

**ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ, ФІТНЕС І РЕКРЕАЦІЯ,
ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ РІЗНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ**

**KLASYFIKACJA HORMONÓW OPARTA NA ICH BUDOWIE CHEMICZNEJ
(HORMONY STERYDOWE, BIAŁKOWE, PEPTYDOWE)**

**CLASSIFICATION OF HORMONES BASED ON THEIR CHEMICAL STRUCTURE
(STEROID, PROTEIN, PEPTIDE HORMONES)**

Brzoskowska K.

*Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku,
Wydział Kultury Fizycznej – Zakład Plywania i Ratownictwa Wodnego, Polska*

DOI <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2022.11.8>

Streszczenie

Słowo hormon pochodzi od greckiego słowa hormeo, co w dosłownym tłumaczeniu, znaczy poruszać, pobudzać. Układ hormonalny to wyjątkowo skomplikowany i pełen tajemnic układ organizmu człowieka. Zaburzenia hormonalne mogą zakłócić pracę całego organizmu. Główną rolą układu hormonalnego jest nadzór nad wszystkimi funkcjami fizjologicznymi ludzkiej istoty. Ta zawiła pajęczyna różnych gruczołów rozmieszczonych w wielu częściach ciała odpowiada za wewnętrzną równowagę, czyli tzw. homeostazę. Układ dokrewny przy współpracy z układem nerwowym stwarza specjalistyczny «procesor», który steruje wszelkimi parametrami niezbędnymi do życia. Wydzielanie hormonów podlega zarówno kontroli na drodze sprzężeń zwrotnych, jak i regulacji ze strony układu nerwowego. Hormony można porównać do posłańców wędrujących drogą krwi, którzy niosą informację do innych narządów. Jeden hormon może aktywizować do pracy mnóstwo różnych narządów, a na jeden narząd może oddziaływać kilka różnych hormonów. Nauka zajmująca się badaniem i właściwościami hormonów to endokrynologia. Wytwarzanie hormonów zachodzi w gruczołach dokrewnych, skąd następnie wydzielane są do krwioobiegu. Tam oddziałują na konkretny receptor. Ich potężna aktywacja potrafi wywołać w organizmie szereg reakcji, a zwłaszcza ich niedobór. Hormony regulują procesy życiowe organizmu i pobudzają do działania wiele różnych narządów. Hormony odpowiadają za dostosowywanie procesów fizjologicznych do nieustannie zmieniających się warunków otoczenia. To od nich zależy prawidłowy wzrost i rozwój naszego ciała, regulowanie poziomu cukru we krwi oraz mobilizowanie sił niezbędnych do walki w stanie ewentualnego zagrożenia. Przy zaburzeniach hormonalnych mogą pojawić się dolegliwości ze strony różnych organów, czasami dochodzi do sytuacji, że inne gruczoły próbują przejąć funkcje tych, które przestały właściwie funkcjonować.

Słowa kluczowe: hormony, układ hormonalny, peptydy, sterydy.

The word hormone comes from the Greek word hormeo, which literally means to move, stimulate. The endocrine system is an extremely complex and secret system of the human body. Hormonal disruptions can disrupt the work of the whole organism. The main role of the hormonal system is to oversee all physiological functions of a human being. This intricate web of various glands located in many parts of the body is responsible for the internal balance, the so-called homeostasis. The endocrine system in cooperation with the nervous system creates a specialized «processor» that controls all parameters necessary for life. Hormone secretion is both feedback-controlled and regulated by the nervous system. Hormones can be likened to messengers traveling through the bloodstream who carry information to other organs. One hormone can activate a multitude of different organs to work, and one organ can be acted on by several different

hormones. The science that deals with the study and properties of hormones is endocrinology. Hormone production occurs in the endocrine glands, from where they are then released into the bloodstream. There they act on a specific receptor. Their powerful activation can trigger a number of reactions in the body, especially their deficiency. Hormones regulate the body's vital processes and stimulate many different organs to function. Hormones are responsible for adapting physiological processes to constantly changing environmental conditions. It is them who depend on the proper growth and development of our body, regulating blood sugar levels and mobilizing the forces necessary to fight in the event of a possible threat. With hormonal disorders, there may be discomfort from various organs, sometimes it comes to a situation that other glands try to take over the functions of those that have ceased to function properly.

Key words: hormones, endocrine system, peptides, steroids.

Wstęp. Słowo hormon pochodzi od greckiego słowa *hormeo*, co w wolnym tłumaczeniu, znaczy poruszać, pobudzać. Pierwszym odkrytym hormonem była adrenalina, wyizolowana pod koniec XIX w. przez polskiego fizjologa o nazwisku Cybulski [1].

Hormony są cząsteczkami sygnałowymi wydzielanymi przez gruczoły dokrewne, bardzo często działają w miejscach oddalonych od miejsca ich powstawania. Pełnią rolę podobną do impulsów elektrycznych w układzie nerwowym, jednak z kilkoma różnicami. Układ nerwowy działa bardzo szybko i krótkotrwale, natomiast układ hormonalny wolniej i dłużej. Hormony można porównać do posłańców wędrujących drogą krwi, którzy niosą informację do innych narządów. Nauka zajmująca się badaniem i właściwościami hormonów to endokrynologia.

Hormony pełnią różne funkcje i najczęściej oddziałują na kilka narządów jednocześnie. Ich podstawowe zadanie to utrzymanie homeostazy całego organizmu. Hormony wydzielane przez komórki nerwowe nazywa się neurohormonami, a hormony wydzielane przez tkanki inne niż gruczoł dokrewny – hormonami tkankowymi [2; 11; 12].

Działanie hormonów. Wytwarzanie hormonów zachodzi w gruczołach dokrewnych, skąd następnie wydzielane są do krwioobiegu. Tam oddziałują na konkretny receptor. Ich potężna aktywacja potrafi wywołać w organizmie lawinę reakcji, tym bardziej ich niedobór.

Wytwarzanie hormonów

Hormony są wytwarzane przez gruczoły, takie jak:

- podwzgórze (np. wazopresyna i oksytocyna),
- przysadka mózgowa (np. prolaktyna),
- szyszynka (melatonina),

- jądra szwu (serotonina),
- gruczoł tarczowy (hormony tarczycy),
- wątroba (np. trombopoetyna),
- trzustka (np. glukagon),
- kora i rdzeń nadnerczy (np. kortyzol),
- nerki (np. renina),
- jądra (androgeny),
- jajniki (estrogeny),
- grasicca (tymulina),
- ściany przedsionka serca (przedsionkowy peptyd natriuretyczny) [3].

Podział hormonów

Do najczęściej stosowanych podziałów hormonów zalicza się podział ze względu na budowę chemiczną i miejsce wytwarzania hormonu.

A. Podział ze względu na budowę chemiczną:

- pochodne amin i aminokwasów, np. adrenalina, tyroksyna;
- białkowe i peptydowe, np. insulina, parathormon;
- sterydowe, np. hormony kory nadnerczy, hormony płciowe.

B. Podział ze względu na miejsce wytwarzania:

- hormony gruczołów dokrewnych, które powstają w gruczołach dokrewnych;
- hormony tkankowe, które powstają w komórkach rozlokowanych w różnych częściach organizmu;
- neurohormony, które są wytwarzane przez komórki układu nerwowego [4].

Klasyfikacja hormonów ze względu na budowę chemiczną

- polipeptydy (TRH, CRH, GnRH, GHRH, somatostatyna, GH, ACTH, TSH, FSH, LH, MSH, prolaktyna, PTH, kalcytonina, insulina, glukagon, cholecystokinina, leptyna, hormony jelitowe (np. peptydy inkretynowe), somato-

medyny, erytropoetyna, pneumadyna, inhibiny, wazopresyna i oksytocyna)

- steroidy (mineralokortykoidy, glikokortykoidy, androgeny, estrogeny, gestageny, kalcitriol)

- hydrofilne pochodne aminokwasów (dopamina, noradrenalina, adrenalina)

- lipofilne pochodne aminokwasów (tyrosyna, trijodotyronina) [5].

Hormony peptydowe

Hormony polipeptydowe często są syntetyzowane w postaci prohormonów (nieaktywnych prekursorów). Fragment łańcucha polipeptydowego usuwany podczas przekształcenia prohormonu w hormon aktywny niekiedy jest wydzielany przez komórki produkujące hormon, w stosunku stechiometrycznym 1:1 [5].

Rodzaje hormonów peptydowych:

- angiotensyna – hormon wydzielany przez wątrobę w postaci angiotensynogenu, który to dalej cięty jest z udziałem innego hormonu – reniny do właściwej angiotensyny. Ma ona wybitną zdolność do obkurczania mięśniówki drobnych naczyń krwionośnych, co powoduje wzrost ciśnienia krwi. ponadto, hormon ten zwiększa tętno i stymuluje produkcję hormonu regulującego gospodarkę wodno-elektrolitową – aldosteronu.

- erytropoetyna – hormon wytwarzany w komórkach wątroby i nerek w reakcji na spadek wysycenia hemoglobiny krwi tlenem. jego działanie polega na stymulacji produkcji czerwonych krwinek (erytrocytów) w szpiku kostnym.

- glukagon – hormon wydzielany przez komórki alfa wysepek trzustkowych. jest on antagonistą insuliny, czyli podwyższa poziom cukru we krwi poprzez stymulację rozpadu glikogenu w wątrobie.

- insulina – hormon uwalniany przez komórki beta wysepek trzustkowych. jest on antagonistą glukagonu, czyli obniża poziom cukru we krwi poprzez stymulację transportu glukozy do komórek wątroby, mięśni i tkanki tłuszczowej. niedobór insuliny prowadzi do cukrzycy.

- kalcytonina – hormon produkowany przez tarczycę. ma on za zadanie obniżyć poziom

jonów wapnia i fosforanów we krwi, gdy jest on zbyt wysoki. dokonuje tego przez skierowanie nadmiaru tych jonów do kości i przez hamowanie ich reabsorpcji (odzyskiwania) w nerkach. kalcytonina jest antagonistą parathormonu.

- leptyna – hormon wydzielany przez komórki tkanki tłuszczowej. jego receptory znajdują się w części mózgu zwanej podwzgórzem. sygnał w postaci leptyny jest informacją dla mózgu, że organizm ma zapas pokarmu i należy zmniejszyć poczucie głodu. dlatego stymulowane przez leptynę podwzgórze zmniejsza produkcję neuroprzekaźnika – neuropeptydu y, odpowiedzialnego za chemiczne przewodzenie informacji o głodzie.

- oksytocyna – hormon uwalniany przez tylny płat przysadki mózgowej (produkowany przez podwzgórze) w odpowiedzi na stymulację receptorów w szyjce macicy, pochwie i brodawkach sutkowych. jego zadaniem jest pobudzać skurcze macicy podczas porodu i pobudzać mięśnie gładkie przewodów mlecznych podczas karmienia oseska (co ułatwia wyrzut mleka).

- parathormon – hormon produkowany przez przytarczyce. odpowiada za zwiększenie poziomu jonów wapnia we krwi poprzez stymulację ich uwalniania z kości i reabsorpcji (odzyskiwania) w nerkach. jest antagonistą kalcytoniny. jego niedobór powoduje śmierć w wyniku tężyczki (patologicznego skurczu mięśni organizmu).

- prolaktyna – hormon wytwarzany przez przedni płat przysadki mózgowej. U kobiet ciężarnych stymuluje wzrost piersi i wytwarzanie mleka. u kobiet karmiących (szczególnie przez pół roku po porodzie) hamuje on owulację, a więc w tym czasie kobiety te rzadko zachodzą w ciążę (tzw. niepłodność laktacyjna).

- relaksyna – jest to hormon produkowany w jajnikach. ma on przede wszystkim za zadanie rozluźnić więzadła miednicy i spojenie łonowe tuż przed porodem.

- renina – hormon wydzielany przez nerki w odpowiedzi na zmniejszenie się objętości krwi i obniżony poziom jonów sodu we krwi. pośrednio podnosi on ciśnienie krwi, gdyż bierze udział w tworzeniu angiotensyny z jej prekursora – angiotensynogenu.

- somatotropina – hormon wzrostu. uwalniana jest przez płat przedni przysadki mózgowej. indukuje procesy wzrostu kości i chrząstek (szczególnie w kościach długich). przyczynia się do wzrostu masy ciała. indukuje proces produkcji i uwalniania glukozy z wątroby.

- trombopoetyna – hormon wytwarzany przez komórki wątroby. bierze udział w stymulacji produkcji żółtych ciałek (trombocytów) – komórek ważnych w procesie krzepnięcia krwi.

- tymozyna – główny hormon grasicy. pobudza dojrzewanie węzłów chłonnych i produkcję limfocytów t – kluczowych komórek układu odpornościowego.

- wazopresyna – hormon uwalniany w tylnym płacie przysadki mózgowej (produkowany przez podwzgórze) w odpowiedzi na wzrost ciśnienia osmotycznego krwi (potocznie: gdy jest ona bardziej gęsta). wazopresyna działa na kanaliki nerkowe sprawiając, że reabsorbują (odzyskują) one więcej wody i jonów sodu. poza tym, hormon ten działa obkurczająco na naczynia krwionośne.

Hormony sterydowe

Hormony steroidowe to małe związki chemiczne, których receptory zlokalizowane są w jądrze komórek. Z łatwością przenikają przez błonę komórki. Ze względu na właściwości znalazły wiele zastosowań leczniczych, a także jako doping w środowisku sportowym. Nauka wyróżnia pięć klas hormonów steroidowych – androgeny, estrogeny, glikokortykoidy, mineralokortykoidy oraz gestageny, różniących się między sobą strukturalnie oraz funkcjonalnie. Głównym substratem służącym do syntezy hormonów steroidowych jest cholesterol.

Klasyfikacja oraz opis hormonów steroidowych:

- mineralokortykoidy wydzielane są przez korę nadnerczy. Za ich produkcję odpowiadają m.in. jony sodowe obecne w kanalikach dystalnych nerek oraz dynamiczne zmiany w objętości krwi krążącej. Główną ich funkcją jest regulowanie gospodarką wodno-elektrolitową;

- glikokortykosteroidy biorą udział w metabolizmie białka, tłuszczów oraz węglowodanów. Ich rola polega na mobilizacji orga-

nizmu w sytuacjach stresowych. Ma to miejsce, zarówno jeśli chodzi o stres fizyczny, jak i emocjonalny. Glikokortykosteroidy modulują również odpornością, biorą udział w regulowaniu ciśnienia krwi oraz wpływają na metabolizm kości. Jednym z najbardziej znanych glikokortykosteroidów jest kortyzol, czyli hormon stresu;

- gestageny to hormony produkowane przez ciało żółte jajników. Hormony ten biorą udział w procesie zapłodnienia, przygotowując macicę do implantacji zarodka i utrzymania ciąży;

- estrogeny produkowane są przede wszystkim przez jajniki oraz łożysko. U ludzi obecne są trzy rodzaje estrogenów: estron, estradiol oraz estriol. Najważniejszym z nich jest estradiol, produkowany w największej ilości. Biorą udział w przemianie lipidów, wzroście narządów płciowych, hamowaniu wzrostu gruczołów łojowych oraz kontrolują metabolizm kostny;

- androgeny, czyli testosteron i androsteron – testosteron jest głównym hormonem męskim związanym z płcią. Odpowiada za rozwój męskich narządów płciowych oraz za spermatogenezę. Hormon ten ma również działa anaboliczne, co oznacza, że wzmacnia syntezę białek, pobudzając czynności krwiotwórcze i wpływając na rozrost mięśni szkieletowych [6].

Hormony białkowe

Produkowane przez komórki o rozbudowanej szorstkiej siateczce śródplazmatycznej. Mogą to być krótkie oligopeptydy zbudowane z 3 lub kilku (np. w dziewięcioaminokwasowa cząsteczka hormonu antydiuretycznego), a także bardzo złożone białka o masie >10 kDa, zawierające >100 aminokwasów, np. hormon wzrostu składający się ze 191 reszt aminokwasowych. Hormony białkowe są rozpuszczalne w wodzie, nie mogą przenikać przez błony komórkowe i mają krótki okres aktywności biologicznej. Wiele z nich jest produkowanych i wydzielanych w formie nieczynnej jako prohormony, które uaktywniają się dopiero we krwi lub w narządach docelowych [7].

Hydrofilne pochodne aminokwasów

Dopamina (łac. dopaminum) – organiczny związek chemiczny z grupy katecholamin.

Ważny neuroprzekaźnik syntezowany i uwalniany przez dopaminergiczne neurony ośrodkowego układu nerwowego. Dopamina działa przez swoiste receptory (pięć opisanych podtypów) zlokalizowane w błonach presynaptycznej i postsynaptycznej. Odgrywa odmienną rolę w zależności od miejsca swego działania:

- w układzie pozapiramidowym jest odpowiedzialna za napęd ruchowy, koordynację oraz napięcie mięśni – w chorobie Parkinsona występuje niedobór dopaminy
- w układzie rąbkowym (limbicznym) jest odpowiedzialna za procesy emocjonalne, wyższe czynności psychiczne oraz w znacznie mniejszym stopniu procesy ruchowe
- w podwzgórzu jest związana głównie z regulacją wydzielania hormonów, zwłaszcza prolaktyny (stąd inną nazwą dopaminy jest prolaktostatyna (ang. prolactin inhibitory hormone)) i gonadotropin.

Dopamina jest syntetyzowana także w tkankach obwodowych (kanaliki nerkowe i nerkowe naczynia krwionośne, pęcherzyki płucne, trzustka oraz naczynia krwionośne płuc i serca) i wykazuje tam aktywność autokrynną.

Adrenalina, epinefryna – organiczny związek chemiczny, hormon zwierzęcy i neuroprzekaźnik katecholaminowy wytwarzany przez gruczoły dokrewne pochodzące z grzebienia nerwowego (rdzeń nadnerczy, ciała przyzwojowe, komórki C tarczycy) i wydzielany na zakończeniach włókien współczulnego układu nerwowego. Adrenalina odgrywa decydującą rolę w mechanizmie stresu, czyli błyskawicznej reakcji organizmu człowieka i zwierząt kręgowych na zagrożenie, objawiających się przyspieszonym biciem serca, wzrostem ciśnienia krwi, rozszerzeniem oskrzeli, rozszerzeniem źrenic itd. Oprócz tego adrenalina reguluje poziom glukozy (cukru) we krwi, poprzez nasilenie rozkładu glikogenu do glukozy w wątrobie (glikogenoliza).

Noradrenalina (norepinefryna, skrót: NA; łac. Norepinephrinum) – organiczny związek chemiczny z grupy katecholamin. Neuroprzekaźnik wydzielany w części rdzeniowej nadnerczy oraz w miejscu sinawym, zwykle razem z adrenaliną.

Noradrenalina – w ogólności – mobilizuje mózg i ciało do działania. Jej wydzielanie jest najniższe podczas snu. W stanie czuwania zwiększa się jej stężenie o 180 %. Osiąga znacznie wyższe poziomy w sytuacjach stresu oraz niebezpieczeństwa (reakcja walki lub ucieczki). W mózgu noradrenalina zwiększa pobudzenie i czujność, wspiera czuwanie, uwydatnia zapamiętywanie i przypominanie sobie oraz umożliwia koncentrację, a także zwiększa niepokój i lęk, którego nadmiar prowadzi do zaburzeń lękowych. W reszcie ciała noradrenalina przyspiesza rytm serca i zwiększa ciśnienie krwi, powoduje uwolnienie zmagazynowanej glukozy, zwiększa dopływ krwi do mięśni szkieletowych, redukuje dopływ krwi do układu pokarmowego oraz hamuje opróżnianie pęcherza moczowego i aktywność motoryczną w przewodzie pokarmowym. Noradrenalina jako lekarstwo jest wstrzykiwana w przypadkach krytycznie niskiego ciśnienia krwi. Leki beta-adrenolityczne są często stosowane przeciw jaskrze, migrenie i różnorodnych problemów układu krążenia. Leki alfa-adrenolityczne są stosowane przeciw niektórym dolegliwościom układu krążenia i zaburzeniom psychicznym. Antagonizujące alfa-2 są często uspokajające i stosowane do uwydatniania anestezji przy operacjach, jak również w leczeniu uzależnień alkoholowego i od narkotyków. Bupropion, który bazuje na wychwycie zwrotnym noradrenaliny, jest powszechnie stosowany jako atypowy antydepresant, jedyny skuteczny lek przeciw depresji sezonowej, a także do redukcji głodu nikotynowego i objawów ADHD [8].

Lipofilne pochodne aminokwasów

Tyroksyna (tetrajodotyronina, T4) – organiczny związek chemiczny, który obok trójiodotyroniny jest podstawowym hormonem produkowanym przez tarczycę. Tyroksyna pobudza procesy utleniania w tkankach, pobudza rozpad tłuszczów do kwasów tłuszczowych i glicerolu, wzmacnia wchłanianie glukozy z przewodu pokarmowego i jej zużycie przez komórki. Zwiększa także wydzielanie i efekty działania somatotropiny i glikokortykoidów, wpływa na czynność gruczołów płciowych. Hormon ten jest bardzo ważny dla rozwoju fizycznego i psychicznego młodych organizmów, wpływa również regulująco na laktację i rozród [9].

Trijodotyronina (T3) – organiczny związek chemiczny, trijodowa pochodna tyroniny. Hormon tarczycy wytwarzany przez komórki pęcherzyków tego gruczołu, magazynowany w postaci tyreoglobuliny i wydzielany do krwiobiegu. Trijodotyronina jest u człowieka głównym hormonem tarczycy, który powstaje głównie przez odjodowanie tyroksyny (T4, tetrajodowej pochodnej tyroniny) na poziomie tkankowym. Działanie hormonów tarczycy jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, ich działanie ujawnia się we wszystkich komórkach organizmu i jest szczególnie ważne w okresie rozwoju ośrodkowego układu nerwowego oraz dla wzrostu, gdyż w stężeniach fizjologicznych hormon ten ma działanie anaboliczne (wzmo-

żone procesy przemiany materii, pobudzenie wzrostu) [10].

Podsumowanie

Hormony sterują procesami życiowymi każdego organizmu. Pobudzają do funkcjonowania tylko komórki docelowe uzbrojone w odpowiednie receptory. Jeden hormon może aktywizować do pracy mnóstwo różnych narządów, a na jeden narząd może oddziaływać kilka różnych hormonów. Zbyt niski poziom hormonów we krwi może być źródłem szeregu trudności. W celu zmniejszenia konsekwencji niedoboru hormonu lub zmobilizowania danego gruczołu do pracy zastosowanie mają środki hormonalne. Właściwy wzrost i eskalacja organizmu zależą od układu dokrewnego.

Bibliografia

1. Arabska-Przedpeńska, B., Pawlicka, H. (2011). Współczesna endodoncja w praktyce. Łódź, Bestom DENTOnet.pl.
2. Mutschler, E. (2010). Farmakologia i toksykologia. Wrocław, MedPharm Polska. 404–406.
3. Najważniejsze hormony i ich znaczenie dla organizmu, <https://centrumsynteza.pl/najwazniejsze-hormony-i-ich-znaczenie-dla-organizmu/> 13.04.2022 r.
4. Hormony – definicja, podział i rodzaje, choroby hormonalne <https://dieta.pl/zdrowie-i-uroda/hormony-definicja-podzial-rodzaje-choroby-hormonalne/> 13.04.2022r.
5. Klasyfikacja hormonów ze względu na budowę chemiczną: Wyróżniamy cztery główne rodzaje hormonów ze względu na budowę chemiczną: <https://docplayer.pl/113272890-Klasyfikacja-hormonow-ze-względu-na-budowe-chemiczna-wyrozniamy-cztery-glowne-rodzaje-hormonow-ze-względu-na-budowe-chemiczna.html>
6. Cenimy Twoją prywatność <https://portal.abczdrowie.pl/hormony/> 13.04.2022r.
7. Hormony steroidowe – funkcje oraz zaburzenia <https://www.hellozdrowie.pl/hormony-steroidowe-funkcje-oraz-zaburzenia/> 13.04.2022r.
8. Biologia – nauka o życiu <http://www.biologianaukaozyciu.pl/2017/08/ukad-nerwowy-neuroprzekazniki-cz-1.html/> 14.04.2022 r.
9. Shayri, M. Kansagra, Christopher, R. McCudden, Monte, S. Willis. (2010). The Challenges and Complexities of Thyroid Hormone Replacement. *Laboratory Medicine*, 41 (6), 338–34.
10. Villee, S. (pod red), (1996). *Biologia*. Warszawa. 1010–1034.
11. Kostowski, W., Herman, Z. S. (2006). *Farmakologia – podstawy farmakoterapii: podręcznik dla studentów medycyny i lekarzy*. Wyd. 3 poprawione i uzupełnione. Warszawa, Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
12. Maikova, T., Afanasiev, S., Afanasieva, O., Kashuba, V., Andrieieva, O., Grygus, I., Sierpiska, L., Dovgan, O. (2021). Effect of physical therapy on the oxidative homeostasis state in women with metabolic syndrome. *Journal of Physical Education and Sport*, Vol. 21 (Suppl. Issue 5), 3060–3067.