

**O PRĄDACH CZYNNOSCIOWYCH
W ŚRODKOWYM UKŁADZIE NERWOWYM**

podał

ADOLF BECK

Gdy badania zjawisk elektrycznych, które towarzyszą stanom czynnym mięśni i nerwów, wypełniają prawie całkowicie elektrofizjologię, to analogiczne zjawiska elektryczne, które powstają w czasie czynności układu nerwowego środkowego, w małym tylko stopniu zajmują uwagę fizyologów. Od ogłoszenia pracy Sieczenowa¹, który studyował w r. 1863 prądy elektryczne w rdzeniu przedłużonym żaby, minęło lat dwadzieścia kilka, gdy Gotch i Horsley² zajęli się badaniem prądów czynnościowych w układzie nerwowym środkowym zwierząt ciepłokrwistych i ogłosili w wyczerpującej pracy wyniki badań nad prądami spoczynkowymi i czynnościowymi głównie w układzie nerwowym kotów i małp. Równocześnie z pracą Gotcha i Horsleya ukazała się praca moja pod tytułem: »Oznaczenie lokalizacyi w mózgu i rdzeniu zapomocą zjawisk elektrycznych«³, która wprawdzie w głównej mierze poświęcona była śledzeniu zmian elektrycznych w korze mózgowej zwierząt ciepłokrwistych, jednakowoż częściowo zawierała także wyniki badania zjawisk elektrycznych, które obserwować można w rdzeniu żaby. Służyły one jako wstęp do doświadczeń, stanowiących główną treść pracy, t. j. do badań nad lokalizacją czynności kory mózgowej. Wyłącznie zaś badaniom zmian elektrycznych w rdzeniu pacierzowym poświęcona jest osobna praca moja z r. 1901⁴. Publikacja ta, zajmując się szczegółowym rozbiorem własności i zjawisk elektrycznych rdzenia, bada przewodzenie elektryczne i studyuje wielkość siły elektro-

¹ Galvanische Erscheinungen an der cerebrospinalen Axe des Frosches. (Doniesienie tymczasowe). Archiv Pflügera tom 25.

² On the Mammalian Nervous System, its functions, and their Localisation determined by an Electrical Method. Proceeding Roy. Soc. 1891, vol. 49.

³ Rozpr. Wydziału mat.-przyrod. Akad. Um. w Krakowie tom 21, 1891 r.

⁴ Beck. Zjawiska elektryczne w rdzeniu pacierzowym. Rozpr. Wydz. mat.-przyrod. Akad. Um. w Krakowie tom XLI. Serya B.

bodźczej, a w szczególności zajmuje się badaniem prądów czynnościowych rdzenia, występujących jako t. zw. wahanie wsteczne.

Ponieważ do owych doświadczeń posługiwałem się galwanometrem Wiedemanna, nie mogłem badać przebiegu czasowego prądów czynnościowych. Usiłowania w celu zbadania tego przebiegu zapomocą reotomu różniczkowego pozostały również bez skutku, jak przypuszczałem wówczas, prawdopodobnie dlatego, że czynność ośrodków nerwowych z trudnością tylko może być wywołana przez jednokrotne zadrażnienie, a powtarzanie zadrażnienia kilka razy na sekundę nie wywołuje, jak w nerwie, odpowiedniego szeregu identycznych z sobą stanów czynnych, które składają się na obserwowaną w galwanometrze zmianę elektryczną. Takie bowiem powtarzane zadrażnienia w układzie nerwowym środkowym sumują się ze sobą i powodują od czasu do czasu jednorazowe wyładowanie się czynności ośrodków.

Z tego powodu próbowałem przez fotografowanie wychyleń galwanometru graficznie określić przebieg zmian elektrycznych.

Atoli i wyniki fotografowania prądów rdzenia nie doprowadziły do pomyślnych rezultatów pod względem możliwości oznaczenia czasowego przebiegu zmian elektrycznych. Wina tego leży w bezwładności galwanometru Wiedemanna, która tłumi jego ruchy i opóźnia wychylenia.

Toteż skoro tylko zakład fizyologiczny dzięki fundacyi ś. p. Wiktora Osławskiego wyposażyć można było w galwanometr strunowy Einthowena, wnet rozpocząłem zapomocą tego galwanometru badania prądów czynnościowych układu nerwowego, aby wypełnić lukę, którą pozostawiły z konieczności badania wyżej opisane, a nadto aby i w innym kierunku rozszerzyć wiadomości nasze o zmianach elektrycznych rdzenia, szczególnie zaś, aby mieć graficznie wyrażone zarówno natężenie zmiany elektrycznej, jakoteż jej przebieg.

Jedną część doświadczeń, z których poniżej zdaję sprawę, wykonana była przy pomocy nitki platynowej Wolastona o oporze 7800 ohmów, podczas drugiej części doświadczeń założona była w galwanometrze nitka również platynowa o oporze 10500 ohmów. Czułość galwanometru w każdym doświadczeniu osobno oznaczona, wynosiła 12×10^{-10} — 8×10^{-10} .

Do doświadczeń posługiwałem się preparatem złożonym z starannie wypreparowanej całej osi mózgodzeniowej żab silnie ozię-

bionych, przy której pozostały albo nienaruszone tylne łapki (gdy miało się drażnić skórę łapek mechanicznie lub chemicznie), albo też tylko również wypreparowany jeden lub obydwa nerwy kul-szowe (nn. ischiadici). W tym drugim przypadku badałem zawsze przed samem preparowaniem nerwów, czy na podrażnienie mecha-niczne skóry preparat odpowiada ruchem i tylko wtedy użyto go do doświadczeń, gdy ruchy takie z drażnienia łapki występowały wyraźnie. Oczywiście, że gdy do doświadczeń miał służyć preparat z nienaruszonymi kończynami, wtedy również baczono na to, czy ruch z drażnienia skóry występuje. Preparat umieszczano w komo-rze wilgotnej (w licznych doświadczeniach oziębionej), do której do-prowadzano tlen. W komorze tej znajdowały się zarówno elektrody niepolaryzujące, których końce w postaci grubych nitek z wełny zwilżonych fizyologicznym roztworem soli przykładano do wybra-nych miejsc układu nerwowego, jakoteż i elektrody platynowe słu-żące do drażnienia nerwu. Komora sama składała się z tacki cyn-kowej na nóżkach, przez którą prowadziły trzy pary otworów, za-jętych przez rurki szklane dla przepuszczenia drutów do elektrod, a która posiadała na całym obwodzie rowek 1 cm. szeroki i tyleż głęboki. Rowek ten wypełniano wodą i wstawiano weń wolny brzeg kwadratowego klosza, przez którego boczne ściany przechodziła rurka dowodząca tlen, manometr wodny oraz otwór dla termometru.

T. zw. prądy spoczynkowe.

Łącząc dwa różne punkty osi mózgo-rdzeniowej, o ile możliwości zupełnie nienaruszonej, z galwanometrem, zauważamy prawie zawsze jakieś wychylenie galwanometru; izopotencjalność należy do nie-zmiernie rzadkich wyjątków. Kierunek prądu bywa w znacznie więk-szej liczbie doświadczeń wstępujący, t. j. wyższa część układu ner-wowego bywa wobec niższej dodatnią tak, że prąd płynie w łą-czniku i galwanometrze od części wyższej układu nerwowego ku niższej, w samym zaś preparacie od dołu ku górze. Kierunek od-wrotny t. j. prąd zstępujący zjawia się o wiele rzadziej, jakkolwiek nie należy do wyjątków. I tak na 75 oznaczeń skonstatowano prąd wstępujący 61 razy (81·3%), zstępujący 12 razy (16%), izoelektry-czność 2 razy (2·6%). Wypadki, w których kierunek był zstępujący tyczył się połączeń takich, w których jedna elektroda dotykała zgru-

bienia łądźwiowego, druga umieszczona była na wyższej części układu nerwowego np. na półkuli mózgu lub na rdzeniu przedłużonym. Jeżeli jedna z tych wyższych części układu nerwowego połączona była z inną częścią rdzenia pacierzowego, to prąd zawsze był zstępujący. Wynikałoby z tego, że kierunek prądu jest do pewnego stopnia zależny od tego, czy z galwanometrem połączone jest miejsce, w którym nagromadzone są w większej liczbie komórki nerwowe i że obecność tych komórek warunkuje podwyższenie potencjału dodatniego.

Stalność, z jaką kierunek prądu zależy od tego, od których miejsc układu nerwowego go odprowadzamy, objawia się także w tem, że nawet po dokonaniu przekroju poprzecznego (np. rdzenia przedłużonego) a odprowadzeniu prądu od tego przekroju i od powierzchni naturalnej nie zawsze prąd otrzymany jest — jakby się spodziewać należało — zstępujący, lecz często właśnie ma też kierunek taki, jak w układzie nerwowym nienaruszonym.

Słowem widzimy tu wyraźną zgodność z wynikami badań Cybulskiego na mięśniach. Gdy jednak badania Cybulskiego znaleźć mogą łatwo wyjaśnienie w swoistej strukturze włókna mięsnego, nie możemy tu wobec skomplikowanej budowy i składu układu nerwowego tak łatwo kusić się o znalezienie przyczyny tego zachowania.

Co do siły elektrobodźczej, jakiej dostarcza połączenie dwóch miejsc układu nerwowego środkowego żaby zapomocą przewodnika, to jak wykazuje umieszczone tu zestawienie, największą ona jest przy odprowadzeniu prądu od półkul mózgowych i zgrubienia łądźwiowego, słabszy przy odprowadzeniu od rdzenia przedłużonego i części łądźwiowej rdzenia, jeszcze słabszy przy odprowadzeniu od półkul lub rdzenia przedłużonego i od innego miejsca rdzenia pacierzowego.

| Odprowadzono prąd od | Siła elektrobodźcza w miliwoltach | | |
|--|--------------------------------------|--------|---------|
| | minim. | maxim. | średnie |
| półkul i zgrubienia łądźwiowego | 6 | 34 | 18·5 |
| rdzenia przedłuż. i zgrubienia łądźwiowego | 2·5 | 27 | 10 |
| półkul mózgowych i środk. części rdzenia | 7 | 8 | 7·5 |

Kombinacje inne (np. corp. bigem etc.) dawały wogóle prądy o wiele słabsze.

Dodajmy jeszcze, że prąd »spoczynkowy« słabnie w miarę trwania, że słabnie również pod wpływem CH_3Cl i braku tlenu, a natomiast zwiększa się pod wpływem pędzlowania rdzenia roztworem strychniny.

Prądy czynnościowe.

Celem wywołania stanów czynnych w rdzeniu, drażniono bądź skórę łapki mechanicznie (ucisk pensetą klucie kolcem jeża), lub chemicznie (1% roztworem kwasu siarkowego), bądź też po wy-preparowaniu nerwu kulszowego (n. ischiadicus) działano na jego koniec dośrodkowy prądem indukcyjnym za pośrednictwem elektrod, które znajdowały się pod kloszem na podstawie ołowianej, izolowane zapomocą rurek szklanych. Drażnienie zaś prądem indukcyjnym odbywało się albo zapomocą jednorazowego uderzenia tego prądu (otwarcie lub zamknięcie koła pierwszorzędnego), albo też zapomocą całego szeregu działań prądu indukcyjnego przy wprowadzeniu w ruch młotka Neefa lub przerywacza widełkowego.

A. Podniety elektryczne.

Rozpoczniemy od rozpatrywania wyników drażnienia pojedynczymi uderzeniami prądu indukcyjnego. Obraz, jaki się tu otrzymuje, nie jest stale jednaki. Krzywa przedstawiająca przebieg zmian elektrycznych przy drażnieniu bywa wprawdzie najczęściej podobną do wychylenia dwufazowego prądów nerwowych lub mięśniowych, ale przebieg taki nie jest regułą.

Krzywą taką mamy na tabl. I. ryc. 1. Prąd odprowadzono tu od rdzenia przedłużonego i zgrubienia lędźwiowego. Widzimy, że przebieg całej zmiany elektrycznej odbywa się w rdzeniu o wiele wolniej niż w nerwach obwodowych. I tak po krótkim okresie utajonego podrażnienia, którego na razie z powodu braku urządzenia dla szybszego przesuwania się powierzchni czulej na światło nie oznaczyłem, rozwija się zmiana elektryczna, wskazująca, że część lędźwiowa rdzenia pacierzowego staje się ujemnie elektryczną, zmiana ta dochodzi

do maximum po 0·0096'', utrzymuje się na tem maximum przez 0·0132'', poczem zaczyna opadać; w 0·017'' osiąga linię zero, aby znowu dać miejsce zmianie odwrotnej (drugiej fazie), której maximum następuje po 0·024'' a kończy się zupełnie po 0·03''. Cała zmiana trwała około 0·094''.

Ważną jest rzeczą, że przez zmianę kierunku prądu indukcyjnego, przez zapisywanie zmian elektrycznych powstających przy zamykaniu i otwarciu prądu, oraz przez stosowanie prądu stałego o kierunku naprzemian wstępującym i zstępującym, przekonałem się, że przebieg dwufazowy zmian elektrycznych właściwy jest samym procesom czynnym układu nerwowego i nie jest sztucznym produktem.

Taki przebieg zmiany elektrycznej wywołanej jednorazową szybko działającą podniecią może mieć dwie przyczyny: jedną z nich może być okoliczność, że stan czynny w układzie nerwowym środkowym przenosi się z szybkością znacznie mniejszą niż w nerwach obwodowych i jakkolwiek nawet może być chwila, w której obejmuje równocześnie oba połączone z galwanometrem miejsca układu nerwowego, to zależnie od tego, w którym z tych miejsc ten stan czynny przeważa, przeważa też i zmiana potencyału tego punktu nad drugim. Drugą przyczyną jest niewątpliwie to, że pod wpływem podnieoty pojawia się w rdzeniu — podobnie jak to dla mięśni i nerwów wykazał Cybulski — proces kataboliczny, po którym bezpośrednio występuje anaboliczny, czyli proces odbudowy. Że ten proces jeden i drugi trwa dłużej niż w mięśniach, jest rzeczą, która zgadza się też z istniejącymi dotąd wiadomościami o czynności układu nerwowego środkowego. Skoro bowiem zmiana elektryczna jest wyrazem stanów czynnych samych ośrodków nerwowych, to zrozumiałą jest rzeczą, że wobec znanego faktu, iż stany czynne w ośrodkach nerwowych rozwijają się wolniej niż w nerwach obwodowych i pozostawiają w nich ślad dłużej trwający (zdolność sumowania), że i same zmiany elektryczne rozwijają się powolniej i trwają dłużej.

Opisany przebieg zmiany elektrycznej pod wpływem podrażnień jednorazowych był wprawdzie najczęstszy, jednakże nie jedynie występujący. W niektórych mianowicie doświadczeniach obserwowano tylko jedną fazę wskazującą, że dolna część rdzenia pacierzowego (zgrubienie lędźwiowe lub jego okolica) stawała się ujemnie elektryczną. Brak drugiej fazy wskazywałby na to, że stan czynny nie dochodził wcale lub nie obejmował wyższej części układu nerwowego,

prawdopodobnie wskutek tego, że części te w czynności swej już były upośledzone.

Na uwagę zasługuje, że przytoczone tu wyniki doświadczeń z drażnienia pojedynczymi uderzeniami prądu zwracają się przeciw do niedawna ogólnie rozpowszechnionemu zapatrywaniu, że jednorazowe podrażnienia nerwów czuciowych nie są w stanie wywołać stanu czynnego w układzie nerwowym centralnym, i że tylko na podniety powtarzane, choćby słabsze odpowiada układ nerwowy centralny wyładowaniem czynności.

Już Biedermann¹ i Steinach² występowali przeciw temu zapatrywaniu, wykazując, że u żab bardzo pobudliwych lub uczynionych pobudliwymi przez silne oziębienie, można przez drażnienie nerwów czuciowych lub korzonków zapomocą pojedynczych uderzeń prądu indukcyjnego wywołać odruch. Powyższe doświadczenia moje wykazują również, że pojedyncze podrażnienia prądem indukcyjnym są dla układu nerwowego środkowego żaby skutecznymi podniętami.

Gdy jednorazowe podrażnienie daje po większej części wychylenie dwufazowe, to drażnienie wielokrotne szybko po sobie następujące t. j. całym szeregiem uderzeń prądu indukcyjnego dawało wychylenie tylko w jednym kierunku. Krzywa, której przykład daje nam fig. 2, tab. I wznosi się dość nagle, utrzymuje się na stałym prawie poziomie nie tylko przez cały czas drażnienia, ale jeszcze po ustaniu drażnienia trwa wychylenie galwanometru czas jakiś, poczem bardzo pomału opada. Kierunek wychylenia był zawsze — gdy jedna elektroda dotykała zgrubienia lędźwiowego lub jego okolicy — tego rodzaju, iż wskazywał, że to zgrubienie stało się elektryjemne, kierunek prądu zatem był też wstępujący.

To długotrwałe wychylenie utrzymujące się na jednakim prawie poziomie wskazuje, że podczas długotrwałego drażnienia proces dyssymilacji bierze górę nad procesem anabolicznym i że proces ten trwa przez czas dłuższy, t. j. rdzeń pacierzowy odpowiada wyładowaniem czynności jeszcze długo po ustaniu działania podniety.

Na krzywej fig. 2 widać jeszcze drobne fale odpowiadające

¹ Biedermann. Beiträge zur Kenntniss der Reflexfunktionen des Rückenmarks. Pflügers Archiv tom 80, str. 408.

² Steinach. Die Sumation einzeln unwirksamer Reize als allgemeine Lebenserscheinung. Ibidem tom 125, str. 337.

przerwom prądu indukującego a powstałe wskutek udzielenia się galwanometrowi gałązek prądu do drażnienia użytego. Mimo to jednak samo wychylenie główne, na którym owe fale się rozwijają, najniewątpliwiej jest wynikiem tylko prądu czynnościowego wywołanego stanem czynnym żywej tkanki nerwowej. Pomijając bowiem, że fale drugorzędne nie występowały zawsze, mogłem tego nadto dowieść przez doświadczenia kontrolujące, w których: a) zmieniłem kierunek prądu drażniącego, b) stosowałem środki narkotyczne, c) podwijałem nerw powyżej miejsca drażnienia.

Zmiana kierunku prądu nie powoduje też i zmiany w kierunku głównego wychylenia wywołanego drażnieniem »tetanicznem« i to nie tylko podczas drażnienia prądem indukcyjnym, ale nawet także i wtedy, gdy stosowano przerywany prąd stały (ryc. 3 i 4 na tabl. II). To ostatnie może służyć za dowód niezbity, iż wychylenie, o którym mowa, nie jest wyrazem odgałęzień prądu użytego do drażnienia lub spowodowanych nim prądów elektrotonicznych. Po podwiązaniu nerwu powyżej miejsca drażnienia znika wychylenie to natychmiast, zatrucie zaś rdzenia chloroformem powoduje zmniejszenie się wychylenia, a w czasie całkowitej narkozy zupełne jego ustanie. W tym ostatnim razie podczas drażnienia powstają wprawdzie owe fale, t. j. wahania wywołane przez gałązki prądu drażniącego, wychylenia zaś stałego w jednym kierunku niema wcale.

Nie we wszystkich jednak doświadczeniach przebieg wychylenia był taki, jak dopiero co opisano. W nieznacznej ich liczbie obserwować można było prócz wychylenia wskazującego na obniżenie potencjału elektrycznego w części lędźwiowej rdzenia pacierzowego, na początku chwilową krótkotrwałą zmianę odwrotną.

Zmiana ta może mieć swe źródło albo w tem, że drażnienie początkowe powoduje chwilowe zahamowanie, któremu może towarzyszyć asymilacja, albo też co więcej jest prawdopodobne, drażnienie powoduje stan czynny przeważający najpierw w innej części systemu nerwowego, której dotykała się druga elektroda (półkule mózgu, rdzeń przedł.) a potem dopiero zjawia się przewaga stanu czynnego w ośrodkach niższych rdzenia pacierzowego.

Podniety mechaniczne i chemiczne.

Szereg doświadczeń wykonano celem skonstatowania, jakie zmiany elektryczne występują w układzie nerwowym środkowym,

gdy dochodzą do niego impulsy spowodowane podnietami t. zw. odpowiedniami, t. j. takimi mniej lub więcej fizyologicznymi podnietami, które działają wprost na niezmienną powierzchnię czuciową.

Na nienaruszoną zatem skórę łapki stosowano bodźce bądź to mechaniczne bądź też chemiczne i obserwowano wpływ ich na wychylenie galwanometru. Drażnienie mechaniczne odbywało się przez szczypanie skóry łapki pincetą lub klucie jej kolcem jeża (celem uniknięcia zetknięcia skóry z metalem), chemicznie zaś drażniono również skórę łapki rozcieńczonym kwasem siarkowym.

Drażnienie mechaniczne — zależnie od jego trwania — powoduje bądź jednorazowe wychylenie podobne do wychylenia wywołanego drażnieniem zapomocą prądu faradycznego (ryc. 5 na tabl. II), albo też kilka wychyleń po sobie następujących w tym samym kierunku (ryc. 6 na tabl. III). Te wychylenia kilkakrotnie powtarzane występują mianowicie wtedy, gdy na skutek podrażnienia następuje szereg ruchów łapki, są one przeto wyrazem zmian elektrycznych towarzyszących impulsom rytmicznym, które wychodzą z ośrodków nerwowych i wywołują owe ruchy. Oczywiście należy jednak wykluczyć, czy te rytmiczne wychylenia galwanometru towarzyszące ruchom łapki nie są spowodowane zmianami elektrycznymi samych mięśni kurczących się, które to zmiany za pośrednictwem rdzenia mogłyby się udzielić galwanometrowi. Wątpliwości pod tym względem usunąłem za pomocą doświadczenia, w którym przeciąłem korzonki przednie wychodzące ze zgrubienia lędźwiowego rdzenia pacierzowego. W doświadczeniu tem przed przecięciem tych korzonków drażnienie mechaniczne powodowało zmianę elektryczną przebiegającą w postaci krzywej podobnej do ryc. 6. Po przecięciu korzonków przednich, gdy już oczywiście odruchu przez drażnienie łapki się nie otrzymywało, zmiana elektryczna pod wpływem takiego drażnienia miała przebieg również podobny do tej samej krzywej. Była ona nieco tylko niższa, co zresztą tłumaczy się łatwo nieznaczem choćby uszkodzeniem rdzenia podczas przecinania korzonków.

Analogiczne zjawiska przedstawia wynik drażnienia chemicznego. Różnica w przebiegu zależy od właściwości samej podniety, rozwijającej swe działanie powoli, a utrzymującej się przez dłuższy czas, gdyż wpływ kwasu nie da się tak momentalnie usunąć (przez obmycie wodą) jak podnieta mechaniczna. To też widzimy tu na krzywej ryc. 7, tabl. III, że pookresie utajonego podrażnienia trwającym 0.64", a wyrażającym właściwie, jak przy badaniu odruchów metodą

Türcka, czas potrzebny do zesumowania się słabych podniet chemicznych, następuje wychylenie, które utrzymuje się czas dłuższy, zależny także o czasu drażnienia. Wychylenie to przebiega bądź w formie linii jednostajnie poziomej, bądź też okazuje szereg wahań.

Nie chcąc mnożyć zbytnio ilości rycin, wybrałem właśnie taką krzywą z licznymi falami. Że wahania te które występują szczególnie wtedy, gdy odruch sam pod wpływem drażnienia jest żywy, są wyrazem zmian elektrycznych, zachodzących w układzie nerwowym, a nie są tylko następstwem udzielenia się galwanometrowi prądów mięśniowych, przekonały nas doświadczenia takie, w których mimo żywych nieraz odruchów wychylenie było jednolite, nie zaś rytmicznie przerywane, i odwrotnie występowanie czasem wychyleń w postaci znacznych wahań rytmicznych przy niewidocznych wcale ruchach mięśniowych. Nadto doświadczenie, w którym przecięto korzonki przednie, dało wynik taki sam, jak analogiczne doświadczenia z drażnieniem mechanicznem.

Cechą wszystkich zmian elektrycznych układu nerwowego środkowego, wywołanych podnietą działającą na nerw dośrodkowy, jest mniejsza lub większa różnorodność ich przebiegu. Nie spotykamy się tu z jednolitym obrazem przebiegu zmian elektrycznych, jaki przedstawia się nam w badaniu mięśni i nerwów obwodowych. Różnorodność ta występuje nietylko w różnych doświadczeniach, ale spotykamy ją także czasem — jakkolwiek rzadziej — i w przebiegu jednego i tego samego doświadczenia, nawet przy połączeniu z galwanometrem tych samych miejsc układu nerwowego.

Różnica ta między nerwami obwodowymi a układem nerwowym środkowym leży w tem, że podczas gdy w nerwach obwodowych stan czynny wprowadzony do włókien nerwowych przez podnietę zewnętrzną przebiega zawsze z jednaką prawidłowością całą drogę włókien z pewną tylko różnicą w szybkości zależną od ciepłoty otoczenia lub innych czynników, to w układzie nerwowym środkowym nie możemy się spodziewać, aby przebieg stanu czynnego był także zawsze jednolity. Jeżeli bowiem przyjmujemy, że zmiany elektryczne obserwowane w układzie nerwowym środkowym są wyrazem stanów czynnych nietylko włókien, ale także i ośrodków nerwowych, a takie przypuszczenie jest, jak to przedstawiłem w jednej

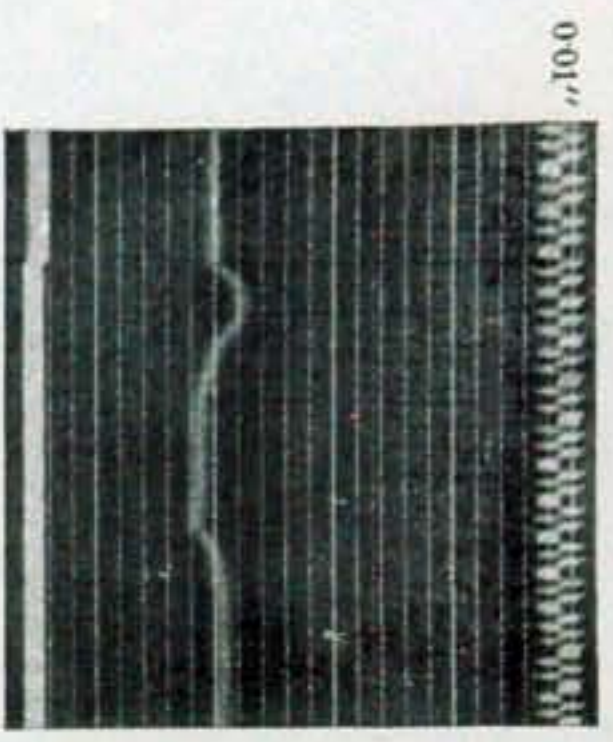


Fig. 1.
Drażnienie pojedynczym uderzeniem
prądu indukcyjnego.

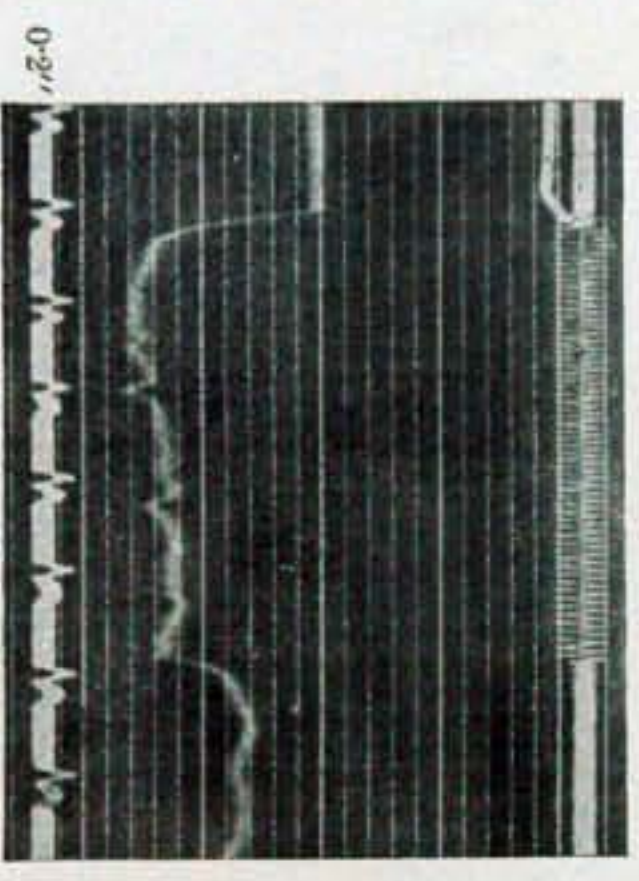


Fig. 4.
Drażnienie prądem wstępującym.

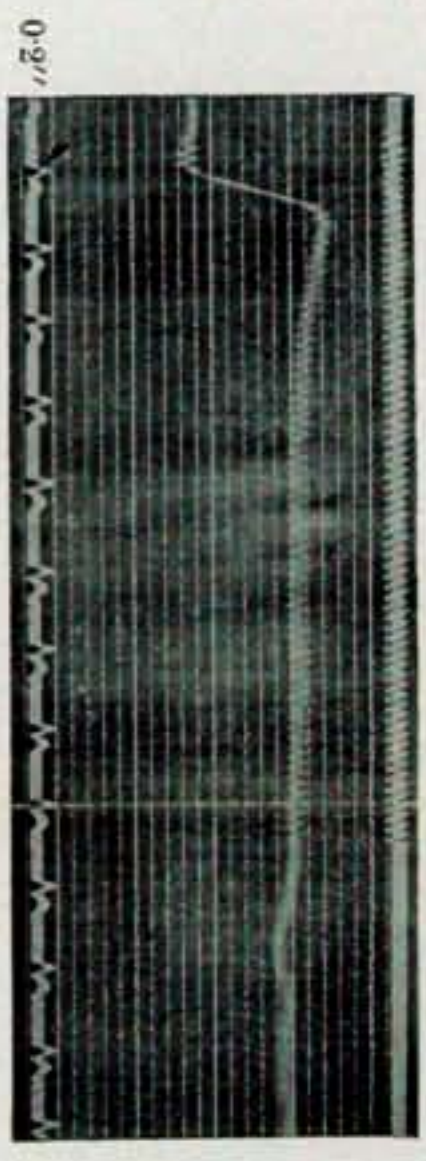


Fig. 2.
Drażnienie szeregiem prądów indukcyjnych ($1/2$ nat. wielk.).

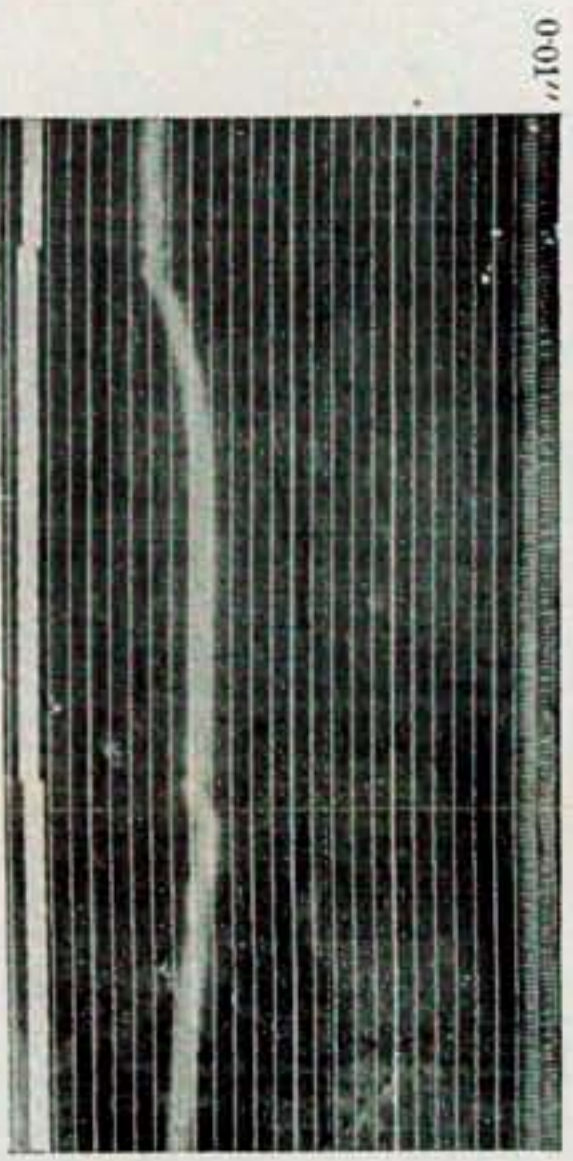


Fig. 5.
Mechaniczne drażnienie skóry.

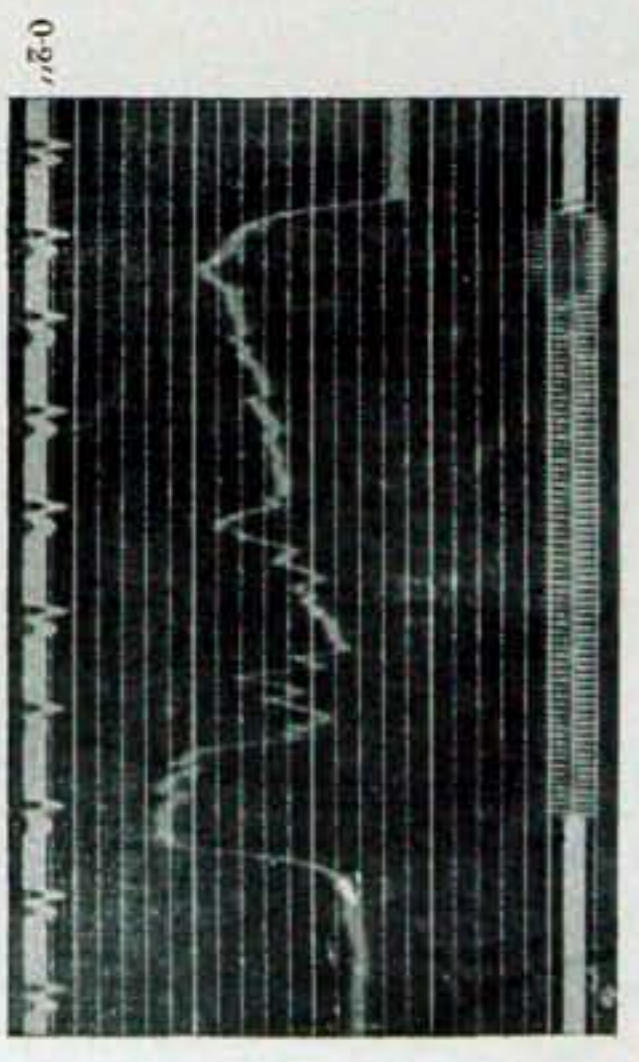


Fig. 3.
Drażnienie prądem galwanicznym (przerwanym) zstępu-
jącym.

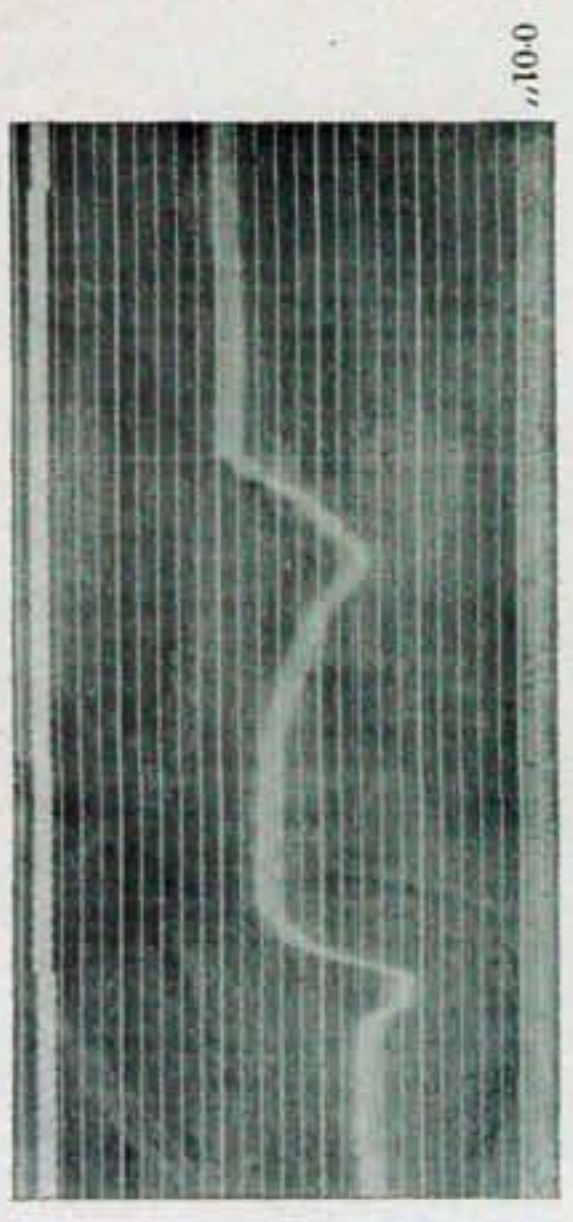


Fig. 6.
Mechaniczne drażnienie skóry.



Fig. 7.
Chemiczne drażnienie skóry ($1/2$ nat. wielk.).

z swoich prac¹, zupełnie uzasadnione, to łatwo zrozumieć, że przebieg zmian elektrycznych w układzie nerwowym środkowym zależeć będzie od stanu tych ośrodków i od tego, w której okolicy układu nerwowego zajdzie wybitniejszy stan czynny. Zawsze bowiem łączymy dwa miejsca układu nerwowego z galwanometrem; w obu tych miejscach są nie tylko włókna nerwowe, w których zmiany elektryczne przebiegać mogą podobnie do zmian w nerwach obwodowych, ale są i ośrodki, których czynność w wysokim stopniu wpływać musi na ten przebieg. Raz może stan czynny przeważać w jednych ośrodkach, innym razem w drugich, innym znowu razem może tylko jedno ośrodków obejmować, gdy drugie są zupełnie nieczynne, w innym wreszcie wypadku mogą oba ośrodki jednocześnie lub kolejno w jednakowy wejść stan czynny. Kombinacji jest tu wiele, to też i wynik może być różny.

Skoro więc już przy badaniu preparatu względnie prostego, jakim jest układ nerwowy żaby, spotykamy się ze stosunkami tak zawiłymi, nie możemy się dziwić, że badanie zjawisk elektrycznych układu nerwowego środkowego u zwierząt wyższych napotyka na tak znaczne trudności, że musimy wyniki tych badań analizować z jak największą skrupulatnością.

Badania takie za pomocą galwanometru Einthowena są właśnie w toku i stanowią będą przedmiot osobnej pracy.

¹ Rozpr. Wydz. mat.-przyr. Akad. Um. w Krakowie tom XLI, 1901. Serja B, str. 25 i 26.