

2023

# RAPORT

Realizacja zadania badawczego nr 2 realizowanego w ramach *Eksperymentalnych Prac Rozwojowych*

*tytuł zadania badawczego:*

***Wpływ napoju nawadniającego na status nawodnienia oraz wybrane wskaźniki zmęczenia ośrodkowego i obwodowego u sportowców wyczynowych – badania eksperymentalne.***

dotyczy projektu:

*Gaminate – opracowanie napoju nawadniającego o niskim ładunku kalorycznym, w wyniku prac nad ciśnieniem osmotycznym i wchłaniałością”  
(Akronim: Gaminate)*

Opracował:

dr hab Jakub Chycki

Kierownik B+R zadania badawczego

# INFORMACJE

---

Konkurs	3
Opis <i>Zadania Badawczego</i>	4
Kamienie milowe <i>Zadania Badawczego</i>	5
Zespół badawczy	6
Struktura czasowa realizacji <i>Zadania Badawczego</i>	7
Opis realizacji <i>Zadania Badawczego</i>	8
Efekty realizacji <i>Zadania Badawczego</i>	12
Baza danych pomiarowych	13
Kontakt	17

---

# KONKURS

Konkurs:

**BRIDGE Alfa NCBR**

Tytuł projektu:

**“Gamate – opracowanie napoju nawadniającego o niskim ładunku kalorycznym, w wyniku prac nad ciśnieniem osmotycznym i wchłaniałością”  
(Akronim: Gamate)**

Tytuł zadania badawczego:

**Wpływ napoju nawadniającego na status nawodnienia oraz wybrane wskaźniki zmęczenia ośrodkowego i obwodowego u sportowców wyczynowych – badania eksperymentalne.**

Okres realizacji:

3 miesiące  
1.01.2023 rok – 31.03.2023 rok

Numer decyzji o dofinansowaniu:

Umowa o dofinansowanie nr POIR.01.03.01-00-0085/16 zawartej z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju

# Opis

Prezentowany dokument stanowi **Raport** z przeprowadzonego Zadania Badawczego (Zadanie Badawcze nr 2) realizowanego w ramach projektu "Gaminatę – opracowanie napoju nawadniającego o niskim ładunku kalorycznym, w wyniku prac nad ciśnieniem osmotycznym i wchłanianością" (Akronim: Gaminatę).

Tytuł Zadania Badawczego:

**Wpływ napoju nawadniającego na status nawodnienia, metabolizm wysiłkowy oraz wybrane wskaźniki zmęczenia obwodowego i ośrodkowego.**

Prace w obszarze zadania doprecyzowania 2 zadaniami badawczymi szczegółowymi:

Zadanie szczegółowe nr 1. **Badania wchłanianości napoju w oparciu o szacowanie wskaźnika BHI (ang. Beverage Hydration Index).**

Zadanie szczegółowe nr 2. **Badanie wpływu stosowania napoju izotonicznego słodzonego erytrytolem na kompensowanie utraty płynów oraz metabolizm wysiłkowy podczas wysiłku tlenowego o średniej intensywności.**

## Zdefiniowane cele zadania badawczego

Zadanie badawcze zorientowane było na monitorowaniu stanu nawodnienia w spoczynku i w następstwie aktywności fizycznej. Celem prac eksperymentalnych była ocena wpływu stosowania napoju nawadniającego (przedmiot badań przemysłowych) na stan nawodnienia (wskaźnik nawodnienia – BHI), odwodnienia bądź nieskompensowanej utraty wody, metabolizm wysiłkowy i wybrane markery zmęczenia ośrodkowego i obwodowego w grupie osób aktywnych fizycznie i sportowców. W badaniach wykorzystany zostanie napój „eksperymentalny”.

## Strategia realizacji i czas realizacji zadania badawczego

Prace badawcze realizowane były wykorzystując zasoby osobowe zespołu B+R projektu badawczego. Prace w obszarze szacowania wskaźnika BHI oraz oceny wpływu stosowania napoju eksperymentalnego na kompensację utraty płynów oraz metabolizm wysiłkowy przeprowadzony został w ramach badań zleconych Instytutowi Nauk o Sporcie AWF Katowice. Kierownikiem zespołu był dr hab. Jakub Chycki, prof. AWF.

## Hipotezy badawcze

W precyzyjnie zdefiniowanym obszarze badawczym, dla zadania szczegółowego nr 1 i nr 2 postawiono następujące hipotezy badawcze.

Zadanie szczegółowe nr 1

1. Napój eksperymentalny - izotoniczny, słodzony erytrytolem, będzie charakteryzował się wyższym szacowanym wskaźnikiem dla nawodnienia (ang. Beverage Hydration Index - BHI) względem napoju kontrolnego - izotoniczny, słodzony glukozą.

Zadanie szczegółowe nr 2

2. Napój eksperymentalny - izotoniczny, słodzony erytrytolem będzie wpływał na szybszą kompensację utraty płynów podczas 90 min wysiłku o średniej intensywności, względem napoju kontrolnego - izotoniczny, słodzony glukozą.

3. Napój eksperymentalny będzie intensyfikował metabolizm tłuszczowy w trakcie 90 min wysiłku o średniej intensywności, porównując z napojem kontrolnym.

**dr hab. Jakub Chycki, professor AWF Katowice**

Kierownik B+R Zadania Badawczego

Kierownik zespołu badawczego AWF Katowice



# Kamienie milowe

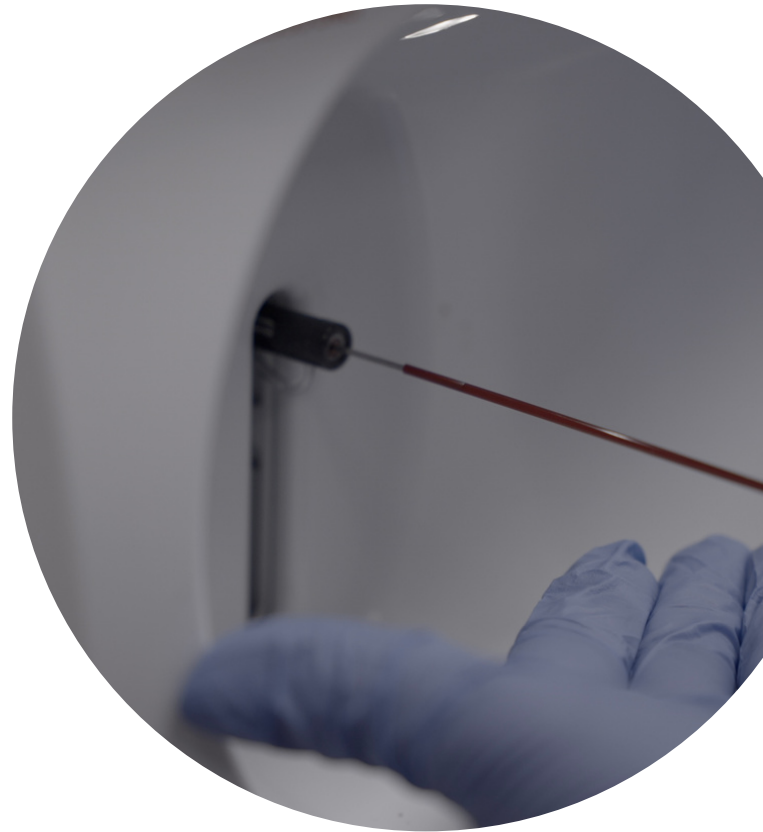
Kamień milowy dla *Zadania 2*, zdefiniowany został jako:

**Nazwa:**

*Baza danych pomiarowych markerów biochemicznych - stanu nawodnienia i regeneracyjnych, wskaźników fizjologicznych i sprawności poznawczej uzyskanych w eksperymentach - 18 osób.*

**Wskaźnik:**

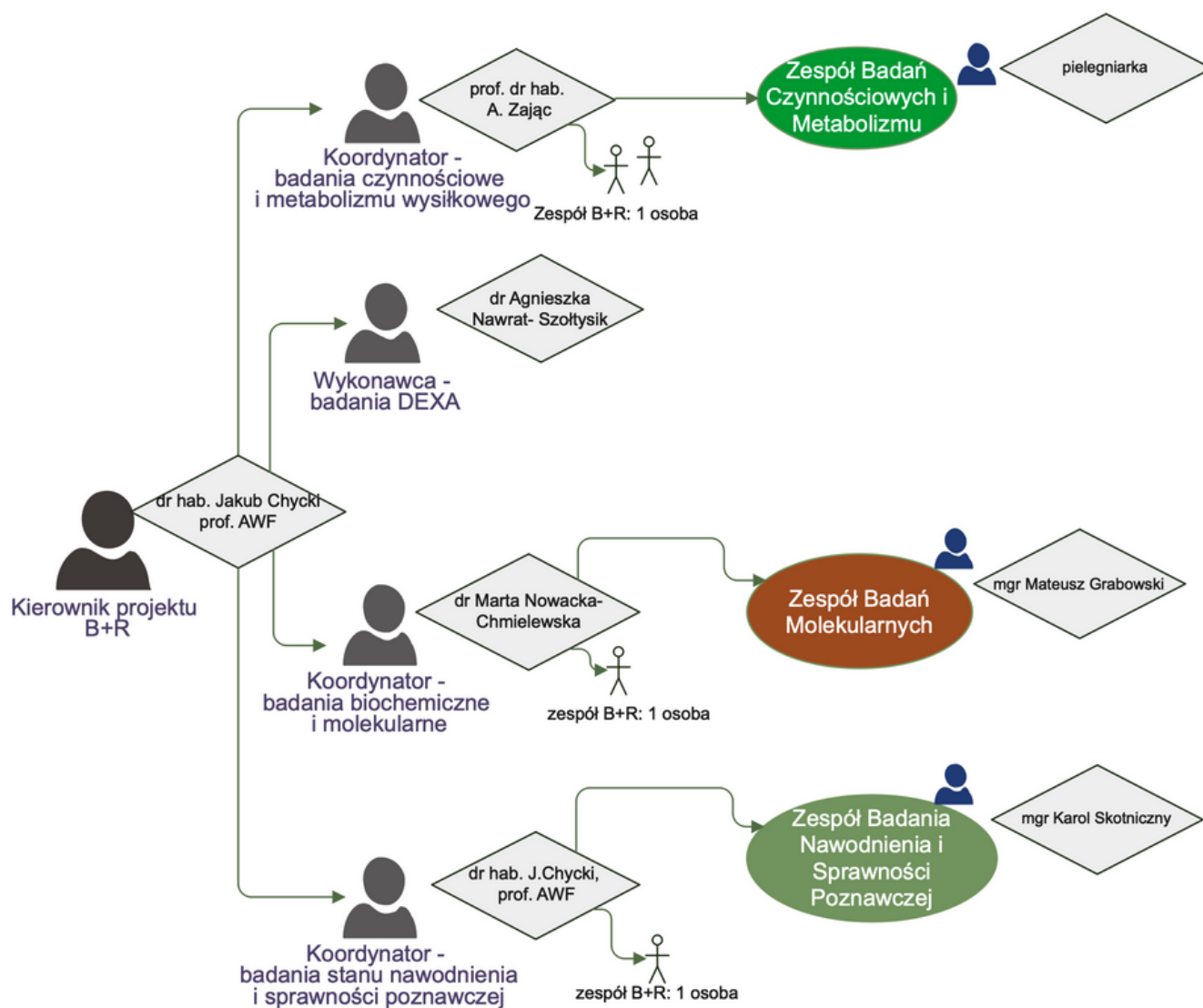
Zawiera 100% pozyskiwanych danych od uczestników badań - dane wejściowe i zmiany w przebiegu eksperymentu - kinetyka zmian (obciążenie fizyczne, sprawność poznawcza, parametry fizjologiczne, biochemiczne).



# Zespół Badawczy

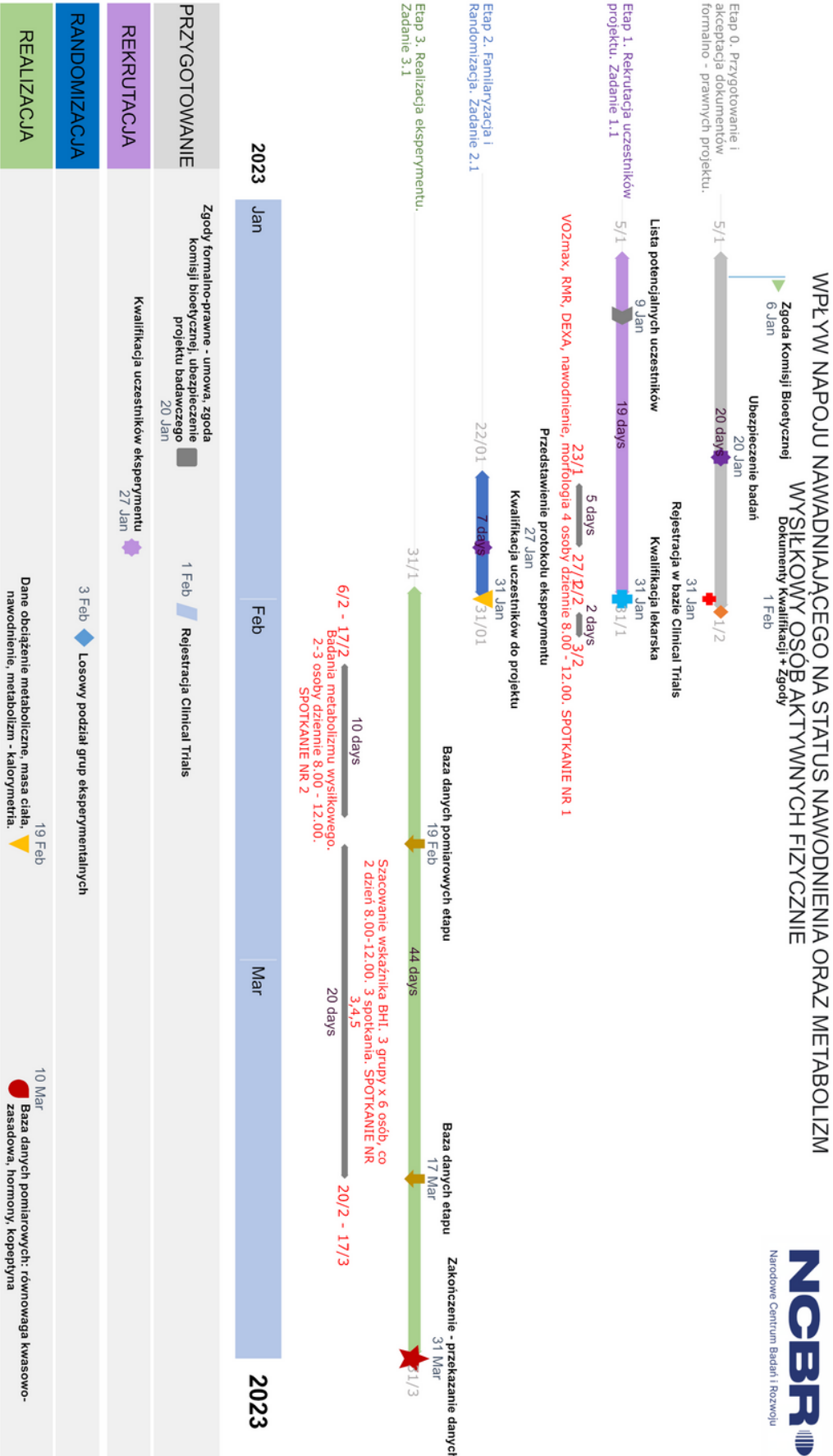
Zespół badawczy realizujący **eksperymentalne prace rozwojowe** w obszarze Zadania nr 2 projektu składał się z 7 osób wykonujących zadania badawcze w 3 zespołach: Zespół Badań Czynnościowych i Metabolizmu, Zespół Badań Molekularnych, Zespół Badania Nawodnienia i Sprawności Poznawczej.

Prace realizowane były pod Kierownictwem dr hab. Jakuba Chyckiego



# STRUKTURA CZASOWA

Projekt zrealizowany został zgodnie z założeniami struktury czasu.



# OPIS REALIZACJI

Projekt zrealizowany został w czterech etapach systematyzujących prace szczegółowe.:

## **Przygotowanie, Rekrutacja, Randomizacja, Realizacja.**

Etap przygotowania:

Na etapie przygotowania uzyskano zgodę Komisy Bioetyki na realizację *Zadania Badawczego* (nr. KB-4/2020 - aneks do istniejącej zgody).

Etap rekrutacji i randomizacji:

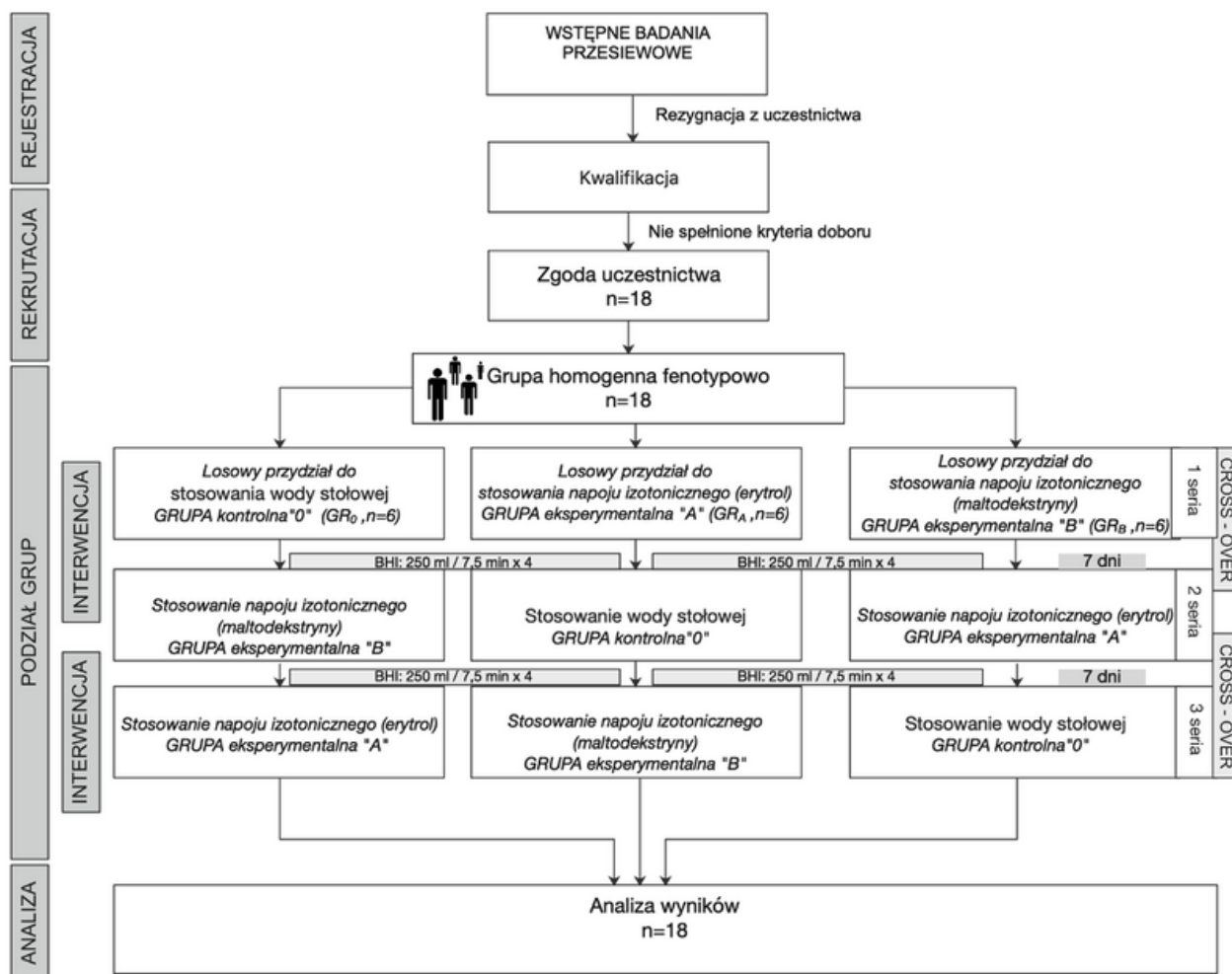
Do badań zrekrutowanych zostało 18 mężczyzn (n=18, w wieku 20-45 lat). Uczestnicy stanowili reprezentatywną grupę, dobraną w oparciu o celowe kryteria kwalifikacji - włączenia: i) wiek - przedział do 20-45 lat, ii) brak otyłości - zawartość tkanki tłuszczowej FM >20%, poziom wydolności tlenowej (VO<sub>2</sub>max) - >40 ml/min/kg, brak przeciwwskazań do aktywności fizycznej, brak ostrych zespołów chorobowych, zgoda na udział w badaniu. Kryteria wyłączenia stanowiły: niekontrolowane nadciśnienie tętnicze, niestabilna choroba niedokrwienna serca, zaburzenia rytmu serca i rozrusznik, choroby wątroby lub nerek, brak zgody na udział w badaniu (rycina 1).

Realizacja: **Ocena wskaźnika BHI napojów (zadanie 1)**

Badani, losowo przydzieleni zostali do jednej z dwóch grup eksperymentalnych - GRA - stosująca napój izotoniczny słodzony erytrole, GRB - stosująca napój izotoniczny kontrolny. Podział nastąpił wykorzystując platformę [www.randomization.com](http://www.randomization.com). Dane z badań Evans i wsp., Shirreffs i wsp oraz eksperymentu zespołu prof. Galloway, wpłynęły na oszacowanie wielkości próby i wskazały jej minimalną łączną wielkość na n=12 ( n=4 na napój)

Po ocenie optymalnego stanu nawodnienia badani wypili 1 L dedykowanego roztworu w ciągu 30 minut, w objętości 250 ml i częstotliwości co 7,5 minuty. Poproszeni zostali o opróżnienie pęcherza po wypiciu płynu oraz co godzinę w czterech punktach czasu (1,2,3,4h). Mocz zbierany był do litrowego plastikowego pojemnika i ważony z dokładnością do 0,1g. Pomiar masy ciała wykonywany był nago przed i 4 h po wypiciu roztworu. Badania przeprowadzono w 3 seriach, co 7 dni, każdorazowo zmieniając roztwór nawadniających.





### Realizacja: **Badanie metabolizmu wysiłkowego (zadanie 2)**

Uczestnicy projektu na etapie kwalifikacji do interwencji podlegali badaniu lekarskiemu oceniającemu kryteria włączenia/wyłączenia, diagnostyce wydolności tlenowej VO<sub>2</sub>max oraz monitorowaniu stanu nawodnienia. Etap kwalifikacji i randomizacji uczestników trwał do 3 tygodni.

Diagnostyka wydolności tlenowej (VO<sub>2</sub>max) przeprowadzona została w oparciu o protokół testu progresywnego na cykloergometrze Excalibur Sport (Lode BV, Groningen Netherlands) (Ekscalibur, Lode, Nederland) T30x3 (30W/3min). Standaryzowana próba rozpoczynała się od obciążenia 30 W i polegała na wykonaniu pracy o stopniowo wzrastającej intensywności – wzrost oporu – 30 W co 3 minuty, przy nadzorowanej kadencji 70–80 obr/min. Wysilek kontynuowany był przez badanego do odmowy lub do niezdolności do utrzymania zadanej kadencji (70–80 obr/min). Jeżeli badany zakończył test przed wykonaniem zadanego obciążenia, to maksymalne obciążenie obliczane było ze wzoru  $WR_{max} = WR_k + (t/T \times WR_p)$  [122], gdzie  $WR_k$  – poprzednie obciążenie pracą,  $t$  – czas trwania ćwiczenia z obciążenia do przedwczesnego wyczerpania,  $T$  – czas trwania każdego obciążenia,  $WR_p$  – wielkość obciążenia, o które zwiększyła się intensywność ćwiczeń podczas testu.

Podczas oceny VO<sub>2</sub>max zastosowano następujące kryteria: (1) stabilizacja VO<sub>2</sub> pomimo dalszego wzrostu obciążenia (DVO<sub>2</sub> < 150 mL/min); (2) gdy wartość wskaźnika oddechowego (RER) osiągnie wartość > 1,15.

W spoczynku oraz podczas trwania testu, prowadzona była ciągła rejestracja częstości skurczów serca (HR), wentylacji minutowej płuc (VE), wielkość poboru tlenu (VO<sub>2</sub>) oraz wydychanego dwutlenku węgla (VCO<sub>2</sub>), wykorzystując analizator gazowy MetaLyzer 3B-2R (Cortex). Wszystkie zmienne były analizowane podczas każdego oddechu (metoda breath-by-breath) i przedstawione w uśrednionych 15-sekundowych przedziałach czasowych.

Stan nawodnienia uczestników projektu weryfikowany był cykliczną oceną ciężaru właściwego moczu (Ugrav) – tj. na etapie rekrutacji i w dniu interwencji.

## Protokół badawczy

Etap interwencji przeprowadzony został po kwalifikacji i w opisanym modelu uwzględniając realizację 2 serii badań trwał do 24 dni. Uczestnicy każdej z grup eksperymentalnych (GRA, GRB,) – 3 osoby dziennie, od godziny 8:00, w interwałach 30 min, stawiali się w miejscu realizacji zadania badawczego. Uczestnicy podlegali protokołowi interwencyjnemu na czczo. Wszyscy badani, niezależnie od kwalifikacji do grupy (GRA, GRB), wypijali po przebudzeniu 300 ml wody stołowej, oraz potwierdzali status nawodnienia wartością ciężaru właściwego moczu (UGRAV) 1020.

Realizowanym wysiłkiem fizycznym była 90 minutowa jazda na cykloergometrze – rowerze stacjonarnym przy intensywności 60% VO<sub>2</sub>max (VO<sub>2</sub>max dla każdego z uczestników zdiagnozowanie była na etapie kwalifikacji). Podczas trwania wysiłku prowadzona była ciągła rejestracja częstości skurczów serca (HR) (Polar, T300), a okresowo co 30 min (1't(0), 2't(30), 3't(60), 4't(90)) każdorazowo przez 10 min również parametrów wentylacji minutowej płuc (VE), wielkość poboru tlenu (VO<sub>2</sub>) oraz wydychanego dwutlenku węgla (VCO<sub>2</sub>) (MetaLyzor 3B-2R, Cortex).

Płyny, wśród uczestników (GRA, GRB) przyjmowane były nie ad libitum, a w kontrolowanej częstotliwości i objętości, indywidualizowanej względem masy ciała, zgodnie z rekomendacjami National Athletic Trainers Association.

Protokół badawczy zakładał przeprowadzenie badań diagnostycznych przed, w trakcie i po zakończeniu wysiłku fizycznego, łącznie w 4 punktach czasowych (1't(0), 2't(30), 3't(60), 4't(90)). Materiał badawczy stanowiła będzie krew pełna, pobierana z żyły odłokciowej w objętości 8 mL (5 mL do badań ogólnych biochemicznych i 3 mL do oznaczeń molekularnych) oraz krew kapilarna pobierana z opuszka palca. Badania obejmowały monitorowanie w określonych punktach czasowych a) parametrów równowagi kwasowo-zasadowej, b) metabolizmu węglowodanów i odpowiedzi neuroendokrynej (kortyzol, noradrenalina, GH, glukagon, insulina), wydatku energetycznego (EE), nawodnienia (Ugrav, DBM).

## Równowaga kwasowo-zasadowa.

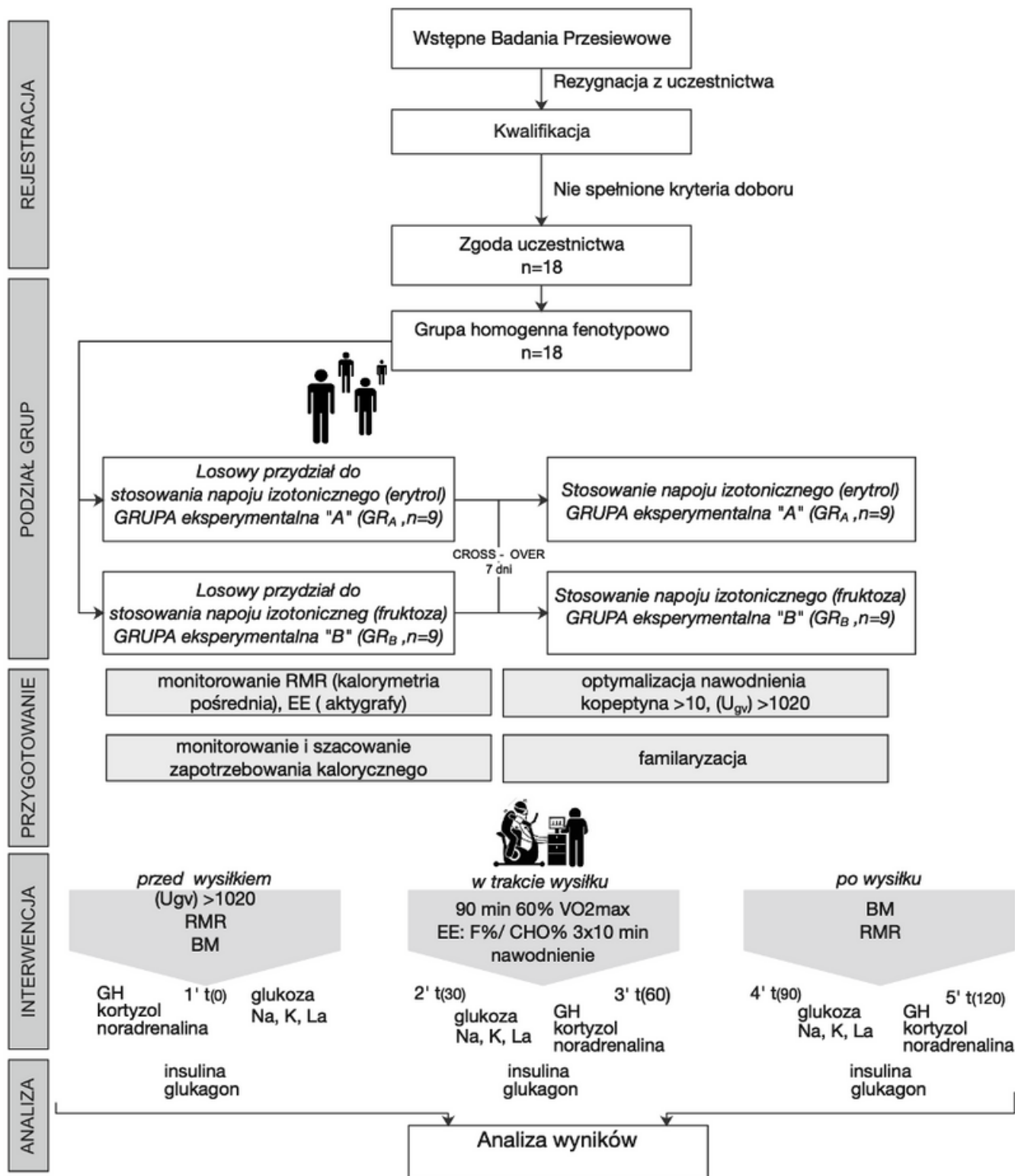
Kinetyka zmian stężenie mleczanu (La) oraz parametrów równowagi kwasowo-zasadowej - pCO<sub>2</sub> (mmHg), pO<sub>2</sub> (mmHg), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> akt (mmol/L), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> std, (mmol/l), BE (mmol/l), O<sub>2</sub>SAT (mmol/l), ctCO<sub>2</sub> (mmol/l), glukoza, Na, K, Ca oznaczane były w punktach 1', 2', 3', 4'. Analizie poddane zostały próbki krwi kapilarnej z opuszka palca metodą enzymatyczną (GEM 3500 Premier, Niemcy).

## Metabolizm węglowodanów.

Kinetyka zmian glukozy monitorowana była w punktach czasowych - 1',3',4'. Materiał stanowiła krew żylna pobierana przed wysiłkiem oraz w 60 i 90 minucie jego trwania. Planuje się wykorzystać dedykowane zestawy i zastosować protokoły sugerowane przez producenta.

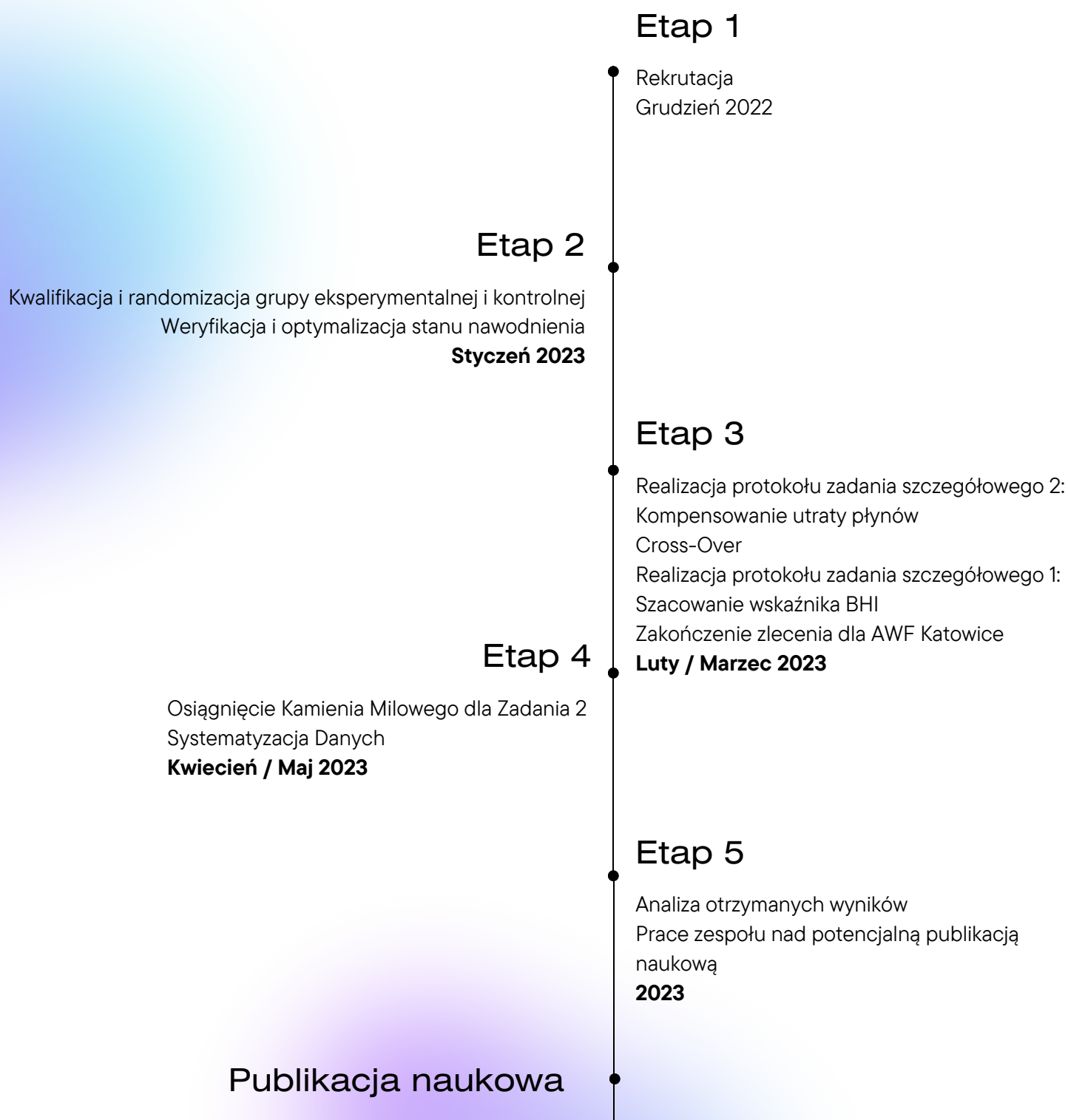
## Hormony.

Kinetyka zmian stężenia hormonów – GH, glukagonu kortyzolu, noradrenaliny oraz insuliny oceniana będzie pomiarami w wytypowanych punktach 1't(0), 2't(30), 3't(60), 4't(90) . Oznaczenia przeprowadzone zostały na dedykowanych zestawach ELISA.



# EFEKTY ZADANIA BADAWCZEGO

Projekt zrealizowany został zgodnie z założeniami struktury czasu i protokołem bez istotnych odstępstw.



# Baza danych pomiarowych

Nawodnienie jest uważane za istotny czynnik w regulacji podstawowych procesów fizjologicznych, takich jak regulacja temperatury ciała i ciśnienia krwi, dostarczanie składników odżywczych i tlenu do komórek oraz utrzymanie zdolności wysiłkowych i poznawczych (Sharp, 2007). Woda stanowi 50-70% całkowitej masy ciała i jest dystrybuowana w przedziałach wewnątrzkomórkowych (65%) i zewnątrzkomórkowych (35%), a stan nawodnienia jest regulowany zarówno przez mechanizmy biologiczne, jak i behawioralne podczas codziennych czynności (Sawka i in., 1990; Sawka i in., 2011).

Około 80% całkowitego dziennego spożycia wody przypisuje się napojom jako podstawowej formie utrzymania optymalnego stanu nawodnienia (Sharp, 2007). Różne napoje funkcjonalne mają różny skład, co może wpływać na ich potencjał nawodnienia. Wskaźnik nawodnienia napojów (BHI) został opracowany przez Maughana i in. w celu oceny potencjału nawodnienia płynów w porównaniu do wody w warunkach spoczynku (Maughan i in., 2015). Model zakłada, że napoje o mniejszej diurezie niż woda mają więcej płynów zatrzymanych w całkowitym magazynie wody w organizmie, co skutkuje wskaźnikiem BHI powyżej 1,0. Po spożyciu jednego litra (L) napoju, obliczenie BHI zazwyczaj obejmuje pomiar ilości moczu wydalanego w okresie od 2 do 4 godzin, który jest następnie standaryzowany do całkowitej ilości moczu wydalanego po wypiciu równoważnej objętości zwykłej wody (Maughan i in., 2015). Objętość i skład napoju znacząco wpływają na szybkość, z jaką są one opróżniane z żołądka i wchłaniane w jelicie cienkim. To z kolei ma wpływ na ich wejście do puli wody w organizmie (Maughan, 1998). Istnieją również różne ramy czasowe metabolizowania i wydalania składników napojów (Maughan, 1998). Przy stosowaniu podejścia BHI dodawanie elektrolitów do wody zazwyczaj prowadzi do zwiększonej retencji płynów (Maughan i in., 2019; Pence i Bloomer, 2020). Niemniej jednak minimalna ilość sodu wymagana do osiągnięcia tego efektu różni się w badaniach, ponieważ kilka badań donosi, że BHI napojów sportowych (~ 20 mmol sodu) nie zapewnia znacząco wyższego BHI w porównaniu z kontrolą wody (Maughan i in., 2015; Clarke i in., 2019). Napoje zawierające wyższe poziomy sodu (zazwyczaj  $\geq 45$  mmol) wykazują wyższe wartości BHI (Maughan i in., 2015). Również węglowodany (CHO) wydają się być ważnym czynnikiem z punktu widzenia BHI. Wykazano, że napoje o wysokiej zawartości CHO do 20%, które generują wysoką zawartość energii (540 kcal / l), zwiększają BHI (Maughan i in., 2019). Co więcej, napoje węglowodanowo-elektrolitowe zawierające izomaltulozę wykazały większe BHI w porównaniu z sacharozą, co wskazuje na znaczenie rodzaju CHO (Amano i in., 2022). Wykazano, że dodanie aminokwasów do napoju wpływa na BHI. Jednak wpływ określonych aminokwasów w porównaniu z samym sodem na ocenę idealnego składu napojów w celu promowania retencji płynów pozostaje niejasny. Warto zauważyć, że wysoka zawartość sodu w napoju zawierającym aminokwasy podczas eksperymentu była prawie dwukrotnie wyższa niż w innych porównywanych napojach (Sollanek i in., 2018). Przy stałej zawartości elektrolitów, zarówno dodanie dipeptydu (2 g/l alanylo-glutaminy), jak i CHO skutkowało większą retencją płynów (Millard-Stafford i in., 2021). Jednak w porównaniu z wodą, napój sportowy CHO prowadzi do szybszej poprawy retencji płynów niż napój dipeptydowy o podobnym poziomie elektrolitów, a oba napoje prowadzą do mniej ostrych wzdęć, gdy są spożywane w dużych ilościach (Millard-Stafford i in., 2021).

Podstawowym czynnikiem wpływającym na wchłanianie wody wydaje się być osmolalność napoju wynikająca z fizycznej właściwości osmozy, która jest procesem przemieszczania się płynu przez błony półprzepuszczalne (Shi i in., 1994). Czynnik ten klasyfikuje właściwości nawadniające napojów hipertonicznych, izotonicznych i hipotonicznych. Badania wchłaniania jelitowego wskazują, że woda, napoje hipotoniczne i izotoniczne mogą zwiększać nawodnienie. Niemniej jednak, porównywalne zalety tych napojów są niejednoznaczne, jeśli weźmie się pod uwagę takie czynniki, jak pomiar objętości osocza (dPV) i skład roztworu (stężenie CHO, rodzaj CHO, stężenie sodu). W rezultacie nie ustalono jeszcze jasnego konsensusu w sprawie najskuteczniejszej toniczności spożywanego napoju w celu nawodnienia (Rowlands i in., 2022). Niemniej jednak wydaje się, że napoje hipotoniczne są lepsze od napojów izotonicznych do nawadniania, ponieważ CHO napędzają ciśnienie osmotyczne w świetle jelita, a wyższe stężenia są ujemnie skorelowane z wchłanianiem wody w proksymalnej części jelita cienkiego [14]. Rozmiar porów wpływa na wchłanianie segmentów płynu, które stopniowo zmniejsza się od obszarów proksymalnych do dystalnych. W związku z tym szybszy przepływ wody w proksymalnej części dwunastnicy (0-30 cm) może zwiększać wchłanianie płynów z roztworów o niskiej zawartości CHO (Shi i in., 2010).

Therefore, the purpose of our study was to investigate the impact of fluid osmolality and CHO concentration on water absorption evaluated by the BHI method. The main object was to compare beverages with identical isotonic osmolality and sodium amounts but with varying CHO content.

Baza danych pomiarowych stanowi załącznik nr 1 do dokumentu.

- [1] R.L. Sharp, Role of whole foods in promoting hydration after exercise in humans, *J. Am. Coll. Nutr.* 26 (2007) 592S–596S.
- [2] Sawka, M.; Pandolf, K.B. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*; Gisolfi, C., Lamb, D.R., Eds.; Benchmark Press: Carmel, CA, USA, 1990; Volume 3, pp. 1–38.
- [3] Sawka, M.N.; Wenger, C.B.; Pandolf, K.B. Thermoregulatory Responses to Acute Exercise-Heat Stress and Heat Acclimation. In *Comprehensive Physiology*; Terjung, R., Ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2011; pp. 97–151.
- [4] Maughan, R.J.; Watson, P.; Cordery, P.A.; Walsh, N.P.; Oliver, S.J.; Dolci, A.; Rodriguez-Sanchez, N.; Galloway, S.D. A randomized trial to assess the potential of different beverages to affect hydration status: Development of a beverage hydration index. *Am. J. Clin. Nutr.* 2015, 103, 717–723.
- [5] Maughan R.J. The sports drink as a functional food: formulations for successful performance. *Proc Nutr Soc* 1998;57:15–23
- [6] Maughan, R.J.; Watson, P.; Cordery, P.A.; Walsh, N.P.; Oliver, S.J.; Dolci, A.; Rodriguez-Sanchez, N.; Galloway, S.D. Sucrose and Sodium but not Caffeine Content Influence the Retention of Beverages in Humans Under Euhydrated Conditions. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019, 29, 51–60
- [7] Pence, J.; Bloomer, R.J. Impact of Nuun Electrolyte Tablets on Fluid Balance in Active Men and Women. *Nutrients* 2020, 12, 3030.
- [8] Clarke, M.M.; Stanhewicz, A.; Wolf, S.T.; Chevront, S.N.; Kenefick, R.W.; Kenney, W.L. A randomized trial to assess beverage hydration index in healthy older adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 2019, 109, 1640–1647.
- [9] Amano T, Watanabe D, Otsuka J, Okamoto Y, Takada S, Fujii N, Kenny GP, Enoki Y, Maejima D. Comparison of hydration efficacy of carbohydrate-electrolytes beverages consisting of isomaltulose and sucrose in healthy young adults: A randomized crossover trial. *Physiol Behav.* 2022 May 15;249:113770.
- [10] Sollanek, K.J.; Tsurumoto, M.; Vidyasagar, S.; Kenefick, R.W.; Chevront, S.N. Neither body mass nor sex influences beverage hydration index outcomes during the randomized trial when comparing 3 commercial beverages. *Am. J. Clin. Nutr.* 2018, 107, 544–549.
- [11] Millard-Stafford M, Snow TK, Jones ML, Suh H. The Beverage Hydration Index: Influence of Electrolytes, Carbohydrate and Protein. *Nutrients.* 2021 Aug 25;13(9):2933.
- [12] Shi X, Summers RW, Schedl HP, Chang RT, Lambert GP, Gisolfi CV. Effects of solution osmolality on absorption of select fluid replacement solutions in human duodenojejenum. *J Appl Physiol.* 1994;77:1178–84.
- [13] Rowlands DS, Kopetschny BH, Badenhorst CE. The Hydrating Effects of Hypertonic, Isotonic and Hypotonic Sports Drinks and Waters on Central Hydration During Continuous Exercise: A Systematic Meta-Analysis and Perspective. *Sports Med.* 2022 Feb;52(2):349-375
- [14] Shi X, Passe DH. Water and solute absorption from carbohydrate-electrolyte solutions in the human proximal small intestine: a review and statistical analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol.* 2010;20:427–42.
- [15] Armstrong, L.E. Hydration assessment techniques. *Nutr. Rev.* 2005, 63, S40–S54.
- [16] Lemetals G, Melander O, Vecchio M, Bottin JH, Enhörning S, Perrier ET. Effect of increased water intake on plasma copeptin in healthy adults. *Eur J Nutr.* 2018 Aug;57(5):1883-18