

Лекція № 5.

Біомеханічні аспекти силових та швидкісних якостей.

Моторикою називається сукупність *рухових якостей* людини. Різні рухові завдання (навіть в однакових рухових діях, наприклад, у спринтерському та марафонському бігу), висувають до організму спортсмена різні вимоги, викликаючи прояв різних рухових якостей. Рухові якості – це окремі, якісно різні сторони моторики людини. Поняття "Рухова якість" об'єднує ті сторони моторики, які проявляються в однакових характеристиках, однаково вимірюються і мають багато спільного.

Розрізняють наступні рухові якості: силові, швидкісні, витривалість, гнучкість і спритність.

1. Власне силові якості. Максимальна сила дії людини.

Топографія сили

У кінезіології *силою дії людини* називається міра її впливу на фізичне середовище, яка передається через робочі точки його тіла; сила дії людини визначається *точкою прикладання, напрямком та модулем* (величиною). Величина сили дії людини залежить від стану організму та її вольових зусиль (наміру проявити ту чи іншу силу).

Силові якості умовно можна розділити на *власне силові* та *швидкісно-силові* (прояв статичної сили при ізометричній роботі м'язів та прояв динамічної сили при їх долаючій та уступаючій роботі).

Сила дії людини безпосередньо залежить від *сили тяги м'язів*. Найбільшу силу м'язи можуть розвивати при значному скороченні і значно

меншу – в розтягнутому стані. При відносному переміщенні частин тіла плече прикладання сили м'яза може змінитися деколи у 3-4 рази. Враховуючи, що кожен рух відбувається при скороченні цілої функціональної групи м'язів, закономірності біомеханіки м'язів проявляються більш завуальовано, ніж у лабораторному експерименті з ізольованим м'язом.

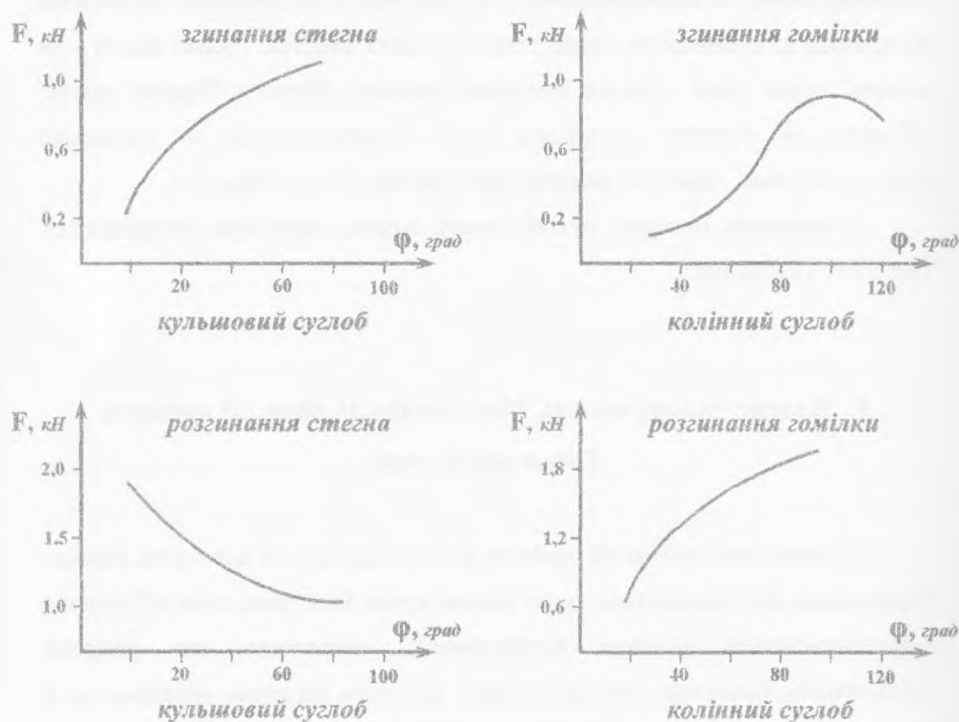


Рис. 5.1. Залежність максимальної сили згиначів та розгиначів стегна і гомілки від кутів в суглобах

Сила дії людини залежить від положення її тіла, так як зі зміною кутів в суглобах змінюється довжина м'язів та плече їх дії. Особливо складна картина спостерігається при рухах за участю багатосуглобових м'язів.

Експериментальні дані щодо максимальної сили м'язів, що згинають та розгинають стегна і гомілки, показані на рис. 5.1.

При прямому куті у ліктьовому суглобі його згиначі програють у силі приблизно в 10 разів:

Суглобовий кут, град.	180	160	140	120	100	80	60
Плече сили тяги довгої головки двоголового м'яза плеча, мм	11,5	16,8	26,9	37,4	43,5	45,5	39,2

Для кожного односуглобового руху існує певна залежність між суглобовим кутом і максимальною силою дії людини. Коли ж в русі приймають участь багатосуглобові м'язи (а в спорті так буває у більшості випадків), картина ускладнюється, оскільки довжина цих м'язів залежить від кутів у сусідніх суглобах. Наприклад, максимальна сила дії при згинанні у колінному суглобі залежить від кута не тільки у цьому суглобі, але й у кульшовому.

Виявляється, що в уступаючому режимі м'язи можуть розвивати силу, яка більша за максимальну статичну силу в 1,5 – 2 рази (див. рис. 7.2). Причому, більше значення сили спостерігається при швидкому розтягу м'язів.

У певних позах – критичних – сили м'язів можуть призвести до травми, тому таких поз слід уникати.

Топографія сили – це співвідношення максимальної статичної сили різних функціональних м'язових груп. У спортсменів, на відміну від осіб, які не займаються фізкультурою і спортом, топографія сили змінена, і залежить

від спортивної спеціалізації. Неправильна топографія сили у ряді випадків може передшкочжати оволодінню раціональною технікою. Найбільшу силу тяги, як відомо, розвивають м'язи ніг та спини, що й використовують веслярі-академісти, важкоатлети, санкарі і ін.

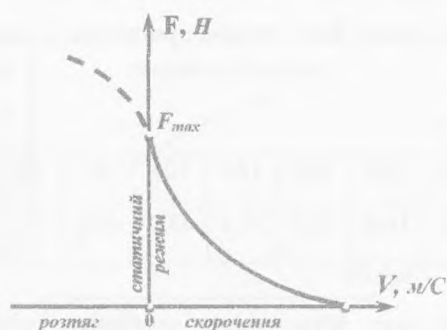


Рис. 5.2. Зв'язок між силою тяги і швидкістю скорочення м'яза в долаючому та уступаючому режимах

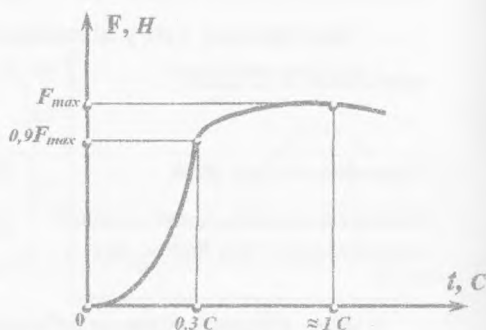


Рис. 5.3. Наростання сили з плином часу

2. Біомеханічні аспекти швидкісно-силових якостей людини та їх оцінка.

Цікавою є залежність сили дії людини від швидкості руху частин її тіла, яка залежить від швидкості скорочення м'яза (див. рис.7.2). Якщо дослідити силу та швидкість скорочення окремих м'язів людини, забезпечивши кровопостачання, еферентацію та аферентацію ізольованого м'яза людини (що вдається здійснити лише на ампутантах), то прослідковується залежність Хілла "сила-швидкість", одержана

експериментально на м'язах амфібій та розрахована теоретично методами термодинаміки. При реєстрації сили дії, обумовленої сукупною активністю багатьох м'язів, картина дещо складніша. І якщо при скороченні односуглобових м'язів залежність Хілла як правило зберігається, то при роботі багатосуглобових м'язів, особливо на "краях" залежності, її характер часто змінюється, що обумовлене рефлекторним прагненням запобігти травмам сухожилків і м'язів внаслідок інерційного удару (наприклад дії, що запобігають травмам кінцівок металників при метанні полегшених приладів).

Вираз "швидкість" вживається не лише для характеристики інтенсивності руху точки або тіла, а й як міра інтенсивності зміни інших показників, в тому числі і сили.

Сила певних функціональних м'язових груп при виконанні будь-якого рухового завдання постійно змінюється (див. рис. 7.3.), а від швидкості зміни сили часто залежить спортивний результат у багатьох фізичних вправах (біг, метання і ін.), максимальну силу необхідно розвивати за малий проміжок часу, так як окремі фази вправи тривають не довше 0,25 – 0,09 С (відштовхування для стрибка у висоту або в спринтерському бігу), а час, необхідний для досягнення максимальної сили, коливається у межах 0,8 – 1,0 С (90 % від своєї максимальної сили тяги м'яз людини досягає приблизно за 0,3 С).

Якщо один спортсмен за короткий час може розвинути силу, що перевищує аналогічний показник іншого спортсмена (див. рис. 7.4.), то не дивлячись на це, що максимальна сила другого – вища, перший матиме перевагу при виконанні вправ в умовах так-званого *дефіциту часу*.

Математично швидкість наростання (градієнт) сили буде виражатися, як перша похідна від сили по часу: dF/dt (рис. 5.5).

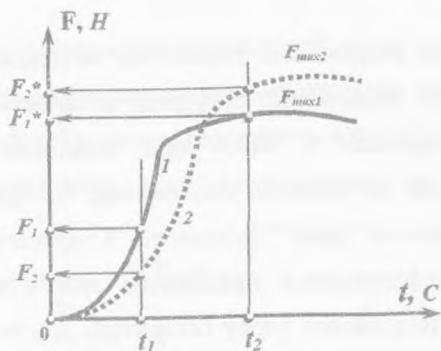


Рис.5.4. Наростання сили тяги м'язів з плином часу у двох спортсменів

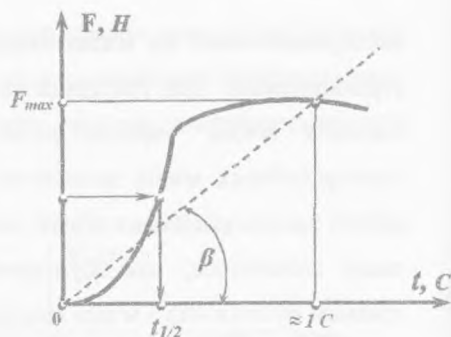


Рис. 5.5. Визначення швидкісно-силового індексу

Для чисельної характеристики швидкості наростання сили використовують три показники:

- час досягнення сили, рівної половині від максимальної: (нерідко власне цей показник називають градієнтом сили);

- частка від ділення F_{\max}/t_{\max} : цей показник називають швидкісно-силовим індексом. Він рівний тангенсу кута β (див. рис.5.5.).

- коефіцієнт реактивності, що використовується у випадку переміщення не спортивного приладу, а власного тіла (по Ю.В.Верхошанському):

3. Біомеханічні вимоги до спеціальних силових вправ.

При виборі силових вправ перш за все слід впевнитися у тому, що будуть активними саме ті м'язи, силові якості яких необхідно коректувати.

Навіть невеликі зміни пози тіла можуть призвести до того, що активними стануть зовсім інші м'язові групи. У нижче наведені значення суглобових моментів (Нм) при виконанні присідань спортсмена масою 75 кг із штангою 50 кг (за даними Плагенхофа):

Кути у суглобах (градуси)		Моменти сил у суглобах (Нм)		
<i>Кульшовий</i>	<i>Гомілково-стопний</i>	<i>Кульшовий</i>	<i>Колінний</i>	<i>Гомілково-стопний</i>
145	110	185	170	25
110	130	76	175	4
145	100	185	10	38
165	90	218	-22	22

Сьогодні у для багатьох видів спорту складені електроміографічні карти активності м'язів при виконанні змагальних та інших вправ.

Експериментально доведено, що менший приріст сили але більший перенос на вправи, яким спеціально не тренувалися, спостерігається при тренуванні м'язевих груп в розтягнутому стані, і навпаки – при тренуванні коротких м'язів.

Вправи, призначені для виховання силових якостей, необхідних при виконанні основних змагальних вправ, називаються спеціальними силовими вправами. З біомеханічних позицій такі вправи повинні відповідати *принципам динамічної відповідності* за Ю.В.Верхошанським, тобто відповідати змагальним вправам за наступними *критеріями*:

- амплітудою та напрямком робочої амплітуди руху;
- акцентованим відрізком робочої амплітуди руху;
- характером навантаження та його величиною;
- швидкістю скорочення м'язів (частотою рухів);

- режимом роботи м'язів.

Застосування для розвитку розгиначів ніг велосипедистів присідань на одній нозі або піднімання в положенні лежачи на похилій лаві вантажу, прикріпленого до стопи, з метою розвитку м'язів передньої поверхні стегна у бігунів-спринтерів, та інші вправи – як виявилось – не відповідають зовсім або частково вище вказаним критеріям і тому не приводять до потрібних змін у м'язових групах, які тренуються, унаслідок слабкого переносу досягнутого ефекту на змагальні дії

Як спеціальні силові вправи, тренери часто використовують так званий "*спосіб спряженої дії*" навантаження: виконуються змагальні вправи, але з штучними довантаженнями (або збільшеним опором рухові): метання більш масивних приладів, біг, стрибки чи ігри з додатковими вантажами на тілі, біг в гору, по піску, снігу та ін.

Дуже перспективним є використання у тренувальному процесі розроблених у тоді Київському Державному університеті фізкультури *спеціальних костюмів з вантажними*, пропорційними масам окремих частин тіла та локалізованими можливо якнайближче до центрів їх мас. Ці вантажі пропорційно збільшують навантаження на м'язи, які долають інерцію частин тіла при виконанні швидких рухів і збільшену силу тяжіння. У такому костюмі спортсмен працює в умовах, подібних до гіпергравітації.

4. Комплексна та елементарні форми прояву швидкісних якостей.

Швидкісні якості характеризуються умінням людини виконувати рухові завдання за мінімальний для даних умов проміжок часу. При цьому

передбачається, що рухове завдання виконується протягом нетривалого часу і втома не настає.

Прийнято виділяти *три елементарні форми прояву швидкісних якостей*, які відносно незалежні одна від одної:

- *швидкість поодинокого руху* (при мінімальному опорі рухові);
- *частота рухів*;
- *латентний (прихований) час реакції*.

На практиці частіше випадає зустрічатися з *комплексною формою прояву швидкісних якостей*, наприклад: у спринтерському бігу результат залежить і від швидкості зведення стегон в безопорній фазі, і від частоти кроків, і від часу реагування на стартовий постріл. Але спортивний результат у значній мірі залежить також і від силових якостей, витривалості, техніки виконання рухових дій тощо. Тому для об'єктивного біомеханічного аналізу власне *елементарні форми прояву швидкісних якостей* є найбільш зручними.

Якщо частота рухів та час реакції в процесі тренування можуть бути значно покращені (що пов'язане з формуванням раціональної міжм'язової координації та утворенням стійкої рухової навички), то швидкість одиничного руху характеризується індивідуальними особливостями будови м'язової тканини (співвідношенням кількості швидких (тонічних) та повільних (фазичних) м'язових волокон), і в процесі тренувань її підвищити практично не вдається. Цей феномен може бути використаний при відборі юних спортсменів для їх подальшої спортивної спеціалізації.

В спорті існує два види рухових завдань, які вимагають максимального прояву швидкісних якостей. У першому випадку необхідно показати максимальну миттєву швидкість (стрибки, метання, ударні дії тощо); в другому за мінімальний час необхідно виконати все *рухове завдання*

(спринтерський забіг, заллив і т.ін.). У цьому випадку результат залежить і від динаміки (розкладки) швидкості на дистанції.

Доведено, що здатність набирати більшу швидкість на старті та підтримувати її на дистанції – відносно незалежні одна від одної якості, причому час досягнення своєї максимальної швидкості однаковий для майстрів та новачків, в той час як значення цієї максимальної швидкості у них різне.

У багатьох рухових завданнях, які виконуються з максимальною швидкістю, розрізняють дві фази: стартовий розгін та фазу відносної стабілізації швидкості на дистанції (див. рис.7.6.):

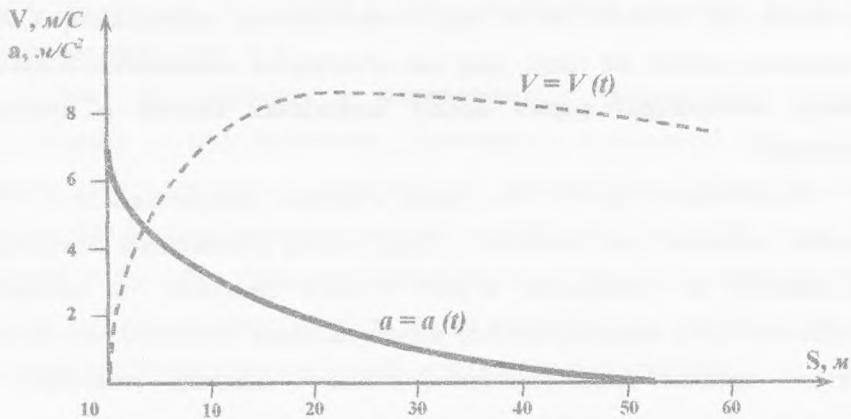


Рис. 7.6. Швидкість та прискорення в спринтерському бігу (за Ю.М.Прімаковим).

У деяких видах спорту більш важливим є стартове прискорення (спортивні ігри), в інших – дистанційна швидкість (стрибок у довжину), у третіх – і те і інше (спринтерський біг).

Реєстрація *спідограм* (залежність швидкості пересування від пройденої дистанції) в умовах тренувань та змагань дозволяє вибрати найбільш раціональну тактику проходження дистанції, виявити слабкі сторони підготовленості спортсмена, а також, використовуючи метод вичислення прискорень в кожному циклі, оцінити силові можливості спортсмена.

Між елементарними формами прояву швидкісних якостей у різних людей кореляція дуже мала. Наприклад, можна мати дуже хорошу реакцію та повільні рухи і навпаки. Тому кажуть, що елементарні форми прояву швидкісних якостей відносно незалежні одна від одної.

В рухах циклічного характеру швидкість пересування безпосередньо вираховується за частотою рухів та шляхом, що проходить спортсмен за один цикл:

5. Фази рухової реакції. Види рухових реакцій.

Антиципація як передбачення розвитку ситуації.

В рухових реакціях розрізняють наступні фази:

- *сенсорну фазу* (від моменту подачі сигналу – подразника – до перших ознак м'язової активності, що звичайно виявляються за електроміограмами);
- *премоторну фазу* (до початку руху частини тіла). Перші дві фази утворюють *латентний (прихований) час реакції*;
- *моторну фазу* (від початку руху до його завершення, наприклад: удару по м'ячу і т.ін.).

Якщо тривалість премоторної фази найбільш стабільна (25 – 60 мС), то сенсорна та моторна фази реакції в процесі тренувань можуть бути суттєво скорочені (в першу чергу – сенсорна фаза).

Розрізняють *прості* та *складні* рухові реакції.

Прості реакції – це відповідь наперед відомими діями на наперед відомий (відомі) *подразник* (подразники), що раптово з'являється (наприклад, стартові дії).

Складні реакції передбачають відповідь на різні подразники різними діями (з необхідністю вибору), наприклад: реакцію на зміни актичної обстановки, вибір напрямку та сили удару в залежності від дій суперника, прийняття тактичного рішення у складній змагальній ситуації тощо, а також реагування на об'єкти, що рухаються – Р.Р.О.

Реакції простого вибору (наприклад: реагувати на один подразник і не реагувати на інший), які традиційно відносили до складних реакцій, сьогодні більшість фахівців схильна об'єднати з простими, а до складних рухових реакцій відносити лише такі, які вимагають блискавичної обробки значного обсягу інформації про навколишню обстановку та вибору (чи навіть синтезу) з широкого арсеналу технічних дій найефективніших у цій ситуації.

Для успішних дій під час Р.Р.О. необхідно мати певний мінімальний (так званий *критичний*) час для спостереження за об'єктом супроводу (йде автоматичний супровід потрібного об'єкту – м'яча, волана, суперника тощо – очима аж до повороту голови в зону можливого його перехоплення, яке здійснюється приблизно через 120 мс після початку супроводу). Якщо поворот голови вслід за об'єктом спостереження не встиг здійснитися, або час слідування взагалі малий, успішність дій спортсмена різко знижується.

Велике значення у складних реакціях має *антиципація* (передбачення) дій суперника, вірогідної зміни ситуації, очікуваної поведінки спортивного приладу тощо, бо у ряді випадків (наприклад, при виконанні штрафних ударів) існують "*мертві зони*" воріт, з яких м'яч не може бути відбитий воротарем при умові початку його дії після моменту виконання удару згідно правил змагань.

Завузування сутності поняття антиципація до відгадування дій суперника не розкриває його істинного значення. Але власне антиципація дозволяє найвидатнішим спортсменам досягати вершин у більшості видів спорту: підсвідомо (бо свідомість постійно зайнята вирішенням тактичних і стратегічних завдань, а часто і переробкою вербальної інформації від тренерів, партнерів тощо) аналізуючи безліч на перший погляд неголовних факторів, вони приймають рішення про свої майбутні дії значно раніше від молодих недосвідчених конкурентів, часто виконуючи "незрозумілі" *випереджуючі дії*, що дає можливість проходити трасу значно швидше і безпечніше, діяти більш надійно і несподівано, завдавати швидких влучних ударів чи виконувати переможні постріли, і т.ін. Власне антиципація дозволяє максимально проявити усі свої рухові якості, можливості і навички.