DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.05k(191).29

Омельчук О.В.
ORCID iD: https://orcid.org/0000-0003-1771-730X
кандидат педагогічних наук, доцент
Білик В.Г.
ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-6860-7728
доктор педагогічних наук, професор,
Василенко К.С.
ORCID iD: https://orcid.org/0000-0003-3152-4790
доктор філософії, викладач
кафедра здоров'язбережувальної освіти та фізичної рекреації,
Український державний університет імені Михайла Драгоманова

МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: АНАТОМІЯ, ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ У СПОРТИВНОМУ ТРЕНУВАННІ

У сучасних умовах розвитку спортивної науки та підвищення вимог до ефективності тренувального процесу надзвичайно актуальним є використання міждисциплінарного підходу до вивчення рухової діяльності. У статті розглянуто комплексне дослідження рухових процесів людини з позицій трьох фундаментальних наук – анатомії, фізіології та біохімії.

Представлено результати сучасних досліджень у галузі спортивної фізіології, спортивної медицини та біохімії м'язової діяльності, які демонструють ефективність інтеграції наукових знань у практику тренерської роботи.

Автори акцентують увагу на необхідності глибокого розуміння будови та функціонування опорно-рухового апарату, механізмів нервово-м'язової взаємодії, адаптаційних процесів серцево-судинної та дихальної систем, а також енергетичних шляхів забезпечення м'язової роботи. Окрему увагу приділено молекулярно-біохімічним змінам, які відбуваються у м'язовій тканині під впливом фізичного навантаження різної інтенсивності та тривалості. ***Обґрунтовано*** *важливість міждисциплінарного підходу при побудові тренувальних програм з урахуванням індивідуальних особливостей спортсменів.* ***Висновок.*** *У роботі доведено, що ефективне спортивне тренування повинне базуватися на синтезі знань із суміжних наукових галузей, що дозволяє точніше прогнозувати реакцію організму спортсмена на навантаження, оптимізувати тренувальний процес і знизити ризик перевантажень та травм.*

Ключові слова: *анатомія, фізіологія, біохімія, рухова діяльність, спорт, фітнес, міждисциплінарний підхід, тренування.*

Omelchuk O.V., Bilyk V.G., Vasylenko K.S. **Interdisciplinary approach to the study of motor activity: anatomy, physiology and biochemistry in sports training** *In the current context of the development of sports science and the increasing demands for the effectiveness of training processes, the application of an interdisciplinary approach to the study of motor activity is highly relevant. The article presents a comprehensive investigation of human motor processes from the perspectives of three fundamental sciences — anatomy, physiology, and biochemistry.*

The results of recent studies in the fields of sports physiology, sports medicine, and muscle activity biochemistry are presented, demonstrating the effectiveness of integrating scientific knowledge into coaching practice.

The authors emphasize the necessity of a deep understanding of the structure and function of the musculoskeletal system, the mechanisms of neuromuscular interaction, the adaptive processes of the cardiovascular and respiratory systems, as well as the energy pathways that support muscle activity. Special attention is given to molecular and biochemical changes that occur in muscle tissue under physical loads of varying intensity and duration. The importance of an interdisciplinary approach to the development of training programs tailored to the individual characteristics of athletes is substantiated.

The study proves that effective sports training should be based on the synthesis of knowledge from related scientific fields, allowing for more accurate prediction of an athlete's response to training loads, optimization of the training process, and reduction of the risk of overtraining and injury. This approach enables the creation of individualized training programs that take into account anatomical and physiological characteristics, the level of physical development, biochemical indicators, and the specific goals of the athlete.

Key words: *anatomy, physiology, biochemistry, motor activity, sport, fitness, interdisciplinary approach, training*.

У сучасних умовах розвитку спортивної науки зростає потреба в системному розумінні механізмів, що забезпечують ефективну рухову діяльність. Анатомія, фізіологія та біохімія – це три фундаментальні дисципліни, які у своїй єдності дають можливість повноцінно пояснити природу фізичних навантажень і реакцію організму на них. Міждисциплінарний підхід дозволяє сформувати цілісне уявлення про функціонування організму під час фізичних вправ, що особливо актуально для спорту високих досягнень і фітнес-програм.

Рухова діяльність є результатом узгодженої роботи структур опорно-рухового апарату, до якого належать кістки, суглоби, м'язи та зв'язковий апарат. Рис 1. Основна функція цієї системи полягає у створенні механічної сили, що забезпечує переміщення тіла або його частин у просторі. Рух виникає внаслідок скорочення скелетної м'язової тканини,

яка прикріплена до кісток через сухожилки, і реалізується через систему важелів, утворену суглобами та кістковими структурами.

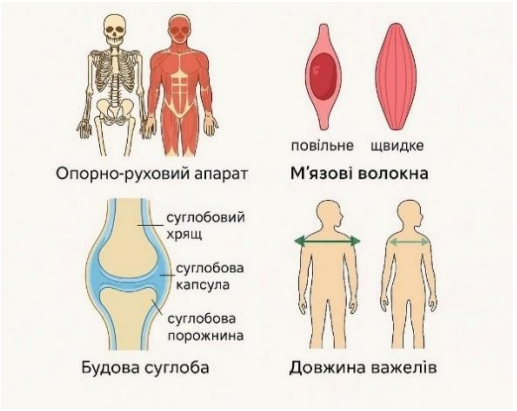


Рис.1. Анатомічні основи рухової діяльності

М'язова тканина поділяється на три основні типи: скелетну, гладеньку та серцеву. У контексті рухової активності найважливішою є скелетна м'язова тканина, що складається з м'язових волокон різного типу – повільноскорочуваних (тип I) та швидкоскорочуваних (тип II). Табл.1. Волокна типу I, що мають велику кількість мітохондрій і добре розвинену капілярну мережу, характеризуються високою аеробною витривалістю та переважають у спортсменів, які спеціалізуються на видах спорту з тривалими навантаженнями (наприклад, марафон). Волокна типу II (особливо типу IIb) мають більший діаметр, вищу силу скорочення, але меншу витривалість, і тому переважають у спортсменів-спринтерів або важкоатлетів (Enoka, 2015; Lieber, 2010).

Таблиця 1

Типи м'язових волокон і їх характеристики

Характеристика	Повільні волокна (тип I)	Швидкі волокна (тип IIa)	Швидкі волокна (тип IIb)
Джерело енергії	Аеробне окислення	Комбіноване	Анаеробний гліколіз
Швидкість скорочення	Низька	Висока	Дуже висока
Стійкість до втоми	Висока	Середня	Низька
Вміст міоглобіну	Високий	Середній	Низький
Приклади використання	Марафон	Біг на середні дистанції	Спринт, важка атлетика

Будова суглобів відіграє важливу роль у визначенні амплітуди рухів та механіки виконання вправ. Наприклад, кулясті суглоби, такі як плечовий, забезпечують значний обсяг рухів у трьох площинах, тоді як блокоподібні суглоби (ліктьовий, міжфалангові) – лише в одній. Суглобова капсула, внутрішньосуглобові структури та зв'язки впливають на стабільність і безпечність руху під час виконання фізичних вправ. Рис 1., Табл.2.

Окрему увагу слід приділити довжині кісткових важелів, яка визначає біомеханічну ефективність рухів. Наприклад, довгі важелі можуть створювати більший крутний момент, однак вимагають більшої сили для підтримання стабільності. Індивідуальні анатомічні варіації (довжина кінцівок, вставлення сухожилків, пропорції тулуба до нижніх кінцівок) суттєво впливають на вибір техніки виконання рухів, навантаження на суглоби та ризик травматизації (Kreighbaum & Barthels, 1996).

Вивчення анатомічних особливостей є надзвичайно важливим для оптимізації тренувального процесу, індивідуалізації навантаження та профілактики перенапружень. Ретельний аналіз морфофункціонального стану спортсмена дозволяє тренерам та фахівцям з фізичної реабілітації не лише підвищити ефективність рухової діяльності, а й попередити патології опорно-рухового апарату.

Таблиця 2

Морфофункціональні особливості суглобів

Назва суглоба	Тип суглоба	Кількість осей руху	Амплітуда рухів	Приклади вправ
Плечовий	Кулястий	3	Велика	Жим штанги, махи гантелями
Ліктьовий	Блокоподібний	1	Середня	Згинання/розгинання рук
Колінний	Модифікований блокоподібний	1 + допоміжний	Середня/велика	Присідання, випади
Тазостегновий	Кулястий	3	Велика	Стрибки, біг, присідання



Рис 2. Анатомічні важелі в тілі людини

Не менш важливим є фізіологія тренувального процесу. Фізіологічна реакція організму на тренування охоплює адаптаційні зміни у роботі серцево-судинної, дихальної, нервової, ендокринної та опорно-рухової систем. Ці зміни є результатом систематичних фізичних навантажень і спрямовані на підвищення функціональної здатності організму. За даними Бомпа Т. (2020), регулярні фізичні навантаження покращують аеробну продуктивність, підвищують ЧСС при навантаженні та знижують її в стані спокою

Регулярне фізичне навантаження призводить до кардіоадаптації, яка проявляється в зниженні частоти серцевих скорочень у стані спокою, підвищенні ударного та хвилинного об'єму крові, а також у збільшенні капілярної щільності у м'язах (Bompa & Buzzichelli, 2020). Це підвищує транспорт кисню до працюючих м'язів і покращує загальну аеробну продуктивність. За даними Wilmore & Costill (2015), у тренованих спортсменів ЧСС у спокої може знижуватись до 40–50 уд./хв, що свідчить про ефективнішу роботу серця.

Збільшується життєва ємність легень, покращується вентиляційна здатність, а також підвищується дифузійна здатність альвеол до газообміну. Адаптація проявляється в більш ефективному використанні кисню та зменшенні дихального коефіцієнта під час фізичного навантаження (McArdle, Katch & Katch, 2014).

Центральна нервова система (ЦНС) координує контроль рухів, модифікуючи рухові програми та підвищуючи точність і ефективність рухових реакцій. Периферична нервова система активніше рекрутує моторні одиниці, що покращує міжм'язову та внутрішньом'язову координацію (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Тренування стимулюють пластичність нервової системи, включаючи нейрогенез та зміцнення синаптичних зв'язків.

Фізичне навантаження стимулює викид гормонів, зокрема адреналіну, кортизолу, тестостерону та гормону росту. Це сприяє мобілізації енергетичних ресурсів, росту м'язової маси та пришвидшеному відновленню. Хронічне тренування оптимізує гормональний відгук, зменшуючи рівень стресових гормонів у спокої (Hackney, 2006).

Відбувається гіпертрофія скелетних м'язів, збільшується кількість мітохондрій, активність окисних ферментів та запаси глікогену в м'язах (Kenney, Wilmore & Costill, 2020). Також спостерігається підвищення щільності кісткової тканини та зміцнення зв'язок і сухожиль у відповідь на силові навантаження.

Отже, фізіологічні адаптації, які виникають у відповідь на систематичне тренування, є комплексними й міжсистемними. Вони забезпечують покращення витривалості, сили, швидкості відновлення та загального функціонального стану організму.

Енергозабезпечення м'язової діяльності базується на біохімічних процесах ресинтезу АТФ — універсального джерела енергії для м'язів. Оскільки запаси АТФ у м'язах обмежені (близько 2–4 ммоль/кг м'язової маси), його постійний ресинтез забезпечується трьома основними енергетичними системами.

1. Фосфагенна система (алактатна, анаеробна). Це найшвидший механізм ресинтезу АТФ, що активується при короткотривалих інтенсивних навантаженнях тривалістю до 8–10 секунд (наприклад, спринт, стрибок).

Основним джерелом енергії є креатинфосфат (PCr), який у присутності креатинкінази переносить фосфатну групу на АДФ для утворення АТФ.

Ця система не продукує лактату і не потребує кисню.

Науково підтверджено: за даними Brooks & Fahey (2019), фосфагенна система забезпечує максимальну потужність, але має дуже обмежену ємність.

2. Анаеробна гліколітична система (лактатна). Активується при навантаженнях середньої тривалості та високої інтенсивності (до 60–90 секунд). Глюкоза (з глікогену або плазми) розщеплюється до пірувату з утворенням 2 АТФ. У відсутності кисню піруват перетворюється на лактат.

Анаеробний гліколіз супроводжується накопиченням лактату і йонів H^+, що призводить до зниження pH м'язової тканини (втома).

Дослідження підтверджують: рівень лактату у крові є об'єктивним біохімічним маркером інтенсивності навантаження і використовується для визначення анаеробного порогу (Kindermann et al., 1979).

Аеробна система (окисне фосфорилювання). Переважає при тривалих, малих або помірних навантаженнях. Окислення вуглеводів, жирів, а за певних умов — амінокислот, відбувається у мітохондріях за участі кисню.

Ця система забезпечує найвищу енергоефективність (до 36–38 АТФ з однієї молекули глюкози). На тривалих дистанціях домінує ліполіз, тобто розщеплення жирних кислот із запасів жиру.

За Brooks & Fahey (2019), інтенсивність навантаження визначає переважаючий субстрат: при низькій – жирні кислоти, при високій – вуглеводи (глюкоза/глікоген). Згідно з дослідженнями науковців, енергетичний шлях залежить від інтенсивності навантаження. При низькій інтенсивності активізується ліполіз, при високій – гліколіз. Біохімічні маркери, як-от лактат, використовуються для контролю ефективності тренування.

Регуляція та контроль енергозабезпечення. Лактат: використовується як енергетичне джерело (особливо серцевим м'язом) і є ключовим маркером метаболічної відповіді. АМФ/АТФ співвідношення: підвищення концентрації АМФ активує ферменти гліколізу (наприклад, фосфофруктокіназу).

Катехоламіни (адреналін, норадреналін): стимулюють мобілізацію жирних кислот і глікогеноліз під час навантаження.

Міокінез: під час фізичної активності м'язи синтезують сигнальні молекули, що впливають на метаболізм (Pedersen & Febbraio, 2012).

Таким чином, біохімічне забезпечення рухової активності — це динамічний і багатокомпонентний процес, який залежить від тривалості, інтенсивності, рівня тренованості та метаболічного стану. Розуміння механізмів енергозабезпечення дозволяє ефективно планувати тренувальний процес, оптимізуючи розвиток витривалості, сили або швидкості відновлення.

Таблиця 3

Біохімічне забезпечення рухової активності

Енергетичний шлях	Джерело енергії	Швидкість утворення АТФ	Тривалість роботи	Приклади активності	Особливості	Основні ферменти
АТФ-КФ (креатинфосфатна система)	АТФ, креатинфосфат	Дуже висока	5–10 с	Спринт, стрибки, важка атлетика	Не потребує кисню, працює миттєво, швидко виснажується	Креатинкіназа
Анаеробний гліколіз	Глюкоза (без кисню)	Висока	До 1–2 хв.	Біг на 400–800 м, інтенсивні вправи	Утворюється лактат, можливе закислення м'язів, неефективне використання глюкози	Фосфофруктокіназа, лактатдегідрогеназа
Аеробне окиснення	Вуглеводи, жири, амінокислоти (з киснем)	Помірна	Від кількох хвилин до годин	Біг на довгі дистанції, плавання	Висока ефективність, потребує кисню, повільний запуск процесу	Цитратсинтаза, цитохромоксидаза, дегідрогенази

Висновки. Міждисциплінарний підхід у вивченні рухової діяльності є ключовим для ефективної підготовки фахівців у сфері фізичної культури, спорту і фітнесу. Поєднання знань з анатомії, фізіології та біохімії дає можливість створювати ефективні програми тренувань, які враховують:

- ✓ індивідуальні морфофункціональні особливості;
- ✓ цілі (сила, витривалість, гіпертрофія);
- ✓ періодизацію навантаження;
- ✓ стратегічне відновлення.

Особливу роль відіграє біоінформатика, що дозволяє на основі даних контролювати адаптаційні процеси спортсменів.

Синтез анатомічних, фізіологічних та біохімічних знань дозволяє поглибити розуміння функціонування організму під час фізичних навантажень і забезпечує наукове обґрунтування тренувального процесу.

References

1. Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). Periodization: Theory and methodology of training. Human Kinetics.
2. Brooks, G. A., Fahey, T. D., & Baldwin, K. M. (2019). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications. McGraw-Hill Education.

3. Enoka, R. M. (2015). Neuromechanics of Human Movement (5th ed.). Human Kinetics.
4. Kreighbaum, E., & Barthels, K. M. (1996). Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement. Allyn & Bacon.
5. Lieber, R. L. (2010). Skeletal Muscle Structure, Function, and Plasticity. Lippincott Williams & Wilkins.
6. Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2015). Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics.

DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.05k(191).30
УДК: 373.2.015.3:[316.612:612.7

Пангелова Н.Є.
доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор
завідувач кафедри теорії та методики фізичного виховання та спорту,
Університет Григорія Сковороди в Переяславі
http://orcid.org/0000-0001-9133-0889
Калмиков К.О.
Аспірант (спеціальність 017 – фізична культура і спорт),
Університет Григорія Сковороди в Переяславі
http://orcid.org/0009-0004-8598-4586

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РУХОВОГО І КОМУНІКАТИВНОГО РОЗВИТКУ ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ: ПРОБЛЕМИ І ПОШУКИ

Стаття присвячена опису результатів теоретичного дослідження щодо поглядів вітчизняних і зарубіжних учених на взаємозв'язок моторики і комунікації дітей раннього і дошкільного віку в онтогенезі. В змісті статті зазначається, що з огляду на існуючу гіподинамію уповільнюються і темпи й обсяги дитячої комунікації: знижується комунікативна активність дітей. Звертається увага на те, що дані досліджень свідчать про те, що підвищена фізична активність може викликати зміни в нейронному зростанні та синаптичній передачі в областях мозку, що пов'язані з виконавською діяльністю. Зауважується, що сьогодні переважна більшість досліджень ґрунтується на запереченні модульної концепції та автономного розвитку складових особистості, але не ствердженні пізнання та розвитку мовлення і мови у взаємодії з руховою активністю дитини. Мета роботи – аналіз та узагальнення результатів емпіричних досліджень, що ґрунтуються на скринінгу рухового і комунікаційного розвитку дітей від народження до 6 років. Методи дослідження: аналіз та узагальнення даних науково-методичної літератури, метод системного аналізу, історико-логічний метод, описовий метод, компаративний метод. Результати дослідження: за результатами систематичного огляду і системного аналізу в статті представлені висновки, згідно з якими на оволодіння мовою і комунікативний розвиток мовлення впливає увесь комплекс рухів дітей, що забезпечує їхню життєдіяльність; фізичний розвиток впливає і на становлення, і на подальший онтогенез комунікації. ***Висновки.*** *Отже, сучасні дослідження з проблематики взаємозв'язаного розвитку рухів, мовлення і комунікації дітей раннього і дошкільного віку є певним доповненням, розширенням і поглибленням вивчення цього міждисциплінарного феномена як у вітчизняних, так і зарубіжних дослідженнях. Взаємозв'язок рухів і комунікації в старшому дошкільному віці потребує проведення окремого дослідження.*

Ключові слова*: рухова активність, комунікація, взаємозв'язок, моторика, мовлення, діти дошкільного віку.*

Panhelova N., Kalmykov K. Interrelation of motor and communicative development of preschool children: problems and searches. *The article describes the results of a theoretical study on the views of domestic and foreign scientists on the relationship between motor skills and communication of early and preschool children in ontogeny. The article notes that, given the existing physical inactivity, the pace and volume of children's communication slows down, and children's communicative activity decreases. The author draws attention to the fact that research evidence suggests that increased physical activity can cause changes in neural growth and synaptic transmission in brain areas associated with performance.*

It is noted that today the vast majority of studies are based on the denial of the modular concept and the autonomous development of personality components, but not on the affirmation of cognition and development of speech and language in interaction with the child's motor activity. The purpose of the study is to analyse and summarise the results of empirical research based on the screening of motor and communication development of children from birth to 6 years. Research methods: analysis and synthesis of scientific and methodological literature, systematic analysis method, historical and logical method, descriptive method, comparative method. The results of the study: based on the results of a systematic review and systematic analysis, the article presents the conclusions that the whole complex of children's movements, which ensures their vital activity, affects the acquisition of language and communicative development of speech; physical development affects both the formation and further ontogeny of communication. ***Conclusions.*** *Thus, modern researches on the problems of interconnected development of movements, speech and communication of children of early and preschool age are a certain addition, expansion and deepening of the study of this interdisciplinary phenomenon in both domestic and foreign studies. The relationship between movement and communication in the senior preschool age requires a separate study.*

Keywords*: motor activity, communication, relationship, motor skills, speech, preschool children.*

Постановка проблеми. Наукова проблема взаємозв'язку між розвитком рухів і психікою не нова, але до цього часу залишається досить малодослідженою як у теоретичному, так і в прикладному аспектах. Над її вирішенням