РОЗДІЛ 2

БІОМЕХАНІЧНІ, ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ ТА СПОРТІ

УДК 796.015.6-057.87

Архипов О.А.

БІОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ СТАТОКІНЕЗІОГРАМ ДЛЯ ОЦІНКИ ФАКТОРІВ СТІЙКОСТІ У СТУДЕНТІВ ДО І ПІСЛЯ РУХОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

В роботі досліджуються основні біомеханічні показники статокінезіограми у фізичній підготовці студентів для оцінки координаційних критеріїв стійкості до і після навантаження на заняттях з фізичного виховання, а також реєстрація показників постави, які характеризують розвиток головних м'язів тулуба, тобто: амплітудно-частотних, векторних та інтегральних показників коливань загального центру мас (ЗЦМ).

***Ключові слова**: біомеханічний аналіз, статокінезіограми, фізична підготовка студентів, фактори критеріїв стійкості.*

Актуальність. Трудова та спортивна рухова діяльність у багатьох випадках вимагає від людини здатності досить економічно і з високим робочим ефектом утримувати певні робочі пози, видозмінювати їх, зберігаючи рівновагу свого тіла у просторі. Біомеханічно раціональні рухи та пози часто визначають кінцевий результат тієї чи іншої діяльності людини й тому є предметом детального дослідження фахівців. Ще у минулому столітті угорський лікар Ромберг ввів у клінічну практику спостереження за вертикальним положенням тіла та розробив методику оцінки ступеню коливання тіла і тремору кінцівок. Ним було доведено, що оцінка вертикального положення тіла за рахунок кількісних біомеханічних критеріїв стійкості є важливим індикатором функціонального стану організму людини, її здоров'я [6, 8, 10, 12].

У практиці спорту часто зустрічаються різні статичні положення та пози. До таких статичних положень відносять різні стійки, виси, упори у спортивній гімнастиці, стартові положення у легкій атлетиці, плаванні та інших видах спорту, пози важкоатлетів, стрільців тощо. Роль цих положень та поз, як елементів спортивної техніки може бути зовсім різною, якщо розглядати їх основні три фази – початкову, проміжну та кінцеву. Залежно від того, до якої з цих фаз належить досліджувана статична поза, можна конкретно оцінити її роль в ефективному розв'язанні рухового завдання. Про значну роль статичних положень та поз у спорті свідчить і той факт, що у змаганнях за суддівськими правилами регламентується фіксація статичних поз [8, 9, 11].

© Архипов О.А., 2016

Процес збереження положення та пози тіла – це складний процес управління та регуляції. Тіло людини, з біомеханічної точки зору, у біостатиці можна уявити як багатоланкову механічну систему, що складається з ряду ланок, котрі не деформуються. Ці ланки з'єднані за допомогою шарнірів, в котрих діють суглобні моменти, що забезпечують жорсткість статичного положення усієї рухомої системи. Для оцінки умов рівноваги тіла людини нині досить широко застосовується методика стабілографії. Останнім часом ця методика, окрім дослідження власне біомеханічних основ стійкості, застосовується також для вивчення функціонального стану організму людини, стерпності до навантажень різного характеру, оцінки координаційних можливостей людини з точки зору професійного відбору. За всієї складності електронного комплексу апаратури, що використовується у методиці стабілографії, людина за час вимірювань не обтяжується прикріпленням датчиків до біоланок її тіла: їй лише необхідно стати на стабілографічну платформу та виконати відповідний контрольний тест [1-5].

Метод стабілографії дає змогу вивчати біомеханічні характеристики рухів людини, а також дозволяє:

– кількісно оцінювати стійкість тіла людини та системи тіл;

– контролювати хід навчання різних видів рівноваги в оздоровчому тренуванні та спорті;

– проводити тестування стану спортсменів перед змаганням;

– визначати адаптацію до тренувальних навантажень;

– здійснювати професіональний відбір найздатніших індивідуумів за головними кількісними показниками стабілографії, їх три:

1) чим більше час утримання рівноваги ($t_{ЗЦМ}$) в заданій біостатичній позі (БП), тим краще розвинений вестибулярний аналізатор, тому $t_{ЗЦМ} \rightarrow max$;

2) чим менше амплітуда коливань ЗЦМ ($A_{ЗЦМ}$) у фронтальній та сагітальній площинах, тим краще розвинений вестибулярний аналізатор, тому $A_{ЗЦМ} \rightarrow min$;

3) чим більше частота коливань ЗЦМ ($\gamma_{ЗЦМ}$), або кількість коливань ЗЦМ в одиницю часу у фронтальній та сагітальній площинах, тим краще розвинений вестибулярний аналізатор:

$\gamma_{ЗЦМ} = n/t$ (гц) $\rightarrow$ max (рис. 1: б, в.).

Сучасні дослідження свідчать про те, що частота коливань ЗЦМ є головним чинником розвитку міжм'язової координації і вестибулярного аналізатору та знаходиться в межах:

– у звичайної людини – 4-6 гц, 4-6 коливань за сек.;

– у спортсменів – 10-12 гц, 10-12 коливань за сек.;

– окремі види спорту – 15-18 гц, 15-18 коливань за сек.;

– акробати-еквілібристи – 20-25 гц, 20-25 коливань за сек.

Іншими словами це означає, що чим більше частота коливань ЗЦМ при виконанні вправ на рівновагу, тим більше разів за одиницю часу тіло людини повертається у положення стійкої рівноваги. Тому ймовірність падіння зменшується і якість виконання вправи висока [4, 5].

Резюме. Як бачимо, метод стабілографії дає змогу кількісно оцінювати стійкість тіла людини та системи тіл; контролювати хід навчання різних видів рівноваги в оздоровчому тренуванні та спорті; проводити тестування стану спортсменів перед змаганням; вивчати стерпніть до тренувальних навантажень; здійснювати на основі даних стабілографії найбільш здібних людей для виконання певних професійних обов'язків; фіксувати приймання людиною певних фармакологічних препаратів і алкоголю; проводити реабілітацію хворих після перенесення важких хвороб та різних травм.

Мета: дослідити біомеханічні показники статокінезіограми у фізичній підготовці студентів для оцінки координаційних критеріїв стійкості до і після навантаження на заняттях з фізичного виховання, а також реєстрація показників постави, які характеризують розвиток головних м'язів тулуба, тобто: амплітудно-частотних, векторних та інтегральних показників коливань загального центру мас (ЗЦМ).

Об'єкт: студенти основної групи 1,2 курсів з середнім рівнем розвитку фізичного стану (рис. 1, а).

У коливальний процес ЗЦМ і ЦТ, що і є предметом дослідження при стабілометрії, нерівнозначно інтегрують свій внесок ведучі сенсорні системи людини: вестибулярна, проприоцептивна і, у меншому ступені, зорова системи.

Організація та методи досліджень:

1. За поставленою метою був проведений спеціальний педагогічний експеримент з участю юнаків-студентів (n=95) І-3 курсів (основна група та група спортивного вдосконалення) Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка, які займались фізичним вихованням два-три рази на тиждень по дві години. Рухова активність цих студентів не перевищувала нормативів програми фізичного виховання вищих навчальних закладів. Студенти не мали відхилень та вад у своєму здоров'ї. Ми взяли показники у І та ІІ семестрах з вересня 2011 по лютий 2016 навчального року. Для порівняння на початку навчального року ми взяли контрольну групу (n=68) студентів І курсу того ж факультету і приблизно того ж рівня підготовки й порівняли всі їх амплітудно-частотні характеристики.

2. Метод комп'ютерної стабілографії апаратно-програмного комплексу "Стабілоаналізатор з біологічним зворотнім зв'язком – Стабілан 01-2" (ЗАТ ОКБ "Ритм", м. Таганрог, 2009), який дозволяє здійснювати об'єктивну реєстрацію коливань ЗЦМ, як переміщення центра тиску, що фіксуються датчиками стабілоплатформи на якій знаходиться людина (рис. 1).

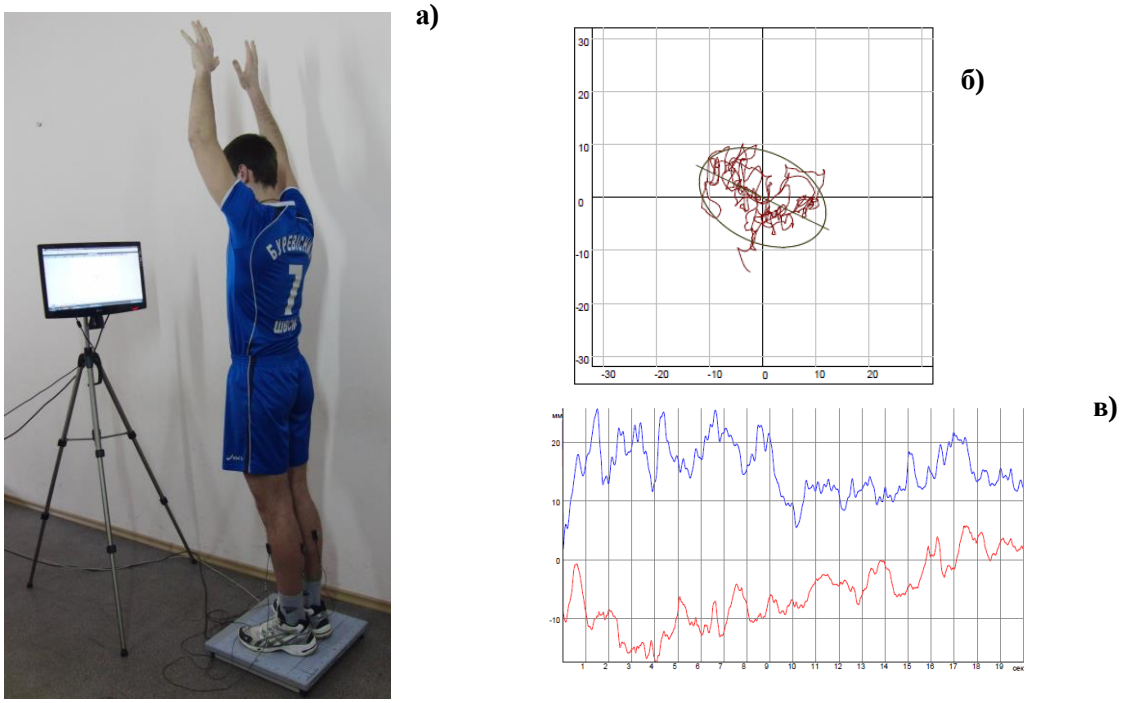

**Рис. 1. а) Ускладнена поза Ромберга за 20 с.
(основна стійка на носках, стопи на ширині плеч, руки вгору)
на стабілоплатформі апаратно-програмного комплексу "Стабілоаналізатор з біологічним зворотнім зв'язком – Стабілан (01-2)" з реєстрацією на ПК в реальному часі:
б) годографа стабілограми (проекції коливань ЗЦМ на горизонтальній площині);
в) часу, амплітуди та частоти коливань ЗЦМ у напрямках: вперед-назад, вправо-вліво**

Апаратно-програмний комплекс "Статокінезіметр – Стабілан (01-2)" використовувався по своєму прямому призначенню: для дослідження функції рівноваги і статокінетичної стійкості людини методом комп'ютерної стабілографії (у термінології закордонних колег – статокінезіометрії). Відомо, що під час довільної підтримки вертикальної пози постійно здійснюється так звана "рухливу рівновагу" (Н.А. Бернштейн, 1947; А.А. Ухтомский, 1954). Його сутність полягає в безупинному перерозподілі м'язового тонусу в основних групах анти гравітаційної мускулатури, спрямованому, в остаточному підсумку, на стабілізацію положення в просторі тіла людини і, зокрема , таких його результуючих параметрів, як загальний центр мас (ЗЦМ) і центр тиску (ЦТ) [8, 9].

До переваг комп'ютерної стабілографії можна віднести:

– комфортність обстеження, що проводиться на спеціальної стабілоплатформі в одязі і взутті в вертикальному положенні чи сидячи, тобто в комфортних умовах, що не вимагають спеціальної підготовки пацієнта чи кріплення на ньому датчиків;

– малий час обстеження, що складається з часу знімання інформації (звичайно в межах 20-60 секунд) і часу перегляду отриманих даних і аналізу результатів обробки, що при масових обстеженнях не перевищує 1-2 хвилини; інформативність дослідження, що дозволяє оцінювати як загальний стан людини, так і стан цілого ряду фізіологічних систем, що беруть участь у процесі підтримки вертикальної пози;

– високу чутливість до впливу на людину, що дозволяє об'єктивно оцінювати його реакцію на фізичні і психічні впливи, на прийом лікарських засобів і навіть запахи;

– багатофункціональність, що дозволяє використовувати стабілографію, як діагностичний засіб широкого спектра захворювань і перед-захворювань, як засіб контролю й об'єктивну оцінку впливів на людину, а також як засіб реабілітації порушень статокінетичної функції людини, тренування її координації.

3. Методи математичної статистики: метод середніх величин (розрахунок: ***X, σ, V, m***), вибірковий метод (розрахунок критеріїв узгодженості: ***t – Стьюдента, χ2 – Пирсона***) та кореляційний аналіз (розрахунок парного коефіцієнту кореляції: $r_{x/y}$ – ***Браве-Пірсона***) [7, 11].

Результати досліджень та їх обговорення.

В результаті проведених досліджень база даних досліджуваного значно розширена і включала обробку 65-ти біомеханічних показника оцінки координаційних критеріїв стійкості чотирьох основних груп факторів:

1) значення традиційних параметрів амплітудно-частотних характеристик коливань ЗЦМ обробки статокінезіограми (№№ 1-21);

2) інтегральні показники коливань ЗЦМ (№№ 22-43),

3) параметри векторного аналізу (№№ 44-61),

4) показники біоелектричної активності скелетних м'язів передньої поверхні лівої та правої гомілок (№№ 62-65). Біомеханічні показники оцінки координаційних критеріїв стійкості представлені нижче:

І. Параметри амплітудно-частотних характеристик коливань ЗЦМ:

1. ***MO(x), мм*** – зміщення коливань ЗЦМ по фронтальній осі (ФО):

$$X_{\text{ср}} = \frac{1}{\text{N}}\sum_{i=1}^{N} X_i \text{ , мм}$$

2. ***MO(y), мм*** – зміщення коливань ЗЦМ по сагітальній осі (СО):

$$Y_{\text{ср}} = \frac{1}{\text{N}}\sum_{i=1}^{N} Y_i \text{, мм.}$$

3. ***Q(x), мм*** – розкид коливань ЗЦМ по ФО:

$$Q_x = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - X_{\text{ср}})^2} \text{, мм.}$$

4. ***Q(y), мм*** – розкид коливань ЗЦМ по СО:

$$Q_y = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(Y_i - Y_{\text{ср}})^2} \text{, мм.}$$

5. ***R, мм*** – середній розкид коливань ЗЦМ:

$$R = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sqrt{(X_i - X_{\text{ср}})^2 + (Y_i - Y_{\text{ср}})^2} \text{, мм.}$$

6. ***V, мм/сек*** – середня швидкість переміщення центру тиску ЗЦМ:

$$V_{\text{ср}} = \frac{L}{T} \text{, мм/с.}$$

7. ***SV, кв.мм/сек*** – швидкість зміни площі статокінезіограми:

$$V_s = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{N-1}\frac{1}{2}\left|X_iY_{i+1} - X_{i+1}Y_i - X_{\text{ср}}(Y_{i+1} - Y_i) - Y_{\text{ср}}(X_i - X_{i+1})\right| \text{, мм}^2\text{/с.}$$

8. ***Angle, град*** – середній напрямок коливань ЗЦМ

$$\alpha = \begin{cases} 90° - \frac{1}{2}\,arctg\,\frac{2\cdot Cov(X,Y)}{D(X)-D(Y)}, & D(X) > D(Y) \\ 90° + \frac{1}{2}\,arctg\,\frac{2\cdot Cov(X,Y)}{D(X)-D(Y)}, & D(Y) > D(X) \end{cases}.$$

9. ***EllS, кв.мм*** – площа еліпсу коливань ЗЦМ:

$$S_{\acute{y}\text{в}\text{в}} = 21n\,\frac{1}{1-\beta}\sqrt{D(X)\cdot D(Y) - Cov(X,Y)^2}.$$

10. ***EllE*** – коефіцієнт стиску:

$$k = \frac{\frac{D(X)+D(Y)}{2} + \sqrt{\left(\frac{D(X)-D(Y)}{2}\right)^2 + Cov(X,Y)^2}}{\frac{D(X)+D(Y)}{2} - \sqrt{\left(\frac{D(X)-D(Y)}{2}\right)^2 + Cov(X,Y)^2}}.$$

11. ***IV*** – індекс швидкості: $I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2}$, мм/с.

12. ***OD*** – оцінка руху: $OD = \frac{L}{R\cdot T}\cdot 20c$, рад/с.

13. ***KAss0(x),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно нуля по ФО
14. ***KAss0(y),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно нуля по СО
15. ***KAssM(x),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно зміщення ЗЦМ по ФО
16. ***KAssM(y),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно зміщення ЗЦМ по СО
17. ***KAssO'(x),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно моди по ФО
18. ***KAssO'(y),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно моди по СО
19. ***KAssE(x),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно медіани по ФО
20. ***KAssE(y),%*** – коефіцієнт ассіметрії відносно медіани по СО.

$$K_{ass} = \frac{S(+)-S(-)}{S(+)+S(-)} \times 100\%.$$

21. ***Kriv, рад/мм*** – коефіцієнт кривизни зміщення ЗЦМ.

II. Інтегральні показники коливань ЗЦМ

22. ***LX, мм*** – довжина траєкторії переміщення ЗЦМ по ФО:
$LX = \sum_{i=1}^{N}(X_i - X_{i-1})$, мм.
23. ***LY, мм*** – довжина траєкторії переміщення ЗЦМ по СО:
$LY = \sum_{i=1}^{N}(Y_i - Y_{i-1})$, мм.
24. ***LFS, 1/мм*** – довжина переміщення ЗЦМ в залежності від його площі еліпсу
$\mathrm{LFS} = \frac{L}{S}$, 1/мм.
25. ***КФР,%*** – якість функції рівноваги
26. ***НПВ, кв.мм./с*** – нормована площа векторограми:
$V_{SV} = \frac{1}{2T}\sum_{i=1}^{N-1}\left|\dot{X}_i \dot{Y}_{i+1} - \dot{X}_{i+1}\dot{Y}_i\right|$.
27. ***КРИНД,%*** – коефіцієнт різкої зміни напрямку руху.
28. ***ЛСС, мм/сек*** – середня лінійна швидкість:
$V_{\text{ср}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{V_i}{T}$.
29. ***АВЛС, мм/сек*** – амплітуда варіації лінійної швидкості:
$\Delta V_{\text{ср}} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1}|\Delta V_i|$.
30. ***ПВЛС, сек*** – період варіації лінійної швидкості:
$T_{\text{ср}} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1} T_i$.
31. ***УСС, град/сек*** – середня кутова швидкість:
$\Omega_{\text{ср}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{\Delta\varphi_i}{T_{\text{д}}}$.
32. ***АВУС, град/сек*** – амплітуда варіації кутової швидкості.
33. ***ПВУС, сек*** – період варіації кутової швидкості.
34. ***КАУС,%*** – коефіцієнт ассіметрії кутової швидкості:
$K_{ass} = \frac{N_1 - N_2}{N} \cdot 100\%$
35. ***НУС, об.*** – накопичений кут зміщення:
$$\varphi = \sum_{i=1}^{N-1}\Delta\varphi_i$$
36. ***ЛСС_ф, мм/сек*** – середня лінійна швидкість по ФО:
$$V_{x_{\text{ср}}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{V_{x_i}}{T}$$
37. ***ЛСС_с, мм/сек*** – середня лінійна швидкість по СО:
$$V_{y_{\text{ср}}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{V_{y_i}}{T}$$
38. ***КАЛС_ф,%*** – коефіцієнт ассіметрії лінійної швидкості по ФО:
$K_{ass} = \frac{N_1 - N_2}{N} \cdot 100\%$.

39. ***КАЛС_с,%*** — коефіцієнт ассіметрії лінійної швидкості по СО:
$$K_{ass} = \frac{N_1 - N_2}{N} \cdot 100\%.$$
40. ***МВ, кв.мм./с*** – потужність векторограми:
$$PV = \frac{\sum_{i=1}^{N} v^2{}_i}{T}.$$
41. ***ЛС/УС, мм/град*** – співвідношення лінійної і кутової швидкостей:
$$LUS = \frac{V_{ср}}{\Omega_{ср}}$$

*III. В*екторні *показники коливань ЗЦМ*

42. ***F1(S), Гц*** – частота першого по амплітуді піку на спектрі СО.
43. ***A1(S), мм*** – амплітуда першого по амплітуді піку на спектрі СО.
44. ***F2(S), Гц*** – частота другого по амплітуді піку на спектрі СО.
45. ***A2(S), мм*** – амплітуда другого по амплітуді піку на спектрі СО.
46. ***F3(S), Гц*** – частота третього по амплітуді піку на спектрі СО.
47. ***A3(S), мм*** – амплітуда третього по амплітуді піку на спектрі СО.
48. ***F2(F), Гц*** – частота другого піку на спектрі ФО.
49. ***F1(F), Гц*** – частота першого піку на спектрі ФО.
50. ***A1(F), мм*** – амплітуда першого піку на спектрі ФО.
51. ***A2(F), мм*** – амплітуда другого піку на спектрі ФО.
52. ***F3(F), Гц*** – частота третього піку на спектрі ФО.
53. ***A3(F), мм*** – амплітуда третього піку на спектрі ФО.
54. ***60%Pw(F), Гц*** – рівень 60% потужності спектру по ФО.
55. ***Pw1(F),%*** – спектральна потужність стабілограми першої зони по ФО:
$$Pw1_{ф} = \sum_{f=0}^{0,2} FSp_f \cdot \Delta f.$$
56. ***Pw2(F),%*** – спектральна потужність стабілограми другої зони по ФО:
$$Pw2_{ф} = \sum_{f=0,2}^{2} FSp_f \cdot \Delta f.$$
57. ***Pw3(F),%*** – спектральна потужність стабілограми третьої зони по ФО:
$$Pw3_{ф} = \sum_{f=2}^{6} FSp_f \cdot \Delta f.$$
58. ***60%Pw(S), Гц*** – рівень 60% потужності спектру по СО.
59. ***Pw1(S),%*** – спектральна потужність стабілограми першої зони по СО:
$$Pw1_{п} = \sum_{f=0}^{0,2} FSp_f \cdot \Delta f.$$
60. ***Pw2(S),%*** – спектральна потужність стабілограми другої зони по СО:
$$Pw2_{п} = \sum_{f=0,2}^{2} FSp_f \cdot \Delta f.$$
61. ***Pw3(S),%*** – спектральна потужність стабілограми третьої зони по СО:
$$Pw3_{с} = \sum_{f=2}^{6} FSp_f \cdot \Delta f.$$

IV. Показники біоелектричної активності передньої та задньої поверхней скелетних м'язів лівої та правої гомілок (середня амплітуда за 20 с)

62. ***Ampl, мВ-1-*** електроміограма (ЕМГ) передньої поверхні м'язів лівої гомілки.
63. ***Ampl, мВ-2*** – ЕМГ передньої поверхні м'язів правої гомілки.
64. ***Ampl, мВ-3*** – ЕМГ задньої поверхні м'язів лівої гомілки.
65. ***Ampl, мВ-4*** – ЕМГ задньої поверхні м'язів правої гомілки.

Результати математико-статистичної обробки всіх біомеханічних показники статокінезіограми при виконанні ускладненої пози Ромберга за 20 с. (основна стійка на носках, стопи на ширині плеч, руки вгору) до і після навантаження на заняттях з фізичного виховання представлені у таблиці 1.

Отримані результати ще раз свідчать, що молодь, яка активно займалася фізичною культурою має кращі показники статокінезіограми ЗЦМ тіла: при суттєво незмінній площі еліпсу коливань ЗЦМ до і після навантаження (*EllS – 3605 і 4003 кв. мм; α>5%)* – всього кількість достовірних відмінностей 27 (42% α<5%).

Таблиця 1

Кількісні данні математико-статистичної обробки біомеханічних показників статокінезіограм при виконанні ускладненої пози Ромберга (до навантаження – верхній показник, після навантаження – нижній показник; (n=30).

	Біомеханічні показники статокінезіограми	x	σ	V	m	χ2 – Пирсона ($\chi 2_{гр.}$= 0,34)	t –Стьюдента ($t_{гр.}$= 2,01)
1.	*MO(x), мм*	7,89 8,19	1,05 1,18	13,30 14,44	0,33 0,37	0,31	0,62
2.	***MO(y), мм***	6,61 8,84	0,87 1,26	13,11 14,25	0,27 0,40	0,22	**4,62**
3.	***Q(x), мм***	11,14 9,75	1,54 1,43	13,87 14,66	0,49 0,45	0,03	**2,08**
4.	*Q(y), мм*	19,76 19,84	2,78 2,86	14,04 14,41	0,88 0,90	-0,12	0,06
5.	*R, мм*	19,27 19,13	3,12 2,57	16,19 13,44	0,99 0,81	0,10	0,11
6.	***V, мм/сек***	92,84 68,16	12,59 9,72	13,56 14,26	3,98 3,07	0,25	**4,91**
7.	***SV, кв.мм/сек***	570,72 317,17	84,17 46,08	14,75 14,53	26,6 14,6	0,27	**8,36**
8.	***Angle,град***	4,40 9,93	0,56 1,48	12,80 14,94	0,18 0,47	0,12	**11,02**
9.	*EllS, кв.мм*	3605,5 4003,1	559,24 571,69	15,51 14,28	177 180	-0,17	1,57
10.	*EllE*	1,58 1,73	0,23 0,20	14,31 11,79	0,07 0,06	**0,37**	1,55
11.	***IV***	56,82 41,03	7,66 4,38	13,49 10,67	2,42 1,38	0,29	**5,65**
12.	*OD*	90,54 87,51	12,82 12,86	14,16 14,70	4,06 4,07	0,06	0,53
13.	*KAss0(x), %*	50,23 46,20	7,03 4,91	13,99 10,63	2,22 1,55	0,10	1,49
14.	***KAss0(y), %***	23,90 44,97	3,23 6,68	13,52 14,85	1,02 2,11	-0,15	**8,98**
15.	*KAssM(x), %*	15,23 15,43	2,22 2,31	14,60 15,00	0,70 0,73	-0,27	0,20
16.	*KAssM(y), %*	12,97 14,50	1,75 2,15	13,51 14,80	0,55 0,68	0,08	1,75
17.	*KAssO(x), %*	25,63 27,13	3,62 3,92	14,14 14,44	1,15 1,24	0,27	0,89
18.	***KAssO(y), %***	51,43 72,67	6,75 8,05	13,12 11,08	2,13 2,55	-0,08	**6,39**
19.	***KAssE(x), %***	4,30 7,80	0,60 1,10	13,86 14,04	0,19 0,35	0,25	**8,88**
20.	***KAssE(y), %***	63,20 75,73	9,82 10,84	15,53 14,31	3,10 3,43	0,15	**2,71**
21.	***Kriv, рад/мм***	0,36 0,49	0,04 0,07	10,93 14,60	0,01 0,02	-0,28	**5,21**
22.	***LX, мм***	698,83 546,76	90,31 75,79	12,92 13,86	28,6 24	0,06	**4,08**
23.	***LY, мм***	1448,5 1280,3	205,88 138,15	14,21 10,79	65,1 43,7	-0,02	**2,15**
24.	***LFS, 1/мм***	0,55 0,65	0,08 0,09	14,48 13,57	0,03 0,03	0,09	**2,76**
25.	***КФР, %***	1,38 2,76	0,20 0,41	14,38 14,97	0,06 0,13	-0,05	**9,54**
26.	*НПВ, кв.мм./с*	11,09 11,85	1,48 1,11	13,31 9,38	0,47 0,35	0,04	1,30
27.	***КРИНД, %***	11,05 13,53	1,22 1,96	11,09 14,46	0,39 0,62	0,06	**3,40**
28.	*ЛСС, мм/сек*	72,29 68,59	8,57 4,00	11,85 5,84	2,71 1,27	**0,56**	1,24
29.	*АВЛС, мм/сек*	50,04 50,86	4,85 6,44	9,69 12,66	1,53 2,04	0,13	0,32
30.	*ПВЛС, сек*	0,52 0,52	0,02 0,02	4,23 4,45	0,01 0,01	**0,42**	0,27
31.	*УСС, град/сек*	21,35 22,84	2,58 2,31	12,09 10,12	0,82 0,73	0,05	1,36
32.	*АВУС, град/сек*	26,10	3,28	12,56	1,04	-0,01	0,40

	Біомеханічні показники статокінезіограми	x	σ	V	m	χ2 – Пирсона ($\chi 2_{гр.}$= 0,34)	t –Стьюдента ($t_{гр.}$= 2,01)
		25,53	3,11	12,17	0,98		
33.	***ПВУС, сек***	0,50 0,46	0,03 0,03	6,24 5,90	0,01 0,01	-0,13	**2,77**
34.	***КАУС, %***	7,96 9,71	1,13 1,41	14,24 14,57	0,36 0,45	-0,36	**3,05**
35.	*НУС, об.*	5,81 5,67	0,81 0,77	13,87 13,62	0,25 0,24	-0,36	0,39
36.	*ЛСС_ф, мм/сек*	29,12 27,39	3,17 2,36	10,88 8,63	1,00 0,75	0,20	1,38
37.	*ЛСС_с, мм/сек*	58,04 57,75	7,16 7,64	12,33 13,23	2,26 2,42	-0,14	0,09
38.	*КАЛС_ф, %*	1,91 2,04	0,28 0,30	14,66 14,49	0,09 0,09	0,08	1,04
39.	*КАЛС_с, %*	1,09 1,16	0,15 0,17	13,88 14,76	0,05 0,05	0,31	1,03
40.	*МВ, кв.мм./с*	153,58 150,76	22,94 22,42	4,94 14,87	7,25 7,09	0,12	0,28
41.	*ЛС/УС, мм/град*	3,45 3,33	0,44 0,48	12,69 14,53	0,14 0,15	-0,28	0,60
42.	***F1(F), Гц***	0,25 0,21	0,04 0,03	4,21 14,80	0,01 0,01	-0,08	**2,89**
43.	***A1(F), мм***	2,43 3,74	0,30 0,57	12,37 15,26	0,10 0,18	-0,17	**6,43**
44.	*F2(F), Гц*	0,42 0,37	0,06 0,05	14,87 12,94	0,02 0,02	-0,34	1,79
45.	***A2(F), мм***	2,248 3,261	0,204 0,47	9,094 14,56	0,06 0,15	0,15	**6,18**
46.	*F3(F), Гц*	0,49 0,49	0,06 0,07	12,22 14,97	0,02 0,02	-0,43	0,16
47.	*A3(F), мм*	2,176 2,24	0,257 0,24	11,8 10,72	0,08 0,08	0,14	0,57
48.	*60%Pw(F), Гц*	0,97 0,91	0,13 0,13	13,28 14,91	0,04 0,04	-0,02	1,16
49.	*Pw1(F), %*	14,47 16,17	2,08 1,84	14,38 11,38	0,66 0,58	0,11	1,94
50.	*Pw2(F), %*	69,00 67,50	4,86 4,75	7,04 7,04	1,54 1,50	0,26	0,70
51.	*Pw3(F), %*	18,13 17,50	2,67 2,42	14,75 13,81	0,85 0,76	0,16	0,56
52.	***F1(S), Гц***	0,21 0,18	0,03 0,02	14,53 12,17	0,01 0,01	**0,52**	**2,44**
53.	*A1(S), мм*	6,474 6,99	0,945 1,04	14,59 14,90	0,299 0,33	-0,13	1,15
54.	*F2(S), Гц*	0,28 0,22	0,04 0,03	14,39 14,17	0,01 0,01	0,29	3,95
55.	*A2(S), мм*	4,75 4,88	0,68 0,73	14,40 14,92	0,22 0,23	-0,07	0,41
56.	*F3(S), Гц*	0,44 0,43	0,05 0,06	12,25 14,70	0,02 0,02	-0,12	0,24
57.	*A3(S), мм*	3,75 4,02	0,44 0,45	11,60 11,16	0,14 0,14	-0,19	1,35
58.	*60%Pw(S), Гц*	1,18 1,12	0,09 0,12	8,06 10,61	0,03 0,04	0,26	1,28
59.	***Pw1(S), %***	13,30 15,00	0,65 2,02	4,90 13,45	0,21 0,64	-0,37	**2,54**
60.	*Pw2(S), %*	64,77 61,20	6,44 2,72	9,95 4,45	2,04 0,86	0,23	1,61
61.	*Pw3(S), %*	23,20 23,00	3,24 2,27	13,97 9,89	1,03 0,72	-0,16	0,16
62.	***Ampl, мВ-1***	0,55 0,80	0,07 0,09	12,89 11,05	0,02 0,03	-0,26	**6,88**
63.	***Ampl, мВ-2***	0,58 0,76	0,07 0,10	12,55 12,88	0,02 0,03	-0,54	**4,65**
64.	***Ampl, мВ-3***	0,59 0,93	0,08 0,11	13,84 12,26	0,03 0,04	0,04	**7,62**
65.	***Ampl, мВ4***	0,30 0,65	0,04 0,09	14,34 14,62	0,01 0,03	-0,04	**10,68**
Кількість достовірних відмінностей						**4 (α<1%)**	**27 (α<5%)**

Причому: в першій групі їх 11 (52%): 2, 3, 6, 7, 8, 11,14, 18, 19, 20, 21; в другій групі їх 7 (37%): 22, 23, 24, 25, 27, 33, 34); в третій групі їх 5 (26%): 42, 43, 45,52, 59; в четвертій групі їх 4 (100%): 62, 63, 64, 65. Це означає, що регуляція пози у цих студентів більш ефективна за рахунок економічності змін показників статокінезіограми ЗЦМ тіла I, II і III груп, а також 100% збільшення всіх показників IV групи.

Аналіз кореляцій показує 55% достовірних кореляційних зв'язків до і 40% після навантаження, тобто процес керування стійкістю з фази іррадіації перейшов у фазу концентрації, причому більше кореляційних зв'язків зменшилось у I ій (18 з 21- 86%) і II- ій групах показників (16 з 19-84%).

Проведений також біомеханічний аналіз кількісних показників статокінезіограм (рис. 2) ще раз свідчить, що молодь, яка активно займається фізичною культурою має кращі показники амплітудно-частотних характеристик ЗЦМ тіла: показник (Асер.х) покращився на 4,99 % (P< 0,05), (Асер.у) – на 8,4 % (P< 0,05), (Amax y) – на 3,51 % (P<0,05).

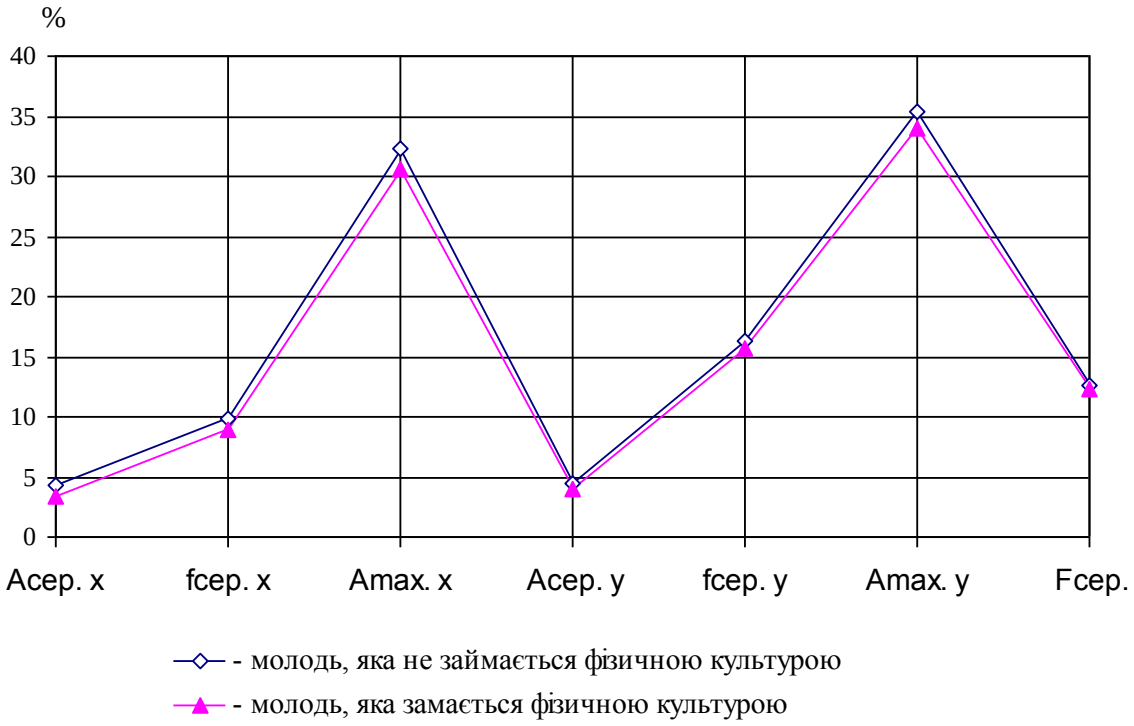

Рис. 2. Показники коливань ЗЦМ студентської молоді контрольної та експериментальної груп

Студентська молодь, яка займається фізичною культурою, має кращі показники й у фронтальній площині, а саме: (fcep. x) покращився на 8,77 % (P<0,05), (fcep. y) – на 3,43 % (P<0,05), (fcep.) – на 13,46 % (P< 0,05).

Отримані спектральні характеристики стабілограм значно мінялися при зниженні рівня працездатності (погіршенні якості спостереження), причому ці зміни були подібними у різних обстежуваних і виражалися в різкому збільшенні частки повільних, високо-амплітудних коливань у стабілограмі. Таким чином, стабілографічний метод може бути корисний при оцінці реакції організму людини на навантаження, адаптації до неї і при побудові прогнозу ефективності роботи людини в різних умовах.

Висновки. 1. Отже, можна узагальнити: заняття фізичною культурою мають позитивний приріст показників амплітудно-частотних характеристик коливань ЗЦМ тіла у студентської молоді порівняно з тими, хто не займається взагалі. Ці показники характеризують підвищення м'язового тонусу, покращення постави й статури тіла.

2. Утримання людиною рівноваги є динамічним феноменом, що вимагає безупинного руху тіла, що є результатом взаємодії вестибулярного і зорового аналізаторів, суглобово-м'язової пропріорецепції, центральної і периферичної нервової системи

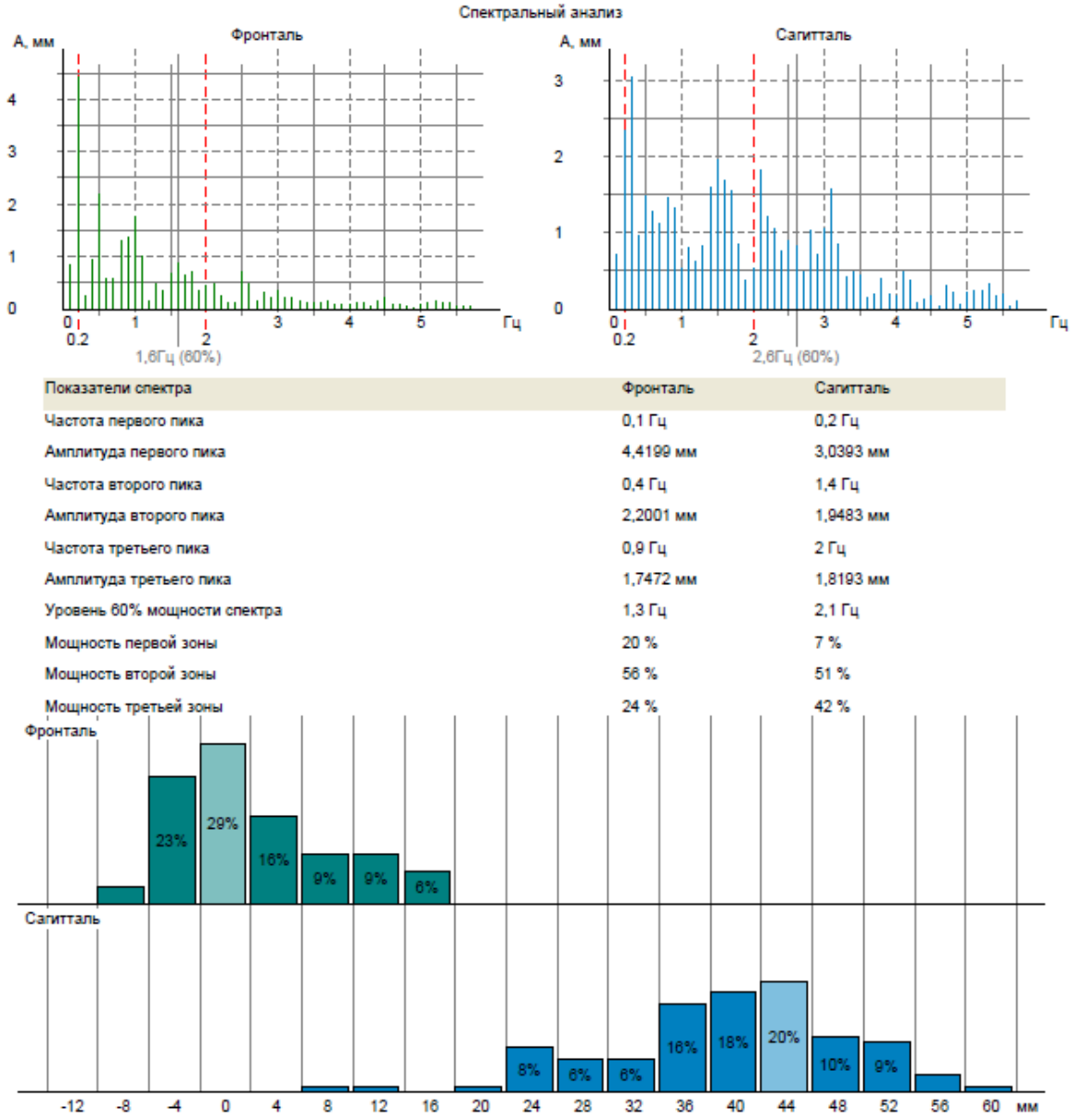

Рис. 3. Приклад спектрального і гістограмного аналізів, обчислення трендів і додаткової фільтрації сигналу коливань ЗЦМ (III група № 44-61)

3. Проведення гістограмного і спектрального аналізу, обчислення трендів і додаткової фільтрації сигналу дозволили при повторних дослідженнях передбачити оцінку динаміки стабілографічних показників досліджуваного і визначити індивідуальні норми (рис. 3).

4. Причиною коливань центра ваги є дихальні рухи, циркуляція крові, а також функціональний стан ЦНС і рецепторного апарату, що контролюють рухову мускулатуру, що й обумовлює зворотні впливи різних соматичних і нервових розладів, інтоксикацій і стомлення на систему рівноваги людини. З огляду на вищесказане, а також простоту реєстрації стабілографічних показників, можливість одержання їх без відволікання людини від виконуваної діяльності і високу чутливість даного методу представляється можливим використовувати стабілографію, як дуже зручний метод оцінки динаміки функціонального стану людини в умовах: фізичних навантажень, функціональних порушень, різних захворюваннях ЦНС і опорно-рухового апарату.

4. Показники оцінки запасу стійкості дозволили оцінити можливість відхилення тіла вперед, назад, вправо і вліво. По асиметричності отриманої зони можна судити про сховані порушення регуляції пози і перевазі його в будь-якому напрямку.

Використані джерела

1. Архипов А.А. Обучение гимнасток динамическому равновесию в акроба-тических соединениях на бревне: Дис... канд. пед. Наук / / А.А. Архипов.. – К., 1984. – 185 с.
2. Архипов О. А. Біомеханічний аналіз : [навч. посібник] / О.А. Архипов. – К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2014. – 242 с.
3. Архипов О. А. Біомеханічні технології у фізичній підготовці студентів. Монографія / О.А. Архипов. – Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – 520 с.
4. Архипов О.А. Дослідження біомеханічних показників статокінезіограми у фізичній підготовці студентів для оцінки факторів стійкості до і після навантаження. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Випуск № 98, том І. Серія: педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. / О.А. Архипов. – Чернігів: ЧНПУ, 2012. – С. 30-41.
5. Архипов О.А. Теоретико-методичні засади застосування біомеханічних технологій у фізичній підготовці студентів. Автореф. дис. … д. п. н. (Спеціальність: 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізична культура, основи здоров'я). НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2014. – 38 с.
6. Бернштейн Н. А. О построении движений / Н. А. Бернштейн. – М. : Медиздат, 1947. – 436 с.
7. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико – статистические понятия и формулы в экономическом анализе. – М.: Статистика, 1979. – 448 с.
8. Гурфинкель В.С. Проблемы физиологии движений. – Л.: Наука (Ленинградское отделение), 1980. – 216 с.
9. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. – М.: Наука, 1965. – 256 с.
10. Лапутін А.М., Гамалій В.В., Архипов О.А. Біомеханика спорту. Навч. посібник. – Київ: ОЛ, НУФВСУ. – 2005. – 64-69, 70-108 с.
11. Носко М. О. Біометрія рухової діяльності людини. Монографія / М.О. Носко, О. А. Архипов [під заг. ред. О. А. Архипова]. – Київ : Слово, 2011. – 216 с.
12. Laputin A.N. Didactic biomechanics: problems and solutions // XII Intern. Symp. in Sports. – Budapest: – Siofok, Hungary, july 2-6, 1994. Abstracts. – P. 49.

Arkhypov O.

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF STATOKINEZIOHRAM TO ASSESS THE FACTORS OF STABILITY IN THE STUDENTS BEFORE AND AFTER THE MOTOR LOADS

The Save position and posture of the body is a complex of reviewed management and regulation. The human body, from the biomechanical point of view, in biostatical you can imagine as a mechanical system with a rich abundance of links, consisting of a series of links that do not deform. These links are connected by means of hinges, which are joint moments that provide rigidity to the static position of the entire moving system. To assess the conditions of equilibrium of the human body is now widely applied stabilograf - method. Recently, this technique, in addition to research proper biomechanical fundamentals of sustainability, is also used to study the functional State of the human body, its adaptation to stress of different nature, assess the coordination of human capabilities in terms of professional selection. For all the complexity of the equipment used in stabilograf - method, the man behind the time measurements no complicated connections to links body: it is only necessary to embark on stabìlograf platforms.

It analyzes the main biomechanical parameters statokineziohrams in physical training of students to assess coordination stability criteria before and after loading of classes in physical education and registration performance posture that characterized the development of the major muscles of the trunk: amplitude and frequency, and integrated vector performance fluctuations common center of mass (CCM).

Key words: *biomechanical analysis statokineziohrams, physical training of students, the factors of stability criteria.*

Стаття надійшла до редакції 07.09.2016