

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XVII, 27

SECTIO D

1962

Katedra i Zakład Histologii i Embriologii. Wydział Lekarski.
Akademia Medyczna w Lublinie
Kierownik: prof. dr med. Stanisław Grzycki

Krystyna CZERNY

**Zachowanie się enzymów hydrolizujących sól sodową ATP w nerkach
po jednostronnym podwiązaniu moczowodu**

**Поведение ферментов гидролизующих натриевую соль АТФ после
односторонней перевязки мочеточника**

**The Behaviour of Enzymes Hydrolysing the Sodium Salt of ATP
in Kidneys after Unilateral Ligation of Ureter**

Ostre wodonercze oprócz wielu zmian morfotycznych i czynnościowych powoduje zaburzenia w systemie enzymów komórkowych. Czynność fosfataz swoistych i nieswoistych po podwiązaniu moczowodu była przedmiotem obserwacji naszych (2) i innych autorów¹ (3, 12, 17, 20). Wszystkie dotychczasowe badania wykazały, że czynność hydrolaz takich, jak fosfataza kwaśna, fosfataza zasadowa, 5 nukleotydaza i esterazy niespecyficzne, ulega zmniejszeniu po pewnym czasie trwania doświadczenia. W obecnej swej pracy zainteresowaliśmy się aktywnością hydrolaz ATP, związanych z procesami wędrówki jonów Na i K zaburzonej w przebiegu ostrego wodonercza.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania wykonano na ośmiomiesięcznych szczurach białych (*Rattus. rattus L. albino*) wagi ca 170 g. Zwierzęta operowano po znieczuleniu ogólnym, podwiązując lewy moczowód, a następnie zabijano — w różnym czasie od chwili operacji — poprzez skrwawienie w lekkiej narkozie eterowej. Równocześnie u zwierząt kontrolnych wykonywano tylko laparotomię próbną wzdłuż lewej linii przyprostnej, nakłuwano tkanki w okolicy moczowodu i następnie zeszywano warstwowo powłoki. Zwierzęta podzielono na 9 grup. W każdej grupie znajdowały się 3 szczury operowane i 1 kontrolny. Materiał do badań pobierano z obu nerek i utrwalano w ciągu 24 godz. w mieszaninie calcium-formol w temp. 4°C. Skrawki grubości 10 μ skrawane na mikrotomie do zamrażania inkubowano 1 godz. w temp. 37°C w mieszaninie wg Naidoo i Pratta w modyfikacji Vorbrodta (16), używając jako substratu soli sodowej ATP.

OBSERWACJE WŁASNE

Grupa I

Materiał pobrany w 6 godz. od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązanego.

Obserwowaliśmy nie zaburzoną (w odniesieniu do obrazów spotykanych w stanie fizjologicznym) czynność ATPaz w naczyniach kłębuszków nerkowych, obecność odczynu na błonach jądrowych, w jąderkach i rąbku szczoteczkowym kanalików głównych (ryc. 1). Cienkie odcinki pętli Henlego i początkowe części wstępujących ramion zawierały czynne enzymy tylko w jąderkach i błonach jądrowych. Natomiast szczególnie dużą, wybiórczą aktywność ATPaz znaleźliśmy we wstawkach (kanalikach krętych II rzędu) oraz w przywstawkowych odcinkach wstępujących ramion pętli Henlego. Czynne enzymy znajdowały się tu w dużych ilościach na błonach komórkowych, jądrowych i w jąderkach. W kanalikach zbiorczych — czynność enzymów była niewielka — ograniczała się do jąderek i błon jądrowych. Natomiast bardzo dużo czynnych ATPaz obserwowaliśmy w śródbłónkach włósnic i większych naczyń nerki.

B. Nerki po stronie moczowodu nie podwiązanego.

Rozmieszczenie odczynu wykazującego czynność ATPaz i jego nasilenie były takie same jak w nerkach po stronie moczowodu podwiązanego i jednocześnie takie same jak w nerkach zwierząt kontrolnych.

Grupa II

Materiał pobrany w 12 godz. od chwili podwiązania moczowodu.

W nerkach po stronie moczowodu podwiązanego, po stronie moczowodu nie podwiązanego i u zwierząt kontrolnych — nie zauważyliśmy żadnych różnic w porównaniu z opisaną poprzednio grupą I.

Grupa III

Materiał pobrany w 24 godz. od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązanego.

Obserwowaliśmy zmniejszenie aktywności enzymów w jąderkach i na błonach jądrowych kanalików głównych, w cienkich odcinkach pętli Henlego i w cewkach zbiorczych. Natomiast żywą jeszcze aktywność wykazywały kłębuszki nerkowe, wstępujące ramiona pętli Henlego i kanaliki kręte II rzędu. Aktywność ATPaz w śródbłónkach naczyń nie uległa zmniejszeniu.

B. W nerkach po stronie moczowodu nie podwiązanego i u zwierzęcia kontrolnego nie obserwowaliśmy żadnych zmian w zachowaniu czynnych ATPaz.

Grupa IV

Materiał pobrany w 48 godz. od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązanego.

Czynność ATPaz w kłębuszkach nerkowych nadal nie uległa zmianom. Natomiast w kanalikach głównych obserwowaliśmy obecność aktywnych enzymów tylko w okolicy rąbka szczoteczkowego (ryc. 2). Stosunkowo dużą aktywnością odznaczały się nadal wstępujące ramiona pętli Henlego i kanaliki kręte II rzędu. Najwyższą czynność ATPaz spotykaliśmy w śródbłonkach naczyń.

B. Po stronie moczowodu nie podwiązanego oraz w nerce po stronie laparotomii próbnej obraz aktywności ATPaz odpowiadał spotykalanemu w stanie fizjologicznym.

Grupa V

Materiał pobrany po 3 dniach od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązanego.

Rozmieszczenie i czynność ATPaz były takie same jak po 48 godz. od chwili podwiązania moczowodu.

B. Nerki po stronie moczowodu nie podwiązanego i nerka zwierzęcia kontrolnego nadal nie wykazywały zaburzeń w zachowaniu enzymów hydrolizujących ATP w pH 6,5.

Grupa VI

Materiał pobrany po 7 dniach od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązanego.

W kanalikach głównych czynność ATPaz była całkowicie lub prawie całkowicie zahamowana. Natomiast w kłębuszkach nerkowych, w kanalikach krętych II rzędu i przylegających do nich odcinkach pętli Henlego, znaleźliśmy zmniejszoną, lecz zachowaną aktywność enzymów (ryc. 3). Najwięcej czynnych ATPaz zawierały śródbłonki naczyń krwionośnych.

B. W nerkach po stronie moczowodu podwiązanego i u zwierzęcia kontrolnego nie obserwowaliśmy odchyień w czynności ATPaz.

Grupa VII

Materiał pobrany po 10 dniach od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązanego.

Nie znaleźliśmy już czynnych enzymów w kłębuszkach nerkowych. Cewki kręte II rzędu i śródbłonki naczyń wykazywały dalsze zmniejszenie aktywności ATPaz.

B. Nerki po stronie moczowodu nie podwiązane i kontrola.

Nadal nie widzieliśmy odchyień od obrazów spotykanych w nerce w stanie prawidłowym.

Grupa VIII

Materiał pobrany po 14 dniach od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązane.

Czynne enzymy znajdowaliśmy w śródbłonkach naczyń, w błonach komórkowych i jądrowych mniej rozszerzonych kanalików.

B. W nerkach po stronie moczowodu nie podwiązane i laparotomii próbnej czynność ATPaz nie uległa zmianom.

Grupa IX

Materiał pobrany po 21 dniach od chwili podwiązania moczowodu.

A. Nerki po stronie moczowodu podwiązane.

Aktywne ATPazy umiejscowione były jedynie w ścianach naczyń krwionośnych (ryc. 4). Błony komórkowe, jądrowe i jąderka nie zawierały czynnych enzymów.

B. W nerkach po stronie moczowodu nie podwiązane zaobserwowaliśmy nieznaczne zwiększenie aktywności enzymów w ścianach naczyń włosowatych oraz w błonach jądrowych i komórkowych kanalików krętych II rzędu i przyległych odcinkach pętli Henlego (ryc. 5). U zwierzęcia kontrolnego nie znaleźliśmy żadnych odchyień od stanu prawidłowego.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI

Czynność wykrywanych przez nas ATPaz związana była zarówno z układem naczyniowym, jak i z komórkami kanalików nefronów. Wyraźny odczyn występował w naczyniach kłębuszków nerkowych, w śródbłonkach włosnic i większych naczyń całego narządu. Na przebiegu kanalików — w kanaliku głównym — spotykaliśmy czynne enzymy w jąderkach i na powierzchni jąder, w rąbku szczoteczkowym. W komórkach przeciętych tuż pod błoną komórkową, występowało dyfuzyjne zabarwienie cytoplazmy. Odczynu tego nie obserwowaliśmy wewnątrz komórek przeciętych przez środek, ponieważ ATPazy są fosfatazami specyficznymi — charakterystycznymi dla procesów energetycznych, zachodzących na powierzchniach błon (komórkowej, jądrowej). Kanaliki kręte II rzędu i przywstawkowe odcinki pętli Henlego odznaczały się szczególnie żywą aktywnością ATPaz na błonach komórkowych. Przypuszczamy, że łączy się to z fizjologiczną rolą tych odcinków nefronu, które jak wiadomo biorą czynny udział między innymi w wydzielaniu

do światła kanalików potasu i wchłanianiu sodu, który nie został reabsorbowany w kanalikach krętych II rzędu. Po 6 godz. wodonercza nie zauważyliśmy odchyień od opisanego obrazu. W 24 godz. od chwili podwiązania moczowodu, zmniejszyła się aktywność ATPaz w jąderkach i błonach jądrowych kanalików głównych. Na tym tle wyraźnie rysowały się bogate jeszcze bardzo w aktywne enzymy kanaliki kręte II rzędu, wstępujące ramiona pętli Henlego i naczynia krwionośne. Po 48 godz. obraz o tyle się zmienił, że czynność ATPaz, jeśli chodzi o kanaliki główne umiejscowiona była tylko w okolicy rąbka szczoteczki. Trzeci dzień wodonercza nie przyniósł wyraźnych zmian. W dalszej grupie (materiał pobrany po 7 dniach), obserwowaliśmy dalsze zmniejszenie aktywności ATPaz. Najwięcej czynnych enzymów zawierały jeszcze śródbłonki naczyń. Po 10 dniach nie wykazaliśmy już aktywności ATPaz w kłębuszkach nerkowych. Zmniejszyła się też aktywność ATPaz w ścianach naczyń. Po 3 tygodniach od chwili podwiązania moczowodu znajdowaliśmy aktywne ATPazy jedynie w ścianach naczyń nerki. Po stronie moczowodu nie podwiązanego (nerka prawa), po trzech tygodniach od chwili operacji, można było zauważyć niewielki wzrost czynności ATPaz w naczyniach włosowatych oraz we wstępujących ramionach pętli Henlego (w odcinkach przywstawkowych) i kanalikach krętych II rzędu.

Rozmieszczenie i rola ATPaz w komórce jest ciągle przedmiotem dyskusji. Wiemy, że mają one ogromny wpływ na gospodarkę energetyczną, przemianę fosforanową, na wędrówkę jonów Na i K. Szereg autorów przeczy obecności tych enzymów w jądrach komórkowych (4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 19). Novikoff (10) uważa, że znalezienie czynnej ATPazy we frakcji jądrowej wynika z zanieczyszczeń ATPazą mitochondrialną. Inni — na podstawie badań histo- i biochemicznych — wykazują, że ATPazy jądrowe istnieją i biorą udział w procesach wewnątrzjądrowych syntez kwasów nukleinowych, koenzymów oddechowych i katalizatorów glikolizy beztlenowej (1, 8, 14, 5). Bańkowski (1) badając jądra wątroby fizjologicznej i doświadczalnie zmienionej, wykazał wyraźne różnice w zachowaniu ATPazy A związanej z błoną jądrową i ATPazy B znajdującej się w karyoplazmie. Procesy regeneracji i rozrostu nowotworów oraz związana z tym synteza kwasów nukleinowych wiążą się, jak wykazują badania Bańkowskiego, z zanikiem aktywności ATPazy A na błonie jądrowej, co łączy się z czynnym udziałem ATPazy w hamowaniu przechodzenia ATP z cytoplazmy do jądra.

Metodyka wykrywania ATPaz odznacza się szczególną różnorodnością stosowania pH środowiska i aktywatorów. Dziś wiemy (Sie-

bert, 14), że np. ATPaza jądrowa A wykazuje optimum działania w pH 5,9, a aktywatorami jej są jony Mg, zaś optimum czynności ATPazy jądrowej B leży w pH 8,4 i aktywują ją jony Ca. Wachstein (18, 19) wykrywa ATPazę w pH 7,2 — nie znajdując wówczas w ogóle w jądrach czynnego enzymu. Stosując inkubację w pH 6,5 w obecności chlorku magnezu, otrzymaliśmy obraz aktywności ATPaz związanych raczej z ATPazą jądrową A. W badaniach naszych mówimy o zespole enzymów, które rozszczepiają w danym pH ATP, nie o ATPazie, bowiem nie możemy wykluczyć, że powstały w wyniku reakcji ADP jest rozkładany przez ADPazę do związku jednofosforowego, który następnie może ulegać dalszej hydrolizie przez 5 nukleotydazę czynną w tym stężeniu jonów wodorowych.

Na podstawie naszych spostrzeżeń możemy przedstawić następujące wnioski:

1. Rozmieszczenie w komórkach nerki enzymów hydrolizujących ATP w pH 6,5 związane jest ściśle ze śródbłónkami naczyń i końcowymi odcinkami kanalików nefronu (przywstawkowe odcinki pętli Henlego i kanaliki kręte II rzędu).

2. W przebiegu wodonercza zmniejsza się w nerce po stronie moczowodu podwiązane aktywność ATPaz, przy czym najdłużej znajdujemy czynne enzymy w śródbłónkach naczyń.

3. Po stronie moczowodu nie podwiązane, aktywność enzymów długo nie ulegała zmianie, dopiero po 3 tygodniach można było zauważyć nieznaczny wzrost aktywności w ścianach naczyń włosowatych i końcowych odcinkach nefronu.

PIŚMIENICTWO

1. Bańkowski Z.: Adenozynotrójfosfatazy jądrowe w wątrobie prawidłowej i patologicznie zmienionej. Warszawa 1962.
2. Czerny K.: Badania histochemiczne enzymów hydrolitycznych (fosfatazy kwaśnej, fosfatazy zasadowej, 5 nukleotydazy i esteraz niespecyficznych) w komórkach nerki w warunkach doświadczalnych. Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska, Sec. D 18, 1963 (w druku).
3. Eranko O., Niemi M.: Histochemically Demonstrable Acid Phosphatases in the Kidney of Hydronephrotic Rats. Acta Path. et Microbiol. Scand. 35, 357—364, 1954.
4. Escher E., Novikoff A. B., Masek B.: Adenosine Triphosphatase and 5 Nucleotidase in the Plasma Membrane of Liver, as Revealed by Electron Microscopy. J. Histochem. Cytochem., 6, 388—389, 1958.
5. Fischer R., Siebert G., Adloff E.: Charakterisierung von zwei Adenosintriphosphatase in Kernen. Biochem. Zeit., 332, 131—150, 1959.
6. Freiman D. G., Kaplan N.: Studies on the Histochemical Differentiation of Enzymes Hydrolysing Adenosine Triphosphate. J. Hist. Cytochem., 8, 159—170, 1960.

7. Kaplan S. L., Novikoff A. B.: The Localisation of Adenosine Triphosphatase Activity in Rat Kidney: Electron Microscopic Examination of Reaction Product in Formol-Calcium Fixed Frozen Section. *J. Histochem. Cytochem.*, **7**, 285—295, 1959.
8. Naidoo D., Pratt O. E.: The Effect of Magnesium and Calcium Ion on Adenosine Triphosphatase in the Nervous and Vascular Tissue of the Brain. *Biochem. J.*, **62**, 465—469, 1956.
9. Novikoff A. B.: Histochemical Demonstration of Nuclear Enzyme. *Exp. Cell. Res. Suppl.*, **62**, 1952.
10. Novikoff A. B., Hausman D. H., Podber E.: The Localisation of Adenosine Triphosphatase in Liver in Situ Staining and Cell Fractionation Studies. *J. Histochem. Cytochem.*, **6**, 61—71, 1958.
11. Novikoff A. B.: Cell Heterogeneity within the Hepatic Lobule of the Rat. *J. Histochem. Cytochem.*, **4**, 240—244, 1959.
12. Novikoff A. B.: The Proximal Tubule Cell in Experimental Hydronephrosis. *J. Biophys. a. Biochem. Cytol.*, **6**, 136—139, 1959.
13. Padycula H. A., Herman E.: The Specificity of the Histochemical Method for Adenosine Triphosphatases. *J. Histochem. Cytochem.*, **3**, 170—195, 1955.
14. Siebert G.: Nuclear Enzymes, especially Those of Energy Metabolism. The Cell Nucleus Butterw. London, 176—184, 1960.
15. Spater H. W., Novikoff A. B., Masek B.: Adenosine Triphosphatase Activity in the Cell Membranes of Kidney Tubule Cells. *J. Histochem. Cytochem.*, **6**, 388—398, 1958.
16. Vorbrodt A.: Metody histochemicznego wykrywania fosfataz. *Folia Morphol.*, **4**, 271—280, 1956.
17. Wachstein M.: Influence of Experimental Kidney Damage on Histochemically Demonstrable Lipase Activity in the Rat. Comparison with Alkaline Phosphatase Activity. *J. Exper. Med.*, **84**, 25—36, 1946.
18. Wachstein M., Meisel E.: Histochemical Demonstration of Esterase Activity in the Normal Human Kidney and in Renal Carcinoma. *Proc. Soc. Exper. Bio. a. Med.*, **79**, 680—682, 1962.
19. Wachstein M., Meisel E.: Histochemistry of Hepatic Phosphatases Physiologic pH with Special Reference to the Demonstration of Bile Canaliculi. *Am. J. Clin. Path.*, **27**, 12—23, 1957.
20. Wilmer H. A.: The Disappearance of Phosphatase from the Hydronephrotic Kidney. *J. Exp. Med.*, **78**, 225—231, 1943.

РЕЗЮМЕ

Работа излагает результаты изучения поведения ферментов, гидролизующих натриевую соль АТФ в клетках почки после односторонней перевязки мочеточника. Установлено, что после операции с течением времени падает активность АТФаз в почках со стороны перевязанного мочеточника. Позже всего активные ферменты обнаружены в эндотелии кровеносных сосудов. При заболевании гидронефрозом после трех недель можно было найти со стороны не

перевязанного мочеточника незначительное увеличение АТФазной активности в стенках капиллярных сосудов в петли Хенли и в извитых канальцах второго порядка.

Рис. 1. Почка крысы после 6-ти часов с момента перевязки мочеточника. Опытная группа I. Метод Naidoo Pratt, pH 6,5, субстрат — натриевая соль АТФ. Живая активность ферментов в почечных нервных клубочках, ядерных оболочках, ядрышках, Увеличение негатива 250 ×.

Рис. 2. Почка крысы — 48 часов после перевязки мочеточника. Опытная группа IV. Метод Naidoo Pratt, pH 6,5 субстрат — натриевая соль АТФ. АТФазная активность в главных канальцах сосредоточена преимущественно в районе гребневидного ободка. Увеличение негатива 250 ×.

Рис. 3. Почка крысы после 7 дней с момента перевязки мочеточника. Опытная группа VI. Метод Naidoo Pratt, pH 6,5, субстрат — натриевая соль АТФ. Активные ферменты сосредоточены главным образом в привставочных отрезках петли Хенли. Увеличение негатива 250 ×.

Рис. 4. Почка крысы на 21 день после перевязки мочеточника. Опытная группа IX Метод Naidoo Pratt, pH 6,5, субстрат — натриевая соль АТФ. Активность ферментов заметна в стенках кровеносных сосудов. Увеличение 250 ×.

Рис. 5. Правая почка на 21 день после перевязки левого мочеточника. Опытная группа IX. Метод Naidoo Pratt, pH 6,5, субстрат — натриевая соль АТФ. Увеличение ферментативной активности на поверхности клеток поблизости швов восходящих отрезков петли Хенли и извитых канальцев второго порядка. Увеличение негатива 250 ×.

SUMMARY

The author studied the behaviour of enzymes hydrolysing ATP in kidney cells after unilateral ligation of ureter. It was found that, with the lapse of time after the operation, the activity of ATP-ases in kidneys decreases on the side of the ligated ureter. Active enzymes were found to remain for the longest time in the endothelium of blood vessels. When the hydronephrosis had been continued for 3 weeks, a slight increase in the activity of ATP-ases could be observed in the walls of capillaries, in the final part of ascending limb of Henle's loop and in convoluted tubules of the 2nd order.

Fig. 1. Kidney of rat, 6 hours after ligation of ureter. I experimental group. Method of Naidoo Pratt, pH = 6.5, substratum — sodium salt of ATP. Strong activity of enzymes in renal glomerules, membranes of nuclei, in nucleoli. Magnification of negative ca. 250 x.

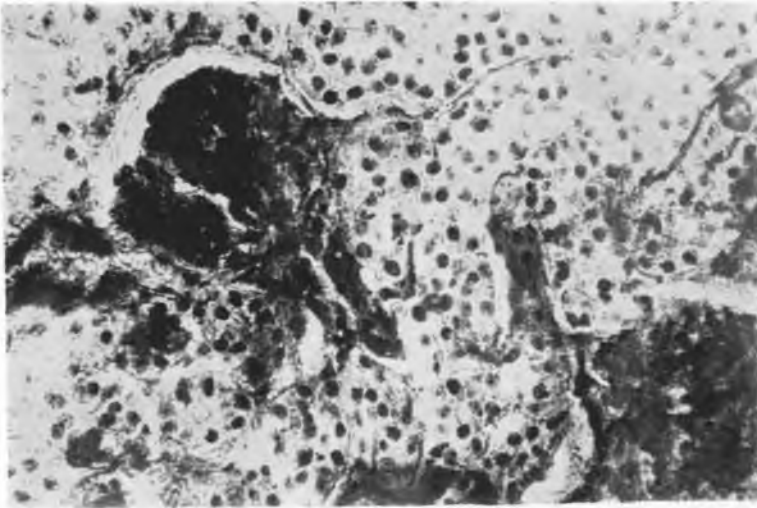
Fig. 2. Kidney of rat, 48 hours after ligation of ureter. IV experimental group Method of Naidoo Pratt, pH = 6.5, substratum — sodium salt of ATP. Activity of ATP-ases in principal tubules is localized mainly in the region of the brush border. Magnification of negative ca. 250 x.

Fig. 3. Kidney of rat, 7 days after ligation of ureter. VI experimental group. Method of Naidoo Pratt, pH = 6.5, substratum — sodium salt of ATP. Active

enzymes are preserved mainly in the final part of ascending limb of Henle's loop. Magnification of negative ca. 250 x.

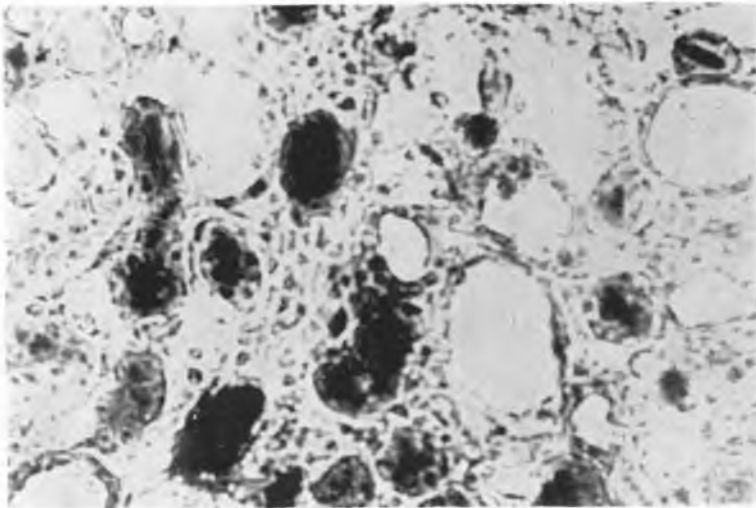
Fig. 4. Kidney of rat, 21 days after ligation of ureter. IX experimental group. Method of Naidoo Pratt, pH = 6.5, substratum — sodium salt of ATP. Activity of enzymes can be seen in walls of blood vessels. Magnification of negative ca 250 x.

Fig. 5. Right kidney of rat, 21 days after ligation of left ureter. IX experimental group. Method of Naidoo Pratt, pH = 6.5, substratum — sodium salt of ATP. Increased activity of enzymes on surface of cells of final part of ascending limbs of Henle's loop and convoluted tubules of 2nd order. Magnification of negative ca. 250 x.

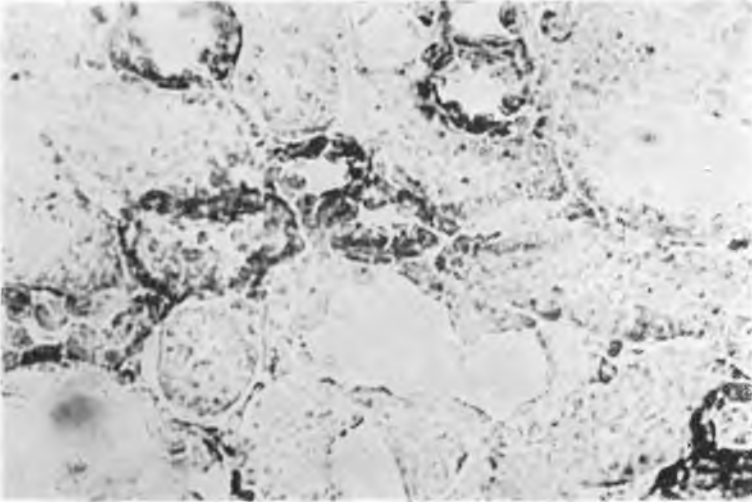


Ryc. 1. Nerka szczura w 6 godz. od chwili podwiązania moczowodu. Dośw. grupa I. Metoda Naidoo Pratta, pH 6,5, substrat — sól sodowa ATP. Żywa aktywność enzymów w kłębuszkach nerkowych, błonach jądrowych, jąderkach.

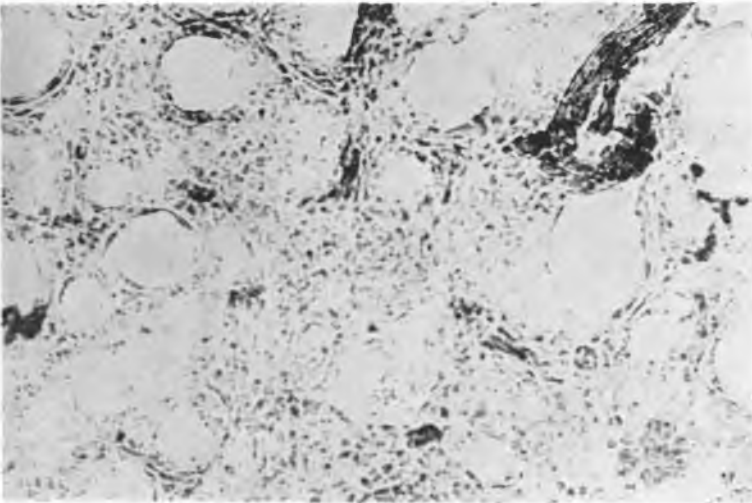
Pow. negat. ca 250 x.



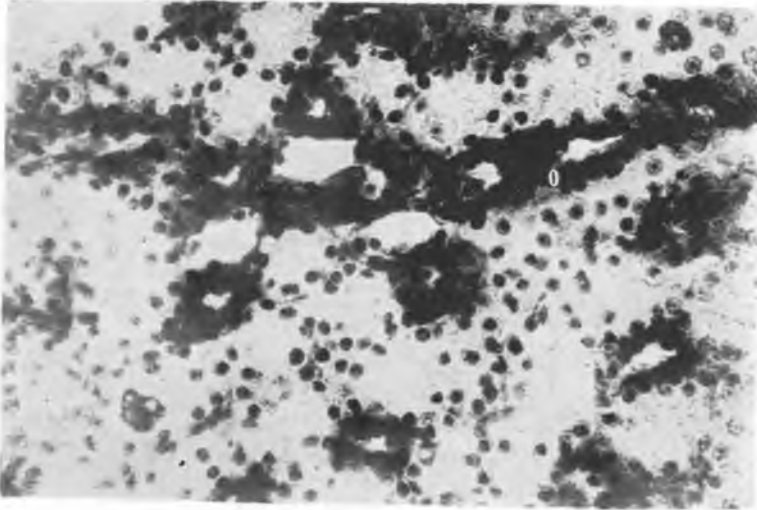
Ryc. 2. Nerka szczura w 48 godz. od chwili podwiązania moczowodu. Dośw. grupa IV. Metoda Naidoo Pratta, pH 6,5, substrat — sól sodowa ATP. Aktywność ATPaz w kanalikach głównych umiejscowiona jest głównie w okolicy rąbka szczołeczkowego. Pow. negat. ca 250 x



Ryc. 3. Nerka szczura po 7 dniach od chwili podwiązania moczowodu. Dośw. grupa VI. Metoda Naidoo Pratta, pH 6,5, substrat — sól sodowa ATP. Czynne enzymy zachowane są głównie w przywstawkowych odcinkach pętli Henlego. Pow. negat. ca 250 x.



Ryc. 4. Nerka szczura po 21 dniach od chwili podwiązania moczowodu. Dośw. grupa IX. Metoda Naidoo Pratta, pH 6,5, substrat — sól sodowa ATP. Aktywność enzymów widoczna w ścianach naczyń krwionośnych. Pow. negat. ca 250 x



Ryc. 5. Prawa nerka szczura po 21 dniach od chwili podwiązania lewego moczo-
wodu. Dośw. grupa IX. Metoda Naidoo Pratta, pH 6,5, substrat — sól sodowa ATP.
Zwiększenie czynności enzymów na powierzchni komórek przywstawkowych ustę-
pujących odcinków pętli Henlego i kanalików krętych II rzędu. Pow. negat. ca 250 x

