdaniem Einthovena, w wielu miejscach jednocześnie albo prawie jednocześnie, co znajduje wyraz w pierwszej części elektrogramu komorowego w systemie załamek Q, R, S. Gdy bodziec dojdzie zrazu do miejsca leżącego obok wierzchołka lub lewej komory, powstaje załamek Q; gdy bodziec przejdzie w pobliże prawej komory i podstawy serca, powstaje załamek R, najbardziej stały ze wszystkich załamek, a załamek S świadczy, że zaraz potem przeważa skurcz cząstek lewej komory i wierzchołka.

Nieczynność galwanometru pomiędzy systemem załamek Q, R, S a załamkiem T z drugiej strony wskazuje na stan skurczu, obejmujący całą masę mięśniową obydwu komór równocześnie. Jeżeli ten stan skurczu całej masy mięśniowej mija jednocześnie, to załamek T nie powstaje. Jeżeli prawa połowa pozostanie dłużej w skurczu niż lewa, to powstaje załamek T (przy odprowadzeniu od obydwóch przednich kończyn lub od przedniej prawej lub lewej tylnej) i załamek taki stale powstaje w sercach działających prawidłowo. Jeżeli podstawa serca kurczy się dłużej aniżeli wierzchołek, to otrzymuje się zwykły załamek T (T_{III} odprowadzenie jednostronne) w tym samym kierunku co R, podczas gdy załamek ten sam, lecz w odwrotnym kierunku powstaje wówczas, kiedy wierzchołek serca pozostaje w stanie skurczu dłużej aniżeli podstawa (str. 578).

Rozwijając dalej pogląd swój, Einthoven przychodzi do wniosku, że załamki P, Q, R, S i T nie zawsze odpowiadają jednakowym okresom serca (*„Die gefundenen Unterschiede sind verhältnismässig groß und rechtfertigen die Folgerung, daß besagte Spitzen nicht in identische Phasen der Herzperiode fallen“*).

Na tem miejscu wystarczy zaznaczyć, że fakty z dziedziny fizjologii porównawczej (krzywa jednokomorowego serca żaby i jednoprzedsionkowego serca ryby, ostrygi oraz raka: Nr. 3, 4, 15, 19, 21, 24) nie pozwalają jakiegokolwiek załamka przypisywać

¹⁾ Pflüger's Arch. t. 122 oraz „Le Télécardiogramme“, Arch. intern. de Physiol. tom IV. 1906.

prawej lub lewej części prawidłowo działającego serca, gdyż wszystkie te załamki powstają również i w jednokomorowych i jednopredsiionkowych sercach. Fakt ten podkreślić należy tem bardziej, że niektórzy autorowie usiłowali objaśnić powstawanie niektórych załameków przedsiionkowych również działalnością prawego lub lewego przedsiionka. Jest to na ogół niesłuszne, gdyż załamek przedsiionkowy analogiczny do S komorowego powstaje w jednopredsiionkowym sercu ryby, ostrygi, a także w wyosobnionej opuszce tętnicy głównej po zupełnem oddzieleniu od przedsiionków i komory (Krzywe Nr. 19, 13, 14, 24).

Właściwą teorię całkowitą i jednolitą, usiłującą objaśnić zjawisko krzywej elektrokardiograficznej, zbudowali Kraus i Nicolai, a głównie ten ostatni, który w szeregu prac własnych, po części dokonanych wspólnie z innymi badaczami (Rehfish, Simons) starał się dowieść słuszności bronionego przez siebie poglądu. Nicolai przedewszystkiem zadaje sobie pytanie, czy w mięśniu sercowym mamy do czynienia z równomiernym rozchodzeniem się stanu czynnego (*eine gleichmäßige* — względnie — *diffuse Reizausbreitung*), czy też z rozchodzeniem się tego stanu po drogach określonych, osobnych (*eine Reizausbreitung auf bestimmten Bahnen*). Według pierwszej teorii, ogólnie dotychczas przyjętej w fizyologii i opartej na faktach anatomicznych (v. Kries, Engelmann i t. d.), stan czynny rozchodzi się po przedsiionkach i po komorach jako po jednolitej poniekąd masie mięśniowej, której główne poszczególne części połączone są zapomocą włókien, opisanych przez Ludwiga Albrechta, i w której poszczególne komórki mięśniowe połączone są zapomocą mostków mięśniowych, opisanych przez Przewoskiego. Tę, ogólnie przyjętą przez fizyologów zasadę Nicolai odrzuca i przyjmuje w elektrokardiografii zasadę drugą, mianowicie rozchodzenie się bodźców po drogach określonych, aczkolwiek sam zaznacza, że „takie ujęcie dziwnym zbiegiem okoliczności nigdy nie było w piśmiennictwie poważnie rozpatrywane (*„Diese Vorstellung ist merkwürdigerweise in der Literatur niemals ernstlich diskutiert worden“*, str. 142⁴).

Ażeby dowieść słuszności owego zapatrywania, Nicolai z wielką pracowitością rozpatruje i przedstawia schematycznie budowę mięśnia sercowego. Przychodzi on do wniosku, „że komora

¹⁾ Das E-m l. c.

składa się conajmniej z trzech główniejszych systemów, mniej lub więcej izolowanych ¹⁾, które w określonych miejscach połączone są zapomocą względnie cienkich pęczków⁴. Pierwszy system włókien jest to zewnętrzna warstwa czyli zewnętrzne włókna węzowate. Przebieg tych włókien jest na ogół podłużny w sercu, wykazują one przytem węzowate skręcenie od strony lewej ku prawej; drugi system włókien jest to warstwa środkowa (system włókien tłoczących, *das Treibwerk*) o kolistym przebiegu włókien w kierunku przeważnie poprzecznym; system trzeci, jest to warstwa wewnętrzna czyli system mięśni brodawkowatych. Nicolai przedstawia budowę mięśnia komory w ten sposób, że wewnętrzna warstwa włókien, czyli system mięśni brodawkowatych, łączy się z jednej strony z systemem włókien węzowatych, a z drugiej zapomocą t. zw. włókien Albrechta ze środkową warstwą, wreszcie zapomocą pęczka Hisa-Tawary z przedsionkiem.

Na postawione sobie pytanie, czy wszystkie systemy mięśniowe, z których składa się całe serce (mięśnie żył, mięśnie przedsionka, zewnętrzne włókna węzowate, środkowa warstwa i wewnętrzna) są zupełnie izolowane względem siebie (*von einander völlig isoliert*) odpowiada Nicolai, że w każdym razie izolowany charakter poszczególnych systemów pozostaje w pewnym znaczeniu zachowany (*allerdings bleibt der in gewissem Sinne isolierte Charakter der einzelnen Systeme erhalten, denn die genannten Verbindungen sind nur mehr oder weniger schmale Brücken zwischen mächtigen Muskelmassen* ²⁾).

Nicolai wychodzi z założenia, że skurecz serca (str. 177, *Herzsystole*) powstaje z pierwotnej fali perystaltycznej, przebiegającej w mięśniu sercowym od naczyń żylnych do tętnicznych; wynika to z embryologicznego poglądu na budowę serca; że przeto stan czynny odpowiednio do zagięć, którym ulega serce, musi opisywać łuki w tym lub innym kierunku (*daß die Erregung hin- und rücklaufend einen Bogen beschreibt...* str. 133). Nicolai i Kraus, którzy jak to widać ze schematycznych wzorów krzywej, zauważyli wszystkie możliwe załamki przedsionków i komór za wyjątkiem t przedsionkowego, zapatrują się na krzywą elektrokardiograficzną jako na algebraiczną sumę rozmaitych czynnościowych

¹⁾ Centralblatt für Physiol., Nr. 20, 1908, str. 679.

²⁾ Das Elektokardiogram, str. 116.

prądów. Z komory, odpowiednio do swoistej budowy mięśnia i kierunku dających się wyosobnić włókien, otrzymuje się jakoby swoistą krzywą elektrokardiograficzną. Z przedsióneków po krótkim okresie (h), podczas którego stan czynny, przechodzący przez pęczek Hisa-Tawary, nie wywołuje wychylenia struny, stan ten przechodzi na podstawę mięśni brodawkowatych (*der basale Teil des Papillarsystems*). Stąd stan czynny przechodzi na wierzchołek komory (*Als Ausdruck hiervon steigt die Kurve im Elektrokardiogramm steil an (I)... Es folgt daraus, daß die Erregung sich bis zur Spitze fortpflanzt, wenn sie dort anlangt, ist die Kurve wieder bereits abgesunken*, str. 174).

Ażeby zrozumieć objaśnienie Nicolaia i Kratsa, należy zaznaczyć, że autorowie ci wprowadzili odmienną terminologię. Załamek Einthovena R oznaczyli oni literą I (*Initialzacke*). Ponieważ załamek Q występuje przed załamkiem I, nazywają go autorowie Ia (*anterior?*). Załamek S oznaczony jest literą Ip, a ostatni załamek Einthovena T oznaczają autorowie ci literą F (*Finalschwankung*).

Jeżeli elektrokardiogram wykazuje załamek Q (Ia), dowodzi to jakoby, że stan czynny przeszedł do podstawy „wolnych mięśni brodawkowatych“ (*die freien Papillarmuskeln*), stan czynny przeto rozchodzi się od podstawy tych mięśni do ich wierzchołka, w stosunku więc do serca od wierzchołka komory do podstawy. To przechodzenie stanu czynnego przez wolne mięśnie brodawkowate wywołuje powstanie załamka Q (Ia) w odwrotnym do R (I) kierunku. Załamek więc R (I) jest dla autorów tych wyrazem przechodzenia czynnego w jednym kierunku ku wierzchołkowi komory, a załamek Q (Ia) odpowiada przechodzeniu stanu czynnego przez wolne mięśnie brodawkowate, skierowane w odwrotnym kierunku, mianowicie w stronę podstawy komory.

Następnie powstaje kres, w którym serce kurczy się jako zwykły mięsień wewnątrz wydrążony (*Hohlmuskel*). Zarówno poprzeczne włókna warstwy środkowej jak i podłużne włókna węzłowe są czynne mniej więcej jednocześnie. Krzywa zaś elektrokardiograficzna wykazuje linię poziomą dlatego, że w tym okresie odbywa się wzajemne i wielokrotne kompensowanie się prądów.

Prosta więc linia świadcząca o tem, że struna galwanometru nie wychyla się, jest zdaniem tych autorów odpowiednikiem zja-

wiska kompensacji wzajemnej (*der Ausdruck eines mehrfachen, sich gegenseitig kompensierenden Geschehens*... str. 176).

Po tym okresie następuje zdaniem tych autorów druga grupa wychyleń komorowych, t. zw. ostatnie wychylenie F (*Finalzacke*), oznaczone przez Einthovena literą T. Załamek ten wskazuje, że stan czynny znów wzniosł się ku górze, ku podstawie serca. Świadczyć to ma o tem, że na ostatku kurczą się włókna leżące obok tętnicy głównej, co zgadzałoby się z przyjętem przez autorów tych założeniem embryologicznem, że cała krzywa komorowa jest wyrazem przejścia fali od naczyń żylnych przez zagięte serce do naczyń tętniczych.

Teoryę Nicolaia, opartą głównie na zasadzie rozchodzenia się prądów w komorze po drogach izolowanych, a więc na zasadzie nowej, należy poddać szczegółowemu rozbiorowi. Nicolai, przytaczając wszystkie dowody, które potwierdzają słuszność poglądu Engelmana i są w sprzeczności z jego nowym poglądem, przychodzi do wniosku, że tutaj „fizjologia zawiodła“ (*Aus der Gesamtheit aller dieser Versuche geht hervor, daß, hier die Physiologie versagt hat...* str. 133). Zdaniem Nicolaia „stara“ teoria Engelmana o równomiernem rozlewaniu się stanu czynnego utkwiała w pamięci, jako łatwo ująć się dające hasło. Ponieważ Engelmann i Marchand starali się dowieść, że takie rozchodzenie się stanu czynnego ma miejsce zarówno przy skurczach naturalnych jak i wywołanych sztucznie, Nicolai twierdzi, że trzymanie się poglądu Engelmana „daje się objaśnić dziwną mieszaniną bezkrytycznego stosunku do nowych zdobyczy i nieświadomego trzymania się tradycji“.

Rozpatrując krzywą elektrokardiograficzną, przychodzi on do wniosku, że załamek R świadczy o tem, iż stan czynny rozchodzi się ku wierzchołkowi; z czego znowu wynika wniosek, że wierzchołek kurczy się wcześniej niż podstawa. Doświadczenia całego szeregu autorów przytoczonych przez Nicolaia dowodzą (str. 132), że tak nie jest; nie mogąc więc oprzeć się na tych doświadczeniach, przy których mechanicznie rejestrowano skurcz poszczególnych części komory, Nicolai obiera drogę odwrotną, dla objaśnienia krzywej elektrokardiograficznej bierze jako podstawę zjawisko elektryczne i dziwi się, że dotychczas nikt jeszcze takiej próby poważnie nie przedsięwziął (*so ist es doch verwunderlich, daß Niemand bisher diesen Versuch ernsthaft unternommen hat...* str. 133).

Przyjmując Gotcha zasadę rozchodzenia się fali skurczu robaczkowego od naczyń żylnych do naczyń tętniczych, zgodnie z embryologią, należałoby przypuszczać, że naprzód powinna kurczyć się górna część komory, następnie wierzchołek, a w końcu wreszcie okolica tętnicy głównej. Jednakże podług Nicolaia krzywa elektrokardiograficzna komory świadczy, że przedewszystkiem kurczy się wierzchołek komory. Ażeby dowieść, że przedewszystkiem kurczy się nie część komory leżąca najbliżej naczyń żylnych, lecz część środkowa, mianowicie wierzchołek, Nicolai przytacza dowód teleologiczny, mianowicie, że byłoby bezcelowem, gdyby skutkiem skurczu górnych bliżej podstawy leżących części serca krew naprzód płynęła ku wierzchołkowi, a później dopiero wstępować miała od wierzchołka ku tętnicy głównej. Przytaczając ten dowód teleologiczny, Nicolai sam jednak stwierdza (str. 131), że wogóle względy teleologiczne nie mogą być użyte jako dowód. Dla objaśnienia więc sposobu rozchodzenia się stanu czynnego nie pozostaje mu nic innego jak zjawisko krzywej elektrokardiograficznej.

Teorya Nicolaia o osobnych drogach w mięśniu sercowym jemu samemu nie wystarcza jednak w zupełności; tak np. stwierdzając rzucający się podług niego w oczy fakt, że częstokroć nie spotyka załamka I_p (Einthovena S), powiada on, że gdy stan czynny przejdzie do wierzchołka, to stamtąd może już w pewnym stopniu równomiernie rozchodzić się po całym sercu równocześnie (str. 174). Engelmann, Marchand i inni autorowie, przyjmując dotychczas zasadę rozchodzenia się stanu czynnego po całej masie mięśniowej komory, nie widzieli różnicy w rozchodzeniu się stanu czynnego przy skurczach serca naturalnych i wywołanych sztucznie. Jest to rzeczą zrozumiałą. Skoro istnieją anatomiczne warunki dla rozchodzenia się stanu czynnego przy skurczach naturalnych, to te same anatomiczne warunki muszą istnieć i przy bodźcach sztucznych.

Nicolai jednakże twierdzi, co następuje: „przy skurczach normalnych przebiega stan czynny po względnie złożonych, ale zupełnie określonych drogach...” „Przy wszystkich skurczach dodatkowych wszakże stan czynny rozchodzi się od pierwotnie podrażnionego miejsca równomiernie we wszystkich kierunkach“.

Ponieważ zarówno przy skurczach naturalnych jak i wywołanych sztucznie istnieją te same anatomiczne warunki i te same warunki rozchodzenia się stanu czynnego nie tylko przez mięśnie,

włókna Ludwiga, Albrechta, mostki Przewoskiego, lecz i inne części składowe mięśnia sercowego, to słuszniejszą rzeczą, zdaje się, będzie pozostać przy starej teorii Engelmana o równomiernego rozchodzenia się stanu czynnego po całej masie mięśniowej, teorii uświęconej zarówno doświadczeniem jakoteż słuszną dotychczas tradycją.

Nicolai, mówiąc o masie mięśniowej przedsionków, twierdzi, że składa się ona z włókien krzyżujących się we wszystkich kierunkach i że jakichkolwiek dominujących kierunków włókien najprawdopodobniej nie ma. Czynność mechaniczną przedsionków uważa badacz ten za nadzwyczaj prostą; elektryczne zjawiska zaś przedstawiają się w tak nieokreślonej i zarazem widocznie zacierającej się formie, że dokładne wnioski stają się prawie niemożliwe (*so daß präzise Schlüsse kaum möglich sind*). Krzywe w pracy niniejszej przytoczone stwierdzają, że w przedsionkach występują zupełnie takie same załamki jak i komorze, że załamek główny przedsionkowy P odpowiada w zupełności załamkowi komorowemu R, że w przedsionkach istnieją podobnie jak i w komorach warunki umożliwiające zarówno powstawanie załamka przedsionkowego q jak i przedsionkowego s, że wreszcie załamek T komorowy nie jest czemś swoistem dla komory zwierząt wyższych, lecz powstaje również i w przedsionku, w bijącej i wyosobnionej opuszce tętnicy głównej i t. d.

Wobec tego, że nie można przypuścić, iżby we wszystkich poszczególnych częściach serca (opuszka, zatoka, przedsionki) istniała taka sama budowa i podobny kierunek izolowanych włókien, jakiego dopatrył się Nicolai w komorze, wobec tego, że sam Nicolai nie znajduje w przedsionkach jakichkolwiek wyosobnionych włókien dających się wyodrębnić i posiadających jakiś specjalny kierunek, musi się przyjść do przekonania, że cały pogląd jego o rzekome istnieniu odrębnych izolowanych poniekąd dróg w masie mięśniowej komory, warunkującej przejście stanu czynnego w komorze, staje się niepotrzebnym. Tem samem — rzecz jasna — staje się dowiedzionem, że dawny, uświęcony badaniami i tradycją pogląd anatomów na budowę przedsionków i komór, jako na masy mięśniowe, tworzące jednolite siatki mięśniowe, pozostać musi w swych ostojach nadal niezachwiany. Że pomiędzy przedsionkami i komorami, przedstawiającymi oddzielne całości mięśniowe, istnieje mięśniowo-nerwowy łącznik w postaci pęczka *sui generis* Hisa-

Tawary, idącego poprzez pierścień ścięgniasty, to szczegól ten wcale nie dotyka ogólnie przyjętego poglądu anatomicznego na budowę przedsionków i komór i wyrażającego się w zupełnie słusznem i nieobalonym dotychczas twierdzeniu, że zarówno przedsionki jak i komory składają się z komórek mięśniowych, połączonych w jedną całość zapomocą mostków mięśniowych Przewoskiego i że pogląd ten znajduje poparcie embryologii¹⁾. Poszczególne braki hipotezy Nicolaia będą wykazane przy objaśnianiu załamek.

W doświadczeniach, przy których odprowadzano prąd od odkrawanych części serca, otrzymywałem zawsze mniej więcej typową krzywą elektrokardiograficzną, jaką się zwykle otrzymuje z całego serca, bez względu na to, czy odprowadzano prąd od odciętej i bijącej prawej części serca czy lewej, czy od serca, od którego odcięto część podstawy (przedsionków), czy też część wierzchołkową komory, czy też wreszcie, gdy odcinano zarówno lewą i prawą boczną część jakoteż górną i dolną i pozostawiano środkową część przedsionków i część komory. We wszystkich tych doświadczeniach otrzymywano stale krzywą charakterystyczną, podobną do krzywej, otrzymywanej z całego serca. Sam też Nicolai przyznaje, że jego elektrokardiograficzne studia na pokrajanych zygzakowato sercach („*beim Zickzackversuch*“ Engelmanna) wskazują również, iż w takich sercach stan czynny przechodzi po drogach nie izolowanych („*Übrigens haben unsere elektrokardiographischen Untersuchungen gezeigt, daß beim Zickzackversuch die Reizausbreitung auf nicht gebahnten Wegen erfolgt*“... str. 304). Nicolai więc przyjmuje, że w tych doświadczeniach i przy wszystkich skureczach dodatkowych stan czynny rozchodzi się od miejsca podrażnienia równomiernie we wszystkich kierunkach czyli po drogach nie wyosobnionych, i czyni tylko wyjątek dla skureczów naturalnych („*Somit bleibt nur als wesentliche Tatsache, daß die normale Erregung des Herzens in ganz bestimmten prädisponierten Bahnen verläuft*“... str. 305).

Przy przeglądzie piśmiennictwa znalazłem w odnośniku (l. c. str. 8) krótką uwagę Nicolaia o doświadczeniach dokonanych w Neapolu na sercach niektórych bezkręgowców (rakach, małtwach i t. d.). „Zasadniczo nie różnią się elektrokardiogramy te od elek-

¹⁾ E. Godlewski, Über die Entwicklung des quergestr. musk. Gewebes. Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie 1901, oraz: Rozwój tkanki mięsnej w mięśniach szkieletowych i w sercu zwierząt ssących, Kraków 1901. Nakł. Akademii Umiejętności.

trokardyogramów kręgowców“, stwierdza na zakończenie Nicolaia. Czyż ma to znaczyć, że serca bezkręgowców (np. raków) „zasadniczo“ nie różnią się pod względem budowy od serc zwierząt wyższych i że w sercu np. raka istnieją „zasadniczo“ takie same drogi, poniekąd izolowane, jakich Nicolaia dopatruje się w komorach człowieka? Na zasadzie wszystkich przytoczonych tu przeze mnie dowodów należy przyjść do wniosku, że krzywa elektrokardyograficzna nie upoważnia do robienia takiego wyjątku.

Jeżeli jednakże pogląd teoretyczny Nicolaia wydaje się nieuzasadnionym, to prace jego własne i dokonane również przy udziale współpracowników, głównie zaś dzieło napisane wspólnie z Krausem, stanowi i stanowić będzie prawdziwą skarbnicę spostrzeżeń elektrokardyograficznych klinicznych. Rozdziały wskazujące na rozpoznawcze znaczenie metody elektrokardyograficznej, a zwłaszcza należyte umotywowanie twierdzenia, że na krzywą elektrokardyograficzną klinicysta nie powinien zapatrywać się schematycznie, dalej, że skutkiem różnorodności czynników chorobowych, zachodzących przy chorobach serca, krzywa ma znaczenie symptomatyczne i t. d., rozdziały te i fakta przytoczone należą do najpiękniejszych rozdziałów ogólnej dyagnostyki chorób serca.

Pokrewny hipotezie Nicolaia jest również pogląd Rothbergera i Eppingera¹⁾, którzy elektrokardyogram uważają za wynik dwóch sił działających antagonistycznie we włóknach komory, podłużnych i kolistych. Podłużne włókna wywołują rzekomo podnoszenie się, koliste zaś opadanie struny, a przeto i linii załamek. Ponieważ przy rozbiorze poglądu Nicolaia starałem się dowieść, że kierunek poszczególnych włókien komory nie wpływa na wychylenie struny i że zarówno przedsionki jak i komory uważać należy na całości mięśniowe, połączone pęczkiem Hisa-Tawary, sądzę przeto, że przytoczone wyżej dowody wystarczą na stwierdzenie, iż hipoteza Eppingera i Rothbergera jest nieuzasadniona i nieoparta doświadczeniami.

Krytyce poglądu Einthovena i Nicolaia poświęca pracę swoją A. Hoffmann²⁾ p. t. *Zur Deutung des Elektrokardiogramms*. Zupełnie słusznie zaznacza on we wstępie do pracy swojej, że krzywa elektrokardyograficzna nie została dostatecznie wyjaśniona i że obecnie trudno jest na zasadzie zmian załamek poszczegół-

¹⁾ Wien. klin. Wochenschrift. Tom XXII. Nr. 31.

²⁾ Pflüger's Archiv 1910. T. 133.

nych lub całej krzywej wysnuwać wnioski o nieprawidłowych warunkach w sercu samem lub o jego czynności. Wówczas dopiero, gdy zjawisko krzywej elektrokardiograficznej będzie wytłumaczone dostatecznie, można będzie mówić o klinicznej metodzie elektrokardiografii. Na zasadzie swoich doświadczeń i ucznia swego Graua¹⁾ stwierdza Hoffmann, że zjawisko załamek grupy R jest złożone i że należy tę pierwszą część krzywej elektrokardiograficznej komory wyraźnie odróżniać od drugiej części krzywej i że obie te części nie zostały dostatecznie wyjaśnione. Zestawiając swoje doświadczenia z doświadczeniami Einthovena i Nicolaia, wykazuje szereg niekonsekwencji i nie dających się wzajemnie pogodzić faktów. Teorye Gotcha i Nicolaia zdaniem Hoffmanna mają w sobie dużo sztucznego (*gezwungenes*). Hoffmann przypomina, że już sam wygląd załamka Q, R, S z jednej strony, a załamek T z drugiej nasuwa pytanie, czy obie te grupy załamek nie są zależne od dwóch zupełnie różnych i odmiennych czynników. Opierając się na doświadczeniach Heringa i Salzmann'a, podług których mięśnie brodawkowe kurczą się wcześniej, aniżeli *conus arteriosus* komory prawej, dowodzi on (str. 538), że przy pierwszym skurczu mięśni brodawkowych stan czynny powinien iść w odwrotnym kierunku, gdyż stan czynny w muskulaturze mięśni brodawkowych rozpoczyna się u ich miejsca przyczepu czyli podstawy, a same mięśnie brodawkowe przebiegają od dołu ku górze. Od przejścia stanu czynnego przez mięśnie brodawkowe zależy powstanie załamka Q, który jest dlatego mały, gdyż krótki jest przebieg mięśni brodawkowych. „Stan czynny szybko (kórędy?) posuwa się następnie do podstawy, przytem w czasie, w którym nie zaczął się jeszcze skurcz mechaniczny, skutkiem tego powstaje wyraźna ujemność podstawy serca (?), która się wyraża w załamku R! Następnie stan czynny rozchodzi się od podstawy z powrotem znów do wierzchołka i to odpowiada wychyleniu S⁴.

Powstanie całej krzywej elektrokardiograficznej Hoffmann objaśnia sobie w sposób następujący: odróżnia on w tem zjawisku dwa odmienne fakta:

- 1) fakt przenoszenia się fali stanu czynnego (*Reizwelle*),
- 2) fakt przenoszenia się fali skurczu (*Kontraktionswelle*).

¹⁾ Grau, Über den Einfluß der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. Zeitschr. f. klin. Mediz. Tom 69. R. 1910.

Na zasadzie swoich doświadczeń przychodzi on do wniosku, że fala stanu czynnego jest niezależna od skurczu (*Die Reizwelle ist von der Kontraktion unabhängig*).

Podzieliwszy elektrokardyogram na dwie części, mianowicie na t. zw. grupę T i grupę R, Hoffmann przyjmuje, że grupa R i analogiczna grupa przedsionkowa P jest wyrazem stanu podrażnienia czyli wyrazem stanu czynnego serca. Zjawisko elektryczne grupy R występuje wcześniej aniżeli skurcz.

Następnie przychodzi „okres, w którym wprawdzie całe serce kurczy się perystaltycznie, okres, w którym całe serce zachowuje się izoelektrycznie, t. j. okres, w którym serce nie wytwarza prądów czynnościowych skutkiem wytworzenia się przynajmniej przez krótki czas warunków izoelektrycznych. Dopiero w chwili, gdy serce zaczyna częściowo się rozkurczać, wówczas z całej masy kurczących się mięśni te części, które najpóźniej się rozkurczają, są skutkiem tego w pewnej chwili jeszcze czynne w porównaniu z tymi mięśniami, które rozkurczyły się znacznie wcześniej; wówczas te właśnie ostatnie mięśnie czynne jeszcze, gdy już wszystkie inne zdążyły się rozkurczyć, zachowują się podobnie jak cynk i w ten sposób może powstać różnica potencjałów...“.

Pogląd ten, wypowiedziany również przez Baylissa i Starlinga, Hoffmann popiera doświadczeniami Heringa, z których wynika, że skurcz kończy się najpóźniej u podstawy komory. W ten sposób możliwe jest podług Hoffmanna, że w końcu każdego elektrokardyogramu pojedynczego skurczu sercowego powstaje znowu jedna fala, dająca wychylenie ku górze czyli załamek T. „Ta fala stopniowo powstających — dodaje autor — i wyrównywających się różnie potencjału w zależności od wolnego przechodzenia mięśni w stan rozkurczu, zdolna jest objaśnić powolny przebieg załamek T“.

Cały więc elektrokardyogram uważa Hoffmann za krzywą podrażnienia w sercu + koniec krzywej („*Die von mir versuchte Erklärung des Elektrokardiogramms als einer Kurve der Erregbarkeit des Herzens plus dem Ende einer Kontraktionskurve erklärt also die bisher von früheren Beobachtern nicht recht unterzubringende Zacke T...*“⁴, str. 574). Hoffmann przytem słusznie dodaje, że załamek T, jeżeli wziąć w rachubę obliczenie czasu, kształt i późne występowanie, nie został przez nikogo objaśniony bez zarzutu.

Widzimy więc, że i Hoffmann uznaje konieczność podzie-

lenia krzywej elektrokardiograficznej na części poszczególne, zależne od zupełnie różnych zjawisk, zachodzących w sercu. Z jednej strony t. zw. grupę R łączy on ze zjawiskiem prądów czynnościowych przedsukczowych, co w istocie odpowiada rzeczywistemu stanowi rzeczy, a cały okres mechanicznej czynności serca czyli, jak on go nazywa, „okres skurczu“ (a więc t. zw. grupę T), czyni zależnym od przebiegu fali skurczowej, względnie od chwilowego stanu skurczu poszczególnej części komory.

Jeżeli bezwzględnie, zdaje się, przyjęć należy jako zasadę konieczność podzielenia krzywej elektrokardiograficznej na poszczególne części, zależne od różnorodnych, dających się jednakże ściśle określić czynników, jeżeli Hoffmanna krytykę zwłaszcza klinicznej części metody elektrokardiograficznej gorąco polecić można każdemu klinicyście, to jednakże nie można się zgodzić na niektóre jego wnioski z dziedziny teoretycznej. Hoffmann, jak widzimy z własnych jego słów, wyobraża sobie, że skurcz komory rozpoczyna się w mięśniach brodawkowatych u ich podstawy czyli miejsca przyczepu. Zdaniem więc jego stan czynny musi także rozpocząć się w komorze od podstawy mięśni brodawkowatych. Idąc stąd po tychże brodawkowatych mięśniach, rozechodzi się ku górze, gdyż takie jest anatomiczne położenie tych mięśni (załamek Q): „Stan czynny szybko stąd wznosi się do podstawy serca (załamek R)“.

Otóż w tych dowodzeniach Hoffmanna tkwi poniekąd ten sam błąd, który popełnia Nicolai. Jeżeli bowiem przyjmiemy za rzecz udowodnioną, że stan czynny z przedsionków dochodzi do komory w ten sposób, iż występuje przede wszystkim u podstawy mięśni brodawkowatych, to niezrozumiałym i sprzecznym z zasadami ogólnego przenoszenia się stanu czynnego i faktami anatomicznymi pozostaje fakt, że od podstawy mięśni brodawkowatych stan czynny rozechodzi się jakoby tylko do podstawy komory, a nie jednocześnie w obie strony. Dlaczego, jak to twierdzi Hoffmann, od podstawy mięśni brodawkowatych stan czynny idzie naprzód wzdłuż tych mięśni ku górze, a następnie przechodzi „szybko“ ku podstawie serca, tego badacz ten nie wyjaśnił i drogi odpowiedniej nie wskazał. Niżej będzie dowiedzione, gdy mowa będzie o powstawaniu załamku Q, że krzywa elektrokardiograficzna nie daje wcale wskazówek, która część serca objęta jest wprawdzie stanem czynnym, czy wierzchołki mięśni brodawkowatych wogóle, jak twierdzi Hoffmann, czy wierzchołki wolnych tylko mięśni brodawkowa-

tych podług twierdzenia Nicolai'a, czy wreszcie wierzchołek komory czy też jej podstawa. Stan czynny bowiem w mięśniu sercowym bez względu na to, czy odprowadzamy go do galwanometru, czy nie, rozechodzi się w samym mięśniu komory jednocześnie zarówno ku górze, ku podstawie serca, jak i ku dołowi czyli ku wierzchołkowi serca.

Wreszcie należy wskazać jeszcze na jeden szczegół w pracy Hoffmanna. Załamek grupy T wiąże on ze stanem skurczu ostatnich włókien mięśniowych, najpóźniej ulegających rozkurczowi. Zjawisko odwrotnego załamka T stara się Hoffmann objaśnić tem, że skurcz odbywa się w tych wypadkach w odwrotnym kierunku (str. 574). Ponieważ nie tylko A. Hoffmann, lecz i wielu innych autorów, mówiąc o odwracaniu się kierunku załameków, wiążą ten fakt z odwracaniem się kierunku fali skurczowej, nie od rzeczy będzie zatrzymać się dłużej nieco i rozpatrzeć to twierdzenie. Że zapomocą sztucznych podrażnień, np. wierzchołka serca, poprzednio nie bijącego lub będącego w stanie rozkurczu, można wywołać odwrotny „nienaturalny“ przebieg fali skurczu i odmienny przebieg kierunku załamka elektrokardiograficznego, będącego ścisłym wyrazem takiego nienaturalnego skurczu, to nie upoważnia nas jeszcze wcale do tego, ażebyśmy odwrotnie każde odwrócenie jakiegokolwiek załamka w złożonym zjawisku krzywej elektrokardiograficznej mieli prawo łączyć z odwróceniem się kierunku skurczu mięśni. Gdyby każde odwrócenie się załamka łączyć z nienaturalnym skurczem, to przyszłoby się do przekonania często błędnego, że serce lub poszczególne jego części kurczą się nieprawidłowo, a nawet odwrotnie. Musiałoby to wywołać zaburzenia w krwiobiegu, któreby od razu rzucały się w oczy klinicyście. Tymczasem okazuje się, że często napotkać można np. odwrócenie się załamka T, zwłaszcza przy specjalnych warunkach (Einthoven T_{III}) u ludzi zdrowych lub niewykazujących zaburzeń w krwiobiegu. Nie zaprzeczając więc, że zarówno w warunkach chorobowych jak i w sztucznych doświadczalnych może powstawać odwrotna fala skurczu mechanicznego, sądzę jednakże, że należy być naogół nadzwyczajnie oględnym z tem zjawiskiem odwrotnego skurczu mięśnia sercowego.

Jeżeli w okresie, który nazwałem S_0T , dopuszczam możliwość zmieniania się kierunków załameków w tę lub ową stronę i jeżeli, jak to będzie przytoczone, jesteśmy w stanie dowolnie i świadomie

wywołać w tym okresie ten lub inny kierunek wychylenia struny, to uczyniłem to dlatego, że okres ten jest wyrazem nie prądów czynnościowych t. zw. „przedskurczowych“ lecz prądów zależnych od przemiany materji w mięśniu, dokładniej: od jonów, powstałych w mięśniu podczas tej przemiany materji. Prądy czynnościowe przedskurczowe („*Aktionsströme*“ lub „*negative Schwankung*“ niemieckich autorów), których wyrazem jest grupa P i q przedsionkowa i grupa R i Q komorowa, wskazują rzeczywiście na kierunek przebiegu stanu czynnego, po którym natychmiast po krótkim okresie występuje zjawisko fali skurczowej, posuwającej się w tych samych co i stan czynny kierunkach. Dlatego też oba te zjawiska P i R odznaczają się taką stałością.

Na to, ażeby w poszczególnych chorobowych przypadkach twierdzić, że odwraca się załamek R, trzeba będzie przedewszystkiem dowieść, że ten odwrócony załamek odpowiada rzeczywiście R, a nie jest np. tylko wybitniej występującym załamkiem Q, i wówczas dopiero można będzie mówić o odwróceniu się kierunku fali stanu czynnego i kierunku fali skurczu, a więc o odwrotnym, nieprawidłowym skurczu. A. Hoffmann w swoim zarysie krytycznym poglądu Einthovena i Nicolai'a zaznacza wyraźnie, że przytoczona przez niego próba tłumaczenia zjawiska elektrokardjogramu wymaga dalszych doświadczeń i dokładniejszego badania i że jest dalekim od mniemania, jakoby objaśnienie to było wyczerpujące („*ich bin weit davon entfernt, diese Erklärung als eine abschliessende hinzustellen*“).

Odmiennym od poglądów wyżej wymienionych badaczów jest pogląd I. De Meyera¹⁾. Autor ten otrzymywał krzywe elektrokardjograficzne w sposób następujący. Izolowane serce żaby lub żółwia zawieszal na rurce przyrządu Kroneckera do sztucznego krążenia; serce wraz z rurką (*le coeur muni de sa canule*) pogrązał w naczyniu zawierającym roztwór fizjologiczny, wewnątrz zaś serca i kaniulki wypełniał odwłóknioną krwią ciętą, rozcieńczoną fizjologicznym roztworem NaCl 6‰ (str. 79). Jedną elektrodę umieszczał w ten sposób, że odprowadzała prąd od naczynia zewnętrznego

¹⁾ I. De Meyer, Sur de nouveaux courants d'action du coeur et sur les variations de l'oscillation négative. Arch. Internat. de Physiol. 1907. Vol. V. Str. 176.

I. De Meyer, Sur un nouve électrocardiogramme et sur la variabilité des courants d'action. Ibidem. Vol. VI. 1908.

nego, a więc od powierzchni zewnętrznej serca, druga zaś odprowadzała od rozcieńczonej krwi wypełniającej wnętrze serca i rurki weń włożonej, a więc od wewnętrznej powierzchni serca. De Meyer w swoich doświadczeniach otrzymał zupełnie odmienne krzywe elektrokardiograficzne. „Nasz elektrogram typowy (schemat C), odpowiadający skurczom dowolnym“ — podaje De Meyer — „składa się z dwufazowego wahanja, zawierającego pierwsze wychylenie negatywne (1), trwające bardzo krótko, bo zaledwie $1/5''$, po którym następuje wychylenie pozytywne (2) znacznie dłuższe (około $7/5''$). Niekiedy występuje trzecie wahnienie (3) o tym samym charakterze co i pierwsze (schemat D)“.

Na schematycznych rysunkach De Meyera widać, że miał on do czynienia z pierwszym wychyleniem, idącym ku dołowi, czyli będącym pod linią poziomą; od najniższego punktu tego załamka idzie zwolna ku górze linia, która przekroczywszy linię poziomą również wolno, tworzy wychylenie dodatnie i wraca do poziomu; w tych przypadkach, gdy zstępujące ramię tego drugiego wychylenia dojdzie poniżej linii poziomej, powstaje wychylenie trzecie tego samego kierunku co wychylenie pierwsze. De Meyer w ten sposób streszcza wynik swoich doświadczeń: Jeżeli streścimy fakty, które wynikają z doświadczeń naszych, to widzimy, że nowy nasz sposób odprowadzania prądów czynnościowych serca dostarczył nam elektrokardiogramu, różniącego się bardzo od tego, który się otrzymuje wówczas, gdy umieszcza się elektrody na powierzchni mięśnia sercowego. Badanie tej krzywej wskazało nam, że w sercu żaby i żółwia istnieje rozkojarzenie czynności zewnętrznych włókien mięśniowych, mięśnia sercowego i gęstej warstwy włókien wewnętrznych (*une dissociation fonctionnelle entre les fibres musculaires externes du myocarde et la couche épaisse de fibres internes*)“.

„W olbrzymiej większości przypadków sieć mięśniowa zewnętrzna kurczy się wcześniej niż włókna wewnętrzne, skurcz sieci tej — sądząc według czynnościowego prądu — trwa krótko i jest słaby (*est brève et peu intense*) w przeciwieństwie do skurczu włókien wewnętrznych, które dają prąd czynnościowy 3—4 razy większy i przeciętnie 10 razy dłuższy. W niektórych przypadkach obie warstwy mięśniowe kurczą się razem i prąd czynnościowy z „dwufazowego“, jakim był poprzednio, staje się „jednofazowy“.

Odmienne krzywe elektrokardiograficzne, które De Meyer

otrzymał w odmiennych warunkach odprowadzania prądów sercowych, nie upoważniają bynajmniej do czynienia tak daleko sięgającego wniosku autora, jakoby kształt krzywej elektrokardiograficznej zależał od rozkojarzenia czynności warstwy zewnętrznej i wewnętrznej mięśnia sercowego. Doświadczenie proste bowiem przeczy wnioskowi De Meyera. Jeżeli zrobić mały otwór w jednym z przedsionków i przez powstałe w ten sposób okienko włożyć do wnętrza komory elektrodę z zachowaniem wszelkich ostrożności, ażeby elektroda ta nie dotykała się włókien zewnętrznych, a drugą elektrodę ustawić na zewnętrznej stronie serca, to otrzymujemy zwykłą krzywą elektrokardiograficzną, mimo że w doświadczeniu tem górna elektroda odprowadza od zewnętrznej warstwy serca, dolna od wewnętrznej. Również zwykłą krzywą komorową otrzymałem, gdy wywoływałem skurcz odciętej i niebijącej komory, drażniąc mechanicznie jej podstawę, podczas gdy jedna elektroda dotykała zewnętrznej powierzchni komory, a druga, włożona do komory, dotykała wewnętrznej jej warstwy mięśniowej.

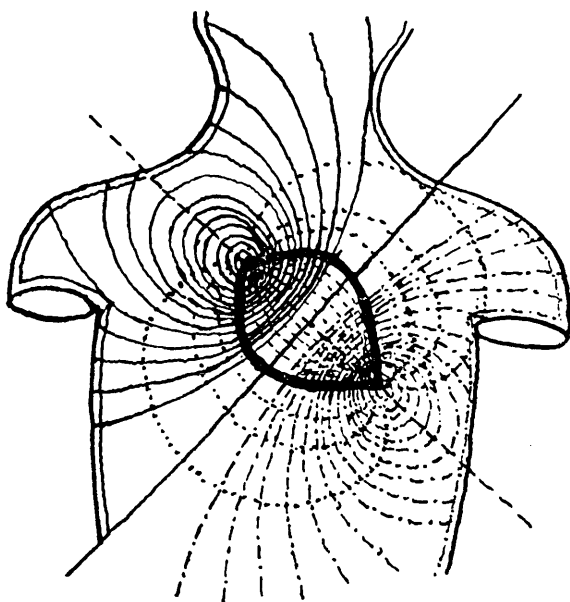
Dlaczego De Meyer w odmiennych warunkach w doświadczeniach odmienne otrzymywał krzywe, wyjaśnione będzie, gdy mowa będzie o rozchodzeniu się prądów sercowych po ustroju wogóle i o warunkach, zachodzących przy odprowadzaniu prądów ku galwanometrii.

O rozchodzeniu się po ustroju prądów elektrycznych, powstających w sercu.

Wobec istnienia zasadniczych różnic w sposobach wyjaśnienia szczegółów krzywej elektrokardiograficznej należy przedewszystkiem poruszyć jedną ogólną sprawę, mianowicie sprawę rozchodzenia się prądów elektrycznych, powstających w sercu, po ustroju całym i zależność kształtu krzywej elektrokardiograficznej od położenia serca.

Waller pierwszy wykazał zapomocą elektrometru Lippmanna, że w sercu ludzkim można wykazać prądy elektryczne. Jest to stanowczo niezaprzeczoną i wielką jego zasługą. Prądy elektryczne powstające w sercu rozchodzą się po całym organizmie człowieka lub zwierzęcia, gdyż w organizmie tym znajdują się tkanki i soki, zdolne przewodzić prąd elektryczny gorzej lub lepiej. Na serce zapatrywać się można jako na źródło elektryczności, w pewnym zna-

czeniu więc niejako baterję elektryczną, otoczoną narządami i płynami, które przewodzą prąd. Np. kończyny rękę i nogę uważać można za koniec elektrod, odchodzących od baterji i jeżeli te elektrody połączymy w odpowiedni sposób z galwanometrem, to oczywiście otrzymamy wychylenie struny galwanometru. Waller utworzył sztuczny schemat, ilustrujący podług niego rozchodzenie się prądu po ciele ludzkim i wskazujący linie izoelektryczne. Zgodnie z tym wzorem, który tu (rys. 1) przedstawiamy, Waller dzieli



Rys. 1.

organizm na dwie części, przyczem część dolna ciała wykazuje potencjał wierzchołka serca, a górna potencjał podstawy serca. Linia dzieląca organizm na dwie części, jak widać z wzoru Wallera, idzie skośnie mniej więcej przez środek serca, względnie komór. Do górnej części odnosi Waller głowę, szyję, prawą rękę i prawą część tułowia, a do dolnej lewą rękę, pozostałą część tułowia i obydwie nogi. Gdyby wzór Wallera, wykazujący różnicę potencjałów w ciele ludzkim, był prawdziwy, to np. nogi ludzkie byłyby izopotencyalne i prądów do nich i krzywej elektrokardiograficznej z nóg nie możnaby było otrzymać. Tak samo nie mo-

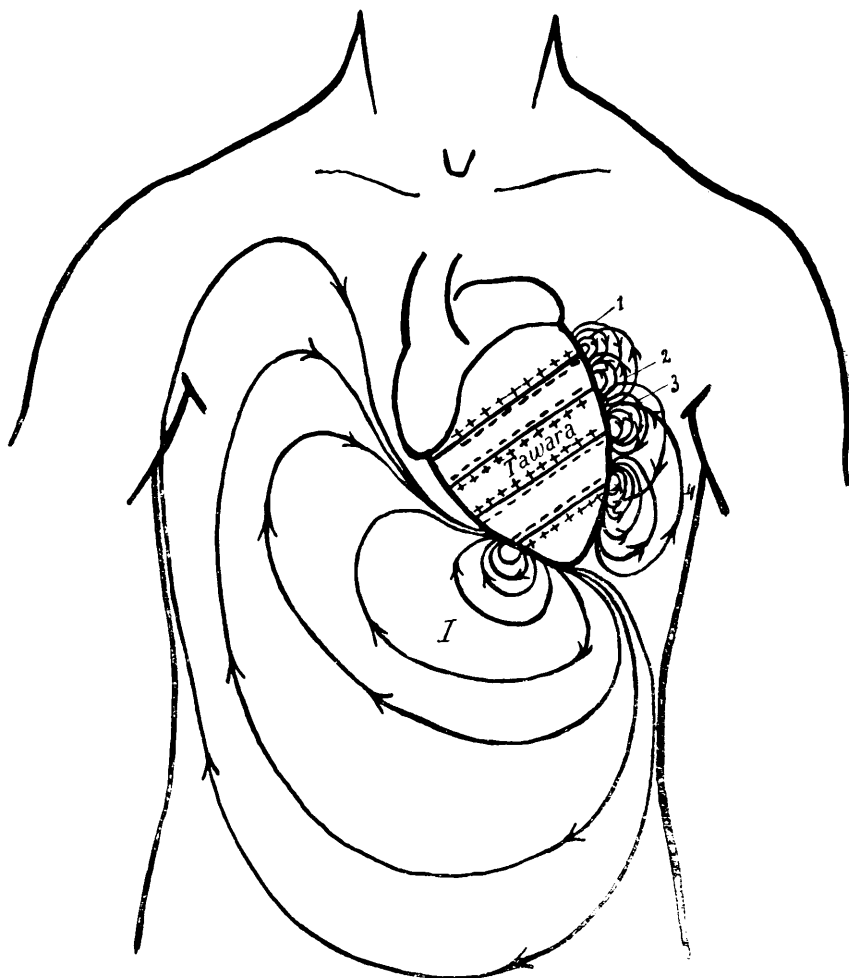
żnaby np. otrzymać krzywej elektrokardjograficznej z dolnej części brzucha, następnie przy odprowadzeniu z ust i prawej ręki i t. d. Poszukując izopotencjalnych miejsc na przednich częściach tułowia, nie mogłem ich znaleźć zarówno na górnej jak i na dolnej części pomimo, że odprowadzałem np. od linii białej zapomocą elektrod niepolaryzujących z miejsc odległych od siebie niespełna na 2—4 cm. Okazuje się więc potrzeba wyjaśnienia, w jaki sposób rozchodzą się prądy elektryczne sercowe po ustroju.

Serce, jak już mówiłem, uważać należy za źródło elektryczności.

Z chwilą, gdy przez jakąkolwiek część serca przechodzi stan czynny, znaczy to, że w miejscu tem tworzy się jakby powierzchnia elektromotoryczna z dwiema warstwami jonów, z których dodatnie, jako bardziej szybkie, są na przodzie, a ujemne pozostają z tyłu. Skutkiem wytworzenia się różnicy potencjałów powstaje prąd i prąd ten oczywiście odprowadzić możemy do galwanometru, ponieważ zarówno w samym sercu jak i w całym ustroju istnieją najrozmaitsze ciecze i części tkanek dobrze przewodzących prąd i mogące skutkiem tego zamykać prąd wychodzący z serca. Oczywiście, że galwanometr będzie wykazywał tylko część tej różnicy potencjałów, które istnieją w częściach ciała połączonych z galwanometrem jako jednej z pętlic. Skutkiem tego oczywiście prąd ten już może niekiedy nawet nie dojść do galwanometru. Z tego także wynika, że przy odprowadzeniu bezpośrednio z serca psa, np. po otwarciu klatki piersiowej, spodziewać się należy znacznie silniejszych prądów, aniżeli przy odprowadzeniu prądów tego samego psa z kończyn. I tak jest w istocie, jak się nieraz przekonałem.

Możemy sobie wyobrazić, że w sercu po wytworzeniu się z tego lub innego powodu różnicy potencjałów pomiędzy elektrojenną i elektrododatnią częścią serca, powstaje całe mnóstwo ubocznych zamknięć, po których płynie prąd, i że odprowadzając prąd z powierzchni ciała lub z dwóch kończyn, odprowadzamy właściwie prąd od jednej z linii ubocznego zamknięcia. Że nawet w wyciętem i bijącym sercu samem żaby istnieją uboczne zamknięcia, świadczy o tem fakt, że gdziekolwiek przystawimy elektrody, czy na przedsiódkach, czy na komorze, czy wreszcie na opuszcze serca (Krzywa Nr. 16), otrzymujemy całkowitą krzywą elektrokardjograficzną serca, a więc zarówno krzywą przedsiódkową jak i komorową.

Sama forma pęteli ubocznych zamknięć zmienia się wciąż z tego powodu, iż elektromotoryczna powierzchnia z dwoma rzędami jonów



Ryc. 2. Schemat ilustrujący pętle ubocznych zamknięć czyli linie rozchodzenia się prądów po ustroju.

- | | |
|----|--|
| 1) | Pętle warunkujące powstawanie załamek Q. |
| 2) | " " " fazy S, (dla załamek Q). |
| 4) | " " " " R. |
| 3) | " " " fazy S (dla załamek R). |

jest ruchoma i przynosi się w komorze co najmniej np. z miejsca wejścia pęczka Tawara ku wierzchołkowi i] podstawie komory.

Z wzoru podanego wynika też, że należy spodziewać się zmian w krzywej w zależności od zmiany położenia serca. Już sam fakt otrzymywania krzywej elektrokardiograficznej świadczy o tem, że położenie serca wpływa na formę i wielkość załamków. Gdyby bowiem wyobrazić sobie na chwilę, że serce leży symetrycznie względem obu połów tułowia, na podłużnej osi w samym środku tułowia, i że wszystkie części serca zbudowane są symetrycznie względem siebie, że wreszcie serce otoczone jest jednolitą tkanką, wypełniającą cały tułów, to najprawdopodobniej przy łączeniu symetrycznych części (ręka i ręka, noga i noga) nie udałoby się otrzymać krzywej elektrokardiograficznej, gdyż obwód idący od serca, jako od baterji, zamykałby się w tej jednolitej tkance i w ten sposób wyrównywałyby się różnica potencjałów a struna galwanometru nie wychylałaby się wcale. Ponieważ oś podłużna serca leży skośnie do podłużnej osi tułowia, ponieważ serce nie jest zbudowane symetrycznie i otoczone jest najrozmaitszymi narządami, płynami i tkankami, przeto powstawanie różnicy potencjałów na powierzchni ciała jest zrozumiałe.

Zwykły prawidłowy elektrokardiogram ludzki nie wykazuje np. załamek S, wystarcza jednakże, ażeby serce zmieniło położenie skutkiem warunków bądź fizjologicznych (np. głębokie oddychanie, topografia koniuszka serca noworodków i dzieci małych na zewnątrz od linii sutkowej), bądź patologicznych (przerost lewego przedsionka, plyn w opłucnej, zrosty i t. p.), bądź doświadczalnych (odciągnięcie serca ku lewej stronie), bądź wreszcie zбочeń rozwojowych (*dextrocardia*), ażeby zwykła linia ubocznego zamknięcia, odprowadzająca prąd od wierzchołka serca, odprowadzała w tych przypadkach już nie od wierzchołka lecz od prawego lub lewego brzegu środkowej części komory. W krzywej elektrokardiograficznej występuje wówczas wyraźny załamek S zupełnie analogicznie do tego, jak to dowiedzionem będzie niżej dla serca żaby przy odprowadzeniu od podstawy serca i środka komory. Linie bowiem ubocznego zamknięcia przez dolną kończynę lewą i prawą rękę będą w tych przypadkach przedstawiały najkrótszą drogę między podstawą serca a środkiem komory. Występowanie załamek S często zależne jest od położenia serca i związanego z tem lub owem położeniem sposobu odprowadzania. Załamek ten tylko wówczas świadczy o niezwykłym przebiegu przemiany materji w sercu, o ile stwierdzić się daje, że serce badanego osobnika

nie zmieniło swego położenia, względnie kształtu. Że kształt krzywej elektrokardiograficznej jest w pewnym stopniu zależny od umiejscowienia serca, pierwszy doświadczalnie stwierdził A. Hoffmann, a uczeń jego Grau¹⁾ stwierdził słuszność twierdzenia tego na odpowiednim materiale klinicznym; również cenny pod tym względem materiał znajdujemy u Krausa²⁾ i Nicolai³⁾.

Doświadczenia moje na psach na ogół potwierdzają słuszność spostrzeżeń Hoffmanna i Graua. Zaznaczyć przytem należy, że pole fizjologicznych doświadczeń pod tym względem jest poniekąd ograniczone i że materiał kliniczny stanowi obfitszą i bardziej urozmaiconą dziedzinę doświadczalną pod tym względem; to też materiał kliniczny już zebrany stanowić może cenny materiał dowodowy w tej sprawie, co bardziej szczegółowo rozpatrzone było przeze mnie w swoim czasie (Gaz. Lek. 1911) przy rozpatrywaniu nieprawidłowych krzywych Einthovena w ogólnym zarysie elektrokardiografii klinicznej⁴⁾.

Przytoczony wzór schematyczny linii ubocznego zamknięcia wyjaśnia i uwidocznia sprawę rozchodzenia się prądów po ustroju i sprawę pewnej zależności krzywej elektrokardiograficznej od umiejscowienia serca w ustroju.

Pogląd taki na rozchodzenie się prądu po ustroju i linię zamknięć tłumaczy również zjawisko, z którym miał do czynienia De Meyer, który jak wiadomo, odprowadzał prąd od całej powierzchni zewnętrznej izolowanego serca i od wnętrza serca, wypełnionego krwią odwłóknioną i rozcieńczoną solą. Zarówno w naczyniu jak i wnętrzu serca miał De Meyer do czynienia z liniami ubocznego zamknięcia, przyczem pętle zamykające rozmaite punkty zewnętrznej powierzchni oczywiście spotykały się z pętlami linii ubocznego zamknięcia powierzchni wewnętrznej. Ponieważ zaś linie ubocznego zamknięcia z dwóch odmiennych powierzchni rozchodzą się w odmiennie strony, to rzecz oczywista, że De Meyer przy swem odprowadzeniu miał do czynienia właściwie z algebraiczną

¹⁾ Grau, Über den Einfluß der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. Zeitschr. f. klin. Mediz. 69. Heft 3 u. 4.

²⁾ Kraus und Nicolai, Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen, 1910.

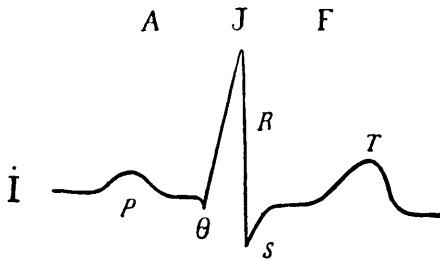
³⁾ Nicolai, Das Elektrokardiogramm bei Dextrokardie und anderen Lageveränderungen des Herzens. Berl. klin. Wochenschr. Nr. 2. 1911.

⁴⁾ Przegląd Lekarski. 1911.

sumą prądów, idących jakby po liniach ubocznego zamknięcia w dwie odmiennie strony. t. j. na lewo i na prawo; tem się daje tłumaczyć, że autor ten otrzymywał wychylenie ku dołowi, następnie długą, zwolną wznoszącą się ku górze linię, która po przejściu stanu czynnego przez całe serce wracała do O.

Zwykle szczegóły krzywej, czyli poszczególne załamki w krzywej De Meyera zacierają się i nie występują skutkiem możności zamknięcia prądu w samym płynie i mogących powstać najrozmaitszych kombinacji ubocznych zamknięć w płynie otaczającym serce i w płynie znajdującym się wewnątrz serea.

Typowy wzór krzywej elektrokardiograficznej podany przez Einthovena i przyjęty na ogół przez badaczy przedstawia się w sposób następujący:



Ryc. 3.

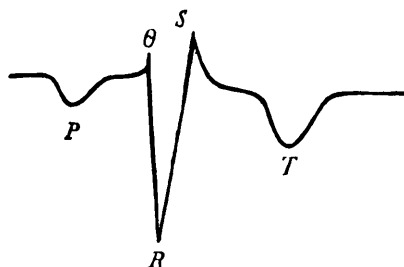
Na tej krzywej uwidoczniiony jest szereg załameków, z których trzy mianowicie P, R, T, zwrócone są w jedną stronę, a załamki Q i S w drugą, pozostała zaś część krzywej przedstawia się w kształcie krótszych lub dłuższych linii prostych, leżących poziomo i łączących powyższe załamki w jedną całość, która przedstawia sobą krzywą elektrokardiograficzną, czyli elektrokardiogram jednego całkowitego okresu czynności serca (*evolutio cordis*).

Początkowo Einthoven podzielił krzywą elektrokardiograficzną na dwie główne części i sądził, że zarówno załamek P jak i Q zależne są od przedsionka, a załamki R, S, T od komory; jednakże wkrótce sam przekonał się, że załamek Q nie jest zależny od przedsionka, lecz że odnieść go należy do załameków komorowych. Wogóle zaś w sprawie poszczególnych załameków krzywej należy stwierdzić fakt, że istnieje zgodność w objaśnianiu powstawania tylko wychyleń P i R, a co do objaśniania wychylenia

Q, S, T badacze różnią się między sobą wybitnie. Wciąż zaś występujące te różnice poglądów są dowodem, że objaśnienie jest jeszcze niewystarczające. Okazuje się, że istniejące poglądy (Einthovena, Krausa i Nicolaia, Samojłoffa, Eppingera i Rothbergera, Hoffmanna, De Meyera i t. d.), aczkolwiek ulegają ciągłym zmianom i uzupełnianiom, nie są jednakże w stanie ująć zjawiska krzywej elektrokardiograficznej w jednolitą całość i sprowadzić ją do zjawisk prostych, będących w zgodności z ogólną elektrofizjologią mięśni i serca.

Zanim przejdę do doświadczeń własnych, pragnę z góry wskazać na źródło pewnych błędów i zamieszania pojęć, wynikające z nieściślej terminologii. Einthoven, a za nim wszyscy prawie badacze przedstawiają krzywą elektrokardiograficzną w ten sposób, że załamki P, R i T zwrócone są ku górze, a załamki Q i S ku dołowi. Ponieważ przy określeniu kierunku prądu w okresie powstawaniu tych załamek, górna część serca odgrywa rolę bieguna ujemnego, dolna zaś dodatniego, przeto wychylenia P, R i T należy nazwać ujemnymi, Q zaś i S dodatnimi. W przypadku pierwszym (P, R i T) prąd jest zstępujący, w drugim zaś wstępujący. Taką krzywą otrzymuje się wówczas, kiedy górna część serca połączona zostanie z dolnym końcem nitki galwanometru, a dolna część serca z górnym jej końcem przy określonym kierunku prądu w elektromagnesach galwanometru. Ponieważ często wychylenie oznaczone przez Einthovena literą T zmienia swój kierunek, czyli odwraca się na takich krzywych ku dołowi, autorowie zamiast nazwać T dodatniem nazywają je błędnie ujemnem, co jest w sprzeczności z kierunkiem prądu. Błąd ten, zdaje się, powstał stąd, że ogólnie, jak wiadomo, zgodzono się we wszystkich metodach graficznych oznaczać ilości dodatnie ponad linią poziomą, a ujemne pod nią; Einthoven przez połączenie swoje otrzymał i przedstawił wbrew ogólnie przyjętemu zwyczajowi wychylenia struny, gdy górna część serca jest ujemna, jako zwrócone ku górze, a wychylenia odwrotne jako zwrócone ku dołowi. Badacze następni przy połączeniach wzorowali się na Einthoveni e. Mówiąc jednakże o odwróceniu się załamka np. T, zapominają o kierunku prądu; opierając się zaś na ogólnym zwyczaju, przyjętym w grafice, zupełnie dowolnie załamkowi T nadali nazwę ujemnego, mimo że wówczas właśnie wychylenie to świadczy o zmianie górnej części serca na dodatnią.

Ażeby uniknąć w przyszłości podobnych błędów, używać będę tutaj stale połączenia serca z galwanometrem, wprowadzonego słusznie przez prof. Cybulskiego w zakładzie fizyologicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, mianowicie połączenia górnej części serca z górnym końcem nitki galwanometru, a dolnej części z dolnym końcem nitki. Przytem kierunek prądu w elektromagnesach musi być taki, ażeby nitka wychylała się w kierunku sygnałów, gdy górna część serca jest ujemna, t. j. gdy prąd w mięśniu sercowym płynie z góry na dół, czyli jest zstępujący. Otrzymuje się wówczas oczywiście krzywą z wszystkimi tymi załamkami, które otrzymywał Einthoven; różnica polega na tem, że załamki Einthovena P, R, T, ujemne, zwrócone są ku dołowi, a załamki Q i S zwrócone są ku górze. Jako przykład niechaj posłuży krzywa następująca:



Ryc. 4.

Takie przedstawienie krzywej ma jeszcze tę dodatnią stronę, że krzywa staje się rzeczywiście odzwierciedleniem kierunku prądów w samym mięśniu sercowym, gdyż np. załamek R, zwrócony na naszych wizerunkach ku dołowi, świadczy o tem, że prąd w mięśniu idzie również ku dołowi, t. j. ku wierzchołkowi serca.

Co się tyczy metody badania, to zaznaczyć należy tu pokrótce, że za podstawę badań wziąłem zjawiska elektryczne serca żabiego; prąd odprowadzany był stale bezpośrednio od serca, z którego z zachowaniem wszelkiej ostrożności zdejmowano osierdzie; prąd odprowadzano zapomocą elektrod niepolaryzujących z hubki brzozej (t. zw. *Birkenpitz*), stale używanych w zakładzie fizyologicznym zamiast wszelkich innych.

Ponieważ niektóre zjawiska wymagały sprawdzenia na sercach większych, zaznaczam, że prąd elektryczny od serc psów był od-

przewodzący zapomocą takichże elektrod po otworzeniu klatki piersiowej zwierzęcia unieruchomionego zapomocą kurary. W przypadkach zaś, gdy okazywała się potrzeba odprowadzania prądów pośrednio od kończyn psa, używałem stale elektrod niepolaryzujących, specjalnie w tym celu przeze mnie urządzonych. Elektrody te składają się z kawałka rury gumowej (długości 25 cm) używanej do samochodów lub rowerów, w którą wkładano kończynę zwierzęcia; dno rury stanowił krążek cynku amalgamowanego, a śróbka miedziana, przymocowana nazewnątrz do tego krążka, pozwalała łączyć powstałe w ten sposób gumowe naczynie o dnie cynkowym z drutami, prowadzącymi do galwanometru. Nalewając do rury stężonego roztworu siarczanu cynkowego, otrzymywano w ten sposób wygodne elektrody niepolaryzujące, które bardzo łatwo dają się nakładać na kończyny zwierzęcia, zbierają prąd z całej prawie kończyny i stale utrzymują powierzchnię skóry w stanie wilgotnym.

W celu otrzymywania elektrokardjogramów ludzkich stosowano ogólnie przyjęte elektrody niepolaryzujące, składające się z naczyń glinianych, wypełnionych stężonym roztworem siarczanu cynkowego i połączonych z drutami galwanometru zapomocą blaszki cynku amalgamowanego.

Ponieważ doświadczenia, jak to niżej będzie dokładnie podane, dokonywane były nie tylko na całych sercach, lecz i na wyciętych poszczególnych częściach serca żabiego (np. na przedsionkach po doszczętnem odcięciu komory, na zatoce żyłnej po doszczętnem odcięciu przedsionków i komory, na bijącej opuszce tętnicy głównej po odcięciu całkowitem od komory i przedsionków), zaznaczyć należy, że po każdym ustawieniu elektrod usuwano całkowicie wszelką możliwość ubocznych prądów (np. t. zw. prąd spoczynkowy skutkiem uszkodzenia), gdyż zapomocą kompensacji ustawiano przed każdym fotografowaniem strunę galwanometru na 0 tak, iż ani zamykanie, ani otwieranie systemu drutów przewodzących do galwanometru nie wywoływało zmian w położeniu struny.

Krzywa przedsionkowa.

(Załamki q, P, s).

Na krzywych elektrokardjograficznych żaby, człowieka i t. d., najczęściej otrzymuje się jeden załamek wyraźny, oznaczony przez Einthovena literą P, a przez Nicolaia literą A (*Atriumzacke*).

Aczkolwiek Samojloff, Nicolai i Kraus, Hering i inni autorowie zauważyli, że krzywa przedsionkowa składa się z kilku części, jednakże na ogół krzywa przedsionkowa była traktowana po macoszemu.

Ponieważ krzywa elektrokardiograficzna komory wskazywała wybitne załamki Q, R, S, T, wszyscy autorowie zwrócili baczniejszą uwagę na załamki komorowe i wszystkie ich teorie zbudowane są właściwie wyłącznie prawie po to, ażeby objaśnić załamki komorowe. Taką jest np. embryologiczna hipoteza Gotcha i oparta na niej hipoteza Krausa i Nicolaia, jak również pogląd Einthovena. Takie nieodpowiednie traktowanie szczegółów krzywej przedsionkowej dlatego tylko, że występują one mniej wybitnie, miało ten skutek, że wszyscy niemal autorowie zaczęli łączyć zjawisko elektryczne komorowe z odmienną budową anatomiczną komory i przeoczyli ogólne zjawisko, dające się stwierdzić zarówno w komorze jak i w przedsionkach żaby, zarówno w wyosobnionej, zupełnie oddzielonej, izolowanej i bijącej samodzielnie opuszcze tętnicy głównej (*Bulbus aortae*), jakoteż w bijącej samodzielnie po odcięciu przedsionków i komory zatoce żyłnej serca żaby, w bijących wpustach żył głównych i w sercach zwierząt (ryb, ostryg), które posiadają serca proste, jednopredsionkowe i jednokomorowe (raki), bez wszelkich zagięć spotykanych u zwierząt wyższych.

Jeżeli w czasie skurczu komory nałożyć na serce żaby tak zw. drugą przewiązkę Stanniusa i odciąć doszczętnie komorę, to krzywa przedsionkowa występuje bardzo wyraźnie. Na krzywej tej otrzymujemy wszystkie załamki, które występują w komorze i opisane zostały jako wyłącznie komorowe. (Krzywa Nr. 6 i 7; porównaj także Nry 1, 3, 5, 11, 12, 17 i 19).

Na załączonych krzywych przedsionkowych, otrzymanych w sposób wyżej opisany, widać załamek pierwszy zwrócony ku górze i analogiczny do załamka Q komorowego; oznaczać też go będą literą q; następnie załamek P Einthovena, zwrócony ku dołowi i wreszcie dotychczas, zdaje się, przez nikogo nie obserwowany, załamek przedsionkowy T Einthovena. Załamek ten oznaczany będzie literą t. Że taką krzywą przedsionkową otrzymać można bez odcięcia komory, świadczy o tem krzywa Nr. 5.

Druga przewiązka Stanniusa i odcięcie komory ma tę

dotatnią stroną, że jeżeli nałożyć przewiązkę w chwili skurczu komory, cała krew z niej przelewa się do przedsionków, przedsionki powiększają się w dwój- lub trójnasób i kurczą z niezwykłą siłą. Również wybitnie występują skurcze zatoki żyłnej, a nawet skurcze wpustów żył sercowych, i przykładanie elektrod niepolaryzujących nie przedstawia żadnych trudności.

Dowód, że załamek T Einthovena (F Nicolaia) nie jest swoistym tylko dla komory.

Przytoczone krzywe przedsionkowe stwierdzają, że i w przedsionkach występuje załamek t, odpowiednio do załamka komorowego T Einthovena; taki sam załamek przedsionkowy t można otrzymać i z przedsionka serca rybiego.

Jeżeli w sposób podany przez Engelmana¹⁾, któremu udało się otrzymać krzywą mechanicznego skurczu odciętej i izolowanej opuszki aorty, odłączyć całkowicie opuszkę aorty i umieścić taką bijącą opuszkę na płytce szklanej, to otrzymuje się, prócz głównego wychylenia, spowodowanego prądem czynnościowym, analogicznego do P przedsionkowego i R komorowego, również załamek analogiczny do załamka T Einthovenowskiego; załamek ten oznaczony będzie literą t^B. (Krzywe Nr. 13 i 14).

Krzywą elektrokardiograficzną opuszki tętnicy głównej można również otrzymać z całego serca żaby, wyciętego lub niewyciętego z tułowia. Należy tylko jedną lub obydwie elektrody odprowadzające umieścić na bijącej opuszce, jak świadczą o tem krzywe przytoczone (Nr. 16, również Nr. 15), na których po skurczu komory występuje wyraźnie krzywa opuszkowa wraz z wyraźnym załamkiem t^B.

Podobny zupełnie załamek t^{Sn} występuje również na krzywej zatoki żyłnej, od której, po odpowiedniemu przewiązaniu nitką, odcina się doszczętnie przedsionki i komory. Załamek t^{Sn} występuje również na całych sercach wyciętych lub niewyciętych, zwłaszcza o ile obydwie elektrody przyłożone zostaną do zatoki (Ryc. Nr. 18).

Ostryga posiada serce jednokomorowe i jednopredsiionkowe, zarówno przedsiionek jak i komora leżą na linii prostej, a naczy-

¹⁾ „Der Bulbus aortae des Frosches“. Pflüger's Archiv f. die ges. Phys. T. 29, 1882, str. 425.

nia wpadające do przedsionków i tętnica główna, wychodząca z końca komory, leżą na biegunowo przeciwległych punktach serca. Okazuje się, że z komory serca ostrzygi, które nie ulega takiemu zagięciu, jakiemu ulega serce zwierząt wyższych w okresie rozwojowym, otrzymuje się załamek T.

Podobne anatomiczne warunki zachodzą w sercu ryb (karpia, szczupaka i t. d.). Krzywe elektrokardiograficzne z serc rybich wykazują również załamek T. (Nr 19 i 20).

Załamek T występuje w jednokomorowym sercu raka, o czym świadczą krzywe Nr. 21, 22 i 23.

Jako dowód słuszności bronionego tutaj zapatrywania na załamek t przedsionkowy, t^B opuszkowy i t. p., przytoczyć możemy wkońcu krzywą otrzymaną przez Zbyszewskiego¹⁾ z serca izolowanego króliczego. „Dla przykładu — pisze Zbyszewski — załączam krzywą (patrz krzywa 6), otrzymaną ze serca, w którym się kurczył tylko przedsionek prawy, prąd zaś odprowadzono od przedsionka prawego (środką) i od koniuszka sercowego. Krzywa składa się z dwóch załameków: pierwszy niski, drugi wysoki, wskazujący różnicę potencjału od 4 do 4¹/₂ millivolt“. „Mimo, że krzywa jest tak zmieniona i „atypowa“, tak, że nie może nam wyjaśnić szczegółów krzywej normalnej, wskazuje jednak, jak wybitnie zmienia się kształt jej, gdy tylko niektóre części serca się kurczą. Przy nagromadzeniu się materiału i przez porównywanie możliwym zapewne będzie zróżniczkowanie charakterystycznych krzywych dla poszczególnych części serca“.

„Jeżeli powyższy elektrokardiogram nie może być wzięty za charakterystyczny np. dla przedsionka prawego, to...“ i t. d.

Zdaje się nie ulegać wątpliwości, że krzywą tę, którą Zbyszewski nazywa „atypową“, należy właśnie uważać za typową krzywą przedsionkową, w której pierwszy, niski załamek odpowiada zwykłemu P, a drugi, wysoki, lecz zwolna podnoszący się i powoli spadający, jest załamkiem przedsionkowym t. Dowód ten, przemawiający na korzyść mego poglądu na powstawanie załamka T (względnie t, t^B i t. d.), przytaczam jednakże z pewnym zastrzeżeniem, gdyż w doświadczeniach nad sercami izolowanymi niezwykle trudno sprawdzić, czy w jakiejkolwiek części serca nie

¹⁾ I. Zbyszewski. Spostrzeżenia nad elektrokardiogramem serca izolowanego. Lwowski Tyg. Lek. 1911. Nr. 7.

kurczą się poszczególne jakieś włókna. Skurcze te są często tak małe i tak trudno poddają się obserwacji, że nie tylko trudno je zapisywać mechanicznie, lecz trudno je dostrzedz gołym okiem. W takich przypadkach wychylenia struny galwanometru, świadczące jednakże o obecności małych skurczów włókien mięśniowych, zmuszały mnie do uciekania się do specjalnych sposobów oświetlania, przy czem przekonywano się, że ilekroć struna galwanometru wykazywała wychylenia, udawało się przy odpowiednim oświetleniu spostrzedz również drobniutkie skurcze włókien mięśniowych. Przyjmując jednakże wraz z autorem, że kurczył się tylko przedsionek prawy, można uważać to doświadczenie jego jako doświadczenie poniekąd na wyosobnionym bijącym przedsionku prawym i gdyby w doświadczeniu tem obie elektrody umieszczone były na przedsionku, możnaby prawie bez zastrzeżeń uważać krzywą Zbyszewskiego nie za „atypową“, lecz za typową krzywą przedsionkową.

Stwierdzić więc należy, że załamek T Einthovena (*F Nicolaia, F'inalschwankung*) nie jest czemś swoistem dla komory, lecz że stale towarzyszy zarówno czynności komory jak i przedsionka, jak również czynności opuszki tętnicy głównej i czynności zatoki żyłnej.

Zanim przejdę do objaśnienia, skąd powstają te poszczególne załamki, stwierdzić należy tu fakt, że krzywa komory w okresie pomiędzy S i T, która u człowieka zdrowego przedstawia zazwyczaj prostą linię poziomą czyli leży na O (u żaby często odwrócona jest w tę lub drugą stronę), może przedstawiać wychylenia w tę lub drugą stronę, również w analogicznym okresie krzywej opuszkowej, krzywej zatoki, krzywej bijącego wpustu żyły próżnej i t. d., jak świadczą o tem krzywe Nr. 2, 3, 6, 7, 14 i 18.

Z przytoczonych faktów wynika już poniekąd, że zbudowane z wielkim mozółem przez niektórych autorów hipotezy powstawania załameków w komorze, hipotezy oparte na kierunku włókien komory, stają się wątpliwe dlatego, że trzebaby przyjąć, iż podobną budowę do komory zwierzęcia wyższego posiada również i przedsionek żaby i ryby. komora ostrygi, serce raka, opuszka tętnicy głównej żaby, zatoka żylna żaby, a nawet wpust żył próżnych.

Wyjaśnienie powstawania poszczególnych załameków krzywej przedsionkowej i komorowej.

Elektrokardyogramy przytoczone wyżej świadczą, że krzywa przedsionkowa składa się z załameków: 1) q, 2) P, 3) s, 4) t, a krzywa komorowa z załameków: 1) Q, 2) R, 3) S, 4) T. Zarówno w przedsionkach jak i w komorze pomiędzy końcem załameka S a początkiem załameka T (względnie między s i t) znajduje się zazwyczaj pozioma linia, częstokroć jednak wyginająca się w jedną lub drugą stronę; linię tę nazywać będziemy w krótkości linią s_0t w przedsionkach, a S_0T w komorze.

Oczywista, że analogiczne załamki powinny mieć analogiczne źródło powstawania. Rozpatrzmy naprzód załamki komorowe, które jako bardziej wybitne, zwrócili przedewszystkiem uwagę badaczy i stały się powodem powstania najrozmaitszych hipotez.

Najstalszym i najwybitniejszym załamkiem komorowym jest załamek R. Załamek ten słusznie przez wszystkich prawie badaczy uważany był za zależny od przejścia stanu czynnego w komorze do wierzchołka. Co do załameka P i S zdania są podzielone i żadne z dotychczasowych objaśnień nie okazało się wystarczającym. Einthoven z początku przypuszczał, że załamek oznaczony przez niego literą Q odnieść należy jeszcze do załameków przedsionkowych. Kraus i Nicolai przypisywali powstanie Q przejściu stanu czynnego przez t. zw. wolne mięśnie brodawkowe (*die freien Papillarmuskeln*) (l. c., str. 175), w których jakoby stan czynny przechodzi w odwrotnym kierunku, a więc w stosunku do serca od wierzchołka do podstawy.

Zaznaczyć należy, że ten pierwszy komorowy załamek odwrotny do głównego załameka R (zjawiającego się natychmiast po Q), występuje na ogół dość rzadko przy pośrednim odprowadzaniu prądów u człowieka i zwierząt. Jest jednakże zjawiskiem prawie stałym przy bezpośrednim odprowadzaniu od serca, zwłaszcza psów. Powstawanie załameka Q objaśnić się daje w sposób następujący: Cybulski i P. Hoffmann¹⁾, a także Lee w doświadczeniach elektrofizjologicznych nad zwykłymi mięśniami poprzecznie prążkowanymi zauważyli, że jeżeli np. wziąć mięsień łydkowy żaby wraz z nerwem, a elektrody odprowadzające ustawić

¹⁾ Paul Hoffmann, Über das E-m des Gastrocaemius des Frosches. Archiv f. Physiologie (Rubner), 1909. Zeszyt 4—6.

odpowiednio, to po podrażnieniu nerwu, oprócz dużego zwykłego wychylenia w jednym kierunku, udaje się czasem otrzymać wcześniejsze wychylenie maleńkie odwrotne, świadczące, że wcześniej przeważył i wystąpił w galwanometrze prąd w odwrotnym kierunku. (Ryc. Nr. 30). Zjawisko to wymienieni badacze objaśnili tym faktem anatomicznym, że nerw wchodzi do mięśnia na granicy górnej jego $\frac{1}{3}$ części, czyli umiejscowieniem t. zw. równika nerwowego w mięśniu. Stan czynny z nerwu przechodzi więc na mięsień jednocześnie w dwóch kierunkach: po pierwsze od punktu wejścia nerwu do górnego ścięgna i po drugie w kierunku odwrotnym od nerwu do dolnego ścięgna. Z przytoczonej więc tu krzywej Cybulskiego, zaczerpniętej z pracy jego, przedstawionej na zjeździe fizjologów w Wiedniu (1910), przekonać się można rzeczywiście, że występuje na niej naprzód wychylenie, odpowiadające przenoszeniu się stanu czynnego od nerwu do górnego ścięgna, a następnie wychylenie duże, odwrotne, odpowiadające przenoszeniu się stanu czynnego od nerwu do dolnego ścięgna.

Zupełnie podobny fakt zachodzi w komorze.

Jak wiadomo, przedsionki łączą się z komorami zapomocą pęczka, składającego się przeważnie z mięśni i znanego w piśmiennictwie pod nazwą pęczka Hisa-Tawary. Pęczek ten u zimnokrwistych był opisany po raz pierwszy w r. 1883 przez Gaskell'a. His (1883) i Kent dowiedli istnienia tego pęczka u ciepłokrwistych, a Tawara¹⁾ najdokładniej opisał zarówno przebieg, jak i budowę anatomiczną tego pęczka, składającego się głównie z mięśni, zawierającego jednakże, jak to wyraźnie zaznacza Tawara, również i nerwy. Wszyscy autorowie zgadzają się obecnie, że przez ten pęczek Hisa-Tawary przechodzi stan czynny z przedsionków do komory. Ponieważ jednakże pęczek ten jest bardzo cienki i objętość jego nie przekracza paru mm, to podczas przechodzenia stanu czynnego przez pęczek ten struna galwanometru nie jest w stanie wychylić się. Pomiędzy ostatnim załamkiem przedsionkowym, a pierwszym komorowym otrzymuje się więc linię prostą, poziomą, którą Nicolai oznaczył literą h.

Zgodnie z opisem Tawary pęczek ten przedsionkowo-komorowy rozdziela się w przegrodzie komorowej na dwie odnogi, z któ-

¹⁾ Tawara, Reizleitungssystem des Säugetierherzens. Jena 1906.

rych jedna wchodzi do komory lewej, a druga do komory prawej i pod wsierdziem obydwie rozgałęziają się, łącząc się z mięśniami komory. „Najciekawsza jest przy tem ta okoliczność — pisze Tawara — że te końcowe rozgałęzienia przebiegają nie tak, jakby z łatwością przypuszczać można, z góry od podstawy komory ku dołowi, lecz wprost odwrotnie z okolicy wierzchołka serca, zwłaszcza od mięśni brodawkowych we wszystkich kierunkach (a więc w kierunku wstecznym, ku podstawie komory, jak do właściwego wierzchołka serca)“.

Na przytoczonych w pracy Tawary wizerunkach widać, że podosierdziowe rozgałęzienia pęczka Hisa-Tawary idą rzeczywiście w dwóch kierunkach: po pierwsze — ku podstawie serca, po drugie — ku wierzchołkowi. Na zasadzie więc przytoczonych i ogólnie w piśmiennictwie uznanych faktów anatomicznych, zdobytych przez Tawarę, stwierdzić należy, że stan czynny z przedsionków, wchodząc do komory, przechodzi na mięsień komory w dwóch kierunkach: ku podstawie i ku koniuszkowi ¹⁾.

Zachodzi tu więc zupełnie podobne zjawisko, jakie dla mięśni poprzeczno prążkowanych zwykłych między innymi stwierdzili Cybulski i P. Hoffmann. Podobnie więc jak i w mięśniu łydkowym żaby, występuje w komorze przedewszystkiem małe wychylenie w jednym kierunku, — jest to załamek Q, — a następnie główne wychylenie w kierunku odwrotnym, — jestto wychylenie R.

Następujące doświadczenie dowodzi słuszności zapatrywania na załamek Q. Jeżeli po otwarciu klatki piersiowej u psa i po zdjęciu osierdzia ustawić jak zwykle górną elektrodę na przedsionkach, a dolną w okolicy wierzchołka komory, to otrzymamy zwykłą krzywą elektrokardjograficzną, przyczem, jak zwykle, Q zwrócone będzie ku górze, a wybitne R ku dołowi. (Ryc. Nr. 9, 10). To samo mniej więcej otrzymuje się, jeżeli obie elektrody umieścić w dolnej części komory, przyczem oczywiście zachować należy zwykły sposób odprowadzania, t. j. taki, iż górna elektroda jest w górze, a dolna na dole. Załamek Q świadczy tylko o tem, że stan czynny,

¹⁾ Ponieważ opisy przebiegu rozgałęzień końcowych, podane przez Mönckeburga oraz przez Ciechanowskiego (1911) różnią się od opisu Tawary, zaznaczyć muszę, że z chwilą, gdy przyjmujemy, że stan czynny z przedsionków przenosi się zapomocą układu Hisa-Tawary nie bezpośrednio na podstawę komór lecz nieco niżej, musimy przyjąć rozchodzenie się jednoczesne prądu w dwóch głównych kierunkach: ku podstawie i ku koniuszkowi serca.

idący z pęczka Hisa ku podstawie komory, przeważał w pierwszej chwili taki sam stan czynny, idący od tego samego miejsca pęczka Hisa ku dołowi. Po chwili jednakże prąd zstępujący ku wierzchołkowi przeważa i skutkiem tego nie tylko kompensuje w galwanometrze poprzedni prąd, lecz daje wychylenie w odwrotnym do Q kierunku i to nowe wychylenie przedstawia właśnie wybitny załamek R. Jeżeli jednakże ustawić elektrody w górnej części komory w tym samym porządku jak poprzednio, to oczywiście odprowadzając będziemy głównie prąd od górnej części komory, znajdującej się nad miejscem rozgałęzienia się podwierszycowych włókien Tawary i wystąpić powinien głównie załamek, świadczący o przenoszeniu się stanu czynnego ku górze, czyli w odwrotnym do R kierunku. I rzeczywiście przy takim ustawieniu elektrod (Ryc. Nr. 8) otrzymuje się wybitny załamek Q zwrócony ku górze i mały załamek R.

Przy tych warunkach odwrotnie w pierwszej chwili przeważa na krótko prąd dolnej części serca, lecz analogicznie do poprzedniego przypadku odwrotny prąd górnej części uzyskuje przewagę w galwanometrze skutkiem odpowiedniejszego ustawienia elektrod. Fakt, że przy zwykłym odprowadzeniu załamek Q występuje wcześniej niż R, nie upoważnia wcale do wnioskowania, jakoby stan czynny doszedł do podstawy komory wcześniej aniżeli do wierzchołka. Stan czynny zarówno w mięśniu poprzeczno-prążkowym od nerwu, jako też w mięśniu komory od rozgałęzień podwierszycowych Tawary, rozchodzi się jednocześnie w obydwóch kierunkach. Miejsce, w którym dodatni załamek Q przechodzi w odwrotny załamek R, świadczy tylko, że w danej chwili i przy danym odprowadzaniu przeważał w galwanometrze prąd zstępujący, idący ku wierzchołkowi komory.

Załamek Q, świadczący o przechodzeniu stanu czynnego w masie mięśniowej komór ku podstawie komory, występuje wcześniej niż załamek R. Przyjmując więc za założenie krzywą elektrokardiograficzną, możnaby z pozoru na chwilę przypuszczać, że stan czynny wcześniej jest u podstawy aniżeli u wierzchołka; że z krzywej elektrokardiograficznej nie można, jak to czyni Nicolai, sądzić o tem, gdzie wcześniej dochodzi stan czynny, świadczy o tem fakt, że załamek Q występuje wcześniej niż R, mimo że stan czynny, a więc przeto i fala skurezu w komorze zarówno jak i w mięśniu zwykłym rozchodzą się równocześnie w obu kierunkach zarówno ku górze jak i ku dołowi; miejsce zaś przejścia załamka Q w odwrotny załamek R

nie świadczy o tem, że stan czynny, idący ku podstawie serca, minął, lecz tylko, że w tej chwili przeważył prąd idący ku wierzchołkowi, który nie tylko skompensował przy danem odprowadzeniu prąd poprzedni, lecz jako przeważający wystąpił w galwanometrze.

Określić zaś, gdzie wcześniej stan czynny doszedł, czy do podstawy, czy do wierzchołka, możnaby tylko wówczas, gdyby zostały dokonane ściśle pomiary odległości miejsca, w którym wchodzi stan czynny do komory, od podstawy z jednej strony i wierzchołka z drugiej. Znając szybkość przenoszenia się stanu czynnego w mięśniach serca, możnaby przekonać się na zasadzie obliczeń, która z tych części serca, podstawa czy wierzchołek, kurezy się wcześniej. Pomiarów takich dotychczas nie dokonano.

Nie od rzeczy, zdaje się, będzie przytoczenie tu słów Tawary (str. 187), który, mówiąc o drogach łączących przedsionki z komorami, zaznacza wyraźnie, co następuje: „... że drogi te posiadają nader charakterystyczny przebieg, świadczy to zdaniem mojem o tem, iż przeznaczeniem ich jest umożliwienie czynnikom drażniącym działania na wszystkie miejsca ściany komorowej możliwie jednocześnie“¹⁾.

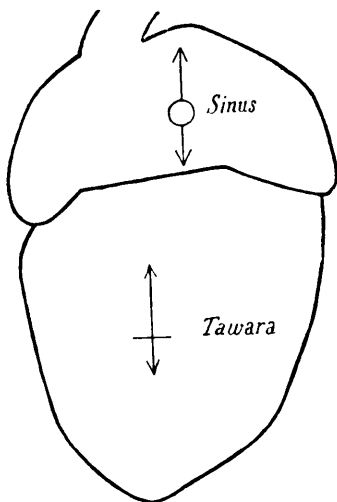
Podkreślić należy jeszcze bardzo ważny fakt, opisany przez Tawarę (str. 33). Opisując pęczek, łączący przedsionki z komorami, stwierdza on, że w pobliżu miejsca, w którym główne rozgałęzienie tego pęczka przyczepia się do tylnego mięśnia brodawkowego, odchodzi mianowicie druga odnoga i „ciągnie się ku górze, ku podstawie serca wzdłuż przestrzeni komorowej...“ „pragnąłbym tutaj“ — dodaje Tawara — „zaznaczyć jednocześnie, że fakt ten nie należy bynajmniej do wyjątków, lecz że ma miejsce bardzo często również u ludzi i innych zwierząt. Ten charakterystyczny stosunek — kończy autor — uważam za rzecz bardzo ważną“.

Dodać do tego jeszcze należy, że z wizerunków podanych przez Tawarę w pięknej jego monografii (porównaj jego tablicę VI, fig. 1 i 2, tablicę IX, fig. 2) wynika najwyraźniej, że po pierwsze: istnieje częstokroć różnica w podwiersdziowem rozgałęzieniu pęczków Tawary w komorze prawej i w komorze lewej,

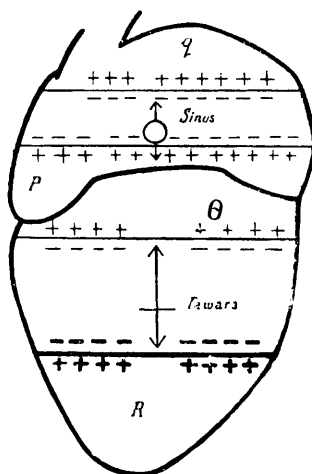
¹⁾ Die eigentümliche Einrichtung, daß die Reizwelle in geschlossenen Bahnen direkt bis in die entferntesten Abschnitte der Kammerwand getragen wird, und daß diese Bahnen sehr eigenartigen Verlauf aufweisen, ist meiner Ansicht nach dazu bestimmt, den Erregungsreiz möglichst gleichzeitig an allen Punkten der Kammerwand zur Einwirkung kommen zu lassen. Str. 187.

mianowicie: w komorze prawej jest ich znacznie mniej i są one znacznie cieńsze; po drugie: że istnieją dość wybitne indywidualne różnice w sercach różnych osobników, wyrażające się zarówno w ilości jak w długości i grubości tych rozgałęzień, idących ku górze, ku podstawie serca.

Na zakończenie dodam jeszcze, że z mego wyjaśnienia załamka Q wynika również, iż elektrokardyogram zwykle nie jest



Ryc. 5. A. Schemat, ilustrujący kierunek stanu czynnego w przedsionku w zależności od topografii zatoki żyłnej, w komorze zaś w zależności od pęczka Hisa-Tawary. Zarówno w przedsionkach jak i w komorach, stan czynny przechodzi w dwóch kierunkach jednocześnie (ku podstawie serca i ku koniuszkowi).



Ryc. 5. B. Schemat, ilustrujący powstawanie załamek przedsionkowych q i P w zależności od przechodzenia stanu czynnego z zatoki żyłnej oraz załamek komorowych Q i R w zależności od pęczków Tawary.

graficznym wyrazem całego zjawiska elektrycznego zachodzącego w komorze. Każdy załamek bowiem elektrokardyogramu zwykłego jest wyrazem algebraicznej sumy dwóch jednocześnie płynących, lecz odwrotnych prądów w części górnej komory i w części dolnej. W części dolnej, znajdującej się poniżej wejścia pęczków Tawary pod wsierdzie komory, zachodzą zjawiska elektryczne, wywołujące powstanie załamek R, S, ST i T (Ryc. Nr. 9), a w części górnej w zależności od podwsierdziowych rozgałęzień

pęczka Tawary zachodzą analogiczne i jednoczesne zjawiska, od których zależne jest powstanie załamków Q, S^I, ST^I i T^I. (Krzywa Nr. 8).

Zwykła krzywa elektrokardiograficzna wykazuje w galwanometrze względnie nieduże wychylenia, gdyż na zmniejszenie R wpływa kierunek zjawiska Q, S zmniejsza się skutkiem powstawania odwrotnego S^I, a T skutkiem kierunku T^I.

Jednakże, jeżeli sztucznie drażnić mięsień komory, np. na zewnętrznej powierzchni mięśnia w okolicy podstawy komory, to stan czynny od tego miejsca przejdzie cały mięsień komory od podstawy do wierzchołka i otrzymamy wychylenie znacznie większe w jednym kierunku (R nie zmniejszone); jeżeli też zadrażnimy sztucznie wierzchołek, to otrzymamy znów bardzo duże wychylenie, oczywiście odwrotne. Tem się objaśnia, dlaczego przy t. zw. atypowych elektrokardiogramach mamy załamki znacznie wybitniejsze, aniżeli w zwykłych elektrokardiogramach, zależnych od rozchodzenia się bodźca jednocześnie w dwóch kierunkach w zależności od górnych i dolnych rozgałęzień Tawary.

Niektórzy autorowie rozpatrując zwykłe i te t. zw. „atypowe“ wychylenia, przychodzą do wniosku, że „między czynnością mechaniczną serca a wielkością zmian elektrycznych istnieje jaskrawy niestosunek“ (Kahn, Zbyszewski l. c.). Metoda elektrokardiograficzna tymczasem nie upoważnia do takiego wniosku. Gdyby,— odprowadzając prąd osobno od górnej części i osobno od dolnej części komory i dodając w ten sposób powstałe analogiczne załamki jednego elektrokardiogramu górnej części i drugiego elektrokardiogramu dolnej części,— skonstruowało się właściwą arytmetyczną sumę, możeby się okazało wówczas dopiero, iż taki sztucznie skonstruowany elektrokardiogram jest może całkowitym wyrazem zmian elektrycznych i wtedy możnaby go użyć do porównań. Ponieważ zaś graficzny wyraz, otrzymywany w strunowym galwanometrze wychylenia komorowego przy ogólnie używanym odprowadzeniu, jest tylko algebraiczną sumą dwóch analogicznych lecz odwrotnych prądów, przeto z wielkości tak powstałego załamka nie wolno sądzić o stosunku między czynnością mechaniczną komory a wielkością zjawiska elektrycznego. Przy skureczach wywołanych zapomocą sztucznego podrażnienia zewnętrznej powierzchni komory wychylenie struny nie jest zależne od prawej i lewej połowy komory, jak to sądzi Kahn, i nie jest zależne od jakiego-

kolwiek położenia przegrody komorowej, lecz kształt i wielkość załamek są zależne przede wszystkim od tego, czy stan czynny rozchodzi się z określonego miejsca po całym mięśniu komory od razu głównie w jednym kierunku, np. od podstawy do wierzchołka, lub odwrotnie czy też stan czynny rozchodzi się w dwóch przeciwnych kierunkach jednocześnie od jakiegokolwiek punktu znajdującego się między podstawą a koniuszkiem serca. Szczegółowy rozbiór zjawiska sumowania się kierunków i sprawa nietypowych krzywych stanowić będzie treść części drugiej pracy niniejszej.

Wreszcie zaznaczyć jeszcze należy, że Tawara opisując swoje pęczki, podkreśla wyraźnie, iż wraz z mięśniami włóknami przebiegają i włókna nerwowe, i że jego anatomiczne badania bynajmniej nie upoważniają go do przechylania się ani na stronę neurogenistów, ani na stronę myogenistów. Dlatego też, co już zresztą stwierdził Nicolai, przy objaśnieniu krzywej elektrokardiograficznej można pominąć różnicę, zachodzącą pomiędzy dwiema odmiennymi teoryjami, z których jedna t. zw. nerwowa, przypisuje powstawanie skurczów sercowych wyłącznie czynnikom nerwowym, a druga, mięśniowa, czynnikom mięśniowym. Obydwie te teorie pominąć tu można dlatego, że stan czynny może się przenosić zarówno drogą nerwową jak i mięśniową.

Przytoczone tu objaśnienie powstawania załamek Q przy zwykłym odprowadzaniu powinno być również uwzględnione w doświadczeniach, w których (Eppinger i Rothberger) przecinano prawy lub lewy pęczek Tawary, i przy których otrzymywano charakterystyczne krzywe elektrokardiograficzne. Sprawą zależności kształtu krzywej od przecinania tego lub owego pęczka zajęty jest obecnie w zakładzie fizyologicznym Docent Latkowski.

Załamek q przedsionkowy.

Wyżej zaznaczono, że pierwszy załamek przedsionkowy nazwany przezemnie q (Aa Nicolai) uważać należy za analogiczny do załamek Q komorowego, a załamek p za analogiczny do załamek R. Jeżeli tak jest w istocie, to w przedsionkach muszą istnieć podobne warunki powstawania załamek, jak i w komorach. I w rzeczywistości wiadomo, że stan czynny w przedsionkach rozchodzi się od zatoki żylniej i że zatoka żylna leży mniej więcej w górnej części przedsionka. Istnieją więc w przedsionkach podobne warunki roz-

chodzenia się stanu czynnego, jakie opisali P. Hoffmann i Cybulski we wspomnianych doświadczeniach nad zwykłymi mięśniami i jakie też opisane były przeze mnie powyżej w komorach w zależności od pęczka Hisa-Tawary. Doświadczenia zaś z ustawianiem elektrod w różnych częściach przedsionków, jakie były przytoczone, gdy była mowa o załamku Q, dają podobny wynik przy ustawieniu elektrod tylko na przedsionku, w zależności od tego, czy ustawimy obie elektrody ponad zatoką żylną czy też pod nią. (Ryc. NN. 11 i 12) Przewagą prądu idącego ku górze lub ku dołowi tłumaczy się fakt. dlaczego w przedsionku obserwować można na zwykłych elektrokardiogramach albo tylko jeden załamek P, albo tylko jego część q, albo obie te części.

Że u ciepłokrwistych istnieją takie same warunki powstawania przedsionkowego q, jakie istnieją u żaby, wynika to między innymi z doświadczeń Rehfischa¹⁾. Autor ten w następujący sposób streszcza wynik swoich doświadczeń: „W sercu królików i psów istnieje samoistnie bijąca cząstka, odpowiadająca cząstce zatoki serca żabiego; skurcz tej cząstki poprzedza bezpośrednio (1/25'') skurcz prawdziwego przedsionka“.

„Po drugie: przewodzenie z cząstki tej do przedsionka może być hamowane zapomocą drażnienia nerwu błędnego“.

Również i Hering²⁾ stwierdził, że u królika żyły główne kurczą się przed przedsionkami.

Zjawisko kurczenia się wpustów żył z łatwością daje się obserwować na niewyciętych sercach żaby, z łatwością też można otrzymywać krzywe elektrokardiograficzne żył bijących zarówno na całych sercach jak i po odcięciu tylko komory lub komory z przedsionkami po poprzednim ich przewiązaniu; świadczą o tem przytoczone tu krzywe (Ryc. Nr. 18).

Załamek P przedsionkowy i R komorowy.

Załamek przedsionkowy P i komorowy R nie wymagają osobnego tłumaczenia, gdyż ogólnie przyjęto na zasadzie doświadczeń.

¹⁾ E. Rehfisch, „Über die Reizung des Herzvagus bei Warmblütern“. Archiv für Phys. Engelmann 1906. Supplement-Band, str. 166.

²⁾ Hering: Pflüger's Archiv 1900. T. LXXXII.

że obydwa te załamki pochodzą od przenoszenia się stanu czynnego od górnej części serca do dolnej ku wierzchołkowi. Załamek P więc świadczy o przenoszeniu się stanu czynnego w przedsionku od miejsca, w którym zatoka żylna łączy się z przedsionkiem, do dolnego końca przedsionków, załamek R — o przejściu stanu czynnego od pęczka Ta w ary do wierzchołka. Zarówno więc P w przedsionku jak i R w komorze uważać należy za wyraz prądu czynnościowego przedskurczowego mięśnia sercowego. Jak świadczą o tem krzywe, na których wraz z krzywą elektrokardiograficzną oznaczona jest krzywa mechanicznego skurczu przedsionków i komory, zarówno załamek P jak i R poprzedzają skurcz odpowiedniej części mięśnia. Dokładne obliczenia czasu w sprawie tej podane są przez Krausa i Nicolaia, Kahna¹⁾ i Cybulskiego. „Według prawidła nawet — jak słusznie twierdzi ten ostatni autor (Gaz. Lek. 1910) — zmiana elektryczna jest tak krótkotrwała, że potencjał tkanki wraca do stanu pierwotnego, nim skurcz się rozpocznie. Zachodzi więc konieczna potrzeba rozgraniczenia dwóch zjawisk podczas stanu czynnego w mięśniu, a także prawdopodobnie wszystkich innych tkanek, a mianowicie zjawiska elektrycznego, które jest pierwszym zwiastunem zmiany w mięśniu, jak gdyby fazą przygotowawczą do fazy następnej, od zjawiska mechanicznego, które jest fazą następną“.

Załamek R w komorze uważany być przeto musi za wyraz prądu czynnościowego przedskurczowego, obejmującego całą masę mięśniową komory. To samo tyczy się załamki P w przedsionkach (załamki Q i q są oczywiście również wyrazami prądów czynnościowych przedskurczowych). Do załameków Q i R w komorze (względnie q i P w przedsionkach) ogranicza się właściwie elektryczne zjawisko prądu czynnościowego przedskurczowego.

Kraus, Nicolai, Einthoven, Gotch i inni autorowie przypuszczają, że załamek T jest właściwie ostatniem zjawiskiem prądu czynnościowego komory. Że załamek T nie może być uważany za ostatni wyraz tego prądu czynnościowego, obejmującego komorę, starałem się dowieść na zasadzie obliczeń już na innym miejscu²⁾.

¹⁾ Kahn, *Zeitmessende Versuche am Elektrokardiogramme*. Pflüger's Archiv für die ges. Physiologie. Tom 132.

²⁾ M. Eiger, *Przegląd Lekarski*. R. 1911.

Autorowie ci objaśniają kierunek załameków kierunkiem włókiem serca w zależności od zagięć komory, powstających w okresie rozwoju zarodkowego. Załamek T, występujący, jak to widać z doświadczeń naszych, nie tylko w komorze lecz i w przedsionkach, w wyosobnionej i bijącej opuszcze tętnicy głównej, dalej w sercu ryb, ostryg oraz raków, nie może być wyrazem tego samego prądu czynnościowego co i R, gdyż musielibyśmy dojść na zasadzie obliczeń do wniosku, że przestrzeń od przedsionków do wierzchołka komory przechodzi stan czynny w czasie od $1/60$ do $2/60''$, co odpowiada rzeczywistej długości komory u żaby, podczas gdy odwrotną drogę od wierzchołka do podstawy stan czynny przebywałby niekiedy w ciągu całej niemal sekundy, co odpowiada drodze kilkadziesiąt razy dłuższej. Załamek komorowy T jest zjawiskiem odmiennem od załamka R i wymaga specjalnego wyjaśnienia, które też będzie dokonane niżej, a tymczasem przechodzę do trzeciego z kolei załamka S.

Załamek S.

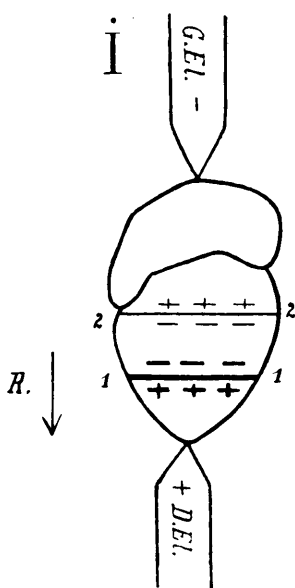
Einthoven przypisywał powstawanie załamka R prawej komorze, a załamka S komorze lewej. Takie zapatrywanie upada wobec faktów z dziedziny anatomii i fizjologii porównawczej. Zarówno serce żaby, które posiada jedną tylko komorę, jako też jednoprzedsionkowe i jednokomorowe serca ryby i ostrygi oraz serce raka wykazują również wybitny załamek S.

Przedewszystkiem stwierdzić należy, że załamek S nie należy do zjawisk stałych. U ludzi bardzo często załamek S nie występuje wcale lub występuje bardzo słabo. Badanie serca żabiego rzuca światło na powstawanie tego załamka, który u człowieka pojawia się często w przypadkach chorobowych, przy przerostach serca i wszelkiego rodzaju zmianach położenia serca (Einthoven, Kraus, Nicolaj, A. Hoffmann, Grau i t. d.).

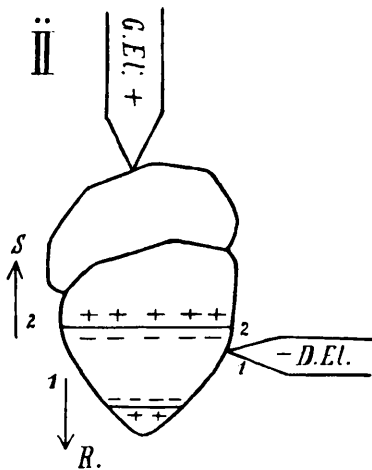
Na krzywej jednokomorowego serca żabiego, otrzymanej w ten sposób, że jedna elektroda była na przedsionku, a druga na środku komory, załamek S występuje bardzo wyraźnie¹⁾. Jeżeli jednak elektrodę dolną ustawić na tem samym sercu żaby nie pośrodku

¹⁾ N. Cybulski, Gaz. Lek. I. c.
M. Eiger, Przegląd Lekarski 1911.

komory, lecz na koniuszku, to otrzymuje się wtenczas krzywą bez załamka S. Ponieważ zaś załamek S powstaje przy specjalnem ustawieniu elektrod a znika przy innem ustawieniu, to należy rozpatrzyć, jak wpływa na krzywą elektrokardiograficzną przesuwanie elektrody dolnej od środka komory ku koniuszkowi. Gdy dolna elektroda stoi na koniuszku, załamek S nie występuje. Zaznaczono już wyżej, że zjawisko elektryczne w mięśniu sercowym zależne jest od przemiany materji i od powstawania przytem jonów wywo-



Rys. 6. Schemat I.



Rys. 7. Schemat II.

łujących różnicę potencjału; każdy jon posiada przytem właściwą sobie ruchliwość. Gdy w mięśniu sercowym przesuwają się jony, dzieje się to w ten sposób, że posiadające większą szybkość jony dodatnie są na przodzie, jony ujemne pozostają w tyle. Skutkiem tego przy ustawieniu elektrod na podstawie serca i na koniuszku, górna elektroda czyli tylna jest ujemna, dolna zaś stojąca na koniuszku — dodatnia i występuje wówczas tylko załamek R (schemat I). Po przesunięciu elektrody z koniuszka ku środkowi komory z początku będziemy mieli takie same warunki jak przy poprzednim ustawieniu, górna elektroda będzie ujemna, a stojąca pośrodku komory elektroda dodatnią i otrzymuje się również wówczas załamek R (schemat II). Gdy jednakże stan czynny elektry-

czny, który wyobrazić sobie należy jako jedną powierzchnię elektromotoryczną z jonami dodatnimi na przodzie a ujemnymi w tyle, przejdzie przestrzeń pomiędzy obydwoma elektrodami i przeniesie się ku koniuszkowi serca poniżej dolnej elektrody, wówczas dolna elektroda zbierać będzie wolniej posuwające się i w tyle pozostające jony ujemne czyli będzie ujemną, a nie jak w pierwszym okresie dodatnią.

Przy pierwszym ustawieniu elektrod otrzymujemy wybitny załamek R, jako wyraz przejścia stanu czynnego przez całą komorę od pęczków Ta w ary począwszy. Przypuszczać należy, że po przejściu już stanu czynnego przez jakąkolwiek część serca, odbywa się odwrotny proces asymilacyjny, dzięki któremu mięsień powraca do zwykłego stanu równowagi chemicznej.

O różnicy procesów chemicznych w mięśniu czynnym i nieczynnym świadczy np. odczyn kwaśny mięśnia czynnego, obojętny zaś nieczynnego. Gdy więc część mięśnia lub serca po przejściu stanu czynnego powraca do spoczynku, zachodzi widocznie w niej proces chemiczny odwrotny, anaboliczny. W czynnym mięśniu powstają prawdopodobnie elektrolity o typie: kwas/H, np. (HSO_4/H lub Cl/H), przyczem jon kwasowy, ujemny, posiada szybkość $^1)$ 33—69·7'', a jon dodatni H posiadający większą szybkość (318) przoduje i dlatego też podczas przechodzenia stanu czynnego dolna elektroda jest dodatnia. Odwrotnie zaś, gdy stan czynny minie przestrzeń pomiędzy elektrodami i mięsień powraca do równowagi chemicznej, wówczas na przestrzeni tej odbywa się już proces odwrotny i powstają elektrolity typu: metal/OH np. Na/OH . W tworzącej się przeto powierzchni elektromotorycznej z dwoma rzędami jonów jony OH, których szybkość = 174, przodują, a jony grupy metalowej odwrotnie (szybkość 65—35) będą bliżej górnej elektrody, która skutkiem tego nabiera cech dodatnich. Skoro zaś górna elektroda jest dodatnia, a dolna ujemna, to powstanie proces odwrotny do R; w ten sposób otrzymuje się załamek S odwrotny do załamka R. Oczywiście, że najwcześniej nastąpi powrót do równowagi chemicznej tam, gdzie najwcześniej przeszedł stan czynny.

Przy ustawieniu elektrod na podstawie serca i koniuszku nie otrzymujemy w galwanometrze wyrazu dla tego odwrotnego pro-

¹⁾ Kohlrausch i Holborn, Das Leitvermögen der Elektrolyten, str. 200. Lipsk 1898.

cesu, gdyż zachodzi zsumowanie się dwóch odwrotnych prądów, z których pierwszy przeważa; i rzeczywiście w tym przypadku załamek R trwa dłużej i zwykle jest niższy niż w przypadku 2-im, w którym S występuje oddzielnie i już po załamku R.

Wystarczy jednakże przesunąć dolną elektrodę z wierzchołka nieco ku środkowi, aby wystąpił prócz załamka R również załamek S. Załamek R w tym przypadku jest wyrazem tego samego, opisanego wyżej procesu przechodzenia stanu czynnego przez komorę w tym okresie, kiedy stan czynny przechodząc na przestrzeni pomiędzy górną i dolną elektrodą wywołuje ujemność górnej elektrody, a dodatność dolnej. Z chwilą jednakże, gdy stan czynny przejdzie całą przestrzeń pomiędzy elektrodami i obejmie dolną część serca pomiędzy dolną elektrodą a wierzchołkami, wtedy dolna elektroda (analogicznie do górnej w pierwszym ustawieniu) staje się ujemną, gdyż zbiera jony ujemne, górna zaś elektroda znajduje się wówczas w miejscu, przez które stan czynny już dawno przepłynął i znikł, a w którym natomiast nastąpił już lub następuje okres powrotu do równowagi chemicznej dzięki procesowi asymilacyjnemu w mięśniu, dążącemu do stanu spoczynku lub równowagi po wybuchowym procesie powodującym powstanie R.

Objaśnienie tego faktu z punktu widzenia ogólnego nowych teorii w elektrofizjologii mięśni podane jest przez Cybulskiego¹⁾ i Bernsteina²⁾. Mówiąc o klinicznym znaczeniu metody elektrokardiograficznej³⁾, starałem się dowieść, że przy zwykłym odprowadzeniu u człowieka odprowadza się właściwie od podstawy serca i od koniuszka i dlatego właściwie załamek S nie występuje. Wystarczy jednakże zmiana położenia, wywołana warunkami chorobowymi (np. przerostem lewego serca, obecnością płynów lub zrostów w opłucnej i t. d.) lub fizjologicznymi (np. u osesków), ażeby linia ubocznego zamknięcia zmieniła się i ażeby powstały takie same warunki odprowadzania prądów, jakie zauważyć się dają na sercu żaby przy ustawianiu elektrod u podstawy serca i pośrodku komory. Występowanie więc załamka S na krzywej zależne jest często od sposobu odprowadzania prądów. Oczywiście

¹⁾ Cybulski, Über die Oberflächen- und Aktionsströme der Muskeln. *Bullet. de l'Acad. des Scienc. de Cracovie* 1910.

²⁾ Bernstein, *Lehrbuch der Physiol.* 1910.

³⁾ M. Eiger, l. c.

zjawisko chemiczne, od którego zależy powstanie załamka S przy odpowiednim odprowadzeniu, zachodzi zawsze bez względu na to, czy sposób odprowadzenia pozwoli uwidocznić je na krzywej czy nie. Jeżeli słuszne jest to zapatrywanie na załamek S, to powinien on również wystąpić i w innych częściach bijących serca, a więc np. w przedsionku, wyosobnionej opuszce tętnicy głównej. I w istocie tak jest, na krzywych przedsionkowych, opuszkowych i t. d. (Krzywe Nr. 6, 7, 13, 14, 17) widzimy załamki analogiczne do komorowego S. Załamek ten w przedsionkach oznaczony jest literą s. w opuszce s^B i t. d.

Od chwili powrotu załamka S do poziomu czyli do O, zaczyna się druga część elektrokardjogramu, okres, który nazywać będą „okresem biochemizmu, towarzyszącego czynności mechanicznej serca“. Ta druga część krzywej elektrokardjograficznej przysporzyła niemało kłopotu badaczom i ściśle biorąc, dotychczas nie znalazła całkowitego wytłumaczenia.

Okres S₀T i załamek T.

Dotychczas objaśnione zostało powstawanie załameków Q, R, S w komorze i załameków q, P i s w przedsionkach. O tem, że niektórzy badacze przeczuwają konieczność podzielenia krzywej elektrokardjograficznej na dwie części, niezależne od siebie i będące w przyczynowym związku z odmiennymi warunkami ich powstawania, świadczy np. pogląd A. Hoffmanna. Należy więc teraz objaśnić powstawanie tej drugiej części krzywej elektrokardjograficznej.

Zwykle zarówno u ludzi jak i u zwierząt, częstokroć i u żab, otrzymuje się w okresie tym, który dla krótkości oznaczany będzie S₀T (względnie w przedsionku s₀t) długą linię mniej więcej poziomą, która przy końcu obniża się pod poziom (w tym samym kierunku co R) już jako załamek oznaczony przez Einthovena literą T, przez Nicolaia zaś literą F. Wizerunki, na których wraz z krzywą elektrokardjograficzną oznaczona jest krzywa mechanicznej czynności serca, świadczą o tem, że na okres ten przypada ta część krzywej elektrokardjograficznej, która odpowiada skurczowi i większej części rozpoczynającego się rozkurczu serca. Zupełny rozkurcz komory wypada już po powrocie wstępującego czyli drugiego ramienia do poziomu t. j. do zera.

Załamek T występuje więc wcześniej aniżeli faza całkowitego rozkurczu (*diastole*). Już Einthoven zwrócił uwagę na to, że załamek T różni się wyglądem swoim od załamka P i R, jak również od wszystkich znanych w elektrofizjologii krzywych prądów czynnościowych przedskurczowych, mianowicie tem, że ramię pierwsze (zstępujące) jego jest bardziej pochyłe aniżeli drugie (wstępujące) i nie występuje tak nagle, pionowo niemal, jak to ma miejsce wogóle na krzywych prądu czynnościowego. Że załamek T nie może być jakby ostatnią fazą t. zw. prądu czynnościowego, towarzyszącego, lecz poprzedzającego skurcz ogólny komory, na to, jak wskazane było wyżej, nie pozwalają obliczenia czasu i odrębny wygląd załamka T. Załamek T nie może zależeć od zagięć, którym ulega serce zwierząt wyższych; dowodzą tego doświadczenia moje, wykonane na sercach ryb, ostryg, raków, opuszcze tętnicy głównej, przedsiolkach po odcięciu komory i t. d. specjalnie celem objaśnienia nietylko załamka T, lecz i okresu S_0T , którego część nieodłączną i ostatnią stanowi właśnie ten załamek T. Postaram się dowieść, że część krzywej elektrokardiograficznej S_0T wraz z załamkiem T jest wyrazem spraw i procesów specjalnych, zachodzących w okresie mechanicznej czynności serca.

Zjawiskom życiowym wogóle, jak wiadomo, towarzyszą zjawiska przemiany materji, procesom zaś chemicznym towarzyszy, zarówno jak np. zjawisko tworzenia się lub pochłaniania ciepła, częstokroć również zjawisko elektryczne, które możemy wykazać w postaci prądu zapomocą galwanometru.

Zjawisko przemiany materji w sercu pięknie i obrazowo przedstawił E. Hering w swojej pracy „*Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz*“. 1888. Powiada on między innymi: „*Der Herzmuskel bietet uns ein Beispiel für solche lebendigen Substanzen, welche um den Zustand des Gleichgewichts zwischen D(issimilation) und A(ssimilation) in regelmässigen Wechsel absteigender und aufsteigender Änderung hin und herschwanken, derart, daß in der Zeit aufsteigender Änderung die vorhergegangene absteigende Änderung wieder vollständig ausgeglichen wird*“. Przytem Hering dodaje: „nie powinniśmy się dać uwieść pojęciu o żywej substancji jako masie zachowującej wewnątrzny spokój, która tylko z jednej strony jest zużywana, a z drugiej znów tylko odbudowywana“.

Rzecznikami teorii asymilacji i dezasymilacji czyli, używając nazw angielskich autorów, anabolizmu i katabolizmu, w zastosowa-

niu do zjawisk elektrycznych, zachodzących zarówno w mięśniach wogóle, jako też w mięśniu sercowym w szczególności, jest Cybulski, który też w ogólnym, już wyżej wspomnianym, zarysie elektrokardjografii wypowiada swój pogląd na warunki powstawania krzywej elektrokardjograficznej. Główną i przewodnią myślą, którą Cybulski w szeregu prac swych udowadnia doświadczeniami i obliczeniami, jest twierdzenie następujące: „Prądy elektryczne w mięśniu są w ścisłym związku z zagadnieniem przemiany materji, a więc z zagadnieniem życia“¹⁾. Z punktu widzenia tej teoryi rozpatrywać będziemy okres S_0T i załamek T .

Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że podczas skurczu mechanicznego i rozkurczu istnieje proces przemiany materji, odbywa się tworzenie i rozkład ciał chemicznych, z których część jako elektrolity, ulegając dyfuzji i osmozie, jonizuje się i już jako jony ujemne i dodatnie staje się źródłem powstawania prądów elektrycznych. O tem, że w mięśniu sercowym istnieją elektrolity, świadczą niezbicie badania chemiczne; tego, że podczas skurczu mięśnia lub serca powstają różnice potencjałów, dowodzą wychylenia struny galwanometrowej i samo istnienie elektrokardjografii; o tem wreszcie, że w mięśniu pozostającym w spoczynku zachodzi żywy proces przemiany materji i powstają jony, świadczy szereg spostrzeżeń rozmaitych autorów nad pochłanianiem tlenu, wydzielaniem CO_2 i istnienie t zw. prądu spoczynkowego mięśni, którego istnienie nawet w mięśniach nieuszkodzonych należy uznać po doświadczeniach Cybulskiego i Bernsteina za niewątpliwie. Zresztą z przytoczonych słów Heringa wynika, że żywej substancji włókien mięśniowych nie należy sobie przedstawiać jako masy zachowującej wewnątrzny spokój, lecz przeciwnie jako masę, w której zarówno asymilacja jak i desasymilacja zachodzą niemal równocześnie. Z góry więc można spodziewać się w okresie S_0T i T prądów najrozmaitszych pod względem kierunków jak i natężenia, w zależności od tych złożonych procesów chemicznych, zachodzących w tej potężnej masie mięśniowej, zwanej sercem, którego ilość skurczów na dobę wynosi z górą 100.000, a którego praca dobowa wyraża się w przeciętnej liczbie 75000 kilogramometrów (Cybulski).

Druga część krzywej jest czemś zupełnie odrębnem od pierw-

¹⁾ Cybulski, „Über die Oberflächen- und Aktionsströme der Muskeln“. *Bullet. de l'Acad. des Sciences de Cracovie*. 1910. Str. 592.

szej części krzywej, załamki bowiem przedsionków P i q i komorowe R i Q są wyrazem przejścia stanu czynnego przez całe serce; są więc wyrazem prądów czynnościowych, przedskurczowych. Gdy te prądy przedskurczowe zaczynają zanikać, a niekiedy znikają zupełnie, wówczas rozpoczyna się i trwa skurcz mechaniczny.

W tym czasie występuje nowe zjawisko, mianowicie wytwarzanie się różnic potencjałów w zależności od procesów chemicznych, towarzyszących mechanicznej czynności serca. Wychylenia P i R (i oczywiście q i Q) są krótkotrwałe i po nich potencjał tkanki wraca do stanu pierwotnego. To wyrównanie potencjału i położenie struny na O świadczy o tem, że cały proces przebrzmiał i nastąpił stan równowagi. Zaznaczona przytem krzywa mechanicznego wypuklenia się a następnie rozplaszczania się serca podnoszącego dźwignię, świadczy że serce stopniowo wypukla się skutkiem skurczu, trwa w stanie skurczu pewien czas (jest to t. zw. okres „*Verharrung*“ niemieckich autorów, odpowiadający okresowi martwemu w mechanicznej); po skurczu zaś następuje stopniowy rozkurcz. W tym okresie S_0T zazwyczaj na krzywej elektrokardyograficznej otrzymuje się linię poziomą; świadczy to, że przez cały okres właściwego skurczu i rozpoczynającego się po części rozkurczu różnice potencjałów, wywołane procesami chemicznymi, wyrównują się. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż poszczególne komórki mięśniowe są połączone mostkami mięśniowymi, istnieją więc warunki anatomiczne do kompensacji wzajemnej; również wyrównywać się mogą różnice potencjałów zapomocą innych tkanek wilgotnych lub płynów je otaczających. Te różnice potencjałów, stosunkowo mniejsze, niż w stadium pierwszym krzywej, mogą nie dochodzić do galwanometru. Najmniejsze jednakże naruszenie równowagi chemizmu zapomocą odpowiednich czynników wywołuje już w tym okresie odpowiednie wychylenie struny. Odprowadzanie prądów bezpośrednio od serca żaby, psa, ostrygi i t. d. przekonywa, że nie tylko w końcowej części tego okresu, noszącej nazwę załamka T, lecz od samego początku mogą się objawiać pewne różnice potencjałów, których istnienia dowodzi to lub owo wychylenie nitki.

Jeżeli słuszne jest takie zapatrywanie na okres S_0T i załamek T, jako na okres biochemizmu, to w takim razie wszystkie czynniki, które wywołują lub zwiększają proces anaboliczny, powinny dać wychylenie struny w ściśle określonym kierunku (na naszych krzywych ku górze), przeciwnie zaś czynniki sprzyjające

sprawie katabolicznej powinny spowodować wychylenie odwrotne (ku dołowi). I w istocie doświadczenie wykazuje najzupełniejszą słusność mego poglądu. Jeżeli np. wziąć serce żaby [lub psa ¹⁾], którego elektrokardyogram w tym okresie przedstawia linię poziomą lub wychylenie ku górze, świadczące o chwilowej przewodze sprawy anabolicznej, i jeżeli serce takie poddać działaniu środka narkotyzującego (chloroformu lub eteru), a więc trującego i wstrzymującego asymilację, to otrzymuje się wychylenie w tym całym okresie ku dołowi, co dowodzi przewagi katabolizmu.

Wiadomo, że nerw błędny sprzyja procesowi anabolicznemu, drażnienie więc nerwu błędnego powinno wywołać w okresie chemizmu wychylenie ku górze, dodatnie. I pod tym względem krzywe tu przedstawione stwierdzają słusność mego poglądu na okres S_0T i załamek T. Na krzywych tych (Nr. 27 i 28) widać zwłaszcza zaraz po ustąpieniu zahamowania początkowych krzywych anabolizm (S_0T ku górze) i stopniowy powrót do normalnego lub poprzedniego stanu; nawet wówczas (Nr. 26), kiedy prawie cały okres S_0T już przed drażnieniem nerwu błędnego jest dodatni, drażnienie nerwu tego jest w stanie wywołać jeszcze większe, dłuższe wychylenie ku górze. Te doświadczenia z nerwem błędnym i wpływ drażnienia nerwu błędnego na powstawanie mniejszego lub większego wychylenia w całym tym okresie stwierdzili również i inni autorowie. U żaby zwłaszcza dokładnie opisał fakt otrzymywania dodatniego okresu S_0T i T Samojloff ²⁾. Niektóre doświadczenia Einthovena z drażnieniem nerwu błędnego, w których nie występowała wyraźna zależność wychyleń okresu S_0T i T od drażnienia nerwu błędnego, nie mogą być uważane za zupełnie ścisłe, gdyż Einthoven badał wpływ drażnienia nerwu błędnego na psach, częstokroć głęboko uspionych chloroformem; chloroform zaś i drażnienie nerwu błędnego są to czynniki działające antagoniście i wzajemnie się poniekąd znoszące.

Wiadomo, że oziębianie i ogrzewanie są czynnikami działającymi odmiennie na sprawę asymilacji i dezasymlacji. To też, gdy serce umieszczone w parafinie płynnej oziębiałem, okres S_0T i T wykazywał wychylenia dodatnie czyli anabolizm wzmożony, ogrzewanie zaś — wychylenie ujemne czyli katabolizm (Krzywa Nr. 29^a, 29^b, 29^c).

¹⁾ N. Cybulski i M. Eiger, Gaz. lek. 1910 l. c.

²⁾ Pflüger's Archiv. Bd. 136.

Nie mam zamiaru rozpatrywania wszystkich możliwych postaci wychylenia się struny w okresie S_0T w zależności od licznych procesów chemicznych, zachodzących w masie mięśniowej pod wpływem prawidłowych, chorobowych lub sztucznie wprowadzonych czynników; zależało mi tu tylko na stwierdzeniu, że te procesy chemiczne istnieją, że podczas trwania tych procesów powstaje odpowiedni prąd i że badacz może poniekąd dowolnie i świadomie w doświadczeniach nadawać taki lub inny kierunek wychylenia, potęgując lub hamując sprawę asymilacji lub dezasymlacji. Sprawę tę omówić zamierzam szerzej w osobnej pracy. Istniejące w piśmiennictwie krzywe, otrzymane przez różnych badaczy, mogą już stanowić cenny materiał dowodowy, potwierdzający słuszność bronionego tutaj stanowiska.

Na to, że w rzeczywistości wychylenie w tę lub inną lub w obydwie strony w tym okresie całym (S_0T i T) zależne jest rzeczywiście od tych lub owych procesów chemicznych, pozwolę sobie przytoczyć jeszcze trzy zasadnicze dowody. Jeżeli okres S_0T i powstające w tym okresie wychylenia wraz z załamkiem T są rzeczywiście wskaźnikami procesu przemiany materii, to wychylenia te otrzymać się powinno w analogicznym okresie nie tylko w komorze, ale we wszystkich kurczących się częściach serca, a więc przede wszystkim w przedsionkach żaby, jak i w bijącej opuszcze, dalej w zatoce żyłnej, a nawet w bijących po przewiązaniu i odcięciu komory wpustach żył sercowych. Przytoczony szereg krzywych (Nr. 6, 7, 14, 17, 18) świadczy, że z przedsionków całego serca, jak i po doszczętnym odcięciu komory występuje bardzo wybitny załamek t (analogiczny do komorowego T), który wszak już na pewno nie jest zależny od powrotu stanu czynnego do podstawy przedsionka, jak pragną niektórzy autorowie objaśnić powstawanie analogicznego załamka T w komorze.

Drugi dowód niezwykle też ważny na korzyść mego poglądu zacerpnąć można z jednej z ostatnich prac Rothberga i Winterberga p. t. „Über die Beziehungen der Herznerven zur Form des Elektrokardiogramms“ (Pflüger's Archiv 135, str. 506). Wiadomo, że istnieje pewien antagonizm pomiędzy działaniem nerwu błędnego i nerwów przyspieszających czynność serca (*Nervi accelerantes*).

Zapomocą krzywych Nr. 26, 27, 28^a i 28^b starałem się udowodnić, że drażnienie nerwu błędnego wywołuje powstanie lub

wychylenie się S_0T ku górze, co świadczy o wzmożonym anaboliźmie. Drażnienie więc nerwu przyspieszającego powinno wywoływać w okresie S_0T wychylenie ku dołowi. I rzeczywiście w cennej i zawierającej obfity materiał anatomiczny, ogólnie fizyologiczny, elektrokardiograficzny pracy Rothbergera i Winterberga znajduje się potwierdzenie mego poglądu. W doświadczeniach swych autorzy ci drażnili prawy lub lewy nerw przyspieszający w różnych miejscach lub oba jednocześnie; otrzymywali oni wybitne załamki, właśnie w okresie biochemizmu. Za najważniejszą i najbardziej charakterystyczną — uważają ci autorowie — zmianę kształtu okresu końcowego krzywej (*Form der Nachschwankung*).

Opisując krzywą (Ryc. 3), otrzymaną po drażnieniu prawego nerwu przyspieszającego, stwierdzają oni fakt, że załamek T jest znacznie powiększony, zwrócony w tę samą stronę, co załamek R, czyli według naszej terminologii ujemny, co świadczy o wzmożonym kataboliźmie. Przy określeniu wielkości załamka T autorowie kilkakrotnie nawet wyrażają zdanie, że jest on potężny (*müchtig*). W doświadczeniach swoich specjalnych badacze ci przez drażnienie nerwów otrzymywali, zależnie od warunków doświadczenia, najrozmaitsze kombinacje wychyleń właśnie w okresie S_0T , czyli okresie, nazwanym przeze mnie okresem biochemizmu. Najbardziej charakterystyczny jest wniosek tych badaczy. Przypomniawszy teorye Krausa i Nicolaia, autorowie ci stwierdzają, że objaśnienia dotychczasowe krzywej stają się dla nich, skutkiem tych doświadczeń, wątpliwe („... so drängen sich uns doch Bedenken auf“). Z całą stanowczością podkreślają oni fakt, że załamek R nie łączy się nigdy z tym drugim okresem krzywej, którą badacze ci nazywają „*Nachschwankung*“. Przychodzą oni do wniosku następującego: „Podług wyników naszych, elektrogram komorowy składa się z dwóch, najczęściej ostro oddzielonych części, mianowicie grupy załameków Q, R, S z jednej strony i występującej następnie, pozostałej, nadzwyczaj zmiennej części, dla której chyba ze względu na wygodę, można pozostawić nazwę wychylenia końcowego (*Nachschwankung*)“... „Grupy Q, R, S i wychylenia objęte wspólną nazwą T są widocznie¹⁾ genetycznie różne. Wpływ działania nerwów sercowych na pierwszą grupę załameków jest bardzo mały...“. Jaka jednakże jest geneza tej drugiej części krzywej, badacze ci nie wskazują.

1) Podkreślone przeze mnie.

Jeszcze jeden fakt, z którego wynika słuszność naszego zapatrywania się na cały okres chemizmu S_0T i T , zaczerpnięty jest z piśmiennictwa polskiego (czynię to tem chętniej, że prace polskich autorów, o ile nie pojawią się w pismach obcych, są często nieuwzględniane lub pomijane z powodów nie dających się ująć z punktu widzenia obiektywizmu naukowego). Popielski¹⁾, określając wpływ t. zw. nerwów dynamicznych Ludwiga, anaboli-cznych i katabolicznych Gaskell'a, na zasadzie swych doświadczeń na izolowanych sercach ze sztucznem krążeniem dowiódł, że przy stopniowem zmniejszaniu dopływu płynu, czynność serca wzmagą się, przeciwnie zaś serce słabiej kurczy się przy zwiększaniu dopływu, przyczem przy pewnem maximum dopływu, które dla każdego serca jest odmienne, narząd ten przestaje się kurczyć.

Zbyszewski (l. c.) badał takie izolowane serca zapomocą metody elektrokardiograficznej i okazało się, że przy zwiększaniu się ilości przepływającego płynu, czyli wówczas, kiedy czynność serca stawała się słabszą, „elektrokardiogram zmienił się przez to, że załamek T stał się o wiele wyższy (porównać krzywą 9a i 9b), natomiast załamki P i R zostały niezmienione“. Na krzywej IX b Zbyszewskiego widać rzeczywiście, że nie tylko zwiększył się załamek T , lecz cały okres, zwany przeze mnie S_0T , z poziomego stał się wybitnie ujemnym, czyli zwróconym w tym samym kierunku co załamek R . Takie wychylenie okresu S_0T wraz z załamkiem T świadczy właśnie o wzmożonym katabolizmie.

„Odwrotnie — stwierdza dalej autor ten — przy stopniowem zmniejszaniu się ilości przepływającego płynu załamek T zmniejsza się coraz bardziej, a nawet przybiera kierunek przeciwny“. I rzeczywiście na krzywej IX E tego autora widać, że prawie cały okres S_0T idzie w odwrotnym do R kierunku, co świadczy o anaboli-zmie. Autor dodaje, że w tym przypadku, mimo „że z powodu zmniejszonej ilości płynu serce silniej się kurczyło, załamki S i R pozostały niezmienione“. Zbyszewski wyprowadza z tego jeden tylko, następujący wniosek: „Oto jeszcze jeden dowód potwierdzający powyżej przytoczone spostrzeżenie, że skurcze czyli praca mięśnia sercowego a zmiany elektryczne spostrzegane przez nas

¹⁾ Popielski, Über den Einfluß d. Durchl. v. wechsell. Mengen Ernährungsflüssigkeit auf die Tätigkeit d. isol. Säugetierherzen. Pflüger's Arch., tom 130, str. 375.

w elektrokardyogramie nie idą równolegle do siebie“. Krzywe Żbyszewskiego stanowią dla mnie prócz tego cenny materiał, dowodzący słuszności zapatrywania się na załamek P i R z jednej strony, a na okres S_0T wraz z załamkiem T z drugiej strony, jako na dwie części krzywej odmienne i genetycznie różne, antagoniście bowiem działające czynniki nie wpływają ani na załamek P ani R, wywołują jednakże biegunowo różne wychylenia w okresie biochemizmu.

Ponieważ załamek Einthovena T komorowy (również opisany przeze mnie t przedsionkowy, t^B opuszkowy, i t. d.) stanowi nieodłączną część okresu chemizmu (S_0T), sądzę przeto, że i załamek ten jest dostatecznie wyjaśniony. Załamek T jest tylko ostatnim momentem okresu biochemizmu u człowieka o zdrowem i prawidłowo położonem sercu. Jeżeli przyjąć wraz z Heringem i Salzmannem, że ostatnie rozkurczają się włókna mięśniowe podstawy komory, że więc są one jeszcze przez jakiś czas skurczone wówczas, gdy wszystkie inne pozostałe włókna mięśniowe komory są już rozkurczone, to występowanie załamka T świadczyłoby tylko o tem, że w tych ostatnich skurczonych włóknach, pozostających przeto w odmiennym niż inne fizyologicznym stanie, zachodzi odmienny proces chemiczny. Sądząc z kierunku załamka tego na krzywej prawidłowej, otrzymywanej przy zwykłym odprowadzeniu, przeważa w nich katabolizm. Że załamek ten zależny jest tylko od procesów chemicznych, a nie od specjalnego jakoby układu komory, tego dowodzi fakt, że załamek T nie jest swoistym dla komory, że występuje również we wszystkich innych bijących samoistnie częściach serca i że wreszcie — zgodnie ze spostrzeżeniem Einthovena¹⁾ — przy odprowadzaniu jednostronnem „serc prawidłowych“ otrzymuje się zarówno dodatni jak i ujemny załamek T_{III} .

Kończąc rozpatrywanie okresu S_0T i załamka T, czyli właściwie ostatniego okresu zjawiska elektrycznego, towarzyszącego mechanicznej czynności serca, okresu, po którym następuje t. zw. pauza, a przeto i pozioma linia w elektrokardyogramie, trudno jest nie zaznaczyć olbrzymiej doniosłości badania elektrokardyograficznego w dziedzinie fizjologii, patologii i kliniki chorób sercowych; z wczesnego bowiem rozpoznawania stanu chorobowego serca wyni-

¹⁾ Pflüg. Arch., tom 122, str. 578.

kają doniosłe dla życia ludzkiego wskazania czyli prognoza. Zmiany występujące w t. zw. „okresie biochemizmu“, t. j. w okresie S_0T i T , rzucają nowe światło na zjawiska życiowe w mięśniu i dają możliwość spostrzegania i badania procesów zachodzących w sercu żywego człowieka, niedostępnych dotychczas dla badaczy i nie dających się wykryć żadną inną z dotychczasowych metod. W tem leży wielka doniosłość metody elektrokardiograficznej i niespożyta zasługa genialnego twórcy strunowego galwanometru — Einthovena. Einthoven złożył lekarzom i społeczeństwu oręż potężny. Na tem rola jego jako uczonego kończy się. Jest rzeczą już lekarzy, a przede wszystkim społeczeństwa, rozpowszechnienie i udostępnienie strunowego galwanometru w klinikach i szpitalach. Będzie to zasłużoną nagrodą dla Einthovena i hołdem złożonym przez społeczeństwo potężde nauki czystej, której Einthoven stał się prawdziwie wielkim przedstawicielem.

Załamek U.

Na załamku T kończy się właściwie w piśmiennictwie rozpatrywanie szczegółów krzywej elektrokardiograficznej. Po załamku T w krzywej elektrokardiograficznej występuje prawie zawsze linia pozioma; co świadczy, że podczas pauzy sercowej mięsień aż do chwili wystąpienia następnej grupy załameków przedsionkowych nie wykazuje różnicy potencjałów, przynajmniej takiej, któraby była źródłem prądu wychylającego strunę galwanometru.

Jednakże strunowy galwanometr Einthovena pozwoli nam niezawodnie sięgnąć jeszcze głębiej w dziedzinę spraw zachodzących w sercu żywym. Einthoven mianowicie wspomina, że w nadzwyczaj rzadkich przypadkach na krzywych elektrokardiograficznych już po załamku T udaje się czasem zauważyć jeszcze jedno małe wychylenie; wychylenie to oznaczył Einthoven literą U . Takie samo wychylenie zauważyli również Nicolai i Hering. To nader rzadkie, nieznaczne wychylenie U na krzywej Einthovena zwrócone jest w tę samą stronę co i załamek R .

Prócz tego Nicolai w ogólnym wzorze schematycznym oznacza małe wychylenie w odwrotnym do T kierunku, nazwane przez niego Fp ; jak się okazuje z jego rysunku, zstępujące ramię załamku T , oznaczonego przez niego literą F , przechodzi bezpośre-

dnio w ten odwrotny załamek Fp. Podobne wychylenie Fp zauważyć się daje również na krzywej przytoczonej przez A. Hoffmanna (Fig. 10 b), wykazującej wpływ zimna na serce.

Okazuje się przeto, że zarówno elektrokardiografia jak i fizjologia serca liczyć się jeszcze będzie musiała z jakimiś czynnikami wywołującymi te rzadkie wprawdzie i nieznaczne wychylenia. Podana tutaj pierwsza próba objaśnienia tych załamek U i Fp musi więc nosić charakter hipotetyczny dlatego, że sprawy, z którymi można związać powstawanie tych rzadkich wychyleń, nie dojrzały jeszcze i nie są dostatecznie opracowane ani z punktu widzenia anatomii, ani fizjologii ogólnej.

Einthoven (*Le Télécardiogramme*, str. 149, fig. 33) stwierdza tylko, że po załamku T występuje jeszcze jedno podobne wychylenie U. Ponieważ cały okres S_0T wraz z załamkiem T rozpatrywany był jako okres chemizmu, to łatwo przypuścić, że proces chemiczny, który powoduje zwykle powstanie załamku T, nie odbył się od razu, jak zwykle, i nie dał jednego większego załamku T, lecz że odbył się jakby w dwóch mniejszych etapach, co wyraziło się w falistej linii o dwóch wzniesieniach T i U zamiast jednego tylko, większego wzniesienia T. Taki może być jeden powód powstawania wzniesienia U.

Jednakże dokładniejsze rozpatrywanie krzywych zmusza mnie do przypuszczenia, że załamek U może być zależny od zupełnie odrębnego i nowego czynnika.

Już z krzywych Rothberga i Witerberga (14 b, 13 b, 11 d, 8 c, 9 a), otrzymanych w wyżej wspomnianych doświadczeniach nad działalnością nerwów przyspieszających, rozpoznać można wyraźny zygzak na załamku T, świadczący o tem, że to zjawisko T złożone jest w rzeczywistości z dwóch części. Ta druga, ostatnia część składowa zjawiska T, graficznie zwyczaj zlewająca się w jedną całość, jest, zdaje się, odmiennego pochodzenia i tę drugą część oznaczać będę literą U. Załamek T, który jest właściwie dalszym ciągiem linii S_0T i stanowi z nią nierozzerwaną całość, dlatego ma wstępujące ramię bardziej pochyłe, że, jak wyżej było wskazane, jest on wychyleniem zależnym od chemizmu, a nie wyrazem prądu czynnościowego przedskurczowego. Stopniowe wyłanianie się procesu katabolicznego, przeważającego w ogólnej sumie procesów chemicznych, jest powodem, że wstępujące ramię załamka T podnosi się stopniowo i wolno. Wyżej już wskazałem, że

działając czynnikami wzmagającymi lub hamującymi przemianę materii, można nadać załamkowi T, kierunek dowolny; jeżeli więc, wywołując przewagę anabolizmu, nada się załamkowi T kierunek odwrotny do zwykłego, czyli uczyni go według naszej terminologii dodatnim, to druga część składowa tego załamka nie ma już wstępującego ramienia bardziej pochylego, lecz zstępujące bardziej poziome, a wstępujące bardziej pochyle. Dla przykładu przytaczamy krzywe Nr. 29^a i 29^c. (Porównaj również krzywą Einthovena Fig. 13. Pflüger's Arch., tom 122 i t. d.)

Oczywiście krzywe podobne można ze stanowiska teorii chemizmu wytłumaczyć w ten sposób, że w okresie S₀T przeważał anabolizm; z chwilą jednakże, gdy ta przewaga minęła, natychmiast wystąpiło zwykle wychylenie kataboliczne T. Jednakże ogólna fizjologia serca pozwala widzieć w powstałym w ten sposób załamku U zjawisko być może odrębne.

Okres, w którym przypada załamek ostatni T, odpowiada rozpoczynającemu się rozkurczowi serca. Na krzywych, na których jednocześnie z elektrogramami oznaczona jest również krzywa mechanicznej czynności serca, widać wyraźnie, że krzywa mechanicznej czynności kończy się za T. Przyjrząwszy się dokładniej krzywej mechanicznej, stwierdzić się daje, że maximum wychylenia myogramu czyli kulminacyjny punkt skurczu, podczas którego komora staje się najbardziej wypukłą, występuje wcześniej niż T. Od tego najwyższego punktu krzywej mechanicznej rozpoczyna się stopniowy spadek ramienia zstępującego, co dowodzi, że od tego punktu rozpoczyna się już stopniowy rozkurz komory. Załamek T powstaje więc w okresie już rozpoczynającego się rozkurczania i spłaszczenia komory; jest to niemal początek okresu rozkurczu. Okres rozkurczu już od czasu Hippokratesa zwrócił na siebie uwagę badaczy. Okazało się, że czynność serca nie da się objaśnić zwyczajnym skurczem i biernym rozkurczem mięśnia sercowego, lecz że niezbędne jest przyjęcie nowego czynnika, mianowicie zjawiska rozkurczu czynnego (*aktive Diastole*). Aczkolwiek od najdawniejszych czasów ciągnący się spór w tej sprawie jest nierozstrzygnięty, to jednak cały szereg autorów przyjmował i przyjmuje obecnie fakt czynnego rozkurczu serca (Galen, Vesal, Bichat, Dupuytrén, Goltz, Gaule, Frey i Krehl, Ebstein i t. d.). Najbardziej stanowczym zwolennikiem czynnego

rozkurczu serca jest Luciani¹⁾, który szeregiem doświadczeń stara się udowodnić słuszność swego poglądu. Luciani znajduje poparcie w doświadczeniach pletysmograficznych Stefaniego, który między innymi dowiódł, że nerw błędny wpływa właśnie na takie czynne rozszerzanie się serca czyli czynny rozkurcz. Ebstein²⁾, który w monografii swojej zebrał znane w piśmiennictwie fakty, staje w obronie zjawiska czynnego rozkurczu, przytacza między innymi również doświadczenia Verworna, z których wynika, że t. zw. faza ekspansyjna czyli rozkurczowa (*die Expansionsphase der sich bewegenden Muskulatur*) mięśni będących w ruchu jest procesem czynnym w równym stopniu jak i faza skurczowa.

Fakt istnienia czynnego rozszerzania się komory nasuwa poniekąd myśl poszukiwania również swoistych mięśni, które wywołują ten czynny rozkurcz komory. Okazuje się, że Brachet³⁾ opisał promienisto rozchodzące się od wsierdzia do osierdzia włókna mięśniowe (*fibres rayonnantes*). Skurcz tych mięśni wywołuje czynne rozszerzenie się komory („*De ces faits biens avérés je me crois en droit de conclure que la dilatation du coeur est active et qu'elle se produit par la contraction des fibres rayonnantes*“).

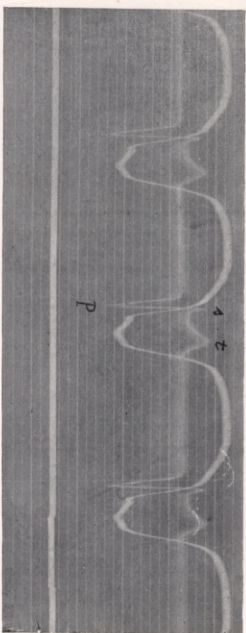
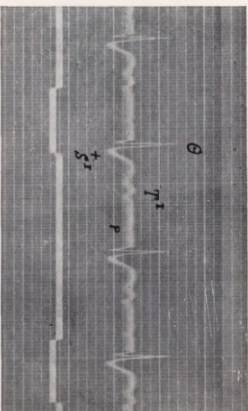
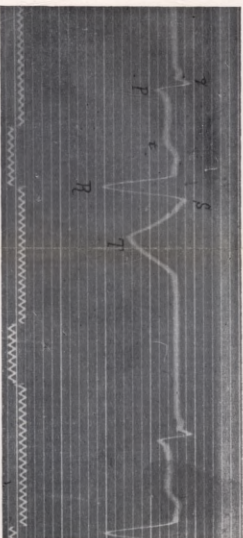
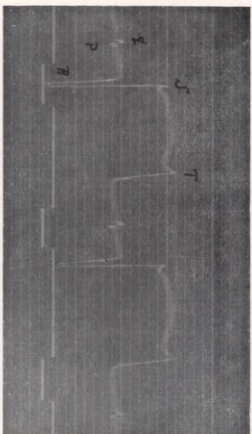
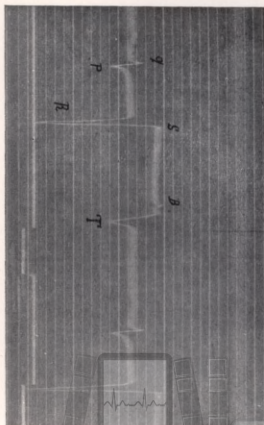
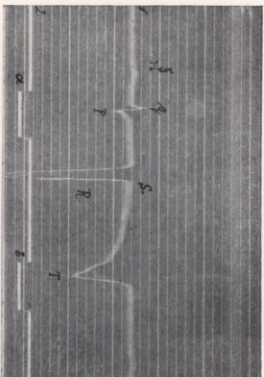
Ebstein w swojej monografii dodaje do słów tu cytowanych, że praca Bracheta przemawia bardzo do przekonania (*hat sehr viel Überzeugendes*).

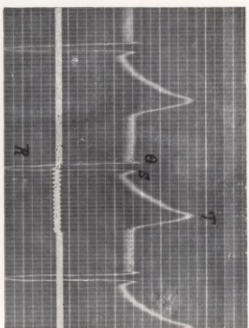
Jest rzeczą zrozumiałą, że za miejsce przyczepu (*punctum fixum*) tych promienisto rozchodzących się i poprzecznie do podłużnej osi serca leżących mięśni musimy uważać osierdzie. Skurcz mięśni zupełnie odrębnych, powstający wówczas, kiedy całkowita masa serca jest już w stanie rozkurczu, musi być oczywiście poprzedzony przez prąd czynnościowy przedskurczowy. I w istocie na krzywych elektrokardiograficznych w tych przypadkach, gdzie zlewający się zazwyczaj z załamkiem U graficznie, lecz nie mający z nim nic wspólnego ani pod względem pochodzenia ani pod względem wyglądu, załamek T występuje oddzielnie, tam ostatni załamek U ma pierwsze ramię niemal prostopadłe, czyli jest on podobny

¹⁾ Luciani, *Physiologie des Menschen*. 1906.

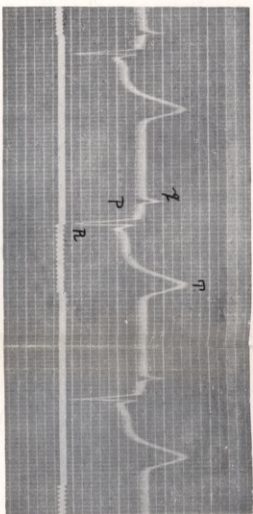
²⁾ Ebstein, *Die Diastole des Herzens*. *Ergebnisse der Physiologie*, Jahrg. 3. 1904.

³⁾ Brachet, *Sur la cause du mouvement de dilatation du coeur*. Paris. Dissert, 1813. Nr. 18.

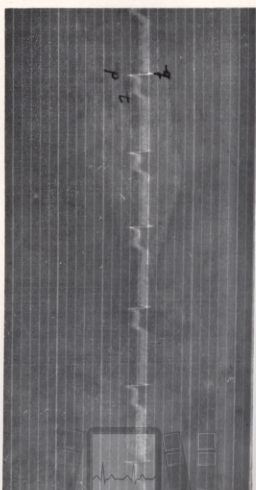




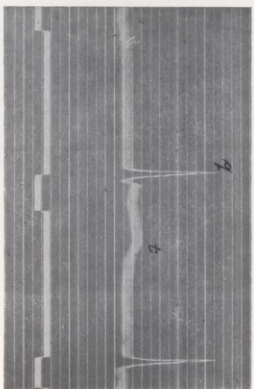
9



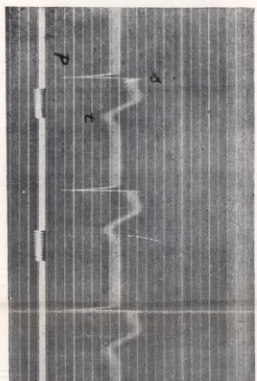
10



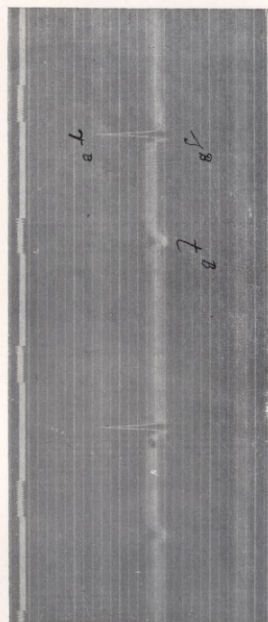
12a



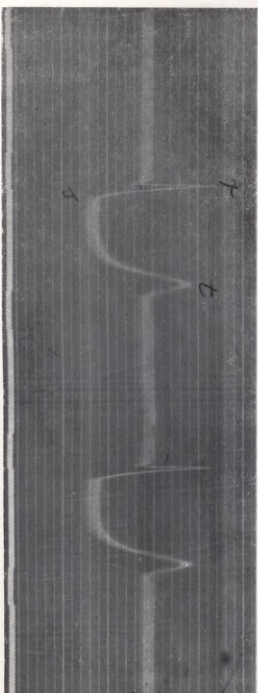
11



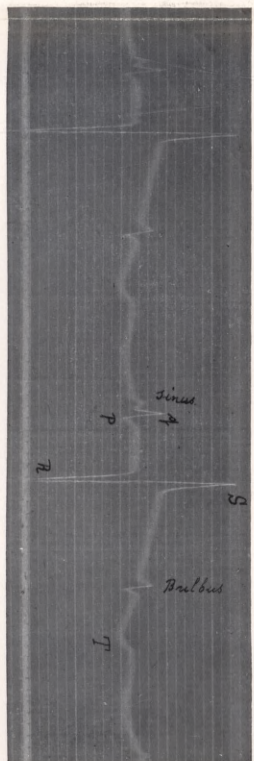
12



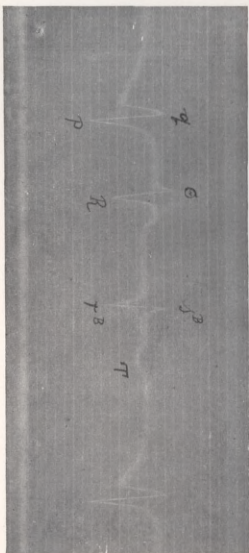
13



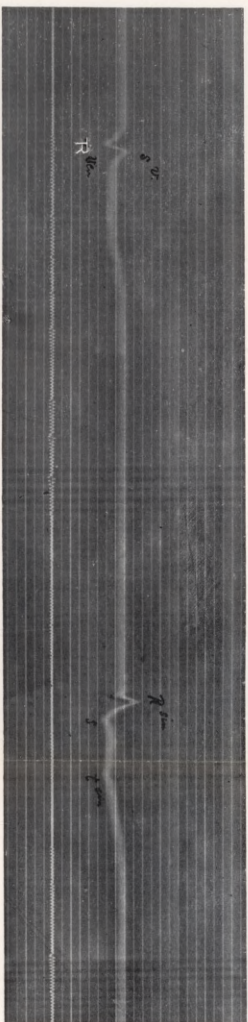
14



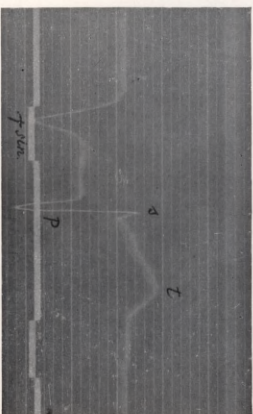
15



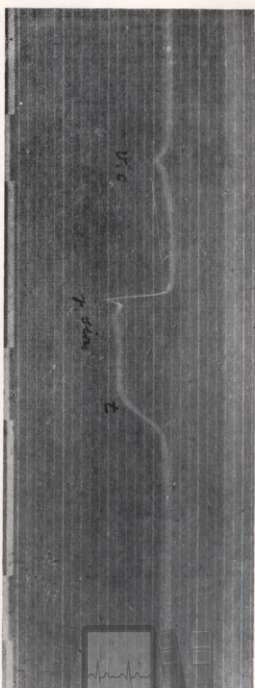
16.



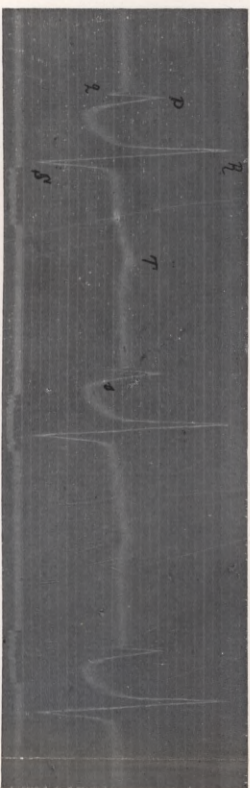
18a.



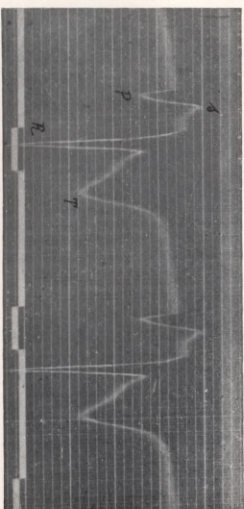
17.



18.



19.



20.

do wszystkich innych wychyleń zależnych od „prądów czynnościowych przedsukreuzowych“. Ten załamek U należy — być może — uważać za wyraz prądu czynnościowego przedsukreuzowego mięśni rozszerzających serce. opisanych przez Bracheta. Oczywiście, że prąd czynnościowy poprzedzający skurecz tych mięśni (U) w porównaniu z podobnym prądem całej komory (załamek R) jest bardzo słaby i dlatego też załamek U jest mały, na co wpływa położenie i kierunek tych mięśni. Nie należy również zapominać, że załamek T, będący wyrazem procesów przemiany materii, jako ostatni wyraz spraw chemicznych, zachodzących w okresie S_0T , może często nawet dowolnie dzięki świadomej interwencji badacza przyjmować ten lub ów kierunek. Ponieważ zaś załamek ten T może osiągać olbrzymich wprost rozmiarów, przeto załamek U może często nie uwidocznic się wcale lub być skompensowanym; niewystępowanie zaś załamka U nie świadczy bynajmniej o tem, że włókna Bracheta się nie kurczą, gdyż — jak to już stwierdził Nicolai dla załamka przedsionkowego — niewystępowanie załamka nie świadczy bynajmniej o tem, że czynność danego małego odcinka serca w rzeczywistości nie miała miejsca. Niewystępowanie małego załamka w galwanometrze może być zależne od wpływów ubocznych.

Objasniając powstanie załamka U skurczem włókien Bracheta, objaśnić również można małeńki odwrotny odcinek jego F_p , zauważony przez Nicolai'a, jako fazę analogiczną do S komorowego i s przedsionkowego, s^B opuszkowego i t. d.

Że zauważone przez Nicolai'a wychylenie F_p prawdopodobnie nie jest wyrazem prądu spoczynkowego, który zgodnie z nowoczesnymi poglądami Bernsteina i Cybulskiego powinien właściwie istnieć w nieuszkodzonym mięśniu sercowym i mógłby przeto wystąpić w galwanometrze podczas pauzy sercowej, przeciwko temu zdaje się świadczyć fakt, że załamek F_p trwa zbyt krótko względnie do pauzy. Ponieważ jednak sprawa prądu spoczynkowego i sprawa czynnego rozkurczu wymagają jeszcze opracowania i nie są rozstrzygnięte ostatecznie z punktu widzenia ogólnej fizjologii, całą więc sprawę załamka U, który zjawia się nadzwyczaj rzadko i mimo wielkiej już ilości ogłoszonych w piśmiennictwie krzywych zauważony został zaledwie przez paru autorów w kilku przypadkach,—należy wogóle uważać dziś za przedwczesną.

Jeżeli zatrzymałem się nieco dłużej na tym załamku, uczyniłem to dlatego, ażeby dowieść, że strunowy galwanometr pozwoli

nam z czasem jeszcze dokładniej niż dotychczas badać czynność serca.

Streszczenie wyników.

Obecnie postaram się w krótkich słowach i przy pomocy niżej przytoczonego wzoru streścić całość bronionego w tej pracy poglądu.

Krzywa elektrokardiograficzna całkowita, odpowiadająca jednemu skurczowi całego serca żabiego, składa się przedewszystkiem z następujących głównych części:

- A) krzywa bijących wpustów żył sercowych,
- B) krzywa bijącej zatoki żylniej,
- C) krzywa przedsionkowa,
- D) krzywa komorowa,
- E) krzywa bijącej opuszki tętnicy głównej.

We wszystkich tych częściach występują załamki: 1) analogiczne do R i S komorowego i 2) okres analogiczny do okresu S_0T .

Krzywa przedsionkowa składa się: 1) z załamek przedsukczowych q i p, będących wyrazem prądów czynnościowych od zatoki żylniej, i załamek s, który występuje tylko wówczas, gdy do dolnej elektrody dochodzi prąd nie od dolnej części przedsionka, lecz od jego środka; gdy jednakże do górnej elektrody dochodzi prąd od górnej części przedsionka, a do dolnej tylko od dolnej granicy przedsionka, to załamek s nie występuje i mamy do czynienia tylko z załamkiem q i p, jako wyrazem prądów czynnościowych przedsukczowych.

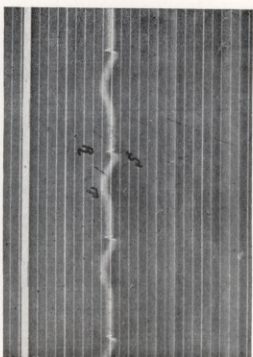
2) Drugi okres krzywej przedsionkowej s_0t wraz z załamkiem t czyli okres biochemizmu.

Pomiędzy krzywą przedsionkową a komorową znajduje się krótka linia pozioma, jako wyraz przechodzenia stanu czynnego przez pęczek Hisa, przyczem podczas tego okresu struna galwanometru jest nieruchoma.

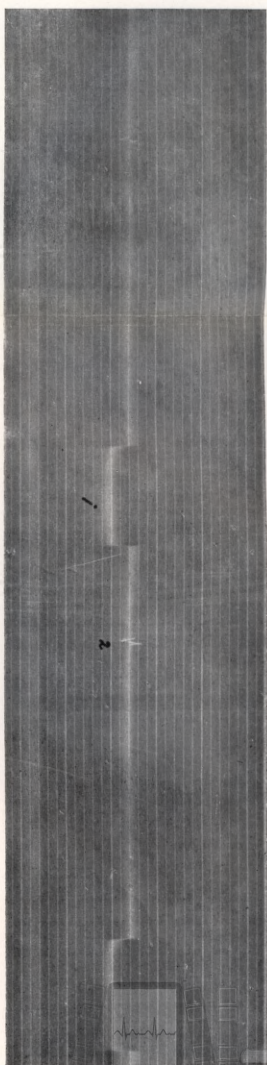
Następnie występuje krzywa komorowa, w której odróżnić należy:

- 1) załamki Q, R, S,
- 2) okres chemizmu S_0T wraz z załamkiem T.

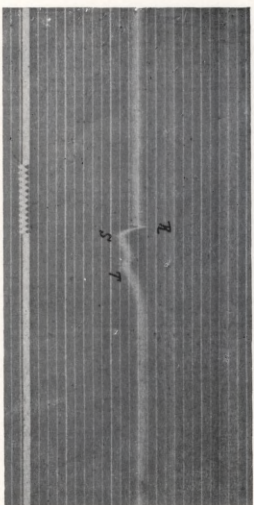
Po krzywej komorowej występuje znów linia pozioma, odpo-



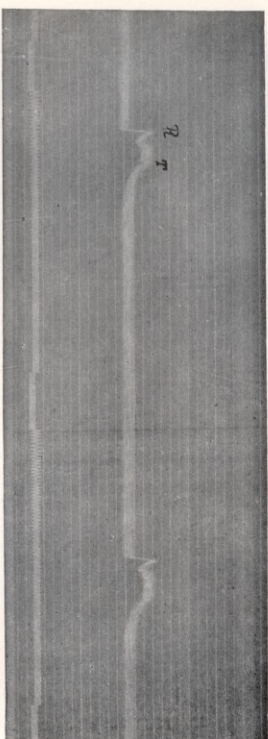
21.



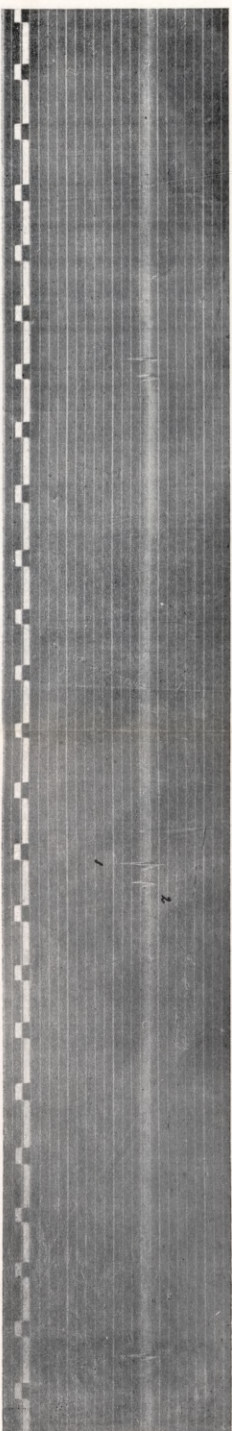
25.



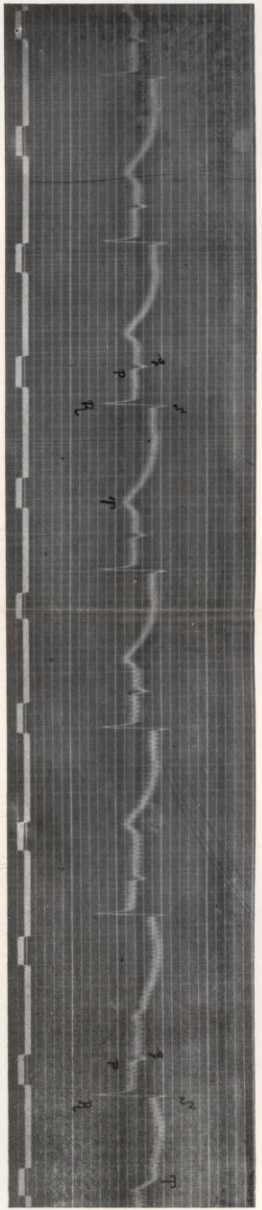
29.



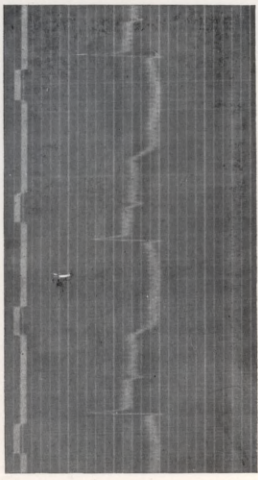
28.



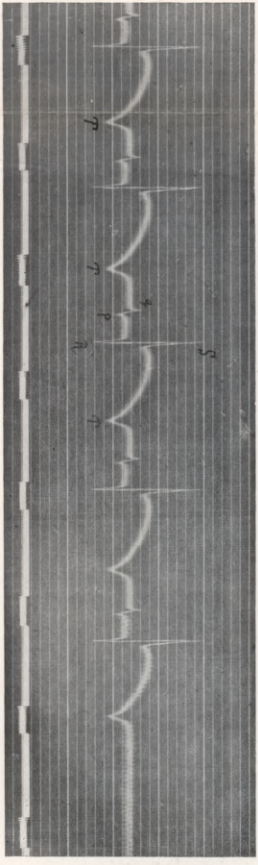
24.



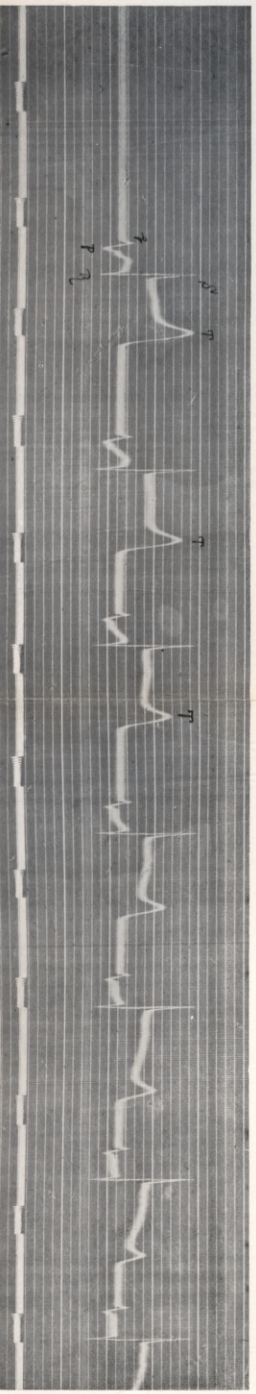
261.



263.



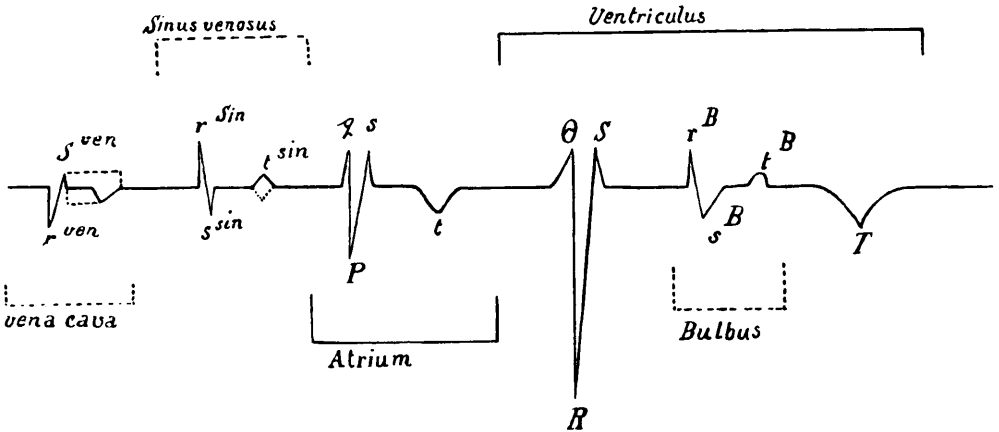
274.



277.

wiadająca pauzie pomiędzy dwoma poszczególnymi skurczami serca, podczas której struna galwanometru pozostaje bez ruchu.

Zarówno z doświadczeń, których dokonałem z sercami całemi żaby wyciętymi i niewyciętymi, jakoteż z doświadczeń nad sercami, w których po przewiązaniu przedsionków odcinałem doszczętnie komorę, lub w których po przewiązaniu zatoki odcinałem doszczętnie przedsionki i komory, — przekonałem się, że zarówno kurcząca się zatoka żylna, jako też kurcząca się samoistnie opuszka aorty, wreszcie kurczące się wpusty żył dają zupełnie analogiczne załamki



Rys. 8.

jak i przedsionki (za wyłączeniem q); przedsionki zaś wykazują wszystkie analogiczne do komorowych wychylenia (q, P, s, okres s_0t i t); we wszystkich przeto bijących częściach serca żabiego daje się wyraźnie odróżnić jedno stałe i główne wychylenie odpowiadające wychyleniu R z jednej strony i okres S_0T wraz z załamkiem T z drugiej strony czyli okres zależny od biochemizmu podczas mechanicznej czynności kurczącej się i rozkurczającej się odpowiedniej części serca żabiego.

Dlatego też rzeczywisty kształt krzywej elektrokardiograficznej, odpowiadający jednemu skurczowi całkowitego serca żaby, przedstawia się na zasadzie doświadczeń moich w sposób uwidoczniiony na wzorze następującym: (patrz wyżej rys. 8).

Objaśnienie rycin.

Nr. 1. Krzywa serca żabiego. Górna elektroda na przedsionku, dolna na wierzchołku komory. Wyraźne wychylenia przedsionkowe q i P . T ujemne. Sin wychylenie zależne od skurczu zatoki żyłnej. 1: Krzywa elektrokardiograficzna. 2: Sygnał czasu, $a-b =$ sekunda.

Nr. 2. Krzywa komorowa serca żabiego. Górna elektroda w górnej części komory, dolna na dolnej. Wyraźny załamek Q . Okres S_0T wraz z załamkiem T ujemny.

Nr. 3. Krzywa serca żabiego wyciętego. Ustawienie elektrody zwykle (górna na przedsionku, dolna na środku komory). B : wychylenie zależne od skurczu opuszki tętnicy głównej (*Bulbus aortae*). Cały okres S_0T dodatni, T ujemne.

Nr. 4. Krzywa serca żabiego z okresem S_0T dodatnim i załamkiem T dodatnim.

Nr. 5. Krzywa wyciętego serca żabiego. Na krzywej przedsionkowej występuje wyraźnie okres biochemizmu wraz z załamkiem t .

Nr. 6. Krzywa przedsionkowa żaby. Komora odcięta doszczętnie. Wybitny załamek P i s . Załamek t ujemny.

Nr. 7. Krzywa przedsionkowa żaby. Komora odcięta doszczętnie. Myogram przedsionków. Wybitny załamek P . Załamki s i t dodatnie.

Nr. 8. Krzywa komorowa psa. Obie elektrody na górnej części komory prawej, górna obok brzozy poprzecznej, dolna nieco niżej. Odprowadzenie bezpośrednio. Klatka piersiowa otwarta. Psu zastrzyknięto kurare.

Nr. 9. Krzywa komorowa tegoż psa. Obie elektrody na dolnej części komory (dolna elektroda na wierzchołku serca, górna nieco wyżej).

Nr. 10. Jak nr. 9; obie elektrody mniej więcej pośrodku serca.

Nr. 11. Krzywa przedsionkowa żaby. Komora odcięta. Obie elektrody powyżej zatoki żyłnej, górna elektroda umieszczona wyżej aniżeli dolna.

Nr. 12. Krzywa przedsionkowa żaby. Komora odcięta. Obie elektrody poniżej zatoki żyłnej. Wybitny załamek P i załamek s . Okres biochemizmu s_0t dodatni, t ujemne.

Nr. 12a. Krzywa przedsionkowa żaby po odcięciu komory. Obie elektrody pośrodku przedsionków. Załamek q i załamek P . Okres biochemizmu s_0t ujemny.

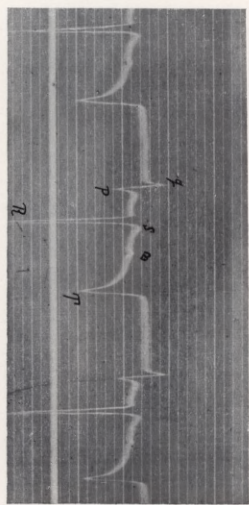
Nr. 13. Krzywa opuszkowa. Opuszka wyosobniona, zupełnie odcięta od serca i umieszczona na szkle. Górna elektroda w dolnej części, dolna na górnej części. Wybitne załamki r^B , s^B , t^B .

Nr. 14. Krzywa opuszkowa. Odcięta opuszka umieszczona na szkle. Górna elektroda na górnej części opuszki, dolna na dolnej. Okres biochemizmu dodatni, załamek t^B ujemny.

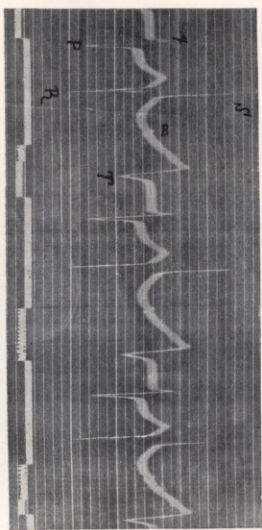
Nr. 15. Krzywa serca żabiego. Górna elektroda na opuszcze, dolna na środku komory. Załamek r^B w odwrotnym do R kierunku, zgodnie z przebiegiem stanu czynnego.

Nr. 16. Krzywa serca żabiego. Górna elektroda na lewym przedsionku; dolna na opuszcze.

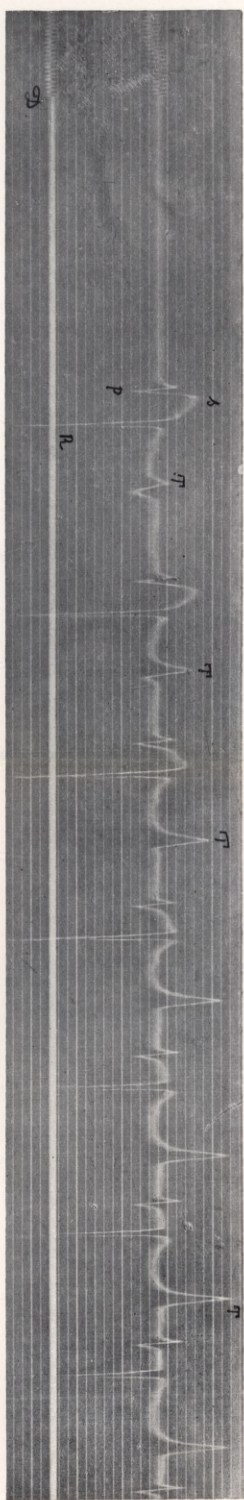
Nr. 17. Krzywa zatoki żyłnej i przedsionków. Komora odcięta doszczętnie. Górna elektroda na dolnej części zatoki żyłnej, dolna na górnej części le-



288a.



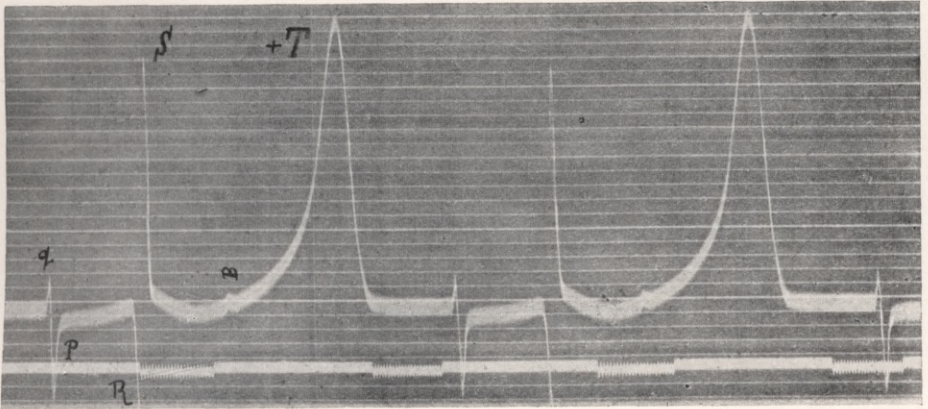
291a.



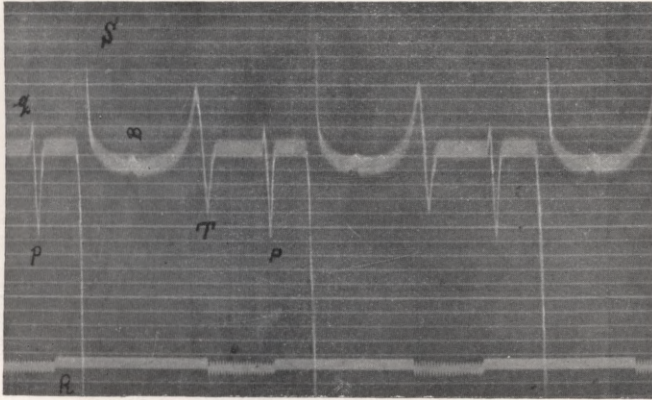
288b.



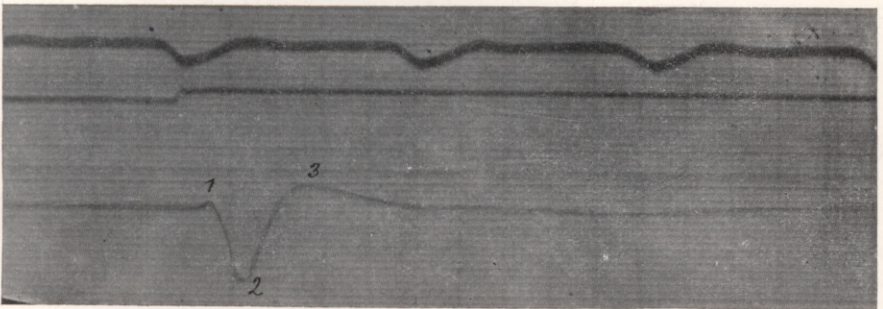
288c.



29 b



29c.



30.

wego przedsionka. Okres biochemizmu w zatoce żyłnej ujemny, w przedsionkach dodatni.

Nr. 18. Krzywa zatoki żyłnej i wpustu żyły próżnej po doszczętnem odcięciu komory i przedsionków. Górna elektroda na dole obok żyły próżnej dolnej, dolna nieco wyżej. Okres biochemizmu ujemny.

Nr. 18a. Krzywa zatoki żyłnej i wpustu żyły próżnej po doszczętnem odcięciu komory i przedsionka. Górna elektroda na żyłę próżnej lewej, dolna na zatoce.

Nr. 19. Krzywa serca rybiego. Górna elektroda na przedsionku, dolna na komorze. Okres biochemizmu w przedsionku dodatni, T ujemne.

Nr. 20. Serce ryby. Obie elektrody na komorze (ustawienie elektrod odwrotne, odpowiednio do kierunku stanu czynnego i fali skurczu).

Nr. 21. Serce raka. Okres biochemizmu wraz z załamkiem t ujemny.

Nr. 22. Okres biochemizmu wraz z załamkiem t dodatnim. Ustawienie elektrod odwrotne.

Nr. 23. Serce raka. Cały okres biochemizmu ujemny. Ustawienie elektrod jak w nrze 22.

Nr. 24. Krzywa serca ostrygi. W obydwóch kurczących się częściach serca w krzywej przedsionka i w krzywej komorowej widoczne są wychylenia analogicznie do R i do S.

Nr. 25. Serce ostrygi. 2. Cały okres biochemizmu dodatni.

Nr. 26₁₊₂. Serce żaby. Drażnienie nerwu błędnego prądem indukcyjnym. Pod wpływem działania prądu T ujemne znika, a cały okres biochemizmu staje się wybitnie dodatni.

Nr. 27₁₊₂. Serce żaby. Drażnienie nerwu błędnego. Po zahamowaniu serca cały okres biochemizmu staje się dodatni; T również dodatnie.

Nr. 28. Serce żaby. Drażnienie nerwu błędnego: a) przed drażnieniem, b₁₊₂) zahamowano czynność serca. Okazuje się przy tem, że T stało się wybitnie dodatniem i zwolna powraca do stanu normalnego, podczas którego T było ujemne. Podczas trzech pierwszych skurczów po zahamowaniu okres biochemizmu w przedsionkach również wybitnie dodatni.

Nr. 29. Serce żaby. Wpływ oziębiania i ogrzewania. Serce wycięte, umieszczone w naczyniu z parafiną płynną: a) krzywa normalna przy temp. pokojowej; b) ochładzanie: t° — 8°. Faza ujemna załamka T znika zupełnie, T dodatnie, znacznie powiększone; c) ogrzewanie: temperatura = 31° C. Ponowne zjawienie się ujemnej fazy załamka T.

Nr. 30. Elektromyogram mięśnia łydkowego żaby. Górna elektroda na górnem ścięgnię, dolna poniżej równika nerwowego. Załamki 1, 2 i 3 analogiczne do komorowych Q, R i S (krzywa cytowana z pracy Prof. Cybulskiego).

Biblioteka Główna WUM

KS.1513



21000001513

www.dlibra.wum.edu.pl