

ОСОБЛИВОСТІ РУХОВОЇ ФУНКЦІЇ ЛЮДИНИ У СУЧАСНОМУ БІОМЕХАНІЧНОМУ АНАЛІЗІ

Біомеханічний аналіз являє собою один із засобів вивчення рухової діяльності людини і має слідувачі основні складові: біостатичний, біокінематичний, біодинамічний, біоенергетичний аналізи. Це ефективний логічний прийом вивчення складних і багатомірних систем, за допомогою яких рухи людини ніби розчленовуються на складові частини (фази), що потім досліджуються диференційовано для більш глибокого їх пізнання як єдиного цілого.

Починається біомеханічний аналіз із вимірювання біомеханічних характеристик руху. Потім встановлюється закономірності їхніх взаємозв'язків та системоутворюючі елементи руху як цілого. Далі, у разі необхідності, визначається внесок кожного елемента у реалізацію його цільової функції.

У процесі аналізу використовується цілий ряд фундаментальних знань з механіки. До найважливіших із них відносяться насамперед поняття про механічний рух людини, який виконує його ОРА під керуванням свідомості та вимірюється кількісними біомеханічними характеристиками і аналізується методами математичної статистики.

В роботі розглядаються основні принципи та вимоги сучасного біомеханічного аналізу, де особливості рухової функції людини досліджуються в обов'язковому алгоритмі: біомеханічний аналіз – біомеханічне моделювання – біомеханічне тестування – біомеханічний прогноз.

Ключові слова: студентська молодь, фізичне виховання, рухова функція, біомеханічний аналіз.

Постановка проблеми. Рухова функція відноситься до найдавніших і головних функцій життєдіяльності людини. На різних етапах еволюції їй часто відводилася вирішальна роль у постійній боротьбі за виживання людини як самостійного біологічного виду. Динаміка філогенетичного розвитку рухової функції людини завжди відрізнялася великою інтенсивністю, носила чітко виражений прогресивний характер. Це зумовлено формуванням людини в зовнішньому середовищі, умови якого постійно змінювалися: ускладнювалися рухові задачі, на які людський організм реагував збагаченням своїх координаційних ресурсів завдяки вже організованому педагогічному процесу.

Фізичне виховання як складова частина загальної системи освіти в навчально-виховній сфері дітей та молоді повинне концептуалізуватися на зміцнення фізичного й психічного здоров'я, комплексний підхід до формування розумових і рухових якостей особистості, удосконалення фізичної та психологічної підготовленості до активного життя й професійної діяльності на принципах індивідуального підходу, пріоритету оздоровчої спрямованості, широкого використання різноманітних методів і форм фізичного вдосконалення.

Ці завдання покликані вирішувати й реалізовувати з застосуванням сучасних технологій навчання різноманітних рухових дій, розвитку рухових якостей, фізичного загартування й удосконалення рухової функції організму молоді передусім педагоги, учителі фізичного виховання, тренери, інструктори, громадські працівники [1, 2, 4 – 7, 8].

Основним засобом фізичного виховання є фізичні вправи, від методики застосування яких у навчально-тренувальному процесі залежить розвиток рухових якостей учнів та студентів [1, 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід зазначити, що окремі аспекти розвитку рухової функції в учнівської і студентської молоді досліджувалися як вітчизняними (Е.С. Вільчковський, Л.В. Волков, А.М. Лапутін та ін.), так і зарубіжними вченими (М. Сесіл, Б. Джонсон, Ж. Харрісон та ін.), однак всебічного висвітлення ця проблема не дістала. На сьогодні відсутні узагальнюючі теоретичні й, передусім, експериментальні дослідження фізичного розвитку рухової функції студентської молоді, не створена чітка педагогічна система фізичних вправ для розвитку рухової функції організму молоді тощо [4, 7].

Діяльність сучасної студентської молоді характеризується, з одного боку, постійним зростанням обсягу освітньої інформації, високою інтенсивністю процесу навчання, з іншого – низьким рівнем рухової активності у значній частині з них, що призводить до зниження показників фізичної підготовленості та погіршення здоров'я. Відомо, що стан здоров'я різних соціальних груп населення, в тому числі й учнів та студентів, значною мірою залежить від їхньої фізичної підготовленості [7, 8, 9].

Тому в модернізації різних форм системи фізичного виховання необхідно обов'язково враховувати сучасні вимоги щодо значного покращення рухової функції студентської молоді.

Таким чином, важливість розв'язання соціально-педагогічної проблеми розвитку рухової функції організму студентської молоді, як запоруки зміцнення їх фізичного і психічного здоров'я, її недостатня дослідженість, необхідність створення теоретично й експериментально обгрунтованої методичної системи фізичних вправ для студентів різного віку з різним станом здоров'я зумовили *актуальність* досліджень.

Об'єкт дослідження – педагогічний процес фізичного виховання студентів і навчального тренування спортсменів.

Предмет дослідження – теорія і методика формування та розвитку рухової функції студентської молоді у процесі занять фізичною культурою і спортом.

Мета дослідження – обгрунтувати особливості формування і розвитку рухової функції студентської молоді у сучасному біомеханічному аналізі під час занять фізичною культурою і спортом

Результати досліджень та їх обговорення. Рухова функція – одна з найважливіших функцій організму. У процесі еволюції організм людини як відкрита, але відносно уособлена біологічна система, набув здатності до активних рухів завдяки наявності ефективних механізмів обміну енергією, речовиною та інформацією з довколишнім середовищем. Характер та закономірності організації цих рухів багато у чому визначають ті прояви життєдіяльності організму, котрі прийнято об'єднувати загальним поняттям – *рухова функція людини*. Стан рухової функції відображає здатність конкретної біологічної системи вловлювати, накопичувати та перетворювати різні види енергії, речовини та інформації. Ця здатність може бути змінена й вивчена шляхом об'єктивного дослідження механічних рухів та інших фізичних проявів біологічної системи організму.

Оскільки матерія та рухи як філософські категорії найбільш повно відображають цілісні сучасні наукові уявлення про всесвіт, то з визначеною мірою певності можна стверджувати, що матерія та рух організму людини також являють собою єдине й нерозривне ціле. Практично це означає, що кожному рівню побудови та організації матерії організму відповідає цілком певний рівень побудови його рухів. На атомно-молекулярному рівні – один рівень рухів, на клітковому – другий, на тканинному – третій, органному й організменному, – відповідно четвертий та п'ятий. Кожному рівню відповідає свій рівень взаємодій, що визначає, насамкінець, закономірності виявлення рухової функції. Так звані *сильні* (або *ядерні*) та *електромагнітні взаємодії* детермінують в основному закономірності руху матерії організму людини на атомно-молекулярному рівні, а також на клітковому та тканинному рівнях побудови матерії. *Гравітаційні* і, якоюсь мірою, *слабкі* взаємодії визначають закони руху матерії на органному та організменному рівнях.

Механізми регуляції рухової функції, як і матерія – її носій, мають багаторівневу структуру організації. Довільне управління механічними рухами цілісного організму людини відбувається під впливом в основному гравітаційних взаємодій. Схематично спрощено організацію рухової функції на рівні цілісного організму можна уявити складеною з таких блоків:

- блок управління, центральною частиною котрого є нервова система;
- блок виконання (ефекторний), що включає руховий апарат (скелетно-м'язова система) та залози;
- блоки обслуговуючих систем (практично це усі інші системи організму, серед котрих виділяються ендокринна, серцево-судинна, травна, дихальна, видільна та ін.).

Взаємозв'язок усіх цих структурних блоків, взаємообумовленість їх будови, розташування і функції у синтетичній єдності породжують специфічну інтегративну рухову функцію людини [7, 8].

Біомеханічні технології досліджень рухової функції у фізичному вихованні студентів (на основі класичної біомеханіки, де тіло людини розглядається не як матеріальна точка, а як складна біомеханічна система (опорно-руховий апарат)) включали: 1. *Біомеханічний аналіз*; 2. *Біомеханічне моделювання*; 3. *Біомеханічне тестування*; 4. *Біомеханічний прогноз*.

1. *Біомеханічний аналіз* являє собою один із засобів вивчення рухової діяльності людини і має слідуєчи основні складові: *біостатичний, біокінематичний, біодинамічний, біоенергетичний аналізи*. Це ефективний логічний прийом вивчення складних і багатомірних систем, за допомогою яких рухи людини ніби розчленовуються на складові частини (фази), що потім досліджуються диференційовано для більш глибокого їх пізнання як єдиного цілого (рис. 1) [3].

Починається біомеханічний аналіз із вимірювання біомеханічних характеристик руху. Потім встановлюється закономірності їхніх взаємозв'язків та системоутворюючі елементи руху як цілого. Далі, у разі необхідності, визначається внесок кожного елемента у реалізацію його цільової функції.

У процесі аналізу використовується цілий ряд фундаментальних знань з механіки. До найважливіших із них відносяться насамперед поняття про механічний рух людини, який виконує його ОРА під керуванням свідомості та вимірюється кількісними біомеханічними характеристиками і аналізується методами математичної статистики.

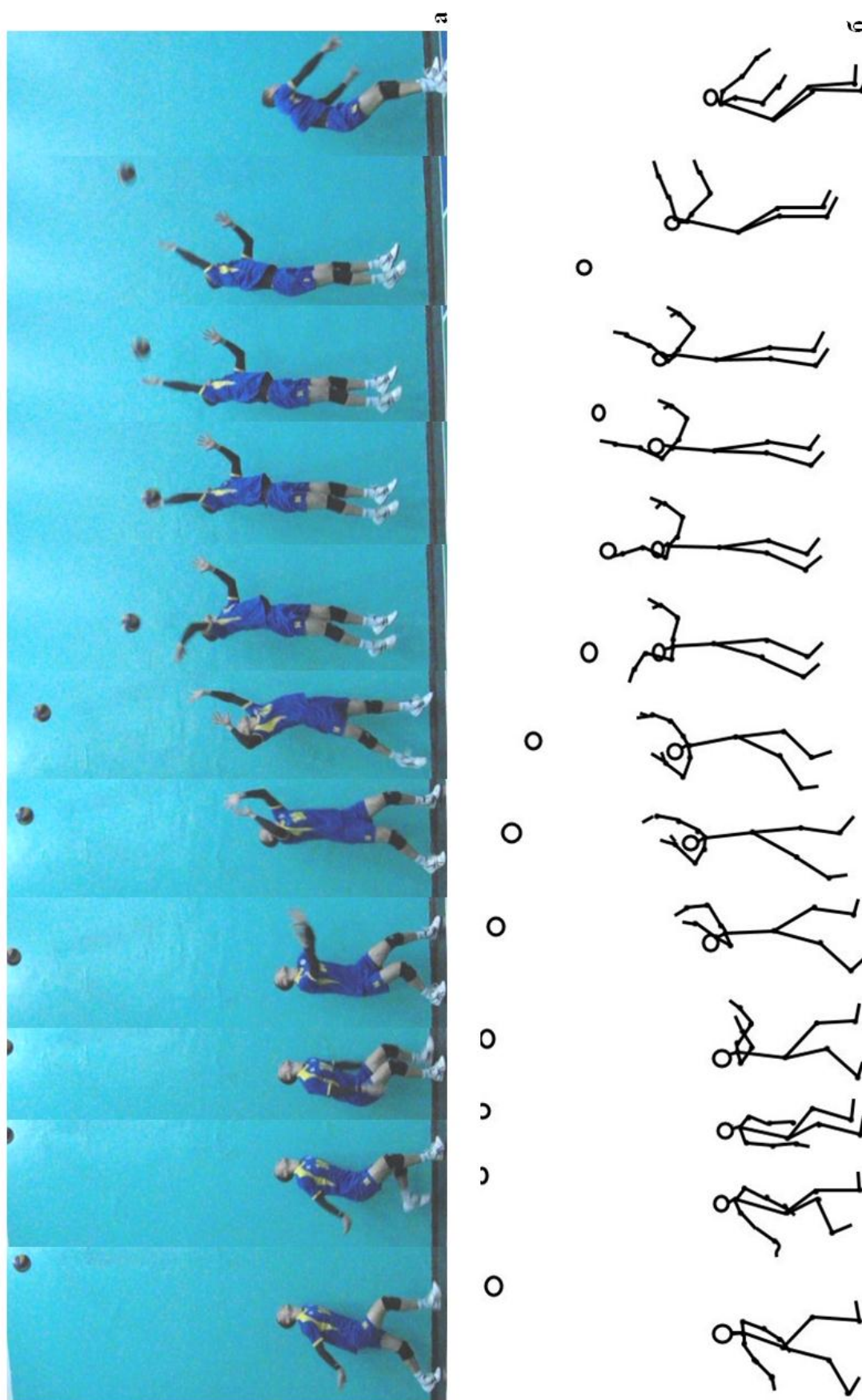


Рис. 1. Побудова біокінематичної схеми (модель М.О. Бернштейна: 14 сегментів) виконання нападаючого удару за матеріалами відеозйомки (а - відеограма; б - біокінематична схема).

2. *Біомеханічне моделювання.* Біомеханічний аналіз заснований на біомеханічних (біостатичних, біокінематичних) моделях тіла людини [1, 2]:

1) Модель М.О. Бернштейна: 14 сегментів (1947) – дозволяє вивчити 50% усіх можливих рухів. На площині біоланка моделюється, як відрізок прямої, суглоб – як крапка, голова – як коло, стопа – як опорний трикутник. У тривимірному просторі усі сегменти зображуються, як циліндри, а голова і руки, як кулі: 1. Голова; 2. Тулуб; 3. Праве плече; 4. Ліве плече; 5. Праве передпліччя; 6. Ліве передпліччя; 7. Права кість; 8. Ліва кість; 9. праве стегно; 10. Ліве стегно; 11. Права гомілка; 12. Ліва гомілка; 13. Права стопа; 14. Ліва стопа (рис.1) [2, 3].

2-3) Модель А.О. Альошинського – В.М. Заціорського (1970-1982р.): 15 сегментів – тулуб має верхню та нижню частини; 16 сегментів – тулуб має верхню, середню та нижню частини дозволяє вивчити 60% усіх можливих рухів [1].

4) Модель Хатца-Ханавана, 1980 – 1997 р. має 17 сегментів. Моделюється 70% рухів. Відрізняється від першої моделі тим, що тулуб має один сегмент, а права та ліва лопатки по одному сегменту [2, 3].

5) На сьогодні завдяки науково технічному прогресу та застосуванню нових комп'ютерних технологій тіло людини (в залежності від складності руху, що вивчається) моделюється у тривимірному просторі 32 – 58 сегментами (рис. 2) [1].

3. *Біомеханічне тестування.* Тестом називається вимір або випробування, яке проводиться на спортсмені з метою визначення його стану. Процес випробувань називається тестуванням, а одержаний висновок – результат тестування (або результат тесту). Тести, в основі яких лежать рухові завдання, називають руховим (або моторними) тестами. В цих тестах в якості результатів можуть виступати або рухові досягнення (час проходження дистанції, кількість повторень, подолання відстані), або фізіологічні та біохімічні показники. В цих випадках, коли використовуються не один, а декілька тестів, які мають єдину мету (наприклад, оцінку стану спортсмена в загальному періоді тренування), така група називається комплексом або батареєю тестів. Не всі виміри можуть бути використані як тести, для цього необхідно витримати спеціальні вимоги. До них належать: стандартність – процедура та вимоги тестування повинні бути однаковими в усіх випадках застосування тестів; наявність системи оцінок; надійність оцінок; валідність (інформативність) тесту. Рухові тести, які задовольняють вимогам валідності та надійності називають автентичними (добротними). Рухові автентичні тести і є *біомеханічні тести*.

В результаті досліджень за вищенаведеним пропонуються слідуючи автентичні біомеханічні тести для студентів основної групи (табл. 1).

4. *Біомеханічний прогноз.* Біомеханічний прогноз при моделюванні рухової дії (РД) людини найкраще робити у алгоритмі множинного регресійного аналізу другого порядку:

$$\hat{Y} = A_0 + A_1 \bar{X}_1 + A_2 \bar{X}_2 + \dots + A_n \bar{X}_n + B_1 \bar{X}_1^2 + B_2 \bar{X}_2^2 + \dots + B_n \bar{X}_n^2$$

де \hat{Y} – частковий критерій РД людини (факторна ознака); n – середні арифметичні біомеханічних перемінних; A_0 – вільний член; A_n – лінійні коефіцієнти регресії; B_n – квадратичні коефіцієнти регресії.

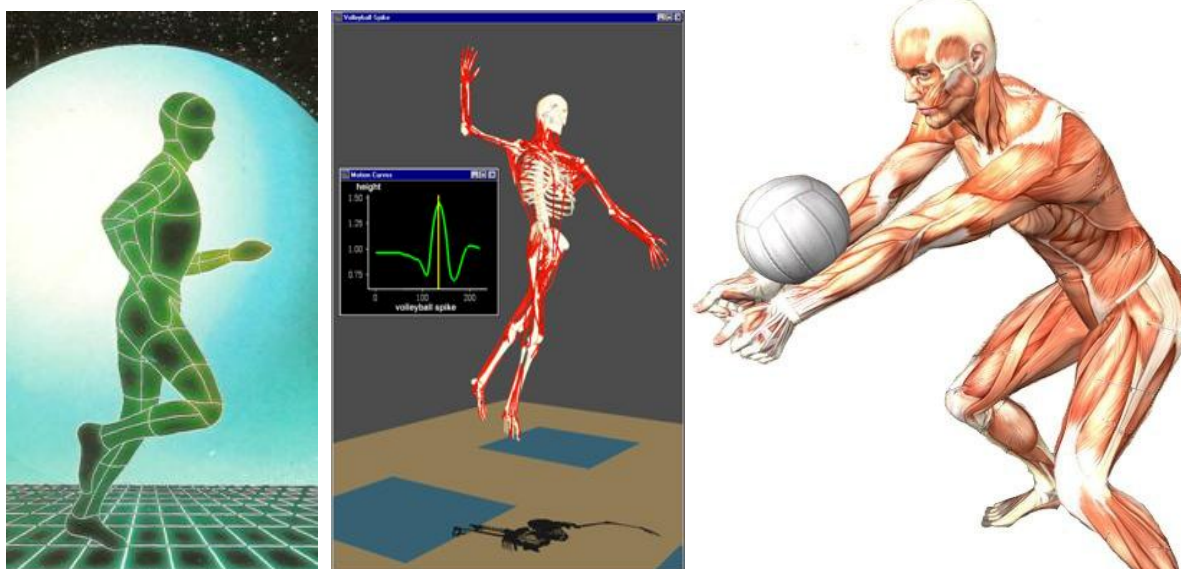


Рис. 2. Моделі тіла людини у тривимірному просторі

Автентичні біомеханічні тести для студентів основної групи

Етапи контролю	Назва тесту	Рухове досягнення	Критерій оцінювання	Придатність (валідність) r_{xy}	Надійність (стабільність) η_p
I- етапний контроль (від 3-х місяців і більше). Мета: визначення функціонального стану фізичної праездатності	1. Пересування у баскетбольній захисній стійці	3 хв Потужність 40-50% від максимальної	Час відновлення пульсу після навантажень за індексом Руф'є: $IP=4(P_1+P_2+P_3)-200/10$	-0,91	0,93
	2. Стрибки на двох ногах в середину та з середини agility ladder	2 хв Потужність 40-50% від максимальної	Час відновлення пульсу після навантажень за індексом Руф'є: $IP=4(P_1+P_2+P_3)-200/10$	-0,88	0,72
	3. Присідання із стрибком в упор лежачі	20 за 45 с Потужність 40-50% від максимальної	Час відновлення пульсу після навантажень за індексом Руф'є: $IP=4(P_1+P_2+P_3)-200/10$	-0,37	0,85
	4. Біг "зіркою" від середини кола до фішок на периметрі	3 підходи по 2 кола (в один і інший бік) Потужність 40-50% від максимальної	Час відновлення пульсу після навантажень за індексом Руф'є: $IP=4(P_1+P_2+P_3)-200/10$	-0,42	0,76
	5. Робота із гумою (тягнути руками різними рухами)	3 хв Потужність 40-50% від максимальної	Час відновлення пульсу після навантажень за індексом Руф'є: $IP=4(P_1+P_2+P_3)-200/10$	-0,54	0,91
II- поточний контроль (від 1го тижня до3-х місяців) Мета: вимірювання розвитку рухових якостей	Тест на силу				
	Робота на тренажері (тягнути вагу на себе з одночасним розгинанням ніг)	3 підходи на максимум з перервою по 1 хв	Кількість повторень: 20 – 5 балів 18 – 4 б., 16 – 3 б. 14 – 2 б., 12 – 1 б.	0,51	0,81
	Тести на спритність				
	1. Передача м'яча через пів-майданчика двома руками від грудей	Відстань 15 м, 10 передач (ціль: гравець має спіймати м'яч не стрибаючи і не роблячи кроків)	Кількість помилок: 0 – 5 балів 1 – 4 б., 2 – 3 б. 3 – 2 б. 4 – 1 б.	-0,84	0,73
	2. Ходьба по гімнастичній лавці з одночасним веденням м'яча	5 м	Час проходження дистанції: 5с-5 б., 7с-4 б., 9с-3 б., 12с-2 б., 15с- 1 б.	-0,91	0,93
	3. Пересування у захисній баскетбольній стійці змійкою зі зміною напрямку	2 по 30 м (спиною і обличчям уперед)	Час проходження дистанції 30с-5балів 35с-4 б., 40с-3 б. 45с -2 б., 50с 10с- 1 б. -	-0,35	0,75
Тест на рівновагу					
5. Стіяка на одній нозі з одночасним виконанням кидків м'яча по кільцю з пунктирної лінії	20 кидків на кожній нозі	Точний кидок: 1 очко, неточний: -1 очко 30 оч. – 5 б., 24 оч. – 4 б., 18 оч. – 3 б., 14 оч. – 2 б.	0,41	0,73	

Етапи контролю	Назва тесту	Рухове досягнення	Критерій оцінювання	Придатність (валідність) r_{xy}	Надійність (стабільність) η_p
	Тест на гнучкість				
	Нахил стоячи, стопи разом	3 спроби	Досягнення: Лоб торкається ніг, руки обхоплюють ноги – 5 б. Долоні на підлозі – 4 б. Кістяшки пальців торкаються підлоги – 3 б. Кінчики пальців торкаються підлоги – 2 б.	0,93	0,8
	Тести на швидкість				
	1. Човниковий біг по піску	3 по 25 м	Час проходження дистанції: 30с- 5 б., 35с – 4 б. 40с – 3 б., 45с – 2 б. 50с – 1 б.	-0,96	0,88
III. Оперативний контроль (від одного тренування до одного тижня). Мета: вимірювання техніко тактичних показників	2. Кидки м'яча у кошик з "ліктів" із пересуванням по лінії штрафного кидка приставним кроком	До 10 влучних кидків	Кількість невлучних кидків: 1-2 – 5 б., 3-4 – 4 б., 5-6 – 3 б., 7-8 – 2 б., 9-10 – 1 б.	0,54	0,73
	3. Прискорення із веденням м'яча і атакою кошика з подвійного кроку (на протилежні кільця)	5 забитих м'ячів	35 с – 5 б., 40 с – 4 б., 45 с – 3 б., 50 с – 2 б., 55 с – 1 б.	0,43	0,87
	4. Біг з одночасним веденням двох м'ячів	60 метрів (2 баскетбольні майданчики)	20 с – 5 балів 23 с – 4 б., 26 с – 3 б. 29 с – 2 б., 32 с – 1 б.	0,55	0,78
	5. Ведення м'яча на місці у низькій широкій стійці "вісімокою"	30 с	25 "вісімок" – 5 балів 20 "вісімок" – 4 бали 15 "вісімок" – 3 бали 10 "вісімок" – 2 бали 5 "вісімок" – 1 бал	0,41	0,73
	6. Штрафні кидки	20 спроб	16 влучань – 5 балів, 14 вл. – 4 б., 12 вл. – 3 б. 10 вл. – 2 б., 8 вл. – 1 б.	0,9	0,88

У цьому випадку доцільно використовувати певний алгоритм побудови моделі РД людини. Перехід до рівнянь більш високого порядку здійснювати доти, поки остаточна дисперсія продовжує суттєво зменшуватися. При цьому визначення, чи суттєво зменшується остаточна дисперсія, перевіряється за статистичними критеріями відмінності (наприклад, у даному випадку більш коректним є використання F критерію Фішера). Як тільки остаточна дисперсія зменшилася незначно (недостовірно), перехід до рівнянь регресії більш високого порядку слід припинити й апроксимацію вважати достовірною (Венецький, 1979). Далі необхідно зробити: аналіз природи зв'язків показників, що увійшли до регресійної моделі, й визначити їх логічний зміст, що включає системний опис техніки РД на макро – та мікро рівнях; провести індивідуальну оцінку технічних дій за складними моделями, а потім зробити прогноз поліпшення окремого критерію оцінки техніки РД, змінюючи той чи інший параметр правої або лівої частини рівняння [2, 3].

Наприклад: прогноз стану фізичної підготовленості студентів на основі множинного регресійного аналізу має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 Y = & 8,952 + 0,598x_1 + 0,766x_2 - 0,119x_3 + 0,569x_4 - \\
 & - 0,414x_5 - 0,317x_6 + 0,359x_7 - 0,299x_8 - 0,279x_9 - \\
 & - 0,568x_{10} + 0,141x_{11} - 0,360x_{12} + 0,032x_{13} - 0,462x_{14} + 0,178x_{15},
 \end{aligned}$$

де u – основний показник, який мав найбільший внесок у стан фізичної підготовленості (у даному випадку найбільший внесок здійснив показник підтягування на перекладині), x_1 – біг "ялинка", x_2 – згинання-розгинання рук в упорі лежачі, x_3 – стрибок у довжину з місця, x_4 – човниковий біг 4x9 м, x_5 – динамометрія (ліва рука), x_6 – біг 1500 м, x_7 – стрибок вгору з місця, x_8 – стрибок вгору на блок, x_9 – кидок набивного м'яча з-за голови в стрибку, x_{10} – кидок набивного м'яча з-за голови сидячи, x_{11} – динамометрія (права рука), x_{12} – стрибок вгору з розбігу, x_{13} – нахил тулуба, x_{14} – кидок набивного м'яча з-за голови стоячи, x_{15} – біг 60 м.

Загальний висновок. Головний зміст сучасного біомеханічного аналізу полягає у тому, що тіло людини розглядається не як матеріальна точка, а як складна біомеханічна система, котра має біоланки, біопари, біоланцюги, які з м'язовою системою та кістковими важелями засновують опорно-руховий апарат тіла людини, за допомогою якого і виконуються всі рухові дії. Це і є головною ідеєю досліджень де, за теоретичними положеннями, визначаються кількісні характеристики рухів людини, їх реєстрація, обробка, взаємозв'язок та практичне використання в обов'язковому алгоритмі: 1. Біомеханічний аналіз; 2. Біомеханічне моделювання; 3. Біомеханічне тестування; 4. Біомеханічний прогноз.

У сучасній біомеханіці гармонійно переплітаються ідеї і методи оптимізації рухової діяльності, функціонального і системно-структурного підходів, моделювання та автоматизований контроль за вдосконаленням роботи рухової функції тіла людини. Але головною залишається думка і праця дослідника, що досягає закономірності рухів, педагога, який використовує ці досягнення в навчальному і тренувальному процесі.

Використані джерела

1. Архипов О. А. Біомеханічний аналіз : [навчальний посібник, 2-ге вид] / О.А. Архипов – Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2014. – 242 с.
2. Архипов О. А. Біомеханічні технології у фізичній підготовці студентів. Монографія / О. А. Архипов. – Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – 520 с.
3. Жула В.П. Використання методів біомеханічного контролю у навчально-тренувальному процесі студентів під час занять волейболом / В.П. Жула / Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць. Випуск 15. – Вінниця : ТОВ "Ландо ЛТД", 2013. – С. 95–98.
4. Носко М.О. Біометрія рухових дій людини. Монографія. / М.О. Носко, О.А. Архипов [за заг. ред. О.А. Архипова]. – Київ : Слово, 2011. – 216 с.
5. Носко Н.А. Педагогические основы обучения молодежи и взрослых движениям со сложной биомеханической структурой / Н. А. Носко. – К. : Наук. світ, 2000. – 336 с.
6. Носко М.О. Теоретичні та методичні основи формування рухової функції у молоді під час занять фізичною культурою та спортом : дис. док. пед. наук: 13.00.09. / М.О. Носко – К., 2003. – 430 с.
7. Носко М.О. Основи у підготовці фахівця з фізичного виховання / М.О. Носко, І.А. Бріжата, С.В. Гаркуша – К.: МП Леся, 2012. – 236 с.
8. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям. – К.: Здоров'я, 1986. – 336 с.
9. Лапутин А.Н. Олимпийскому спорту – высокие технологии. – К. : Знання, 1999. – 164 с.

Nosko M., Arkhipov O., Polovnikov I.

FEATURES OF THE MOTOR FUNCTIONS OF THE HUMAN IN THE MODERN BIOMECHANICAL ANALYSIS

Biomechanical analysis is one of the means of studying the motion of human's activity and its main components are the following : biostatic, biokinematic, biodynamic, bioenergetic analyses. It is an effective logical method of studying of complex multilevel systems, with the help of which human's movements are divided into separate components (phases), which are then differentially examined in order to get their deeper understanding as a whole. Biomechanical analysis starts from the measuring of biomechanical characteristics of movement. Then the regularities of their cooperation and the elements that make the system as a whole are established. Except this in case of necessity the contribution of each element into implementation of its target function is determined. A wide range of basic knowledge from mechanics is used in the process of analysis. The most important of them include first of all the concepts about mechanical movement of a human, who makes his ORA under control of consciousness and is measured with quantitative biomechanical characteristics and is analyzed with methods of mathematic statistics.

The work deals with the main principles and requirements to modern biomechanical analysis where the peculiarities of human's motional function are investigated according to required algorithm : biomechanical analysis – biomechanical modeling – biomechanical testing – biomechanical prediction.

Key words : student youth, physical education, motional function, biomechanical analysis.

Стаття надійшла до редакції 07.09.2015 р.