

## Сучасні методи оцінки стомлення

Ярослава Волкова

Харківська державна академія фізичної культури,  
Харків, Україна

**Мета:** визначити загальні та сучасні методи оцінки стомлення.

**Матеріал і методи:** у вирішенні поставлених завдань використовувалися такі методи: аналіз і узагальнення науково-методичної літератури за темою вивчення процесів стомлення; узагальнення досвіду практичної роботи тренерського контингенту, що працює з дітьми в групах спортивних танців; модифікованого методу клінічної антропометрії М.Я. Брейтмана; педагогічний експеримент, методи математичної статистики і математичного моделювання.

**Результати:** проведено аналіз теорії стомлення з точки зору фізіології, а також з точки зору сучасних технологій. Виявлено, що на даному етапі розвитку сучасних технологій вивчення процесів стомлення, а також діагностика початку цього процесу можна проводити за допомогою математичного моделювання та теорії систем, що самоорганізуються.

**Висновки:** за результатами проведеного аналізу літератури визначено які існують теорії стомлення з точки зору фізіології. Також встановлено, що на даному етапі технічного прогресу є можливість вивчення процесу стомлення із застосуванням новітніх технологій та математичних методів моделювання. Вивчення теорій стомлення, що існують дає можливість розглянути різноманіття причин виникнення процесу стомлення в організмі людини з точки зору фізіології. Розуміння причин процесу стомлення дозволяє розробляти системи, здатні відновлювати організм людини, використовуючи можливість додаткового підживлення необхідними речовинами для діяльності або вводячи обмеження щодо інтенсивності і часу проведення дій. Для більш ефективної діагностики ступеня процесу стомлюваності можливе застосування методів математичного моделювання і прогнозування, а також розгляд процесу стомлення з точки зору стійкості систем, що самоорганізуються (зокрема застосування рівнянь Вольтерра, проточного культиватора). Сучасні методи дослідження з використанням математичного апарату та інформаційних засобів дають можливість більш якісної і швидкої обробки та аналізу великих масивів даних.

**Ключові слова:** стомлення, теорії стомлення, математична модель, метод М.Я. Брейтмана, спортивні танці.

### Вступ

Рівень сучасної підготовки спортсменів передбачає зростання фізичних і психічних навантажень, що в свою чергу буде збільшувати і ступінь втоми. Здатність долати стомлення, що виникає в процесі змагальної діяльності, в значній мірі обумовлює досягнення спортивних результатів.

Значні навантаження, які переносять спортсмени, вимагають інтенсивного пошуку засобів відновлення їх працездатності в умовах оптимізації тренувального процесу, а також при підготовці до змагань і в період їх проведення. Тому знання закономірностей розвитку втоми і відновлення організму спортсмена має важливе теоретичне і практичне значення.

Серед найбільш загальних проявів стану втоми виділяється зменшення сили і витривалості м'язів, погіршення координації рухів, збільшення енергетичної цінності однієї і тієї ж роботи, уповільнення швидкості переробки інформації, погіршення характеристик пам'яті, уваги, виникнення відчуття дискомфорту до відмови від діяльності.

Існує багато формулювань терміну стомлення. «Стомлення» – це особливий вид функціонального стану

людини, який тимчасово виникає під впливом тривалої або інтенсивної роботи, що супроводжується зниженням її ефективності.

Виділяється кілька аспектів проблеми стомлення: природа стомлення; діагностика; прогнозування; шляхи боротьби зі втомою та стимуляція працездатності.

**Мета дослідження** – визначити загальні та сучасні методи оцінки стомлення.

### Матеріал і методи дослідження

Робота виконувалася на базі спортивного клубу «Ідеал». У дослідженні брали участь танцюристи в кількості 20 спортсменів, які займаються спортивними танцями на етапі початкової підготовки. У вирішенні поставлених завдань використовувалися такі методи: аналіз і узагальнення науково-методичної літератури за темою вивчення процесів стомлення; узагальнення досвіду практичної роботи тренерського контингенту, що працює з дітьми в групах спортивних танців; модифікованого методу клінічної антропометрії М.Я. Брейтмана; педагогічний експеримент, методи математичної статистики і математичного моделювання.

## Результати дослідження

Історично ще з середини 19 сторіччя цією темою цікавилися багато вчених – фізіологів. Так, на цей час визначені такі теорії:

Теорія виснаження М. Шиффа (1868 р) – базувалася на факті зниження запасів глікогену у м'язах, які втомлювали.

Теорія отруєння Е. Пфлюгера (1872) – пов'язувала розвиток стомлення з неприпустимим (отруйним) зростанням в м'язі продуктів метаболізму, зокрема молочної кислоти.

Теорія удушнення М. Ферворна (1901) – була запропонована модель розвитку стомлення в зв'язку з нестачею кисню в м'язі.

В.В. Розенблат (1975) виділяє цю групу теорій та позначає, як групу гуморально-локалістических теорій, що базуються на дослідженнях ізольованих м'язів. Інша група теорій, названа В.В. Розенблатом як центрально-нервова, пов'язує механізми стомлення зі структурами центральної нервової системи. Одним із засновників центрально-нервової теорії стомлення є А. Массо, який видав у 1893 році монографію «Усталість» («Втома»). В цій праці наводяться результати вивчення м'язової діяльності на людину і показана роль центральних механізмів у формуванні стану втоми.

Розенблат В.В (1975, 1983) виділяє чотири основні напрями в рамках центрально-нервової теорії.

Розробка першого напрямку пов'язана в першу чергу з ім'ям Л.Л. Васильєва (1926) і М.І. Виноградова (1935) – провідна роль в розвитку втоми відводиться процесам гальмування в центральній нервовій системі. В якості основних факторів, що обумовлюють цей гальмівний стан, виступають: загасання робочої домінанти, надмірний аферентний потік (постійний потік нервових імпульсів, які надходять в центральну нервову систему від органів почуттів, що сприймають інформацію як від зовнішніх подразників (екстерорецепція), так і від внутрішніх органів (інтерорецепція), що знаходиться в прямій залежності від кількості і сили впливу подразників, а також від стану – активності або пасивності індивіда) від працюючих м'язів і вплив на нервові центри біохімічних порушень в крові, що виникають при активній м'язовій роботі.

Представником другого напрямку центрально-нервової теорії стомлення був В.А. Левицький (1926) – з його теорією розвитку виникнення дисбалансу у взаємодії кори великих півкуль і центрів вегетативної нервової системи. При цьому центри вегетативного забезпечення діяльності виступають в якості захисних стосовно кори і виконуючих органів, посылаючи до них гальмівні сигнали, попереджуючи таким чином можливі небажані наслідки надмірного фізичного навантаження. Іншими словами, мова йде про «колізії між свідомою - вольовою і автономно- вегетативною сферами» (В.В. Розенблат, 1983, 230 с).

Третій напрям, що має найбільше число прихильників, розробляється з позиції теорії домінанти А.А. Ухтомського (1934). В основі стомлення прихильники цього підходу бачать порушення координації процесів, що забезпечують діяльний стан, і в першу чергу – в центральній нервовій системі.

В четвертому напрямку К.Х. Кекчєєв (1949) розглядає розвиток м'язового стомлення в зв'язку з ослабленням адаптаційно-трофічного впливу симпатичної на соматичну нервову систему.

Самим же В.В. Розенблатом запропонована центрально-коркова теорія м'язового стомлення людини. Він вважає, що первинну ланку втоми слід шукати в корковій кінцівці рухового аналізатора, відзначаючи при цьому, що зрушення в усіх інших ланках опорно-рухової системи та інших системах організму є вторинними. За В.В. Розенблатом зміни, що вдруже виникли у вегетативній, ендокринній та м'язовій системах та супроводжуються зміною біохімічних параметрів, в свою чергу впливають на первинну ланку втоми (рухову кору і рухові центри ЦНС), посилюючи стан останніх.

Виноградов М.І. (1958, 1966) також виділяє два види втоми – первинну і вторинну. За М.І. Виноградовим, первинне стомлення, яке гостро виникає, розвивається внаслідок незвичної або надмірної роботи, а вторинне (повільно розвивається) – як результат хоча і звичної, але тривалої активності. Він менше значення надає біохімічним зрушенням в працюючому організмі, пов'язуючи розвиток і первинного, і вторинного стомлення з процесами дезорганізації переважно в центральній нервовій системі.

І.М. Сеченов (1952, 1955), як засновник теорії нервизма, вніс істотний вклад у фізіологію праці не тільки тим, що обґрунтував роль центральної нервової системи у формуванні стану втоми при фізичній роботі, а й тим, що одним з перших (після А. Массо) застосував у вивченні процесів м'язової діяльності розроблений ним плечовий Ергограф, на якому імітувалась робота руки при «пиляльних» рухах. Саме за допомогою Ергографу І.М. Сеченовим були отримані відомі факти швидкого відновлення працездатності стомленої руки в умовах навантаження на інші м'язи. Цей феномен був позначений як феномен «активного» відпочинку. І.М. Сеченов пов'язував феномен «активного» відпочинку з активацією стомлених центрів потоком аферентних імпульсів від інших м'язів, тобто через інші нервові центри.

Подальші дослідження в цьому напрямку також проводив І.В. Муравов (1955-1991). В Україні під його керівництвом були розроблені програми активного відпочинку, виробничої гімнастики, а також фізичної культури для людей різного віку.

Прийнято виділяти два основних види втоми – фізичну і розумову, хоча такий поділ є досить умовним.

Також в деяких джерелах описуються й інші види втоми – загальна, локальна, м'язова, зорова, розумова і т.д. Виділяючи ці види втоми відзначаються найбільш яскраві зрушення в тих системах, які найбільшою мірою «завантажені» в процесі роботи. Межі між зазначеними видами втоми умовні, оскільки в цілісному організмі важко собі уявити ізольоване функціонування окремих систем. Проте, подібний підхід виправданий з точки зору профілактики і боротьби з втомою.

Втома може відрізнятися за ступенем вираженості. Прийнято виділяти чотири ступені стомлення: від мало вираженого (1 ступінь) до дуже вираженого (4 ступінь). Віднесення стану втоми до тієї чи іншої групи залежить від ступеня вираженості зрушень відповідних фізіологічних, психофізіологічних та інших показників діяльності.

Виходячи з існуючих уявлень про причини, механізми та наслідки стану втоми прийнято виділяти кілька підходів до його діагностики:

- оцінка ефективності діяльності;
- оцінка стану фізіологічних систем організму;
- оцінка психофізіологічних характеристик;
- суб'єктивна оцінка стану.

Для повноцінної діагностики втоми дослідники, як правило, використовують всі перераховані підходи. Це обумовлено розумінням природи стану втоми і в першу чергу тією обставиною, що в основі втоми лежить дискоординація функціональних систем. Не слід забувати і про роль втоми як захисної реакції на надмірне навантаження організму.

Розглядаючи це питання, А.О. Навакаткіян (1993) зазначає, що стомлення і працездатність тісно взаємопов'язані, і при дотриманні певних умов зниження працездатності під впливом роботи характеризує ступінь втоми. Ним запропоновано концептуальну математичну модель, в якій відображені основи взаємозв'язку працездатності (P) і втоми (Y) з ефективністю праці (e), характером виконуваної роботи, включаючи її цілі (W), умови виробничого середовища (C), стан фізіологічних систем, що складаються з підсистем I (інформаційна), E (енергетика) і M (мотивації). Ефективність праці визначається за формулою:

$$e = W * C * I * M * E, (1)$$

де всі показники виражаються у відносних величинах. Працездатність оцінюється за фізіологічними та виробничими показниками при виконанні конкретної роботи (Ws) в оптимальних умовах:

$$P = e_{max} = Ws * C * I_{max} * E_0 * M_0, (2)$$

де індекси «max» та «0» позначають відповідно максимальне та оптимальне значення функцій. При цьому зміни працездатності між двома точками часу (t1 та t2), викликані роботою, відображають ступінь втоми (Y);

$$Y = P_{t1} - P_{t2} (3)$$

Запропонована модель може бути використана при оптимальних і стабільних рівнях умов праці, мотивації та активації систем. Оскільки ці умови найчастіше не виконуються, то слід використовувати стандартизовані показники C, E, I та M. Автор вважає, що запропонований підхід певною мірою дозволяє більш правильно трактувати багато з наявних даних з проблеми втоми і працездатності.

У фізіології праці накопичено величезний матеріал щодо порушень в системах організму при розвитку втоми. Найбільш повно вивчені серцево-судинна, дихальна, опорно-рухова, видільна, ендокринна і центральна нервова системи. Для діагностики стану втоми широко використовуються показники обміну речовин і енергії, функція кисневого забезпечення, динаміка показників крові. Менше вивчені особливості нейроендокринних регуляцій і міжсистемних взаємодій.

Оцінка стану систем і функцій в динаміці працездатності та динаміці стомлення переслідує дві основні мети. Перша – виявити ступінь реалізації резервних можливостей системи в умовах трудового навантаження. Відомо, що різні системи мають різні адаптивні можливості. Друга мета, яка ставилася при вивченні поведінки систем в процесі праці, полягає у визначенні «фактора, що лімітує», який призводить до значного зниження працездатності, до розвитку втоми. Найчастіше в якості «фактора, що лімітує» виступає функція або система, яка має найбільше навантаження в процесі роботи. У зв'язку з цим в практиці фізіології праці прийнято принцип попереднього аналізу діяльності з метою виявлення функцій найбільш «завантажених». Це дозволяє звести до виправданого мінімуму напрямки і набір методів дослідження.

Історично такий підхід до оцінки функціонального стану, в тому числі і втоми, виник відносно професій, де превалює інформаційна взаємодія людини і середовища. Досліджувалися показники діяльності аналізаторів (зорового, слухового, тактильного), інтегральні функції – зорово-моторна і аудіо-моторна координація, регулювання рухових актів, переробка інформації, пам'ять, увагу, процес прийняття рішень. Останнім часом в фізіології праці все ширше використовуються психологічні методи – тестування властивостей особистості, психологічних процесів.

Діагностичну цінність представляють тільки ті показники, які виявляють порушення в системних реакціях в процесі діяльності. Важливим представляється оцінка міжсистемних взаємодій, особливо в сфері центральної регуляції моторної і вісцеральної функцій.

Є найсуперечливіші думки про можливість використання відчуття втоми в якості індикаторів втоми, проте вони відображають скоріше невдалі спроби сучасної психології, ніж справжній стан справ. Ще С.Г. Геллерштейн (1926) відзначав, що суб'єктивні прояви є не що інше, як відображення об'єктивних процесів у відчуттях або свідомості людини. З іншого боку, відчуття втоми (суб'єктивна оцінка) може з'являтися і в умовах легкої, не напруженої праці, поряд з її відсутністю, найчастіше, при досить значному робочому навантаженні. Це свідчить про те, що причини виникнення почуття втоми не завжди збігаються з такими при розвитку стану втоми.

Використання опитувальника не передбачає кількісної оцінки одержуваних результатів. Цей недолік долається з допомогою методик суб'єктивної оцінки стану за шкалою. Випробуваний співвідносить свої відчуття з низкою полярних ознак, наприклад: «втомився – не втомився», «бадьорий - млявий» або з окремими твердженнями типу «слабкість», «відпочив». Результати відповіді зіставляються з оціночною шкалою, складеною емпіричним або експертним шляхом. Рівень стану діагностується в балах. У відомому тесті САН, запропонованому С.А. Доскіним із співавторами (1973), випробуваному пропонується 30 пар ознак полярного значення. Випробуваний повинен оцінити свій стан за кожною з пар ознак за семибальною шкалою. Висновок про стан дається за середніми бальними оцінками самопочуття, активності та настрою (звідси назва тесту — САН) і характером співвідношення між ними.

Існують різні модифікації цього тесту стосовно до окремих видів діяльності. Слід зазначити, що суб'єктивна оцінка стану стомлення розглядається лише як попередній етап дослідження функціонального стану. Повна картина стану може бути складена лише з урахуванням усіх підходів, що визначають «діяльний» стан людини.

На даному етапі розвитку науки вже досягнуто певну межу можливості розв'язання досліджуваної проблеми з точки зору фізіології. Зараз відбувається диференціація завдання виявлення методів визначення стану стомлення та пошуків методів відновлення системи організму людини. Існують окремі галузі науки, дослідження яких базуються на принципово нових методах дослідження. Використання методів математичного моделювання призводить до процесу інтеграції знань з різних областей наукових досліджень, формуючи тим самим єдину теорію розвитку і формування процесів самоорганізації.

Якщо прийняти, що організм людини – це система, що самоорганізовується та до цього додати можливості математичного моделювання та прогнозування розвитку систем, то можна отримати новий підхід до методів оцінки стомлення.

Особливу увагу заслуговує ряд математичних методів аналізу емпіричних даних, розроблених в кінці XIX ст., до яких можна віднести:

1. Метод А. Кетле «побудова середньої людини». Сутність методу полягає в тому, що кожна ланка тіла (за умови одного віку і статі) береться в абсолютному його вимірі і виходить середньостатистичне значення його розміру. Об'єднані в єдине ціле, вони дають середні значення людини. Практично, багаторазове накопичення схожого проявляється в більш чіткому вираженні структури, характерної для відповідного середовищного перебування [4].

Взяті окремо будь-які параметри, такі як довжина тіла, вага, окрема біокинематична ланка або орган тіла, або вид і режим їх діяльності, призводять до середньостатистичного значення структурно-функціональної побудови «середньої людини» як найбільш вираженого, щодо всіх напрямків тривимірного уявлення тіла. Якщо «середню людину» прийняти за стандарт або межу початку відліку (умовний нуль) і використовувати її для аналізу розглянутого об'єкта, то можна визначити міру відхилення від «виведеної норми або умовного нуля». При складанні відносин кожної з порівнюваних частин тіла між собою або кожної з них як частини до цілого, коефіцієнт відносин втрачає розмірність та зіставляє характеристики і виражається в частках одиниці або у відсотках, або в установлених одиницях нормованого простору.

В цьому випадку побудова «середньої людини» як одиниці виміру відображає якісну структуру будови образу. Рівномірна розмитість контуру «Середнього» в сторону пропорційного виміру  $\pm\%$  від X складають зону універсальності «середньої» структури. Будь-яке відхилення реального образу від стандарту в будь-яку сторону за чіткістю вираженості і віддаленості її прояву є патологічним поданням чогось, що порушує співвідношення інших частин цілого. В межах прояву універсальності функціонування кожної з частин цілого відбувається різне їх напруження і зношування, що визначає тривалість збереження рівноважного стійкого співвідношення.

Практично метод «середньої людини» розкрив сутність фактора, що зміцнює цілісну структуру, який полягає в «універсальному» зрівнянні розподілу енергомасообміну між складовими компонентами цілого організму і «спеціалізованому» розподільному енергомасообміну. Однак в той час це відкриття не знайшло належного розуміння всієї його значущості в силу недостатньої підготовленості для його сприйняття.

2. Метод Ф. Гальтона, пов'язаний з побудовою «колективної фотографії».

Сутність методу «колективної фотографії» за своїм змістом близький до методу А. Кетле в побудові «середньої людини». В даному випадку здійснюється за встановленим правилом виконання цього процесу накладання на одну фотопластинку сумарної величини великої кількості фотографій. Внаслідок чітко вимальовуються риси характеристик, що найбільш зустрічаються у порівнюваних об'єктів. За мірою віддалення від чіткого зображення збільшується розмитість, яка пропорційно втрачає чіткість вихідного контуру. Це можна харак-

теризувати як «універсальну» міру стійкості образу, що спостерігається в процесі зіставлення пропорційності великого числа фотографій. Також крім чіткого образу стандарту промальовувалися деякі досить виражені його спотворення як посилення контрасту [8].

Використовуючи метод Гальтона, Шелдон при дослідженні тисяч фотографій зазначив, що такого роду спотворення мають певну спрямованість в трьох строго визначених напрямках з більш чіткою розмитістю між цими напрямками.

Практично одночасно з методом Шелдона з'являється метод клінічної антропометрії М.Я. Брейтмана. В даному методі введена класифікація соматотипів з урахуванням гормональних співвідношень в гуморальному середовищі організму і впливу цього складу на формування структури соматотипу. Введення п'ятнадцяти елементів структури побудови соматотипу відображають різноманітні варіанти його конституційної будови і супутню нозологічну взаємозумовленість структури відповідного типу будови, а також міру стійкості життєздатності конкретного соматотипу до середовища його оточення [1, 2].

М.Я. Брейтман в основу клінічної антропометричної діагностики вводить поділ якісної структури формування і загальної характеристики абсолютних розмірів тіла.

Модифікація його методики полягає у встановленні не тільки структури відносин приватних розмірів ланок тіла до загальної довжини тіла, але і їх рангу значення, а також порядок проходження значення в ранжованому ряді. Це дозволяє встановити особливості біологічного розвитку і його відхилення від стандарту як за якісною спрямованістю, так і за величиною їх прояву.

Можливість зміни значення якого-небудь параметра і його порядку прямування в структурі ранжованого ряду взаємодіючих функціональних структур визначає рівень універсальності цілісної структури організму в забезпечення адаптивної поведінки. У ряді випадків це трактується як показник пластичності цілісної системи, яка має характеристики швидкості протікання цього процесу, силу його вираженості і межі поширюваності. Найбільш ефективно ці процеси протікають в зоні показників «середньої людини».

Рівень прояву універсальності визначається можливістю зміни меж порядку в ранжованій структурі дольової участі кожного з складових компонентів в межах можливої варіації своєї функціональної діяльності від гранично допустимого мінімуму до гранично можливого максимуму. Діапазон кордонів від мінімуму до максимуму визначає варіативність зміни структури перебудови ранжованого ряду, що відображає якісне переродження функціональної діяльності.

Модифікація цього методу дозволила знайти нову можливість щодо визначення соматотипу індивіда та отримання коду з ряду простих чисел, за якими можна визначити структуру з п'ятнадцяти показників.

Слід враховувати, що метаболічні процеси людської діяльності протікають у загальному внутрішньому середовищі організму, але з різною спрямованістю своєї вираженості. Ця особливість проявляється в сутності анаболічних і катаболічних складових обміну речовин, що породжує складну багатокомпонентну структуру взаємозумовлених відносин «запит-задоволення» цілого комплексу «проточних Хемостатів» або «культураторів». Виконання будь-якої діяльності пов'язано з витратою енергії, потенціал якої вимагає систематичного поповнення. Незалежно від рівня протікання цього процесу

його механізм представляється проточною системою енергомасообміну. Такий процес протікає до насичення потреби в них. Оптимальний стан відповідає рівному попиту і задоволенню цього попиту. Така залежність, крім кількісних взаємин «попит-задоволення», має характеристику швидкості його протікання.

Основне завдання збереження стійкості цілісного взаємозумовлених відносин цих явищ в проточній системі полягають в синхронізації їх взаємодії.

В цілому цей процес знайшов свій математичний опис у вираженні математичної моделі Вальтерра-Лотка, яка описує відносини «задоволення-попиту». В подальшому Колмогоров поширив цю модель на необмежену кількість взаємозумовлених процесів, що мають послідовну взаємодію «попит-задоволення».

Таким чином, основні характеристики в проточних системах, якими, в першу чергу, виступають: кровоносна, дихальна, кишково-шлункова системи, є об'ємний проток вихідного масообміну, його концентрація, швидкість перетворення матеріалу масообміну, рівень насиченості продуктами метаболізму, коефіцієнта економічності використання вихідного масообміну.

Насправді мова може йти тільки про кровоносну систему як проточного «Хемостата». Всі інші можуть розглядатися як спеціалізовані органотворчі або проточні «Хемостати», в яких здійснюються диференційовані процеси метаболізму з абсолютно різними напрямками протікання анаболічного і катаболічного процесів. Усе різноманіття цих відносин взаємозумовлених в системі цілісного організму описується рівняннями проточного «Хемостата», які в ряді випадків визначається як проточний культиватор.

При досягненні граничних можливостей біологічної зрілості як показника освоєння середовищної взаємодії (можливого рівня складності адаптаційної поведінки), що визначає життєздатність цілісної системи, її подальший рівноважний стан залежить від збереження точності синхронізації взаємозумовлених спеціалізованих «Хемостатів» за потоком енергозабезпечення. Ліміт в енергомасозабезпеченні призводить до виникнення більш високої економічності структури динамічного стереотипу адаптаційної поведінки. Порушення відповідності між статистичною структурою середовищного перебування і статистичним стереотипом індивідуальної адаптивної поведінки призво-

дять до енергозатрат, які не можуть бути поповнені за сумарною вимогою, що складається з необхідності ліквідації боргу і необхідності поповнення обміну для збереження вихідного рівня життєздатності цілісного організму.

## Висновки/ Дискусія

Результати проведеного аналізу існуючих теорій щодо причин виникнення стомлення, як фізіологічного процесу, підтверджують думку авторів про те, що не втрачає своєї актуальності проблема своєчасної діагностики початку цього процесу в тілі людини [4, 6, 8]. Особливо, коли мова йде про процес тренувань для найвищих спортивних досягнень.

Застосування існуючих теорій стомлення дає можливість розглянути різноманіття причин виникнення процесу стомлення в організмі людини з точки зору фізіології.

Розуміння причин процесу стомлення дозволяє розробляти системи, здатні відновлювати організм людини, використовуючи можливість додаткового підживлення необхідними речовинами для діяльності або вводячи обмеження щодо інтенсивності і часу проведення дій.

Для більш ефективної діагностики ступеня процесу стомлюваності можливе застосування методів математичного моделювання і прогнозування, а також розгляд процесу стомлення з точки зору стійкості систем, що самоорганізуються (зокрема застосування рівнянь Вольтерра, проточного культиватора). Сучасні методи дослідження з використанням математичного апарату та інформаційних засобів дають можливість для більш якісної і швидкої обробки та аналізу великих масивів даних.

**Перспективи подальших досліджень.** Необхідно зазначити, що вдосконалення інформаційних технологій та використання більш ефективних електронних апаратів надає можливість більш перспективному розвитку математичного моделювання за умови застосування його в теоретичних та практичних дослідженнях різних процесів в тілі людини, а зокрема такого процесу, як стомлення. Тому в подальшому процесі діагностики етапів стомлення можна застосовувати математичні моделі, що вже існують, а також продовжувати пошук інших варіантів (зокрема користуючись теорією систем, що самоорганізуються).

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють, що немає конфлікту інтересів, який може сприйматися, як дозволяє нанести шкоду неупередженості статті.

**Джерела фінансування.** Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

## Список посилань

1. Брейтман, М. Я. (1949), Клиническая семиотика и дифференциальная диагностика эндокринных заболеваний. Л.: Медгиз, 568 с.
2. Брейтман, М. Я. (1926), Таблицы для клинической антропометрии. Л.: Изд-во «П.П. Сойкин», 82 с.
3. Брин, В. Б., Зонис, Б. Я. (1984), Физиология системного кровообращения. Ростов-на-Дону: РГУ, 88 с.
4. Виноградов, М. И. (1966), Физиология трудовых процессов. М.: Медицина, 367 с.
5. Горшков, С. И., Золина, З. М., Мойкин, Ю. В. (1974), Методики исследований в физиологии труда, 280 с.

6. Данилова, Н. Н. (1992), Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: МГУ, 192 с.
7. Донской, Д. Д. (1971), Биомеханика с основами спортивной техники. М., 288 с.
8. Думбай, В. Н. (1996), Основы физиологии труда. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: РГУ, 160 с.
9. Загрядский, В. П., Сулимо-Самуйлло, З. К. (1976), Методы исследования в физиологии труда. Л., 220 с.
10. Исаев, Г. Г. (1990), Регуляция дыхания при мышечной работе. Л.: Наука, 207 с.
11. Леонова, А. Б. (1984), Психодиагностика функциональных состояний человека. М.: МГУ, 200 с.
12. Меерсон, Ф. З., (1993), Концепция долговременной адаптации. М.: Дело, 138 с.
13. Розенблат, В. В., (1975), Проблема утомления. М.: Медицина, 145 с.
14. Самсонкин, В. Н., Друзь, В. А., Федорович, Е. С. (2010), Моделирование в самоорганизующихся системах. Д.: За-славский, 104 с.
15. Середняков, В. Е. (1993), Физиология труда: учебное пособие. Ярославский гос. университет. Ярославль, 48 с.
16. Физиологическое нормирование труда (1988) /Отв. ред. В.И.Медведев. Л.: Наука, 127 с.
17. Физиология движения. Руководство по физиологии (1976), Л.: Наука, 376 с.
18. Физиология мышечной деятельности (1982), учебник для ВУЗов /под ред. Я.М. Коца. М.: Физкультура и спорт, 347 с.
19. Физиология трудовой деятельности (Основы современной физиологии) (1993) / отв. ред. В. И. Медведев. Санкт-Петербург: Наука, 528 с.
20. Физиология человека (1986) / пер с англ./ под ред. Р.Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, Т.1. 272 с.
21. Функциональное состояние летчика в экстремальных условиях (1994) /под ред. В.А. Пономаренко, П.В. Васильева. М.: Полет, 424 с.
22. Шерпер, Ж. (1973), Физиология труда (Эргономика). М.: Медицина, 495 с.
23. Galton, F. (1889), Natural. London.
24. Hirata, K. (1968), The evaluating method of physique and physical fitness and its practical application. 240 p.
25. Selye, H. (1976), Stress in health and disease. NY.
26. Selye, H. (1989), Neuropeptides and stress. NY.
27. Sheldon, W. H. (1954), Atlas of Man. New York: Harper and Brothers. 357 p.

Стаття надійшла до редакції: 27.07.2020 р.

Опубліковано: 31.08.2020 р.

**Аннотация. Ярослава Волкова. Современные методы оценки утомления. Цель:** определить общие и современные методы оценки утомления. **Материал и методы:** анализ и обобщение научно-методической литературы по теме исследования процессов утомления; обобщение опыта практической работы тренерского контингента, работающего с детьми в группах спортивных танцев; модифицированного метода клинической антропометрии М.Я. Брейтмана; естественный педагогический эксперимент, методы математической статистики и математического моделирования. **Результаты:** необходимо отметить, что совершенствование информационных технологий и использования более эффективных электронных аппаратов позволяет более перспективному развитию математического моделирования при условии применения его в теоретических и практических исследованиях различных процессов в теле человека, а в частности такого процесса, как утомление. Поэтому в дальнейшем процессе диагностики этапов утомления можно применять математические модели, которые уже существуют, а также продолжать поиск других вариантов (в частности пользуясь теорией систем, сам организуются). **Выводы:** применение существующих теорий утомления дает возможность рассмотреть многообразие причин возникновения процесса утомления в организме человека с точки зрения физиологии. Понимание причин процесса утомления позволяет разрабатывать системы, способные восстанавливать организм человека, используя возможность дополнительной подпитки необходимыми веществами для деятельности или вводя ограничения по интенсивности и времени проведения действий. Для более эффективной диагностики степени процесса утомляемости возможно применение методов математического моделирования и прогнозирования, а также рассмотрение процесса утомления с точки зрения устойчивости самоорганизующихся (в частности применения уравнений Вольтерра, проточного культиватора). Современные методы исследования с использованием математического аппарата и информационных средств дают возможность более качественной и быстрой обработки и анализа больших массивов данных.

**Ключевые слова:** утомление, теории утомления, математическая модель, метод М. Я. Брейтмана, спортивные танцы.

**Abstract. Yaroslava Volkova. Modern methods of fatigue assessment. Purpose:** to determine the general and modern methods of fatigue assessment. **Material and methods:** analysis and generalization of scientific and methodical literature on the topic of study of fatigue processes; generalization of experience of practical work of the coaching contingent working with children in groups of dancesports; modified method of M.Ya.Breitman's clinical anthropometry; natural pedagogical experiment, methods of mathematical statistics and mathematical modeling. **Results:** it should be noted that the improvement of information technology and the use of more efficient electronic devices allows for more promising development of mathematical modeling, provided its application in theoretical and practical studies of various processes in the human body, including processes such as fatigue. Therefore, in the further process of diagnosing the stages of fatigue, it is possible to apply mathematical models that already exist, as well as to continue the search for other options (in particular, using the theory of self-organizing systems). **Conclusions:** the application of existing theories of fatigue makes it possible to consider the variety of causes of fatigue in the human body in terms of physiology. Understanding the causes of the fatigue process allows you to develop systems that can restore the human body, using the possibility of additional feeding with the necessary substances for activity or imposing restrictions on the intensity and timing of actions. For more effective diagnosis of the degree of fatigue process, it is possible to use methods of mathematical modeling and forecasting, as well as consideration of the fatigue process in terms of stability of selforganizing systems (including applying the Volterra equations, flow cultivator). Modern research methods of using mathematical apparatus and information tools allow for better and faster processing and analysis of large data sets.

**Keywords:** fatigue, fatigue theories, mathematical model, Breitman method, dancesports.

## References

1. Brejtman, M. Ya. (1949), Klinicheskaya semiotika i differencialnaya diagnostika endokrinnyh zabolevanij [Clinical semiotics and differential diagnosis of endocrine diseases]. L.: Medgiz., 568 p. (in Russ)
2. Brejtman, M. Ya. (1926), Tablicy dlya klinicheskoy antropometrii [Clinical Anthropometry Tables]. L.: Izd-vo «P.P. Sojkin», 82 p. (in Russ)
3. Brin, V. B., Zonis, B. Ya. (1984), Fiziologiya sistemnogo krovoobrasheniya [Physiology of systemic circulation]. Rostov-na-Donu: RGU, 88 p. (in Russ)
4. Vinogradov, M. I. (1966), Fiziologiya trudovyh processov [Physiology of labor processes]. - M.: Medicina, 367 p. (in Russ)
5. Gorshkov, S. I., Zolina, Z. M., Mojkin, Yu. V. (1974), Metodiki issledovanij v fiziologii truda [Research methods in the physiology of labor], 280 p. (in Russ)
6. Danilova, N. N. (1992), Psihofiziologicheskaya diagnostika funktsionalnyh sostoyanij [Psychophysiological diagnostics of functional states]. M.: MGU, 192 p. (in Russ)
7. Donskoj, D. D. (1971), Biomehanika s osnovami sportivnoj tehniki [Biomechanics with the basics of sports technology]. M., 288 p. (in Russ)
8. Dumbaj, V. N. (1996), Osnovy fiziologii truda [Fundamentals of Labor Physiology]: Uchebnoe posobie. Rostov-na-Donu: RGU, 160 p. (in Russ)
9. Zagryadskij, V. P., Sulimo-Samujllo, Z. K. (1976), Metody issledovaniya v fiziologii truda [Research methods in the physiology of labor]. L., 220 p. (in Russ)
10. Isaev, G. G. (1990), Regulyaciya dyhaniya pri myshechnoj rabote [Regulation of respiration during muscular work]. L.: Nauka, 207 p. (in Russ)
11. Leonova, A. B. (1984), Psihodiagnostika funktsionalnyh sostoyanij cheloveka [Psychodiagnosics of human functional states]. M.: MGU, 200 p. (in Russ)
12. Meerson, F.Z., (1993), Konceptsiya dolgovremennoj adaptacii [The Concept of Long-Term Adaptation]. M.: Delo, 138 p. (in Russ)
13. Rozenblat, V.V., (1975), Problema utomleniya [The problem of fatigue]. M.: Medicina (in Russ)
14. Samsonkin, V. N., Druz V. A., Fedorovich E. S. (2010), Modelirovanie v samoorganizuyushihya sistemah [Modeling in self-organizing systems]. D.: Zaslavskij, 104 p. (in Russ)
15. Serednyakov, V.E. (1993), Fiziologiya truda. Uchebnoe posobie [Physiology of Labor]. Yaroslavskij gos. universitet. Yaroslavl, 48 p. (in Russ)
16. Fiziologicheskoe normirovanie truda [Physiological regulation of labor] (1988) /Otv. red. V.I.Medvedev. L.: Nauka, 127 p. (in Russ)
17. Fiziologiya dvizheniya. Rukovodstvo po fiziologii [Physiology of movement. Physiology Manual] (1976), L.: Nauka, 376 p. (in Russ)
18. Fiziologiya myshechnoj deyatelnosti [Physiology of muscle activity] (1982), Uchebnik dlya VUZov /pod red. Ya.M.Koca. M.: Fizkultura i sport, 347 p. (in Russ)
19. Fiziologiya trudovoj deyatelnosti [Physiology of labor activity] (Osnovy sovremennoj fiziologii) (1993) /Otv. red. V. I. Medvedev. Sankt-Peterburg: Nauka, 528 p. (in Russ)
20. Fiziologiya cheloveka [Human physiology] (1986) / Per s angl./ Pod red. R. Shmidta, G. Tevsa. M.: Mir, T.1. 272 p. (in Russ)
21. Funktsionalnoe sostoyanie letchika v ekstremalnyh usloviyah [The functional state of the pilot in extreme conditions] (1994) / Pod red. V.A. Ponomarenko, P.V. Vasileva. - M.: Polet, 424 p. (in Russ)
22. Sherrer, Zh. (1973), Fiziologiya truda (Ergonomika) [Physiology of labor (Ergonomics)]. M.: Medicina, 495 p. (in Russ)
23. Galton, F. (1889), Natural London. (in Eng)
24. Hirata, K. (1968), The evaluating method of physique and physical fitness and its practical application, 240 p (in Eng)
25. Selye, H. (1976), Stress in health and disease. NY (in Eng)
26. Selye, H. (1989), Neuropeptides and stress. NY (in Eng)
27. Sheldon, W. H. (1954), Atlas of Man. New York: Harper and Brothers. 357 p. (in Eng)

Received: 27.07.2020.

Published: 31.08.2020.

## Відомості про авторів/ Information about the Authors

**Волкова Ярослава Володимирівна:** Харківська державна академія фізичної культури: Україна, м. Харків, вул. Клочківська, 99.

**Волкова Ярослава Владимировна:** Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

**Volkova Yaroslava:** Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine

**ORCID.ORG/0000-0001-9274-2076**

**E-mail: yguliaeva81@gmail.com**