

TADEUSZ KUBISZ

PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA WTÓRNIKA KATODOWEGO

Z Katedry Patologii Ogólnej i Doświadczalnej A. M., z Zakładu Patofizjologii
Instytutu Immunologii i Terapii Dośw. PAN im. Ludwika Hirszfelda we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr H. Kowarzyk

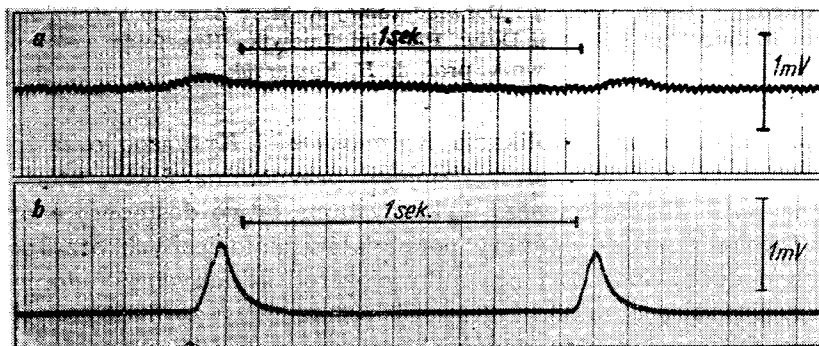
Niedawno ogłoszona publikacja *Kolmerowej i Krausego* o zastosowaniach wtórnika katodowego w fizjologii przypomina fakty, które mają duże znaczenie dla właściwego wykorzystania łatwo dostępnej aparatury elektrofizjologicznej do pomiaru potencjałów biologicznych przy pomocy elektrod o dużej oporności np. mikroelektrod szklanych. W doniesieniu niniejszym podaję przykład rejestracji potencjałów czynnościowych macicy przy pomocy jednokanałowego seryjnego elektrokardiografu radzieckiego EKPS 2 z dobudowanym wtórnikiem katodowym.

Praca nad macicą była u nas podjęta w związku z chybioną próbą *Levy-Solala* i wsp. rejestrowania potencjałów czynnościowych macicy z powłok brzusznych. Udało się reprodukować dokumentację tych autorów, okazało się jednak, że zarejestrowane przebiegi były związane z napinaniem powłok brzusznych, a nie potencjałami czynnościowymi macicy [3]. Wynikła stąd potrzeba zbadania właściwości elektrofizjologicznych mięśniówki macicy. Doniesienia na ten temat nie są jeszcze dość jasne i budzą wątpliwości. Np. w próbie rejestrowania czynności elektrycznej macicy podczas porodu podjętej w Poznaniu w 1954 r. [2] uzyskano wyłącznie zapisy o charakterze elektrokardiogramów lub powolne przebiegi faliste niejasnego pochodzenia, mimo że Klinika dysponowała czułym aparatem pomiarowym zbudowanym w tym celu w Zakładzie Budowy Aparatów Elektromedycznych Politechniki Warszawskiej. Również podobne badania *Larksa* [10, 11] nie wyjaśniły zagadnienia i dały wyniki wątpliwe w świetle obserwacji poczynionych nad prądami czynnościowymi macicy z wszczepionymi elektrodami [8] oraz nad macicą *in situ* [4, 5].

Powierzchnia mięśnia macicy zwierząt doświadczalnych ma względem wnętrza komórki mięśniowej znaczny potencjał spoczynkowy — około 40 mV. Ten potencjał można mierzyć tylko przy pomocy specjalnych mierników i wzmacniaczy prądu stałego [7]. Posługując się wzmacniaczem

typu „RC” można rejestrować jedynie składową zmienną zjawiska elektrycznego. Potencjały czynnościowe przebiegają w postaci salw o szerokim zakresie częstotliwości nakładających się na potencjał spoczynkowy [4, 7, 6]. Częstotliwość jest zależna od wielu czynników i waha się około 1/sek.

Doświadczenia własne wykonałem na izolowanych macicach świnek morskich. Część rogu macicy rozcięta na całej długości była umieszczona w plastikowym zbiorniku i opłukiwana prądem płynu Ringera o temperaturze około 37° przewietrzanego tlenem. Jeden koniec wycinka mięśnia był ustalony uchwytem sprężynowym na dnie zbiornika, drugi podwiązany do dźwigni wskazówki sygnalizującej skurcze.



Ryc. 1. Skurcz spontaniczny macicy. a) Fragment zapisu potencjałów czynnościowych bez wtórnika katodowego. Szybkość zapisu = 5 cm/sec. b) Fragment zapisu z dołączonym na wejściu elektrokardiografu wtórnikiem katodowym. Szybkość zapisu = 5 cm/sec.

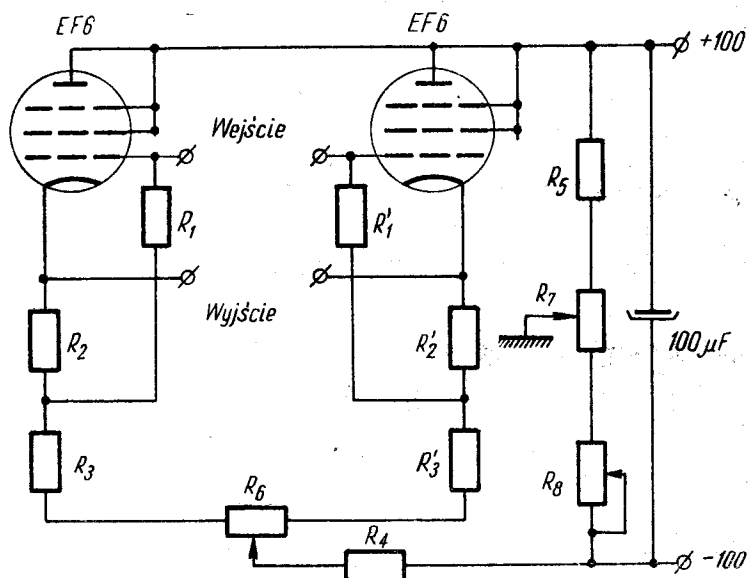
Fig. 1. Uterine spontaneous contraction. a) Action potential tracings without a cathodic duplicator. Recording rate = 5 cm/sec. b) Tracings with a cathodic duplicator switched in at the electrocardiograph input. Recording rate = 5 cm/sec.

Jako elektrody odprowadzającej używałem rurki szklanej wypełnionej płynem Ringera i zakończonej kapilarą. We wnętrzu rurki był zanurzony drut srebrny lub miedziany grubo srebrzony, pokryty warstwą chlorku srebra. Opór takiej elektrody mierzony metodą kompensacyjną [13] wynosił od 4 do 12 megomów. Elektroda była zawsze świeżo sporządzana krótko przed doświadczeniem. Elektrode odprowadzającą montowałem w uchwycie połączonym ze zbiornikiem i wkładałem do mięśnia przy pomocy prostego manipulatora śrubowego. Na dnie zbiornika mieściła się elektroda obojętna o powierzchni kilku cm² z blaszki miedzianej grubo srebrzonej i pokrytej chlorkiem srebra. Elektroda ta była uziemiana.

Początkowo próbowałem rejestrować takimi elektrodami przy pomocy elektrokardiografu (EKPS 2) z symetrycznym wzmacniaczem lampowym „RC” w konwencjonalnym układzie, bez wtórnika. Jeden z najlepszych zapisów jakie wtedy otrzymałem pokazuje ryc. 1a.

Wyniki były niepowtarzalne, amplituda krzywych niewielka, zapis był mało stabilny i często zakłócony drganiem „pasożytniczymi”. Zakłócenia te należało przypisać niedostosowaniu elektrokardiografu EKPS 2 do obiektu badanego, którego opór łącznie z elektrodami wynosił szacunkowo od kilku do kilkudziesięciu megomów.

Pomiar napięć elektrycznych źródeł o dużym oporze własnym wymaga aparatu o odpowiednio wysokim oporze wejściowym [1, 14]. W przypadku użycia elektrokardiografu EKPS 2, którego opór wejściowy wynosi



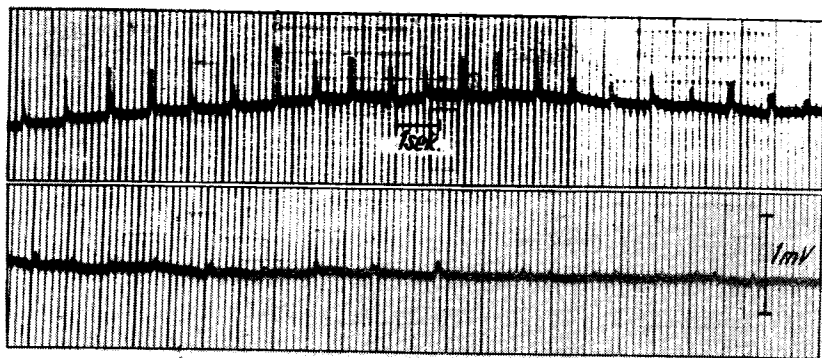
Ryc. 2. Układ wtórnika. $R_1 = R_1' = 4 \text{ meg}\Omega$, $R_2 = R_2' = 5 \text{ k}\Omega$, $R_3 = R_3' = 100 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1,2 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 40 \text{ k}\Omega$, $R_6 =$ potencjometr liniowy $1 \text{ k}\Omega$ (regulacja symetrii), $R_7 =$ potencjometr liniowy $4,7 \text{ k}\Omega$ (przystosowanie do wejścia elektrokardiografu), $R_8 =$ potencjometr liniowy $100 \text{ k}\Omega$ (przystosowanie do wejścia elektrokardiografu), „wejście” — do elektrod pomiarowych, „wyjście” — do elektrokardiografu.

Fig. 2. Diagram of the duplicator. $R_1 = R_1' = 4 \text{ meg}\Omega$, $R_2 = R_2' = 5 \text{ k}\Omega$, $R_3 = R_3' = 100 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1,2 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 40 \text{ k}\Omega$, $R_6 =$ linear potentiometer $1 \text{ k}\Omega$ (symmetry regulation), $R_7 =$ linear potentiometer $4,7 \text{ k}\Omega$ (adaptation to electrocardiograph input), $R_8 =$ linear potentiometer $100 \text{ k}\Omega$ (adaptation to electrocardiograph input), „input” to the registration electrodes, „output” — to the electrocardiograph.

około $2 \text{ meg.}\Omega$ była rejestrowana tylko nieznaczna część napięć czynnościowych macicy. W praktyce szumy własne wzmacniacza maskowały często napięcie mierzone.

Dopiero dobudowanie symetrycznego stopnia wejściowego w układzie wtórnika katodowego pozwoliło uzyskać czytelne zapisy. Przyrząd ten został skonstruowany z końcem 1959 roku, jako przystawka do elektrokardiografu, zasilana bateryjnie. Stosownie do konstrukcji elektrokardiografu EKPS 2, wtórnik jest zbudowany symetrycznie na 2 lampach. Są to pen-

tody typu EF 6 połączone jako triody, co odpowiada układowi podanemu w pracy *Kolmerowej i Krausego* na ryc. 2. W naszym wtórniku lampy te pracują przy obniżonym napięciu żarzenia (4 V) i stosunkowo niedużym napięciu zasilającym (100 V). Ma to na celu zmniejszenie do minimum prądów siatkowych, co jest jednym z warunków niezakłóconej rejestracji małych napięć. Dobrano egzemplarze lamp o dobrej próżni, możliwie równych charakterystykach i mało wrażliwe na „gongowanie”. Wyjście wtórnika jest połączone bezpośrednio z wejściem elektrokardiografu. Warunki pracy zostały ustalone za pomocą woltomierza lampowego. Ryc. 2 przedstawia układ elektryczny tego wtórnika.



Ryc. 3. Skurcz spontaniczny macicy. Salwa potencjałów czynnościowych przy szybkości zapisu = 0,65 cm/sek. Część dolna jest kontynuacją zapisu górnego.

Fig. 3. Uterine spontaneous contraction. A burst of action potentials at a 0.65 cm. sec. recording rate. The bottom tracing is the continuation from above.

W danym układzie można założyć, że jego oporność wejściowa jest w przybliżeniu równa podwojonemu oporowi R_1 pomnożonemu przez współczynnik amplifikacji lampy we wtórniku. Ponieważ współczynnik ten wynosi około 20, zatem przy $R_1 = 4 \text{ meg.}\Omega$ opór wejściowy wtórnika wynosi około 160 meg. Ω . Konstrukcja aparatu EKPS 2 wymaga, by opór wewnętrzny obiektu mierzonego był możliwie niski. Warunek ten spełnia omawiany wtórnik katodowy. Opór wyjściowy takiego wtórnika jest w przybliżeniu równy podwojonej odwrotności nachylenia charakterystyki lampy, co w naszym przypadku wynosi około 2 k Ω .

Ryc. 1b przedstawia obraz elektryczny spontanicznego skurczu preparatu mięśnia macicy świnki morskiej izolowanego krótko po porodzie, zdjęty przy pomocy elektrokardiografu z dołączonym wtórnikiem katodowym. W porównaniu z ryc. 1a widzimy wyraźne korzyści.

Ryc. 3 przedstawia salwę potencjałów czynnościowych rejestrowanych przy zwolnionej szybkości zapisu. Dolna część ryciny jest kontynuacją części górnej.

ane urządzenie wystarcza do stwierdzenia potencjałów czynności-
 nieśnia macicy, nie gwarantuje jednak wierności zapisu, gdyż elek-
 tiograf EKPS 2 przenosi stosunkowo wąskie pasmo częstotliwości.
 g danych z piśmiennictwa o histerogramach [6, 14, 5] pożądany jest
 k wtórnika wzmacniacz prądu stałego i oscylograf katodowy.

T. Кубиш

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАТОДНОГО ПОВТОРИТЕЛЯ

T. Kubisz

THE APPLICATION OF CATHODE FOLLOWER

PIŚMIENNICTWO

ow A. L., Bongard M. M.: Fizjoł. Żurnal S. S. S. R., 1959, 45, 110.

madzki W., Gregorek W.: Ginekologia Polska, 1954, 4, 453.

ński K., Kowarzyk H., Kubisz T.: Wehen-Physiologie und Pathologie. Sym-
 posium in Frankfurt a. M., September 1958. Bibliotheca Gynaecologica, 1959, 20.

H.: Pflügers Arch., 1955, 262, 13.

H.: Pflügers Arch., 1956, 263, 419.

H.: Pflügers Arch., 1957, 265, 342.

H.: Pflügers Arch., 1959, 269, 107.

C. Y.: Am. J. Physiol., 1959, 196(2), 343.

erowa C., Krause M.: Acta Physiol. Polon., 1960, 2, 341.

s S. D., Dasgupta K.: Amer. J. Obstetr. a. Gyn. 1958, 75, 1068.

s S. D., Mackay E. V., Morton D. G.: Amer. J. Obstetr. a. Gyn. 1958, 75, 1079.

-Solal E., Morin P., Zaccouto F., Saumont R.: Presse méd. 1955, 63, 1712.

us J., Zeluff V.: Handbook of Industrial Electronic circuits. New York To-
 —London 1948. Tłumaczenie rosyjskie: Techniczeskije primienienia elek-
 tro lampowych schem. Moskwa 1951.

stazskij L. A.: Technika Kliniczeskoj Elektrografii. Medgiz, Moskwa 1952.

mano: 28. 6. 1960.

autora: Katedra Patologii Ogólnej i Doświadczalnej A. M. Wrocław, Cha-
 go 10.