

Характеристика мікроергономіки системи «людина–комп'ютер» як передумова розробки корекційно-профілактичних заходів із використанням вправ різної біомеханічної спрямованості

¹ *Національний університет фізичного виховання і спорту України (м. Київ);*

² *Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк)*

Постановка наукової проблеми та її значення. Уперше термін «ергономіка» запропоновано в 1857 р. польським натуралістом Войтехом Ястшембовським, який опублікував статтю «Нариси з ергономії, або науки про працю, заснованої на закономірностях науки про природу» [3, 13].

Слово «ергономіка» утворено з двох грецьких слів. «Ергон» означає робота, а «Номос» – закони. Ергономіка – це наука, яка покликана змінювати навколишнє середовище, у якому люди живуть і працюють, щоб і навколишнє середовище, і технічні засоби найкращим чином відповідали потребам людини. Ергономіка вивчає вплив навколишнього середовища на здоров'я людей, як фізичне, так і психологічне, а також на їхню безпеку й комфорт [3, 13].

Термін «ергономіка» прийнято у Великобританії в 1949 р., коли організовано Ергономічну дослідницьку спільноту. До цього в різних країнах ця наука називалася по-різному: «Дослідження людських факторів» (США) «Антропотехніка» (Німеччина); «Технопсихологія» (Франція) та ін. [3].

Із середини 50-х – початку 60-х рр. ергономіка інтенсивно розвивається в багатьох країнах світу: створена Міжнародна ергономічна асоціація (1961 р.), у якій представлено понад 30 країн, раз на три роки проводяться міжнародні конгреси з ергономіки. У Великій Британії з 1957 р. видається журнал «Ergonomics», що став офіційним органом Міжнародної ергономічної асоціації, а також журнали «Applied Ergonomics» (із 1969 р.) та «Ergonomics Abstracts» (із 1969 р.). Журнали ергономічного профілю видаються також у США, Франції, Болгарії, Угорщині та ін. [3].

До кінця ХХ ст. виділилися три головні напрями всередині ергономіки: 1. Ергономіка фізичного середовища, яка розглядає питання, пов'язані з анатомічними, антропометричними, фізіологічними й біомеханічними характеристиками людини, що стосуються фізичної праці. Найбільш актуальні проблеми включають робочу позу, обробку матеріалів, розлади опорно-рухового апарату (ОРА), компонування робочого місця, надійність і здоров'я.

2. Когнітивна ергономіка пов'язана з психічними процесами, такими як, наприклад, сприйняття, пам'ять, прийняття рішень, оскільки вони впливають на взаємодію між людиною та іншими елементами системи.

3. Організаційна ергономіка розглядає питання, пов'язані з оптимізацією соціотехнічних систем, включаючи їхні організаційні структури й процеси управління. Проблеми включають розгляд системи зв'язків між індивідуумами, управління груповими ресурсами, розробку проектів, кооперацію, групову роботу та управління [8, 13].

Мікроергономіка займається дослідженням і проектуванням систем «людина–машина» [3, 8]. Ергономічно правильно організовані робочі місця, обладнання та методи роботи підвищують ефективність і продуктивність, зменшують імовірність нещасних випадків і помилок, які можуть дорого коштувати для будь-якої організації [8].

Ергономічна біомеханіка об'єктивно сформувалася на межі двох сфер наукового знання – ергономіки, що вивчає умови діяльності людини, і біомеханіки, яка досліджує механічні явища в живих системах. Предметом ергономічної біомеханіки визначено вивчення механічної взаємодії людини з навколишнім предметним середовищем з метою її вдосконалення [8].

Аналіз досліджень із цієї проблеми. Робота ергономічного напряму належить до категорії прикладних досліджень. У процесі історичного розвитку людство пройшло складний шлях. Із розвитком цивілізації змінювалися вимоги до ОРА. Якщо первісні люди більшу частину доби перебували у вертикальному положенні, то вже в XVII ст. 10 % населення виконували сидячу роботу. На початку ХХІ ст. кількість таких працівників збільшилася до 90 %. У процесі еволюції людина перестала пристосовуватися до навколишнього середовища й стала пристосовувати його до себе. Це не могло не відобразитися на його просторовій організації тіла [9, 11, 12, 15].

Ні для кого не секрет, що комп'ютеризацію сьогодні прийнято вважати панацеєю: лише комп'ютер може підвищити ефективність освіти й промисловості, банківської справи та торгівлі, об'єднати через Інтернет весь світ! Як і кожен новий етап у розвитку суспільства, комп'ютеризація несе із собою й нові проблеми, наприклад «постава людини, яка сидить на кріслі». Сучасна людина більшість свого часу проводить, сидячи на роботі, удома, у транспорті, працюючи, відпочиваючи, під час прийому їжі. Поза «сидячи» – оптимальна для виконання офісної роботи й навчання, серйозне випробування для стану ОРА. Саме в цій позі найчастіше страждає постава через зміну стану нервово-м'язової системи. Саме тривала поза сидячи є причиною болю в спині й різних захворювань хребетного стовпа [4, 8].

Упровадження різних інформаційних технологій у різні сфери людської діяльності ставлять гостро питання про взаємодію людини й комп'ютера. Проблема негативного впливу комп'ютера на організм людини, як свідчать дані спеціальної літератури [4, 8], набула загрозливих масштабів. У зв'язку з цим в останні роки найбільш економічно розвинуті країни приділяють безпеці роботи з комп'ютерами значну увагу: розробляються стандарти, які регламентують вимоги до комп'ютерів і периферійних пристроїв, а також правила безпеки під час роботи з ними. Проте динаміка зростання захворювань хребетного стовпа не лише не зменшується, а внаслідок повсюдного впровадження комп'ютерних технологій у різні сфери життя людей – навпаки, збільшується [4, 8].

Із метою оцінки негативних наслідків статодинамічного режиму на майбутніх учителів фізичної культури в умовах інформатизації освіти Н. Г. Бишевець [14] запропонувала студентам проранжувати симптоми, найбільш характерні під кінець навчального заняття з використанням інформаційних технологій навчання. Причому, згідно з умовами анкетування, наявність того чи іншого порушення опитувані оцінювали в порядку зростання. Відповідно до отриманих результатів, у процесі використання інформаційних технологій навчання під кінець навчального заняття майбутніх учителів фізичної культури найбільше турбує порушення зору (2,40; 1,24 ум. од.), біль у шийному відділі – (3,19; 1,51 ум. од.), у поперековому відділі – (4,08; 2,62 бала), а також у променево-зап'ястному суглобі – (4,35; 1,86 ум. од.). Потрібно наголосити на тому, що значна частина опитуваних, яка склала 29,3 % (n=41), на перше місце серед симптомів негативного впливу поставила порушення зору, 19,3 % (n=27) – біль у шийному відділі, 15,7 % (n=22) – у поперековому відділі, а 9,3 % (n=13) – у променево-зап'ястному суглобі. Відтак найменше опитувані скаржилися на запаморочення (8,99; 0,73 ум. од.), дратівливість (9,74; 0,44 ум. од.) та оніміння пальців (6,41; 1,47 бала).

Н. Г. Бишевець [14] під керівництвом А. І. Бичука встановлено, що в освітньому процесі під час роботи за комп'ютером майбутні вчителі фізичної культури мають такий рівень стану біогеометричного профілю робочої пози користувача персонального комп'ютера: 2,83 % юнаків і 2,94 % дівчат характеризувалися високим, 56,6 % студентів і 50 % студенток – достатнім, 46,2 % хлопців і 67,7 % респонденток – середнім, а 0,94 % студентів та 2,94 % студенток – початковим рівнем (табл.1).

З огляду на всі зазначені вище фактори, ми можемо констатувати той факт, що проблема профілактики й корекції функціональних і фіксованих порушень ОРА набула масового характеру, що, на жаль, сприяло актуальності досліджень у сфері вивчення біомеханіки пози під час роботи за комп'ютером як передумови до подальшого розвитку ергономічної біомеханіки та розробки методів превентивної профілактики фіксованих порушень ОРА людини.

Таблиця 1

Інтегральна оцінка досліджуваних показників [14]

Стан біогеометричного профілю робочої пози користувача персонального комп'ютера	Стан сформованості здоров'язберігальних знань, умінь і навичок	Рівень	Оцінка, балів
інтервал, балів	інтервал, балів		
30–24	>=89	Високий	5
24–18	71–89	Достатній	4
18–12	53–71	Середній	3
12–6	<53	Початковий	2

Мета дослідження – вивчити біомеханічні особливості роботи людини за комп'ютером (на прикладі системи «студент-комп'ютер») як важливої детермінанти розробки корекційно-профілактичних заходів.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. У цьому експерименті ми ставили завдання щодо вивчення типових робочих поз студентів у процесі роботи за комп'ютером, впливу роботи за комп'ютером на стан ОРА студентів, які займаються.

Згідно з отриманими анкетними даними, по закінченню 1 год занять за комп'ютером понад 30 % студентів відзначили виникнення зорової втоми. Потрібно також відзначити, що на втому в ділянці поперекового відділу хребетного стовпа вказали 50 % тих, хто займається.

Як засвідчив аналіз експериментальних даних, на втому в ділянці променево-зап'ястного суглоба й пальців рук під час роботи з клавіатурою та мишкою вказало 35 % респондентів [1, 2].

До закінчення 2 год занять 64 % студентів звернули увагу на виникнення локальної втоми в ділянці тулуба, лобової частини голови й нижніх кінцівок. По закінченню академічного заняття за комп'ютером практично всі студенти відзначали виникнення загальної втоми.

Отримані дані констатувального експерименту дали підставу встановити, що під час роботи на комп'ютері студентам важко зберігати правильну «робочу» позу – так звану статодинамічну поставу [1, 2, 4].

У процесі проведення визначено найбільш типову ергономічну специфіку посадки студентів, так звані «робочі пози», які приймають студенти під час навчальних занять у комп'ютерному класі. В експериментах брали участь студенти першого й другого курсів ($n=69$). Із типових «робочих поз» студентів під час роботи за комп'ютером нами відзначено такі положення: «нахил тулуба вперед», «нахил тулуба назад», а також «нахил голови». Потрібно зазначити, що ці положення біологів тіла студентів під час роботи за комп'ютером типові як для юнаків, так і для дівчат. Під час визначення просторової організації тіла студентів під час роботи за комп'ютером ми спиралися на думки спеціалістів, згідно з якими при гоніометричних дослідженнях кривизни хребетного стовпа доцільно використовувати такі анатомічні точки: інюн, остистий відросток хребця C_5 , остистий відросток хребця C_7 , остистий відросток хребця T_7 , остистий відросток хребця L_5 й остистий відросток хребця S_4 [2, 6, 10].

Біомеханічний аналіз положення «нахил тулуба вперед» (рис. 1) засвідчує, що студенти нахиляються вперед, розміщуючи центр ваги верхньої частини тіла приблизно над сідничними горбами або попереду від них і наближаючи голову до опорної поверхні.

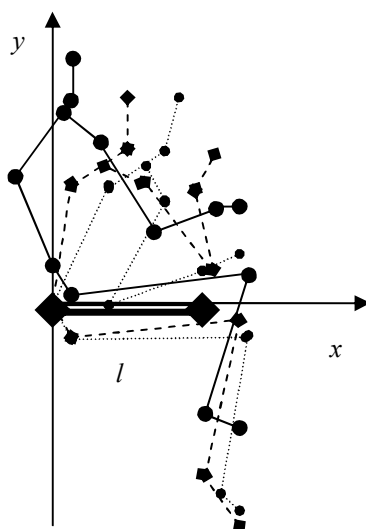


Рис. 1. Біокінематична схема положення студента в робочій позі за комп'ютером (нахил тулуба вперед) у процесі навчального заняття відносно сагітальної площини, l – площа опори [2, 6, 10]

Важливо зазначити, що ця поза найбільш розповсюджена серед студентів.

Загальновідомо, що під час сидіння людини на опорі без підтримувальної спинки сили реакції опори, що викликана дією ваги частин тіла, які розміщені вище, прикладені до сиділищних горбів, при цьому зростає дія сил на попереково-крижове зчленування [2, 3, 4, 6, 10].

Під час вибору пози за комп'ютером потрібно зазначити положення, при якому студент нахиляється вперед, розміщуючи центр ваги верхньої частини тіла приблизно над сідничними горбами або попереду від них і наближаючи очі до опорної поверхні [2, 3, 4, 6, 10].

У результаті на таз людини діє момент обертання, який при розслаблених м'язах приводить до повороту таза, сповзання вперед і відкидання тулуба назад. При цьому сили, які діють на попереково-крижове зчленування, зростають, що призводить до збільшення навантаження на міжхребцеві диски. Дія цього моменту може бути до певного ступеня нейтралізована опорою на спинку [2, 3, 4, 6, 10].

Вивчаючи динаміку робочої пози сидячи в положенні «нахил тулуба назад» (рис. 2), потрібно зазначити, що в цьому випадку сили реакції опори, які викликані дією ваги частин тіла, що розміщені вище від таза, прикладені до сідничних горбів, у результаті чого на таз діє момент обертання.

Для протидії моменту сили, який діє на таз, і збереження робочої пози в роботу включається велика кількість м'язів, а внаслідок того, що тривале збереження такої пози викликає втому, студент

повинен переміщати тулуб уперед, за можливості наближаючи лінію дії результатної ваги верхньої частини тіла, результатної сили реакції опори [2, 6, 10].

Як один із типових недоліків «робочої пози» за комп'ютером можна назвати нахил голови – положення «нахил голови» (рис. 3), що призводить до болю в потиличній зоні. Така «робоча поза» часто виникає внаслідок певних причин: дивлячись на екран монітора, студент напружується, що змушує його нахилити голову вперед. Це посилює шийний лордоз; нахил голови вперед спричиняє напруження м'язів основи голови й шиї, що обмежує кровообіг у судинах шиї, тобто кровопостачання голови та відтік крові від неї [2, 6, 10].

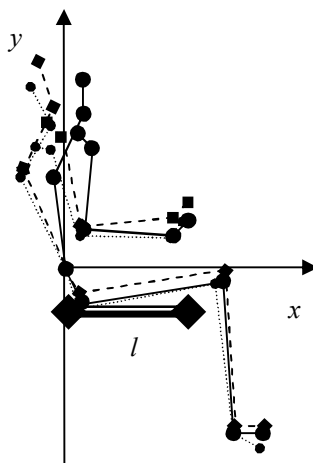


Рис. 2. Біокінематична схема динаміки положення студентів у робочій позі за комп'ютером (нахил тулуба назад) у процесі навчального заняття відносно сагітальної площини, l – площа опори [2, 6, 10]

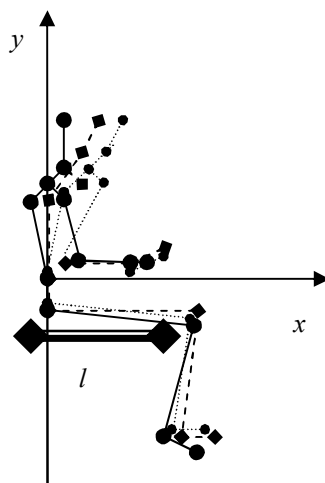


Рис. 3. Біокінематична схема положення студента в робочій позі «нахил голови» за комп'ютером у сагітальній площині, l – площа опори [2, 6, 10]

Чимало фахівців [3, 4] утановили, що болі в ділянці шиї, які виникають під час роботи студентів за комп'ютером, з'являються внаслідок втоми м'язів її задньої поверхні.

Експериментальні дослідження засвідчили, що у випадку, якщо кут нахилу голови протягом тривалого часу перевищує $25\text{--}30^\circ$, то потрібно коректувати робочу позу студента.

Із типових робочих поз студентів у процесі праці за комп'ютером нами виділено такі положення й скомплектовано групи: «правильне положення тіла» – група «А» ($n=20$); «тулуб нахилено вперед» – група «В» ($n=17$); «тулуб нахилено назад» – група «С» ($n=17$), а також положення «нахил голови» – група «D» ($n=15$).

Вивчення розміщення біопар тіла студентів під час роботи за комп'ютером за біосхемою передбачало кути таких біопар:

$\angle A^\circ$ (біопара «голова–тулуб») характеризує положення голови (нахил уперед чи назад);

$\angle B^\circ$ (біопара «плечі–передпліччя») характеризує кут у ліктьовому суглобі;

$\angle C^\circ$ (біопара «тулуб–стегно») дає змогу схарактеризувати ступінь нахилу тулуба (уперед чи назад);

$\angle D^\circ$ – (біопара «стегно–гомілка») – характеризує кут у колінному суглобі.

У результаті аналізу біокінематичних схем поз тіла студентів у процесі роботи за комп'ютером встановлено, що до початку занять при раціональній позі (група «А») ці кути були такими: $\angle A=168,10^\circ$ ($S=1,07^\circ$); $\angle B=94,05^\circ$ ($S=1,28^\circ$); $\angle C=88,05^\circ$ ($S=1,00^\circ$); $\angle D=93,25^\circ$ ($S=0,72^\circ$).

У кінці заняття (тривалість академічного заняття – 2 години) ми зареєстрували такі зміни: кут, який характеризує положення голови, зменшився на $2,65^\circ$ ($p<0,05$); кут у ліктьовому суглобі збільшився на $2,05^\circ$ ($p<0,05$); нахил тулуба збільшився на $0,75^\circ$ ($p<0,05$); а кут у колінному суглобі зменшився на $1,70^\circ$ ($p<0,05$) (табл. 2).

На нашу думку, особливий інтерес викликають отримані показники кутів $\angle A$, $\angle B$, $\angle C$, оскільки саме вони дають можливість оцінити позу тіла людини в положенні сидячи. Варто також зауважити, що ці кути варіювали в межах $0,75$ – $18,27^\circ$, на відміну від $\angle D$, який характеризує лише положення біоланок нижньої кінцівки, що розташована на опорі, а зміна останнього в усіх групах коливалась у межах $0,53$ – $2,00^\circ$ [2, 6, 10].

Таблиця 2

Гоніометричні характеристики положень біопар тіла студентів під час роботи за комп'ютером, град. (група «А», $n=20$) [2, 6, 10]

Кут	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, p
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	
$\angle A$	168,10	1,07	165,45	2,61	$p<0,05$
$\angle B$	94,05	1,28	96,10	1,65	$p<0,05$
$\angle C$	88,05	1,00	88,80	1,20	$p<0,05$
$\angle D$	93,25	0,72	91,55	1,64	$p<0,05$

У положенні «тулуб, нахилений уперед» (група «В»), показники досліджуваних кутів статистично достовірно зменшилися на рівні $p<0,05$; значні зміни зареєстровані після проведення заняття. Так, кут нахилу голови зменшився в середньому на $15,29^\circ$ ($p<0,05$), що свідчить про опускання голови студентами цієї групи; також кут у ліктьовому суглобі зменшився в середньому на $11,00^\circ$ ($p<0,05$), що властиво для положення, при якому тулуб нахилено вперед; кут нахилу тулуба зменшився в середньому на $6,29^\circ$ ($p<0,05$); кут у колінному суглобі – у середньому на $1,11^\circ$ ($p<0,05$) (табл. 3).

Таблиця 3

Гоніометричні характеристики положення біопар тіла студентів під час роботи за комп'ютером, град. (група «В», $n=17$) [2, 6, 10]

Кут	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, p
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	
$\angle A$	161,41	3,43	146,12	1,58	$p<0,05$
$\angle B$	92,65	1,58	81,65	2,55	$p<0,05$
$\angle C$	86,53	1,37	80,24	1,92	$p<0,05$
$\angle D$	93,29	0,77	92,18	1,07	$p<0,05$

Вивчення кутових характеристик тіла студентів групи «С», у яких тулуб нахилений назад, також підтверджує зворотну зміну кутів В і С, на відміну від показників студентів групи «В». Кут у ліктьовому суглобі в студентів групи «С» збільшився на $10,24^\circ$ ($p<0,05$); кут нахилу тулуба збільшився на $6,36^\circ$ ($p<0,05$); а різниця між аналогічним показником у групі «В» становила $25,41^\circ$ ($p<0,05$). Кут нахилу голови зменшився на $12,35^\circ$ ($p<0,05$); кут у колінному суглобі статистично значуще не змінився ($p>0,05$) (табл. 4).

Гоніометричні характеристики положення біопар тіла студентів під час роботи за комп'ютером, град. (група «С», n=17) [2, 6, 10]

Кут	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, <i>p</i>
	\bar{X}	<i>s</i>	\bar{X}	<i>s</i>	
∠А	158,06	0,66	145,71	1,99	<i>p</i> <0,05
∠В	100,82	1,13	111,06	1,68	<i>p</i> <0,05
∠С	99,29	1,93	105,65	3,22	<i>p</i> <0,05
∠D	92,59	1,06	93,12	1,32	<i>p</i> >0,05

Кутові характеристики біокінематичних пар тіла студентів групи «D» (положення «нахил голови») у цілому статистично значуще відрізнялися від отриманих показників у групі «А» (*p*<0,05); за винятком показника кута в колінному суглобі, розбіжності в якому між групами статистично не значущі (*p*>0,05). За час проведення занять кут нахилу голови зменшився в середньому на 18,27° (*p*<0,05), що призвело до значного опускання голови студентів цієї групи.

Інші досліджувані кути також змінилися статистично значуще: ∠В збільшився в середньому на 2,60° (*p*<0,05); ∠D зменшився в середньому на 2,00° (*p*<0,05), за винятком кута ∠С, зміна якого статистично не значуща (*p*>0,05) (табл. 4).

Таблиця 4

Гоніометричні характеристики положення біопар тіла студентів під час роботи за комп'ютером, град. (група «D», n=15) [2, 6]

Кут	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, <i>p</i>
	\bar{X}	<i>s</i>	\bar{X}	<i>s</i>	
∠А	166,40	4,10	148,13	0,99	<i>p</i> <0,05
∠В	95,87	3,09	98,47	1,68	<i>p</i> <0,05
∠С	90,20	4,81	90,00	1,56	<i>p</i> >0,05
∠D	93,27	0,88	91,27	0,80	<i>p</i> <0,05

Потрібно зауважити, що ми вже відзначали раніше, студенти, які приймали правильну «робочу позу» за комп'ютером, не мали функціональних порушень ОРА.

Дані спеціальної літератури свідчать про те, що будь-яка поза людини зберігається здебільшого завдяки статичній (фізіологічній) роботі м'язів, яка визначається тривалістю їх ізометричного напруження й величиною утримуваної при цьому ваги, їх напруга підтримується безперервним поступанням нервових імпульсів [1, 4, 15].

М'язи, які перебувають в ізометричному напруженні та утримують при цьому все тіло в певному положенні, не змінюють своєї довжини [2, 6]. Для збереження будь-якої вимушеної пози нахилу назад тіла має бути врівноважене рівним йому (але оберненим за знаком) моментом сили тяги м'язів [2, 6].

Частина м'язів працює в так званому динамічному режимі, активно розтягуючись і скорочуючись із метою підтримання вертикального положення. М'язи, які оточують хребет, забезпечують дві його протилежні функції – рухливість і стабільність [2, 6].

Рухливість у кожному міжхребцевому суглобі окремо не значна, але хребет загалом – досить гнучка система. Координація роботи м'язів забезпечує гармонійні рухи хребта. Для стабільності хребта досить важливі та своєрідні гідравлічні опори – тиск у грудній і брюшинній порожнинах [1, 2, 6].

М'язи черевного преса мають не менше значення для утримання постави й захисту хребців від зміщень і травм, ніж м'язи спини. М'язова тяга формує вигини хребта, стимулює його нормальний розвиток. Добре розвинутий м'язовий корсет здатний захистити хребет від травмувальних навантажень [1, 2, 6].

Скелетні м'язи певним чином реагують на зовнішнє відносно тіла людини гравітаційне поле. Однією з таких їхніх реакцій є, як відомо, так зване тонічне скорочення м'язів [1, 2, 6].

Фізичий стан скелетних м'язів, у якому вони перебувають у полі земної гравітації, називається тонусом [1, 2, 6]. Це ступінь поздовжньої деформації м'яза, який був ізотонічно напруженим, у відповідь на дію сили гравітації.

Тонус відображає пружно-в'язкі властивості м'яза, що залежать, зі свого боку, від стану центральних і периферичних механізмів його нейромоторної регуляції [1, 2, 6, 7].

Порушення м'язового тонусу відбуваються за будь-яких порушень у хребті. Слабкість м'язового корсета, нерівномірний тонус м'язів неминує пов'язані з підсиленням чи зниженням фізіологічних

вигинів хребта або з його боковим викривленням. Усе це призводить до зростання навантаження на міжхребцеві диски й зниження їх повноцінного харчування [1, 2, 6, 7].

На нашу думку, початкова та провідна ланки в розвитку функціональних порушень постави тіла людини – нерівномірний розподіл навантаження на м'язи, які повинні забезпечити правильне, природне положення хребта й усього тіла відносно сил гравітації.

У результаті розвиток м'язів-антагоністів, які відповідають за протилежні рухи та утримують хребет у статичному положенні, відбувається нерівномірно. М'язи, які розміщені з «внутрішньої» (увігнутої) сторони дуги викривлення, зазнають збільшеного опору хребта. Із часом підвищується тонус м'яза, а поріг її збудливості понижується, тобто м'яз починає скорочуватись у відповідь на більш слабе, ніж у нормі, подразнення. З'являється гіпертонус: зменшення навантаження на м'яз призводить не до розслаблення, а до ще більшого скорочення цього м'яза, зростає викривлення [1, 2, 6, 7].

М'язи, які розміщені із «зовнішньої» (випуклої) сторони викривлення, відчувають ненормально знижене навантаження. М'яз, який не виконує покладену на нього роботу, стає слабким, розвивається його гіпотрофія. Він «перерозтягується» й не може протистояти гіпертрофованим антагоністам. Підвищується поріг збудливості: м'яз утрачає здатність реагувати скороченням на подразнення, і чим більше його розтягують, тим слабшим він стає. Викривлення нарощується. Завершується друге патологічне коло [1, 2, 6, 7].

Під час статичного положення хребта м'язи зазнають постійного навантаження й перебувають у постійному несиметричному тонусі. При цьому міжхребцеві суглоби та диски тривалий час не виконують жодних рухів.

При статичному навантаженні без рухів починають страждати кровообіг і живлення м'язів та суглобів. М'язи втрачають еластичність і заміщуються грубою сполучною тканиною. Міжхребцеві суглоби дегенеруються, розвивається артроз. Знижується пружність дисків та пульпозного ядра, страждає їхня амортизаційна функція. При цьому також утрачають еластичність зв'язки хребетного стовпа [1, 2, 6, 7].

Дослідження біомеханічних властивостей скелетних м'язів, які беруть участь у підтриманні пози студентів під час роботи за комп'ютером, засвідчило зміну тонусу в низки м'язів, а саме: трапецієподібного м'яза – *m. trapezius*; м'яза-розгинача спини – *m. erector spinae*; великого сідничного м'яза – *m. quadriceps femoris*. Достовірність змін значень тонусу досліджуваних м'язів у процесі занять визначали за допомогою критерію Вілкоксона (табл. 5–8).

Таблиця 5

Тонус м'язів тіла студентів, групи «А» (у. о.), (n=20) [2, 7]

М'яз	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, <i>p</i>
	\bar{X}	<i>s</i>	\bar{X}	<i>s</i>	
<i>m. trapezius</i>	72,12	3,69	75,35*	2,98	<i>p</i> <0,05
<i>m. erector spinae</i>	65,21	8,01	70,36	8,46	<i>p</i> >0,05
<i>m. quadriceps femoris</i>	64,70	2,85	67,00	6,70	<i>p</i> >0,05

* Розбіжності статистично значущі на рівні *p*<0,05.

Таблиця 6

Тонус м'язів тіла студентів, групи «В» (у. о.), (n=17) [2, 7]

М'яз	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, <i>p</i>
	\bar{X}	<i>s</i>	\bar{X}	<i>s</i>	
<i>m. trapezius</i>	72,82	3,75	76,53*	4,39	<i>p</i> <0,05
<i>m. erector spinae</i>	66,82	8,60	73,88*	8,82	<i>p</i> <0,05
<i>m. quadriceps femoris</i>	63,88	3,20	66,12	7,60	<i>p</i> >0,05

* Розбіжності статистично значущі на рівні *p*<0,05.

Таблиця 7

Тонус м'язів тіла студентів, групи «С» (у. о.), (n=17) [2, 7]

М'яз	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, <i>p</i>
	\bar{X}	<i>s</i>	\bar{X}	<i>s</i>	
<i>m. trapezius</i>	72,02	3,73	73,52	3,78	<i>p</i> >0,05
<i>m. erector spinae</i>	65,18	8,25	74,54*	8,75	<i>p</i> <0,05
<i>m. quadriceps femoris</i>	64,59	2,90	78,24*	8,51	<i>p</i> <0,05

* Розбіжності статистично значущі на рівні *p*<0,05.

Тонус м'язів тіла студентів, групи «D» (у. о.), (n=15) [2, 7]

М'яз	До заняття		Після заняття		Статистична значущість відмінностей, <i>p</i>
	\bar{X}	<i>s</i>	\bar{X}	<i>s</i>	
m. trapezius	72,02	3,69	75,59*	3,52	<i>p</i> <0,05
m. erector spinae	65,07	7,96	74,61*	9,22	<i>p</i> <0,05
m. quadriceps femoris	62,67	2,23	64,73	4,59	<i>p</i> >0,05

* Розбіжності статистично значущі на рівні *p*<0,05.

Як засвідчив аналіз отриманих результатів, зміна тонуру скелетних м'язів, які беруть участь в утриманні робочої пози, має певну специфіку.

Так, достовірне збільшення показника тонуру m. trapezius спостерігали в усіх групах, за винятком групи С: у групі А цей показник збільшився в середньому на 3,23 у. о. (*p*<0,05), а в групах В і D – відповідно, на 3,71 і 3,57 у. о. (*p*<0,05).

Тонус m. erector spinae також збільшився. Так, у групі В тонус збільшився в середньому на 7,06 у. о. (*p*<0,05), у групі С – на 9,36 у. о. (*p*<0,05), у групі D – на 9,54 у. о. (*p*<0,05), водночас у групі А збільшення тонуру на 5,15 у. о. статистично не значуще (*p*>0,05).

Певний інтерес викликають дані зміни тонуру m. quadriceps femoris, у всіх групах спостерігали статистично незначущі збільшення цього показника (*p*>0,05), але достовірне збільшення тонуру m. quadriceps femoris зареєстровано лише в групі С, у якій показник збільшився в середньому на 13,65 у. о. (*p*<0,05) [2, 7].

Аналізуючи отримані результати, можна прийти до висновку, що в процесі підтримання робочих поз студентів під час роботи за комп'ютером відбувається достовірне збільшення тонуру окремих м'язів і м'язових груп. Імовірно, це пов'язано зі збільшенням статичного навантаження на окремі сегменти ОРА студентів [2, 7].

Можна також припустити, що встановлена зміна тонуру досліджуваних м'язів – це наслідок збільшення їх ізометричного напруження, яке викликане не стільки вимушеною позою, скільки просторовою зміною самого м'яза відносно вектора земної гравітації й активним утриманням маси відділів тіла, що лежать вище, та біокінематичних ланцюгів ОРА людини [2, 4, 7].

Виявлено, що студенти із функціональними порушеннями постави, як зазвичай, приймають неправильні «робочі пози» за комп'ютером.

Висновки. Сучасні відеокomp'ютерні технології дають змогу візуалізувати складні геометричні об'єкти й просторові взаємодії тіла людини. На основі даних констатувального експерименту виявлено «робочі пози», які приймають студенти під час навчальних занять у комп'ютерному класі. Проведені дослідження показали, що, незважаючи на виконання ергономічних вимог при роботі за комп'ютером, студенти на початку заняття за комп'ютером приймають «робочу позу», близьку до раціональної, але в з плином часу вона змінюється в бік неправильної. Привертає увагу те, що з типових «робочих поз» студентів під час роботи за комп'ютером нами відзначено такі положення: «нахил тулуба вперед», «нахил тулуба назад», а також «нахил голови». Біомеханічний аналіз системи «студент-комп'ютер» дав змогу виявити типові помилки, що трапляються під час вибору «робочої пози», що характеризуються зміною кутів нахилу голови й тулуба, що призводить до значного збільшення тонуру м'язів, що розгинають хребетний стовп. Визначено механізм створення навантаження на міжхребцеві диски та встановлено, що під час нахилу тулуба модуль абсциси центру мас збільшується, унаслідок чого збільшується плече сили тяжіння, що у зв'язку з рівновагою досліджуваної системи «студент-комп'ютер» призводить до значного збільшення сили м'язів, які розгинають хребетний стовп і, як наслідок, – сили, що діє на міжхребцевий диск.

Дані експерименту засвідчують необхідність розробки корекційно-профілактичних заходів із використанням вправ різної біомеханічної спрямованості під час і після роботи людини на комп'ютері із метою профілактики негативного впливу статодинамічного режиму на стан ОРА.

Джерела та література

1. Альошина А., Колос М. Корекція функціональних порушень опорно-рухового апарату студентів у процесі фізичного виховання // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. праць Східноєвроп. нац. ун-ту ім. Лесі Українки / уклад. А. В. Цьось, С. П. Козіброцький. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2015. – № 4 (32). – С. 52–56.
2. Альошина А. І. Профілактика й корекція функціональних порушень опорно-рухового апарату дітей та молоді у процесі фізичного виховання : автореф. дис. ... д-ра наук з фіз. виховання і спорту : спец. 24.00.02 «Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення» / А. І. Альошина. – Київ, 2016. – 44 с.
3. Аруин А. С. Эргономическая биомеханика / А. С. Аруин, В. М. Зацюрский. – Москва : Машиностроение. 1988. – 256 с.

4. Кашуба В. А. Биомеханика осанки / В. А. Кашуба. – Київ : Олимп. лит., 2003. – 256 с.
5. Кашуба В. А. Інноваційний вектор модернізації дидактичного процесу в системі вищої фізкультурної освіти / В. А. Кашуба, К. Н. Сергієнко, Н. Г. Бишевец // Спортивний вісник Придніпров'я: наук.-практ. журн. – Дніпропетровськ, 2006. – № 1. – С. 38–41.
6. Кашуба В. А. Моделирование рациональной позы системы «человек-компьютер» / В. А. Кашуба, Н. Г. Бишевец, К. Н. Сергиенко ; за ред. Єрмакова С.С. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: зб. наук. праць. – Харків, 2007. – № 7. – С. 59–66.
7. Кашуба В. Динамика изменения тонуса мышц, которые принимают участие в поддержании рабочих поз при работе студентов за компьютером / В. Кашуба, А. Алешина, Н. Колос. // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві: зб. наук. праць. – Луцьк, 2008. – Т. 3. – С. 58–62.
8. Кашуба В. А. Теоретико-методические основы разработки мультимедийной компьютерной программы «Гармония тела» / В. А. Кашуба, Н. А. Колос, К. Н. Сергиенко, А. И. Алёшина // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Серія : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт : зб. наук. праць. – 2008. – С. 298–306.
9. Кашуба В. А. Формирование моторики человека в процессе онтогенеза / В. А. Кашуба, Е. М. Бондарь, Н. Н. Гончарова, Н. Л. Носова. – Луцк : Вежа-Друк, 2016. – 232 с.
10. Колос Н. А. Биомеханический анализ рабочих поз тела студентов при работе за комп'ютером / Н. А. Колос, А. И. Алёшина // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки. – 2007. – № 10. – С. 22–27.
11. Лапутин А. Н. Формирование массы и гравитационные взаимодействия тела человека в процессе онтогенеза / А. Н. Лапутин, В. А. Кашуба // Знання України, 1999. – 198 с.
12. Лапутин А. М. Кінетика як система знань про рухову функцію людини / А. М. Лапутин, В. О. Кашуба, Т. О. Хабинець // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – Київ, 2005. – № 2–3. – С. 96–101.
13. Практическая биомеханика / А. Н. Лапутин, В. В. Гамалий, А. А. Архипов, В. А. Кашуба, Н. А. Носко, Т. А. Хабинець. – Киев : Знання, 2000. – 296 с.
14. Byshevets N. Express estimation of the user's working posture in learning process / N. Byshevets // Journal of Education, Health and Sport. – 2017. – № 7(8). – P. 1628–1641.
15. Kashuba V. Modern approaches to improving body constitution of female students within physical education classes / V. Kashuba // Journal of Physical Education and Sport. – 2017 (4). – Art 277. – 2472–2476.

Анотації

У статті висвітлено стан питання мікроергономіки системи «людина-комп'ютер» як передумови розробки корекційно-профілактичних заходів із використанням фізичних вправ різної дидактичної спрямованості. На основі даних констатувального експерименту виявлено «робочі пози», які приймають студенти під час навчальних занять у комп'ютерному класі. Проведені дослідження показали, що, незважаючи на виконання ергономічних вимог під час роботи за комп'ютером, студенти на початку заняття за комп'ютером приймають «робочу позу», близьку до раціональної, але з плином часу вона змінюється в сторону неправильної. Потрібно відзначити те, що з типових «робочих поз» студентів під час роботи за комп'ютером встановлено такі положення: «нахил тулуба вперед», «нахил тулуба назад», а також «нахил голови». Біомеханічний аналіз системи «студент-комп'ютер» дав змогу виявити типові помилки, які трапляються під час вибору «робочої пози», що характеризуються зміною кутів нахилу голови й тулуба, що призводить до значного збільшення тонусу м'язів, що розгинають хребетний стовп. У процесі дослідження визначено механізм створення навантаження на міжхребцеві диски та встановлено, що при нахилі тулуба модуль абсциси центру мас збільшується, унаслідок чого збільшується плече сили тяжіння, у зв'язку з рівновагою досліджуваної системи «студент-комп'ютер» це призводить до значного збільшення сили м'яких м'язів, які розгинають хребетний стовп, і, як наслідок, – сили, що діє на міжхребцевий диск.

Ключові слова: мікроергономіка, система «людина-комп'ютер», корекційно-профілактичні заходи, ергономічна біомеханіка.

Виталий Кашуба, Алла Алёшина, Александр Бычук, Ольга Лазько, Тамара Хабинец, Юлия Руденко.
Характеристика микроэргономики системы «человек-компьютер» как предпосылка разработки коррекционно-профилактических мероприятий с использованием упражнений разной биомеханической направленности.
В статье освещается состояние вопроса микроэргономики системы «человек-компьютер» как предпосылки разработки коррекционно-профилактических мероприятий с использованием физических упражнений различной дидактической направленности. На основе данных констатирующего эксперимента выявлены «рабочие позы», которые принимают студенты во время учебных занятий в компьютерном классе. Проведенные исследования показали, что, несмотря на выполнение эргономических требований при работе за компьютером, студенты в начале занятия за компьютером принимают «рабочую позу», близкую к рациональной, но в течение времени она меняется в сторону неправильной. Необходимо отметить то, что из типичных «рабочих поз» студентов во время работы за компьютером установлены следующие положения: «наклон туловища вперед», «наклон туловища назад», а также «наклон головы». Биомеханический анализ системы «студент-компьютер» позволил выявить типичные ошибки, встречающиеся при выборе «рабочей позы», характеризующиеся изменением углов наклона головы и туловища, что приводит к значительному увеличению тонуса мышц, разгибающих позвоночный столб. В процессе исследования определен механизм создания нагрузки на межпозвоночные диски и установлено, что при наклоне туловища модуль абсциссы центра масс увеличивается, вследствие чего увеличивается плечо силы тяжести, в связи с равновесием исследуемой системы «студент-компьютер» приводит к значительному

увеличению силы мягкие мышцы, которые разгибают позвоночный столб и, как следствие, – силы, действующей на межпозвоночный диск.

Ключевые слова: микроэргономика, система «человек-компьютер», коррекционно-профилактические мероприятия, эргономическая биомеханика.

Vitaliy Kashuba, Alla Aloshyna, Oleksandr Bychuk, Olha Lazko, Tamara Khabynets, Yuliay Rudenko. Characteristics of Microergonomics of the «Man-Computer» System as a Prerequisite for the Development of Corrective-Preventive Measures Using Exercises of Different Biomechanical Orientation. The article highlights the state of the issue of microergonomics of the «man-computer» system as a prerequisite for the development of corrective and preventive measures using physical exercises of various didactic orientation. On the basis of the data of the ascertaining experiment, «working postures» that students take during studies in the computer class are identified. Studies have shown that despite the fulfillment of ergonomic requirements when working at a computer, at the beginning of a class, students at a computer take on a «working posture» that is close to rational, but over time it changes in the wrong direction. It should be noted that out of the typical «working postures» of students while working at a computer, the following positions were determined: «torso forward», «torso backward», and «head tilting». The biomechanical analysis of the «student-computer» system made it possible to identify the typical errors encountered when choosing a «working posture» characterized by a change in the angles of inclination of the head and body which leads to a significant increase in the tone of the muscles that extend the spinal column. In the process of study, the mechanism for creating a load on intervertebral disks was determined and it was found out that the module of the center of mass abscissa increases when the body is tilted, resulting in an increase in the shoulder of gravity, due to the balance of the «student-computer» system under investigation, which leads to straighten the spinal column and, as a result, the force acting on the intervertebral disk.

Key words: microergonomics, «man-computer» system, correctional and preventive measures, ergonomic biomechanics.