

Zofia Ciesielska

WYBRANE ZAGADNIENIA Z ĆWICZEŃ  
Z FIZJOLOGII ZWIERZĄT I CZŁOWIEKA

Celem tego rozdziału jest przedstawienie kilku wybranych ćwiczeń i doświadczeń, z zakresu fizjologii, które nadają się do zademonstrowania ich na lekcji. Program szkolny uwzględnia szereg zagadnień z fizjologii przy nauczaniu anatomii człowieka w klasie VIII. Lekcje te niestety są bardzo często prowadzone tylko teoretycznie, wobec czego zrozumienie tych zagadnień sprawia uczniom wiele trudności. Najprostsze doświadczenia obrazujące procesy życiowe trafiają łatwiej do wyobraźni ucznia, aniżeli szczegółowe omówienie teoretyczne. W opracowaniu tym zostały wyróżnione tylko trzy grupy zagadnień, które można podbudować prosty-

mi i stosunkowo nietrudnymi do wykonania ćwiczeniami.

Są to:

- A) Skład krwi i rola jej składników.
- B) Krążenie krwi i rola naczyń włosowatych.
- C) Składniki pokarmu.
- D) Kolejne etapy procesu trawienia w poszczególnych odczynach przewodu pokarmowego.

Wszystkie te doświadczenia są uwzględniane w programie szkolnym (Min. Ośw. Warszawa 1959). Za najtrudniejsze do zrozumienia, a więc tym bardziej wymagające poparcia doświadczenia należy uważać tematy zawarte w punkcie trzecim i czwartym.

Podkreślić jeszcze trzeba, że ćwiczenia te nadawałyby się w znacznej części do przeprowadzenia samodzielnego przez uczniów, gdyby program uwzględniał tę tematykę w starszych klasach licealnych. Ponieważ jednak programowo przewiduje się te zagadnienia w klasie VIII, wobec tego wybrane z przedstawionych tu doświadczeń mogą być przeprowadzone tylko demonstracyjnie przez nauczyciela. Natomiast część z nich można wykonać wspólnie z uczniami klas wyższych na zajęciach w kółku przyrodniczym.

### Przykłady

#### A. Skład krwi i rola jej składników

Opisane poniżej preparaty nauczyciel powinien wykonać przed lekcją i do klasy przynieść gotowe, bowiem pobieranie krwi z ciała uczniów jest niedozwolone.

a. Nakłuwamy swój palec uprzednio wydezynfekowany 70% alkoholem i eterem, Pierwszą kroplę wypływającej krwi wycieramy suchą watą, a następną kroplę krwi umieszczamy na szkiełku podstawowym i nakrywamy szkiełkiem nakrywkowym. Krew rozprzestrzenia się cienką warstwą między szkiełkami. Oglądamy ją pod mikroskopem.

b. Zabijamy żabę celem pobrania z niej krwi. Pobraną krew rozcieńczamy płynem fizjologicznym dla żab (0,6% NaCl) w stosunku 1 : 1. Kroplę otrzymanej mieszaniny umieszczamy na szkiełku jw. Oglądamy pod mikroskopem, używając obiektywu 40 x.

Porównując obrazy mikroskopowe uczniowie mogą dokonać szeregu prostych obserwacji:

1) porównanie wielkości czerwonych krwinek człowieka i żaby,

2) kształt czerwonych krwinek,

3) obecność jąder w czerwonych krwinkach żaby i ich brak u człowieka,

4) stosunek ilości czerwonych krwinek do białych,

5) pełzakowaty ruch białych krwinek żaby. Ruch ten jest doskonale widoczny, o ile preparat zostanie wykonany przed oglądaniem go. Przykład ten wyjaśnia bardzo pogłęboko rolę leukocytów we krwi. Ruch leukocytów można również obserwować w limfie pobranej z grzbietowego worka limfatycznego żaby i umieszczonej na szkiełku. Bardzo obrazowo można przedstawić fagocytozę w sposób następujący: do grzbietowego worka limfatycznego żaby wstrzykujemy nieco karminu w proszku, zmieszanego z wodą. Po 3-4 godzinach pobieramy kroplę limfy i oglądamy pod mikroskopem. Widoczne są liczne leukocyty wypełnione karminem.

c. Trwały preparat barwiony z krwi

W celu dokładniejszego zaznajomienia słuchaczy z elementami krwi wykonujemy preparat barwiony. Do sporządzenia takiego preparatu niezbędne są następujące odczynniki: barwnik MAY-GRUNWALDA i barwnik GIEMSY. Ich skład: barwnik MAY-GRUNWALDA: kwaśna eozyna, błękit metylenowy, alkohol metylowy i gliceryna. Barwnik GIEMSY: Azur II, eozyna, azur II, gliceryna, alkohol metylowy. (Obydwa wymienione barwniki można nabyć gotowe). Pobieramy małą kroplę krwi z palca jw. i umieszczamy na jednym końcu szkiełka podstawowego. Następnie przykładamy do kropli krwi drugie szkiełko nachylone pod kątem  $45^{\circ}\text{C}$ , czekamy chwilę, aż krew rozprzestrzeni się równomiernie wzdłuż linii styku obydwu szkiełek i energicznym ruchem dokonujemy b. cienkiego rozmazu krwi. Po wyschnięciu rozmazu utralamy go i barwimy w następujący sposób:

1. Na szkiełko z wyschniętym rozmazem krwi, umieszczonym na szalce PETRIEGO, nalewamy na okres 10-20 minut 20 - 30 kropli odczynnika MAY-GRUNWALDA, który jest jednocześnie barwnikiem i utralaczem.

2. Po 10 minutach, nie zlewając barwnika, dodajemy równą ilość wody destylowanej, pozostawiając ją na preparacie przez 2 minuty.

3. Po upływie 2 minut zlewamy płyn i nalewamy roztworu GIEMSY, rozcieńczonego wodą destylowaną w stosunku 1 : 5. Pozostawiamy preparat w tym roztworze przez 20 minut.

Po upływie 20 minut preparat płuczemy bardzo dokładnie pod wodą bieżącą, po czym suszymy i ewentualnie zamykamy w balsamie kanadyjskim. Na preparacie tym można pokazać wszystkie składniki morfologiczne krwi i ich budowę. Czer-



wone krwinki są zabarwione na kolor jasno czerwony, białe na kolor fioletowy, przy czym bardzo dobrze jest widoczna struktura leukocytów.

W ten sam sposób można wykonać trwałe preparaty z krwi różnych zwierząt, które to, podobnie jak wyżej opisane - nauczyciel może - zamiast kupować gotowe - sporządzić sam, przynosząc do klasy już przygotowane.

### B. Krążenie krwi, rola naczyń włosowatych

Jako obiektu demonstrującego krążenie krwi w naczyniach włosowatych można użyć żaby.

Żabę należy uśpić za pomocą eteru lub chloroformu. W tym celu umieszczamy ją w słoju pod przykryciem i wkładamy tam watę przepojoną eterem. Żabę uważamy za uśpioną, jeżeli po przywróceniu jej na stronę grzbietową nie potrafi sama powrócić do normalnej pozycji. Następnie układamy żabę na tekturce lub podstawce drewnianej, w której uprzednio wycinamy otwór o powierzchni 1,5 cm x 1,5 cm. Nad wyciętym otworem rozpinamy błonę międzypalcową żaby, umocowując ją szpilkami. Fragment błony, umieszczonej nad otworkiem, ustawiamy pod obiektywem mikroskopu i oglądamy.

Również i to doświadczenie nauczyciel winien wykonać tuż przed lekcją, przynosząc do klasy żabę umieszczoną już pod mikroskopem.

Podczas obserwacji uczniowie mogą zauważyć:

1) przesuwanie się czerwonych krwinek przez kapilary oraz ich odkształcanie się,

2) Białe krwinki przyczepione do ścianek naczyń włosowatych<sup>x)</sup>.

### C. Składniki pokarmu

Omawianie tego tematu należy rozpocząć od charakterystyki chemicznej składników pokarmu. Wyróżnia się trzy grupy tych składników: węglowodany, białka i tłuszcze. Omawiając ich budowę wyjaśnia się, z jakich elementów podstawowych składa się każdy z nich. Przypomnieć tu należy, że podstawową jednostką pokarmu złożonego z węglowodanów jest cząstka cukru, że każdy rodzaj białka składa się z wielu cząstek aminokwasów, oraz że elementarnym składnikiem tłuszczów obok glicerolu są kwasy tłuszczowe. Chodzi tu o przygotowanie ucznia do zrozumienia roli i znaczenia hydrolizy trawiennej jako koniecznego procesu chemicznego prowadzącego do rozpadu pokarmu na elementy proste, gdyż tylko takie mogą być wessane przez jelito. (Jeżeli uczniowie nie mają jeszcze podstawowych, a tak bardzo koniecznych tutaj wiadomości z chemii, należy omówić to zagadnienie bez posługiwania się wzorami chemicznymi).

Po omówieniu powinno się wykonać przynajmniej po jednej prostej reakcji na wykrywanie tych składników.

---

x) Zamiast błony pływnej żaby można z powodzeniem użyć błony pływnej z ogona kijanki żaby, ale tylko w miesiącach wiosennych.

## Przykłady:

### I. Wykrywanie obecności węglowodanów

#### 1) Wielocukry

Skrobię wykrywa się za pomocą płynu LUGOLA (J w KJ), który barwi ją na kolor niebieskofioletowy.

#### 2) Cukry proste

a) Reakcja HAYNEsa: do badanego roztworu dodajemy odczynnik Haynesa w stosunku 1 : 1, po czym zagotowujemy. W przypadku obecności cukru wytrąca się pomarańczowy osad tlenku miedziawego.

(Skład odczynnika HAYNEsa: 4 g  $\text{CuSO}_4$ , 15 g  $\text{H}_2\text{O}$  destyl., 15 g glicerolu, dopełnia się do 300 ml 5% KOH).

b) Reakcja TROMMERA: do badanego roztworu dodajemy kroplami 1% roztwór  $\text{CuSO}_4$ , wciąż mieszając. Zagotowujemy. Wytrąca się osad żółtego wodorotlenku miedziawego, a przy dalszym gotowaniu czerwony osad tlenku miedziawego.

c) Reakcja FEHLINGA: mieszamy równe objętości roztworu FEHLINGA I i roztworu FEHLINGA II, po czym do badanego roztworu dodajemy otrzymany odczynnik FEHLINGA w proporcji: 10 kropeł na 2 ml roztworu. Zagotowujemy. Wytrąca się najpierw żółty tlenek miedziawy, który przy dalszym gotowaniu przechodzi w czerwony osad tlenku miedziawego, świadczący o obecności cukru. (Obydwa roztwory FEHLINGA są do nabycia w handlu, ich skład: FEHLING I - wodny roztwór  $\text{CuSO}_4$ . FEHLING II - wodorotlenek sodu oraz sól Seignetta).

### II. Wykrywanie obecności białek

a) Reakcja biuretowa. Do 2 ml badanego roztworu dodajemy kroplami 10% roztworu NaOH, całość mieszamy i do-



dajemy kroplami 0,1% wodrego roztworu  $\text{CuSO}_4$ . Po dodaniu każdej kropli całość wstrząsamy. Pojawia się zabarwienie różowofioletowe płynu, świadczące o obecności białka.

b) Reakcja MILLONA. Do badanego roztworu dodajemy około 1 ml odczynnika MILLONA. W obecności białka powstaje biały osad, który po pewnym czasie zabarwia się na kolor różowy. W celu przyspieszenia reakcji można podgrzać próbkę na łaźni wodnej nie przekraczającej temperatury  $50^\circ\text{C}$ . (Skład odczynnika MILLONA: 10 g rtęci, 20 ml stęż. kwasu azotowego, 60 ml  $\text{H}_2\text{O}$  destil. Odczynnik do nabycia w handlu). Z uwagi na składniki zawarte w tym odczynniku ( $\text{Hg}$ ,  $\text{HNO}_3$ ) reakcja ta może być wykonana wyłącznie przez nauczyciela.

Przytoczono tu kilka reakcji na wykrywanie cukrów i białek, jednakże nauczyciel może ograniczyć się do wykonania jednej charakterystycznej i jego zdaniem najłatwiejszej do wykonania.

Celowo zostają tu pominięte reakcje charakterystyczne do wykrycia tłuszczów. Są one w tym opracowaniu zbyteczne z tego względu, że chodzi tu o pokazanie metod na wykrycie elementów składowych wszystkich związków pokarmowych, a więc takich, na jakie pokarm rozpada się w trakcie hydrolyzy trawiennej. W przypadku tłuszczów, które, jak wiadomo, rozkładają się na kwasy tłuszczowe i glicerol, należałoby tylko zademonstrować proste reakcje barwne, dotyczące zmiany zabarwienia fenolftaleiny w środowisku kwaśnym i zasadowym. Do doświadczeń z trawieniem tłuszczów najlepiej jest używać oleju jadalnego.

Po takim wstępie można przejść do zaznajomienia uczniów z trawieniem pokarmów. Poniżej wymienione doświadczenia mogą być wykonane samodzielnie przez uczniów (oczywiście



cie pod kierunkiem), bądź demonstracyjnie przez nauczyciela, w zależności od posiadanych urządzeń laboratoryjnych oraz od tego, w której klasie dana lekcja się odbywa.

#### D. Kolejne etapy procesu trawienia

Przebieg procesu trawienia pokarmów w organizmie człowieka dzielimy na trzy etapy. Są one wyraźnie od siebie oddzielone, następują po sobie w określonej kolejności i uwarunkowane są odczynem środowisk, w których zachodzą reakcje trawienne, charakterystyczne dla tych etapów. Pierwszy - to trawienie w jamie ustnej w środowisku obojętnym, drugi - w żołądku w środowisku kwaśnym; trzeci - w dwunastnicy i w jelicie cienkim w środowisku lekko alkalicznym.

##### 1) Trawienie w jamie ustnej

Trawienie w jamie ustnej zachodzi przy udziale enzymów zawartych w ślinie. Roztwór śliny przygotowujemy w sposób następujący: do ust nabieramy około 25 ml wody destylowanej, trzymamy 2-3 minuty, mieszając ze śliną, po czym zbieramy otrzymany wodny roztwór śliny do czystej zlewki i używamy go do doświadczeń. Następnie przygotowujemy 1% roztwór kleiku skrobiowego: 1 g skrobi mieszamy z 10 ml zimnej wody destylowanej, po czym wlewamy do 75 ml wrzącej wody destylowanej i mieszając bagietką gotujemy przez minutę; następnie dopełniamy wodą dest. do 100 ml. Z kolei wykonujemy dwie próby:

a. Do probówki dajemy 5 ml roztworu śliny oraz 3 ml kleiku skrobi.

b. Do drugiej probówki dajemy 5 ml  $H_2O$  dest. oraz 3 ml kleiku. Obie probówki ustawiamy na łaźni wodnej o temperaturze  $38^{\circ}C$ , następnie co pół minuty pobieramy nieco roztworu z każdej probówki i wykonujemy próbę płynem LUGOLA. Po pewnym czasie widzimy brak charakterystycznego zabarwienia w próbie 1, co świadczy o rozkładzie skrobi. Pod wpływem działalności hydrolitycznej amylazy ślinowej skrobia przechodzi w dwucukry. Wykonywanie dalszej próby na cukry, powstałe z rozkładu skrobi, w tym ćwiczeniu jest niecelowe, ponieważ amylaza ślinowa rozkłada wielocukry tylko do dwucukrów, zaś wymienione wyżej reakcje są charakterystyczne dla cukrów prostych.

## 2. Trawienie w soku żołądkowym

Dla przedstawienia przebiegu procesu trawienia w żołądku musimy przygotować wodny roztwór pepsyny. Pepsyna sproszkowana jest do nabycia w aptekach. Kilka godzin przed rozpoczęciem doświadczeń należy ją rozpuścić w wodzie destylowanej, sporządzając roztwór 5 - 10%. Ścięte białko jaja kurzego przygotowuje się w sposób następujący (wg metody prof. A. DZIURZYŃSKIEGO, 1933): Oddzielone białko jaja kurzego rozcieńczamy wodą destylowaną w stosunku 1:3 i mieszamy dokładnie pałeczką szklaną. Następnie zlewkę z otrzymaną zawiesiną białka w wodzie ogrzewamy na łaźni wodnej, mieszając bez przerwy. W chwili, gdy mieszanina przyjmie barwę mleka, zdejmujemy zlewkę z łaźni. W ten sposób otrzymujemy ścięte białko o bardzo drobnych cząsteczkach, co ogromnie przyspiesza proces trawienia. Stosowanie na lekcjach w ten sposób ściętego białka, a nie normalnie ugotowanego, jest szczególnie ważne, bowiem tak przygotowana zawiesina biał-

kowa ulega trawieniu w ciągu kilku minut, podczas gdy kawałek białka ugotowanego musi podlegać trawieniu przez 24 godziny w stałej temperaturze ok.  $37^{\circ}\text{C}$  w termostacie.

Przygotujemy cztery próbówki:

a. do pierwszej dajemy 5 ml roztworu pepsyny, 1 ml 1/10 normalnego HCl (w celu wytworzenia środowiska kwaśnego, zbliżonego do normalnie panującego w żołądku) oraz 1 ml roztworu ściętego białka.

b. Do drugiej próbówki dajemy 5 ml roztworu pepsyny oraz 1 ml ściętego białka (dla wypróbowania trawienia w środowisku neutralnym).

c. Do trzeciej próbówki dajemy 5 ml zagotowanej pepsyny, 1 ml 1/10 n HCl oraz 1 ml ściętego białka. (Po zagotowaniu pepsyna traci własności enzymu).

d. Do czwartej próbówki dajemy 5 ml  $\text{H}_2\text{O}$  dest., 1 ml 1/10 n HCl oraz 1 ml ściętego białka - czyli przygotowujemy roztwór bez pepsyny.

Wszystkie cztery próbówki wstawiamy do łaźni wodnej o temperaturze  $37^{\circ}\text{C}$  i obserwujemy wynik po 5 - 10 minutach. Białko rozpuszcza się jedynie w próbie pierwszej, tzn. że zachodzi tu proces hydrolizy trawiennej, uwarunkowanej odpowiednimi czynnikami środowiskowymi. Na podstawie otrzymanych wyników uczniowie formułują szereg wniosków:

a. Białko jest trawione przez zawartą w soku żołądkowym pepsynę wyłącznie w środowisku kwaśnym.

b. Kwas solny nie ma właściwości trawiennych, jest jednak niezbędny do wytworzenia odpowiedniego (pH) środowiska dla uaktywnienia pepsyny.

c. Pepsyna zagotowana traci nieodwracalnie właściwości trawienne, ponieważ jak wszystkie enzymy jest substancją



białkową, ulegającą koagulacji pod wpływem wysokiej temperatury. Wskazane jest przeprowadzić dodatkowo ze wszystkimi próbami reakcję biuretową na obecność białek.

### 3. Trawienie w soku trzustkowym

W celu pokazania przebiegu trawienia w dwunastnicy i jelicie używa się na ogół wyciągu z trzustki bydlęcej. Otrzymanie takiego ekstraktu jest jednak bardzo skomplikowane. W sposób prosty można go uzyskać, kupując w aptece pigułki "Pancreatinum", które zawierają taki wyciąg. Pigułki rozpuszcza się w wodzie destylowanej kilka godzin przed wykonaniem ćwiczeń w ilości 10 - 15 pigułek na 100 ml  $H_2O$ . Doświadczenie dzielimy na trzy części, bowiem musimy wykazać, że w soku trzustkowym i jelitowym zawarte są enzymy rozkładające ostatecznie każdy rodzaj pokarmu na elementy proste, podlegające już wessaniu.

#### A) Trawienie węglowodanów

Przygotowujemy trzy próbki:

a. Dajemy do pierwszej 2 ml kleiku skrobiowego (sporządzonego jak wyżej), 2 ml 1%  $Na_2CO_3$ , 1 ml 5% NaCl oraz 5 ml pankreatyny.

b. Do drugiej wlewamy 2 ml kleiku skrobiowego, 3 ml 0,2% HCl oraz 5 ml pankreatyny (środowisko kwaśne).

c. Do trzeciej wlewamy 2 ml kleiku skrobiowego, 2 ml  $Na_2CO_3$  oraz 5 ml  $H_2O$  dest. (Brak pankreatyny).

Z zestawienia tych prób już widać, że tylko w pierwszej stworzono warunki dla dodatniego przebiegu reakcji trawiennych, bowiem pankreatyna trawi pokarm jedynie w środowisku zasadowym. Pozostałe próby są kontrolne.

Po 15 minutach wykonujemy z zawartością każdej próby reakcję na cukry oraz próbę jodową. W próbówce pierwszej reakcja jodowa wypada ujemnie, zaś reakcja na cukry dodatnio. W pozostałych próba jodowa wypada dodatnio, tzn. że w nich skrobia pozostała nie rozłożona.

## B) Trawienie białka

Przygotowujemy trzy próbówki:

a. Do jednej dajemy 1 ml roztworu ze ściętym białkiem (sporządzonego jak wyżej), 3 ml 1%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oraz 5 ml pankreatyny.

b. Do drugiej 1 ml roztworu ściętego białka, 3 ml 1/10 n HCl oraz 5 ml pankreatyny (środowisko kwaśne).

c. Do trzeciej - 1 ml ściętego białka, 3 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oraz 5 ml  $\text{H}_2\text{O}$  destil. (brak pankreatyny).

Wszystkie próbówki dajemy do łaźni wodnej o temperaturze  $37^\circ\text{C}$  na 1,5 godziny.

Podobnie jak w poprzednich doświadczeniach reakcja wypada dodatnio tylko w próbie pierwszej; białko ulega tu rozpuszczeniu i rozłożeniu na elementy podstawowe (budulcowe) pod wpływem enzymów zawartych w soku trzustkowym dzięki temu, że stworzyliśmy warunki zbliżone do normalnych, warunkujących aktywne działanie pankreatyny (środowisko zasadowe).

## C. Trawienie tłuszczu

Przygotowujemy dwie próbówki:

a. Do pierwszej wlewamy 1 ml oleju, 1 ml fenolftaleiny (roztwór gotowy do nabycia w handlu), 1 ml 1% roztworu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oraz 5 ml pankreatyny.

b. Do drugiej - 1 ml oleju, 1 ml fenolftaleiny, 1 ml 1%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 5 ml  $\text{H}_2\text{O}$  destil. (Próba kontrolna bez pankreatyny).

Po upływie 5 - 10 minut fenolftalein w pierwszej próbce straci zabarwienie czerwone wskutek wytworzenia się kwaśnego środowiska, będącego efektem rozpadu tłuszczu pod wpływem soku trzustkowego na kwasy tłuszczowe i glicerol. Przed wykonaniem tego ćwiczenia, jak już wspomniano wyżej, jest rzeczą niezbędną przerobienie z uczniami reakcji barwnych z fenolftaleiną w środowiskach o różnym pH.

Na podstawie wszystkich omówionych tu doświadczeń uczniowie formułują wnioski:

a. W soku trzustkowym znajduje się kilka grup enzymów trawiennych, a mianowicie takie, które rozkładają węglowodany, jak też takie, które trawią białka i tłuszcze.

b. Trawienie przy udziale soku trzustkowego może zachodzić jedynie w środowisku zasadowym ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), a więc w jelicie.

c. Węglan sodu nie ma właściwości hydrolitycznych (podobnie jak  $\text{HCl}$  w żołądku), jest jednak niezbędny do wytworzenia środowiska lekko zasadowego, koniecznego do uaktywnienia enzymów zawartych w soku trzustkowym oraz do ich działania.

d. Enzymy zawarte w soku trzustki rozkładają ostatecznie pokarm, umożliwiając jego wchłonięcie w postaci składników prostych.

Cytowane tu przykłady doświadczeń nie są nowe. Są to eksperymenty znane i wykonywane od lat w pracowniach fizjologicznych. Wydaje się jednak, że zebranie ich, pokazanie w takim układzie i zwrócenie uwagi na to, jak bardzo



proste jest ich wykonanie - nawet w pracowniach o skromnych urządzeniach - może być pomocne nauczycielowi biologii w szkole. Nauczyciel musi być przygotowany do prowadzenia praktycznych, opartych na doświadczeniach lekcji, i wiedzieć, że właśnie takie wzbudzają największe zainteresowanie uczniów, ułatwiają im zrozumienie często trudnych zagadnień oraz wyrabiają w nich zamiłowanie do poznawania zjawisk i procesów życiowych na drodze eksperymentu.

LITERATURA

- BYKOWSKI LUDWIK JAKA, PRZEWODNIK DO ĆWICZEN FIZJOLOGICZNYCH W ZAKRESIE SZKOŁY ŚREDNIEJ, Książnica Polska, Lwów-Warszawa 1923.
- DZIURZYŃSKI ADAM, O TRAWIENIU POKARMÓW W SZTUCZNYM SOKU ŻOŁĄDKOWYM. Sprawozdanie XV Dyrekcji Państwowego Gimnazjum IV w Krakowie. Nakł. Kom. Rodz. Kraków 1933.
- MIĘTKIEWICZ EUGENIUSZ, WSKAZÓWKI DO ĆWICZEŃ Z FIZJOLOGII. Księgarnia Akademicka, Poznań, wyd.II, 1947.
- TAUB SZYMON, ĆWICZENIA FIZJOLOGICZNE DO NAUKI O CZŁOWIEKU W SZKOŁACH ŚREDNICH I POWSZECHNYCH. Nakł. Autora. Gródek Jagielloński 1932.
- ZAKRZEWSKI K., PRACOWNIA CHEMII FIZJOLOGICZNEJ. Opracowanie zbiorowe. Państwowe Zakłady Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1951.