Лекція 7.

Біомеханічні особливості переміщаючих рухових дій

1. Завдання і приклади переміщаючих рухових дій

Завданням переміщаючих рухових дій є переміщення спортивних приладів на точність (стрільба, спортивні ігри, фехтувальна зброя або боксерська рукавичка), дальність (метання), по заданій траєкторії (предмети в художній гімнастиці), з дотриманням ряду специфічних вимого щодо способу виконання рухової дії (штанга), а також переміщення суперників (боротьба), партнерів (фігурне ковзання, акробатика) тощо.

2. Дальність польоту спортивних приладів

Оскільки більшість переміщаючих рухових дій пов'язана з метаннями, стрільбою, ударами по м'ячу тощо, розглянемо основні біомеханічні характеристики польоту спортивних приладів.

Дальність і точність польоту спортивних приладів залежить від висоти і кута їх випуску та швидкості вильоту, а також від аеродинамічної взаємодії з повітряним середовищем та його переміщення (напрямок і швидкість вітру).

Якщо не враховувати впливу середовища, то ***оптимальним кутом випуску*** спортивних приладів є кут 45 градусів відносно горизонталі. Проте враховуючи силу лобового опору середовища, а також інші аеродинамічні ефекти, реальні оптимальні кути випуску різних спортивних приладів набирають значення 38 – 41 град. для ядра, 30-40 град. для списа, 36 – 38 град. у безвітряну погоду і менше 30 град. проти вітру – для диска, 42 – 44 град. для молота тощо.

Кут випуску розглядають як ***кут місцевості, азимут*** і ***кут атаки***. ***Кут місцевості*** – це кут між горизонталлю і напрямком вектора швидкості (див.

рис.5.1). Цей кут задається метальником, спортсменом-гравцем, стрільцем, і впливає на точність попадання вгору – додолу (або вперід-назад).

Азимут – це кут відхилення початкової траєкторії польоту предмета від заданого напрямку (наприклад, бісектриси сектора для метань) праворуч-ліворуч; цей кут і визначає цільову точність у вказаному напрямку.

Кут атаки – це кут між поздовжньою віссю спортивного приладу і траєкторіїю польоту. Наприклад, спис метальники стараються випустити з нульовим, а диск – з від'ємним кутом атаки, який у поєднанні з власним обертанням диска навколо його поперечної осі, створює підйомну силу, що збільшує дальність його польоту. Круглі предмети (типу м'ячів, ядра і ін.) поздовжньої осі не мають, тому кути атаки при їх польоті не розраховуються.

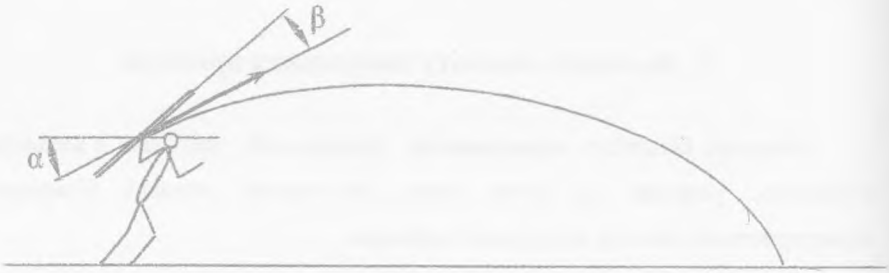

Рис.5.1. Характеристики польоту спортивних приладів:
α - кут місцевості, **β** - кут атаки

Швидкість випуску спортивних приладів істотно впливає на дальність їх польоту. І так само, як у випадку кінетичної енергії, або сили лобового опору, збільшення швидкості випуску в 1,5 разів повинно збільшити дальність польоту приладу у 2,25 разів. Так, швидкість випуску ядра 10 ***м/С*** відповідає результату 12 м, а швидкість 15 ***м/С*** - результату 25 м.

Провідні спортсмени світу випускають тенісні м'ячі і шайби з швидкістю понад 50 ***м\С***, спис, футбольні та волейбольні м'ячі – з швидкістю до 35 ***м/С***.

Проте лобовий опір також залежить від квадрату швидкості руху тіла, тому відразу після випуску швидкість приладів інтенсивно падає.

3. Біомеханіка польоту спортивних приладів. Ефект Магнуса

З практики відомо, що закручені в момент випуску м'ячі змінюють в польоті напрямок своєї початкової траєкторії руху. Пояснення цього феномену – в різниці швидкостей обтікання м'яча з різних його сторін (див. рис. 5.2):

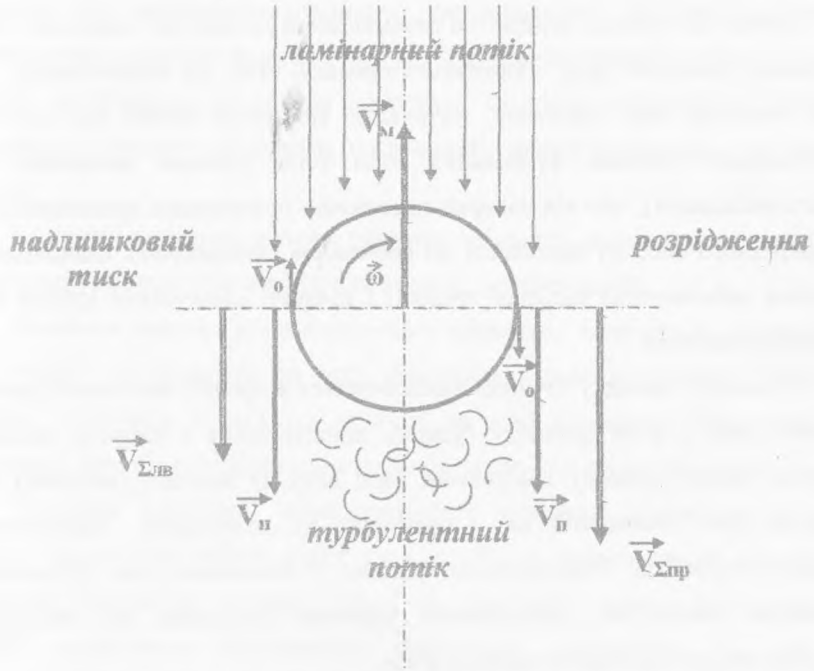

Рис.5.2. Розрахункова схема траєкторії польоту м'яча після крученого удару.

Обертаючись, м'яч затягує за собою поверхневий шар повітря. Згідно з розрахунковою схемою на рис. 5.2, сумарна швидкість обтікання м'яча зустрічним потоком з лівого боку менша, ніж з правого внаслідок

геометричного додавання власної швидкості потоку до лінійної швидкості обертання поверхневого шару повітря. Згідно ***закону Бернуллі***, в зоні підвищеної швидкості виникає понижений тиск (розрідження), що й спричиняє відхилення траєкторії руху м'яча праворуч.

4. Точність в переміщаючих діях

Взагалі термін ***точність руху*** характеризує його відповідність вимогам рухового завдання. Тому будь-яка рухова дія може бути виконана лише при умові достатьо точного її виконання.

Оцінюючи точність конкретної переміщаючої рухової дії, мають на увазі відхилення траєкторії руху спортивного приладу, який ми переміщаємо, від певної точки або зони простору, наприклад від центру мішені для стрільби, баскетбольного кошика, футбольних воріт тощо (***цільова точність*** або точність попадання), або від наперед однозначно обумовленої траєкторії руху чи конкретного способу виконання дії (***точність слідкування***). Відповідно й механізми забезпечення цільової точності і точності слідкування істотно між собою відрізняються.

У першому випадку точність забезпечується в процесі виконання замаху, ударного руху і фази контакту (удари), прицілювання і випуску приладу (постріл), замаху, розгону і фінальної фази випуску приладу (метання), які тривають дуже обмежений час і практично не дозволяють здійснювати корекцію рухової дії безпосередньо під час її виконання, що обумовлене обмеженою швидкістю проходження нервових імпульсів по ланцюжку «рецептор-кондуктор-кора-кондуктор-м'яз».

Точність слідкування передбачає постійну корекцію дій протягом усього виконання вправи, використовуючи при цьому центральний і периферичний (за М.О.Бернштейном) цикли взаємодії тіла спортсмена і навколишнього середовища. Керуюча дія головного мозку (команди м'язам) змінюється як в залежності від сигналів, що поступають від самих м'язів у

процесі їх скорочення з метою забезпечення заданого руху, так і в залежності від сигналів, що поступають з інших рецепторів тіла людини (зір, слух, тактильні і кінестезійні відчуття тощо), які реагують на відповідь зовнішнього середовища (зовнішні впливи), викликану виконанням цієї дії.

Цільова точність характеризується величиною відхилення від цілі праворуч-ліворуч та вперед-назад (вгору-додолу). Відхилення середньої точки попадання від центра мішені називають ***систематичною похибкою***. Розсіювання результатів попадання в ціль найчастіше має нормальний закон розподілу, який характеризується ***середньоквадратичним*** (***стандартним***) ***відхиленням***. Величина, обернена стандартному відхиленню, називається кучністю, яка характеризує точність переміщаючих дій при відсутності систематичної похибки. В загальному випадку для об'єктивної оцінки цільової точності необхідно знати чотири показники: систематичні похибки і кучності попадання в обидвох напрямках (наприклад праворуч-ліворуч та вгору-додолу).

У деяких випадках цільову точність оцінюють за відсотком попадань (наприклад у ворота, в баскетбольний кошик, у силует тощо).

Точність ударних рухів досягається найважче, адже час їх виконання – найменший, і не дозволяє по ходу виконання вправи виправляти помилки. Похибка попадання по м'ячу у футболі на один сантиметр призводить до відхилення його від потрібної траєкторії вже через 20 м аж на два метри(!).

Точність метання характеризується задаючою швидкістю вильоту приладу за рахунок роботи м'язів ніг і тулуба та коректуючими діями рук. Правильно побудовані метальні рухові дії дозволяють (правда ще задовго до моменту досягнення підсумкового результату) виправляти по ходу їх виконання відхиляючі помилки.

В обидвох випадках цільова точність залежить від правильно вибраного напрямку і величини вектора швидкості вильоту прилада.

Точність слідкування оцінюється за відхиленнями тіла, яке переміщають, від заданої траєкторії та швидкості руху в конкретні моменти

часу, які називають граничним позами та положеннями. Найчастіше у випадку завдань на слідкування застосовується спосіб експертної оцінки (художня гімнастика, акробатика, обов'язкова програма у фігурному ковзанні).

3. Біомеханічні особливості ударної взаємодії

Ударом прийнято рахувати коротку взаємодію двох тіл, яка триває не більше 0,03 секунди і характеризується взаємною передачею енергії лише шляхом ударної взаємодії (без поштовху). ***Поштовх*** – це взаємодія тіл, яка супроводжується виконанням механічної роботи одного тіла над іншим (як правило, одним із взаємодіючих тіл є спортсмен, який може виконувати механічну роботу за рахунок м'язового скорочення над іншим тілом: м'ячем, суперником, ядром, а також переміщувати власне тіло відносно опори), тобто у цьому випадку закон збереження імпульсу системи тіл:

$$m_1 \cdot \vec{V_1} + m_2 \cdot \vec{V_2} = m_1 \cdot \vec{U_1} + m_2 \cdot \vec{U_2}$$

не може бути використаний, оскільки в систему підводиться зовнішня енергія.

Взагалі кажучи, жодна контактна взаємодія неможлива без елементів поштовху, проте у випадку тривалості удару до 0,03 ***С*** роботою поштовхової сили у зміні імпульсів тіл можна знехтувати.

Час контактної взаємодії ***ударника*** і ***мішені*** в гольфі рівний 0,001 – 0,002 ***С***, у великому і настільному тенісі – 0,005 – 0,01 ***С***, нападаючий удар у волейболі – 0,012 – 0,02 ***С*** а нижня передача – біля 0,03 ***С***. До ударів можна віднести усі види пострілів, взаємодію гірськолижника з трасою та ін.

Тривалість більшості ударів у хокеї перевищує 0,04 ***С***, і так само як відштовхування від опорної поверхні у спринтерському бігу (0,08 – 0,12 ***С***), біомеханікою розглядається як комбінація власне ударної взаємодії та

поштовху. Тому приземлення спортсмена після фази польоту (наприклад, після зіскоку із спортивного приладу в гімнастиці) також не може розглядатися біомеханікою як удар (виняток становлять падіння, аварії тощо, які супроводжуються травмами, спричиненими відсутністю амортизуючої дії м'язів, що працюють в уступаючому режимі або дії спеціальних пристроїв пасивної безпеки.

Безперечно, жодна ударна взаємодія не може обійтися без певних втрат механічної енергії системи за рахунок руйнування або пластичної деформації поверхонь контакту або нагрівання тіл, що вдаряються. Оцінити ці втрати дозволяє ***коефіцієнт відновлення***:

$$K = (m_1 \cdot U_1 + m_2 \cdot U_2 \ / \ m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2) \cdot 100\%$$

де $m_{1,2}$ - маси тіл;

$V_{1,2}$ - доударні швидкості;

$U_{1,2}$ - післяударні швидкості,

який показує частку сумарного імпульсу тіл до удару у відсотках, яка залишилася в системі після удару з неминучими при цьому втратами.

Коефіцієнт відновлення при ударі двох біль'ярдних куль , виготовлених із слонової кістки становить 99%, удар по тенісному м'ячику характеризується коефіцієнтом відновлення 95 – 85%, і залежить в першу чергу від якості спорядження, а також від доударної швидкості м'ячика, типу і сили удару; при виконанні подачі у волейболі коефіцієнт відновлення удару по м'ячу не перевищує 55%, а при ударах в боксі – 20%.

Ефективність удару, згідно згаданого вище закону збереження імпульсу механічної системи, залежить від ***швидкісті*** і ***маси ударника***.

Ударні маси при виконанні нападаючих дій волейболістів, каратистів, боксерів, футболістів тощо, розраховані за приведеним вище математичним

виразом згаданого закону, виявились у кілька разів більшими, ніж маси контактуючих з мішенню частин тіла (особливо великою виявилась ударна маса в карате-до). Тому вміння спортсмена у фазі контактної взаємодії з мішенню одночасно напружувати велику кількість м'язів, що забезпечують фіксацію рухів у потрібних суглобах, поєднуючи на певний час ударну частину тіла з сусідніми (а часто – і з тулубом), може бути одним з критеріїв ефективності техніки виконання удару. ***Ударні швидкості*** також можуть бути збільшені в процесі відповідного тренування: у досвідчених спортсменів вони значно перевищують аналогічні показники спортсменів-початківців.

Напрямок ***центральних ударів*** по спортивних приладах проходить через центри їх мас, тому внаслідок такої дії сили на тіло воно рухається поступально, без обертання. Кут падіння м'яча на поверхню після центрального удару рівний куту відбивання від неї.

Нецентральні удари разом з поступальним імпульсом приводять тіло в обертання. Залежно від площини, у якій обертається тіло, нецентральні удари поділяють на ***кручені*** і ***різані***: крученими називаються удари, після яких тіло обертається у горизонтальній площині, а різаними – після яких обертання тіла відбувається у вертикальній площині. Окрім відхилення від початкової траєкторії за рахунок ефекту Магнусса, різані удари характеризуються зміною кута відбивання після падіння на поверхню (див. рис. 5.3).

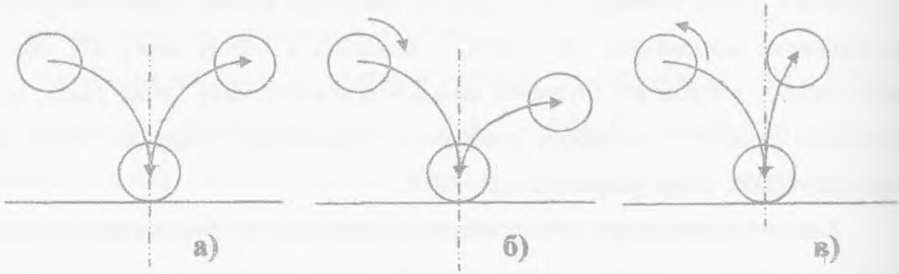

Рис.5.3. Кути падіння і відбивання м'яча від горизонтальної поверхні після центрального (а) та різаних (б і в) ударів.

Залежно від напрямку руху мішені удари можуть бути прямі (по нерухомій мішені) і косі (по рухомій мішені). У випадку косого удару напрямок і швидкість післяударного руху мішені визначається за правилом паралелограма (див. рис. 5. 4):

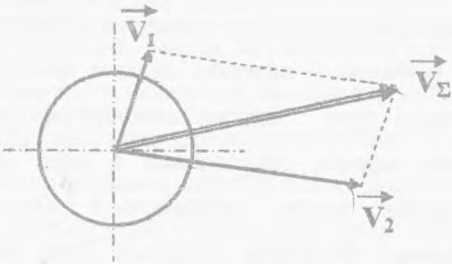

Рис.5.4 . Розрахунок напрямку польоту м'яча після виконання косого удару