

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

БІОМЕХАНІКА

Навчально-методичний посібник

Кам'янець-Подільський
2020

УДК 612.76(075.8)
ББК 28.984я73
Б63

Рекомендовано до друку вченою радою Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (протокол № 12 від 27 червня 2019 року)

Рецензенти:

Ю. Ю. Мосейчук, доктор педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри фізичної культури та основ здоров'я Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

В. М. Костюкевич, доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор Вінницького педагогічного університету;

І. І. Стасюк, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент, декан факультету фізичної культури Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.

Біомеханіка : навчально-методичний посібник / **Б63** [уклад.: А. В. Заїкін, Н. І. Судак]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. – 144 с.

В навчально-методичному посібнику представлено навчальний матеріал дисципліни «Біомеханіка», що відповідає організації навчального процесу згідно вимог кредитно-модульної системи. У навчально-методичному посібнику відображені основні теоретичні питання біомеханіки, а також методичні рекомендації до практичних занять, термінологічний словник та перелік питань для підготовки до екзамену.

Адресується студентам факультетів фізичної культури, вчителям фізичної культури та тренерам.

УДК 612.76 (075.8)
ББК 28.984 я73

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Біомеханіка» відноситься до дисциплін професійної підготовки спеціалістів 014.11 Середня освіта (Фізична культура) та 017 Фізична культура і спорт (Тренер з обраного виду спорту) і базується на знаннях з анатомії людини, фізіології, спортивної метрології та морфології.

Матеріал навчально-методичного посібника ознайомлює студентів із загальними основами біомеханіки як науки, дає необхідні відомості для біомеханічного обґрунтування фізичних вправ, особливості рухового апарату людини як біомеханічної системи, визначає біомеханічні характеристики руху людини, біомеханічного контролю та безпеки занять.

Завдання дисципліни: забезпечити студентів теоретичними знаннями, практичними навичками, володінням науково-методологічним апаратом із загальної, диференційної, порівняльної біомеханіки та біомеханіки спорту, що є складовою практичної діяльності фахівця фізичного виховання та спорту. Необхідність створення навчально-методичного посібника «Біомеханіка» для студентів, які готуються стати спеціалістами в галузі фізичного виховання і спорту, спричинена появою сучасних підходів до розвитку фізичних якостей і до тренувального процесу загалом. Даний навчально-методичний посібник складається із двох розділів. Перший розділ присвячений аналізу теоретичних питань біомеханіки фізичних вправ, висвітленню питання функціональної анатомії в різних видах рухової діяльності.

Другий розділ висвітлює зміст і організацію практичних занять з метою розширення та поглиблення теоретичних знань у студентів, засвоєння методів біомеханічних досліджень, уміння застосовувати отримані знання на практиці. Завдяки такій підготовці студенти не лише краще запам'ятовують навчальний матеріал, але й глибше розуміють закономірності рухової діяльності.

Також навчально-методичний посібник містить перелік питань для підготовки до екзамену та глосарій.

Автори із вдячністю візьмуть до уваги всі зауваження та побажання і врахують їх у подальшій роботі.

Модуль 1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1. АНАТОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХІВ. ВИДИ І РЕЖИМИ РОБОТИ М'ЯЗІВ

1.1. Види роботи м'язів

Роботою на подолання називають таку роботу, під час якої м'яз долає вагу іншої ланки тіла або будь-який опір.

Поступаюча робота – це робота, під час якої м'яз, залишаючись напруженим, поступово розслаблюється, поступаючись дії сили тяжіння або дії будь-якого опору.

Нарешті, під *утримуючою роботою* м'язів варто розуміти таку роботу, під час якої відбувається врівноваження дії опору, в результаті чого рух відсутній.

Наприклад, дельтоподібний м'яз при відведенні верхньої кінцівки, утриманні її в горизонтальному положенні і, нарешті, під час повільного приведення її виявляється напруженим, але робота його неоднакова: у першому випадку вона виконується на подолання, в другому – утримуюча, а в третьому – поступаюча.

Розмежування видів роботи м'язів є надзвичайно важливим для розуміння їхньої участі у тому або іншому русі.

Можна вважати, що робота м'язів-антагоністів являє собою один з видів уступаючої роботи. Наприклад, якщо відбувається згинання передпліччя в результаті роботи м'язів на подолання розташованих на передній поверхні плеча і частково передпліччя, то розгиначі передпліччя одночасно розтягуються, незважаючи на природний тонус.

Ця поступаюча робота антагоністів відіграє надзвичайно важливу роль, дозволяючи виконувати рухи плавно, за рахунок регулюючої роботи м'язів-синергістів.

Для визначення характеру роботи м'яза необхідно знайти напрямок вертикалі, опущеної з центру ваги даної ланки, відносно осі обертання в суглобі, навколо якого відбувається рух.

Так, якщо з положення лежачи на спині переходити в положення сидячи шляхом згинання в кульшових суглобах, то вертикаль центру ваги верхньої половини тіла буде проходити позаду від поперечних осей, що йдуть через кульшові суглоби і через центри поперекових міжхребцевих дисків. М'язи, що розташовані на передній поверхні тулуба, зокрема,

прямий м'яз живота, при такому згинанні виконують роботу на подолання. При переході з положення сидячи в положення лежачи ті ж самі м'язи будуть робити поступаючу роботу.

Зустрічаються й інші види роботи м'язів, наприклад, балістична робота, під якою розуміємо різке, швидке скорочення м'язів на подолання після попереднього їхнього розтягування (наприклад, м'язів верхньої кінцівки при метанні). Рух даної ланки (скажімо, передпліччя) при балістичній роботі продовжується за інерцією після того, як сам м'яз чи м'язова група, що спричинила цей рух, уже перейшла в стан розслаблення.

1.2. Елементи біомеханіки м'язів

Вивчаючи будову і функції людського тіла, не можна обійтися без знання законів механіки, оскільки людське тіло і його окремі ланки мають визначену масу, вагу й об'єм. Однак при цьому потрібно пам'ятати, що м'язи, які є активними продуцентами силової тяги, являють собою живі утворення, стан яких залежить від цілого ряду моментів, таких як: рівень тренуваності, втома, тип харчування, стан центральної нервової системи та ін.

Механіка взаємодії між м'язами і кістковими важелями значною мірою визначається способом і місцем прикріплення м'язів до кісток. Коли мова йде про поняття «місце початку», «місце опори», «місце прикріплення» м'яза або ж, як іноді кажуть, про «нерухомий» або «рухливий» кінець м'яза, то це треба розуміти відносно.

Така умовність пов'язана з уявою про рухи, що найчастіше спостерігаються і виникають під час скорочення даного м'яза. Наприклад, плечовий м'яз, що проходить попереду від ліктьового суглоба, звичайно описується як згинач передпліччя. Місцем його початку або нерухомим пунктом, зазвичай вважають плечову кістку, а місцем прикріплення або рухливим пунктом – ліктьову кістку. Дійсно, у багатьох випадках цей м'яз працює як згинач передпліччя. Але якщо передпліччя чи кисть фіксовані, як це буває, наприклад, при підтягуванні на перекладині, то робота плечового м'яза спричиняє згинання плеча.

Таким чином, місце початку м'яза і місце його прикріплення, залежно від того, яка ланка тіла в даному випадку більш рухлива, можуть взаємно мінятися своїми місцями.

У більшості випадків та ланка, що знаходиться далі від тіла, тобто дистальна ланка, більш рухлива, ніж проксимальна, яка розташована ближче до тіла. Однак у всіх випадках сила, з якою даний м'яз притягує проксималь-

ну ланку до дистальної та одночасно дистальну до проксимальної, завжди залишається однаковою, відповідно до закону Ньютона про рівність дії і протидії ($F = -F$).

Рівнодійна сила м'яза. Напрямок рівнодійної сили м'яза прийнято вважати прямою, що з'єднує центр місця початку м'яза з центром місця її прикріплення. У цьому напрямку можуть зближатися місця прикріплення даного м'яза.

Насправді лише в поодиноких випадках напрямок руху цілком збігається з напрямком тяги м'яза (це стосується таких м'язів, як прямий м'яз живота, довгий і короткий променеві, м'язи-розгиначі зап'ястка та ін.). Для більшості м'язів такий збіг неможливий.

Це стає зрозумілим з того, що м'язова сила, як правило, діє на кісткову ланку під кутом і, отже, її завжди можна розкласти на складові сили, причому одна з них буде спрямована по довжині важеля, а інша – перпендикулярно до нього.

Сила, що діє по довжині важеля, спричиняє стискання важеля, а також зміцнює з'єднання кісток із збільшенням впливу зовнішніх сил на суглоб. Ця сила, власне, в механіці руху участі не бере. Друга сила, спрямована перпендикулярно до кісткового важеля, є корисною складовою сили тяги м'яза. Вона і створює рух кісткової ланки.

Корисна складова наскільки більша, наскільки пряміший кут, під яким м'яз підходить до важеля. Коли рівнодійна м'яза утворить з важелем прямий кут, то сила м'язової тяги в найбільш повному об'ємі використовується для руху. Якщо ж ця сила утворить з віссю важеля кут менший, ніж прямий, то корисну складову можна розглядати як катет прямокутного трикутника, гіпотенузою якого є рівнодійна сила.

Тому що катет прямокутного трикутника може бути визначений як добуток гіпотенузи на синус протилежного кута чи косинус прилеглого кута, то зв'язок між корисною складовою і піднімальною силою м'яза можна буде легко встановити.

Необхідно брати до уваги і той факт, що на будь-яку кісткову ланку діє кілька м'язів, кожний з яких має свою рівнодійну.

Отже, рух кісткової ланки в цьому випадку являє собою результат сумарної дії м'язів, рівнодійні яких або складаються, або віднімаються.

Принцип важеля під час роботи рухового апарату. Важелі в механіці розрізняють залежно від місця прикладання сил відносно точки їхньої опори. Якщо дві сили прикладені з двох сторін від точки опори важеля, біля якої відбувається обертання, і діють в одному напрямку, то тверде

тіло є важелем першого роду. Коли сили прикладені тільки з однієї сторони від точки опори важеля і спрямовані в різні сторони, маємо важіль другого роду.

Важіль першого роду. Стосовно рухового апарату людини важіль першого роду називають ще «важелем рівноваги». З точки зору цього поняття можна пояснити рівновагу у положенні всіх розташованих вище ланок відносно розташованих нижче, як, наприклад, голови відносно хребтового стовпа, таза відносно стегна і т.д.

У першому прикладі основними силами, що сприяють нахилу голови вперед, є сила тяжіння і сила м'язової тяги. При прямому утриманні голови вертикаль, опущена з її центру ваги, що розташовується трохи позаду турецького сідла, проходить попереду від поперечної осі атланта-потиличного зчленування. Рівнодійна м'язової сили, прикладена до потиличної кістки, проходить позаду цієї осі. Умовою рівноваги є рівність обертаючих моментів цих двох сил. Момент обертання сили дорівнює добутку сили на довжину її плеча, тобто відстані від точки опори важеля до точки прикладання сили.

У тих випадках, коли відбувається згинання чи розгинання голови, рівновага порушується і обертаючий момент однієї сили стає більшим чи меншим від обертаючого моменту іншої сили.

Наприклад, якщо при вертикальному положенні голови розслабляються м'язи каркової ділянки, голова нахилиться вперед, тому що обертаючий момент сили тяжіння стає більшим від обертаючого моменту сили м'язової тяги.

Навпаки, якщо збільшується тяга м'язів каркової ділянки, тоді обертаючий момент сили тяги стає більшим від обертаючого моменту сили тяжіння, і відбувається розгинання голови.

Варто зауважити, що при такому міркуванні допускається деяка схематизація.

Справа в тому, що нахил голови відбувається завдяки не тільки силі її тяжіння, але також при певній, хоча б і незначній, участі м'язів, що розташовані попереду шийного відділу хребтового стовпа. До цих м'язів належать як усі м'язи, що прикріплюються до під'язикової кістки і йдуть до неї знизу і згори, так і, головним чином, м'язи, що лежать безпосередньо на передній поверхні хребтового стовпа (довгий м'яз голови і довгий м'яз шиї).

Тому було б, звичайно, вірніше говорити не про обертаючий момент сили тяжіння, а про момент сил, що сприяють нахилу голови вперед. Однак при початковому поясненні елементарних рухів людського тіла така схематизація припустима, оскільки вона сприяє легшому і швидшому розумінню дії найбільш важливих сил.

Важіль другого роду. У механіці звичайно не враховується якісне розходження тих сил, що прикладені до важеля, і, як відомо, не прийнято важіль другого роду поділяти на різновиди. Однак стосовно живого організму необхідно розглядати, дві сили: силу м'язової тяги і силу тяжіння. Тому залежно від місця прикладання цих сил відносно точки опори можна розрізнити два різновиди важеля другого роду.

Один різновид нерідко називають «важелем сили». Він характеризується тим, що плече сили м'язової тяги більше за плече сили тяжіння.

Прикладом такого важеля може бути стопа під час підйому на пальцях. Місцем опори в даному випадку є головки плесневих кісток, через які проходить вісь обертання всієї стопи. Сила м'язової тяги, якщо позначити її прямою, що йде від п'яткової кістки в напрямку тяги триголового м'яза гомілки, як найбільш енергійного згинача стопи, має більше плече, ніж сила тяжіння. Остання передається через кістки гомілки на стопу і тисне безпосередньо на надп'яткову кістку, сприяючи опусканню стопи.

Не слід плутати вектор сили тяжіння з вертикаллю, опущеною із загального центру ваги і дотичною, в даному випадку, в ділянці головок плесневих кісток, тобто всередині площі опори, без чого неможливе збереження рівноваги тіла. Рухи важеля цього виду досить обмежені. Образно можна було б сказати, що тут є виграш у силі за рахунок програшу в амплітуді та у швидкості руху.

Інший різновид важеля другого роду називають «важелем швидкості». Цей різновид часто використовують для пояснення рухів людського тіла. Він характеризується тим, що одна сила – сила м'язової тяги – прикладена поблизу осі обертання і має значно менше плече, ніж інша сила – протидіюча їй сила тяжіння чи сила якого-небудь іншого опору.

Наприклад, м'язами, при скороченні яких відбувається згинання передпліччя, є двоголовий м'яз плеча, плечовий, плечо-променевий м'язи, круглий м'яз-привертач та інші м'язи, що мають рівнодійну, яка проходить попереду поперечної осі ліктьового суглоба. Плече рівнодійної цих м'язів дорівнює приблизно 2 см. Сила ж тяжіння має значно більше плече. Отже, якщо людина утримує кистю при зігнутому передпліччі вагу 16 кг, то плече сили тяжіння дорівнює приблизно 20 см., тобто плече сили опору приблизно в десять разів більше, ніж плече м'язової сили. Умовою рівноваги є рівність обертаючих моментів цих двох сил. Звідси стає зрозумілим, чому при піднімальній силі м'язів-згиначів передпліччя, що рівна приблизно 160 кг, нетре-

нована людина може утримати при зігнутому передпліччі тільки 16 кг. Справді, $160 \times 0,02 = 16 \times 0,2$, тобто кожен момент обертання дорівнює 3,2 кг/м.

Отже, у цьому різновиді важеля маємо програш у піднімальній силі за рахунок значного збільшення амплітуди і швидкості руху. Дійсно, при згинанні в ліктьовому суглобі кистю, а тим більше кінцями пальців, можна виконувати рухи зі значно більшою амплітудою і швидкістю, ніж рухи п'ятою стопи під час підйому на носки.

Піднімаючись на носки, людина піднімає вагу всього тіла, яка до того ж може бути збільшена яким-небудь іншим додатковим вантажем, а кистю можна підняти вагу значно меншу.

Під час різноманітних рухів і поз людина прагне поставити своє тіло в таке положення, щоб обертаючий момент сили працюючих м'язів був якнайбільшим при мінімальному м'язовому зусиллі, а обертаючий момент сил опору якомога меншим. Тому що обертаючий момент сили м'язів для того чи іншого положення організму є величиною усталеною, оскільки він визначається анатомічними особливостями будови рухового апарату, то основна увага спрямована на зменшення моменту сил опору.

Складання сил. Для визначення величини і місця прикладення рівнодійної сили групи синергістів, вектори яких паралельні, необхідно скласти сили всіх м'язів даної групи.

Якщо ця група складається з двох м'язів, то рівнодійна буде дорівнювати сумі їхніх піднімальних сил, а точка її прикладання буде знаходитися на прямій, перпендикулярній до напрямку рівнодійних цих двох м'язів, на відстані обернено пропорційній силі кожного м'яза.

Якщо група м'язів-синергістів складається з більшої кількості м'язів, то рівнодійна всієї групи також дорівнює сумі сил усіх м'язів. Місцем її прикладання є точка, що розташована між місцями прикріплення всіх м'язів даної групи.

Якщо попередньо визначити точку прикладання рівнодійної кожної з двох м'язів, то неважко знайти точку прикріплення рівнодійної всіх м'язів даної групи. Як приклад, можна навести м'язи, що згинають кисть, правий і лівий прямі м'язи живота та ін. У першому випадку група синергістів складається з декількох м'язів, у другому – тільки з двох.

Порівняно небагато м'язів розташовуються паралельно один до одного. У більшості випадків їх рівнодійні знаходяться під деяким кутом. Однак, розкладаючи сили за правилом паралелограма, завжди можна визначити ті їхні складові, які йдуть паралельно і сприяють руху навколо даної осі.

При складанні сил, що впливають на рух визначеної ланки тіла, доданком може бути не тільки сила м'язів, але також і сила тяжіння даної ланки.

Розкладання сил. Якщо до кістки прикріплюються м'язи, що тягнуть її в протилежні боки, то рух у цьому випадку відбувається в результаті складання сил з різним знаком, тобто має місце розкладання сил. Рівнодійна при цьому спрямована в бік більшої сили і дорівнює різниці між більшою і меншою силами. Наприклад, до лопатки, зокрема до її хребтового краю, прикріплюються м'язи, що тягнуть її в різні боки.

Так, нижній відділ великого ромбоподібного м'яза і нижні зубці переднього зубчастого м'яза, працюючи одночасно, тягнуть нижній кут лопатки в протилежні боки. Тоді коли сили м'язів, що рухають дану кістку в різних напрямках, виявляються рівними, вони врівноважуються один одним і кістка залишається нерухомою, фіксованою на своєму місці. При сумарному скороченні м'язів усієї даної ділянки зазвичай спостерігається саме така фіксація на своєму місці даної кісткової ланки. Лише деякі м'язи тягнуть кістки, до яких вони прикріплюються, у діаметрально протилежних напрямках. Більшість м'язів, що прикріплюються до однієї кістки, наприклад, до лопатки, з різних її боків, утворюють тяги, спрямовані під деяким кутом одна до одної. Однак ці тяги можуть бути розкладені таким чином, що їхні складові виявляються спрямованими в протилежних напрямках і беруть участь у протилежних рухах.

Сили, що діють під кутом. У тих випадках, коли м'язи тягнуть кістки в двох різних, але не прямо протилежних напрямках, рівнодійна м'язових сил виражається діагоналлю паралелограма, побудованого на цих силах. Наприклад, напрямки тяги кожного з м'язів, що приводять плече – великого грудного і найширшого м'язів спини, не збігається з напрямком руху при приведенні плеча. Крім того, не існує такого м'яза, напрямком сили тяги якого цілком відповідний напрямку руху при приведенні плеча, коли цей рух відбувається у лобовій площині.

Отже, два м'язи можуть утворити між собою паралелограм сил і замінюють відсутній м'яз, який необхідний для виконання даного руху.

Правило паралелограма стосується сил не тільки двох, а й декількох інших м'язів, що тягнуть дану кістку в різних напрямках. У таких випадках для визначення загальної рівнодійної, тобто загальної діагоналі, необхідно скласти паралелограм між кожними двома м'язами, а потім паралелограми між діагоналями перших паралелограмів, поки,

нарешті, не буде знайдена таким шляхом загальна рівнодійна всієї групи м'язів.

1.3. Характеристика положень тіла

Положення тіла в просторі являє собою тимчасову фазу відносного спокою тіла, тобто відсутність видимого зовнішнього руху. Однак це не означає, що при збереженні будь-якого положення в просторі руховий апарат людини виключений з роботи.

Аналіз будови скелета показує, що він складається з окремих кісткових ланок, з'єднаних між собою. Тому збереження положення однієї кісткової ланки стосовно іншої вимагає напруження певних груп м'язів.

Постійне напруження скелетних м'язів обумовлене тим, що тіло людини на Землі завжди знаходиться під впливом сил поля тяжіння.

Сила тяжіння, яка діє на людське тіло, чисельно рівна його вазі і належить до зовнішніх сил, що діють на організм, проти яких постійно відбувається активна робота рухового апарату.

Сила тяжіння завжди спрямована з центру ваги тіла вниз строго перпендикулярно до горизонтальної площини, на яку опирається людина.

У місці контакту тіла з опорною поверхнею на організм людини діє інша сила – сила реакції опори, яка чисельно дорівнює силі тяжіння, але прямо протилежна їй за напрямком.

Фізичний зміст сили реакції опори заснований на третьому законі механіки, згідно з яким взаємодія двох тіл, у даному випадку тіла людини й опорної поверхні, базується на урівноваженні сили дії і сили протидії. З механіки відомо, що поки сила тяжіння і сила реакції опори діють на одній прямій, тверде тіло зберігає стан рівноваги (чи спокою).

Під час рухів і положень живого людського тіла взаємовідношення між силою тяжіння і силою реакції опори значно складніші. З одного боку, це обумовлено тим, що тіло людини являє собою не тверде тіло, а рухомо з'єднані між собою частини – тулуб, голова і кінцівки, – кожна з яких також складається з рухомих ланок (наприклад, нижня кінцівка – із стегна, гомілки і стопи). З іншого боку, сила реакції опори передається в організмі людини від однієї ланки до іншої тільки через щільні тканини, нездатні до пластичної деформації (переважно через кісткову тканину).

Звідси виходить, що сила реакції опори діє тільки вздовж кісток скелета. Оскільки частини скелета з'єднані між собою рухомо, цілком очевидно, що дія сили тяжіння

і сили реакції опори на одній прямій являє лише окремий випадок їхньої взаємодії.

З огляду на різноманітність положень тіла і рухів, варто визнати, що в організмі людини ці сили діють не на одній прямій. Тому майже при будь-якому положенні тіла на кожному з його ланок і на все тіло в цілому діє пара сил: одну складає сила тяжіння тіла в цілому або його окремих ланок, а іншу – сила реакції опори, що діє або на тіло в цілому, або на його окрему ланку. Взаємодія цих сил обумовлює обер-тання однієї кісткової ланки навколо іншої.

Оскільки сила тяжіння має плече відповідно до майже всіх суглобів, то збереження положення тіла досягається за рахунок активної роботи м'язів, що протидіють силі тяжіння.

Сила м'язової тяги належить до внутрішніх сил організму. Вона виникає в результаті активного скорочення скелетних м'язів.

Напрямок дії сили м'язової тяги може збігатися з напрямком сили реакції опори. У такому випадку обидві сили (сила м'язової тяги і сила реакції опори) будуть протидіяти силі тяжіння. Якщо ці сили урівноважені, то тіло людини чи його окрема частина буде знаходитися в стані відносно-го спокою (наприклад, положення людини, яка стоїть з відведеною верхньою або нижньою кінцівкою).

Якщо напрямок сили м'язової тяги збігається з напрямком сили тяжіння, то по своїй сумарній величині вони перевершують силу реакції опори. У результаті цього рівновага тіла порушується і відбувається його рух.

Під час руху на тіло людини діє ще ряд сил. Наприклад, сила тертя, що збільшує зчеплення опорної кінцівки з опорною поверхнею; сила лобового опору, що залежить від щільності середовища і форми тіла і, як правило, гальмує рух.

Під час спортивних вправ дію сили лобового опору можна зменшити, приймаючи специфічну, найбільш вигідну позу з меншою лобовою поверхнею і кращою обтічністю (наприклад, бігун при зустрічному вітрові більше нахилає тулуб уперед).

Під час плавання, веслування сила опору середовища сприяє руху. Тому для збільшення цієї сили під час гребка використовують велику лобову поверхню (кистей рук, лопатей весел), а при підготовчих рухах до гребка рука чи весло виносяться з меншою швидкістю і з меншою лобовою поверхнею.

Сила інерції протидіє силам, що прискорюють або сповільнюють рухи. Вона відіграє важливу роль у руховій діяльності людини. З'являючись у проміжках між поштовхами, вона вирівнює їх, робить рухи більш плавними.

Усі ці сили протягом руху змінюються, впливають одна на одну. Їхній взаємозв'язок складний, це визначає кінематичну структуру руху як цілісного рухового акту.

Кожне положення тіла в цілому характеризується визначеним положенням голови і ланок кінцівок щодо тулуба, а також положенням тіла щодо опорної поверхні.

Доти, поки взаємне розташування частин тіла утримується активною роботою м'язів, воно знаходиться в стані рівноваги.

Будь-яка рівновага тіла відбувається за рахунок складної координації в роботі скелетних м'язів, в основі якої знаходиться умовно-рефлекторна діяльність центральної нервової системи.

У збереженні визначеного положення важлива роль належить шкірній і м'язово-суглобовій чутливості, зоровим і слуховим аналізаторам, а також органу рівноваги.

1.4. Загальний центр ваги і його роль у механічній стійкості тіла

Під загальним центром ваги (ЗЦВ) розуміють точку прикладання рівнодійної сили тяжіння всіх частин тіла. Визначення положення ЗЦВ тіла відіграє важливу роль при вирішенні різних питань механіки рухів. Рівновага і стійкість тіла визначаються положенням ЗЦВ тіла відносно опорної поверхні.

Загальна площа опори – це площа, яка розташована між крайніми точками опорних поверхонь тіла, іншими словами, площа опорних поверхонь і площа простору між ними.

Однак не вся площа опори може бути діючою, тому що м'які тканини не беруть участі в передачі сили реакції опори.

Величина площі опори при різних положеннях тіла спортсмена буває різною: у стійці на фігурних ковзанах вона дуже мала, при звичайному положенні стоячи вона більша, при виставлянні ноги вперед чи убік ще більша. Зі збільшенням площі опори збільшується і загальна стійкість тіла.

Відносно тіла людини розрізняють два види рівноваги: стабільну і нестабільну. Незалежна рівновага зустрічається вкрай рідко.

Стабільною рівновагою тіла називається така рівновага, при якій ЗЦВ тіла розташований нижче за площу опори. У цих випадках тіло, яке виведене зі стану рівноваги, і залишилося без впливу інших сил, крім дії власної сили тяжіння, повертається у вихідне положення. Прикладами стійкої рівноваги є вис на випрямлених руках, кут у висі і т.п.

Хиткою рівновагою тіла називається така рівновага, при якій ЗЦВ тіла розташований вище за площу опо-

ри. Якщо тіло виведене з цієї рівноваги, то воно не повертається у вихідне положення, а падає під дією власної сили тяжіння (ваги тіла). До такого виду рівноваги належать всі положення стоячи, упор лежачи, стойка на руках і т.п.

Стійкість тіла зберігається доти, поки вертикаль, опущена із ЗЦВ, не виходить за межі площі опори. Щойно ця вертикаль виходить за межі площі опори, рівновага порушується і тіло падає.

У організмі людини проекція ЗЦВ не є строго фіксованою точкою. Залежно від процесів кровообігу, дихання, травлення в певний момент часу положення окремих елементів тіла змінюється, що позначається і на положенні його ЗЦВ. Наприклад, у стані відносного спокою (у положенні стоячи чи лежачи) питома вага грудного відділу тулуба залежить від фази дихання. При вдиху вона менша, при видиху, навпаки, більша.

У зв'язку з цим відбувається постійне невелике переміщення ЗЦВ угору і вниз. При переході з вертикального положення (положення стоячи) у горизонтальне (положення лежачи) в організмі відбувається перерозподіл крові. Вона відпливає від нижніх кінцівок приблизно в кількості 100 см³.

Після декількох глибоких вдихів обсяг крові, що притікає до легень, зростає приблизно на стільки ж. Така зміна кровонаповнення різних частин тіла неминуче позначається на локалізації ЗЦВ. Орієнтовно можна вважати, що діаметр сфери, усередині якої відбувається його постійне переміщення, при спокійному положенні тіла дорівнює 5-10 мм. При зміні взаємного розташування частин тіла коливання в положенні ЗЦВ можуть бути більш значними.

Для встановлення проекції ЗЦВ тіла необхідно визначити його в трьох взаємно перпендикулярних площинах: лобовій, горизонтальній і стріловій.

Однак у більшості випадків визначають висоту положення ЗЦВ тіла над опорною поверхнею, оскільки при симетричному положенні ЗЦВ знаходиться в серединній площині, тому що права і ліва половини тіла мають приблизно однакову вагу.

Правда, більш точні розрахунки показують, що в зв'язку з асиметричним розташуванням внутрішніх органів права половина тіла приблизно на 500 г тяжча від лівої (у правій половині тіла знаходиться такий масивний орган, як печінка; крім того, у більшості людей м'язи правої половини тіла розвинуті краще і мають більшу вагу, ніж м'язи лівої половини). Однак у стандартних розрахунках ці розходження до ваги не беруться.

Можна визначити висоту положення ЗЦВ тіла, використовуючи принцип важеля другого роду.

Для цього людина, яку досліджують, лягає на дошку, яка одним кінцем спирається на гострий клин, закріплений до опорної поверхні, а іншим – на гострий клин, розташований на платформі вимірювання ваги. На терезах з'являється відмітка, що відповідає величині зусилля на дистальному кінці важеля. Клини встановлюються так, щоб відстань між ними дорівнювала довжині тіла досліджуваного, тому довжина важеля завжди відома. Щоб важіль знаходився в стані рівноваги, моменти діючих на нього сил повинні бути рівними. Добуток ваги тіла на висоту положення ЗЦВ тіла дорівнює добутку показника ваги на довжину тіла: $Ph = pL$, де P – вага тіла, h – висота положення ЗЦВ тіла від підшової поверхні стопи, p – показник ваги, L – довжина тіла. Виходячи з цього, висота положення ЗЦВ тіла знаходиться розрахунковим шляхом: $h = pL / P$.

Зазвичай вважають, що ЗЦВ тіла людини в положенні стоячи розташований у серединній площині в середньому на 2,5 см нижче за мис крижової кістки і на 4-5 см вище за поперечну вісь кульшових суглобів, приблизно на середині відстані між мисом і лобковим симфізом.

При визначенні положення ЗЦВ тіла і центрів ваги його окремих частин було встановлено, що центр ваги голови лежить позаду від спинки турецького сідла приблизно на 7 мм; центр ваги тулуба – попереду верхнього краю першого поперекового хребця.

По осі тулуба його центр ваги знаходиться від краніального кінця приблизно на 3/5 довжини, а від каудального – на 2/5 довжини.

Пряму між поперечними осями, що проходять через плечові і кульшові суглоби, центр ваги тулуба поділяє приблизно у відношенні 4:5.

За Фішером, ізольоване стегно, гомілка, плече і передпліччя мають центр ваги в тому місці, де відрізки від проксимального і дистального кінців цих ланок відносяться приблизно як 4:5. Центр ваги кисті з трохи зігнутими пальцями розташований на 1 см проксимальніше за головку третьої п'ясткової кістки.

Знаючи положення центру ваги кожної з двох частин тіла, що з'єднуються між собою (плеча і передпліччя, стегна і гомілки й ін.), неважко визначити положення загального для них центру ваги. Він знаходиться на прямій, що з'єднує центри ваги кожної з ланок, і поділяє цю пряму у відношенні, оберне-

но пропорційному їх масам. За допомогою перетворення дволанкових систем можна визначити положення ЗЦВ тіла.

Залежно від цілого ряду факторів, до яких у першу чергу належать стать, вік, розвиток мускулатури, масивність скелета, жировідкладення тощо, висота положення ЗЦВ у різних людей значно відрізняється. Встановлено також, що можливі добові коливання висоти положення ЗЦВ, які пов'язані з пластичними деформаціями, що виникають в суглобах скелета при великих фізичних навантаженнях.

У жінок у положенні стоячи ЗЦВ тіла зазвичай знаходиться трохи нижче, ніж у чоловіків: у чоловіків – у середньому, на рівні передньонижнього краю тіла п'ятого поперекового хребця (індивідуальні коливання – від третього поперекового до п'ятого крижового хребця); у жінок – на рівні передньонижнього краю тіла першого крижового хребця (індивідуальні коливання – від п'ятого поперекового до першого куприкового хребців).

У дітей раннього віку ЗЦВ тіла розташований вище, ніж у дорослих. Так, у немовлят він знаходиться на рівні п'ятого-шостого грудних хребців, до двох років – на рівні першого поперекового хребця, до 16-18 років він поступово переміщується не тільки вниз, але й назад.

Висота положення ЗЦВ тіла залежить і від спортивної спеціалізації. Так, у футболістів він розташований, у середньому, нижче, ніж у гімнастів. Індивідуальні коливання висоти положення ЗЦВ тіла значно помітніші, ніж коливання загальної довжини тіла.

Для прискорення процесу визначення місця розташування ЗЦВ тіла, а також для визначення його траєкторії під час того чи іншого складного руху пропонуємо метод, що ґрунтується на використанні спеціальної моделі, частини тіла якої рухомо з'єднані між собою, що дозволяє надати їм різне положення. Модель сконструйована таким чином, що відносна вага її частин відповідає ваговим відношенням між ними в організмі здорової людини.

Під час зміни взаємного розташування частин тіла проєкція його ЗЦВ також змінюється. Змінюється при цьому і стійкість тіла. Для практики це питання дуже важливе, тому що при більшій стійкості тіла можна виконувати рухи з більшою амплітудою без порушення рівноваги, однак почати рух при малому ступені стійкості легше, ніж при великому.

Стійкість тіла визначається величиною площі опори, висотою розташування ЗЦВ тіла і місцем проходження вертикалі, опущеної з ЗЦВ, всередині площі опори.

Чим більша площа опори і чим нижче розташований ЗЦВ тіла, тим більша стійкість тіла. Так, у положенні стоячи із зімкнутими стопами рівновагу зберігати важче, ніж у положенні, коли стопи знаходяться на ширині плечей.

Якщо з положення стоячи присісти, то висота розташування ЗЦВ тіла зменшиться, а стійкість тіла стане більшою. Чим ближче до краю опори проходить вертикаль, опущена з ЗЦВ тіла, тим менше можливостей для переміщення тіла в цьому напрямку і тим легше порушується рівновага в цей бік.

Кількісним вираженням ступеня стійкості тіла в тому або іншому напрямку є кут стійкості.

Кутом стійкості називається кут, утворений вертикаллю, яка опущена з ЗЦВ тіла, і прямої, проведеної з ЗЦВ тіла до краю площі опори; чим більший кут стійкості, тим більший ступінь стійкості тіла.

При симетричному положенні тіла вертикаль, опущена з ЗЦВ тіла, проходить через центр площі опори.

Під час стояння на лижах кут стійкості, а отже і стійкість тіла вперед буде більшою, ніж назад, а праворуч і ліворуч кути стійкості будуть однаковими і невеликими.

Вертикаль, опущена з ЗЦВ тіла, проходить на деякій відстані від осей обертання в суглобах. Через це сила тяжіння в будь-якому положенні тіла має відносно кожного суглоба визначений момент обертання, дорівнює добутку величини сили тяжіння на її плече.

Плечем сили тяжіння є перпендикуляр, проведений з центру суглоба до вертикалі, опущеної з ЗЦВ тіла. Чим більше плече сили тяжіння, тим більший момент обертання вона має відносно суглоба.

За рахунок активного скорочення окремих груп скелетних м'язів можна змінити розташування ланок тіла, що призведе до переміщення вертикалі, опущеної з ЗЦВ тіла, усередині площі опори.

Наближення цієї вертикалі до краю площі опори зменшує стійкість тіла у відповідному напрямку, що сприяє початку руху.

Робота м'язів визначається взаємним розташуванням кісткових ланок у суглобах, а також положенням ЗЦВ тіла.

Тому при анатомічній характеристиці положення чи руху тіла необхідно визначити:

1. Напрямок рівнодійної сили м'яза чи групи м'язів відносно тієї або іншої осі обертання у суглобі.
2. При якій опорі діє м'яз чи група м'язів (дистальній або проксимальній).

3. Взаємовідношення між м'язами-антагоністами і синергістами.
4. Плече і момент обертання сили м'язової тяги, силу тяжіння окремих кісткових ланок і умови, що сприяють їхній зміні.
5. Режим роботи м'язів (динамічний, статичний, на подолання, поступаючий, утримуючий або балістичний).

Кожне положення чи рух тіла людини має визначену структуру, зважаючи на участь в ньому компонентів рухового апарату. Виявлення сил, що діють на організм, дозволяє визначити умови і особливості роботи м'язів, ступінь використання сили тяжіння, інерції та інших сил у рухах.

Слід ще зазначити, що робота рухового апарату неминуче позначається на особливостях функціонування внутрішніх органів.

Особливий інтерес являє стан механізму зовнішнього дихання, тому що значна частина м'язів тулуба безпосередньо бере участь в акті дихання.

На основі аналізу роботи рухового апарату можна зробити висновок про те, який вплив з біологічної і педагогічної точок зору робить той чи інший рух на організм: на будову скелета, на рухливість у суглобах, на поставу, на розвиток окремих функціональних груп м'язів і т.д.

Причому необхідно відзначити не тільки позитивні зміни, що відбуваються в організмі під впливом вправ чи рухів, а й негативні, якщо вони мають місце.

1.5. Загальна класифікація рухів

Рухи тіла людини складні і різноманітні. Їх можна поділити на дві групи: прості рухи, які відбуваються в окремих суглобах, і складні рухи, що являють собою рухові акти, під час виконання яких відбувається сукупна робота в багатьох суглобах.

Сукупність рухів, за допомогою яких здійснюється переміщення людини в просторі, дістала назву локомоції (від лат. locus – місце, tetio – рух).

Переміщення організму людини в просторі відбувається в результаті відштовхування тіла від опорної поверхні чи його притягання до неї або в результаті відштовхування і притягання.

При цьому зовнішні сили, що діють на організм (сила тяжіння і сила реакції опори), взаємодіють із силою м'язової тяги, яка розвивається організмом, що і призводить до переміщення тіла в просторі.

Локомоції відбуваються завдяки координованій роботі м'язів, одні з яких виконують статичну роботу, утримуючи певне положення окремих частин тіла, а інші – динамічну.

Залежно від характеру рухової діяльності правої і лівої половин тіла рухи поділяють на симетричні та асиметричні.

При симетричних рухах обидві половини тіла виконують однакові рухи, при асиметричних – різні. Тому аналіз роботи рухового апарату під час симетричних рухів проводиться з одного боку тіла, а під час асиметричних – з двох боків.

Симетричні рухи, у свою чергу, можуть бути одночасно симетричними (наприклад, плавання стилем «брас») і різночасно симетричними (ходьба, біг, плавання стилем «кріль»).

Рухи можуть відбуватися і без зміни місця, тобто рухи на місці (присідання і т.п.).

За структурою розрізняють циклічні та ациклічні локомоції.

Циклічні локомоції – це ті, при яких одні й ті самі рухи постійно повторюються у визначеній послідовності. Тому після кожного циклу рухів усі частини тіла повертаються у вихідне положення (ходьба, біг, пересування на лижах і ін.).

При ациклічних локомоціях повторення рухів не відбувається, вони, по суті, являють одноактну дію (гра в теніс, баскетбол).

Залежно від характеру переміщення тіла локомоції ще поділяють на поступальні, обертальні і змішані (поступально-обертальні).

Поступальним рухом називається такий, під час якого точки тіла відносно опорної поверхні і одна до другої утворюють рівнобіжні лінії (наприклад, ходьба, біг, стрибок у довжину з місця). Під час обертального руху точки тіла рухаються відповідно до сусідніх точок дугами окружностей (наприклад, сальто, пірует).

У змішаному русі присутні і ті, й інші елементи.

Характер руху людини формується поступово протягом усього життя. Особливо це стосується професійних рухових навичок.

Основні природні локомоції (хода, біг, стрибок і ін.) найчастіше є вродженими. Їхнє остаточне формування закінчується в різні періоди життя дитини. Провідна роль у координації рухів належить нервовій системі.

1.6. Анатомічна характеристика положень тіла

Положення тіла характеризуються взаємним врівноваженням діючих сил. Специфіка положення тіла полягає в тому, що завдяки наявності внутрішніх активних м'язових сил людина може змінювати взаємне розташування ланок тіла, протидіючи зовнішнім силам і зберігати рівновагу. Усі положення тіла можна поділити на симетричні й асиметричні.

При симетричних положеннях тіла робота правої і лівої половин рухового апарату однакова, при асиметричних – різна.

Крім того, розрізняють положення тіла при нижній опорі, при верхній опорі і при змішаній опорі.

1.6.1. Положення тіла при нижній опорі

Вертикальна симетрична стойка.

Вертикальне положення тіла є природним для людини. Воно виникло у процесі довготривалої еволюції і є робочою позою, вихідним положенням для рухів, у тому числі і для фізичних вправ, а також використовується в якості проміжних і кінцевих поз під час різних спортивних рухів.

У положенні стоячи тіло людини розташоване вертикально, голова тримається прямо, руки вільно опущені уздовж тулуба, нижні кінцівки випрямлені і нижньою стороною стопи стикаються з опорною поверхнею.

Оскільки права і ліва половини тіла симетричні, то сила тяжіння тіла рівномірно розподіляється на обидві нижні кінцівки і їхні дистальні ланки – стопи.

Головними точками опори на стопі є нижня поверхня п'яtkового горба і головки плеснових кісток, причому тиск у більшій мірі припадає на п'яту.

Якщо в положенні стоячи відсунути тулуб трохи назад чи висунути його вперед, то разом з цим сила тиску на передній і задній відділи стопи буде змінюватися: при переміщенні тулуба вперед тиск на передній відділ стопи зростає, а на задній – зменшується і навпаки.

Оскільки в положенні стоячи загальний центр ваги тіла розташований вище за площу опори, тіло знаходиться в стані нестабільної рівноваги. Воно трохи погойдується, що головним чином залежить від протидії різних груп м'язів.

Це неважко перевірити за допомогою простого досліду: вістря, прикріплене до голови досліджуваного, буде вимальовувати на закоптіленому папері, що знаходиться над головою, криві лінії. За цими кривими можна судити про величину погойдувань тіла, що відбуваються, розмах яких збільшується в міру втоми досліджуваного, а також залежить від особливостей стану його нервової системи та інших факторів.

Як уже говорилося, збереження рівноваги тіла в положенні стоячи можливе лише в тому випадку, якщо проекція його загального центру ваги знаходиться безпосередньо усередині площі опори. В іншому випадку, тіло падає.

Коли з вертикального положення людина згинає тулуб, одночасно в результаті згинання в надп'яtkово-гомiлкових суглобах відбувається рух усього тiла назад.

Якщо стати спиною впритул до стiни i спробувати зiгнути тулуб, то згинання буде можливе лише в незначнiй мiрi, тому що стiна перешкоджає руху тiла назад.

Рiвновага в положеннi стоячи досягається також за рахунок скорочення м'язiв, що фiксують положення частин тiла одна вiдносно одноi.

Розрiзняють три основних види положення стоячи: антропометричне (або «нормальне положення»), спокiйне (або «зручна стойка») i напружене (або «вiйськова постава») (рис. 1.1).

Антропометричним положенням називається таке, яке є вихiдним для вимiру довжини тiла i його окремих частин.

У цьому положеннi тiло випрямлене i торкається своєю задньою поверхнею (лопатками, сiдницями i п'ятами) до стiни чи вертикальної стойки ростомiру.

Оскiльки воно трохи вiдхилене назад, вертикаль, опущена з його ЗЦВ, знаходиться в однiй лобовiй площинi з центром ваги голови, тулуба i поперечних осей великих суглобiв (плечового, лiктьового, променево-зап'ясткового, кульшового, колiнного i надп'яtkово-гомiлкового) i проходить усерединi площi опори, ближче до її заднього краю.

Правий i лiвий кути стiйкостi однаковi, а переднiй бiльший, нiж заднiй, через що стiйкiсть тiла назад дуже невелика. У цьому положеннi

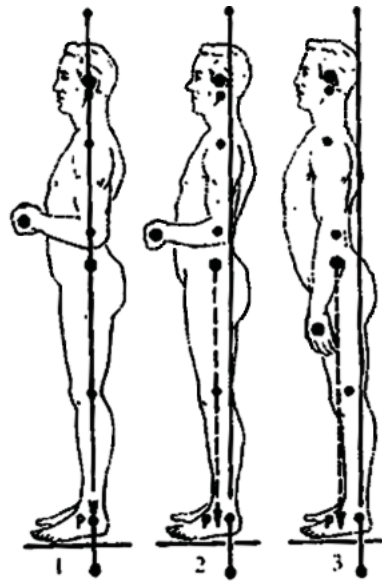


Рис. 1.1. Види положення тiла людини, стоячи:

1 – антропометричне положення; 2 – положення в спокої; 3 – напружене положення. Кружечок з точкою по центру знаходиться в дiлянцi голови i вказує на положення ЗЦВ тiла; в дiлянцi голови – положення ЗЦВ голови; в дiлянцi кистi – положення ЗЦВ кистi. Чорнi точки вказують на поперечнi осi суглобiв верхньої i нижньої кiнцiвок, а також атланта-потиличний суглоб

однаково виявляються напруженими м'язи, що знаходяться спереду і ззаду від поперечних осей обертання суглобів голови, тулуба і нижніх кінцівок (рис. 1.2, 1).

Антропометричне положення тіла мало використовується у звичайних умовах життєдіяльності людини і спортивній практиці. Воно є досить стомлюючим і незручним, тому що переміщення тіла назад без порушення рівноваги дуже обмежені.

Спокійне положення характеризується тим, що тіло знаходиться в невимушеному стані. Голова тримається прямо, верхня частина тулуба трохи відведена назад, а ділянка таза висунута вперед; хребтовий стовп зберігає свої фізіологічні вигини, хоча грудний кіфоз трохи збільшений; грудна клітка сплюснена, ребра трохи опущені.

Вертикаль, опущена із ЗЦВ тіла, проходить через середину площі опори. Звідси ступінь стійкості тіла вперед та назад однакові; передній і задній кути стійкості складають близько 10° .

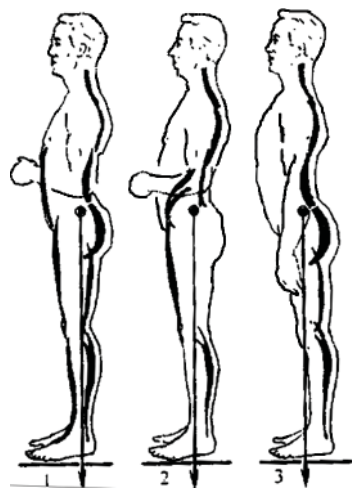


Рис. 1.2. Схема, яка показує скорочення функціональних груп м'язів при різноманітних видах положення тіла стоячи: 1 – антропометричне положення; 2 – положення в спокої; 3 – напружене положення (військова постава)

Центри ваги голови і тулуба розташовані трохи спереду від лобової площини, проведеної через ЗЦВ тіла.

Відносно поперечних осей кульшових суглобів ця площина проходить ззаду, а відносно колінних і над'яткового-гомількових суглобів – спереду.

Напруга м'язів у спокійному положенні незначна, тому що моменти сили тяжіння окремих частин тіла невеликі.

Момент сили тяжіння голови сприяє її нахилу вперед, цьому протидіє напруга м'язів, які спричиняють нахил голови назад і розгинання шії.

Протидію силі тяжіння тулуба, що прагне зробити згинання хребтового стовпа, створюють м'язи, що розгинають його (рис. 1.2, 2).

Нахилу таза назад перешкоджає натяг клубово-стегнових і лобково-стегнових зв'язок.

Перерозгинанню в колінному суглобі запобігає натяг задньої хрестоподібної зв'язки, а також обхідних великогомілкової і малоогомілкової зв'язок.

Розгинання в надп'яtkово-гомiлковому суглобі, тобто нахил гомiлки вперед, обмежений своерiдним пристроєм блоку надп'яtkової кiстки, яка у цьому положеннi щiльно охоплена великогомілковою і малоогомілковою кiстками.

Крiм пасивних сил, у забезпеченнi рiвноваги тiла беруть участь також м'язи нижньої кiнцiвки: згиначi стегна, розгиначi гомiлки і згиначi стопи.

Напружене положення вiдрiзняється тим, що при ньому тулуб дуже виступає уперед, голова тримається прямо, грудний кiфоз зменшений, а поперековий лордоз збiльшений у порiвняннi зi спокiйним стоянням, нахил таза також збiльшений, живiт пiдтягнутий, ноги випрямленi, грудна клiтка «розiгнута», ребра трохи пiднятi, пояс верхньої кiнцiвки вiдведений назад, руки опущенi і злегка притиснутi до тулуба.

У напруженому положеннi вертикаль, що опущена з загального центру ваги тiла, проходить попереду вiд поперечних осей суглобiв нижнiх кiнцiвок і розташовується усерединi площi опори, ближче до її переднього краю. При цьому стiйкiсть вперед дуже невелика, переднiй кут стiйкостi складає приблизно 6-8°, а заднiй – 12-14°.

Напружене положення стоячи свiдчить про готовнiсть людини до початку руху вперед.

Специфiчне розташування окремих частин тiла призводить до того, що моменти сили тяжiння стосовно суглобiв нижнiх кiнцiвок бiльшi, нiж при iнших видах стояння. Це обумовлює бiльше напруження м'язiв, якi протидiють силi тяжiння.

Пiд час даного виду стояння найбiльше навантаження припадає на м'язи задньої поверхнi тiла, скорочення яких запобiгає його падiнню вперед (рис. 1.2, 3); збiльшується навантаження на м'язи-розгиначi голови і м'язи-розгиначi хребтового стовпа; виявляються скороченими м'язи-розгиначi стегна, м'язи-згиначi гомiлки і м'язи-згиначi стопи; у фiксацiї колiнного суглоба бере участь також чотириголовий м'яз стегна.

Усi м'язи нижнiх кiнцiвок і тулуба працюють при дистальнiй опорi, закрiплюючи положення розташованих вище частин тiла вiдносно тих частин тiла, що розташованi нижче.

Вiльна верхня кiнцiвка за усiх видiв стояння знаходиться в стiйкiй рiвновазi. Вона «пiдвiшена» до пояса верхньої кiнцiвки, що і є для неї опором.

Плечовий, лiктьовий і променево-зап'ятковий суглоби укрiпленi за рахунок рiвномирного скорочення м'язiв-згиначiв і м'язiв-розгиначiв, що працюють при прокси-

мальній опорі. Крім того, за усіх видів стояння в роботу включаються м'язи-згиначі і м'язи-розгиначі хребтового стовпа, що зміцнюють його у лобовій площині, а також група м'язів, що приводить у рух стегно.

Значне навантаження під час стояння припадає на стопу, через яку на площу опори передається уся вага тіла.

За антропометричного виду стояння навантаження припадає в основному на більш твердий задній відділ стопи, при спокійному стоянні воно рівномірно розподіляється на усі відділи, а при напруженому – припадає, в основному, на менш твердий передній відділ.

Вага тіла, створюючи вплив на стопу, може призвести до зменшення висоти її склепіння. Напруження м'язів підшовової поверхні стопи, а також переднього великогомілкового і довгого малоомілкового м'язів сприяє підтримці склепіння стопи.

Що стосується дихання, то під час напруженого виду стояння, коли грудний кіфоз трохи зменшується, створюються сприятливі умови для поглибленого вдиху.

Під час спокійного стояння грудний кіфоз, навпаки, трохи збільшується, що більше сприяє видиху.

Під час додаткової фіксації пояса верхніх кінцівок (положення «руки за голову» або «руки на пояс») можна досягнути участі в акті дихання допоміжних м'язів вдиху: малого грудного, переднього зубчастого і ін.

Положення стоячи як вихідне для виконання спортивних рухів, повинно відповідати ряду умов. Так, тіло повинно мати достатню стійкість і знаходитися в положенні, зручному для початку ходьби, бігу чи стрибка. Поза людини повинна задовольняти деяким естетичним вимогам і не допускати будь-яких дефектів статури (наприклад, сутулості).

1.6.2. Опора лежачи

Опора лежачи також належить до положень тіла при нижній опорі. Його аналіз становить інтерес не тільки через особливе розташування тіла, а й тому, що віджимання в упорі лежачи є одним з тестів при визначенні силової витривалості спортсменів.

При опорі лежачи тіло випрямлене і займає нахилене положення, голова тримається прямо, шийний відділ хребтового стовпа знаходиться в стані незначного розгинання, верхні кінцівки випрямлені, розташовані майже під прямим кутом до тулуба і стикаються з опорною поверхнею, нижні кінцівки також випрямлені, але знаходяться під го-

стрим кутом до опорної поверхні. При цьому всі частини тіла утворюють замкнутий кінематичний ланцюг.

У такому положенні тіло людини можна показати у вигляді одного поздовжнього і двох поперечних склепінь: поздовжнім склепінням є хребтовий стовп, що спирається на поперечні склепіння; передне поперечне склепіння утворене кістками вільних верхніх кінцівок і кістками пояса верхніх кінцівок, з'єднаними з грудниною; задне – кістками таза, що жорстко з'єднане із хребтовим стовпом і вільними нижніми кінцівками.

Площею контакту в упорі лежачи є опорна поверхня кисті, пальців стопи і площа простору, укладена між двома стопами.

Оскільки ЗЦВ тіла знаходиться вище за площу опори, то рівновага тіла нестійка.

Однак ступінь стійкості тіла порівняно великий, тому що положення ЗЦВ тіла невисоке – 30-35 см., а площа опори досягає значних розмірів – 4000 см², вертикаль, опущена з ЗЦВ тіла, проходить через площу опори далеко від її передньої і задньої межі (рис. 1.3).

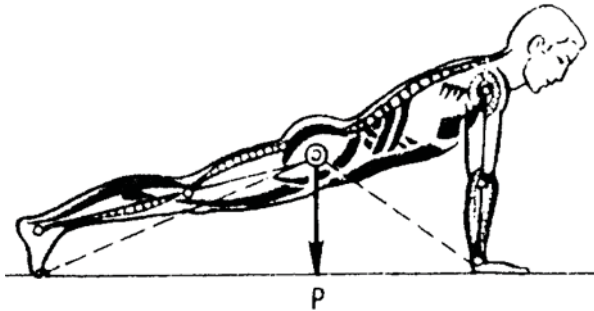


Рис. 1.3. Опора лежачи. Схема, яка показує напруження функціональних груп м'язів

Кути стійкості також досить великі: передній дорівнює – 70°, задній – 50°. Тому в цьому положенні можна робити різні рухи з переміщенням частин тіла без порушення рівноваги.

Незважаючи на відносно великий ступінь стійкості, знаходитися в цьому положенні довгий час важко, тому що підтримка рівноваги вимагає значного напруження м'язів, які, будучи активними внутрішніми силами, створюють протидію силі тяжіння і утримують ланки тіла у визначеному положенні.

Сила тяжіння утворює значні за величиною моменти обертання відносно суглобів тулуба, верхніх і нижніх кінцівок.

Сила реакції опори розподіляється між верхніми і нижніми кінцівками (так при вазі людини 75 кг на верхні кін-

цівки діє сила реакції опори приблизно 45 кг, а на нижні кінцівки – 30 кг).

Аналіз роботи м'язів показує, що голова утримується за рахунок статичного напруження м'язів, що розгинають шию і голову (м'язи задньої поверхні шиї, глибокі м'язи потиличної ділянки і м'язи-розгиначі шийного відділу хребтового стовпа).

Серед м'язів тулуба найбільше навантаження припадає на м'язи живота і м'язи, що випрямляють тулуб. При одночасному скороченні вони закріплюють хребтовий стовп і не дають внутрішнім органам опускатися під впливом власної ваги.

У ділянці променево-зап'ясткового суглоба силі тяжіння протидіють м'язи-згиначі кисті і пальців, що працюють при дистальній опорі і фіксують положення передпліччя відносно кисті.

Ліктьовий суглоб укріплений м'язами-розгиначами передпліччя, тому що сила тяжіння намагається зігнути руку в ліктьовому суглобі.

У ділянці плечового суглоба напружені майже всі м'язи, що його оточують. Вони зміцнюють положення пояса верхніх кінцівок відносно плечової кістки, працюючи при дистальній опорі.

Великий і малий грудні, а також передній зубчастий м'язи, які мають опору на ключиці і ребрах, утримують тулуб спереду; великий і малий круглі, підостьовий і підлопатковий м'язи, а також довга головка триголового м'яза плеча, які мають опору на плечовій кістці, утримують тулуб ззаду.

Дельтоподібний м'яз фіксує ключицю і лопатку до плечової кістки.

Пояс верхніх кінцівок фіксується до хребтового стовпа за рахунок скорочення трапецієподібного, ромбоподібного м'язів і найширшого м'яза спини.

Кульшовий суглоб закріплюють м'язи-згиначі стегна, скорочення яких перешкоджає опусканню тулуба, колінний – м'язи-розгиначі гомілки.

Скорочення згиначів стопи, особливо камбалоподібного м'яза, запобігає подальшому розгинанню стопи.

Скорочення всіх зазначених м'язів збільшується, якщо опора лежачи виконуються не на шорсткій, а на слизькій поверхні, тому що відсутність тертя вимагає додаткового зусилля для утримання поздовжнього склепіння в даному положенні тіла.

При виконанні упори лежачи є деякі особливості в механізмі зовнішнього дихання.

Скорочення грудних м'язів і передніх зубчастих м'язів обумовлює піднімання ребер, міжреброві м'язи розтягуються.

Верхній і середній відділи грудної клітки знаходяться в стані вдиху, що утруднює рухи ребер і під час вдиху, і під час видиху. Дихальна екскурсія діафрагми також утруднена, тому що напружені м'язи живота перешкоджають її опусканню при вдиху, хоча добре тренована діафрагма легко може подолати цю перешкоду. Дихання під час цієї вправи переважно нижньо-грудне і діафрагмальне.

Опора лежачи сприяє розвитку м'язів живота, може застосовуватися як коригуюча вправа при порушеннях постави і як тренувальна вправа для розвитку діафрагмального типу дихання.

1.6.3. Положення тіла при верхній опорі

До найбільш розповсюджених положень тіла при верхній опорі можна зарахувати різні висоти. Робота рухового апарату найбільш специфічна у висоті на випрямлених руках і у висоті на зігнутих руках.

1.6.3.1. Вис на випрямлених руках

Під час висот на випрямлених руках тіло людини займає вертикальне положення, руки підняті догори, випрямлені і фіксовані до снаряду (поперечка кільця). Голова тримається прямо, тулуб знаходиться в розігнутому стані в результаті чого грудний кіфоз зменшений, а поперековий лордоз збільшений. Нижні кінцівки – прямі, пальці стопи відтягнуті.

ЗЦВ тіла висот на випрямлених руках розташованій нижче за площу опори, тому усі висоти належать до стійких видів рівноваги. Однак ЗЦВ знаходиться трохи вище за його звичайне положення, тому що руки підняті і маса головного кінця тіла збільшена.

Площа опори при висоті на випрямлених руках показана площею опорної поверхні кисті і площею простору, який знаходиться між ними. Сила тяжіння діє на тіло таким чином, що вона прагне відокремити розташовані нижче ланки тіла від тих, що знаходяться вище, тобто вона немовби розтягує тіло. Її протидіє сила м'язової тяги, яка створюється статичним напруженням м'язів, що оточують суглоби.

Рівновага при висоті на випрямлених руках зберігається доти, поки момент сили тяжіння тіла дорівнює нулю, тобто поки вертикаль, опущена з ЗЦВ тіла, збігається з лінією підвісу. Як тільки ЗЦВ тіла зміщується відносно лінії підвісу вперед чи назад, з'являється плече сили тяжіння, внаслідок

док чого утворюється момент сили тяжіння і тіло почне, як маятник, розкачуватися.

Робота рухового апарату при висі на випрямлених руках досить складна і відбувається в незвичайних для організму людини умовах. М'язи верхніх кінцівок працюють при дистальній опорі, а нижніх – при проксимальній. У такому положенні напружені майже всі м'язи тіла, при цьому їхня робота має переважно статичний характер (рис. 1.4).



Рис 1.4. Вис на випрямлених руках.

Схема, яка показує напруження функціональних груп м'язів

Основне навантаження при висі на випрямлених руках припадає на м'язи верхніх кінцівок. Воно спрямоване на те, щоб тримати пальці кисті в зігнутому положенні й оберігати суглоби верхніх кінцівок від розтягування.

Пальці кисті утримуються в зігнутому положенні статичною напругою поверхневого і глибокого м'язів-згиначів пальців, а також скороченням власних м'язів кисті. В ділянці променево-зап'ясткового і ліктьового суглобів напружені як м'язи-згиначі, так і м'язи-розгиначі, хоча напруження перших більш виражене.

При висі хватом згори, коли передпліччя проноване, до роботи приєднуються м'язи-пронатори (круглий пронатор і квадратний пронатор), а при висі хватом знизу, коли передпліччя супіноване, дія пронаторів ослаблена, а супінатори (плечо-променевиий м'яз і супінатор) напружені.

Працюючи при дистальній опорі, м'язи, що зміцнюють променево-зап'ястковий і ліктьовий суглоби, фіксують положення розташованих нижче ланок відносно тих, що знаходяться вище.

У зміцненні плечового суглоба беруть участь майже всі м'язи, які його оточують. Вони одночасно фіксують положення пояса верхніх кінцівок. Найбільш напружені ті м'язи, що опускають його, і ті, які утримують лопатку від надмірного зсуву вперед. До цих м'язів належать: малий грудний, підключичний, передній зубчатий, ромбоподібні м'язи і нижня частина трапецієподібного м'яза. Крім цього, значну допомогу в утриманні тулуба надають найшир-

ший м'яз спини, великий круглий і великий грудний м'язи, що підтягують його до плечової кістки.

На роботу м'язів верхніх кінцівок великий вплив має ширина захвату. Якщо кисті розташовані на ширині плечей, то корисна складова сили цих м'язів буде більшою, тобто майже вся їхня сила буде спрямована на подолання сили тяжіння. Коли ж кисті розташовані широко, різко збільшується сила, що прагне змістити лопатки назовні від хребтового стовпа, і для їхнього утримання потрібна набагато більша робота трапецієподібного і ромбоподібного м'язів, що наближають лопатку до хребтового стовпа. При цьому корисна складова сили м'язів, що піднімають тулуб, значно зменшується. Якщо кисті розташовані близько одна до одної, утримувати тіло в рівновазі дуже важко, оскільки площа опори порівняно невелика, суглобові западини лопаток обернені догори, внаслідок чого м'язи, що опускають пояс верхніх кінцівок, дуже розтягнуті і не можуть довго утримувати положення відповідних ланок тіла. Положення таза фіксується напруженням м'язів живота і м'язів, що випрямляють тулуб. Нижні кінцівки в кульшових і колінних суглобах розігнуті, а в надп'яtkово-гомілкових максимально зігнуті.

Тому переважно напружені м'язи-розгиначі стегна (великий сідничний м'яз), м'язи-розгиначі гомілки (чотириголовий м'яз стегна), м'язи-згиначі стопи (м'язи задньої і бічної поверхні гомілки) і м'язи підшшової поверхні стопи, що працюють при проксимальній опорі.

Дихання при висі на випрямлених руках утруднене.

Верхній відділ грудної клітки піднятий і знаходиться в стані вдиху, тому ті м'язи, що опускають пояс верхніх кінцівок, своїм скороченням фіксують ребра у верхньому положенні.

Нижній відділ грудної клітки під дією сили тяжіння відтягнутий донизу. Грудна клітка розтягнута, що й обмежує її нормально експансію. Дихання здійснюється переважно за рахунок скорочення діафрагми, хоча напружені м'язи живота також трохи утруднюють її рухи.

Специфічність положення тіла у цьому виді вису сприяє розвитку м'язів верхніх кінцівок і м'язів, які випрямляють хребтовий стовп, що дуже впливає на формування постави і сприяє виправленню її дефектів. Поступово зростаюча напруга м'язів живота створює сприятливі умови для тренування діафрагми.

1.6.3.2. Вис на зігнутих руках

Під час вису на зігнутих руках тіло людини займає не строго вертикальне положення, а трохи нахилене таким чи-

ном, що верхня його половина знаходиться ближче до попередини чи до кілець, ніж нижня. Верхні кінцівки зігнуті в ліктьових і плечових суглобах, тулуб розігнутий, ноги випрямлені, носки стоп відтягнуті.

Взаємодія зовнішніх і внутрішніх сил, що діють на тіло людини при висі на зігнутих руках, аналогічна взаємодії цих сил при висі на випрямлених руках.

З анатомічної точки зору найбільш цікавою є робота рухового апарату і, головним чином, верхніх кінцівок. Її основна особливість полягає в тому, що в досить напруженому стані знаходяться м'язи-згиначі передпліччя (плечовий і плечо-променеви м'язи і круглий пронатор) і плеча (двоголовий м'яз плеча і дзьобоподібно-плечовий м'яз). Ці м'язи виконують настільки велику роботу, що у висі на зігнутих руках можна знаходитися дуже недовго.

М'язи верхньої кінцівки працюють при дистальній опорі, спричиняючи не рух передпліччя до плеча, а рух плеча до передпліччя і тулуба до плеча.

Значне навантаження припадає також на м'язи, що приводять плече (найширший м'яз спини, великий круглий і великий грудний м'язи).

Деяке розгинання в плечовому суглобі, порівняно з висом на випрямлених руках, забезпечується скороченням найширшого м'яза спини, підостьовим, великим і малим круглими м'язами, а також триголовим м'язом плеча (переважно його довгою головкою). При цьому напруження триголового м'яза плеча зростає по мірі згинання руки в ліктьовому суглобі, тому що місце початку і місце прикріплення цього м'яза віддаляються один від одного.

Дихальна екскурсія грудної клітки діафрагми при цьому положенні ускладненні більше, ніж при висі на випрямлених руках. Це пов'язано з тим, що м'язи, які переходять з верхньої кінцівки на тулуб, виявляються в більш напруженому стані, оскільки вони беруть участь в утриманні пояса верхньої кінцівки. Значне напруження м'язів живота затримує дихальну екскурсію діафрагми.

З огляду впливу на організм вис на зігнутих руках ідентичний вису на випрямлених руках, хоча навантаження на м'язи верхніх кінцівок і живота в цьому положенні є більшим.

1.6.3.3. Опора на паралельних брусах

Опора на паралельних брусах являє собою різновид вису і належить до такого виду положень тіла, при яких одні частини тіла (верхні кінцівки) мають нижню опору, а інші (нижні кінцівки) – верхню. У зв'язку з цим сила тяжін-

ня діє на них неоднаково: верхні кінцівки вона здавлює, а тулуб і нижні кінцівки – розтягує.

При опорі на паралельних брусах тулуб розташований вертикально, голова тримається прямо, руки опущені уздовж тулуба і фіксовані до гімнастичного снаряду, ноги випрямлені, носки стоп відтягнуті. Усі відділи верхніх кінцівок міцно закріплені відповідно один до одного, в результаті цього верхні кінцівки є нерухомими вертикальними опорами для всього тіла.

Тулуб, а разом з ним голова і нижні кінцівки, немовби підвішені до пояса верхніх кінцівок, подібно до маятника з віссю обертання, яка проходить через центри плечових суглобів (рис. 1.5).

Дія сили тяжіння виявляється в тому, щоб відокремити розташовані нижче частини тіла від тих, що знаходяться вище.

Реакція опори, що виникає під час контакту кисті з опорною поверхнею, протилежна за напрямком до сили тяжіння (спрямована догори) і протидіє їй.

Площа опори представлена площею опорних поверхонь правої та лівої кисті і площею простору між ними.

ЗЦВ тіла розташований вище за площу опори, тому що опорними поверхнями є кисті. Отже, рівновага тіла в опорі на паралельних брусах характеризується як нестійка. Якщо розглядати рівновагу тіла відносно верхніх кінцівок, то вона характеризується як стійка.

Робота рухового апарату визначається особливостями розташування частин тіла, їхньою відповідністю до площі опори і положенням ЗЦВ тіла.

Верхні кінцівки працюють при дистальній опорі, а нижні – при проксимальній. Тулуб разом з головою і шиєю спирається не на нижні кін-

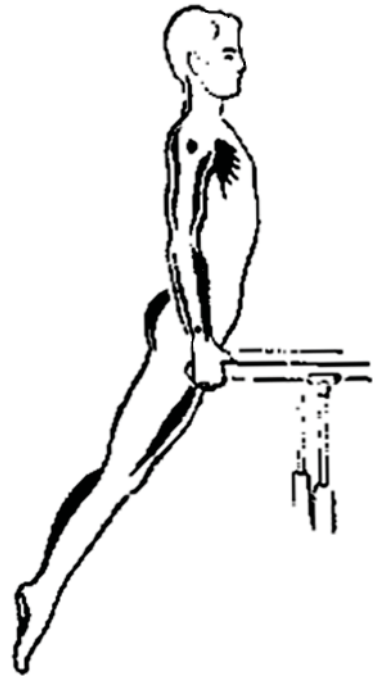


Рис. 1.5. Опора на паралельних брусах. Схема показує напруження функціональних груп м'язів

цівки, а на верхні кінцівки. Напруження м'язів спрямоване на те, щоб верхні кінцівки, тулуб і нижні кінцівки утримати у випрямленому положенні та закріпити пояс верхніх кінцівок.

Кисть розігнута під впливом сили тяжіння (пасивно). М'язи кисті, а також поверхневий і глибокий м'язи-згиначі пальців, як правило, напружені, вони утримують кисть у фіксованому положенні. При цьому м'язи-згиначі пальців і кисті своїм скороченням обмежують ступінь розгинання в променево-зап'ясткових суглобах. Найбільше навантаження припадає на кістки п'ястка і зап'ястка.

У ліктьовому суглобі плече під впливом сили тяжіння прагне до згинання відносно передпліччя, цьому сприяє трохи зігнуте одне відносно одного положення цих двох відділів верхньої кінцівки, яке нерідко спостерігається у людей з добре розвиненими м'язами. Перешкодою до згинання служить напруження триголового м'яза плеча.

Однак будова ліктьового суглоба така, що, знаходячись у положенні розгинання, він виявляється більш закріпленим, ніж у положенні навіть невеликого згинання. Іноді в людей з погано розвиненою мускулатурою, і, особливо в жінок, можна спостерігати деяке перерозгинання в ліктьовому суглобі. При великому ступені такого перерозгинання плече від подальшого розгинання і разом з тим від ушкодження ліктьового суглоба утримують м'язи, що розташовані на його передній поверхні (двоголовий м'яз плеча, плечовий і плечо-променевий м'язи, круглий пронатор та ін.).

У зміцненні плечового суглоба, а разом з тим і у фіксації пояса верхньої кінцівки беруть участь усі м'язи, що оточують цей суглоб. Головне навантаження припадає на м'язи, що приводять плече (великий грудний м'яз, найширший м'яз спини, підлопатковий, великий і малий круглі м'язи, довга головка триголового м'яза плеча).

Опусканню тулуба під дією сили тяжіння перешкоджають ті м'язи, які належать до групи м'язів, що опускають пояс верхньої кінцівки: малий грудний м'яз, нижня частина трапецієподібного і нижні зубці переднього зубчастого м'язів, а також ті м'язи, які фіксують лопатку та утримують її внутрішній край паралельно до хребтового стовпа (ромбоподібний м'яз, середня частина трапецієподібного м'яза).

В утриманні тулуба важливу роль також відіграють великий грудний м'яз і найширший м'яз спини. Нижні частини цих м'язів сприяють підтягуванню тулуба догори, зменшуючи тим самим дію сили тяжіння. Випрямлене поло-

ження тулуба досягається за рахунок напруження м'язів, що випрямляють хребтовий стовп.

У ділянці кульшового суглоба скорочуються м'язи-розгиначі стегна, що утримують нижню кінцівку в трохи розігнутому положенні. Надмірному розгинанню стегна перешкоджає невелике напруження м'язів живота, які утримують фізіологічних нахил таза.

Розгинання у колінному суглобі відбувається під впливом скорочення чотиригодового м'яза стегна. Стопа в зігнутому положенні утримується напруженням згиначів стопи і пальців (м'язи задньої і бічної поверхні гомілки і згинальної поверхні стопи).

Грудна клітка при опорі на паралельних брусах знаходиться в трохи розтягнутому стані, тобто в положенні вдиху, завдяки тому, що напруженні великі м'язи, які спричиняють піднімання ребер. Дихання відбувається не стільки за рахунок екскурсії грудної клітки, скільки завдяки скороченню діафрагми.

Вправа «Опора на паралельних брусах» розвиває цілий ряд м'язів, головним чином, м'язи пояса верхніх кінцівок і вільної верхньої кінцівки, а також м'язи спини, що сприяє формуванню правильної постави.

2. БІОМЕХАНІЧНА СТРУКТУРА ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Визначення положення тіла людини. Під час виконання фізичних вправ положення тіла в просторі змінюється. Техніка виконання фізичних вправ і визначення положення тіла людини в просторі тісно взаємозв'язані. Тіло людини складається з безлічі рухомих ланок, сполучених суглобами, і, разом з тим, виступає як ціле (система). Воно займає проміжне місце між твердим тілом і системою незв'язаних матеріальних точок. Від твердого тіла воно відрізняється тим, що його ланки можуть переміщатися, а від системи незв'язаних матеріальних частинок тим, що ці переміщення все ж таки обмежені відстанню між двома будь-якими частинами тіла без порушення його цілісності. Таким чином, з погляду механіки тіло людини можна назвати тілом змінної конфігурації.

Відомо, що для більш точного визначення положення деякої механічної системи необхідно вказати місце кожної її частини (матеріальної точки) у просторі, яке можна визначити трьома величинами у прямокутній системі координат. Ці величини вкажуть на висоту положення точки, її віддаленість від початку відліку координат. Отже, положення

механічної системи, що складається з N – матеріальних точок, можна уявити $3 - N$ величинами. В абсолютно твердому тілі відстань між двома будь-якими точками залишається незмінною. Ця обставина дозволяє охарактеризувати положення тіла меншим числом величин. Ними будуть 3 координати довільної точки тіла і 3 Ейлерові кути, що характеризують нахил тіла в просторі щодо вказаної системи прямокутних координат. Знаючи ці величини, легко знайти координати решти точок тіла. Тому говорять, що вільне тверде тіло має 6 ступенів волі. Аналогічно можна визначити положення тіла людини, проте, з'ясувавши ряд додаткових умов.

Перш за все, слід чітко обґрунтувати вибір площин та осей тіла людини. *Сагітальна площина* розділяє тіло людини в положенні основної стійки на дві відносно рівні частини – ліву і праву. *Фронтальна площина* – перпендикулярна сагітальній – ділить тіло людини на передню і задню частини. Третя – *горизонтальна* – перпендикулярна першим двом і ділить тіло людини на верхню і нижню половини. Перетинаючись, ці площини утворюють три взаємно-перпендикулярні осі: передньо-задню, подовжню і поперечну, що є своєю системою координат, щодо якої розглядають розташування внутрішніх органів, ланок тіла, судин тощо.

Проте ці осі й площини, зручні для вивчення анатомії людини, мало придатні для аналізу його рухів. Дійсно, де проходить подовжня вісь тіла і передньо-задня площина, якщо людина знаходиться не в положенні основної стійки, а зробіть, наприклад, нахил убік? Важко відповісти і на питання щодо напрямку передньо-задньої осі тіла при його скручуванні і у всіх інших випадках розбіжностей поз з основною стійкою. Тому необхідно уточнити й узагальнити поняття «вісь» і «площина» тіла людини на випадок зміни його пози.

Для цього уявимо, що тіло людини в стійці «руки вгору» є розділеним горизонтальною площиною на дві рівні за вагою половини. Вісь OY , що проходить через центри мас верхньої та нижньої частин тіла, візьмемо за подовжню вісь тіла. Ця вісь проходить через загальний центр мас тіла. Доцільно вважати, що перпендикулярні їй осі OX та OZ , проходять через ЗЦМ тіла (точка O), відповідно передньо-задній та поперечній осям тіла за умови, що вісь OX направлена паралельно площині симетрії таза.

Таким чином, вісь тіла не жорстко пов'язана з ним, а рухомо. У положенні основної стійки приведений вибір осей тіла повністю співпадає з прийнятими в анатомії площинами. Тепер уявимо, що в ЗЦМ тіла поміщений початок відліку ще однієї системи прямокутних координат $OX_1 Y_1 Z_1$. Її

осі постійно орієнтовані в просторі навіть під час руху тіла. Наприклад, вісь OY_1 – перпендикулярна стелі спортивного залу, вісь OX_1 – перпендикулярна одній стіні залу, а вісь OZ_1 – іншій. Під час аналізу рухів людини домовляються, що осі $OX_1Y_1Z_1$ будуть завжди паралельні осям деякої третьої системи прямокутних координат $OXYZ$, осі якої нерухомі в просторі (у ній визначатимемо переміщення ЗЦМ тіла).

За таких умов для визначення положення тіла спортсмена в просторі досить вказати 3 координати ЗЦМ тіла, 3 Ейлерові кути і позу (взаємне розташування ланок тіла). Поза в багатьох видах спорту зазвичай позначається якісно: «зігнувшись», «прогнувшись», «ноги нарізно» і так далі, тобто вказуються відхилення пози від основної стійки. У разі потреби позу можна визначити точніше, вказавши величини кутів між відповідними ланками тіла.

Ейлерові кути, що характеризують орієнтацію всього тіла людини в просторі, можна задавати різними способами, але їх вибір повинен підпорядковуватися певним правилам. Згідно з цими правилами один з кутів утворюється поворотом тіла навколо однієї з осей, нерухомо орієнтованих у просторі $OX_1Y_1Z_1$, другий кут – обертанням тіла навколо однієї з осей, пов'язаних з тілом (система $OXYZ$), третій – поворотом тіла навколо так званої лінії вузлів. Ця лінія утворюється перетином взаємно-перпендикулярних або однойменних площин нерухомо орієнтованого в просторі тригранника і тригранника, який пов'язаний з тілом. При такому виборі кути будуть незалежними один від одного.

Для того, щоб дати описову характеристику обертальному руху людини, візьмемо таку систему відліку, при якій Ейлерові кути будуть змінюватися найбільше. Для більшого числа завдань, пов'язаних з аналізом рухів спортсмена у фізичних вправах, зручно використовувати наступний порядок вибору кутів. Перший кут (α) – міра повороту тіла навколо постійно орієнтованої в просторі осі OX . Другий кут (β) створюємо поворотом навколо пов'язаної з тілом осі OY (подовжній осі тіла), а третій кут (γ) – поворотом навколо лінії перетину площин OX_1Y_1 і OXZ . Так, наприклад, при виконанні сальто назад у гімнастиці змінюється кут α , під час повороту наліво в стройових вправах – кут β ; при виконання сальто з поворотом обертання тіла відбувається одночасно навколо постійно орієнтованої у просторі осі OZ_1 і осі OY , тобто змінюються кути α і β ; при махових вправах на коні змінюється кут γ і так далі.

У деяких випадках при аналізі рухів людини у фізичних вправах зручно використовувати в якості першого

Ейлеревого кута – a кут, утворений обертанням тіла навколо осі OY_1 . Це переважно використовують при дослідженні закономірностей управління обертання тіла спортсмена навколо його подовжньої осі в умовах вільного польоту і в деяких інших завданнях.

Підводячи підсумок, ще раз підкреслимо, що для повного розуміння руху тіла людини під час виконання фізичних вправ необхідно уявити три системи прямокутних координат. Одна система координат нерухома в просторі (у нас – $OXYZ$). Відносно розглядається переміщення ЗЦМ тіла, тобто поступальна хода. Інша система координат $OX_1Y_1Z_1$ пов'язана з ЗЦМ тіла, її осі завжди орієнтовані в просторі (отже, вона разом з ЗЦМ переміщуються поступально щодо системи $OXYZ$). Відносно системи $OX_1Y_1Z_1$, спостерігається зміна орієнтації в просторі системи координат $OXYZ$, пов'язаної з тілом. Цей відносний рух характеризує обертальний рух усього тіла U пов'язаний з тілом системи координат $OXYZ$ визначається розташування ланок тіла – поза.

Таким чином, положення тіла людини в просторі характеризується місцезнаходженням його ЗЦМ, орієнтацією і позою (на останній складовій слід особливо заострити увагу, оскільки слово «поза» іноді розуміють як синонім слів «положення тіла». Щоб уникнути непорозуміннь, слід ще раз підкреслити, що з даних позицій «поза» є тільки однією з складових поняття «положення тіла»).

Програми рухів. У кожній фізичній вправі тіло людини повинно пройти послідовний ряд положень у просторі. Відрізняючись неістотними деталями, одна і та ж вправа у виконанні різних спортсменів має схожість у чомусь головному, визначальному. Так, оберти на перекладині завжди є обертанням тіла гімнаста навколо грифу снаряда; ми завжди відрізнимо біг від спортивного одноборства, піруетам у фігурному катанні обов'язково властиве обертання навколо подовжньої осі тіла і так далі. Таким чином, фізичні вправи здійснюються відповідно до заданої програми руху. Наявність заздалегідь заданої програми відрізняє керований рух від некерованого. Це дозволяє використовувати в аналізі рухів методи механіки керованого тіла, у зв'язку з чим доцільно зупинитися на основних поняттях і визначеннях цього розділу механіки стосовно специфіки фізичних вправ.

Програма руху – це ті умови або обмеження, яким повинен відповідати керований рух. Розглянемо фізичні вправи із заданою програмою положення тіла. До такої групи належать вправи у спортивній і художній гімнастиці, у фігурному катанні і плаванні, в акробатиці і стрибках у воду тощо.

Програма положення тіла передбачає три складові частини, що визначають специфічні обмеження на переміщення ЗЦМ тіла, на зміну Ейлеревим кутам і пози. Відповідно до цього, траєкторія, по якій повинен проходити ЗЦМ тіла у вправі, називається *програмою місця*. Обмеження, що накладаються у вправі на обертальний рух тіла, називаються *програмою орієнтації*. Обидві ці програми положення тіла назвемо *загальною програмою руху*. Вона описує загальні властивості механіки вправ. Для ряду фізичних вправ, що виконуються в різних спортивних ситуаціях, умови, що визначають поступальний і обертальний рух тіла, є майже однаковими. Наприклад, для кожної з таких груп вправ в гімнастиці, як обертальні вправи, повороти, зіскоки, сальто і так далі, загальна програма руху однотипна, відмінності тільки в допустимих змінах пози тіла. Приступаючи до аналізу техніки виконання того або іншого руху, перш за все необхідно визначити загальну програму. Саме вона відображає головні механічні властивості вправи і не залежить від конкретних варіантів техніки виконання. Більш того, слід звернути увагу на те, що спільність у програмі рухів різних вправ багато в чому визначає і загальні риси в техніці виконання цих вправ. Загальна програма представляє рух тіла людини при виконанні фізичної вправи як ціле, відображаючи інтегральні характеристики його кінематики. Тому її особливості важливо враховувати при дослідженні механізмів управління рухом у спортивних локомоціях (біг, ходьба, плавання, лижі, різні повороти тіла тощо).

Програму орієнтації легко встановити, визначивши величину і напрям повороту тіла, необхідного для виконання вправи. Програмою місця називається траєкторія руху ЗЦМ тіла, що відповідає ідеальному виконанню вправи. Межу виконання вправ установити не так легко, у деяких випадках необхідний глибокий аналіз механіки рухів людини, особливо її рухового апарату, фізичних можливостей. Оскільки задану програму руху абсолютно точно виконати неможливо, то в практику був уведений термін «допустиме відхилення». У кожному конкретному випадку допустиме відхилення матиме різну фізичну суть (недостатня амплітуда маху, величина повороту).

Третя складова програми положення тіла спортсмена – *програма пози*. Завдання відповідної зміни пози тіла в деяких фізичних вправах може мати самостійне і дуже істотне значення. Людина, взаємодіючи із зовнішніми тілами або без них, створює сили і моменти сил, необхідні для виконання вправи – керуючі силами і керуючі моментами сил.

Зміна пози тіла – це певна зміна суглобових кутів. Завдяки цим змінам людина переміщується в просторі певним чином. Ті суглобові рухи, за допомогою яких вона реалізує керуючі сили і моменти сил називаються керуючими рухами. Розрізняють головні і корегуючі керуючі рухи. Перші з них обов'язкові під час кожного виконання вправи, другі – якщо в попередніх рухах була допущена помилка і її наслідки слід усунути або при необхідності компенсувати недостатність фізичних можливостей. Таким чином, фізичні вправи можуть розрізнятися не тільки видом загальної програми, але і різновидом рухів, що керують.

Засвоєння фізичних вправ. До більшості рухових дій опорно-руховий апарат людини пристосувався в процесі еволюції, проте багато фізичних вправ для людини нові та незвичні. Освоєння нових рухів досягається відповідним навчанням і систематичним тренуванням. Обов'язкові компоненти кожної цілеспрямованої дії (у гімнастичних вправах – утримання прямих ніг з відтягнутими стопами) називаються елементами динамічної структури. Структура в якості динамічної визначається як деяке взаємне розташування ланок тіла. Коли на тіло людини діють майже незмінні за величиною і напрямком зовнішні сили, а в збереженні структури беруть участь переважно одні і ті ж групи м'язів, то це буде статичною структурою.

При освоєнні фізичних вправ, важливо звернути увагу на те, що у вправах обмеження рухливості в потрібних суглобах за часом завжди відбувається раніше, ніж суглобові рухи. Інакше заданого переміщення тіла людини не вийшло б (для того, щоб піднятися з лавки, нам необхідно спочатку обмежити рухливість у шийних відділах хребта і суглобах тулуба, і тільки тоді певні рухи в суглобах ніг можуть перемістити тіло у вертикальне положення). Логічно було б і фізичні вправи освоювати в тій же послідовності: спочатку елементи динамічної постави, потім – основні і допоміжні суглобові рухи. Але оскільки часові інтервали між згаданими компонентами цілеспрямованих рухів суворо обумовлені характером вправи і зовнішніми умовами, в яких відбувається реалізація даної вправи, а вказані інтервали доволіно мінятися не можуть, то при вивченні існують певні складнощі. Наприклад, якщо при ходьбі своєчасно не поставити ногу вперед, відбудеться падіння. Для вирішення цієї проблеми потрібно змінити зовнішні умови, в яких здійснюються задані елементи динамічного руху, а також руху, що керує. При відповідному доборі зовнішніх умов одночасно зміниться і допустимий інтервал між указаними компонентами вправ.

Виходячи з вищезазначеного, в освоєнні фізичних вправ виділяють три етапи, поступово зменшуючи часовий інтервал:

- 1) освоєння елементів динамічної постави і рухів (спочатку – головні, потім – що корегують), що управляють, у простих умовах (з положення основної стійки, лежачи, сидячи і так далі);
- 2) у різних просторово-часових умовах, наближених до умов виконання вправи (при додаткових опорах, розмахуваннях);
- 3) у процесі безпосереднього виконання вправи.

Якщо розкласти всі вправи спортивної програми, що вивчається, на елементи динамічної структури і керуючі рухи, то легко побачити, що в основі цих вправ, навіть зовні мало схожих між собою, часто лежать однакові компоненти цілеспрямованих рухів. Усе різноманіття вправ спортивної програми складене з невеликого числа однотипних деталей. Опанування основних деталей значно полегшить і поліпшить засвоєння спортивної програми, навчання істотно прискориться, а якість покращиться.

Ще однією важливою стороною системи засвоєння фізичних вправ є застосування тренажерів та інших технічних пристроїв. Ефективність застосування цих засобів висока, оскільки вони конструюються не для однієї, а для великих груп вправ.

Приведена біомеханічна структура розчленованого методу навчання сприяє повному розумінню динамічної структури фізичних вправ, допомагає своєчасно виявити помилки і визначити шляхи їх усунення.

Структура фізичних вправ: періоди, фази. *Склад системи рухів* – це її елементи, рухи, з яких вона складається. Існують види спортивної техніки з постійним складом: наприклад, гімнастичні вправи (їх склад обумовлений вимогами змагань); легкоатлетичні вправи (склад відібраний як найбільш раціональний). Проте у видах спорту, де є протиставлення спортсменів (спортивні ігри і одноборства), склад технічних дій мінливий і включає зазвичай найбільш досконалі елементарні дії (метання, удари, кидки, пересування тощо) у можливо кращому поєднанні.

Оскільки фізичні вправи реалізуються за допомогою рухів частин тіла і всього тіла в просторі і в часі, у системі рухів розрізняють її елементи, які виділяються або за просторовою або за часовою ознакою. Просторові елементи виділяють у системі рухів за зміною взаємних положень ланок тіла в різних суглобах (елементарні дії).

Елементарна дія – це найменший елемент системи рухів (просторовий), що має відносно самостійне значення, визначену мету, спрямовану на виконання певних завдань. Прості суглобні рухи об'єднані в елементарні дії (у групи одночасних рухів і в ряди послідовних). З елементарних дій (дрібніших підсистем) складаються більші підсистеми, наприклад, підготовчі і основні дії.

Часові елементи в системі рухів виділяють між певними моментами часу (фази). *Фаза* – це найменший елемент системи рухів, що включає всі рухи від початку до кінця і спрямований на виконання певного завдання. Визначають, коли починається фаза, як довго вона триває, коли закінчується. Фази слідують у часі одна за одною. Вивчаючи ряд рухів, виділяють у часі фази, що відрізняються одна від одної за характеристиками. Кожна фаза, відрізняючись від попередньої і подальшої, відокремлена від них певним моментом часу. Це межі між фазами; у дані моменти відбувається зміна фаз. Оскільки кожній фазі відповідає своє провідне завдання, то зміна фаз відповідає зміні завдань руху.

Пози тіла на межі двох фаз у момент їх зміни називають граничними. Кожна така поза служить кінцевим положенням для попередньої фази і початковим – для наступної. Отже, рухи в кожній фазі до моменту її зміни повинні привести до граничної пози, найбільш сприятливої для вирішення завдання наступної фази. Тому граничні пози слугують орієнтирами для контролю за правильністю рухів.

Фази, що мають загальні особливості, складають *періоди* (наприклад, періоди опори і періоди польоту в бігу). З періодів складаються цикли рухів (за їх повторності, наприклад, у ходьбі, бігу, плаванні) або одноразові акти (метання, стрибок тощо). Це підсистеми часових елементів.

Елементарні дії і фази – це одні й ті ж рухи, тільки виділені в системі за різними ознаками для вивчення різних сторін об'єднання рухів у системі. І ті, і інші елементи об'єднані в більші підсистеми (такі комплекси, як ряди, групи, періоди, цикли тощо). Щоб виявити структуру фізичної вправи, проводиться його системний аналіз, розчленування на підсистеми. При цьому вже враховують взаємні зв'язки і взаємодії, тобто особливості структури, – починається системний синтез.

Поняття про моделювання. Способи моделювання.

Освоюючи техніку фізичних вправ у процесі фізичного виховання, учень бере участь в активному пізнанні вищого світу, яке здійснюється через сприйняття зовнішніх та внутрішніх взаємодій власного тіла з об'єктом середовища, в якому від-

буваються рухи. Моделі рухів, елементів техніки, що повинні обов'язково відтворюватися під час занять, є абстрактними відносно реальних рухових дій, які виконуються на змаганнях та тренуваннях. Процес побудови моделей підкорюється певним діалектичним закономірностям. Від живого бачення до абстрактного мислення і від нього – до практики, такий діалектичний шлях пізнання істини об'єктивної реальності.

Моделювання спортивної техніки використовується в педагогічному процесі для вирішення двох основних завдань – дослідження рухів та їх вивчення. Закономірності моделювання рухів ґрунтуються на теорії подібності та моделювання.

Моделювання – це відображення або відтворення рухів для вивчення об'єктивних закономірностей їх будови або виконання. Модель техніки фізичної вправи – це об'єкт будь-якої природи, що дозволяє змінювати вивчені рухи таким способом, щоб при їх дослідженні можна було б отримати нові знання про спортивну техніку. Причому, об'єкт, який заміщує техніку спортивних рухів, обов'язково повинен знаходитися з нею у взаємозв'язку. Між моделлю та технікою вправи повинна бути істотна подібність у принципово важливих властивостях. Моделі техніки будуються наслідком абстракції та певної її ідеалізації, у результаті чого всі випадкові та неістотні характеристики і структури відкидаються.

Модель техніки вправи стає простіше оригіналу, однак вони пов'язані між собою співвідношеннями подібності. Під поняттям подібності розуміється особисто взаємовизначене співвідношення двох об'єктів – моделі та оригіналу. Модель буде подібна оригіналу лише в тому випадку, якщо їх співвідношення задовольняють критерії подібності, що є певним математичним співвідношенням, кількісно фіксуючи умови подібності.

Моделі спортивної техніки різняться великою складністю, що вимагає дослідження різноманітних критеріїв подібності. У таких випадках на практиці моделі будуються без обліку критеріїв подібності. Те ж положення можливе, але тільки на перших етапах моделювання. Даний спосіб слід називати некритеріальним, на відміну від критеріального моделювання, проте будь-яке об'єктивне моделювання рухів повинне бути критеріальним.

При біомеханічному моделюванні елементів спортивної техніки в якості основного критерію подібності механічного руху можна використовувати, так звані, критерій гомохронності. Цей критерій показує, який чином у русі-моделі та русі-оригіналі пов'язані швидкісні показники, довжина та масштаби часу щодо рухомих об'єктів.

Під час виконання вправ часто використовуються моделі техніки, зберігаючи кінематичну подібність з оригіналом. Мається на увазі спільність форм рухів, швидкостей, прискорення тощо. Динамічна подібність ґрунтується на обліку подібності сил, що викликають подібні рухи. Антропоморфічна подібність передбачає аналогічність у співвідношенні лінійних розмірів ваги біологів тіла різних груп учнів, для яких рекомендується той чи інший варіант техніки рухів.

Моделювання може мати уявний або матеріальний характер. Усі види моделювання в педагогічній практиці можуть бути розподілені на три основні групи: уявне, аналітичне моделювання; матеріальне, реально-практичне або речово-агрегатне моделювання.

Усяка модель рухів – це неповна копія оригіналу. Вона може мати тільки деякі співвідношення з ним. Її використання в ряді випадків обумовлено необхідністю заміщення оригінала на певних етапах його вивчення.

Наочний спосіб моделювання ґрунтується на різноманітних уявних зображеннях, гіпотезах. Такі моделі в практиці фізичного виховання можуть використовуватися у вигляді кінограм рухів, макетів тіла людини, окремих його елементів.

Символічний спосіб моделювання відрізняється тим, що його застосування передбачає використання впорядкованого умовного знакового запису рухів. До таких моделей належать структурні схеми, блок-схеми, плани, графіки, малюнки.

Математичне уявне моделювання в педагогічному процесі застосовується для побудови та наступної перевірки теоретичних положень, закономірностей функціонування різноманітних об'єктів, для об'єктивної перевірки сформульованої теорії, для її узгодження з реальною практикою. Цільові педагогічні програми, алгоритми, програми для ЕОМ також можна віднести до класу математичних моделей керування педагогічним процесом.

Натуральне моделювання застосовується переважно для перевірки різних гіпотез або теоретичних положень безпосередньо під час тренувань або змагань в умовах, максимально наближених до природних.

Фізичне моделювання застосовується в умовах максимально можливої фізичної подібності процесів.

Аналого-цифрове моделювання засноване на ізоморфізмі математичних рівнянь, що дозволяють описувати явища різної фізичної природи. Аналогове моделювання застосовується в тих випадках, коли є пряма аналогія між величи-

нами, які відтворюють різні явища. Наприклад, опір води в басейні та електричний опір провідника: у першому випадку від швидкості рухів людини залежить опір води, у другому – аналогічна залежність спостерігається в зв'язку з поперечним січенням провідника. Таким чином, моделювання першого процесу може бути виконано на аналогових моделюваннях обчислювальних машинах. Для цієї мети можуть використовуватися і цифрові обчислювальні машини, усі операції в яких проводяться за допомогою дисплею. При сукупності двох останніх способів – аналогового та цифрового, моделювання називається гібридним або аналогоцифровим. Моделювання в педагогічному процесі необхідне для того, щоб той, хто вивчає, успішно оволодів інформацією, що є необхідною для оволодіння певною навичкою.

Біомеханічне моделювання рухів дає можливість установити важливі структурні закономірності кожного рухового акту. Біомеханічне моделювання рухового апарату людини дозволяє отримати об'єктивну інформацію про те, які його структури реалізують ті або інші структури рухів. Такі дані служать основою для розробки спеціальних фізичних вправ, що сприяють успішній підготовці спортсменів в обраному виді рухової діяльності.

Визначення загальної керуючої функції у моделюванні. Функції, що виконують моделі при вирішенні завдань теорії і практики фізичного виховання, можуть носити різний характер. По-перше, використовуються моделі, які замінюють об'єкт для того, щоб дослідження на моделі дозволили одержати нові відомості про даний об'єкт. При експериментуванні з моделлю вдається одержати нові знання, що являють собою відображення структури і функції моделі. Після перевірки знань про моделі з точки зору їх значення для об'єкту, одержані теоретичні зображення можуть стати складовою частиною теорії об'єкту. Так, результати дослідження структури м'язової тканини у тварин як у звичайних умовах, так і після напруженого тренування, на основі аналогії між структурою тканини людини і тварин, використовуються для вдосконалення теорії спортивного відбору та орієнтації, розвитку швидко-силових якостей і витривалості.

По-друге, моделі використовуються для узагальнення емпіричного знання, досягнення закономірного зв'язку різноманітних процесів і явищ у сфері фізичного виховання і спорту. Емпіричні знання, перероблені в модельних уявленнях та реалізованих моделях, сприяють створенню відповідних теоретичних узагальнень.

По-третє, моделі здійснюють величезний вплив на впровадження експериментально проведених наукових робіт у практичну сферу фізичного виховання і спорту. При цьому важливий не аналіз моделей як квазіоб'єктів для одержання теоретичних знань, а їх практична реалізація.

Математичні дослідження техніки фізичних вправ.

Спорт, фізична культура, організація дозвілля пов'язані не тільки з емоційним та інтелектуальним початком, але й з результативністю, що відтворюється в кількісних і якісних оцінках, у спортивних кваліфікаціях, у науковому прогнозуванні результатів, обробці статичних і тестових даних.

Основою кількісних оцінок і якісних рекомендацій є математичні методи. Математичні дослідження у фізичному вихованні і спорті спочатку були пов'язані з накопиченням статистичних даних та їх елементарною обробкою. Наприклад, підрахунком відносної частоти перехвату і втрати м'яча в баскетболі, середньої кількості результативних подач у волейболі залежно від майстерності гравця, виявленні ефективності кидків.

Приклади, що демонструють користь статистичних методів:

1. Skorиставшись таблицею рекордів зі стрибків із шестом за 1957-1981 рр. та використовуючи найпростішу статистичну залежність (лінійну регресію між роками і підкореними в ці роки висотами), був здійснений прогноз на 1985 рік – 5 м 97 см. У 1984 році Сергій Бубка стрибнув на 583 см, француз Тьері Віньєрон – на 585 см, і знову С. Бубка – на 594 см. А в 1986 році він же взяв висоту 601 см.

Феноменальний стрибок у довжину Б. Бімона в Мехіко в 1968 році (890 см) – називають стрибком у ХХІ століття. На основі реєстрації стрибків за 830 см побудували гістограму та наблизили виражену нею статистичну закономірність відповідно закону розподілу. Виходить, що імовірність побиття рекорду Б. Бімона в поточному столітті дорівнює приблизно 0,375. Інакше кажучи, імовірність того, що Б. Бімон «стрибнув у ХХІ століття» достатньо велика.

Теорія ймовірності і статистика – лише один із інструментів оцінки спортивних показників. У спорті постійно виникають проблеми, пов'язані із прийняттям рішень (розробки стратегії в однокористувачах і в командних зустрічах, програми тренувань, формування команд).

Прийняття рішення – це наука та мистецтво. Проблемами прийняття рішень займається спеціальний розділ прикладної математики – теорія дослідження операцій. Проводяться до-

слідження з оцінки стратегії в індивідуальних та командних видах спорту. Так, наприклад, у роботі В. Картера розглянуто 8373 гри з перших 56 турів таблиці розіграшу 1969 року, що проводився національною лігою США. У результаті отримано рекомендації щодо стратегії нападу (у ситуації, коли оголошено положення «поза грою» і уже «забито гол», необхідно швидко проводити м'яч у ворота супротивника, а не «перепасовувати» його, як при звичайній атаці).

Методами лінійного програмування побудована та вивчена модель оптимального тренування п'ятиборців. Основні змінні X_i ($i = 1, \dots, 10$) цієї моделі виражають кількість годин на тиждень, які спортсмен відводить відповідальному із десяти видів тренувань. Серед них п'ять направлені на покращення загальної фізичної підготовки і п'ять – на удосконалення спеціальної. Експерти встановили, що результат Y_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) у 1-му виді змагань, виражений у відповідних одиницях (у секундах для бігових видів та в метрах для стрибків і метань), залежить від змінних X_i лінійно. Коефіцієнти залежності розраховували методами лінійної регресії та накопиченими даними.

Наступний крок побудови моделі – знаходження залежності (лінійної) сумарного результату досягнутого в п'ятиборстві, від результатів Y_i в кожному із п'яти видів змагань.

Для визначення коефіцієнтів цієї залежності використовувались ті ж методи. Отже, отримана функція оптимізувалась з рядом обмежень на час X_i тренувань: загальний час тренувань на тиждень обмежився; час, призначений на тиждень для силових тренувань, нормалізувався – об'єм тренувань з загально-фізичної підготовки повинен перевищувати об'єм тренувань для обробки техніки. Усі обмеження відбивались у вигляді лінійних функцій. Рішення отримано методами лінійного програмування.

Методами математичної теорії ігор можна моделювати багато ситуацій спортивних змагань. Так, у термінах позиційної гри побудовано модель одноборства двох штангістів, з яких один має більшу вагу. Аналіз цієї моделі співпадає із звичайною тактикою для того, хто належить до іншої вагової категорії. Однак для того, хто підходить до штанги першим, аналіз дозволяє вибрати найбільш відповідну тактику, що дозволяє правильно оцінити своє рішення: «підійти» або «пропустити». Аналогічні висновки можуть бути отримані і при наявності декількох учасників змагань.

Визначення загальної програми рухів на прикладах окремих видів спорту

Біг на короткі дистанції. Біг починається з низького старту. Стартове положення – вихідна поза, яка направлена на те, щоб почати найбільш швидко пересування, забезпечує кращі умови для розвитку стартового прискорення загального центру маси (ЗЦМ) тіла в потрібному напрямку й активне відштовхування.

Біг з низького старту виконують із стартового станка або стартових колодок. Після команди «на старт» необхідно стати перед колодками, опуститись на руки (долоні) попереду лінії перед початком бігу, створивши натиск ногами перед колодками. Після цього необхідно стати на коліно позаду стоячої ноги і, не згинаючи руки у ліктьових суглобах та не напружуючи їх, поставити кисті рук щільно до стартової лінії на ширині плечей. Великі пальці повинні бути розвернуті всередину, а інші – назовні. Плечі повинні розташовуватись над лінією старту, спина має бути трішки округлена, голову слід тримати прямо, погляд – направлений униз-уперед.

Після команди «Увага» бігун розгинає ноги трішки вище рівня плечей, розподіляючи масу тіла на спереду розміщеної нозі і руках. Руки випрямлені, ноги зігнуті під тупим кутом.

Після команди «Руш!» бігун спочатку відриває руки від опори й одночасно, розгинаючи ноги в колінних суглобах, відштовхується від колодок. Раціональна техніка стартового розгону характеризується:

- а) значним нахилом тулуба вперед на початку розгону і поступовим випрямленням під кінець, повним випрямленням ноги в колінному суглобі під час відштовхування;
- б) енергійним переміщенням стегна махової ноги вперед-вгору з наступним рухом назад, швидкими і активними рухами зігнутих рук із акцентованими рухами назад, повільним переходом від стартового розгону і бігу по дистанції.

Техніка бігу складається з періодів опори й періодів польоту. Опорний період починається з фази амортизації, що змінюється залежно від довжини дистанції і швидкості бігу. Амортизація здійснюється в колінному, гомілкоступному і кульшовому суглобах. М'язи прискорюють роботу, направляють і обумовлюють наступне потужне відштовхування. ЗЦМ тіла переміщується по вертикалі вниз. Фаза відштовхування починається з розгинання опорної ноги в колінному суглобі стопи при наступному розгинанні в кульшовому.

Фаза активного відштовхування характеризується широкою амплітудою і великою швидкістю умовного переміщен-

ня опорної ноги відносно кульшового суглоба. Зовнішнім показником ефективності рухів у цій фазі є величина кута відштовхування. Відштовхування під більш гострим кутом ефективне в тому випадку, якщо таке значення даного параметру обумовлене потужним зусиллям, забезпеченим раціональною структурою рухів. Кут у колінному суглобі опорної ноги в кінці відштовхування максимальний – 160-165°.

Завершення відштовхування в підготовлених бігунів характеризується майже повним випрямленням ноги в колінному суглобі і гострим кутом (47°) відштовхування. Новачки частіше всього закінчують відштовхування під гострим кутом (60-70°) зігнутою в колінному суглобі ногою.

Махова нога до моменту закінчення відштовхування завершує гальмування. При цьому висота підйому стегна махової ноги не завжди залежить від рівня технічної підготовки. При оптимальному підйомі стегна махової ноги вона становить майже прямий кут із злегка нахиленим вперед тулубом. У кінці відштовхування спостерігається поворот тазу (на 45°) в бік опорної ноги. У момент вертикалі найбільшої величини досягає відведення тазу в бік махової ноги (на 20°). Фаза відштовхування закінчується до моменту відриву поштовхової ноги від опори. Відштовхування досягається енергійним випрямленням опорної ноги й активним маховим рухом перенесеної ноги.

У періоді польоту ноги здійснюють рухи позаду – піднімання і розгін, та попереду – гальмування і опускання на опору. Стопа попереду стоячої ноги виноситься вперед одночасно зі згинанням стегна та гомілки. Стопа попереду розташованої ноги відстає від тазу, повністю випрямляючись під час польоту одночасно із відведенням стегна назад. У результаті відбувається розведення стоп у польоті до найбільшої відстані між ними.

Розгін стегна ноги, що виноситься вперед, змінюється його гальмуванням, а згинання ноги в колінному суглобі – розгинанням її вперед. Після найбільшого розведення стоп відбувається розтягнення м'язів. Унаслідок виносу вперед ноги, що стоїть позаду, і швидкого опускання стопи передньої ноги вниз і назад, виникає зведення стегон.

Фаза гальмування починається з моменту сповільнення швидкості умовного переміщення махової ноги. Стегно в цій фазі повинно бути піднято перпендикулярно тулуба. Більш раннє гальмування стегна махової ноги приводить до виникнення напруженого характеру роботи м'язів задньої поверхні стегна опорної ноги, що сприяє скороченню часу опорного періоду, наближуючи момент виносу ноги вперед після завершення відштовхування.

У фазі польоту починається опускання махової ноги на опору.

Рух при фінішуванні виконується двома засобами:

1-й спосіб – «Кидок грудьми», при якому бігун на останньому кроці різко нахилиється грудьми вперед, руки при цьому відводить назад.

2-й спосіб – одночасним нахилом тулуба вперед виконується поворот тулуба навкруги вертикальної осі з дотиком фінішної стрічки плечем. Для того, щоб не було падіння, нога виставляється вперед, тулуб випрямляється, таз виноситься вперед, плечі назад.

Стрибки в довжину. У стрибку в довжину розрізняють періоди розбігу, відштовхування, польоту (власного стрибка), амортизацію після приземлення.

У періоді розбігу швидкість наростає доти, доки дія гальмівних сил буде менша дії рухомих сил. Довжина розбігу складає 12-24 бігових кроків (20-50 м). Техніка розбігу в початковій частині нагадує біг зі старту, але з меншою інтенсивністю. Вона характеризується великим нахилом тулуба вперед на 35-60°, енергійним рухом рук, високим підняттям стегон і енергійною постановкою ніг, загрибаючим рухом на передню частину стопи. У середній частині розбігу нахил тулуба поступово зменшуються (5-10°).

Внутрішня крокова ритміка розбігу має свої закономірності, що виявляються в нарощуванні темпу від початку і до кінця розбігу й різкому зменшенні часу передштовхового кроку. Характерною особливістю техніки розбігу у стрибках є збільшення часу контакту з опорою в передштовховому кроці й різке зменшення часу польоту. Зменшення часу польотного інтервалу передштовхового кроку створює умови для виконання швидкої постанови ноги на брусок і активного відштовхування.

Останні 4-2 кроки направлені на підготовку і відштовхування шляхом подовження кроків, посилення відштовхування поштовховою ногою і посилення останнього кроку.

Період відштовхування складається з фази відштовхування і випрямлення ноги. У фазі амортизації відбувається згасання спільної дії сил, інерції та ваги. Стрибун згинає ногу в колінному суглобі і припиняє рух униз, зменшуючи горизонтальну швидкість ЗЦМ тіла. По мірі просування тіла стрибун в фазі амортизації, коли м'язи – розгиначі працюють в уступаючому режимі, відбувається нарощування зусиль і згинання поштовхової ноги завершується.

Одним із основних елементів техніки стрибка в довжину є відштовхування. Ефективне відштовхування дозволяє змі-

нювати напрямом ЗЦМ тіла на певний кут (в межах 20-22°) із збереженням початкової швидкості польоту і кінцевої швидкості розбігу. Зміна напрямку на великій швидкості при короткому часі опори вимагає від стрибун прояву великих зусиль при відштовхуванні. Стопа фіксується на опорі нерухомо. На неї, як на опорну ланку, зі сторони гомілки і стегна діє тиск прискорених ланок тіла. Через стопу тиск передається на опору, протидією йому служить реакція опори.

Сили м'язових тяг поштовхової ноги випрямляють її. Гомілка та стегно передають прискорюючу дію відштовхування через таз іншими сегментами тіла, що здійснюють механічну роботу збільшення кінетичної та потенційної енергій при відштовхуванні. Кут у колінному суглобі на початку періоду опори практично не змінюється. Ударні навантаження пом'якшуються в результаті амортизаційної дії стопи. Це відбувається при поступаючому перекаті стопи з п'ятки на всю її поверхню. Величина суглобних кутів опорної ноги при постановці ноги в суглобі стопи дорівнює 108°, у колінному – 150°. При відриві від опори – відповідно 134° і 160°. Основне зниження горизонтальної швидкості ЗЦМ тіла відбувається при відштовхуванні. Поштовхова нога ставить ся на опору із зігнутим колінним суглобом. Кут у колінному суглобі зменшується, а в суглобі стопи – збільшується, тобто відбувається поступаюче опускання стопи на опору – перекаат з п'ятки на всю підошву. Поступовий перекаат стопи є амортизаційним механізмом поряд із згинанням коліна.

На початку опори ЗЦМ опускається вниз (вертикальна складова швидкості негативна) до моменту досягнення максимуму ударного піка прискорення та опорної реакції. Потім із зменшенням горизонтальної складової швидкості вертикальна складова стає тривалою і ЗЦМ тіла піднімається до моменту вильоту. В останній третині опорного періоду (при випрямленні ноги) продольна складова швидкості теж збільшується.

Ефективність відштовхування характеризується вмінням змінювати горизонтальний напрям руху стрибун вперед-вверх під кутом 18-22°. Тулуб у цей момент вертикальний або відхилений назад на 3-5°. Під дією сил інерції тіла, поштовхова нога і частково тулуб згинаються. Як тільки опір розтягнутих м'язів починає перевищувати величину сил інерції тіла, вони починають скорочуватися, випрямляючи поштовхову ногу і тулуб. Внаслідок цього стрибун змінює горизонтальне положення руху і починає рухатись уперед-угору. Махові рухи руками і маховою ногою сприяють збереженню рівноваги, зміщують ЗЦМ тіла, надають йому прискорення в напрямку маху і підвищують ефективність випрям-

лення поштовхової ноги. Відштовхування обумовлює підвищення вертикальної швидкості і зменшення горизонтальної.

У відштовхуванні стрибун змінює напрямок руху, створюючи кут вильоту $18-24^\circ$, забезпечуючи необхідну висоту стрибка 50-60 см.

Період польоту триває з моменту відриву від опори поштовхової ноги до її приземлення. Стрибун виконує рухи, що сприяють більш далекому приземленню. Рухи в польоті сприяють збереженню рівноваги і створюють умови для виконання ефективного приземлення. У стрибку способом «зігнувши ноги», стрибун пролітає в положенні «кроку» половину траєкторії, потім опускаючи руки і нахилаючи тубу уперед, підтягує ногу, якою робить поштовх, і махом приймає положення «групування».

Ефективність приземлення характеризується довжиною винесення ніг стрибуну за проекцію ЗЦМ тіла до 80 см. Приймавши в польоті положення «зігнувшись», стрибун продовжує опускати руки, виставляє гомілки вперед, випрямляє ноги. Після торкання п'ятками опори ноги згинаються в колінних суглобах, а таз переміщується до п'яток. Закінчується приземлення виходом із місця приземлення або падіння вперед-убік.

Плавання. Усі способи плавання засновані на взаємодії спортсмена з водою, при якому створюються сили, що пересувають його у воді, утримуючи на її поверхні.

У плавця немає постійної опори для відштовхування вперед, вона створюється під час гребкових рухів. У гребку розрізняють підготовчий та робочий періоди. Підготовчий період у плаванні способом «краль на грудях» включає фазу рухів «руки над водою» і фазу «занурювання їх у воду». Робочий період має три фази: розгінну, основну, завершальну.

Фаза руху руки над водою починається з моменту вносу кисті плавця з води і закінчується в момент опускання її у воду для наступного гребка. Фаза занурення кисті у воду має такі граничні моменти: від занурення кисті до початку активної взаємодії руки з водою.

Перша фаза робочого періоду – розгінна фаза, що характеризується нарощуванням швидкості руху руки. У цій фазі рука переміщується відносно горизонталі від $10-15^\circ$ до $40-50^\circ$. Граничним моментом закінчення цієї фази служить момент переходу руху кисті з сагітальної площі у фронтальну при згинанні руки в ліктьовому суглобі. В основній фазі робочого періоду швидкість руки зменшується, а потім збільшується у другій половині гребка. У цій фазі

створюються основні сили, що просувають плавця вперед. Швидкість плавання при цьому досягає максимуму. Основні фази відповідають положенням руки від 45-50° до переходу руки за вертикаль. Завершальна фаза починається з моменту руху ліктя вгору і закінчується виходом кисти з води. Вона характеризується зниженням швидкості руху кисти відносно води. Це пов'язано з переміщенням руки за вертикаль і переходом на ковзаючі кути атаки.

При всіх гребкових рухах, за винятком рухів ніг у кролі, біосегменти, що виконують гребок, рухаються відносно інших частин тіла назад і проходять у воді зворотній шлях від місця початку гребка.

При виконанні гребкового руху активне випрямлення ніг починається в кульшових, а потім у колінних суглобах та суглобах стопи. Гребкові рухи ніг супроводжуються активним поворотом стегна назовні (супінацією) і додають руху гомілки закидного характеру. Згинання та розгинання стоп мають допоміжний характер. При розгинанні поліпшується обтікання тіла, а при згинанні збільшується опорна площа стоп.

Стартовий стрибок. Ефективність старту залежить, у першу чергу, від часу опори і часу ковзання.

Дії плавця на опорі повинні забезпечувати: мінімальний час опори; горизонтальну швидкість вильоту; вертикальну швидкість вильоту.

Повороти. Існують різні варіанти поворотів, але в будь-якому з них можна виділити наступні фази: підплив до стінки басейну, групування і поворот, вихідне положення перед поштовхом, поштовх та ковзання, перші плавальні рухи після повороту.

Для зміни напрямку руху плавцю, який підпливає до поворотної стінки, потрібно повернутися на 180°. Швидкість повороту залежить від величини моменту обертання та радіусу обертання: чим менший буде радіус обертання, тим швидше буде закінчений поворот. Радіус обертання залежить від того, наскільки частини тіла спортсмена віддалені від ЗЦМ тіла. Найменшим радіус обертання буде в тому випадку, коли плавець щільно згрупується – згинає ноги в суглобах, наблизить коліна до грудей, а п'ятки до тазу. Потім зігне руки і наблизить їх до тулуба. Грубуються на початку повороту і залишається в цьому положенні до його середини, потім плавець трішки розгрупується, що допомагає йому зупинити обертання та зайняти вихідне положення перед поштовхом.

Перед поштовхом тулуб плавця повинен бути зануреним під воду так, щоб спина або груди були нижче рівня води на 30-35 см. Продольна вісь тулуба майже горизонтальна,

руки разом витягнуті вперед, голова між руками, ноги зігнуті, ступні поставлені на поворотну стінку так, щоб основа пальців знаходилась на одному рівні з кульшовими суглобами. Найбільшої сили поштовха досягають, починаючи з положення, коли кульшові та колінні суглоби зігнуті до прямого кута. На початку поштовху уточнюється положення тіла та рук так, щоб напрямком поштовху співпадав з напрямком продольної осі тіла. Після поштовху починається ковзання. При правильному виконанні поштовху плавець спочатку ковзає майже горизонтально, поступово зміщуючись угору.

3. БІОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Небезпечні фізичні вправи в програмах з фізичної культури. Знайти чітко визначену межу між «корисною» та «небезпечною» фізичною вправою майже неможливо. Як звичайна страва може бути одночасно корисною та шкідливою, так і фізична вправа замість фізичного вдосконалення та оздоровлення може стати причиною порушення рухових функцій людини. Вік, стать, індивідуальна фізична підготовка та готовність до виконання рухів – це складові для встановлення як безпечної дози навантажень, так і для травмопрофілактичної біомеханічної структури фізичної дії. Біомеханічну структуру фізичної дії ми розглядаємо як технічно виправдану послідовність і раціональність фізичної вправи.

Людина, яка починає виконувати фізичну вправу, повинна знати, з якою метою вона здійснює ці рухи. Оздоровлення, корекція тілобудови, фізична досконалість можуть бути чинниками мотивації до занять фізичними вправами, але інколи людина вибирає спортивну спеціалізацію з бажанням бути захищеним від прикладеної до неї фізичної дії – бокс, боротьба, східні однокористувачів та інші. Тобто види спорту, якими вже передбачений фізичний контакт (удари, кидки, падіння), і де травмування суперника, розбиті губи, зламаний ніс та вуха, синці під очима та забої на тілі розглядаються як умови адаптації до змагальної діяльності, виховання вольової підготовки. Іншими словами, закладається розуміння про те, що отримана травма – це обов'язковий наслідок занять цими фізичними діями.

Існують види спорту, в яких формула «ризик, оригінальність, віртуозність» передбачена програмою змагань: гімнастика, акробатика, фігурне катання, фрістайл та ін. Оцінка складності змагальних програм, рівень майстерності, естетика рухів визначається саме межею фізичних можливостей людини. Разом із досягненням краси рухів, спортсмени

постійно знаходяться під ризиком отримання травми. Для батьків учнів молодшого шкільного віку в наших опитуваннях інформація про можливість травмування їхніх дітей, якщо вони оберуть ці види спорту для фізичного розвитку, суттєво не змінила думку про правильність вибору.

Але зовсім по-іншому суспільство оцінює процес фізичного виховання дитини в навчальних закладах. На питання «Чи виправдовуєте Ви отримання травми під час занять фізичною культурою в школі?» 87% батьків у наших опитуваннях відповіли «Ні», 5% – «Так» і 8% «Не впевнений». Коментарі батьків до цієї проблеми були вимогливими щодо самої безпеки занять. На запитання «хто винен у травматизмі дітей під час занять фізичною культурою?» були такі відповіді, як неправильна діяльність учителя, погана матеріальна база для занять фізичною культурою і спортом у школі, відсутня система профілактичних заходів. Щодо педагогічного колективу, адміністрації навчальних закладів, то думка цієї категорії осіб така: «травми виключити на 100% неможливо, але в нашому навчальному закладі їх не було. А якщо були, то незначні, в яких учні самі винні». Тобто травма учня в школі розглядається як надзвичайна ситуація, а «честь мундира» понад усе.

Інтерпретація проблеми небезпечних фізичних вправ:

- 1) існують протиріччя в суспільстві до оцінки травмонебезпеки занять фізичними вправами;
- 2) процес професійної майстерності фахівця фізичної культури визначається не тільки спортивними досягненнями своїх вихованців, а й здатністю його забезпечити збереження здоров'я учнів;
- 3) травмонебезпеку фізичної вправи можна мінімізувати шляхом оптимізації знань та вмінь самого суб'єкта спортивних занять. У наших дослідженнях суб'єктом спортивних занять є «спортсмен – тренер» або «учень – учитель».

Локомоторні функції людини, які забезпечують життєдіяльність і фізичну досконалість – ходьба, біг, метання, стрибки, лазіння, плавання, пересування на лижах, ковзанах, велосипеді тощо, разом зі своїм спортивно-оздоровчим ефектом при недотриманні техніки безпеки можуть привести до порушення функцій, втрати працездатності. Методологія навчально-тренувального процесу передбачає принципи, методи, техніку і тактику засвоєння спеціальних рухів людиною. Але з точки зору попередження травматизму, успішність навчально-тренувального процесу та збереження здоров'я учня будуть залежати від готовності самого вихованця до занять та

професійно-педагогічної майстерності вчителя (тренера) виконати поставлені завдання при повній безпеці для школяра.

Вивчаючи структуру фізичних вправ, акцентуємо увагу студентів, що фізична вправа, як рухова дія, впливає на пружну деформацію опорно-рухового апарату людини (пружна деформація хребта, грудної клітини, суглобів, механічні процеси скорочення м'язів та ін.). Але будь-яка деформація залежить від коефіцієнта пружності тіла, і, якщо деформуєча сила перевищує коефіцієнт відновлення форми цього тіла, то вона викликає процеси його механічного руйнування. *Саме механічне руйнування тканин тіла людини називаємо травмою.*

Так як чинником травм тіла людини є відповідні механічні сили, то для попередження травматизму студентам необхідно пояснити природу виникнення цих сил при виконанні рухових дій. Розглядаючи кінематику, статику і динаміку, посилюємо увагу студентів відносно впливу зовнішніх та внутрішніх сил на травмонебезпеку фізичних вправ.

Усі сили, прикладені до тіла людини, поділяють на *зовнішні* та *внутрішні*, відносно нього. Зовнішні сили виникають при взаємодії частин тіла людини. Розподіл сил, прикладених до тіла, на зовнішні та внутрішні є умовним, так як є фізичні вправи, які викликають контактні сили (наприклад, сила тяжіння), які не можна чітко розподілити за зовнішнім і внутрішнім впливом на тіло людини.

Сила інерції зовнішніх тіл – це міра дії на тіло людини, прискореного людиною. Прискорення може бути *позитивним*: людина підвищує швидкість, наприклад, штовхаючи ядро від себе, та *негативним*, наприклад, людина ловить набивний м'яч рухом «на себе». Але окрім предметів, до яких прикладаються сили, прискорення надається також біоланцюгам тіла людини, які мають відповідні маси. У цьому випадку розглядаємо їх як *інерційні маси, які при граничних прискореннях можуть викликати травми з'єднаних частин тіла людини – суглобів.*

Сила пружної деформації, як процес накопичення та передачі механічної енергії, викликає короткочасну взаємодію тіл, результатом якої є значна зміна швидкості (падіння, ударні дії, приземлення після стрибків, виконання вправ із використанням трамплінів та ін.), яка в природі фізичних явищ, досліджених Ньютоном, називається ударом. У залежності від коефіцієнта відновлення *удари можуть бути пружними та непружними.* Чим жорсткіше тіло, тим більш пружний удар. Однак, усі сили пружної деформації (ударні дії) при значних показниках їх величин можуть викликати розрив тканин тіла людини (руйнуван-

ня), механічну невідновлюючу деформацію хребта, суглобів, якщо не забезпечити процеси *демпфірування механічної енергії* (гальмування, амортизацію).

Сила тяжіння і вага – це гравітаційні величини, що підпорядковані закону всесвітнього тяготіння. Вони є впливовими при будь-яких рухах людини. Оскільки сила тяжіння дорівнює геометричній сумі сил тяготіння (*гравітаційна сила*) і центробіжної (*інерційна сила*), то їх складові будуть впливовими на умови збереження рівноваги (*рівновага зберігається тоді, коли загальний центр мас тіла не виходить за межі площі опори*) та силу удару при падінні (*чим більша гравітаційна маса, тим більша сила удару*). Статистика травматизму свідчить, що кількість падінь при втраті рівноваги в дітей більше, ніж у дорослих, але ступінь отриманих травм, як результат механічного удару, набагато менший у дітей. Це пояснюється тим, що місце розташування загального центру мас дорослої людини знаходиться вище, а величина гравітаційних мас більша, тому й сила механічного удару при падінні буде більшою.

Сила реакції опори – це міра протидії опори на дію тіла. Вона дорівнює силі дії тіла на опору та направлена в протилежний бік. Якщо людина знаходиться в нерухомому стані, то вплив його сили тяжіння викликає статичну силу реакції опори, але якщо тіло людини рухається з прискоренням, то при контакті з опорою виникають сили динамічної реакції. Сили динамічної реакції опори залежать від величини прискорення, маси тіла та коефіцієнту жорсткості тіла. При вивченні чинників травматизму було встановлено, що сили динамічної реакції опори досить суттєво впливають на травми опорно-рухового апарату тіла людини при зіткненнях зі снарядами, іншими спортсменами, а також при попаданні в незахищені частини тіла людини спортивного знаряддя (м'яч, шайба тощо). Профілактика такого травматизму буде залежати від екіпування спортсменів, місця розташування снарядів у місцях занять, форм організації занять та встановлених правил організації рухових дій.

Сила дії середовища, в якому людина здійснює рухи, може бути впливовою на характер і тип спортивних травм. На перший погляд водне середовище є безпечним, але в ньому виникають сили лобового опору, що залежать від міделя (мідель – найбільший за площею поперечний переріз рухомого у воді чи газі тіла – в площині, перпендикулярній напрямку руху) тіла та його швидкості, яке рухається відносно поверхні середовища. Сили опору водного середовища прямо пропорційні щільності і в'язкості води та можуть викликати значні ударні травми (наприклад, при не-

вдалих стрибках у воду). Такі ж механічні дії удару на тіло може спричинити й снігова поверхня. У залежності від характеристик снігового покриття змінюється тип спортивних травм при швидкісних спусках і падіннях.

Сила тертя – це міра протидії тілу, що рухається, яка спрямована по дотичній до торкаючихся поверхонь. Сила тертя вважається рівною добутку нормального тиску на коефіцієнт тертя. Сила тертя при виконанні деяких рухів (наприклад, виконання вправ на поперечині), падіння з пересуванням за напрямом руху як елемент спортивної дії в ігрових видах, може викликати подряпини, опіки (оскільки механічна енергія тертя при значних швидкостях переходить у теплову), наростання мозолів при систематичному терті та інші типи травм поверхні тіла. Найчастіше для профілактики травм, викликаних силами тертя, спортсмени використовують відповідний одяг та взуття, а також додаткові захисні засоби.

Сили внутрішньої травмодформації опорно-рухового апарату можна класифікувати як деформацію скелета та скелетних м'язів людини. *Травмодформація скелета людини* – це результат механічної дії на скелет, яка порушила його цілісність (вивих, перелом, ушкодження суглобів та ін.). При заняттях фізичними вправами найчастіше травмодформації скелета викликають порушення техніки виконання вправ, а також знехтування правилами страхівки і самострахівки.

Техніка фізичних вправ, як раціональний спосіб їх виконання, передбачає оптимальний розподіл зовнішніх і внутрішніх сил для результативності дії, але інколи не оцінюється власна *фізична готовність людини* до виконання рухових дій, порушуються дидактичні принципи формування рухових умінь та навичок. Якщо не приділяти значення біомеханічному аналізу поз тіла людини при виконанні вправ на силу, гнучкість, витривалість, то є загроза виникнення перенапруження біоланцюгів опорно-рухового апарату; наприклад, присідання на одній нозі може викликати травму колінного суглобу опорної ноги; неправильна поза при підніманні ваги – порушення функцій хребта; надмірне розтягування м'язів при виконанні вправи «шпагат» – мікророзрив м'язів стегна, підвивих у кульшових суглобах.

Щодо передозування фізичних вправ пояснюємо, що воно може викликати перенапруження скелетних м'язів людини, патологічно змінити їх структуру і функцію. У свою чергу, перенапруження м'язів негативно впливає на їх біомеханічні властивості: збільшується в'язкість міофіламенту, що погіршує процес скорочення та розтягування м'язів; утрачається еластичність, і як наслідок, зменшу-

ються рекуперативні властивості, тобто здатність м'язів до накопичення та віддачі механічної енергії. У цілому ці процеси ведуть до погіршення міжм'язової координації, втрати економізації функцій. Як правило, перенапруження скелетних м'язів супроводжується відставними м'язовими болями, що негативно впливає на здатність людини до виконання фізичних вправ. Попередженням таких процесів можуть бути якісно підібрані підготовчі вправи (розминка), збереження внутрішнього тепла тканин м'язів за рахунок застосування розігрівуючих медикаментозних препаратів, термозберігаючого екіпіювання, а після виконання потужної фізичної роботи – масаж м'язів, гарячий душ.

У профілактиці травматизму при заняттях фізичними вправами значну роль відіграють травмопрофілактичний інструктаж, виконання правил страхівки, здійснення допомоги.

Особливої уваги, на наш погляд, потребує навчання дітей у ранньому віці навичкам падіння. Необхідно досягнути формування в дітей автоматизованої навички до падіння назад, уперед, убік за схемою: падіння у групуванні з перекатом за напрямом руху – виконання самострахівки на рівні стійкого динамічного стереотипу.

На нашу думку, складовими елементами страхівки є: забезпечення травмопрофілактики при самостійному виконанні фізичної вправи, тобто самострахівка; попередження травматизму при виконанні вправи із використанням страхівки (допомоги); облаштування місць занять травмопереджуючими засобами та пристроями; виконання підготовчих вправ, анатомічно і фізіологічно спрямованих на адаптацію організму до основної роботи; підбір та виконання підвідних вправ, які допомагають послідовно оволодіти технікою базової вправи; вивчення травмопереджуючих рухових дій при виконанні складних елементів.

Самострахівку розглядаємо як комплекс дій учня, спрямовані на попередження травм при виконанні небезпечної фізичної вправи. Найчастіше діти вивчають елементи самострахівки при падіннях (перекати, групування), втраті рівноваги (зіскоки, приземлення), зіткненні (зміна напрямку рухів, миттєва зупинка), нанесенні ударів (блоки, використання травмопереджуючого екіпіювання). Але необхідно пам'ятати про те, що кожен вид спорту має специфічні вимоги до елементів самострахівки. Наприклад, такий популярний вид занять як паркур вимагає великої варіативності навичок самострахівки, а на їх правильний вибір у спортсмена відводиться досить короткий проміжок часу.

При вивченні елементів страховки завжди присутні два дидактичних моменти: педагогічна майстерність викладача в підборі арсеналу травмопереджуючих прийомів та здатність учня оволодіти ними на рівні автоматизованої рухової навички. Інколи діти нехтують вивченням прийомів самостраховки, не бажають витратити час і зусилля, тому тренер повинен своєчасно здійснювати контроль засвоєння рухових навичок страховки.

Повна страховка – це комплекс сумісних травмопереджуючих дій викладача і учня при вивченні складних фізичних вправ. Її складові: облаштування місць занять травмопереджуючими засобами та пристроями; підбір спеціального травмонебезпечного екіпування; професійний інструктаж; зменшення дії зовнішніх сил на спортсмена (гравітаційної, інерційної, сили реакції опори) за рахунок допомоги; «проводка» по елементу (вивчення в цілому складної вправи, що полегшує процес формування рухової навички); комплексний контроль за діями спортсмена.

Для виконання прийомів допомоги суттєве значення має досвід тренера або партнера, на якого повинен розраховувати учень. Необхідно знати техніку виконання вправи, небезпечні елементи її структури, готовність спортсмена до виконання та його індивідуальну техніку, прийоми страховки. Особливого значення набуває вміння страхуючого під час допомоги самому не отримати травму від спортсмена, що інколи буває при високо амплітудних рухах та рухах без опори. Крім цього, страхуючий повинен: мати достатню фізичну підготовку для здійснення допомоги, технічно володіти прийомами страховки, здійснювати постійний контроль за руховими діями спортсмена та своєчасно корегувати його рухи, супроводжуючи виконання відповідними підказками.

При виконанні прийомів допомоги необхідно визначити місце страхуючого, де його руховим діям ніщо не буде заважати. Інколи є необхідність використання двох і більше страхуючих та спеціальних пристроїв (акробатичні вправи, стрибки на батуті, гімнастичні елементи тощо). Дії страхуючих узгоджуються в залежності від технічних можливостей кожного.

Такі прийоми страховки як *фіксація рухів, підтримка, супровід у русі* вимагають відповідних знань про вектори дії сил тяжіння, спричинених біоланцюгами тіла спортсмена; умови рівноваги тіла; вектори сили тяги м'язів; траєкторію руху тіла в безопорному стані; фазову структуру й точність рухів. У цьому випадку страховка означає фізичний контакт з тілом спортсмена з метою полегшення рухових дій.

Для допомоги фіксації рухів (статичні пози: кути, упори, виси, виконання вправ на рівновагу) використовуються

прийоми, коли однією рукою допомагають зафіксувати опору, а другою – розвантажують дію сил тяжіння, тобто підтримують біоланцюги. Наприклад, виконання вправи «упор кутом» на паралельних брусах: однією рукою фіксується кисть спортсмена на брусах в упорі, а другою – підтримують стопи ніг. Підказка надається відповідно до положення тулуба, спини, голови для запам'ятовування пози тіла.

Здійснення підтримок виконується як у статичних позах, так і в динамічних рухах. У статичних позах, коли м'язи спортсмена працюють в ізометричному режимі залишається більше часу на правильний вибір прийомів підтримки, аналіз вправи та її корекції. Наприклад, здійснюючи підтримку спортсмена, який виконує рівновагу на одній нозі («ластівка»), допомога виконується однією рукою під верхній відділ тулуба, а іншою – під коліно випростаної ноги, акцентується увага на положенні рук, голови та безопірної ноги.

У динамічних рухах завдання страхуючого – забезпечити збереження рівноваги тіла, напряму рухів та виконати допомогу при подоланні елементів, де необхідно прикладати максимальні зусилля. На підказки, як правило, залишається мало часу, тому використовуються ключові слова або терміни, за допомогою яких виправляються помилки в рухах. Якщо динамічні рухи носять локальний характер, наприклад, високо амплітудний мах ногою, то тоді допомагають фіксувати опору та супроводжувати рух у дистальних частинах біоланцюга.

Інколи страхуючому доводиться здійснювати допомогу не тільки руками, але й іншими частинами тіла. Наприклад, при виконанні стійки учнем на голові і руках, руками фіксується положення ніг, а упором коліна – спина. А при виконанні високих зіскоків, наприклад, з різновисоких брусів, деякі тренери використовують спину для забезпечення приземлення.

Досить важливим при допомозі в динамічних рухах є правильний вибір пози та узгодженість рухів зі спортсменом. Супровід спортсмена при виконанні вправи – це складний прийом. При його застосуванні обов'язково проводиться інструктаж виконавця вправи про сумісні рухи. Бажано, відпрацювати супровід складної вправи по частинах. Невміння виконувати цей прийом може створити травмонебезпечну ситуацію як для учня, так і для вчителя.

При профілактиці травматизму під час занять необхідно пам'ятати, що втома учня може стати причиною травми при виконанні складних вправ, тому корегування навантаження, як процес зміни інтенсивності, частоти, ритму – це педагогічний прийом, при якому можна залишити загальні обсяги фі-

зичної роботи. Час відпочинку між виконанням вправ можна використати для пояснення техніки рухів, порівняльного аналізу, демонстрації вправи більш підготовленим учнем. Досить суттєве навчально-виховне значення має залучення до нескладних прийомів допомоги і страхівки інших учнів. Це дає можливість не тільки оптимізувати педагогічний процес, а й додатково акцентувати увагу на техніці виконання вправи, усвідомити її біомеханічні характеристики.

У спортивних рухах не завжди вдається передбачити травмонезбезпечну ситуацію, тому мінімізація травматизму досягається за рахунок відповідного облаштування місць занять та екіпіювання спортсмена. Вимоги до будь-якого травмопереджуючого облаштування – усунути або зменшити фізичну дію на тіло спортсмена.

Спортивний одяг та взуття – це те, з чого починається безпека занять. Підбір його залежить від характеру занять фізичними вправами (інтенсивність, тривалість), місця (спортивна зала, стадіон, відкритий майданчик тощо), температурних умов та виду спортивної діяльності. Основне призначення спортивного одягу – виключити чинники ризику порушення терморегуляції організму при виконанні фізичних вправ в умовах різної температури оточуючого середовища, а також забезпечити тіло спортсмена від можливості отримати травму. Неправильно підібраний одяг для занять може бути причиною травм та захворювань (потертості, переохолодження, алергічні реакції на синтетичні тканини тощо).

Спортивне взуття підбирається в залежності від виду спортивної діяльності, покриття місць занять (дерев'яна, гумова чи бетонована підлога в залі; ґрунт, асфальт, гравій на бігових доріжках і майданчиках тощо) та кліматичних умов. Основне призначення – захистити стопу спортсмена, забезпечити якісні умови пересування (відштовхування, амортизацію), а в деяких видах спорту спортивне взуття є елементом екіпіювання (ковзани, лижі, гірськолижний спорт).

Інколи в спортивній практиці для додаткового навантаження на опорно-руховий апарат використовується гравітаційний одяг та взуття (ушиваються свинцеві накладки). Гравітаційні костюми застосовувалися в спеціальних тренуваннях космонавтів, підготовці легкоатлетів, деяких ігрових видах спорту. Але вага гравітаційних накладок повинна підбиратися індивідуально, так як при неправильному підборі інерційні маси при амплітудних махах можуть травмувати суглоби.

Сучасні технології пропонують широкий вибір синтетичних матеріалів для зменшення фізичної дії на спортсме-

на при падіннях, зіткненнях, ударах, призначення яких – викликати дисипацію (розсіювання механічної енергії). З них виготовляють спортивні мати, огорожі, килими, захисне індивідуальне екіпірування тощо.

У навчально-тренувальному процесі в деяких видах спорту застосовуються страхувальні лонжі, паски, сітки, підвісні системи (акробатика, гімнастика, батут, альпінізм тощо) та інше приладдя, яке допомагає спортсмену в безопорному стані виконати спортивне завдання.

Аналіз навчальних програм у системі підготовки майбутніх фахівців фізичної культури, ознайомлення зі змістом підручників та навчальних посібників дає можливість зробити висновки, що цільової травмопрофілактичної підготовки не існує. Оскільки ці знання і вміння носять кумулятивний характер (накопичувальний), то ми, для визначення категорій небезпечності при спортивних заняттях і застосування методик травмопрофілактики небезпечних фізичних вправ, пропонуємо пам'ятати:

- 1) *небезпеку виконання фізичних вправ створюють сили гравітації, інерційні сили та сили скорочення м'язів;*
- 2) *більшість травм виникає при ударах, падіннях і зіткненнях;*
- 3) *доза навантажень (об'єм, інтенсивність) – це межа між тренувальним ефектом і чинниками порушення стану здоров'я;*
- 4) *вивчення елементів страхування повинно передувати вивченню складних фізичних вправ.*

Біомеханічні основи виконання елементів страхування

Складовими елементами страхування є:

- 1) забезпечення травмопрофілактики при самостійному виконанні фізичної вправи, тобто самострахування;
- 2) попередження травматизму при виконанні вправи із використанням страхування (допомоги).

Функції самострахування:

- облаштування місць занять травмопопереджувачими засобами та пристроями;
- виконання підготовчих вправ, анатомічно й фізіологічно спрямованих на адаптацію організму до основної роботи;
- підбір та виконання підвідних вправ, які допомагають послідовно оволодіти технікою базової вправи;
- вивчення травмопопереджувачих рухових дій при виконанні складних елементів.

При повному страхуванні використовують достатню кількість допоміжного інвентарю та обладнання, залучають досвідчених технічних тренерів. Обов'язковим є присутність кваліфікованого медичного персоналу.

Технічні засоби та пристрої для попередження травматизму при заняттях фізичними вправами. «Якби знав, де впаду, то соломки підстелив би». Ця народна мудрість чітко визначає, що падіння можна було б попередити, якщо знати, де це відбудеться. У спортивних рухах не завжди вдається передбачити травмонебезпечну ситуацію, тому мінімізація травматизму досягається за рахунок відповідного облаштування місць занять та екіпування спортсмена. Вимоги до будь-якого травмопереджуючого обладнання – усунути або зменшити фізичну дію на тіло спортсмена.

До спортивних тренажерів теж є певні вимоги, які визначаються стандартами безпеки. Допуск до їх виготовлення надається після проходження перевірки центрами метрології та стандартизації. Особлива увага до стандартів відповідності приділяється тренажерам, які використовуються в механотерапії (механотерапія – форма лікувально-фізичної культури, яка представляє собою систему функціонального лікування за допомогою механічних приладів).

При заняттях у тренажерних залах необхідно пам'ятати:

- 1) тренажер – це механічний пристрій, який має властивості ламатися та стати миттєво небезпечним під дією фізичних навантажень;
- 2) перш ніж розпочати тренувальний процес необхідно вивчити конструктивне призначення тренажера та його функціональну дію;
- 3) без досвідченого інструктора або тренера заняття можуть бути травмонебезпечними, а їх плановірність і доза навантажень не завжди матимуть позитивно тренувальний ефект;
- 4) дотримання гігієни занять (індивідуальна підстилка, спеціальні рукавички для тренажерів) – запорука збереження здоров'я.

Обладнання спортивних споруд травмонебезпечними пристроями потребує постійної повірки в умовах експлуатації (повірка – визначення стану пристрою до стандартів еталону). Будь-яка спортивна споруда допускається до експлуатації після перевірки державною санітарною службою, про що видається акт перевірки, де обов'язково зазначається відповідність спортивного обладнання та місць занять до санітарно-гігієнічних вимог і техніки безпеки (басейни, гімнастичні зали, зали для боротьби тощо).

4. ПРЕВЕНТИВНА БІОМЕХАНІКА: ПОПЕРЕДЖЕННЯ ШКІЛЬНОГО СПОРТИВНОГО ТРАВМАТИЗМУ

Шкільний спортивний травматизм

Детальний аналіз літературних джерел показує, що травматизм у школах належить до групи найменш вивчених видів травматизму в дитячому віці. Поверхово його торкаються багато авторів, проте лише деякі з них ґрунтовно аналізують шкільний травматизм. Цей вид травматизму, за даними різних дослідників, становить від 6% до 16% випадків дитячого травматизму. За їх частотою в Україні він займає третє місце після побутового й вуличного травматизму та має тенденцію до зростання. Як зауважує більшість авторів, які вивчають дитячий травматизм, головною причиною травм у школярів треба вважати недостатній контроль учителів за поведінкою учнів на перервах.

Вивчаючи дитячу травму в школі, деякі автори поділяють її на травму, отриману під час уроків, і травму, отриману в позаурочний час. Серед потерпілих у школі переважають хлопці. Співвідношення травмованих хлопців до дівчат складає 3:1. Зі збільшенням віку учнів кількість випадків травм зростає, і найбільше їх число припадає на дітей віком 10-13 років. У позаурочний час більша кількість травм зафіксована на перервах – 30-48,3%. Найчастіше діти травмуються під час великої перерви. Локалізація ушкоджень під час перерви в хлопчиків має такі показники: травма голови – 37%; тулуба – 5,6%; верхніх кінцівок – 42,2%; нижніх кінцівок – 15,2%. У дівчаток менше трапляються травми голови – 18,5%, але частіше травмуються нижні кінцівки – 31,9%.

Під час навчально-виховного процесу близько 95,6% травм виникає на уроках фізичної культури і лише 4,4% – під час інших уроків. Той факт, що 4/5 усіх ушкоджень стаються у приміщенні школи і лише 1/5 на її території, свідчить про низький рівень організації дітей під час навчально-виховного процесу в школі та відсутність контролю за ними з боку вчителів.

На відміну від інших видів дитячого травматизму, в яких домінують хлопці, серед дітей з травмами, що отримані на уроках фізичної культури, число хлопців та дівчат практично однакове. Аналіз випадків травм, показав, що серед потерпілих учнів 1-7-х класів переважають дівчатка з найбільшою різницею в 4-му класі, де травм дівчат у 2 рази більше, ніж хлопців. Це можна пояснити недостатньою адаптацією організму дівчаток до фізичних навантажень у почат-

кових класах, оскільки ігри останніх менш рухливі. Крім цього, мають значення й особливості їх психологічного розвитку. Після 7-го класу співвідношення змінюється. На 1000 хлопчиків припадає 2,1 випадків травм. На таку ж кількість дітей вичаток – 1,6 випадків травматичних ушкоджень.

Загальна кількість травм на уроках фізичної культури в перших класах незначна і поступово зростає до 4-го класу. Далі кількість травм різко зростає, що пов'язано з ускладненням програми занять та включенням індивідуальних вправ із гімнастики на приладах. За даними ряду авторів на учнів 5-8-х класів припадає від 77,4 до 86% усіх ушкоджень на уроках фізичної культури. Починаючи з 9-го класу, число травм знижується, незважаючи на те, що методика проведення уроків фізичної культури в цей період наближається до спортивних тренувань.

Вивчення структури травматизму за розділами шкільної програми з фізичної культури показало, що 30-33,3% випадків травм виникли на заняттях гімнастикою: під час стрибків через «коня» – 48-50% травм, під час виконання вправ на брусах – 18,7%, на інших приладах – 31,3% травм. Аналіз їх безпосередніх причин показав, що до 30% травм стали наслідком незадовільного стану інвентарю, невідповідності їх антропометричним даним учнів, неправильного встановлення матів та іншого обладнання. Друге місце займає легка атлетика (до 29,2% травм). Під час занять легкою атлетикою 57,1% травм отримані при стрибках у висоту, 28,6% – під час бігу, 14,3% – під час стрибків у довжину. Основною причиною травм під час стрибків є технічна неспідготовленість учнів до виконання цієї вправи.

Травми, отримані під час спортивних ігор на уроках фізичної культури (ручний м'яч, футбол, волейбол, баскетбол), займають близько 19% від усіх травм. Найчастіше травмуються під час гри в баскетбол – 10,4%, на футбол припадає 4,2% травм.

Розподіл травм, отриманих на уроках фізичної культури, за локалізацією показав, що пошкодження верхніх кінцівок складало 51,5-58,8%, нижніх кінцівок – 25-30,2%, голови – 9,5-10,4%, тулуба – 3,5-7,9%. Як показали результати досліджень, незважаючи на те, що ушкодження більшості дітей не потребували стаціонарного лікування, практично кожен третій потерпілий мав перелом кісток. Перше місце, за даними стаціонару й травм пункту, займали переломи кісток передпліччя – відповідно 38,5 та 32,4%. Домінування переломів кісток передпліччя та кисті на уроках фізичної культури пояснюється падіннями учнів із приладів з опорою на верхні кінцівки.

Таким чином, дитячий шкільний травматизм на сьогоднішній день є актуальною проблемою. Зменшення інтересу до нього як науковців, так і практиків призвело до зниження ефективності заходів, спрямованих на профілактику травматизму, і як наслідок – зросла кількість травматичних ушкоджень дітей у стінах школи. Цей факт, свідчить про необхідність не тільки перегляду причин та формування нових підходів профілактики шкільного травматизму на сучасних засадах, але й вироблення методики реабілітації.

Дидактичні завдання майбутнього вчителя фізичної культури в попередженні шкільного травматизму

До навчальних планів підготовки вчителів фізичної культури включено виробничу практику в навчальних закладах шкільного типу, де студент-практикант здобуває вміння й навички фахового спрямування на робочому місці вчителя фізичної культури загальноосвітньої школи та частково забезпечує виконання навчального процесу з фізичного виховання за шкільною програмою, змістом якої передбачені обов'язкові для вивчення базові фізичні вправи.

Дидактична схема оволодіння учнем фізичних вправ має такі складові: демонстрація вправи в цілому (з поясненням роботи опорно-рухового апарата) – виконання підготовчих вправ (для анатомо-фізіологічного забезпечення м'язових зусиль) – виконання підвідних вправ (для послідовного формування рухового вміння) – виконання вправи в цілому (для формування рухової навички). Але постійно існує проблема вивіреного підбору підготовчих та підвідних вправ, які не тільки полегшують виконання базової вправи, а й забезпечують профілактику травматизму при умові здійснення допомоги учню та дотримання правил його страхування.

Анатомо-фізіологічні особливості росту та формування опорно-рухового апарату дітей є одним із чинників їх травматизму, що необхідно враховувати фахівцям фізичної культури при обранні засобів фізичного виховання та підборі методик травмопрофілактики, тому в програмі вказаний взаємозв'язок фізичної вправи з напрямом роботи опорно-рухового апарату.

Незважаючи на профілактичні заходи, рівень дитячого травматизму залишається високим, що пояснюється, з одного боку, впливом навколишнього середовища, з іншого – рівнем фізичного розвитку, психіки, станом нервової системи дітей, а також недостатньою увагою вчителів фізичної культури до питань травмопрофілактики, які повинні забезпечити попередження травматизму в дитячих та шкільних навчально-виховних закладах.

При організації занять фізичними вправами є необхідність використовувати елементи дидактичної біомеханіки для профілактики травматизму. Дидактична біомеханіка передбачає впровадження для осіб, що займаються фізичними вправами, теоретичних знань, практичних умінь і навичок для організованих і самостійних занять фізичною культурою і спортом.

Пропонуємо таку тематику позаурочних теоретичних та практичних занять під час педагогічної практики:

- Поняття про дитячий травматизм. Його види: побутовий, вуличний, шкільний, спортивний – 20 хвилин.
- Травматизм та його профілактика на уроках фізичної культури. Його чинники та методики попередження на уроках гімнастики, легкої атлетики, спортивних та рухливих ігор, плавання, зимових видів спорту – 30 хвилин загального обсягу на кожному виді.
- Травматизм та його попередження при заняттях фізичними вправами і рухливими іграми: травмування при організації занять на відкритих майданчиках, у спортивних залах, на стадіонах та бігових доріжках, на нестандартному обладнанні, у відкритих водоймищах та басейнах, на лижних трасах та самоорганізації ігрових занять – 30 хвилин.
- Профілактика спортивного травматизму – 45 хвилин.
- Попередження травматизму в обраному виді спорту (практичні заняття) – за планом тренувальних занять спортивної секції:
 - 1) правила поведінки у спеціалізованих місцях для занять спортом;
 - 2) вивчення травмопрофілактичних елементів самострахування та страхування в обраному виді спортивної спеціалізації;
 - 3) формування навичок самозбереження при втраті рівноваги, падінні, зіткненні – «школа падіння»;
 - 4) етика взаємопопередження та взаємодопомоги у профілактиці травматизму.
- Перша допомога при виникненні травм – 30 хвилин.
- Перша допомога при травмах опорно-рухового апарату – 30 хвилин (практичні заняття).

Завдання для самостійної травмопрофілактичної роботи школярів:

- Виписати всі травмонебезпечні місця у спортивних залах і на майданчиках та вказати можливі варіанти травмопрофілактики.

- Розробити правила («кодекс») власної безпеки за алгоритмом: дім- вулиця-школа-спорт-друзі.

Актуальним є пошук технологій травмопрофілактики в системі організації освітньо-виховного процесу загальноосвітніх шкіл і найбільше – при проведенні занять з фізичного виховання, а також поглиблене вивчення чинників, що впливають на рівень дитячого травматизму в сьогоднішніх умовах; побудова науково обґрунтованих індивідуальних програм з їх фізичного виховання, з урахуванням попередження травматичних ушкоджень.

5. ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ ПРИЛАДІВ У МЕТОДИКАХ МЕХАНОТЕРАПІЇ

Механотерапія як форма кінезіотерапії в біомеханіці

Механотерапія – одна із форм лікувально-фізичної культури. Вона являє собою систему функціонального лікування за допомогою різних пристроїв та обладнання (тренажерів), які застосовуються в комплексі з різними методами сучасної медичної реабілітації.

Історія розвитку механотерапії почалась у XIX ст. Засновником її вважається Густав Цандер, професор анатомії Упсальського університету (Швеція), який створив систему машинної гімнастики. Він розробив механічні прилади на зразок тренажерів, які давали можливість дозувати навантаження без допомоги методиста.

Пізніше ці прилади створювалися Кукенбергом, Герцем, Тило. У радянські часи створенням механотерапевтичних приладів займалися М. Брейтман, І. Заблудовський, К. Солов'єв та ін.

Перший інститут механотерапії Г. Цандера був відкритий у 1857 р. Використовували в ньому три категорії механотренажерів:

- 1) для активних вправ;
- 2) для пасивних вправ;
- 3) для механічних операцій.

Німецький лікар М. Герц запровадив наступні механічні прилади:

- 1) апарати на опір;
- 2) гімнастичного опору;
- 3) апарати сприяння рухів;
- 4) для пасивних рухів;
- 5) струсної дії.

Його співвітчизник лікар Г. Крукенбург створив маятникові механоприлади для амплітудного впливу на суглобові рухи.

У Польщі з 1930 року механотерапія була введена майже у всі лікарняні заклади як терапевтичний засіб.

У Росії механолікування почалося майже 150 років тому. Перші механолікувальні інститути були відкриті в Петербурзі, Москві. В Україні – в Одесі, Києві, Миколаєві в лікувальних санаторіях.

Сучасна механотерапія використовує, крім механічних тренажерів, багато електромеханічних приладів, діагностичних «шлейфів», вібротренажерів та супроводжуючі різні комп'ютерні технології.

При застосуванні механотерапії визначають:

1. Вплив механоприладів на організм здорової та хворої людини.
2. Ефективність механолікування при відновленні функцій ОРА.
3. Методику механотерапії при різних порушеннях ОРА.

Вплив фізичних вправ при роботі на тренажерах на організм людини обумовлюється фізіологічними та біомеханічними механізмами. Інакше, навантаження є причиною тих адаптаційних змін в організмі, від характеру і величини яких залежить результат.

За А. Ухтомським, малі навантаження збуджують організм, середні – закріплюють досягнутий рівень його функціонування, великі – підвищують функціональні можливості організму, надмірні – пригнічують їх.

Отже, за величиною фізичні навантаження в механотерапії можна поділити на активізуючі, закріплюючі, розвиваючі й такі, що пригнічують лікувальну дію.

Поняття про види навантаження при використанні механоприладів

Поняття «навантаження» є одним з основних для характеристики засобів і методів реабілітаційних програм. Виконання будь-якої фізичної вправи пов'язане з переходом організму на вищий рівень функціональної активності, ніж у стані спокою, «завантаження» органів і систем. Викликаючи втрату резервних можливостей організму і втому, навантаження тим самим стимулює зростання працездатності.

Навантаження – це додатковий у порівнянні зі спокоем ступінь функціональної активності організму, що викликається виконанням вправи на механотренажері.

Навантаження виконують роль подразника, що викликає пристосувальні зміни в організмі.

Виділяють «зовнішню» і «внутрішню» сторони навантажень.

Зовнішня сторона навантажень. Її показниками є величини, що характеризують здійснювану роботу в її зовні виражених розмірах (тривалість, число повторень вправ, швидкість і темп рухів, величина переміщеної ваги тощо).

Внутрішня сторона навантажень. Її показниками є величини функціональних і пов'язаних з ними зрушень в організмі, що викликаються виконуваною роботою (збільшення ЧСС, об'єму легеневої вентиляції і споживання кисню, ударного і хвилинного об'ємів крові тощо).

Зовнішніми показниками користуються при плануванні та обліку реабілітаційної процедури, їх співставляють із реакцією організму на задану роботу. Показники ж функціональних зрушень в організмі допомагають визначити доцільну міру реабілітаційних навантажень, поглиблено оцінити їх відповідність (або невідповідність) функціональним можливостям організму. Показники зовнішньої і внутрішньої сторін навантажень не виключають один одного, вони тісно взаємозв'язані і використовуються в єдності: збільшення «зовнішньої» сторони навантаження приводить до збільшення зрушень у функціональному стані різних систем та органів, до розвитку й поглиблення процесів стомлення. Проте при одних і тих же зовнішніх характеристиках «внутрішня» сторона навантаження може змінюватися під впливом різних причин.

Утома під час роботи на механічних тренажерах

У результаті будь-якої тривалої м'язової діяльності працездатність пацієнта тимчасово знижується. Такий стан називається втомою. Вона відіграє важливу біологічну роль – попереджає про наближення таких функціональних і біохімічних змін під час виконання роботи, запобігання яким захищає організм від можливого пошкодження. Наслідком стомлення є автоматичне зниження інтенсивності м'язової діяльності. Якщо об'єктивною ознакою стомлення служить зниження працездатності, то суб'єктивним – втома. Утома – це комплексне явище, причиною його розвитку може бути вихід з ладу якого-небудь компоненту в складній системі органів і функцій або порушення взаємозв'язку між ними. Провідною ланкою в розвитку втоми може бути будь-який орган і будь-яка функція, якщо зовнішні дії перевищують рівень відпо-

відних функціональних резервів. З'ясування причин втоми вимагає подальших досліджень. У той же час відомо, що:

- 1) під час тривалої роботи ізольованого м'яза (а це найчастіше відбувається на локальних механоприладах) зменшується амплітуда і збільшується час м'язового скорочення (головним чином за рахунок збільшення періоду розслаблення);
- 2) під час роботи невеликої групи м'язів (при лікуванні окремого біоланцюга) стомлення виникає в результаті змін, що відбуваються в нервових центрах, нервово-м'язових синапсах і в самому м'язі, у результаті чого зменшується сила, знижуються швидкість і амплітуда скорочень, погіршується взаємодія м'язів-антагоністів, що призводить до зниження працездатності та обумовлює відмову від продовження роботи;
- 3) під час роботи великої групи м'язів (велотренажер, бігова доріжка) стомлення виникає в результаті порушення координації центральної нервової системи (ЦНС) і залоз внутрішньої секреції (погіршується взаємодія рухових нервових центрів з центрами, що управляють вегетативними функціями організму), діяльність серцево-судинної і дихальної систем погіршується, що приводить до зменшення постачання до м'язів кисню і зниження їх працездатності;
- 4) при напруженій м'язовій діяльності відбуваються зміни у складі крові (збільшується вміст молочної кислоти, зменшується рН та ін.), що несприятливо впливає на діяльність нервових центрів;
- 5) викликає стомлення і зниження енергетичних запасів в організмі, у той же час повного виснаження джерел енергії в ході роботи не спостерігається;
- 6) незвичні умови зовнішнього середовища різних бальнеокурортів та лікувальних санаторіїв (висока або низька температура, знижений атмосферний тиск, висока вологість повітря тощо) також можуть знизити працездатність і підсилити стомлення; при інтенсивній роботі (глобального характеру) відбувається рясне потовиділення, порушується водно-сольовий обмін, що сприяє розвитку стомлення.

Фази розвитку втоми при роботі на механоприладах. Розрізняють дві фази розвитку втоми: *компенсовану* (прихована втома) і *некомпенсовану* (явна втома). У компенсованій фазі не відбувається видимого зниження працездатності. Робота здійснюється за рахунок напруженої діяльності багатьох систем організму, значних змін, що відбуваються в нервово-м'язовому апараті.

Адаптація до навантажень при роботі на тренажерах

Адаптація (від лат. adaptatio – пристосування) – це пристосування будови і функцій організмів (і їх груп) до умов існування.

Процес адаптації організму до дії фізичних навантажень має фазний характер. Тому виділяють два етапи адаптації: терміновий і довготривалий.

Термінова адаптація – це екстрена реакція різних органів і функціональних систем організму на незвичні подразники з метою компенсації впливу чинників навколишнього середовища.

Етап термінової адаптації зводиться переважно до змін енергетичного обміну і пов'язаних з ним функцій вегетативного забезпечення, збільшується головним чином доставка кисню до працюючих органів і виведення продуктів обміну на основі сформованих механізмів їх реалізації.

Організм людини володіє резервними можливостями (морфологічними, біохімічними, психологічними, фізіологічними). При фізичних навантаженнях включаються ті резерви організму, які забезпечують його специфічну працездатність. Фізична працездатність людини тісно пов'язана з фізіологічними резервами його організму, які обумовлені функціональним станом окремих органів і організму в цілому. Вони забезпечують здатність адаптуватися до різних умов життєдіяльності. Передбачається, що в умовах повсякденного життя чоловік використовує лише 35% своїх резервних можливостей. При роботі, що вимагає включення 40-50% наявних резервів, наступає фізична і психічна втома. При використанні ж 65% резервів необхідні значні вольові зусилля, і така напружена робота приводить до відмови організму від її продовження. Тренований організм має великі за об'ємом резерви і може їх використовувати більш повно, чим нетренований.

Фізіологічні резерви систем організму визначають шляхом порівняння показників її діяльності при м'язовому спокої і при гранично напруженій м'язовій роботі.

У термінових адаптаційних реакціях виділяють три стадії.

На першій стадії відбувається активізація діяльності органів і функціональних систем, що забезпечують виконання заданої роботи (збільшується частота серцевих скорочень (ЧСС), вентиляція легенів, споживання O_2 тощо).

Друга стадія настає, коли органи і системи організму функціонують у відносно стабільному (стійкому) стані. Ця стадія не може продовжуватися нескінченно довго. Виснажую-

ться енергетичні джерела, відбувається стомлення нервових центрів, що забезпечують регуляцію рухів і діяльності внутрішніх органів, накопичується лактат (солі молочної кислоти) в крові (змінюється внутрішнє середовище організму) і так далі – настає *третьа стадія* термінової адаптації.

Довготривала адаптація. Вона розвивається при багатократному повторенні фізичних вправ і підсумовуванні багатьох слідів навантажень. Цей етап пов'язаний з формуванням в організмі функціональних і структурних змін.

Виділяють чотири стадії довготривалої адаптації.

Перша стадія. В результаті підсумовування ефектів термінової адаптації, що багато разів повторюється, відбувається стимуляція механізмів довготривалої адаптації.

У другій стадії інтенсивно протікають структурні і функціональні перетворення в органах і тканинах відповідної функціональної системи. Це відбувається на тлі тих навантажень, що планомірно зростають і систематично повторюються. В кінці цієї стадії гіпертрофуються (від грец. *hyper* – приставка, що позначає перевищення норми, і грец. *troche* – живлення, збільшення об'єму органу або частини тіла) органи, злагоджено функціонують різні ланки і механізми, що забезпечують ефективну діяльність системи в нових умовах.

В результаті відповідних перетворень настає *третьа стадія* довготривалої адаптації. Вона характеризується наявністю резервних можливостей організму, що дозволяють забезпечити вищий рівень функціонування системи, стабільність функціональних структур, тісний зв'язок регуляторних і працюючих органів.

Адаптаційний процес не може продовжуватися нескінченно. У кожен момент часу організм володіє певними резервними можливостями, тобто здатністю відповісти на зовнішні дії і перейти на новий функціональний рівень можливостей. Величина такого резерву в значній мірі визначається тим абсолютним рівнем адаптаційних перебувань організму, на якому він уже знаходиться. Якщо величина зовнішніх дій буде вища за резерв (при нераціональному побудованому тренуванні, неповноцінному харчуванні і відновленні тощо), то може наступити *четверта стадія* довготривалої адаптації. Вона характеризується зношуванням окремих компонентів функціональної системи і виражається найчастіше порушенням процесу відновлення структур, загибеллю окремих клітин і заміщенням їх сполучною тканиною, що кінець кінцем приводить до більш менш вираженої функціональної недостатності. Такі яви-

ща можуть спостерігатися при компенсаторній гіпертрофії серця, печінки, гіпертрофії нервових центрів, гіпофізарно-адrenalного комплексу при використанні навантажень, що перевищують межі адаптаційних ресурсів організму.

Фазовість протікання процесів адаптації до фізичних навантажень дозволяє виділити три різновиди ефектів у відповідь на виконувану роботу.

Терміновий ефект. Він виникає безпосередньо під час виконання фізичних вправ і в період термінового відновлення протягом 0,5-1,0 години після закінчення роботи. В цей час відбувається усунення кисневого боргу, що утворився під час роботи.

Відставний ефект. Активізуються пластичні процеси для надмірного синтезу зруйнованих при роботі клітинних структур і заповнення енергетичних ресурсів організму. Цей ефект спостерігається на пізніх фазах відновлення (зазвичай в межах до 48 годин після закінчення навантаження).

Кумулятивний ефект (від латів, *sumulo* – збираю, накопичую) є результатом послідовного підсумовування термінових і відставних ефектів навантажень, що повторюються. В результаті кумуляції процесів слідів фізичних дій впродовж тривалих періодів занять (більше за один місяць) відбувається приріст показників працездатності.

Механотерапія та відновлення

Механотерапія та її принципи використання не можуть самостійно вирішити завдання по відновленню функцій людини, тому вивчати необхідно психолого-педагогічний вплив, фізіологічні процеси та реабілітаційні заходи. В системі відновлення функцій людини досить важливим є використання комплексних методик.

Фізичні навантаження і відновлення необхідно розглядати як дві сторони процесу підвищення фізичної працездатності людини. Швидкість відновлювальних процесів підвищується як за рахунок оптимізації режиму навантажень і відпочинку, так і за допомогою додаткових відновлювальних засобів. При цьому розрізняють два основні напрями дії на відновлювальні процеси:

- 1) підвищення швидкості відновлення працездатності після навантажень;
- 2) прискорення відновлювальних процесів після перенесених захворювань і травм (реабілітаційні заходи).

Раціональне використання різних відновлювальних засобів дозволяє підвищити ефективність реабілітаційного процесу.

Відновлюючі засоби у комплексах механотерапії прийнято ділити на педагогічні, психологічні і медико-біологічні. Головними вважаються педагогічні засоби відновлення. До них відносяться раціональне чергування навантажень і відпочинку, оптимальне співвідношення об'єму й інтенсивності навантажень, раціональне планування відновлювальних циклів реабілітації та ін.

Раціональному використанню педагогічних засобів сприятиме розгляд відновлювальних процесів після м'язової діяльності на фізіологічному і біохімічному рівнях.

При виконанні фізичних вправ в організмі розщеплюються і відновлюються багаті енергією з'єднання, причому інтенсивніше йдуть процеси розщеплювання. Відновлювальні ж процеси відбуваються в основному після закінчення роботи. Післяробочий стан організму називається відновлювальним періодом. Розрізняють термінове (ранній період) і відставне відновлення (пізній період).

Термінове відновлення – це процес усунення продуктів обміну, що накопичилися під час виконання вправ, у тканинах (метаболітів) і ліквідація кисневого боргу, що утворився. Воно відбувається безпосередньо після закінчення кожної вправи і продовжується протягом 30-90 хвилин після реабілітаційної процедури.

Відставне відновлення – повернення до початкового рівня енергетичних ресурсів організму, посилення синтезу структурних білків і ферментів. Воно триває багато годин після механічної роботи.

Відновлення різних функцій організму відбувається одночасно (гетерохронно). Показники швидкості відновлення функцій або рухових здібностей після тієї або іншої роботи використовуються при плануванні реабілітаційних навантажень з метою підвищення ефекту від них. Найшвидше відновлюються резерви фосфагенів і кисню в працюючих м'язах, після них – запаси глікогену в м'язах, потім – жирові резерви і зруйновані білкові структури кліток.

Інтенсивність протікання відновлювальних процесів визначається швидкістю витрачання енергетичних запасів організму під час виконання фізичних вправ. При правильному чергуванні навантажень і відпочинку в певний період часу після роботи запаси енергетичних резервів перевищують свій початковий (доробочий) рівень. Це явище отримало назву *надвідновлення* або *суперкомпенсація*.

Тривалість фази надвідновлення залежить від величини виконаної роботи і глибини виниклих зрушень в організмі.

1. Після потужної, але короткочасної роботи (велотренажер із значним дозованим навантаженням) ця фаза швидко настає і швидко завершується (наприклад, відновлення витрачених запасів глікогену починається через 3-4 години, завершується через 12 годин відпочинку).
2. Після тривалої роботи помірної потужності (циклічна робота на велотренажері) відновлення глікогену починається тільки через 12 годин, а тривалість фази суперкомпенсації продовжується упродовж 48-72 годин після її закінчення.

Синтез структурних білків у відновлювальному періоді відбувається із швидкістю нижчою, ніж швидкість відновлення енергоресурсів (у 4-6 разів). Тому після напруженої роботи необхідно збільшити тривалість відновлення.

У тому випадку, якщо декілька однонаправлених навантажень слідує одне за одним у фазі невідновлення, то після кожного навантаження ступінь невідновлення збільшується. Після зменшення навантаження, змінюючи її спрямованість, або після відпочинку фаза суперкомпенсації виражена більш значно і триваліша в часі.

Прискоренню відновлювальних процесів сприяють також такі педагогічні засоби і методи, як різноманітність умов занять, створення сприятливого емоційного фону, оптимальні біокліматичні умови, виконання дихальних вправ тощо.

Психологічні засоби відновлення фізичної працездатності. За допомогою психологічних засобів знімають стан пригніченості, прискорюють відновлювальні процеси, знижують рівень нервово-психічної напруженості і тому подібне. Для відновлення працездатності використовуються аутогенне тренування (що включає релаксацію і самонавіюваний сон), різноманітні форми дозвілля, комфортабельні умови побуту й інші засоби й методи відновлення працездатності.

Раціональне харчування як чинник відновлення працездатності. Харчування є найважливішим чинником прискорення відновлювальних процесів, збереження здоров'я, підвищення працездатності, досягнення реабілітаційних результатів. Воно має специфічні особливості, обумовлені підвищеними запитами організму, спрямованістю навантажень.

Поживні речовини виконують енергетичну й живильну функції.

Медико-біологічні засоби відновлення фізичної працездатності. У практиці знайшли застосування фізичні, гідротерапевтичні, фармакологічні та інші засоби. Розглянемо основні з них.

Фізичні засоби відновлення працездатності у комплексах механотерапії. Вони використовуються з профілактичною і оздоровчою метою для підтримки високої працездатності і прискорення відновлення, попередження перенапружень і травм, а також при появі початкових ознак патологічних процесів в організмі для ослаблення їх розвитку і подальшого лікування. До цієї групи засобів відносяться ультрафіолетове випромінювання, аероіонізація, холодові й теплові процедури тощо. Впливають вони через шкіру. Фізичне роздратування рецепторів шкіри надає рефлекторну дію і на діяльність м'язової системи, внутрішніх органів і ЦНС.

Гідротерапевтичні засоби. Найбільш відомі з них дощовий, холодний, гарячий, контрастний душ, різні ванни (прісна, гаряча, ножна, хлоридно-натрієва, лужна, хвойна і ін.). Гідротерапія сприяє регуляції кровопостачання тканин і прискоренню окислювально-відновлювальних процесів, виведенню з організму продуктів обміну, ліквідації застійних явищ і мікротравматичних пошкоджень в опорно-руховому апараті тощо.

Фармакологічні засоби підвищення працездатності при механотерапії. Біологічно активні препарати знаходять все більш широке застосування. Відновлювальні засоби необхідно використовувати, виходячи з розуміння єдності відновлення. У кожному конкретному вкладку варіанти застосування засобів прискорення відновлювальних процесів залежать від характеру й величин попереднього і передбачуваного навантажень. У зв'язку з цим можливі два основні тактичні прийоми використання комплексів відновлення працездатності:

- а) усунення стомлення м'язових груп і функціональних систем після виконаного навантаження;
- б) прискорення відновлення лише тих м'язових груп і ланок функціональних систем, до яких будуть проявлені підвищені навантаження в подальшому занятті.

З самого початку необхідно провести розділення за принципом занять на механотренажері. Так само необхідно відзначити, що в кожному з видів механотренажерів є реабілітаційний напрям. Розглянемо означені види тренажерів.

Тренажери в механотерапії

Кардіотренажери. Називаються також кардіо або аеробними. До цієї групи тренажерів належать: велотренажери, бігові доріжки, еліптичні, гребні тренажери, степлери і райдери.

Розвиток витривалості людини включає головним чином зміцнення серцево-судинної і дихальної систем орга-

нізму. Тому основним параметром таких тренувань є частота серцевих скорочень. За ним необхідно стежити, щоб уникнути перевтоми, з одного боку, і для ефективності занять, з іншого. Для вимірювання пульсу під час тренування на тренажері використовуються такі способи: датчик-кліпса на вухо; датчики пульсу на рукоятках.

Датчик-кліпса є найпростішим способом вимірювання й у зв'язку з цим має велику погрішність вимірювання у порівнянні з іншими датчиками. Датчики пульсу на рукоятках точніші і зручніші у використанні (без проводів). Нагрудний датчик надає найточніші результати.

Усі тренажери оснащені тренувальним комп'ютером для спостереження за параметрами тренування. Комп'ютери розрізняються по вигляду використовуваного тренажера, кількості відображуваних параметрів і програм тренування. Основні параметри – це: пульс, час, дистанція, швидкість, витрата калорій.

Залежно від виду тренажера на тренувальному комп'ютері може також відображатися кількість рухів (гребків, кроків і так далі). У деяких моделях є функції визначення ступеня тренуваності організму: відновлення пульсу з фітнес-оцінкою; графічне зображення дистанції і можливості завдання параметрів тренування, а також діапазону тренувального пульсу; здатність зберігати інформацію про результати попередніх тренувань і різні вбудовані програми тренувань. Існують наступні типи кардіотренажерів:

Велотренажери. Їзда на велосипеді є дуже ефективним видом спорту, який зміцнює здоров'я не тільки серцево-судинної системи, але й дихальної системи, м'язів ніг та ягодичних м'язів. Велотренажери – найпопулярніший вид тренажерів, завдячуючи їх компактності, зручності, комфорту занять на них. Велотренажери можна підрозділяти на дві основні групи, перед усім за системою навантаження (супротиву) на механічні та магнітні.

Механічні мають ремінну систему навантаження – коли величина навантаження залежить від натягнення ременя і його тертя об колесо-маховик.

У моделях з магнітною системою навантаження варіюється шляхом зміни відстані між постійними магнітами і маховиком.

Ходові якості велотренажерів поліпшуються із збільшенням маси маховика, тобто чим масивніше маховик, тим плавніше йде обертання педалей.

Кожна з систем має свої переваги: ремінні тренажери порівняно недорогі й компактні; магнітні – безшумні, мають плавний, рівномірний хід.

Крім того, комфортність тренування залежить від можливості регулювання положення сидіння, його величини і форми – ергономічності сидіння.

Особливий клас велотренажерів – велоергометри. Це устаткування більш складнішого технічного рівня. Якщо на звичайних велотренажерах одиниця навантаження є величиною умовною, і її величина може дещо відрізнятись в різних моделях, то у всіх велоергометрах навантаження – величина абсолютна, має чітко певні значення – Вати. Тому велоергометри характеризуються точним контролем навантаження і точнішими даними вимірюваних величин у порівнянні з велотренажерами, що сприяє широкому використанню велоергометрів у терапевтичних і реабілітаційних цілях. Велоергометри мають електромагнітну систему навантаження і потребують підключення до електромережі.

Бігові доріжки. Біг є найпростішим, але найефективнішим видом кардіонавантаження. Доведено, що саме біг і ходьба максимально прискорюють обмінні процеси в організмі, тим самим спалюючи зайві калорії і зміцнюючи організм. Бігові доріжки бувають двох типів: *механічні* й *електричні*. Механічні не вимагають підключення до мережі, оскільки бігове полотно приводиться в рух самою людиною. В електричних доріжках – електродвигуном.

Навантаження в бігових доріжках може регулюватися двома способами: зміною кута нахилу бігового полотна і вимірюванням швидкості руху полотна. Кут нахилу варіюється механічним або електричним способом. Механічна зміна – за допомогою зміни положення опорних роликів. Електрична – за допомогою сигналу від комп'ютера до електродвигуна. У бігових доріжках дуже важлива наявність амортизуючої платформи, що зменшує навантаження на суглоби. Чим ширше і довше полотно, тим комфортніше займатися бігом, а значить, тим краща доріжка. Для безпеки кожна електрична бігова доріжка обладнана страхувальною системою – ключем безпеки.

Еліптичні тренажери. Еліптичні тренажери – це один з новітніх видів устаткування, що застосовується для тренувань удома і в залах, свого роду комбінація степпера і бігової доріжки. Вони швидко завоювали популярність завдяки можливості інтенсивного і безпечного тренування серцево-судинної і дихальної системи, мускулатури і суглобів. Крос-тренінг (ходьба по еліптичній траєкторії) поєднує в собі тренування серцево-судинної і дихальної систем, а також елементи силового тренування для основних груп м'язів. Рівний, постійний безперервний рух, зміцнюючий м'язи ніг, сідниць

і стегон, мінімізація навантаження на колінні і гомілкові суглоби – усе це властиво тільки еліптичним тренажерам. У той же час силове тренування для верхньої частини тіла зміцнює руки, плечі, грудні м'язи і спину. Саме тому крос-тренінг є одним з найефективніших спортивних занять у домашніх умовах. При цьому шкідлива дія на суглоби абсолютно виключена. Від степпера вони взяли відсутність навантаження на суглоби, від бігової доріжки – свободу руху.

Степпери. Тренажери, які імітують ходьбу сходами, називаються степперами. Разом з тренуванням витривалості, вони добре навантажують м'язи ніг і сідничні м'язи. Степпер – найкомпактніший тренажер для повноцінних занять на мінімальній площі. Бувають моделі з регульованим і нерегульованим навантаженням (міністеппер). За принципом дії є моделі із взаємозв'язаним ходом педалей, коли педалі сполучені в єдину систему, і незалежним – при якому можлива диференційована зміна навантаження для кожної педалі. Існують моделі, які забезпечені спеціальними важелями для рук, що дозволяють під час тренування навантажувати плечовий пояс.

Гребний тренажер. Займаючись фізичними вправами, ми хочемо добитися багато чого: зменшити або зберегти свою вагу, підвищити витривалість організму, позбавитися від наявних недоліків фігури, зміцнити м'язи тіла, поліпшити гнучкість хребта і рухливість суглобів. Проте, щоб добитися таких різнопланових результатів за одне тренування, потрібно багато часу, оскільки доводиться виконувати цілий комплекс вправ, що послідовно змінюють один одного. Часто ці тренажери називають комплексними, оскільки вони в рівній мірі сприяють як розвитку витривалості, так і сили. Діючи практично на всі основні групи м'язів, веслування гармонійно розвиває тіло, тому можна порекомендувати цей вид тренажерів для людей, охочих сумістити тренування сили і витривалості.

Райдер. Райдер імітує їзду на коні. Як основне навантаження на нього використовується власна вага того, хто займається. Інтенсивність тренування залежить також від частоти «стрибків». Синхронні рухи рук і ніг забезпечують тренування витривалості, при цьому навантаження рівномірно розподіляється на м'язи всього тіла. У деяких моделях навантаження може регулюватися за допомогою гідравлічних циліндрів, гумових амортизаторів.

Тренажери для розвитку сили. Тренування на розвиток сили збільшує м'язи і зміцнює весь організм у цілому. Силові тренажери зазвичай можна розділити на 2 основних види: тренажери з вбудованою вагою; тренажери з вільними вагами, які, у свою чергу, можна розділити на агрегати, наванта-

жені ваговими дисками і тренувальні верстати (лави) для роботи з вільними обтяжувачами: штангами, гантелями.

Тренажери з вагою. У тренажерах із вбудованою вагою використовуються плоскі вантажі, що утримуються в пакеті (стеку) фіксаторами, і що переміщаються вгору і вниз по направляючих полозах (або стрижню). Для варіювання навантаженням досить переставити фіксатор у потрібний отвір стійки вантажів. Ці тренажери сконструйовані так, щоб автоматично підстроюватися під силу скорочення м'язів, що змінюються, за рахунок використання кулачкових або важелів механізмів. Тому на них можливо цілеспрямовано завантажувати потрібну м'язову групу, не залучаючи до роботи інші «зайві» м'язи. Таким чином, тренажери з вбудованою вагою ідеально підходять для початкових тренувань, вони прості у використанні й ефективно впливають на певні групи м'язів. Ці тренажери можуть бути розраховані на опрацювання тільки однієї групи м'язів, як правило, вони використовуються в комплексі у фітнес-залах або включають декілька агрегатів для опрацювання основних груп м'язів, тобто універсальні, які частіше використовуються для тренувань у домашніх умовах. У групу цих тренажерів входить такий вид тренажерів (іноді це окремі станції), як тренажери для функціонального тренінгу.

Функціональний тренінг – це вибір траєкторії руху самим користувачем. Такі тренажери займають проміжне місце між тренуваннями з вбудованою вагою і вільними обтяжувачами. Диски навантажень у них є вбудованими, але тяга цих обтяжувачів проводиться в будь-якому напрямі. Таким чином, поєднуються плюси як вбудованих, так і вільних обтяжувачів.

Тренажери з вільною вагою. Більшість серйозних атлетів вважають за краще тренуватися з вільними обтяжувачами. Вільна вага – це: млинці, грифи, гантелі. Вони дають можливість навантажувати не тільки окрему м'язову групу, але і інші м'язи, що допомагають виконувати вправи (м'язи – синергісти). Це дозволяє збільшувати вагу обтяження, що використовується для тренування основної м'язової групи, стимулюючи тим самим зростання м'язових волокон. Робота з вільною вагою допомагає поліпшити координацію, оскільки необхідно стежити за збереженням рівноваги, за положенням приладу. При виборі приладів для роботи з вільними обтяжувачами слід звернути увагу на надійність конструкції, максимальну вагу, яку можуть витримати стійки під штангу (максимальне навантаження) й інші агрегати, ширину між стійками, можливість регулювання висоти стійки, регулювання нахилу лави, наявність додаткових

приспосовувань. Також є компактні силові лави, які найчастіше складаються для економії місця для зберігання, для тренування з гантелями і тренування м'язів черевного пресу.

Силові тренажери для роботи з власною вагою. Нещодавно з'явився новий тип силових тренажерів, де як основне навантаження використовується вага тіла того, хто займається. Це багатофункціональні тренажери, які дозволяють одночасно розвивати силу, витривалість і гнучкість. У таких тренажерах рівень навантаження можна змінити за допомогою регулювання кута нахилу лави, а також збільшити навантаження за рахунок використання додаткових млинців.

Вібротренажери. У 1971 р. Агашин Ф.К., вивчаючи біомеханічні процеси, що відбуваються в організмі людини при виконанні нею рухових програм тривалістю менше 0,1 с, наприклад, удар в тенісі складає 0,005-0,01 с, експериментально встановив явище біомеханічного резонансу.

Через 25 років на основі цього явища були створені біомеханічні хвилові тренажери, які знайшли застосування:

- 1) у спорті для тренування сили і точності ударів, підвищення швидкості переміщення, стрибучості і спритності.
- 2) у медицині для реабілітації після травм, хвороб;
- 3) для профілактики захворювань серцево-судинної, нервово-м'язової, дихальної та ін. систем, для протитравматичної підготовки, шляхом зміцнення зв'язково-суглобового апарату.

Підтримувати організм в оптимальному ступені тренуваності і покликані тренажери, біомеханічні верстати, хвилові тренажерні комплекси.

Останнім часом у практиці фізичної культури і спорту знайшов своє застосування метод інтенсивного розвитку гнучкості, сили і координаційних здібностей з використанням вібротренажерів. Суть цього методу полягає в накладанні вимушених механічних коливань уздовж волокон напружених скелетних м'язів під час їх статичного та динамічного режимів роботи.

Для його використання застосовують спеціальні вібротренажери, які під час виконання вправ на розвиток сили, гнучкості чи координації рухів (Бріжатиий О.В., 1987-1994) додатково стимулюють скелетні м'язи.

Вібротренажери являють собою електромеханічну конструкцію, здатну виконати коливання біоділянок тіла спортсмена із заданою частотою і амплітудою. Під час дії вібрації на групу м'язів відбувається їх додаткове мікроскорочення і мікророзтягнення, що викликає зусилля про-

цесів подразнення і скорочення м'язів, підвищення швидкості кровообігу і відповідно гіпертрофію скелетних м'язів.

Але в процесі використання цього методу стало відомо, що застосування вібростимуляції викликає різний рівень розвитку сили, гнучкості і координаційних здібностей. Після проведення комплексного експерименту з'ясувалось, що проблема розвитку фізичних якостей прямо зв'язана із змінами якостей скелетних м'язів у процесах термінової та довготривалої адаптації до фізичного навантаження.

Вивчаючи цю залежність із використанням методів затухаючих коливань (міотонометрія), вдалося з'ясувати, що найбільшого приросту гнучкості (рухливості в суглобах) досягають ті спортсмени, у яких був менший тонус розтягуючих м'язів, тобто «м'які» м'язи. Але така кількість спортсменів, які б мали «м'які» м'язи в дослідженнях (Бріжатиї О.В., 1987-1994) склала всього 11% загальної кількості обстежених (293 людини). Спортсмени, які мали «жорсткі» м'язи (підвищений тонус) відставали від рівня розвитку як активної, так і пасивної гнучкості, але мали вищі показники за скорочуваною здатністю м'язів і параметрів сили. Кількість таких обстежених була великою – 71%.

При використанні вібротренажерів більше 5-6 денних тренувальних занять одночасно із збільшенням рівня гнучкості і сили відбувається підвищення в'язкості м'язів, збільшується ступінь внутрішнього опору, погіршується рекуперація м'язів (здатність використовувати накопичувану при розтягненні механічну енергію). Цей факт необхідно враховувати у видах спорту, що пов'язані із проявом швидкісно-силових якостей: біг на короткі дистанції, стрибки, метання та інші види. Ми рекомендуємо для спортсменів цих спеціалізацій використовувати вібротренажери не більше 4-5 тренувальних занять на місяць.

Рекомендації для реабілітаційних програм. Тренажери використовуються для реабілітаційно-відновлювальних програм та в лікувальній фізичній культурі. Для цього підходять прилади, розроблені для релаксації і зняття м'язової напруги, пасивного розтягання хребта. Їх рекомендується використовувати для лікування і профілактики остеохондрозу, радикуліту, зміцнення м'язів спини і черевного преса, тренування вестибулярного апарату.

Проте перед початком занять на цих тренажерах рекомендується проконсультуватися з лікарем, який допоможе вибрати тип тренування, і, можливо, виявити протипоказання до деяких вправ.

Під час тренування на тренажерах частота пульсу збільшується, і це використовується як параметр для визначення необхідної інтенсивності тренування.

Початковий рівень тренуваності важливий для розробки індивідуальної програми вправ. Початківці можуть досягти добрих результатів з частотою пульсу 110-120 уд./хв. Для гарної фізичної форми необхідний більш високий рівень ЧСС. Через 10 хвилин після початку тренування потрібно вимірювати пульс. Це так званий «пульс навантаження» або «стресовий пульс». Під час перших занять на тренажерах частота пульсу повинна складати близько 65-70% від максимального пульсу, що характерний для конкретної вікової групи. Максимальний віковий пульс можна розрахувати за формулою: 220 мінус ваш вік. Можливо, навантаження буде дещо легким, але на даному етапі краще не збільшувати інтенсивність тренування – краще дотримуватися традиційних методів. При хорошій фізичній підготовці частота пульсу може складати до 80% від максимального вікового пульсу.

Модуль 2

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Практична робота № 1

ОБЧИСЛЕННЯ КООРДИНАТ ЗЦВ ТІЛА ЛЮДИНИ В ФІКСОВАНІЙ ПОЗИ ЗА ФОТОГРАМОЮ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ

Мета:

1. Ознайомитися з розташуванням центрів ваги окремих частин тіла.
2. Навчитися вираховувати координати ЗЦВ тіла складанням моментів сил ваги ланок.

Матеріали та обладнання. Фотограма досліджуваного положення спортсмена, вимірвальні лінійки, міліметровий папір.

Коротке теоретичне пояснення

Визначення положення загального центру ваги (ЗЦВ) тіла людини є необхідним для вирішення ряду задач механіки спортивних рухів. Так, по положенню центра ваги розмірковують про стійкість рівноваги і раціональність рухів. В біомеханіці використовують як розрахункові, так і експериментальні методи визначення координат ЗЦВ тіла людини у фіксованій позі.

Розрахункові методи ґрунтуються на використанні статистичних даних про геометрію мас тіла людини. Ці методи дозволяють з високою точністю визначати індивідуальні біомеханічні параметри тіла людини, але вимагають значного числа вихідних даних. В даній практичній роботі викладено розрахунковий метод визначення положення ЗЦВ тіла людини способом складання моментів сил ваги по теоремі Варіньйона. За цією теоремою момент рівнодіючої сили відносно початку системи відліку дорівнює алгебраїчній сумі моментів складових сил відносно цієї ж системи відліку:

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times Y_{ci}}{P} \quad X_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times X_{ci}}{P}$$

В розрахунках за формулами використовують дані про відносну вагу і розташування їх центрів ваги (див. таблицю 2.1), які визначались експериментальним методом

Таблиця 2.1

Відносна вага і розташування центрів ваги ланок тіла

№ з/п	Назви частин тіла	Відносна вага (%)	Розташування центра ваги частин тіла
1.	Голова	7	Над верхнім краєм зовнішнього слухового отвору.
2.	Тулуб	43	На лінії між серединами осей плечового і кульшового суглобів на відстані 0,44 від плечової осі.
3.	Плече	3	На відстані 0,47 від плечового суглоба.
4.	Передпліччя	2	На відстані 0,42 від ліктьового суглоба.
5.	Кисть	1	П'ястнофаланговий суглоб 3 пальця.
6.	Стегно	12	На відстані 0,44 від кульшового суглоба.
7.	Гомілака	5	На відстані 0,42 від колінного суглоба.
8.	Ступня	2	На лінії між п'яточним бугром і другим пальцем на відстані 0,44 від п'ятки.

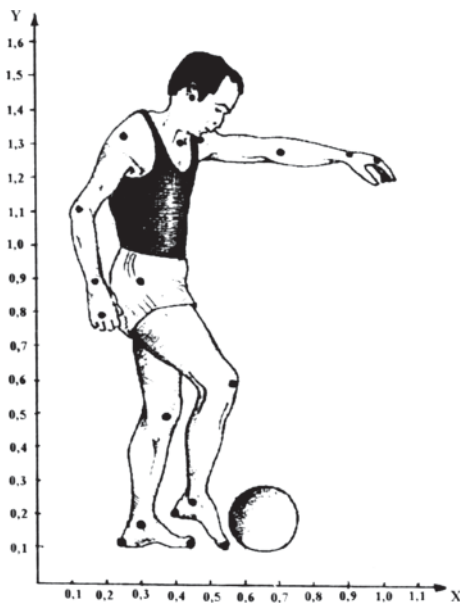
Центр мас твердого тіла є конкретною фіксованою точкою, яка не змінює свого положення відносно тіла. Центр мас системи тіл може змінювати своє положення, якщо змінюються відстані між точками цієї системи. При змінах пози загальний центр мас тіла людини зміщується і в окремих випадках, наприклад при нахилах вперед і назад може знаходитися за межами тіла людини (рис. 2.1)



Рис. 2.1.
Положення ЦМ тіла спортсмена при переході через планку в стрибках з жердиною

Хід роботи

1. Провести первинний аналіз фотографіи.

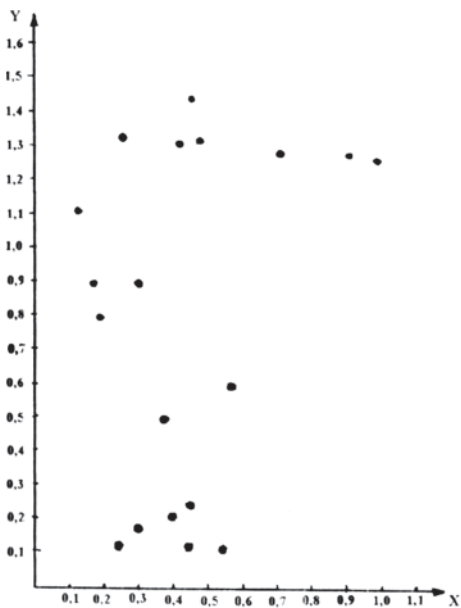


2. Вибрати мірило і помістити позу на фотографії в систему координат.

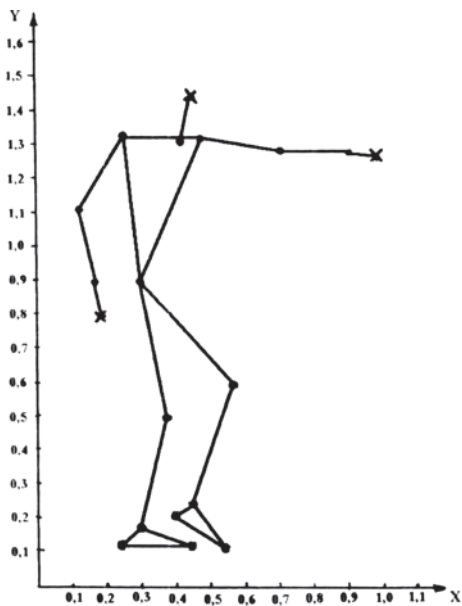
3. Занести координати антропометричних точок в таблицю:

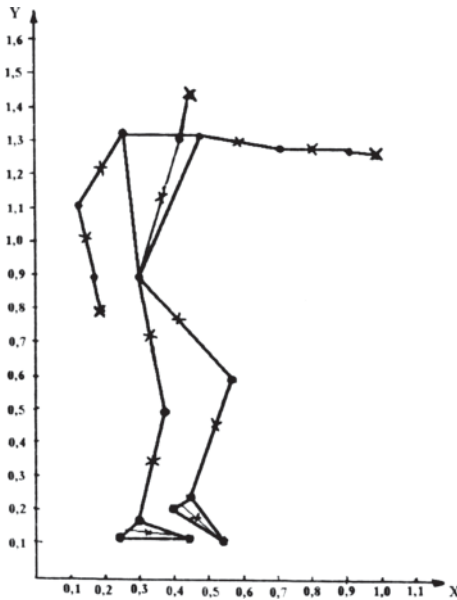
№ з/п	Ланки тіла	Антропометричні точки	Координати X	Координати Y
1.	Голова	Центр ваги		
2.	Права рука	Плечова Променева Шиловидна ЦВ кисті		
3.	Ліва рука	Плечова Променева Шиловидна ЦВ кисті		
4.	Права нога	Вертлюжна Верхня гомілкорова Нижня гомілкорова П'яторова Кінорова		
5.	Ліва нога	Вертлюжна Верхня гомілкорова Нижня гомілкорова П'яторова Кінорова		
6.	Тулуб	Верхньогрудина		

4. Намалювати систему координат, визначити мірило, перенести координати опізнавальних точок в систему координат.



5. З'єднати опізнавальні точки між собою (зробити промір).





6. Нанести ЦВ частин тіла на промір. Для визначення центрів ваги окремих частин тіла людини користуються *таблицею 1*.

Наприклад, довжина відрізка, який з'єднує середини осей плечового і кульшового суглобів дорівнює 44 мм; цю величину множимо на табличний коефіцієнт 0,44 (див. рядок 2 таблиці). В результаті множення отримуємо відрізок в 19 мм, який відкладаємо від плечової осі.

7. Скласти таблицю записів для обчислення координат ЗЦВ тіла за формою:

№ з/п	Назви частин тіла	Вага в %	Координати ЦВ частин тіла		Моменти сил частин тіла	
			X_{ci}	Y_{ci}	$P_i \cdot X_{ci}$	$P_i \cdot Y_{ci}$
1	2	3	4	5	6	7
1.	Голова	7				
2.	Тулуб	43				
3.	Плече праве	3				
4.	Плече ліве	3				
5.	Передпліччя праве	2				
6.	Передпліччя ліве	2				
7.	Кисть права	1				
8.	Кисть ліва	1				
9.	Стегно праве	12				
10.	Стегно ліве	12				
11.	Гомілка права	5				
12.	Гомілка ліва	5				
13.	Ступня прапа	2				
14.	Ступня ліва	2				
15.	ЗЦВ тіла	$P = 100$				

8. Записати координати ЦВ частин тіла у графи 4,5.
9. Підрахувати моменти сил ваги кожної частини тіла відносно обраної системи відліку та записати в графи 6, 7.
10. Скласти моменти сил ваги (окремо по осі X і Y). Розділити отримані суми на відносну вагу тіла (100%) і записати координати ЗЦВ тіла в колонки 6, 7.
11. Нанести положення ЗЦВ тіла відповідно знайденим координатам на промір

Питання для самоконтролю знань

1. Які методи визначення місце знаходження ЗЦВ тіла людини використовують в біомеханіці?
2. Розкажіть про геометрію мас тіла людини.
3. Що ви знаєте про розташування центрів ваги ланок?
4. Чи може ЗЦВ тіла людини знаходитися за межами тіла людини? Наведіть приклади.
5. Куди переміщається ЗЦВ тіла при нахилі вперед із положення основної стійки?

Література

1. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А.М. Лапутіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – С. 182-188.
2. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навч. посібн. для студентів фак. фіз. вих. пед. ін-тів та університетів / А.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 41-52.
3. Заціорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Заціорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – С. 19-44.
4. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатай, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
5. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатай. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

ВИМІРЮВАННЯ СТІЙКОСТІ РІВНОВАГИ ТІЛА ЛЮДИНИ ЗА ФОТОГРАМОЮ

Мета:

1. Ознайомитися з критеріями стійкості рівноваги тіла людини.
2. Навчитися самостійно оцінювати біомеханічні умови рівноваги тіла людини під час виконання фізичних вправ.

Матеріали та обладнання. Фотограма досліджувано-го положення у двох площинах (сагітальній та фронтальній), вимірвальні лінійки, транспортир, міліметровий папір.

Коротке теоретичне пояснення

При виконанні фізичних вправ людині часто приходиться зберігати нерухоме положення тіла: вихідне (стартові та ін.), кінцеве (фіксація штанги після її підняття та ін.), проміжне (упор кутом на кільцях та ін.). У всіх цих випадках тіло людини як біомеханічна система знаходиться в рівновазі. В рівновазі можуть знаходитися і зовнішні тіла, пов'язані з людиною, яка зберігає положення (наприклад, штанга, партнер в акробатиці).

Для тіла людини характерними є два види рівноваги: 1) стійка – повернення тіла в попереднє положення при будь-якому відхиленні; 2) обмежено-стійка – повернення тіла в попереднє положення при відхиленні в певних межах.

Щоб визначити вид рівноваги тіла, треба розглянути дію сили ваги при будь-якому малому відхиленні. Якщо при такому відхиленні тіла його центр маси (ЦМ) піднімається вгору, то потенціальна енергія тіла (в полі тяжіння землі) збільшується і сила ваги створює момент сили, направлений на відновлення рівноваги, – це стійка рівновага. Вона характерна для верхньої опори, коли тіло підвішене до неї.

При нижній опорі тіло може відхилятися до тих пір, поки лінія ваги (або проекція ЦМ на горизонтальну площину) не дійде до межі площі опори. До цієї межі сила ваги створює момент стійкості, який може відновити положення рівноваги. До цієї межі по мірі відхилення тіла його ЦМ піднімається вгору, що потребує витрат роботи, яка збільшує енергію тіла. Якщо ж продовжити перекидати тіло, перейшовши цю межу, потенціальна енергія почне зменшуватися (подолання «потенціального бар'єра»), момент сили ваги стане вже перекидаючим моментом. В межах «потенціального бар'єра» рівновага обмежено-стійка.

Вид рівноваги визначає лише основи збереження положення. Положення тіла людини визначають: 1) позою (взаємним розташуванням ланок тіла), 2) місцеположенням, 3) орієнтацією відносно системи відліку, 4) відношенням до опори. Основу збереження положення тіла складає врівноваження сил.

Таким чином, вид рівноваги визначає основи збереження положення. Для опису міри можливостей збереження положення використовують показники стійкості. Стійкість визначають для обмежено-стійкого виду рівноваги (положення тіла у фізичних вправах з нижньою опорою).

Оцінку ступеню стійкості починають з вимірювання площі опори, висоти розташування ЦМ над опорою, виявлення місця проходження лінії ваги через площу опори.

Площею опори називають площу, яка міститься між крайніми точками опори тіла. Наприклад, при стоянні на одній нозі площею опори є площа, рівна поверхні однієї ступні. При стоянні на двох розставлених ногах площею опори є вся площа від зовнішньої межі однієї ступні до зовнішньої межі другої ступні. В положенні упор лежачи площа опори міститься між носками ступенів і пальцями долонні. Чим більша площа опори тіла, тим більша ступінь його стійкості.

Висота положення центра ваги. Чим вище розташований загальний центр ваги тіла над опорою, тим менша ступінь стійкості. Наприклад, якщо із положення основної стійки присісти, то висота положення ЗЦВ тіла знизиться, висота його над опорою зменшиться; якщо з положення основної стійки піднести руки вгору, висота положення ЗЦВ тіла збільшиться – ЗЦВ тіла підніметься. Відповідно і ступінь стійкості зміниться: при присіданні – збільшиться; при підніманні рук – зменшиться.

Лінія ваги. Вплив переміщення лінії ваги на стійкість тіла виявляється головним чином в положеннях, при яких лінія ваги не проходить через центр площі опори. Наприклад, при нахилі тулуба в правий бік із положення основної стійки лінія ваги проходить ближче до правої межі опори. Ступінь стійкості в цьому випадку вправо менша, ніж вліво. В положенні «увага» у бігунів при низькому старті ступінь стійкості вперед менша, ніж назад.

Ступінь стійкості тіла людини в різних положеннях характеризується його статичним показником – коефіцієнтом стійкості (здатністю чинити опір порушенню стійкості в певному напрямку), а також динамічним кутом стійкості (здатністю відновлювати положення).

Статичний показник стійкості визначають відношенням двох моментів сили: моменту стійкості до моменту перекидаючого. Це співвідношення називають коефіцієнтом стійкості. Момент стійкості дорівнює добутку сили ваги тіла на її плече відносно лінії перекидування на самому початку відхилення від положення спокою, по мірі збільшення відхилення плече сили ваги скорочується і момент стійкості стає меншим. Перекидаючий момент дорівнює здобутку перекидаючої сили на її плече відносно тієї ж лінії перекидування. Коли коефіцієнт стійкості більше одиниці, тіло не перекидається. Коефіцієнт стійкості характеризує здатність тіла своєю силою ваги чинити опір перекидуванню в даних умовах.

Динамічний показник стійкості відзначають кутом стійкості. Кут стійкості утворюється лінією дії сили ваги і прямою, яка з'єднує центр ваги з відповідною межею площі опори.

В практиці фізичного виховання питання про стійкість тіла виникає постійно, тому що:

- при більшій стійкості тіла можна виконувати рухи по великим амплітудам, при меншій стійкості – амплітуди рухів у більшості випадків менші;

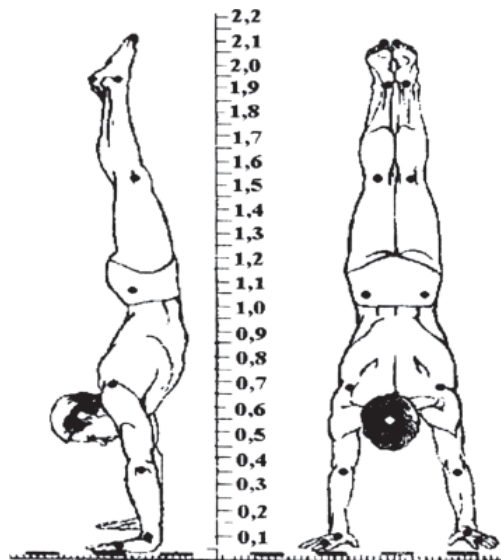


Рис. 2.2. Фотограма стійки на руках для визначення загального центру ваги тіла: а – в сагітальній площині; б – у фронтальній площині

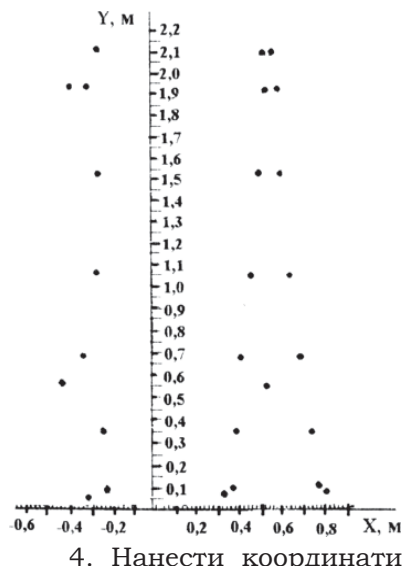
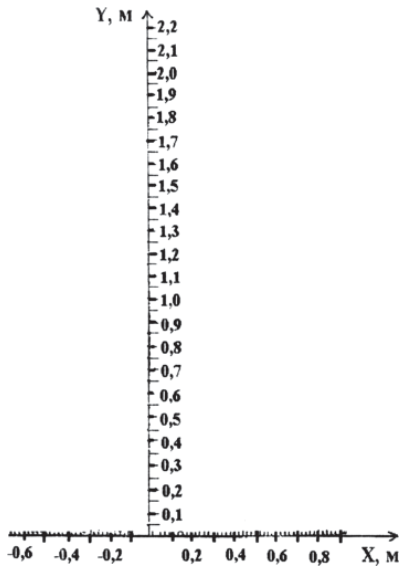
- при більшій стійкості починати рухи всього тіла важче, чим при малій стійкості;
- більша стійкість в робочій позі забезпечує при інших рівних умовах можливість виконувати роботу більш тривалий час і продуктивно.

Хід роботи

1. Провести первинний аналіз фотографії стійки на руках.

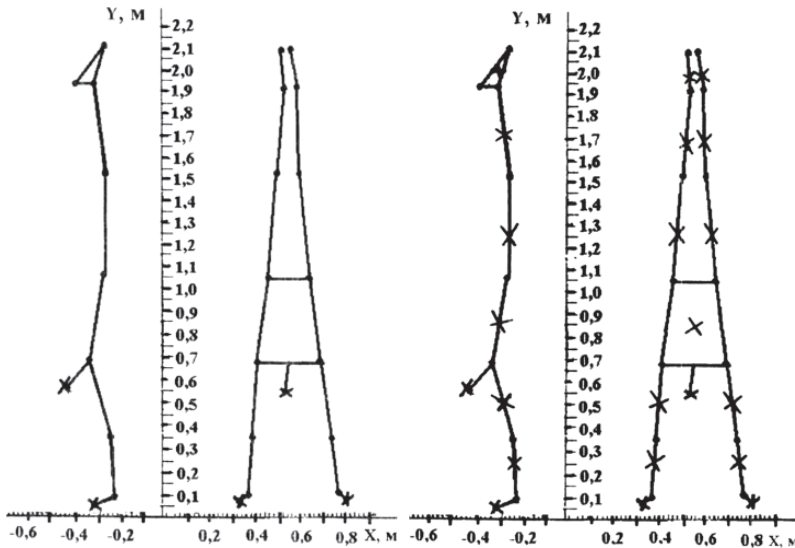
2. Занести координати антропометричних точок стійки на руках в таблицю (окремо для сагітальної і фронтальної площин):

№ з/п	Ланки тіла	Антропометричні точки	Координати X	Координати Y
1.	Голова	Центр ваги		
2.	Права рука	Плечова Променева Шиловидна ЦВ кисті		
3.	Ліва рука	Плечова Променева Шиловидна ЦВ кисті		
4.	Права нога	Вертлюжна Верхня гомілкорова Нижня гомілкорова П'яточна Кінечна		
5.	Ліва нога	Вертлюжна Верхня гомілкорова Нижня гомілкорова П'яточна Кінечна		
6.	Тулуб	Верхньогрудинна		



3. Намалювати систему координат, визначити мірило.

4. Нанести координати антропометричних точок в систему координат.



5. З'єднати опізнавальні точки між собою (зробити промір). 6. Нанести ЦВ частини тіла на помір.

7. Скласти таблицю записів для обчислення координат ЗЦВ тіла в стійці на руках (сагітальна площина) за формою:

№ з/п	Назви частин тіла	Вага в %	Координати ЦВ частин тіла		Моменти сил частин тіла	
			X_{ci}	Y_{ci}	$P_i \cdot X_{ci}$	$P_i \cdot Y_{ci}$
1	2	3	4	5	6	7
1.	Голова	7				
2.	Тулуб	43				
3.	Плече праве	3				
4.	Плече ліве	3				
5.	Передпліччя праве	2				
6.	Передпліччя ліве	2				
7.	Кисть права	1				
8.	Кисть ліва	1				
9.	Стегно праве	12				
10.	Стегно ліве	12				
11.	Гомілка права	5				
12.	Гомілка ліва	5				
13.	Ступня права	2				
14.	Ступня ліва	2				
15.	ЗЦВ тіла	$P = 100$				

8. Скласти таблицю записів для обчислення координат ЗЦВ тіла в стійці на руках (фронтальна площина) за формою:

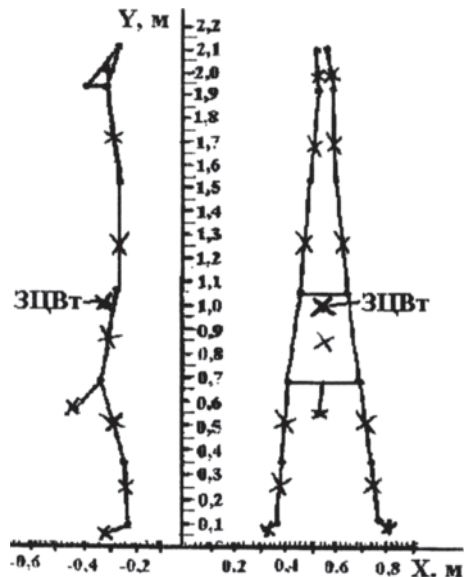
№ з/п	Назви частин тіла	Вага в %	Координати ЦВ частин тіла		Моменти сил частин тіла	
			X_{ci}	Y_{ci}	$P_i \cdot X_{ci}$	$P_i \cdot Y_{ci}$
1	2	3	4	5	6	7
1.	Голова	7				
2.	Тулуб	43				
3.	Плече праве	3				
4.	Плече ліве	3				
5.	Передпліччя праве	2				
6.	Передпліччя ліве	2				
7.	Кисть права	1				
8.	Кисть ліва	1				
9.	Стегно праве	12				
10.	Стегно ліве	12				
11.	Гомілка права	5				
12.	Гомілка ліва	5				
13.	Ступня права	2				
14.	Ступня ліва	2				
15.	ЗЦВ тіла	$P = 100$				

9. Записати координати ЦВ частин тіла у графі 4, 5.

10. Підрахувати моменти сил ваги кожної частини тіла відносно вибраної системи відліку та записати в графі 6, 7.

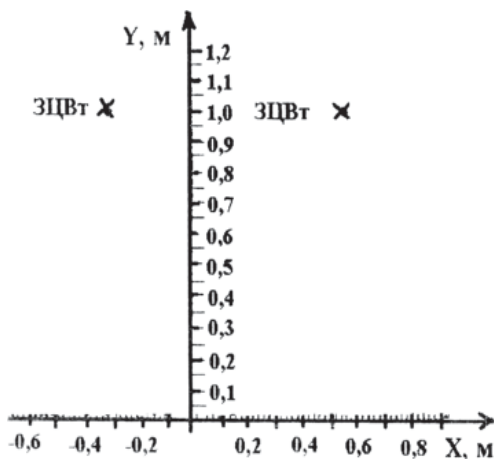
11. Скласти моменти сил ваги (окремо по осі X і Y). Розділити отримані суми на відносну вагу тіла (100%) і записати координати ЗЦВ тіла в колонки 4, 5.

12. Нанести положення ЗЦВ тіла відповідно знайденим координатам на промір.



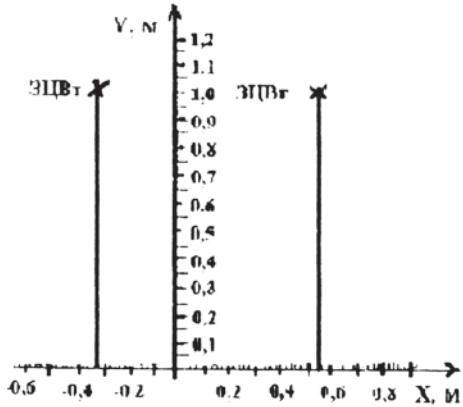
13. Скласти таблицю критеріїв стійкості рівноваги тіла у стійці на руках за формою:

№ з/п	Критерії стійкості рівноваги тіла	Кількісні характеристики
1	2	3
1	Сагітальний розмір площі опори (м)	
2	Фронтальний розмір площі опори (м)	
3	Величина площі опори (м)	
4	Висота розташування ЗЦВ тіла над площею опори (м)	
5	Передньо-задній кут стійкості (град)	
6	Задньопередній кут стійкості (град)	
7	Правий кут стійкості (град)	
8	Лівий кут стійкості (град)	
9	Вага тіла (Н)	
10	Плече прикладання сили ваги в передньо-задньому напрямку (м)	
11	Момент стійкості передній ($M_{пер}$, Н · м)	
12	Плече прикладання сили ваги в задньо- передньому напрямку (м)	
13	Момент стійкості задній ($M_{зад}$, Н · м)	
14	Плече прикладання сили ваги в напрямку справа – наліво (м)	
15	Момент стійкості правий ($M_{пр}$, Н · м)	
16	Плече прикладання сили ваги в напрямку зліва – направо (м)	
17	Момент стійкості лівий ($M_{лів}$, Н · м)	
18	Коефіцієнт стійкості ($K_{ет}$)	

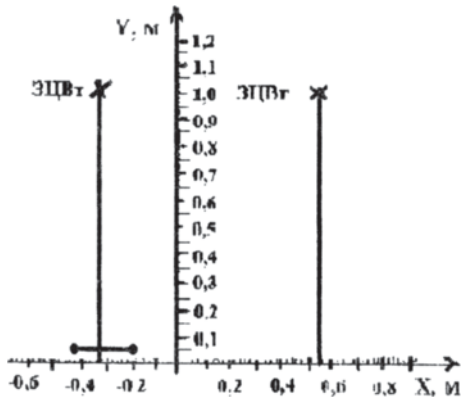


14. Намалювати систему координат в яку занести координати загального центру ваги тіла в сагітальній і фронтальній площинах.

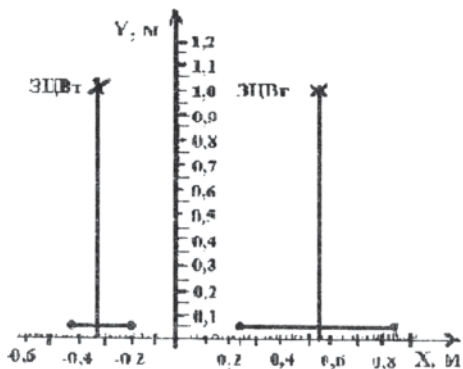
15. Провести лінію ваги тіла (опустити перпендикуляр з ЗЦВ тіла на ось X).



16. На сагітальній фотографії визначити лінійні розміри площі опори і записати в 1 рядок. Для цього з фотографії беремо координати передньої (край долоні, його координати: $-0,2$; $0,05$) і задньої (пальцева точка, її координати: $-0,42$; $0,05$) меж площі опори; з'єднуємо їх і вимірюємо довжину лінії.

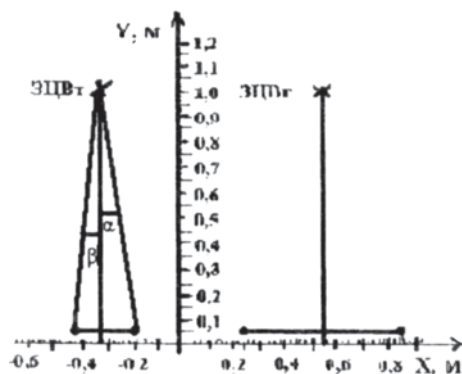


17. На фронтальній фотографії визначити лінійні розміри площі опори і записати в 2 рядок. Для цього з фотографії беремо координати нігтьової фаланги п'ятого пальця правої кисті (координати: $0,24$; $0,05$) і нігтьової фаланги п'ятого пальця лівої кисті (координати: $0,86$; $0,05$); з'єднуємо їх і вимірюємо довжину лінії.

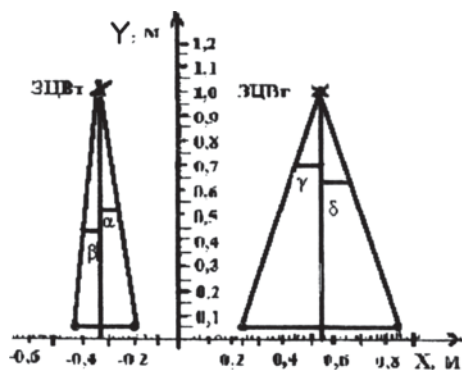


18. Виразуємо величину площі опори як добуток сагітального розміру площі опори на її фронтальний розмір. Отриманий результат записати в 3 рядок.

19. Виміряти довжину лінії ваги тіла (відрізок від ЗЦВ тіла до точки перетинання площі опори лінією ваги). Отриманий результат записати в 4 рядок.



20. По сагітальній фотографії визначити передньо-задній (α) кут стійкості. Спочатку з ЗЦВ тіла до кінцевої передньої точки межі площі опори проводиться лінія, потім транспортиром вимірюються кут між нею і лінією ваги. Так само вимірюють задньо-передній (β) кут. Результати записують в 5 і 6 рядки.



21. По фронтальній фотографії вимірюють правий (γ) і лівий (δ) кути стійкості рівноваги тіла. Результати занести в 7 і 8 рядки.

22. В 9 рядок записати вагу тіла.

23. По сагітальній фотографії визначають передній і задній моменти стійкості тіла (добуток ваги тіла на плече прикладання ваги). Плече прикладання сили ваги дорівнює відстані від точки перетинання площі опори лінією ваги до передньої (задньої) межі площі опори. Результати записати відповідно в рядки 10, 11, 12, 13.

24. По фронтальній фотографії обчислюють правий і лівий моменти стійкості рівноваги тіла. Результати записують в 14, 15, 16, 17 рядки.

25. Дано: до загального центру ваги тіла під прямим кутом до лінії ваги прикладена перекидуюча сила завбіль-

шки в 500 Н в напрямку справа наліво. Вага тіла дорівнює 1000 Н. Знайти коефіцієнт стійкості

$$K_{cm} = \frac{M_{cm}}{M_{np}}$$

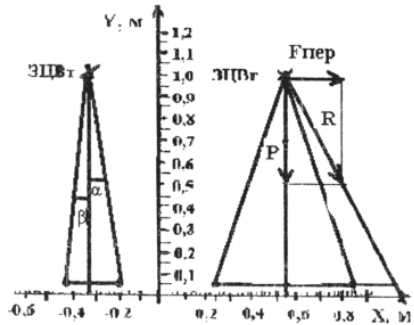
Розв'язування: момент стійкості в напрямку справа наліво дорівнює вазі тіла помноженій на плече прикладання ваги (1000 Н x 0,31 м = 310 Н · м). Момент перекидаючий в напрямку справа наліво дорівнює величині перекидаючої сили помноженої на плечі її дії (в наведеному прикладі плече прикладання сили дорівнює довжині лінії ваги тіла).

$$M_{np} = 500\text{Н} \times 0,95\text{м} = 475\text{Н} \times \text{м};$$

$$K_{cm} = \frac{M_{cm}}{M_{np}} = \frac{310}{475} = 0,65.$$

Тіло загубить рівновагу. Графічне розв'язування даної задачі.

26. Дати оцінку рівноваги тіла, зображеного на фотографії



Приклади статичної і динамічної стійкості тіла спортсменів в процесі виконання фізичних вправ



Рис. 2.3. Вихідне положення в стрибкові у воду



Рис. 2.4. Стійкість системи тіл в акробатичній колбнації

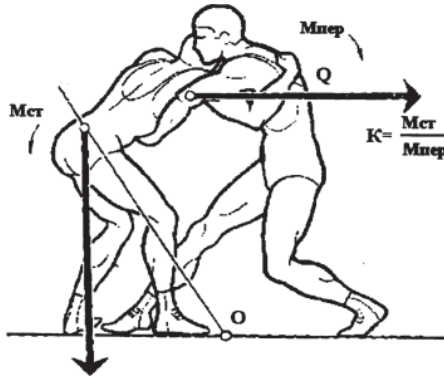


Рис. 2.5. Статична і динамічна стійкість системи тіл

Питання для самоконтролю знань

1. Які види рівноваги ви знаєте?
2. За допомогою яких показників описують стійкість рівноваги?
3. Яке значення для практики фізичного виховання має визначення стійкості тіла?
4. Чому людина губить рівновагу при нахилі вперед, коли обмеженні руки тазом назад? (Нахил вперед із в.п. основна стійка, спиною впритул до стіни).
5. Коли людина встає з стільця, то нахилляє тулуб вперед та підсовує ноги під сидіння. Чим викликані такі дії?

Література

1. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А.М. Лапутіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – С. 188-202.
2. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник для ин-тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 154-163.
3. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навчальний посібник для студентів фак. фіз. вих. иед. ін-тів та університетів / А.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 52-70.
4. Зацорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зацорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуязнов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – С. 19-44.
5. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. Лабораторные работы / А.Н. Лапутин. – К. : Вища школа, 1976. – С. 49-53.
6. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студ. спец. «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатиї, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
7. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатиї. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

СИЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХІВ ЛЮДИНИ

Мета: ознайомитися з класифікацією силових характеристик і методами визначення сили м'язів, ваги тіла, кутів у суглобах.

Матеріали та обладнання: динамометрія, терези, кутомір, циркуль, набір ваг.

Коротке теоретичне пояснення

Сила – це міра механічного впливу одного тіла на інше ($F = ma$). Вимірювання сили, як і маси, основані на другому законі Ньютона: «Сила, яка прикладена до тіла, викликає його прискорення». Джерелом сили слугує інше тіло, отож, взаємодіють два тіла. При цьому має місце «дія» другого тіла на перше й «протидія» першого, прикладеного до другого тіла.

Сила і робота м'язів. При збудженні м'язові волокна скорочуються і в них розвивається напруження. Величина максимального напруження під час збудження характеризує силу м'яза. Сила м'яза залежить від ряду факторів:

- 1) сили скорочення окремих його волокон;
- 2) кількості волокон у м'язі;
- 3) початкової довжини м'яза;
- 4) характеру нервових впливів на м'яз.

Результативна силова дія м'язів на скелет зумовлюється процесами виникнення і регулювання тягнучих сил у самому м'язі, а також особливостями розташування м'язів на опорному апараті геометричним прикріпленням інших сухожилів до кісток. Абсолютна сила вимірюється в ньютонках на 1 см. фізіологічного поперечника м'яза. Фізіологічний поперечник – це площа поперечного розрізу всіх волокон м'яза, проведеного перпендикулярно їхнього розташуванню.

Таблиця 2.3

Сили внутрішні відносно тіла людини

Назва сили	Різновиди внутрішньої сили	Фактори, які впливають на силу
Сили активної дії: Тягова сила м'язів (зусилля м'язів).	Переборювальні рухи (подолання сили тяжіння – підняття тягаря, виконується позитивна робота). Поступальні рухи (надходження сили тяжіння – опускання тягаря, виконується від'ємна робота).	Залежить від сукупності механічних, анатомічних і фізіологічних умов.

Продовження таблиці 2.3

Сили пасивної протидії.	Статистичні сили діють у спокої, постійні, рухів не викликають: а) реактивні сили, пов'язані з реакцією, є зв'язками, обмежують рухи, динамічні сили виникають під час руху або всього тіла.	Реакція опори, напруження в суглобах, кістках.
-------------------------	--	--

Таблиця 2.4

Сили зовнішні відносно тіла людини

Назва сили	Характеристика сили	Формула
Сила тяжіння тіла.	Міра притягування тіла до землі з урахуванням її обергання.	$C = mg$
Сила інерції зовнішнього тіла.	Міра тиску на тіло людини з боку зовнішнього тіла, яке прискорюється людиною.	$F_{in} = -ma$
Сили дії середовища (води, повітря) Виштовхувальна сила. Лобовий опір. Підйомна сила.	Міра дії води на занурюване в неї тіло. Сила, з якою вода (повітря) перешкоджає руху тіла відносно неї. Сила, яка діє з боку середовища на тіло, розташоване під кутом до напрямку руху.	Вимірюється вагою виштовхувального об'єму рідини і спрямована, вгору $R_x = SCx\rho v^2$ $R_y = SCy\rho v^2$
Реакція опори.	Міра протидії опори протидії на неї тіла, яке перебуває з нею у контакті (в спокої або русі).	Дорівнює силі дії тіла на опору, спрямована в протилежний бік і прикладена до цього тіла.
Сила тертя.	Міра протидії руху тіла, котра спрямована по дотичній до поверхні тіла, які притискаються.	$T = NKmp$, де Kmp – коефіцієнт тертя, N – сила нормального тиску.
Сили пружної деформації.	Міра дії деформованого тіла на інші тіла, які викликають цю деформацію.	$F = XRnp$.

Таблиця 2.5

Міра дії сили й міра зміни руху

Умови дії сили	Міра дії сили		Міра зміни руху	
	Поступальний рух	Обертальний рух	Поступальний рух	Обертальний рух
Дія сили в часі.	Імпульс сили $S = Ft$.	Імпульс моменту сили $S_z = Mz(F)t$.	Кількість руху $K = mv$.	Кінетичний момент $R = IR^2$
Дія сили в просторі.	Робота сили $A = FS$.	Робота моменту сили $A_z = Mz(F)$.	Кінетична енергія $E_k = Mv^2/2$.	Кінетична енергія $E_k = I\omega^2/2$.

Хід роботи

1. За допомогою кистьового динамометра визначити максимальну силу тиску правої і лівої кисті. Після максимального тиску досліджуваному потрібно виконати напруження 50% від максимального. Встановити величину помилки у відсотках ($\pm 10\%$). Становим динамометром виміряти силу розгиначів тулуба.
2. Встановити залежність між показниками сили і масою тіла обстежуваного. Визначити статичну й динамічну вагу: в стані спокою, під час присідання і вставання. Зробити висновок.
3. Розрахувати статичну роботу при утриманні вантажу вагою 5, 10 кг, а також при роботі м'язів рук (динамічна робота).
4. Визначити кут згинання і розгинання у колінному суглобі.

Показники занести в таблицю і проаналізувати.

Пріз-вище	Маса тіла в кг	Динамометрія % помилки			Кут згинання і розгинання	Статична вага	Динамічна вага
		права	ліва	станова			

Питання для самоконтролю знань

1. Дати визначення сили, взаємодії, дії і протидії.
2. Розкрити зміст другого закону Ньютона.
3. Як визначається дія сили в часі й просторі поступально-го та обертового рухів.
4. Охарактеризувати внутрішні сили.
5. Дати характеристику зовнішнім силам (визначення, формули).

Література

1. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А.М. Лапутіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – С. 182-188.
2. Донской Д.Д. Биомеханика : учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов / Д.Д. Донской. – М. : Просвещение, 1975. – С. 227-230.
3. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навчальний посібник для студентів фак. фіз. вих. пед. ін-тів та університетів / А.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 41-52.
4. Зацюрский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зацюрский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – С. 19-44.
5. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» /

- М.О. Носко, О.В. Бріжатий, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
6. Язловецький В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатий. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2002. – 192 с.

Практична робота № 4

ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХІВ ЛЮДИНИ

Мета: навчитися визначати загальні енергетичні витрати на виконання фізичних вправ, ознайомитися з методикою розрахунків різних енергетичних показників.

Матеріали та обладнання: таблиці для визначення енергетичної вартості фізичних вправ, таблиця Гарріса-Бенедікта (для визначення основного обміну).

Коротке теоретичне пояснення

Відомо, що добові енерговитрати (ДЕВ) спортсмена містять у собі у себе основний (ОО) та додатковий обміни (ДО). $ДЕВ = ОО + ДО$.

Додатковий обмін у свою чергу містить енерговитрати на травлення й енерговитрати на різні види діяльності: фізичну і розумову. ОО – це мінімальні енерговитрати організму в стані спокою (витрати енергії для забезпечення роботи внутрішніх органів і підтримки м'язового тону організму в умовах повного фізичного й психічного спокою через 12-16 годин після останнього вживання їжі). Він розраховується за формулою: $ОО = A + B$. Значення А і В знаходимо за таблицею Гарріса-Бенедікта. Для визначення А необхідно знати вагу тіла, а для В – його вік і зріст.

Енерговитрати на травлення їжі залежить від її походження і складають 10% від ОО для їжі рослинного походження і 15% – білково-жирового походження; при змішаному харчуванні – 12% від основного обміну.

Енерговитрати на діяльність включають у себе поняття:

1. Енергетична потужність (ЕП) – це кількість енергії, яка витрачається в середньому за певний час (1 хвилина) при виконанні даної вправи. Як фізична величина ЕП вимірюється в Вт, ккал/хв., кдж/хв., як фізіологічна в МЕТах (метаболічний еквівалент – це кількість O_2 , що використовується за 1 хв. на 1 кг ваги в умовах повного спокою лежачи). $1 \text{ MET} = 3,5 \text{ мл } O_2 \text{ кг/хв.}$

2. Загальна енергетична вартість (ЗЕВ) – це добуток середньої енергетичної потужності на час.
3. Загальні енергетичні витрати (валові енерговитрати) – це кількість енергії, що витрачається за час виконання всієї вправи в цілому.

Для оцінки фізичних вправ за енергетичними показниками необхідно враховувати: а) характер виконуваної роботи (аеробний, анаеробний); б) об'єм активної м'язової маси, що залучена до роботи (локальні, регіональні, глобальні групи м'язів); в) вага тіла, вік, стать, ступінь тренуваності; г) вплив факторів зовнішнього середовища.

Фізичні вправи містять різні за формою рухи: поступальні та обертальні, тому необхідна їх енергетична характеристика.

Механічна робота використовується на збільшення потенціальної енергії, яка визначається за формулою: $E_{\text{пот}} = mgh$, де h – відстань ЗЦТ над землею.

При поступальному русі потенціальна енергія перетворюється на кінетичну й визначається за формулою: $E_{\text{кін}} = mV^2/2$.

При обертальному: $E_{\text{кін}} = I\omega^2/2$.

Повну механічну енергію рухового тіла знаходимо за формулою:

$$E_{\text{нов}} = mgh + mV^2/2 + I\omega^2/2.$$

Для енергетичних характеристик фізичних вправ використовуються такі показники, як:

1. Коефіцієнт економічності чи коефіцієнт метаболічної енергії $KME = A / E \cdot 100\%$, де A – робота сили, E – метаболічна енергія, що виробляється в організмі людини.
2. Енергетична вартість 1 метра шляху корисної роботи: $EB = E(vt)V(m/c)$.
3. Пульсова вартість метра шляху: $Pв = ЧСС / 60$ м/с.

Хід роботи

1. Визначити основний обмін за допомогою таблиці Гарріса-Бенедікта.
2. Розрахувати енергетичну вартість бігу, ходьби, плавання.
3. Розрахувати валові енерговитрати під час тренування.
4. Розрахувати роботу сили й енергетичну потужність спортсмена, що лізе по канату на відстань 5 м за 10 сек.

Таблиця 2.6

Витрати енергії при заняттях фізичною культурою та спортом

1. Активні вправи	0,0690
2. Ранкова зарядка	0,0648
3. Розминка (біг)	0,1357

Продовження таблиці 2.6

4. Ходьба: повільна 3 км/год. – 50-70 хв.	0,0469
помірна 5,5 км/год. – 92-120 хв.	0,0818
швидка 8,5 км/год. – 140-180 хв.	0,1549
5. Біг зі швидкістю 6 км/год – 100 м/хв.	0,1160
10 км/год. – 166 м/хв.	0,1500
13 км/год. – 216 м/хв.	0,2600
Швидкісний 60 м/хв.	0,6500
200 м/хв.	0,1675
6. Бокс	0,0727
7-Борьба	0,1867
8. Велоспорт 3,5 км/год.	0,0430
9,0 км/год.	0,0590
15,0 км/год.	0,1080
30,0 км/год.	0,2050
9. Гімнастика: вис на кільцях	0,0920
кінь	0,1030
вільні вправи	0,0845
на знаряддях	0,1280
перекладина	0,1333
10. Плавання: із швидкістю 0,6 км/год. – 10 м/хв.	0,0500
1,2 км/год. – 20 м/хв.	0,0600
3,0 км/год. – 50 м/хв.	0,1650
4,2 км/год. – 70 м/хв.	0,4350
11. Спортивні ігри : баскетбол	0,1905
волейбол	0,0595
настільний теніс	0,0667
футбол	0,1190
гандбол	0,1985

Література

1. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А.М. Лапутіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – С. 182-188.
2. Донской Д.Д. Биомеханика : учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов / Д.Д. Донской. – М. : Просвещение, 1975. – С. 227-230.
3. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навчальний посібник для студентів фак. фіз. вих. пед. ін-тів та університетів / А.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 41-52.
4. Зацюрский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зацюрский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – С. 19-44.
5. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту: навч. посіб. для студ. спец. «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатиї, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
6. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатиї. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2002. – 192 с.

**РУХОВИЙ АПАРАТ ЯК БІОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА.
ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИНИ БІОЛАНОК
ТА ОБЧИСЛЕННЯ ЇХНЬОЇ ВАГИ Й БІОМАСИ**

Мета: ознайомитися з методикою вимірювання довжини біоланок та визначення їхньої ваги й маси.

Матеріали і обладнання: сантиметрова стрічка, циркуль, таблиці, скелет.

Хід роботи

Руховий апарат людини – це саморуховий механізм, який складається з м'язів (600), кісток (200) і мотонейронів, розміщених у спинному мозку. Руховий апарат людини складається із біоланок, пар та ланцюгів.

1. Провести вимірювання довжини біоланок людини

Методика вимірювання біоланок тіла людини

1. Довжина плеча вимірюється від акроміального виростка до зовнішнього надвиростка плечової кістки.
2. Довжина передпліччя вимірюється від зовнішнього надвиростка плечової кістки до шилоподібного виростка променевої кістки.
3. Довжина, кисті вимірюється від середини променево-зап'ясткового суглоба до кінця середнього пальця.
4. Довжина тулуба вимірюється від акроміального відростка до великого вертлюга кульшового суглоба.
5. Довжина стегна вимірюється від великого вертлюга кульшового суглоба до зовнішнього надвиростка колінного суглоба.
6. Довжина гомілки вимірюється від зовнішнього надвиростка колінного суглоба до латеральної кісточки.
7. Довжина стопи вимірюється від середини п'яткового горба до кінця другого пальця по підшовній поверхні.

Одержані дані занести в таблицю.

Таблиця 2.7

Коефіцієнт рівняння для визначення маси сегментів тіла за масою (m) і довжиною (H) тіла

Сегменти	Коефіцієнт рівняння		
	B_0	B_1	B_2
Стопа	-0,83	0,008	0,007
Гомілка	-1,59	0,036	0,12
Стегно	-2,65	0,146	0,14
Кисть	-0,12	0,004	0,002

Продовження таблиці 2.7

Передпліччя	0,32	0,014	- 0,001
Плече	0,25	0,030	- 0,003
Голова	1,30	0,017	- 0,014
Верхня частина тулуба	8,21	0,186	-0,058
Середня частина тулуба	7,18	0,223	- 0,066
Нижня частина тулуба	-7,50	0,098	0,049

2. Обчислити абсолютну вагу кожної ланки тіла через її відносну вагу

Голова – 7%, тулуб – 43%, плече – 3%, передпліччя – 2%, кисть – 1%, стегно – 12%, гомілка – 5%, стопа – 2%.

Щоб обчислити абсолютну вагу голови, слід скласти пропорцію, де абсолютну вагу тіла беремо за 100%, а вагу голови позначаємо – X.

Наприклад: вага тіла 70 кг – 100%, вага голови x кг – 7%

$$x = \frac{70 \times 7}{100} = 4,9 \text{ кг}$$

3. Обчислити масу ланок

а) з допомогою формули:

$$m = \frac{P_T \times P\%}{g}$$

де m – маса ланки, P_T – вага тіла в кг, g – прискорення тіла, що вільно падає ($9,8 \text{ м/с}^2$)

б) обчислити масу сегментів тіла людини за допомогою рівняння В.М. Селуянова:

$$m_x = B_0 + B_1 m + B_2 H,$$

де m_x – маса сегмента, m – маса тіла, H – довжина тіла, B_0 , B_1 , B_2 – коефіцієнти регресивного рівняння.

№ з/п	Ланки тіла	Довжина ланок у см.	Абсолютна вага ланок у кг	Маса ланок	
				За формулою	За рівнянням Селуянова

Питання для самоконтролю знань

1. Що вивчає біомеханіка?
2. Предмет біомеханіки, об'єкти її галузь вивчення біомеханіки.
3. Назвіть основні розділи біомеханіки: архітектоніка сучасної біомеханіки.

4. *Форми рухів: поступальні, обертальні.*
5. *Що вивчає загальна, диференційна й часткова біомеханіка?*
6. *Рівні вивчення біомеханіки: рух, рухова дія, рухова діяльність.*
7. *Чому біомеханіка виконує роль зв'язувального ланцюга між ТІМФК та практикою фізичного виховання, спорту й масової фізичної культури?*
8. *Напрямки розвитку біомеханіки на сучасному етапі (інженерна, медична, ергономічна, спортивна).*

Література

1. Біомеханіка спорту/ за заг. ред. А.М. Лапутіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – С. 182-188.
2. Донской Д.Д. Биомеханика: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов / Д.Д. Донской. – М. : Просвещение, 1975. – С. 227-230.
3. Євсєєв Л.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навчальний посібник для студентів фак. фіз. вих. пед. ін-тів та університетів / Л.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 41-52.
4. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зациорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – С. 19-44.
5. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжаний, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
6. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжаний. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗЦТ ТІЛА ЛЮДИНИ ГРАФІЧНИМ СПОСОБОМ

Мета: навчитися визначати положення ЦТ (центр тяжіння) ланки і ЗЦТ тіла складанням сил тяжіння.

Матеріали і обладнання: міліметровий папір, кольорові олівці, лінійка.

Коротке теоретичне пояснення

Геометрія маси тіла людини. Розвиток життя на Землі, еволюція органічного світу проходила під впливом сил гравітаційного поля.

Вплив цих сил став вирішальним при організації усіх структур організму, форм тіла і функцій фізіологічних систем. Опорно-руховий апарат створився у процесі еволюції як система, що протидіє силам тяжіння, для пересування людини, для забезпечення рухової діяльності. Для того, щоб людина, долаючи земне тяжіння, змогла виконувати всі рухи (побут, виробництво, спорт), опорно-руховий апарат повинний досягати 40-46% від маси свого тіла. Трубочаста будова кісток верхніх та нижніх кінцівок забезпечує протидію значним навантаженням і разом з цим у 2-2,5 рази знижує їхню масу й значно зменшує момент інерції. Індивідуальні особливості людини (тип будови тіла) і передусім чергу маса й довжина тіла впливають на геометрію маси.

Геометрією маси називається розподіл маси між ланками і всередині ланок. Геометрія маси кількісно описується масоінерційними характеристиками (кількісні показники, які використовуються для опису та аналізу рухової діяльності):

1. Маса (m) – кількість речовин (у кг), яка міститься в тілі або окремих його ланках. Маса – кількісна міра інертності тіла стосовно сили, що діє на неї. Чим більше маса, тим інертніше тіло, тим важче його вивести із стану спокою або змінити його рух. Масою визначаються гравітаційні властивості тіла. Маса характеризує інертність тіла при поступальному русі.

При обертальних рухах інертність залежить не тільки від маси, але й від того, як вона розміщена відносно осі обертання. Чим більша відстань від ланки до вісі обертання, тим більший внесок цієї ланки в інертність тіла.

2. Момент інерції – це кількісна міра інертності тіла при обертальних рухах $J = mR^2$ ін.) Радіус інерції (R) – це відстань від осі обертання до матеріальних точок тіла.

3. Центр мас (ЦМ) – це точка перетину ліній дії всіх сил, які забезпечують поступальний рух і не викликають обертання тіла. У колі гравітації (коли діють сили тяжіння) центр мас збігається з центром тяжіння.
4. Загальний центр тяжіння (ЗЦТ) – це точка, до якої прикладена рівнодійна сила тяжіння всього тіла. У тілі людини налічується близько 70 ланок. Для розв'язування багатьох задач, достатньо використовувати 15-ланкову модель людського тіла.
5. Центр об'єму (ЦО) – це точка прикладання виштовхувальної сили при повному зануренні тіла у воду.
6. Центр поверхні (ЦП) – це точка прикладання рівнодійного натиску середовища.

Знаючи, яка маса й момент інерції ланок тіла й де розміщені їхні центри мас, можна розв'язати багато важливих практичних задач:

- визначити кількість руху ($K = mV$);
- визначити кінетичний момент ($E_k = J\omega$);
- оцінити, легко чи важко керувати швидкістю тіла або окремими його ланками;
- визначити ступінь стійкості тіла і т.п.

Хід роботи

Загальний центр тяжіння – це умовна точка прикладання усіх сил тяжіння ланок тіла.

1. Накреслити на міліметровому папері схему пози тіла людини (положення плавця на старті) у масштабі 1:10.
2. Обчислити за формулою ЦТ усіх біоланок: $ЦТ = L \cdot r$, де L – довжина ланки (мм.); r – радіус центра тяжіння (див. табл. 2.8).
3. Позначити крапками ЦТ біоланок. Знайти центр біокінематичних пар складанням сил тяжіння: а) голова – тулуб; б) плече – передпліччя; в) стегно – гомілка. ЦТ з'єднати лінією, на якій крапкою відмічаємо положення ЦТ біоланок (наприклад: голова – тулуб: 43% + 7% = 50%, цю лінію умовно розділяємо на 50 частин і від ЦТ тулуба в напрямку до голови відділяємо 7 частин).
4. Розрахувати ЦТ біоланцюгів: а) верхньої кінцівки; б) нижньої кінцівки.
5. Визначити ЦТ тулуба верхньої і нижньої кінцівок тіла людини. Кожна з них має відносну вагу 50%, якщо з'єднати ЦТ і поділити її на дві рівні частини, то тут і знаходиться ЗЦТ.

6. Визначити стійке чи не стійке положення тіла в цій позі. Для цього із ЗЦТ опустити вертикальну лінію, якщо вона знаходиться на площі опори, то положення тіла стійке.

Примітка: радіус голови – 7 мм, довжина шиї – 10 мм.

Таблиця 2.8

Відносна вага, розподіл центрів тяжіння біолонок тіла

Назва біоланки тіла	Відносна вага, в %	Знаходження центра тяжіння біоланки
Голова	7	Над верхнім краєм слухового отвору
Тудуб	43	На відстані 0,44 від плечової осі
Плече	3	На відстані 0,47 від осі проксимального суглоба
Передпліччя	2	На відстані 0,42 від проксимального кінця
Кисть	1	П'ястно-фаланговий суглоб 3-го пальця
Стегно	12	На відстані 0,44 від осі проксимального суглоба
Гомілка	5	На відстані 0,42 від проксимального кінця гомілки
Стопа	2	На відстані 0,44 від п'ятки

Питання для самоконтролю знань

1. З яких відділів складається скелет людини?
2. Як приєднуються вільні кінцівки до тулуба?
3. На які відділи поділяється кисть і стопа?
4. Які властивості кісток пов'язані з їхньою трубчастою будовою?
5. Види механічного впливу на кістку.
6. Як впливають механічні навантаження на будову кістки?
7. Назвіть властивості суглобів залежно від їхньої будови.
8. Активна й пасивна частини рухового апарату.
9. Що таке біоланка, біопара, біоланцюг?

Література

1. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А.М. Лапугіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – С. 188-202.
2. Донской Д.Д. Биомеханика: уч-ник для ин- тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 154-163.
3. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навчальний посібник для студентів фак. фіз. вих. ієд. ін-тів та університетів / А.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 52-70.
4. Зацюрский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зацюрский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – С. 19-44.

5. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. Лабораторные работы / А.Н. Лапутин. – К. : Вища школа, 1976. – С. 49-53.
6. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатий, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
7. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецкий, О.В. Бріжатий. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

Практична робота № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХІВ ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ХОДЬБИ ТА БІГУ

Мета:

1. *Навчитися вимірювати час проходження дистанції та підрахувати кількість кроків.*
2. *Навчитися вираховувати середню довжину кроків і тривалість циклу, середні темп і швидкість*
3. *Навчитися оцінювати тривалості періодів в кроці з ходьби та бігу, визначити будову циклу в ходьбі та бігові.*

Матеріали та обладнання. Секундомір, рулетка.

Коротке теоретичне пояснення

Ходьба та біг – природні способи пересування кроками з відштовхуванням від ґрунту за допомогою м'язів ніг. При ходьбі і бігу кроки і зв'язані з ними рухи рук і тулуба весь час повторюються у тому самому порядку без перерви. Подвійний крок (крок з правої і з лівої ноги) становить один цикл рухів.

Маючи дані про довжину дистанції, час її подолання та кількість виконаних кроків, вираховують інші показники за формулами:

$$L_{\text{ср.}} = S / N,$$

де $L_{\text{ср.}}$ – середня довжина кроків; S – довжина дистанції; N – кількість кроків.

$$Ц_{\text{ср.}} = 2t / N,$$

де $Ц_{\text{ср.}}$ – середня тривалість циклу; t – час подолання дистанції; N – кількість кроків.

$$f = N / t,$$

де f – темп (частота кроків); N – кількість кроків; t – час подолання дистанції.

$$U_{\text{ср.}} = S / t,$$

де $U_{\text{ср.}}$ – середня швидкість; S – довжина дистанції; t – час подолання дистанції.

Хід роботи

1. Відміряти відрізок дистанції 100 м.
2. Призначити учасників стартів.
3. Виміряти час і підрахувати кількість кроків на дистанції 100 м під час звичайної ходьби, оздоровчого бігу, бігу на результат.
4. Вирахувати середні величини довжини кроків, тривалості циклу, темпу та швидкості.
5. Отримані результати занести в протокол за формою:

Фізична вправа	№ з/п	Прізвище, ініціали	Кінематичні характеристики рухів					
			t	N	$U_{\text{ср.}}$	$U_{\text{цр.}}$	f	$U_{\text{сп.}}$
Ходьба 100 м	1.							
	2.							
	3.							
Оздоровчий біг 100 м	1.							
	2.							
	3.							
Біг 100 м на результат	1.							
	2.							
	3.							

6. Порівняти отримані величини і зробити висновки.

Питання для самоконтролю знань

1. Чому ходьбу та біг називають циклічними вправами?
2. З яких рухів складається цикл в ходьбі?
3. З яких рухів складається цикл в бігові?
4. Дано: дистанція 100 м, час її про бігання 10с, середня тривалість циклу 0,4 с. Знайти середню довжину кроків.
5. Від яких основних кінематичних характеристик (із 6-ти в протоколі) залежить швидкість бігу і ходьби? Відповідь $U = S / t$ Не зараховується.

Література

1. Донской Д.Д. Биомеханика : учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов / Д.Д. Донской. – М. : Просвещение, 1975. – С. 57-71.
2. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник ин-тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Загорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 16-28.

3. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки : навчальний посібник для студентів фак. фіз. вих. пед. ін-тів та університетів / А.Г. Євсєєв. – Вінниця : ВДПУ, 2002. – С. 8-10.
4. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К. : Рад. шк., 1986. – С. 5-19.
5. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатий, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
6. Язловецький В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатий. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

Практична робота № 8

ПОБУДОВА БІОКІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ ПО КІНОГРАМІ

Мета: навчитися визначати положення тіла спортсмена в просторі і його зміщення відносно певної системи відліку.

Матеріали та обладнання: кінограма фізичної вправи, лінійка, транспортир, олівці, міліметровий папір.

Коротке теоретичне пояснення

Рухи тіла людини вважаються вивченими тоді, коли відомий метод визначення його положення в будь-який момент часу в просторі. Для вивчення біокінетичних характеристик фізичної вправи по кінограмі придатна Декартова система координат на площині, в процесі дослідження нерухома координатна система відліку може бути «прив'язана» до будь-якої нерухомої точки на кінограмі (лінія старту, снаряд, трибуни).

В процесі вивчення спортивної техніки часто важливо визначити не стільки положення всього тіла, скільки взаємне розміщення окремих біоланок. Для цього спочатку необхідно скласти розрахункову схему (план) рухової системи.

При вивченні рухів тіла спортсмена або окремих його частин, слід в кожному кадрі кінограми визначити зовнішній орієнтир.

Далі, на всіх кадрах позначається зовнішня система координат. Визначають координати основних точок тіла спортсмена по кінограмі в зовнішній системі. За отриманими координатами в певному масштабі на міліметровому папері будують біокінематичну схему.

Хід роботи

1. Проглянути кінограму для визначення орієнтирів.
2. Через орієнтир на всіх кадрах кінограми провести зовнішню систему прямокутних координат.
3. Скласти таблицю для координат точок біолонок тіла.
4. На міліметровому папері в певному масштабі накреслити зовнішню систему координат і нанести всі точки біолонок тіла спортсмена.

№ з/п	Центр маси голони		Плечовий суглоб		Кистьовий суглоб		Кульшовий суглоб		Коліний суглоб		Гомілково-стопний суглоб	
	Хмм	Умм	Хмм	Умм	Хмм	Умм	Хмм	Умм	Хмм	Умм	Хмм	Умм
1												
2												
3												
4												

Питання для самоконтролю знань

1. *Поняття про форми рухів в живих системах.*
2. *Біомеханічний аналіз фізичних вправ – один із елементів комплексного контролю виконання вправ.*
3. *Вимірювання біомеханічних характеристик руху – основа біомеханічного аналізу.*
4. *Методи вимірювання біомеханічних характеристик.*
5. *Просторові характеристики тіла і його рухів.*
6. *Кінематичні характеристики: координати точок тіла і його частин, траєкторії точок, швидкість руху, прискорення руху, ритм руху.*
7. *Що являє собою біокінематична схема фізичної вправи?*
8. *Послідовність роботи при складанні біокінематичної схеми рухової дії по кінограмі.*
9. *Які рухи можна назвати прямолінійними і криволінійними?*

Література

1. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник для ин- тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 16-29.
2. Лапугин А.Н. Биомеханика физических упражнений. Лабораторные занятия / А.Н. Лапугин. – К. : Вища школа, 1976. – С. 62-66.
3. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатай, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.

4. Уткин В.Я. Биомеханика физических упражнений : учебное пособие для пединститутов / В.Я. Уткин. – М., 1989. – С. 33-52.
5. Язловецкий В.С. Биомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатиї. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

Практична робота № 9

ПОБУДОВА ТРАЕКТОРІЙ БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета: навчитися самостійно за біокінематичною схемою визначати важливі біокінематичні параметри руху спортсмена, зокрема траєкторії точок його біоланок.

Матеріали і прилади: біокінематична схема фізичної вправи, лінійка, транспортир, олівці, міліметровий папір.

Коротке теоретичне пояснення

Серед біокінетичних характеристик фізичних вправ траєкторія рухів тіла займає одне з важливих місць. Знання траєкторії дозволяє в подальшому визначати ряд інших біокінетичних параметрів вправи.

Траєкторією називається геометричне місце послідовних положень рухової точки відносно даної системи відліку. Тіло людини в русі можна розглядати як рухому матеріальну точку. Але в біомеханіці воно представлено як система матеріальних точок або біоланок. Тому, для більш глибокого розкриття техніки вправи необхідно вивчати траєкторії якомога більшої кількості точок рухомого тіла спортсмена.

Дослідження траєкторії дозволяє судити про форму руху: прямолінійна, криволінійна.

Хід роботи

1. Побудувати біокінематичну схему для визначення точок, траєкторію яких необхідно визначати.
2. На міліметровому папері в визначеному масштабі побудувати зовнішню систему координат біокінематичної схеми.
3. Послідовно нанести на зовнішню координатну систему усі положення точок.
4. Послідовно з'єднати прямою лінією усі положення кожної точки. Отримана лінія є траєкторією даної точки в зовнішній системі координат.
5. Зробити висновок про форму і характер траєкторії рухів біоланок.

6. Побудувати траєкторії рухів біолонок декількох спортсменів і порівняти.

Питання для самоконтролю знань

1. Динамічні характеристики тіла і його рухів:
 - a) інерційні (інертність тіла, маса тіла);
 - б) силові (сила, момент сили, імпульс сили);
 - в) енергетичні (робота сили, потужність).
2. Види енергій тіла, їх перетворення в процесі виконання рухової дії.

Література

1. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник для ин- тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 29-39.
2. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. Лабораторные занятия / А.Н. Лапутин. – К. : Вища школа, 1976. – С. 66-67.
3. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатиї, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
4. Уткин В.Я. Биомеханика физических упражнений: учебное пособие для пединститутков / В.Я. Уткин. – М., 1989. – С. 36-64.
5. Язловецький В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатиї. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

Практична робота № 10

ПОБУДОВА ХРОНОГРАМ ЗА МАТЕРІАЛАМИ КІНОЗІОМКИ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ

Мета: навчитися самостійно досліджувати структуру часу окремих рухових дій в системі цілісності фізичної вправи.

Матеріали та обладнання: кінограма фізичної вправи, луна, лінійка, транспортир, олівці, міліметровий папір.

Коротке теоретичне пояснення

Фізичні вправи являють собою складну багатоструктурну систему цілеспрямованих рухових дій. Однією з причин, що зв'язують окремі рухові елементи в цілісну вправу, є фактор часу. Структура часу в значній мірі визначав не тільки зовнішній кінематичний ефект фізичної вправи, а й загаль-

ний спортивний результат. Вивчення взаємозв'язку часових характеристик в кінематичній структурі фізичної вправи є цікавим для вирішення теоретичних проблем біомеханіки і для обґрунтування методики навчання спортивної техніки.

Суть даного методу полягає в реєстрації рухів людини з допомогою кінозйомки з подальшою обробкою матеріалу. Степінь точності дослідження залежить не тільки від майстерності оператора, але і від якості реєструючої апаратури, яка має справну систему врахування швидкості (частоти) зйомки.

Якщо відома частота зйомки $V = \frac{S}{T}$ кадр/сек., то тривалість фізичної вправи наступна: $t = \frac{S}{T}$ сек., де t – час кінозйомки, S – тривалість, V – частота.

Час виконання кожного рухового елемента або фаз вправи можна визначити, проглядаючи кінограму шляхом підрахунку інтервалів між відбитками поз спортсменів. Більш детальна характеристика можлива після побудови хронограм. Хронограма вказує на час виконання рухових фаз в загальній кінематичній структурі біомеханічної системи вправи. Хронограми бувають лінійні і колові. В лінійній хронограмі тривалість фази визначається відрізком прямої, довжина якої пропорційна числу кадрів, що відносяться до даної фази руху. В коловій хронограмі по колу відкладаються довжини дуг, пропорційні часу.

В процесі виготовлення хронограм слід дотримуватись єдиних правил: на діаграмах номери кадрів відмічають цифрами, площу фази штрихують, над діаграмою – назву фази.

Хронограми фізичних вправ можна порівнювати, відшукуючи помилки в спортивній техніці, об'єктивно встановлюючи зразок кращого виконання і рекомендуючи його в практику.

Хід роботи

1. Проглянути кінограму, встановити початок і кінець фізичної вправи.
2. Поділити вправу на рухові фази.
3. Скласти розрахункову таблицю:

Визначення часових характеристик фаз вправи

Порядковий номер фази	Назва фази	Номери кадрів кінограм	Число часових інтервалів	Час виконання фази
1	2	3	4	5

4. Пронумерувати всі кадри кінограми. Відмітити, які кадри якій фазі відповідають і занести в 3-ю графу таблиці.
5. Визначити кількість часових інтервалів в кожній фазі.
6. Вирахувати тривалість кожної фази з урахуванням частоти кінозйомки.

Приклад: частота – 24 к./сек.
фаза нараховує – 11 кадрів (10 інтервалів)
тривалість фази – 10/24 сек. (0,41 сек.)

7. Побудувати діаграму часу рухових фаз фізичної вправи – хронограму.
8. Після побудови хронограми оцінити розподіл часу і якість виконання різними спортсменами вправи.
9. Бажано провести аналіз хронограми виконання вправи різними спортсменами і порівняти.

Питання для самоконтролю знань

1. Руховий апарат людини, як біомеханічна система, її склад.
2. Степені вільності і зв'язку біокінетичних ланок і пар тіла.
3. Біомеханічні властивості кісткової та м'язової систем.
4. Механічні властивості м'язів. М'язи – основне джерело забезпечення механічного руху людини.
5. Механізм м'язового скорочення. Режими скорочення.
6. Різновидність роботи м'язів, їх групова взаємодія.
7. Основні умови прояву сили м'язів.
8. Енергетичне забезпечення рухів.

Література

1. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник для ин-тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 38-60.
2. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатиї, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
3. Уткин В.Я. Биомеханика физических упражнений : учебное пособие для пединститутов / В.Я. Уткин. – М., 1989. – С. 6-32.
4. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжатиї. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ БІОЛАНОК ЗА БІОКІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

Мета: навчитися самостійно за біокінематичною схемою визначати швидкість точок біоланок тіла спортсмена.

Матеріали і прилади: біокінематична схема фізичної вправи, лінійка, олівці, міліметровий папір.

Коротке теоретичне пояснення

При вивченні спортивної техніки будь-якої фізичної вправи важливо знати швидкість руху не тільки всього тіла спортсмена, а і його найважливіших ланок, оскільки це є показником величини м'язового навантаження і визначає характер участі окремих груп м'язів в рухових діях.

Рухи біоланок тіла спортсмена при виконанні фізичних вправ бувають рівномірними і рівнозмінними. Якщо біоланка проходить шлях однакової довжини за рівні проміжки часу, такий рух є рівномірним і його швидкість ви-

значається по формулі: $V = \frac{S}{T}$, де t – час кінозйомки, S – тривалість, V – частота.

Швидкість є величиною векторною і характеризується крім числового значення, ще й напрямком. Графічно швидкість зображується стрілкою, напрямком якої співпадає з напрямком руху, а довжина – відповідає її числовому значенню.

Рух вважається змінним, якщо швидкість зміщення з часом змінюється. При цьому виділяються початкова (V_0), кінцева (V), миттєва (V_m) швидкість, а також середня

($V_{cp} = \frac{S}{T}$). Миттєва швидкість – швидкість біоланки в даній точці її траєкторії в даний момент часу. Фактично – це середня швидкість, за короткий проміжок часу.

Початкова і кінцева швидкості являють собою миттєві швидкості руху біоланки в момент початку і кінця руху.

Зміщення біоланки з періодично змінними біокінематичними характеристиками навивається коливальним рухом.

Якщо на схемі виміряти відстань між першим і третім положенням певної точки і поділити на час проходження цієї відстані, то отримаємо миттєву швидкість, коли вона

знаходилась в другому положенні. Отже, для отримання точних даних шлях руху по схемі вимірюється через одну точку, між I, II, III, IV... т.д.

Після цього відстань між точками вимірюється по схемі, множать на величину зворотну масштабу схеми (a).

Масштаб встановлюють з формули $M = \frac{l}{L}$

Час проходження певного відрізка шляху прямо пропорційний кількості інтервалів між точками (β) і зворотно пропорційний частоті зйомок (γ). Якщо зйомки відбувались з швидкістю 24 кадри в секунду, то зміщення точки з I в III положення відбулося за $2/24$ сек.

Щоб уявити швидкість в см./с, шлях отриманий по схемі (в мм) ділимо на 10. В результаті отримуємо формулу визначення швидкості руху

$$V_{cp} = \Delta S \frac{a\gamma}{10\beta} \text{ або } V_{cp} = \Delta Sk$$

k – коефіцієнт, β – число часових інтервалів між положеннями точок (від I до III інтервалу).

Хід роботи

1. Проглянути траєкторії точок біоланок тіла спортсмена і пронумерувати їх.
2. Виготовити робочу таблицю:

Вимірювання біокінематичних характеристик

№ точок	Шлях між точками	Час t	Швидкість середньої точки V_{cp}	Різниця швидкості ΔV	Прискорення a
1	2	3	4	5	6

3. За траєкторіями вимірюється відстань між точками, через 2 інтервали. Дані записати в графу таблиці, проти номера пропущеної точки.
4. Врахувати коефіцієнт k .
5. Знайти швидкість точки в кожному середньому проміжному положенні, помноживши дані 2 графи таблиці на k .
6. Малюємо графік швидкості. По осі Y у вибраному масштабі відкладаємо величину швидкостей точок послідовного руху по осі X – через різні відстані – номери положень точки.
7. Креслимо хронограму ϕ/v .

Питання для самоконтролю знань

1. Що таке середня і миттєва швидкість?
2. Чим характеризуються коливальні рухи?
3. Яка послідовність роботи по визначенню лінійних швидкостей спортсмена?

Література

1. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник для ин-тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 168-169
2. Жуков Е.К. Биомеханика физических упражнений / Е.К. Жуков, Е.Г. Котельников, Д.А. Семенов. – М. : Физкультура и спорт, 1963. – С. 96-97.
3. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжатиї, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
4. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецкий, О.В. Бріжатиї. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

Практична робота № 12

ВИЗНАЧЕННЯ ДОСЛІДНО-МЕХАНІЧНИМ МЕТОДОМ МІСЦЯ ПЕРЕТИНУ ВЕРТИКАЛІ ЗЦМ ТІЛА І ПЛОЩІ ОПОРИ

Мета: навчитися знаходити місце перетину вертикалі, опущеної з ЗЦМ тіла на площу опори.

Матеріали та обладнання: вага, динамометр, прилад Базлера.

Коротке теоретичне пояснення

Прилад Базлера, що використовується в даній методиці, працює за принципом важеля. Для важеля характерні рухи навколо осі, а умова рівноваги важеля визначається правилом моментів сил. Якщо моменти діючих на його плечі сил рівні, то встановлюється рівновага:

$$M_1 = M_2, M = F_1$$

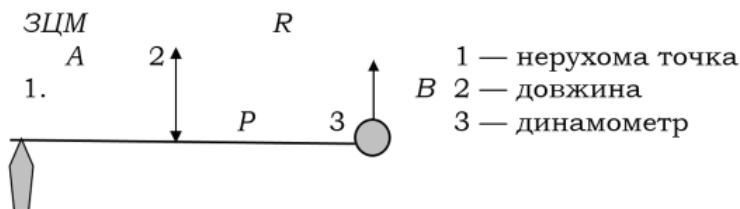
де M – момент сили, що діє на плече важеля, F – сила, l – відстань від точки прикладення сили до осі обертання (плече).

При рівновазі важеля сили обернено пропорційні плечам:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

В залежності від розміщення осі обертання по відношенню до діючих на важіль сил розрізняють важелі I і II роду. Якщо сили знаходяться по різні боки від точки опори і спрямовані в одному напрямку – це важіль I роду. Якщо сили розміщені по один бік точки опори і діють в протилежному напрямку – це важіль II роду.

Прилад Базлера є важіль II роду
Прилад Базлера



Довжина дошки, що визначає відстань між опорними точками А і В, відома (2 м). Якщо відома вага досліджуваного І тиск на динамометр, можна визначити місце проходження вертикалі ЗЦМ тіла через опору. Для цього необхідно використати рівняння, що витікає з відношення моментів сил, що діють на важіль при рівновазі:

$$AX = \frac{RAB}{P}$$

AX – відстань від опорної точки важеля до місця перетину, R – показник динамометра, AB – довжина дошки, P – вага досліджуваного.

Хід роботи

1. Визначити вагу досліджуваного
2. Розмістити досліджуваного на опорній дошці приладу Базлера.
3. Записати показники динамометра.
4. Провести визначення за формулою:
5. Визначити місце проходження вертикалі ЗЦМ в тілі досліджуваного.

Питання для самоконтролю знань

1. Які відомі види важелів?
2. В чому полягає умова рівноваги важелів?
3. Що являє собою прилад Базлера?
4. Як виконується робота по визначенню місця перетину вертикалі ЗЦМ тіла з площею опори?

Література

1. Донской Д.Д. Биомеханика : уч-ник для ин-тов физ. культ. / Д.Д. Донской, В.М. Зацорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 166.
2. Жуков Е.К. Биомеханика физических упражнений / Е.К. Жуков, Е.Г. Котельников, Д.А. Семенов. – М. : Физкультура и спорт, 1963. – С. 101-102.
3. Носко М.О. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для студентів спеціальності «Фізичне виховання» / М.О. Носко, О.В. Бріжаний, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. – К. : МП Леся, 2012. – 287 с.
4. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посібн. / В.С. Язловецький, О.В. Бріжаний. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 192 с.

ПИТАННЯ СЕМЕСТРОВОГО ЕКЗАМЕНУ

1. Роль біомеханіки фізичних вправ в підготовці спеціалістів фізичної культури.
2. Біомеханічні закономірності ударної дії в переміщаючих рухах.
3. Наведіть приклади тестів, що дозволяють оцінити рівень розвитку рухових здібностей в певному виді спорту.
4. Склад і структура рухової дії, як самокеруючої системи.
5. Побудова траєкторій біоланок спортсмена за біокінематичною схемою фізичної вправи.
6. Які біомеханічні характеристики виконуючої вправи можуть бути зареєстровані, коли спортсмен стоїть на стабілографічній платформі і суглоби його марковані?
7. В чому зміст, завдання і педагогічна спрямованість біомеханіки фізичних вправ.
8. Біомеханічні фактори, що визначають точність кидків в переміщаючих рухах.
9. В якому режимі м'язового скорочення проявляється максимальна сила? Як це пов'язано з можливістю отримання травм?
10. Поняття про силові та швидкісні здібності, їх кількісні показники.
11. Загальні закономірності і відмінності водних та наземних локомоцій.
12. Перерахуйте біомеханічні характеристики фізичних вправ.
13. Яка їх роль в удосконаленні виконання рухової дії.
14. Біомеханіка дихальних рухів при виконанні фізичних вправ.
15. Характеристика крокуючих рухів. Стартове положення, стартовий розгін.
16. Онтогенез моторики людини.
17. Руховий апарат людини, як біомеханічна система. Степені вільності і зв'язку його ланок.
18. Біомеханічні вимоги до інвентаря та одягу лижників і велосипедистів.

19. Види рівноваги тіла і його стійкість.
20. Біоенергетика рухових дій. Перетворення енергії в рухових діях. Приклади.
21. Біомеханічні закономірності керування рухами навколо осі.
22. Величини, яких біомеханічних характеристик впливають, в першу чергу, на дальність кидків?
23. Біомеханічні основи гнучкості і спритності людини.
24. Кінетика і енергетика ходьби. Види ходьби.
25. Які фактори витривалості і швидкості вдосконалюються, а які погіршуються: а) при переході від дитинства до зрілості; б) при переході від середнього до старшого віку.
26. Методи вимірів і обробки даних біомеханічних характеристик фізичних вправ.
27. Кількісна оцінка осанки, її види та профілактика порушень.
28. Як взаємодіють дозрівання і навчання рухів в різні періоди вікового розвитку?
29. Системи відліку відстані і часу, що використовуються при біомеханічному аналізі вправ.
30. Вікові особливості розвитку рухів. Проблеми рухового (спортивного) довголіття.
31. Який вид руху (біг чи ходьба) більш економний і чому?
32. Прогнозування рухових можливостей. Прогностична інформативність біомеханічних характеристик. Рухова асиметрія.
33. Біомеханічний аналіз борцовської стійки.
34. Які фактори, крім швидкості розбігу, впливають на діяльність стрибка.
35. Інформаційна структура рухової дії. Самокерування системи рухової дії.
36. Кінетика і динаміка бігу. Сили, що діють на спортсмена. Механізм взаємодії з опорою.
37. Фазовий склад стрибка в висоту.
38. Біомеханічний контроль як елемент системи комплексного контролю за виконанням фізичних вправ.

39. Загальні умови збереження пози і положення тіла. Види і умови рівноваги.
40. Від яких факторів залежить сила тяги м'язів і сила, яку проявляє людина?
41. Рухові здібності – різні сторони моторики людини. Вплив екстремальних умов на прояв людиною рухових здібностей.
42. Загальна характеристика крокуючих рухів. Роль махових рухів.
43. Чому краса рухів і здоров'я людини тісно взаємопов'язані?
44. Сенситивні періоди розвитку моторики людини. Руховий вік: акселеранти і ретарданти.
45. Біомеханічна характеристика рухів навколо осі.
46. Від чого залежить сила опору води при плаванні?
47. Кінематичні характеристики фізичних вправ: координати точок, траєкторії, тривалість руху, швидкість, ритм.
48. Техніка і тактика розбігу при стрибках в висоту.
49. Які основні умови стійкості тіла?
50. Внутрішні та зовнішні сили, що впливають на положення і рухи тіла.
51. Реалізація принципів дидактики (активність, свідомість, доступність, системність) в біомеханіці.
52. Чому в різних видах спорту існує віковий діапазон в якому спортсмен частіше досягає хороших результатів?
53. Склад і структура рухового апарату, як біосистеми.
54. Кінетика, динаміка і енергетика лижного ходу.
55. Які критерії оптимальності рухової діяльності Вам відомі?
56. Основні напрямки розвитку біомеханіки.
57. Кінетика і динаміка крокуючих рухів. Роль махових рухів верхніх кінцівок.
58. Які методи керування обертовими рухами Вам відомі?
59. Основні методи біомеханічного аналізу фізичних вправ.
60. Стартові дії і стартові положення крокуючих рухів.
61. За яких умов досягається найвища потужність м'язового скорочення?

62. Силкові характеристики фізичних вправ: сила, момент сили, імпульс сили.
63. Біомеханічні закономірності переміщаючих рухів, їх різноманітність.
64. Перерахуйте основні етапи біомеханічного аналізу.
65. Інерційні і енергетичні характеристики фізичних вправ (маса, момент інерції, робота сили, потужність).
66. Біомеханічний аналіз бігу (фазовий склад, швидкість, темп, ритм).
67. Які показники характеризують геометрію мас тіла?
68. Шляхи підвищення витривалості: мінімізація коливання ЗЦМ, рекуперація енергії, усунення лишніх рухів.
69. Побудова хронограми легкоатлета за кінограмою.
70. В яких видах спорту або різноманітностях фізичних вправ стійкість особливо впливає на результативність рухової діяльності?
71. Біомеханічні характеристики – основа біомеханічного аналізу фізичних вправ.
72. Умови стійкості тіла людини. Центр маси тіла. Вплив різних факторів на його розміщення.
73. Назвіть найбільш активні м'язи при виконанні підтягування, присідання, рухів вперед, стрибків зі скакалкою.
74. Будова тіла і моторика людини. Статеві особливості рухових можливостей людини.
75. Методи обробки результатів досліджень (побудова промірів, хронограм, графіків).
76. Як пов'язані рухові можливості людини з його віком?
77. Біомеханічні властивості кісток. Ланки тіла, як одно- і двоплечові важелі, умови їх рівноваги.
78. Біомеханічні особливості бігу на різні дистанції.
79. В чому полягає основна відмінність між функціональним і системно-структурним методами вивчення рухової діяльності?
80. Біомеханічні основи витривалості, шляхи її активізації. Ознаки втоми.
81. Практичні методи керування обертовими рухами.

82. Прогнозування рухових можливостей людини.
83. Сенситивні періоди оволодіння руховими здібностями. Поняття про рухову асиметрію.
84. Біомеханіка ударної дії в переміщаючих рухах. Фазовий склад удару.
85. В яких фазах стрибка в висоту тіло спортсмена має мінімальну і максимальну величини кінетичної і потенціальної енергії?
86. Біомеханічні властивості м'язів: збудливість, в'язкість, релаксація.
87. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи за кінограмою.
88. Чим відрізняються показники календарного і рухового віку. Коли вони співпадають?
89. Види та режими роботи м'язів при виконанні фізичних вправ, їх групова взаємодія.
90. Біомеханіка вправ, що впливають на гнучкість та поставу школярів.
91. В чому різниця таких понять як рух, рухова дія і рухова діяльність?

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абсолютна ефективність – це ступінь наближення до зразка, в якості якого обирають найраціональніший варіант техніки.

Автоматизація рухів приводить до більш міцного досконалого виконання рухів, що дозволяє зменшити вільний контроль за ними і переключати увагу на інші об'єкти.

Адаптація до навантажень – це процес пристосування провідних систем організму до певного обсягу навантажень під впливом фізичних вправ.

Акселерати – діти, у яких руховий вік випереджує календарний.

Активна гнучкість – здатність виконувати рухи в якому-небудь суглобі з більшою амплітудою за рахунок активності м'язових груп, які проходять через цей суглоб.

Актон – частина м'язу, волокна якого розподілені таким чином, що створені ними моменти сили відносно суглоба завжди співпадають за напрямком.

Амортизація – гальмування руху тіла по напрямку до опори.

Антиципація – це здатність передбачати дії суперника.

Антропометрія – це система вимірювання людського тіла та його частин.

Біокінетична пара – це рухоме (кінематичне) з'єднання двох біоланок, в яких можливість рухів визначається його будовою та керуючим впливом м'язів.

Біокінематичний ланцюг – це послідовне незамкнуте або замкнуте з'єднання ряду біокінематичних пар.

Біокінематичний маятник – ланка тіла, яка продовжує після розгону рух по інерції.

Біоланцюг – це послідовне замкнуте або незамкнуте з'єднання біокінематичних пар.

Біомеханіка – наука про закони механічних рухів людини.

Біомеханічна структура фізичних вправ – вивчає рухову діяльність людини під час спортивних тренувань і змагань, і в процесі занять масовими та оздоровчими формами фізичної культури, у тому числі на уроках фізкультури в школі.

Варіативність техніки – неминуче відхилення елементів і структур (які виявляються за характеристиками рухів) та мають різне походження і значення.

Вектор сили тяги м'язів – результат спільної дії м'язів синергістів та антагоністів.

Вимірювальні системи – це комплекс вимірювальних приладів і систем передачі даних, які забезпечують автоматичний збір і передачу вимірюваної інформації.

Витривалість – здатність людини протистояти втомі.

Виштовхуюча сила (Архімедова) – у відповідності з законом Архімеда на занурене тіло у воду діє виштовхуюча сила, яка дорівнює масі об'єму води, витисненого тілом.

Відбір – це процес пошуку обдарованих людей, здатних досягти високих результатів.

Відштовхування – як основа крокових рухів нерозривно пов'язане з підготовкою до нього, з амортизацією. Разом вони складають періоди опори, коли нога має контакт з опорою та знаходиться під дією маси й сили інерції тіла.

Вікова біомеханіка – наука, що вивчає розвиток опорно-рухової системи, функціональні можливості при виконанні фізичних вправ і встановлює дозування навантажень у відповідності з оптимальним режимом тренувань.

Вікова морфологія – вивчає розвиток систем організму людини в різних вікових групах і проводить аналіз впливу фізичної діяльності на опорно-руховий апарат.

Вікова норма – це встановлена міра, яка визначається шляхом порівняння результатів у межах однієї вікової групи.

Гіпертрофія м'язів – збільшення м'язового поперечника в результаті фізичного тренування.

Гнучкість – здатність виконувати рухи з великою амплітудою (з більшим діапазоном).

Гравітація – універсальна взаємодія між будь-якими тілами, що підпорядковані законам Ньютона.

Датчик – пристрій, який фіксує фізичну величину, характеризуючи вимірюване явище.

Демпферність – згасання механічної енергії м'язів.

Деформація м'яча – це зміна взаємного розташування точок м'яча при якому змінюється віддалення між ними в результаті зовнішньої сили дії на м'яч в момент удару.

Динаміка – розкриває причини виникнення та зміну дії (її механізм).

Динаміка швидкості – зміна швидкості тіла, що рухається.

Динамічний стереотип – є фізіологічною основою системності в рухах при стандартних діях, коли всі складові руху повторюються в одній і тій же послідовності.

Динамограма рухів – графік зміни сили, проявленої в часі.

Дисипація – це перехід енергії впорядкованого руху в енергію хаотичного руху часток.

Дискримінативні ознаки – це ті ознаки, що закономірно відрізняються в спортсменів різної кваліфікації при виконанні технічних дій.

Диференціація техніки – як розрізнення в цілій системі множин неоднорідних складових частин (деталей), забезпечується спеціалізацією елементів системи рухів і визначенням їх ролі.

Дозування навантаження – це точно встановлений рівень кількості навантаження у відповідності до функціонального стану та особливостей тілобудови спортсмена.

Економічність рухової діяльності полягає в оптимальному скороченні м'язових волокон і зменшенні кількості зайвих рухів у руховій дії.

Експертні оцінки ігрових дій – це якісна оцінка ігрових дій, окремих гравців чи команди, які базуються на судженнях спеціалістів.

Екстраполяція – формування рухових та вегетативних функцій у відповідності з виникаючими умовами діяльності.

Елементарна дія – це найменший елемент системи рухів (просторовий), який має відносно самостійне значення, відомий зміст і який виконує визначене завдання.

Енергетична структура – це закономірність перетворення, передачі і розсіювання енергії в наслідок роботи сил.

Енергозабезпечення м'язової роботи – це форма забезпечення енергії м'язовою роботою в залежності від її тривалості. Розрізняють аеробне й анаеробне енергозабезпечення.

Ефективність відбору являє собою якісну оцінку правильності розпізнання обдарованості дітей.

Загальний об'єм техніки характеризується сумарним числом технічних дій.

Закон збереження кінетичного моменту – кінетичний момент тіла залишається незмінним, якщо сума моментів зовнішніх сил, прикладених до тіла, дорівнює «0».

Запас гнучкості – це величина гнучкості, яка повинна перебільшувати максимальну амплітуду, з якою виконується рух.

Змагальний об'єм характеризується різноманітним числом різноманітних дій, що виконуються в змагальних умовах.

Зміна пози тіла – це певна зміна суглобових кутів.

Зоною економічних режимів називається діапазон швидкостей від оптимальної (найбільш економічної) до порогової, яка відповідає рівню анаеробного порогу.

Ізокінетика вивчає роботу м'язів, коли виконувана м'язами робота є постійною.

Ізометрія – це збереження однакової довжина м'язів при змінному тонусі.

Ізотонія – це зміна довжини м'язів при постійному тонусі.

Індивідуалізація техніки досягається використанням у ній позитивних особливостей спортсмена і зниженням впливу негативних.

Індивідуальна норма – норма, в основі якої лежить порівняння результатів одного і того ж спортсмена в різних умовах.

Інертність – це властивість фізичних тіл, яка має прояв у поступовій зміні швидкості з часом під дією сил.

Інтеграція техніки являє собою об'єднання множин рухів в одне ціле на основі їх взаємодії при підпорядкуванні всіх частин єдиній меті дій.

Кінезіологія – наука про рух у живих системах.

Кінематика – це розділ механіки, в якому рух тіл розвивається тільки з геометричної сторони без урахування мас і діючих сил.

Кінетика – це розділ механіки, який об'єднує статику і динаміку.

Кінетична енергія тіла – це енергія його механічного руху, яка визначає можливість здійснити роботу.

Кінетичний момент – це міра обертового руху тіла, яка характеризується його здатністю передаватися іншому тілу у вигляді механічного руху.

Кістковий важіль – ланки тіла, рухомо з'єднані в суглобах під дією прикладених сил, можуть або зберігати своє положення, або змінювати його. Вони служать для передавання рухів і роботи на відстані.

Консервативні параметри – це параметри, що обумовлені генетичними факторами. Підвищити в них результати можна лише до певного рівня, який обумовлюється індивідуальними можливостями спортсмена

Контроль координаційних здібностей полягає в комплексній оцінці різних проявів координації відносно ізолюваного виявлення здатності до оцінки динамічних просторово-часових параметрів руху.

Координаційна структура – це сукупність усіх основних (визначених) внутрішніх взаємозв'язків у системі рухів, а також взаємодії людини з його зовнішнім оточенням під час виконання вправ.

Координаційні здібності – здатність точно, доцільно, тобто найбільш досконально виконувати рухові завдання.

Кут атаки – це кут, утворений лінією горизонту і по-вздовжньою лінією, яка проходить через ЗЦМ.

Кут стійкості – кут, що знаходиться між лінією ваги і похилою лінією, проведеною із ЗЦМ до будь-якої точки межі площі опори тіла.

Кутова швидкість – характеризується величиною кута, на якій повертається тіло за одиницю часу.

Лобовий опір – це сила, з якою середовище протидіє руху тіла відносно нього. Величина лобового опору залежить від поперечного перетину тіла, його обтічності, щільності та в'язкості середовища і відносної швидкості тіла.

Локомоції рухів – для них характерна загальна рухова задача – зусиллями м'язів пересувати тіло людини відносно опори або середовища.

Метод біомеханіки спорту – це основний спосіб дослідження, шлях пізнання закономірностей явищ. Системний аналіз та системний синтез дій з використанням кількісних характеристик, зокрема моделювання рухів.

Механічна енергія бігу визначається швидкостями руху тіла та його ланок, їх розташуванням, тобто кінетичною й потенціальною енергією.

Миттєва швидкість – швидкість біоланки в даній точці її траєкторії в певний момент часу.

Мідель тіла – величина поперечного розрізу тіла в площині перпендикулярній до напрямку руху.

Модельна характеристика спортсмена являє собою норми, які повинен досягти спортсмен для того, щоб показати потрібний результат у змаганні.

Моделювання рухів – це побудова еталону рухів із підбором механізму їх вивчення.

Момент інерції тіла – це міра інертності тіла при обертальному русі.

Момент сили – це міра кругової дії сили на тіло; він визначається добутком модуля сили на її плече.

Моменти кількості рухів тіла – міра обертового руху тіла, яка характеризує здібність передаватися другому тілу у вигляді механічного руху.

Моторика – це розвиток рухової діяльності (сукупність рухових можливостей).

Моторні тести – які використовуються для визначення ступеню моторики.

Надійність – ступінь співпадіння результатів при повторному тестуванні тих самих людей в однакових умовах.

Непружний удар – енергія деформації цілком переходить у тепло.

Норма – гранична величина результату тесту, на основі якої проводяться класифікація спортсмена.

Нормальна реакція середовища – це сила, що діє з боку середовища на тіло, розташоване під кутом до напрямку його руху. Вона залежить від тих же чинників, що і лобовий опір.

Обертові вправи – це вправи, в яких рух навколо осі займає головне місце, коли і потребує управління цими рухами.

Оптичне вимірювання – це метод реєстрації рухів спортсмена, завдяки застосуванню кіно-, фото-, відеотехніки.

Пасивна гнучкість – визначається найвищою амплітудою, якої можна досягнути за рахунок зовнішніх сил.

Пересувні рухи – це рухи, задача яких полягає в пересуванні будь-якого тіла (снаряду, партнера).

Період рухів – це сукупність фаз, що мають спільні особливості.

Підйомна сила – з'являється при обтіканні тіла потоком води. Вона пропорційна площі горизонтального розрізу тіла і швидкості набігаючого потоку і залежить від кута атаки.

Планування навантажень – це процес створення плану, щодо росту чи зміни об'ємів та інтенсивності навантажень у перспективі у відповідності до встановлених задач тренування.

Плече сили – найкоротша відстань від центру моменту, відносно якого береться момент сили, до лінії дії сили.

Площа опори системи – це площа, що обмежена всіма крайніми точками опори тіла.

Порівняльна ефективність – це ступінь наближення техніки конкретного спортсмена до техніки спортсмена високої кваліфікації.

Прогнозування – передбачення перспектив розвитку того чи іншого процесу або явища.

Програма руху – це ті умови або обмеження, яким повинен відповідати керований рух.

Пружний удар – це удар, при якому вся механічна енергія зберігається.

Реакція опори – це міра протидії опори дії на її тіла, що знаходиться з нею в контакті. Вона дорівнює силі дії тіла на опору, спрямована в протилежну сторону і прикладена до цього тіла.

Реєстрація біомеханічних характеристик – це автоматичне перетворення і документальний запис на паперовій стрічці, фотоплівці чи магнітофоні, комп'ютері, світлового чи електронного променя результатів вимірювання.

Режим силової роботи залежить від скорочення та подовження м'язів або довжина м'яза не змінюється.

Рекуперація – перехід потенційної енергії в кінетичну, а потім у потенційну і т.д.

Ретарданти – діти, в яких біологічний вік відстає від календарного.

Ритм кроків – як співвідношення тривалості різних рухів, є результат точного дозування м'язових зусиль, їх своєчасності, тривалості, величини, а також швидкості їх зміни.

Ритмічна структура – це закономірності взаємозв'язків рухів у часі, відновлення довжини частин усього рухового акту або дії.

Рухова пам'ять – це коли будь-який рух, вправа або дія виконується автоматично, тобто відбувається автоматизація руху.

Рухова структура – це закономірності взаємозв'язку рухів у просторі і в часі (кінематична структура), а також силових та енергетичних взаємодій (динамічна структура) у системі рухів.

Руховий вік – це середній вік дітей, які показали результат, що дорівнює результату будь-якої дитини при виконанні рухових тестів.

Рухові вміння – це здібність людини виконувати рухи і керувати ними.

Рухові навички – це можливість автоматизовано виконувати рухові дії з мінімальною затратою енергії та з мінімальною кількістю помилок.

Рухові реакції – це сукупність рухових дій, які виникають у відповідь на будь-яку дію.

Селекція – це відбір найобдарованіших дітей.

Сила інерції зовнішнього тіла – це міра дії на тіло людини з боку зовнішнього тіла, що прискорюється людиною; вона дорівнює масі прискорюваного тіла, помноженої на його прискорення: сила інерції зовнішнього тіла при його прискоренні людиною направлена вбік, протилежний прискоренню.

Сила пружної деформації – це міра дії деформованого тіла на інші тіла, що викликають цю деформацію. Пружні сили залежать від властивостей деформованого тіла, а також вигляду і величини деформації.

Сила тертя – це міра протидії рухомому тілу, направленою по дотичній до дотичних поверхонь.

Сила тяги м'язів – сила, яка реєструється на їх кінцях. Залежить від сукупності механічних, анатомічних і фізіологічних умов. Це сила прикладена до місць прикріплення м'яза.

Силові здібності – характеризуються максимальними величинами сили дії, яку може проявити людина. Розрізняють власне силові (статична сила) та швидко-силові (динамічна сила, амортизаційна сила).

Систематична помилка – відхилення середньої точки влучення від центру мішені.

Склад системи рухів – це її елементи, ті рухи, із яких вона складається.

Спортивна травма – механічне руйнування тканин тіла спортсмена.

Стабільність техніки – це її підвищення, досягнення постійного високого результату шляхом зменшення взаємодії (похибок).

Стандартизація рухів – спрямована на забезпечення єдиних вимог до сучасної найбільш раціональної техніки.

Статика вивчає умови рівноваги механічних систем.

Статична вправа – це вправа, під час виконання якої тіло знаходиться в безперервному контакті з верхньою або нижньою опорою.

Структура рухів – закономірності взаємозв'язку рухів у просторі й часі.

Структура системи рухів – найбільш складені й визначені закономірності взаємодії її елементів (підсистем).

Тарування приладів – це нанесення пікали у всьому діапазоні можливих значень вимірюваної величини.

Телеметрія – передача результатів вимірювання на відстані.

Тест – вимір або іспит, який проводиться з метою визначення стану або здібностей людини.

Тілобудова – довжина і маса тіла, пропорції тіла (співвідношення розмірів окремих частин, особливості конструкції).

Тонometrів – це вимірювання тонузу м'язів.

Тонус м'язів – це стійке довготривале збудження нервових центрів і м'язових тканин, яке не супроводжується стомленням.

Топографія м'язів – це розділ анатомії, який вивчає розміщення м'язів у тілі людини.

Точність рухів – це ступінь її наближення до вимог рухового завдання.

Траєкторія руху ЗЦМ – шлях, який проходить ЗЦМ при виконанні вправ.

Удар – короткочасна взаємодія тіл, в результаті якої різко змінюються їх швидкості.

Фаза рухів – це найменший елемент системи рухів (тимчасовий), який включає всі рухи від початку до кінця, і який здійснює визначене завдання.

Фазова структура – це основні закономірності взаємодії, взаємозв'язку фаз за їх різними кінематичними і динамічними характеристиками.

Фізичне навантаження – це навантаження, яке виникає під впливом дії на організм спортсмена фізичних вправ і рухових дій.

Центр мас тіла (ЦМ) – точка, де перетинаються лінії дій усіх сил, які приводять тіло до поступового руху та не викликають обертання тіла.

Частота рухів – кількість рухів, яка виконується за одиницю часу.

Швидкісна підготовка – спеціальна підготовка направлена на підвищення швидкісних здібностей.

Швидкісні здібності – здібності людини здійснювати рухові дії за мінімальний для даних умов проміжок часу.

Швидкість вильоту – це сума швидкостей, які набуваються снарядом на кожному із етапів.

Швидкість обертання тіла – відстань, яку проходить тіло при обертовому русі за одиницю часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бернштейн Н.А. О ловкости и ее развитии / публ. подгот. И.М. Фейгенбергом; [вступ. статьи В.М. Зациорского, И.М. Фейгенберга]. М. : Физкультура и спорт, 1991. 287 с. с ил.
2. Біомеханіка спорту: навчальний посібник для студентів вищих навч. закладів з фіз. виховання і спорту / за ред. А.М. Лапутін. Київ : Олімпійська література, 2001. 320 с.
3. Донской Д.Д. Биомеханика : учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов. Москва : Просвещение, 1975. 239 с. с ил.
4. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. М. : Физкультура и спорт, 1971. 288 с.
5. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: уч-ник для ин-тов физ. культ. Москва : Физкультура и спорт, 1979. 264 с., ил.
6. Євсєєв А.Г. Лабораторні роботи з біомеханіки: навч. посібн. для студентів фак. фіз. вих. пед. ін-тів та університетів. 2-е вид. Вінниця : ВДПУ. 2005. 81 с.
7. Жуков Е.К., Котельников Е.Г., Семенов Д.А. Биомеханика физических упражнений. Москва : Физкультура и спорт, 1963. 260 с.
8. Зациорский В.М., Алешинский И.С., Якунин Н.А. Биомеханические основы выносливости. Москва : Физкультура и спорт, 1982. 206 с.
9. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. Москва : Физкультура и спорт, 1981. 143 с. с ил.
10. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. Лабораторные работы. Киев : Выща школа. 1976. 88 с.
11. Практическая биомеханика : пособ. / А.Н. Лапутин и др. ; за ред. А.Н. Лапутин. Киев : Науковий світ, 2000. 300 с.
12. Мартиросов Э.Г. Методы исследования в спортивной антропологии. Москва : Физкультура и спорт, 1982. 199 с.
13. Біомеханіка фізичного виховання і спорту: навч. посіб. / М.О. Носко, О.В. Бріжатиї, С.В. Гаркуша, І.А. Бріжата. Київ : [МП Леся], 2012. 286 с.
14. Оноприенко Б.И. Биомеханика плавания. Київ : Здоровье, 1981. 192 с.
15. Уткин В.Я. Биомеханика физических упражнений: учебное пособие для фак. физ. воспитания пед. ин-тов физ. культуры. Москва : Просвещение. 1989. 205 с. : ил.
16. Язловецкий В.С. Біомеханіка фізичних вправ: навч. посібн. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. Володимира Винниченка. 2003. 140 с.
17. Функціональна анатомія: підручник для студентів навчальних закладів з фізичного виховання і спорту III та IV рівнів акредитації ; за ред. Федонюка Я.І., Мицкана Б.М. Тернопіль : Навчальна книга - Богдан. 2007. 552 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА3

Модуль 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА4

1. АНАТОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХІВ.
ВИДИ І РЕЖИМИ РОБОТИ М'ЯЗІВ4
 - 1.1. Види роботи м'язів.....4
 - 1.2. Елементи біомеханіки м'язів.....5
 - 1.3. Характеристика положень тіла.....11
 - 1.4. Загальний центр ваги
і його роль у механічній стійкості тіла13
 - 1.5. Загальна класифікація рухів18
 - 1.6. Анатомічна характеристика положень тіла.....19
 - 1.6.1. Положення тіла при нижній опорі20
 - 1.6.2. Опора лежачи.....24
 - 1.6.3. Положення тіла при верхній опорі.....27
 - 1.6.3.1. Вис на випрямлених руках.....27
 - 1.6.3.2. Вис на зігнутих руках.....29
 - 1.6.3.3. Опора на паралельних брусах.....30
2. БІОМЕХАНІЧНА СТРУКТУРА ФІЗИЧНИХ ВПРАВ33
3. БІОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ
ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ52
4. ПРЕВЕНТИВНА БІОМЕХАНІКА: ПОПЕРЕДЖЕННЯ
ШКІЛЬНОГО СПОРТИВНОГО ТРАВМАТИЗМУ63
5. ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ
ПРИЛАДІВ У МЕТОДИКАХ МЕХАНОТЕРАПІЇ.....67

Модуль 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА84

Практична робота № 1

Обчислення координат ЗЦВ тіла людини в фіксованій
позі за фотограмою аналітичним методом.....84

Практична робота № 2

Вимірювання стійкості рівноваги
тіла людини за фотограмою90

<i>Практична робота № 3</i>	
Силкові характеристики рухів людини.....	101
<i>Практична робота № 4</i>	
Енергетичні характеристики рухів людини.....	104
<i>Практична а робота № 5</i>	
Руховий апарат як біомеханічна система. Вимірювання довжини біоланок та обчислення їхньої ваги й біомаси	107
<i>Практична робота № 6</i>	
Визначення положення ЗЦТ тіла людини графічним способом.....	110
<i>Практична робота № 7</i>	
Дослідження кінематичних характеристик рухів людини під час ходьби та бігу.....	113
<i>Практична робота № 8</i>	
Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи по кінограмі	115
<i>Практична робота № 9</i>	
Побудова траєкторій біоланок за біокінематичною схемою фізичної вправи	117
<i>Практична робота № 10</i>	
Побудова хронограм за матеріалами кінозйомки фізичної вправи	118
<i>Практична робота № 11</i>	
Визначення лінійних швидкостей руху біоланок за біокінематичною схемою фізичних вправ	121
<i>Практична робота № 12</i>	
Визначення дослідно-механічним методом місця перетину вертикалі ЗЦМ тіла і площі опори.....	123
ПИТАННЯ СЕМЕСТРОВОГО ЕКЗАМЕНУ	126
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	131
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	141

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

БІОМЕХАНІКА

Навчально-методичний посібник

УКЛАДАЧІ:

ЗАКІН Андрій Володимирович,
заслужений працівник фізичної культури і спорту,
заслужений тренер України з пауерліфтингу,
кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної
реабілітації та медико-біологічних основ фізичного виховання
Кам'янець-Подільського національного
університету імені Івана Огієнка;

СУДАК Наталя Іванівна,
магістр фізичного виховання, суддя національної категорії
з пауерліфтингу, провідний фахівець відділу моніторингу
якості підготовки фахівців та підвищення їх кваліфікації
Кам'янець-Подільського національного
університету імені Івана Огієнка.

Підписано до друку 19.03.2020 р. Гарнітура «Книжник».
Папір офсетний. Друк різнографічний.
Формат 60x84/16. Умовн. друк. арк. 8,4. Обл.-вид. арк. 7,9.
Тираж 100. Зам. № 892.

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,
вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300.
Свідоцтво серії ДК № 3382 від 05.02.2009 р.

Надруковано в Кам'янець-Подільському національному
університеті імені Івана Огієнка,
вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300.