

УДК 797.1:612.591

## ПОКАЗНИКИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ КРОВІ У КВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНІВ З ВЕСЛУВАННЯ НА БАЙДАРКАХ І КАНОЕ В КІНЦІ ПІДГОТОВЧОГО ПЕРІОДУ

Галина ГАТИЛОВА

*Національний університет фізичного виховання і спорту України*

**Анотація.** Розглянуто вплив поступового збільшення навантаження на стан електролітів крові у висококваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються у веслуванні на байдарках і каное. Оцінювання результатів обстеження проводили за руховими проявами працездатності, за змінами фізіологічних та біохімічних показників. Були проаналізовані тестові навантаження, які впливають на внутрішні константи організму, а саме електролітичний баланс. Отримані дані можуть бути взяті за основу економічності енергетичної діяльності м'язової системи в різний період підготовки спортсменів.

**Ключові слова:** натрій, калій, іонізований кальцій, хлор, рН, лактат, анаеробний поріг, потужність навантаження.

**Постановка проблеми.** Електроліти відіграють важливу роль в енергетичному обміні у процесі м'язової діяльності. Фізичне навантаження, як стресовий чинник, суттєво впливає на біохімічні процеси, що відбуваються в організмі, і знаходить своє відображення й у зміні строгих констант внутрішнього середовища – електролітів крові [1–4]. Кальцій (Ca) – мінерал, вміст якого в організмі більший, ніж інших іонів. Ca в організмі знаходиться в трьох формах: пов'язаний з білком, головним чином з альбуміном, у комплексі з бікарбонатом, лактатом, фосфатом і цитратом, 50% Ca крові є в іонізованому вигляді (Ca<sup>++</sup>). Фізіологічною активністю володіє не весь Ca плазми, а тільки його іонізована фракція. Іони Ca необхідні для передавання нервового імпульсу. Він здійснює контроль збудливості, контроль скорочення і розслаблення м'язів. Іони Ca активізують креатинкіназу і АТФ [8, 9]. Якщо більш детально, то в гладких м'язах, позбавлених тубулярної системи, вивільнення Ca<sup>++</sup> відбувається безпосередньо в самій сарколемі. Оскільки сарколема безпосередньо контактує з актиново-міозиновим комплексом гладких м'язів, то активізація скорочення гладких м'язів також відбувається під впливом іонізованого кальцію. Механізм взаємодії актинових і міозинових структур до кінця не розшифрований. Проте за наявності АТФ у поперечно-смугастих м'язах при викиді Ca<sup>++</sup> починається ковзання відносно один одного тонких і товстих протофібрил. Вважається, що безпосередньою причиною цього руху протофібрил є активізація актоміозинових містків, які або змінюють кут нахилу, або піддаються торсіонному скручуванню. Встановлена АТФ-азна залежність конформаційних змін актоміозинових містків. За відсутності АТФ ці зміни неможливі, тобто процес ковзання протофібрил не відбувається. Слід підкреслити надзвичайно важливу роль іонів кальцію у цьому процесі, який не тільки впливає на конформаційні зміни актоміозину, але і є активатором АТФ-ази. Окрім того, процес розслаблення м'язів також залежний від Ca<sup>++</sup>. Актинові і міозинові нитки не повертаються у вихідне положення доти, поки не станеться зворотне поглинання іонів кальцію мембраною цитоплазматичного ретикулу або мембраною сарколеми (в гладких м'язах). Причому зворотний рух кальцію залежить від активності АТФ-ази відповідного мембранного комплексу. Тому не тільки скорочення, але і розслаблення м'язів відбувається з витратами енергії. Згідно з експериментами [9], АТФ-азну активність проявляє сам білок міозин. Він же при наявності АТФ здатний з'єднуватися з актином. Причому АТФ-азна частина міозину активується актином. Проте білок тропіну в складі актинової нитки блокує цю активність. І тільки викид Ca<sup>++</sup> знімає гальмівну дію тропіну. Тому тропонін-тропоміозинову систему розглядають як запобіжний механізм взаємодії актинових і міозинових ниток у стані фізіологічного спокою. Концентрація Ca<sup>++</sup> підтримується у вузьких межах. При ацидозі крові концентрація Ca<sup>++</sup> у крові збільшується, оскільки іони водню зв'язуються з альбуміном і зменшують здатність альбуміну зв'язувати Ca<sup>++</sup>, збільшується також всмоктування кальцію в кишківнику. Вміст калію та кальцію в крові різноспрямовані: коли рівень калію в крові знижується, то рівень кальцію підвищується, що вказує на

наявність сполученої регуляції рівня цих електролітів крові. Натрій ( $\text{Na}^+$ ) наявний в організмі переважно у вигляді іонізованих солей вугільної, соляної та фосфорної кислот. Ацидоз призводить до затримки натрію в клітках. Якщо затримка натрію поєднується з затримкою хлору, то це викликає за собою затримку води в тканинах. Розвиток гіпоглікемії відбувається паралельно із зростанням вмісту натрію в плазмі. Гіпернатріємія спостерігається при ацидозах, при великих втратах води. Після роботи спостерігалось збільшення  $\text{Na}^+$  і зниження калію ( $\text{K}^+$ ) із збільшенням співвідношення  $\text{Na}/\text{K}$ . Це вказує на підвищення функції  $\text{Na}/\text{K}$  «насоса», що забезпечує ефективність трансмембранного переміщення електролітів і води. Хлор ( $\text{Cl}^-$ ) – основний аніон, що компенсує вплив катіонів, передусім натрію. Міститься переважно в міжклітинній рідині. У фізіологічних умовах зміни концентрації хлору вторинні до змін інших електролітів та спрямовані насамперед на створення електронейтральності середовища: коли концентрація вуглекислоти в плазмі збільшується, то концентрація хлору в ній зменшується, оскільки хлор переходить в еритроцити. Якщо в плазмі підвищується вміст бікарбонату, то збільшується вміст хлору. Створений надлишок натрію з  $\text{NaCl}$  з'єднується з надлишком  $\text{HCO}_3$ , утворюючи бікарбонат натрію, підтримуючи тим самим постійність рН крові. Основним депо хлору є шкіра. М'язи містять мало хлору, який міститься в них переважно в міжтканинній рідині. Обмін хлору пов'язаний з вуглеводним обміном і його регулюванням [4]. Колювання хлору в крові протилежні коливанням глюкози. Вміст хлоридів у крові залежить також від кислотно-лужної рівноваги. При дихальних алкалозах, що супроводжуються зниженням  $\text{CO}_2$  в крові, хлор з еритроцитів переходить у плазму. При дихальних ацидозах, коли вміст  $\text{CO}_2$  в плазмі збільшується, хлориди переходять в еритроцити [4]. Калій сприяє розширенню капілярної мережі і тим самим поліпшує кровопостачання м'язів. Вміст калію в крові регулюється нервовою і ендокринною системами. Збудження блукаючого нерва супроводжується підвищенням рівня калію в сироватці. Рівень калію у клітині залежить від активності метаболічних процесів, стану кислотно-лужної рівноваги [2]. Часто супутній алкалоз посилює гіпокаліємію, а ацидоз зменшує гіпокаліємію. М'язи в період діяльності затримують калій. Гіпокаліємія викликає важкі порушення в роботі серця і може бути виявлена за зміни ЕКГ. Зменшення калію після роботи пов'язано, мабуть, з перерозподілом калію між плазмою і клітинами на користь останніх.

**Мета дослідження.** Метою статті є вивчення впливу лабораторного навантаження, тобто в умовах максимально наближених до фізичних навантажень під час тренувань на навчально-тренувальних зборах, на стан електролітів крові у кваліфікованих спортсменів з веслування на байдарках і каное, які спеціалізуються на дистанціях 200 і 1000 м. Це швидкісно-силове навантаження забезпечується як анаеробними, так і аеробними енергетичними механізмами. Висока потужність процесів енергетичного забезпечення вимагає максимальної мобілізації метаболічних функцій.

**Методи й організація дослідження.** Дослідження проводилися на початку змагального періоду під час тестування в лабораторних умовах у 21 висококваліфікованих веслярів на байдарках і каное у віці від 18 до 30 років, з яких 11 були майстри спорту (МС), 10 – майстри спорту міжнародного класу (МСМК). Спортивний стаж в групі – від 2 до 5 років, від 6 до 10 років, від 10 і вище. Для оцінки реакції кардіореспіраторної системи на тестувальні навантаження використовувався автоматизований ергоспірометричний комплекс "Охусон Про" ("Jager – VIASYS"). Початкова величина навантаження дорівнювала 2 Вт/кг або 10 км/год 12 хв. Через 5 хв відпочинку веслярі виконували друге навантаження до відмови: протягом 20–30 хв. Кожні 2 хв доріжка (тредміл) піднімалася на 0,2 % зі збільшенням швидкості на 0,5 км/год. Також визначали рівень критичної потужності ( $W_{кр}$  Вт/кг). Такий вид тестувального навантаження був використаний для визначення максимальної аеробної ємності. Аеробну ефективність визначали за анаеробним порогом (АнП) – це поріг інтенсивності виконання вправи, при якому кількість виробленого м'язами лактату (побічного продукту вуглеводного обміну при навантаженні), що потрапив в кров перевищує його нейтралізацію з крові [6, 7]. У стані спокою і при легкому навантаженні вміст лактату в крові відносно низький, а швидкість його

виведення з організму вища від швидкості виробництва. Однак як тільки навантаження починає поступово підвищуватися, разом із зростанням інтенсивності, настає момент, коли організм уже не справляється з обсягом і швидкістю вироблення лактату, він починає накопичуватися. В цей момент спортсмен досягає свого порога анаеробного обміну, за яким тренування з аеробного перетворюється на анаеробне. Від значення анаеробного порога залежить швидкість бігу спортсмена на дистанції, чим вище це значення, тим вища швидкість, яку спортсмен здатний підтримувати без накопичення лактату, і практично без втрати продуктивності. Залежність швидкості на дистанції від АНП у кожного спортсмена різна, у двох різних спортсменів і при однаковому анаеробному порозі, темп, що на дистанції дозволяє бігти без накопичення лактату, може бути різним, це явище називається економічністю бігу. Після досягнення анаеробного порога, продуктивність спортсмена автоматично падає (темп), у стані накопичення лактату спортсмен здатний перебувати не тривалий час [7]. Забір крові проводиться до початку тестування, через 12 хвилин після виконання стандартної роботи і після другого навантаження до відмови. Визначали рН крові, лактат, іонізований кальцій ( $\text{Ca}^{++}$ ),  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ .  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  і рН крові визначали на приладі фірми «Opti Medical Opti CСа Lion» (США) з використанням оптичної флюоресценції. Лактат визначали фотометричним методом на апараті «Dr Lange 420» (Німеччина). Також розраховували W/La – співвідношення потужності навантаження і концентрації лактату в крові, Вт/ммоль/л – характеризує ефективність метаболічних процесів – кількість потужності навантаження (виконаної роботи), що припадає на 1 ммоль/л збільшення концентрації лактату в крові під час роботи (чим вище, тим вища ефективність метаболічних процесів, тим краще).

**Результати та їх обговорення.** У веслярів у вихідному стані майже всі досліджувані параметри були в межах коливань фізіологічної норми [3]. Характерним для всіх спортсменів було те, що рН крові, незалежно від віку і спортивного стажу, перевищував фізіологічні норми. Це можна пов'язати з накопиченням лужних речовин, що зазвичай пов'язано зі значним надлишком підстав і недостатністю фізико-хімічних і фізіологічних механізмів регуляції кислотно-лужної рівноваги. Найвірогідніше, це компенсаторний алкалоз (олужнення), що характерно для спортсменів високої кваліфікації, оскільки в цих умовах більш активно відбуваються процеси енергоутворення, синтезу білків і ліпідів, мінеральний обмін тощо або ж це може бути результатом неадекватного поповнення водного балансу. Навіть при виконанні збільшенні навантаження роботи до відмови практично не зрушила рН в кислу сторону, що цілком ймовірно спричинено підвищенням буферної ємності крові.

У працях більшості авторів [1–9] дослідження рН крові спортсменів-веслярів високої кваліфікації на початку змагального періоду не проводилося. Можливо, така реакція характерна тільки для цього періоду підготовки, тому надалі потрібно простежити динаміку змін рН в різні періоди підготовки спортсменів.

Незважаючи на те, що рівень електролітів крові у спортсменів, які спеціалізуються у веслуванні на байдарках і каное після навантаження на біговій доріжці змінюється в більшості випадків незначно, простежувалися відмінності у веслярів із різною працездатністю.

У першій групі спортсменів, де брало участь 6 осіб у віці 18 років (спортивна кваліфікація у 5 осіб МС і 1 МСМК), при стандартному навантаженні спостерігалось незначне підвищення електролітів крові:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  і збільшення  $\text{K}^+$  на 6,36%. При цьому співвідношення  $\text{K} / \text{Na}$  зменшилося на 8,52%, що вказує на зниження функції  $\text{Na} / \text{K}$  «насоса», який забезпечить ефективність трансмембранного переміщення електролітів і води. При поступовому збільшенні навантаження до відмови такі зрушення були виражені меншою мірою (табл. 1). Тривалість роботи становила в середньому  $22 \text{ хв } 12 \text{ с } \pm 3,64$ ,  $W_{\text{кр}}$  в середньому дорівнювала  $3,81 \pm 0,37 \text{ Вт/кг}$ ,  $\text{АНП} = 3,24 \pm 0,31 \text{ Вт/кг}$ . Після роботи рівень лактату крові дорівнював  $13,92 \pm 6,41 \text{ ммоль/л}$ , рН крові  $7,42 \pm 0,09$ .  $W/La = 22,21 \pm 12,87 \text{ Вт/ммоль/л}$  (табл.2).

У другій групі спортсменів брало участь 8 осіб у віці 19–22 роки (спортивна кваліфікація у 6 осіб МСМК і 2 МС) істотно підвищувався тільки  $\text{K}^+$  при стандартному навантаженні до 9,8%, коли відбувається мобілізація всіх метаболічних ресурсів і при поступовому збіль-

шенні навантаження повертався до норми (табл. 1), співвідношення Na/K зменшилося на 4,83%, що вказує також на зниження функції Na/K «насоса», який забезпечить ефективність трансмембранного переміщення електролітів і води, що порівняно з першою групою значно нижче. Тривалість роботи становила в середньому  $24 \text{ хв } 68 \text{ с} \pm 6,15$ ,  $W_{кр}$  в середньому дорівнювала  $4,10 \pm 0,53 \text{ Вт/кг}$ ,  $АнП = 3,50 \pm 0,52 \text{ Вт/кг}$ . Після роботи рівень лактату крові дорівнював  $12,52 \pm 4,99 \text{ ммоль/л}$ , рН крові  $7,41 \pm 0,05$ .  $W/La = 26,77 \pm 8,94 \text{ Вт/ммоль/л}$  (табл. 2).

Таблиця 1

**Відсоткове зміна електролітів і рН крові у веслуванні на байдарці і каное до і після тестування ( $M \pm SE$ ) при виконанні стандартного навантаження 12 хв і поступового збільшення навантаження до відмови**

Показники	% змін, спортивний стаж 3–5 років	% змін, спортивний стаж 6–10 років	% змін, спортивний стаж більше ніж 10 років
Na <sup>+</sup> , ммоль·л <sup>-1</sup>	+1,36	-0,014	-0,56
K <sup>+</sup> , ммоль·л <sup>-1</sup>	+6,36	+9,86	-0,56
Cl <sup>-</sup> , ммоль·л <sup>-1</sup>	+1,1	+0,23	-0,38
iCa, ммоль·л <sup>-1</sup>	-2,7	-3,74	-2,72
рН <sub>у.о.</sub>	+0,53	-0,26	0
Na/K	-8,52	-4,83	1,21
Поступове збільшення навантаження до відмови			
Показники	% змін	% змін	% змін
Na <sup>+</sup> , ммоль·л <sup>-1</sup>	+0,21	+0,78	-2,18
K <sup>+</sup> , ммоль·л <sup>-1</sup>	+3,36	+1,7	+14,36
Cl <sup>-</sup> , ммоль·л <sup>-1</sup>	+0,77	+0,9	+1,81
iCa, ммоль·л <sup>-1</sup>	-0,92	-0,93	-6,36
рН <sub>у.о.</sub>	-1,19	-2,11	-1,19
Na/K	-2,99	-0,15	-11,34

Таблиця 2

**Показники працездатності спортсменів, які спеціалізуються з веслування на байдарках і каное, залежно від спортивного стажу**

Групи спортсменів	$W_{кр}$ , Вт/кг	АнП, Вт/кг	$W/La$ , Вт/ ммоль/л	Час проходження навантаження до відмови, t'
I група спортсменів, спортивний стаж 3–5 років	$3,81 \pm 0,37$	$3,24 \pm 0,31$	$22,21 \pm 12,87$	$22'12'' \pm 3,64$
II група спортсменів, спортивний стаж 6–10 років	$4,10 \pm 0,53$	$3,5 \pm 0,51$	$26,77 \pm 8,94$	$24'68'' \pm 6,15$
III група спортсменів, спортивний стаж більше ніж 10 років	$4,20 \pm 0,47$	$3,69 \pm 0,34$	$26,14 \pm 0,96$	$25'47'' \pm 5,35$

У третій групі спортсменів реакція на навантаження істотно відрізнялася. У групі спортсменів брало участь 7 осіб у віці 25–30 років (спортивна кваліфікація у 2 осіб МСМК і 5 МС). Так, при проходженні стандартного навантаження достовірних змін рівня електролітів не спостерігалось. Тоді як при поступовому збільшенні навантаження рівень калію збільшився на 14,36% і рівень Ca<sup>++</sup> знизився на 6,36%, а співвідношення Na/K зменшилося на 11,34%. Тривалість роботи становила в середньому  $25 \text{ хв } 47 \text{ с} \pm 5,35$ ,  $W_{кр}$  в середньому дорівнювала 4,20

$\pm 0,47$  Вт / кг,  $\text{АнП}=3,69\pm 0,34$  Вт/кг. Після роботи рівень лактату крові дорівнював  $13,59\pm 4,58$  ммол/л, рН крові  $7,47 \pm 0,15$ .  $W/La=26,14\pm 0,96$  Вт/ммоль/л (див. табл. 2).

У всіх групах на відміну від літературних даних [1–8] після навантаження не спостерігалося підвищення  $\text{Na}^+$  і зниження  $\text{K}^+$ , що забезпечує ефективність трансмембранного переміщення електролітів і води. Калій дифундує з активних м'язових волокон по мірі їх скорочення у позаклітинну рідину. Підвищення позаклітинного рівня калію в цьому випадку не відповідає кількості  $\text{K}^+$ , який виділяється з активних м'язів, оскільки калій використовується неактивними м'язами та іншими тканинами відповідно до того як він виділяється з активних м'язів. Під час відновлення вміст внутрішньоклітинного калію швидко нормалізується. На думку деяких вчених, подібні реакції калію під час фізичного навантаження можуть сприяти розвитку стомлення, змінюючи потенціали нейронів і м'язових волокон і тим самим ускладнюючи передачу імпульсів [8]. Якщо аналізувати працездатність, то найефективнішою вона була у спортсменів 3 групи із спортивним стажем більше ніж 10 років. Хоча по ефективності метаболічних процесів переважала 2 група, де на даний час функціональні резерви знаходяться на піці спортивного вдосконалення і можуть зберігатися на такому рівні ще декілька років [6]. Тоді як спортсмени 1 групи є тільки на початку вдосконалення функціональних резервів і мають невисокий спортивний стаж. Ця позиція потребує подальшого дослідження. Можна припустити, що надлишкова реакція мінерального обміну в спортсменів 3 групи пов'язана в основному з неповним відновленням організму, з віковими особливостями адаптації до навантажень напруженого характеру, оскільки після 25 років у спортсменів функціональні здатності організму знижуються, а також, можливо, такі значення пов'язані з періодом підготовки.

**Висновки і перспективи подальших пошуків.** Характер змін досліджуваних показників відображає функціональний стан організму спортсменів, які спеціалізуються у веслуванні на байдарках і каное. Тому ці дані можна використовувати як додаткові діагностичні критерії, що дають змогу говорити про інтенсивність мінерального та енергетичного обміну, а також про можливість виявлення передпатологічних станів. Значне збільшення в крові  $\text{Ca}^{++}$  і зменшення калію може призводити до зміни електрокардіограми. У практичному відношенні це важливо, тому що дозволяє рекомендувати спортсменам прийом препаратів кальцію і калію для профілактики перенапруження міокарда.

Отже, визначення рівня електролітів до і після навантаження дає змогу використовувати їх в комплексному лікарському контролі як для всебічної оцінки функціональної підготовленості спортсменів, так і для виявлення симптомів дезадаптації до навантажень.

### Список літератури

1. Биохимия. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 384 с.
2. Браунинг Р. Серьезные тренировки для спортсменов на выносливость / Р. Браунинг, Р. Слимейкер // Тулома. – 2007. – С. 328.
3. Гомеостаз. – М. : Медицина, 1981. – 576 с.
4. Долгов В. В. Лабораторная диагностика нарушений водно-электролитного обмена и функционального состояния почек / В. В. Долгов. – Санкт-Петербург, 2002. – 96 с.
5. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М. : Медицина, 1988. – 254 с.
6. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое приложение : учебник тренера высш. квалиф. / В. Н. Платонов. – К. : Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
7. Янсен П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость / П. Янсен. – Тулома. – 2006. – С. 160.
8. Цепкова Н. К. Показатели электролитов крови у велосипедистов / Н. К. Цепкова // Вестник спортивной науки. – 2004. – № 1(3). – С. 30–35.
9. Ruegg J. C. Calcium in Muscle Activation / J. C. Ruegg. – Berlin – Heidelberg – New York: Springer. – 1988. – 300 p.

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ КРОВИ  
У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ПО ГРЕБЛЕ НА БАЙДАРКАХ И КАНОЭ  
В КОНЦЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОД**

**Галина ГАТИЛОВА**

*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины*

**Аннотация.** Рассмотрено влияние ступенчато повышающейся нагрузки на состояние электролитов крови у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в гребле на байдарках и каноэ. Оценивание результатов обследования проводили по двигательными проявлениями работоспособности, за изменениями физиологических и биохимических показателей. Были проанализированы тестовые нагрузки, которые влияют на внутренние константы организма, а именно электролитический баланс. Полученные данные могут быть полезны в основу экономичности энергетической деятельности мышечной системы в разный период подготовки спортсменов.

**Ключевые слова:** натрий, калий, ионизированный кальций, хлор, pH, лактат, анаэробный порог, мощность нагрузки.

**BLOOD ELECTROLYTES IN INDICATORS SKILLED ROWING AND CANOEING ATHLETES  
AT THE END OF THE PREPARATORY PERIOD**

**Galina GATILOVA**

*National University of Physical Education and Sport of Ukraine*

**Abstract.** The influence of increasing loading on blood electrolytes condition in elite athletes, specializing in rowing and canoeing has been studied. Evaluation of the survey results conducted according to motor manifestations of health, changes in physiological and biochemical parameters. Test load, which affect the internal constants of the body's electrolyte balance were analyzed. The obtained data can base of muscular system energy efficiency activities in different periods of training.

**Keywords:** sodium, potassium, ionized calcium, chloride, pH, lactate, anaerobic threshold, the load power.