

СПЕЦИФИЧНА ПРОФЕСИОНАЛНА ПОДГОТОВКА
В СПОРТНИТЕ УЧИЛИЩА ЗА ОБУЧЕНИЕ
ПО
БИОМЕХАНИКА И БИОМЕХАНИЧЕН АНАЛИЗ
НА ФИЗИЧЕСКИТЕ УПРАЖНЕНИЯ
ЗА XI КЛАС

УЧЕБНИК

13 теми, разпределени в 4 раздела

Автор:

гл. ас. Иван Иванов, доктор

СЪДЪРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. Кинематични и динамични характеристики

на движенията на човека	3
Тема 1.1. Предмет и задачи на биомеханичния анализ. Отправна система. Декартова координатна система. Координатен метод за определяне на местоположение на телата.	3
Тема 1.2. Кинематични характеристики – пространствени и времеви.	8
Тема 1.3. Пространствено-времеви характеристики при постъпателни и въртеливи движения.	11
Тема 1.4. Закони за движение на телата. Класификация на движенията.	15
Тема 1.5. Закони на Нютон. Инерчни характеристики. Силови и енергетични характеристики при постъпателни и въртеливи движения.	18
Тема 1.6. Видове сили, формиращи спортния резултат. Сила на тежестта. Опорна реакция. Съпротивителни сили на средата. Сила на триене. Взаимодействие между вътрешни и външни сили.	25

РАЗДЕЛ 2. Статика

Тема 2.1. Общ център на тежестта на човека. Равновесие – видове. Условия за устойчивост на телата. Равновесие при човека.	30
---	----

РАЗДЕЛ 3. Биомеханика и структура на движенията на човека

Тема 3.1. Биомеханични свойства на костите и ставите. Лост, видове лостове, костно-ставните сегменти като лостове.	34
Тема 3.2. Биомеханични свойства на мускулите. Механично действие на мускулите. Функционална класификация на мускулите.	39
Тема 3.3. Система, елементи, структура. Двигателното действие като система на движението. Физическото упражнение като управляема система.	43

РАЗДЕЛ 4. Биомеханичен анализ

Тема 4.1. Методи за кинематичен анализ – определяне на кинематични характеристики. Примери за ползите от анализа на тези характеристики при конкретни спортове.	50
Тема 4.2. Методи за динамичен анализ – определяне на динамични характеристики. Конкретни примери за ползите от този тип анализ при различните видове спортове.	55
Тема 4.3. Комплексни методи за пълен биомеханичен анализ. Връзка между кинематични и динамични характеристики. Примери.	59

ТЕСТ 1	62
--------------	----

ТЕСТ 2	66
--------------	----

ЛИТЕРАТУРА	70
------------------	----

РАЗДЕЛ I. КИНЕМАТИЧНИ И ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ДВИЖЕНИЯТА НА ЧОВЕКА

ТЕМА 1.1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ НА БИОМЕХАНИЧНИЯ АНАЛИЗ. ОТПРАВНА СИСТЕМА. ДЕКАРТОВА КООРДИНАТНА СИСТЕМА. КООРДИНАТЕН МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ НА ТЕЛАТА

Обобщено казано, биомеханиката е наука, която изучава механичните свойства на биологични обекти.

Чрез изучаването на спортната биомеханика и методите за биомеханичен анализ може да бъдат решени основни задачи, пред които е изправен спортният специалист:

- Да повиши знанията си за строежа, свойствата и функциите на човешкото тяло.
- Да избере най-целесъобразната спортна техника за даден състезател съобразно биомеханичните особености на двигателния му апарат.
- Да изгради най-целесъобразна техника на отделния вид спорт.
- Да оцени и контролира степента на риска, за да намали спортния травматизъм.

Основни понятия:

- ✓ Механично движение, отправно тяло
- ✓ Отправна система, видове
- ✓ Декартова координатна система, видове
- ✓ Координатен метод за определяне местоположението на телата

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Отправна система

Първата важна дефиниция е тази за механичното движение.

Def. Механично движение – изменението на положението на едно тяло спрямо други тела.

Понятието пространство е основополагащо за всички естествени науки. Нютон си е представял пространството като вместилище

на телата. Според него то е безкрайно, хомогенно и изотропно. Пространството не зависи от времето, от телата или от тяхното движение.

Ако в пространството се намира само едно тяло, ние по никакъв начин не можем да определим местоположението му. Винаги говорим за положението или движението на едно тяло спрямо друго тяло. Когато дадено тяло не изменя положението си спрямо други тела, то е в покой спрямо тях (Трофимова, Т., 1994).

Def. Отправно тяло – тяло, спрямо което се определя местоположението и движението на другите тела.

Когато местоположението на едно тяло не се променя с течение на времето спрямо отправното тяло, казваме, че то е в покой. Покоят е относителен, тъй като дадено тяло може да е в покой спрямо едно отправно тяло и в същото време да се движи спрямо друго отправно тяло.

Движението също е относително. То може да се извършва по различен начин спрямо различни отправни тела.

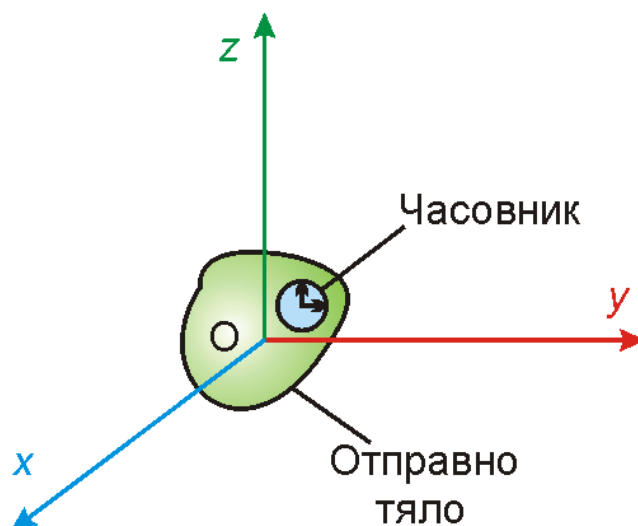
При изучаване движението на телата в много случаи можем да ги сведем до материални точки.

Def. Материална точка е мислен модел на реално тяло, на което пренебрегваме размери, форма и вътрешна структура.

Материалната точка има маса, равна на масата на тялото. Тя е идеализиран модел, който се използва с цел по-просто и по-лесно да се описват движенията на телата (Трофимова, Т., 1994).

За да можем еднозначно да определим местоположението на тяло в пространството в даден момент от време, се използва отправна система.

Def. Отправна система – отправно тяло, неподвижно свързано с координатна система.



Фиг. 1. Отправна система

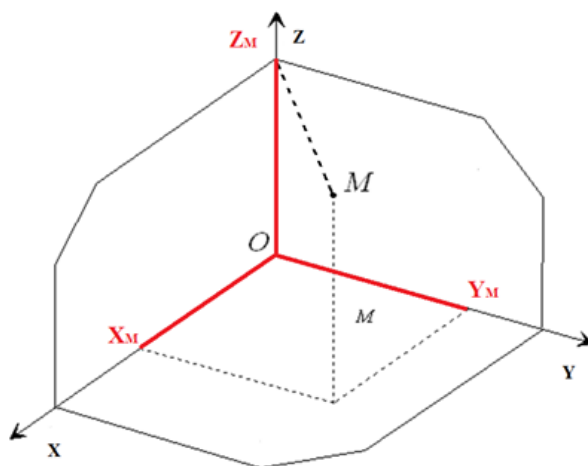
(<https://www.sport-dvd-ultimedia.eu/Biomech1/2.htm>)

Def. Видове отправни системи: инерциална и неинерциална:

- ✓ инерциална отправна система е тази, която се движи равномерно, т.е. тя няма ускорение. За такава, с известни уговорки, се приема Земята поради факта, че скоростите ѝ на въртене около оста ѝ и около Слънцето са постоянни величини (константи);
- ✓ неинерциална отправна система – тази, която се движи с ускорение, което оказва забележимо влияние върху движението на изследваното тяло.

В реалния тримерен (3D) случай под координати на дадена точка М в пространството се разбират три числа (наредена тройка, X_M , Y_M , Z_M), които еднозначно определят нейното положение в пространството и които сами са еднозначно определени, когато точката е дадена (фиг. 2). Тези три координати на т. М са определени спрямо отправна система, поставена в избрано от анализатора на движението на т. М място в пространството. Най-често използваните координатни системи са декартова, полярна, цилиндрична, сферична и други (http://web.uni-plovdiv.bg/eli-geo/Fizika%20i%20astrinomiya/Matematichen_uvod.pdf).

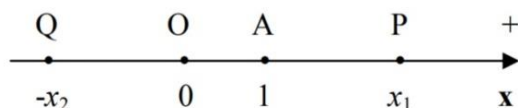
В изложението ще дефинираме само декартова координатна система, защото е най-използвана в спортната практика.



Фиг. 2. Местоположение на т. M в пространството, определено чрез координатите X_M , Y_M , Z_M посредством тримерна декартова координатна система

Декартова координатна система

Def. Координатна ос се нарича права, върху която са зададени: начало, единица за дължина и положителна посока (фиг. 3).



Фиг. 3. Едномерна декартова координатна система

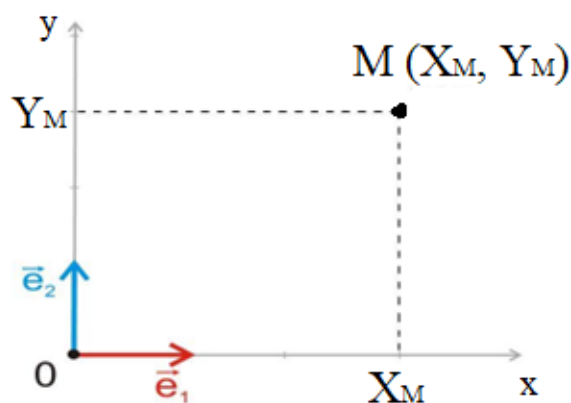
Едномерната декартова координатна система представлява една координатна ос, върху която са зададени: начало, единица за дължина и положителна посока.

Началото на едномерната декартова координатна система – т. O , има координата 0 . Единичната мярка за дължина (мащабът на координатната система) се определя с избирането на точка от оста – т. A , различна от началото, и така се определя разстоянието OA за единица, а т. A е с декартова координата (1) . Посоката от т. O към т. A се определя като положителна, а обратната посока е отрицателна. Произволна точка P от положителната полуос има декартова координата $(X_P = x_1)$, а произволна точка Q от отрицателната полуос има координата $(X_Q = -x_2)$.

Между точките от една координатна ос и реалните числа съществува взаимно еднозначно съответствие. На всяка точка P от координатната ос се съпоставя реално число x_1 , което се нарича **координата** на тази точка. Координатата е положителна, когато дадената точка лежи спрямо началото в положителната посока на оста, и отрицателна, когато лежи в противоположната (отрицателната) посока на оста.

Def. Две перпендикулярни координатни оси с общо начало образуват двумерна декартова координатна система (равнинна).

Първата от осите (хоризонталната) Ox наричаме **абсциса**, а втората (вертикалната) Oy – **ордината**. На всяка точка M от равнината се съпоставя еднозначно наредена двойка реални числа (X_M, Y_M) , които наричаме декартови координати на тази точка. За целта се намират ортогоналните проекции X_M и Y_M на точката M (фиг. 4) върху всяка от осите. След това се определят разстоянията от точките X_M и Y_M до координатното начало т. O . Това, че координатите на M са X_M, Y_M , означаваме така: $M(X_M, Y_M)$.



Фиг. 4. Местоположение на т. М, определено чрез координатите (M_x, M_y) посредством двумерна декартова координатна система

Def. Три взаимно перпендикулярни оси с общо начало Ox , Oy и Oz наричаме **тримерна декартова координатна система (пространствена)** (фиг. 2).

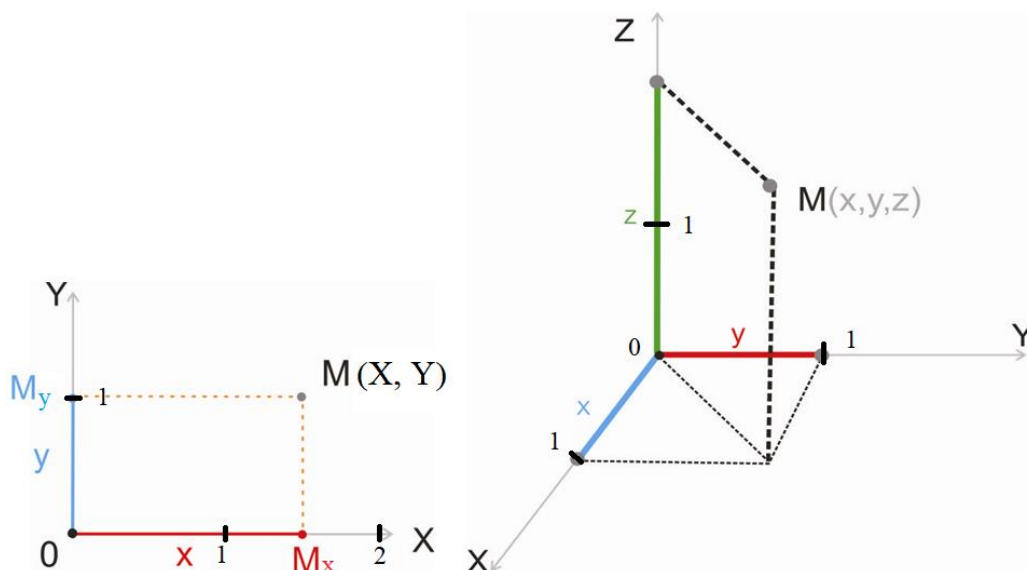
Третата ос се нарича **апликата** и е перпендикулярна на абсцисата и ординатата.

Чрез декартова координатна система на всяка точка от пространството М се съпоставя еднозначно наредена тройка числа (x, y, z) , които наричаме **пространствени декартови координати** на тази точка. Пространствените координати на точката М са разстоянията до координатното начало на нейните ортогонални проекции X_M , Y_M и Z_M върху всяка от осите. Това, че X_M , Y_M и Z_M са координати на т.М, означаваме така: $M(X_M, Y_M, Z_M)$.

Координатен метод за определяне местоположението на телата

Def. Координатният метод включва, първо, избор и поставяне от анализатора на отправна система и, второ, точно количествено определяне на координатите на изследваната точка чрез тази отправна система.

Местоположението на произволна точка М в даден момент от време можем да определим, като построим и определим точните координати чрез избраната отправна система (Хаджиев, Н. § Гешев, П., 2011). Те еднозначно определят местоположението на т. М.



Фиг. 5. Координатен метод

Пример: Анализирайки фиг. 5, чрез координатен метод определяме точното местоположение на т. М:

- М (1.5, 1) в двумерния случай;
- М(1, 1, 2) в тримерния случай.

При движението на точката М нейните координати (x, y, z) се изменят с течение на времето, отчитайки движението.

Def. Зависимостта на координатите от времето определя законът за движение на изследваната точка.

АКЦЕНТИ ***

Целите за треньора при изучаване на методите на биомеханичен анализ са:

- Да повиши знанията си за строежа, свойствата и функциите на човешкото тяло.
- Да избере най-целесъобразната спортна техника за даден състезател съобразно биомеханичните особености на двигателния му апарат.
- Да изгради най-целесъобразна техника на отделния вид спорт.
- Да оцени и контролира степента на риска, за да намали спортния травматизъм.

Def. Отправната система представлява отправно тяло, неподвижно свързано с координатна система.

Def. Декартовата координатна система бива три вида – едномерна, двумерна и тримерна.

Def. Координатният метод включва първо избор от анализатора на отправна система и второ точно количествено определяне на координатите на изследваната точка чрез тази отправна система.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Каква е разликата между координатна и отправна система?
2. Какво представлява отправната система?
3. Каква е същността на координатния метод за определяне на местоположение на телата?

ТЕМА 1.2. КИНЕМАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ПРОСТРАНСТВЕНИ И ВРЕМЕВИ

Кинематиката е раздел от механиката, който изучава движенията на телата, без да се интересува от причините (силите), които пораждат движението (Богданов, П., 2006).

Кинематичните характеристики дават информация на анализатора за кинематичния профил на изследваното движение. Различаваме три групи кинематични характеристики: пространствени (фиг. 6), времеви и пространствено-времеви (Аракчийски, З., 2005).

Основни понятия:

- ✓ Пространствена структура на двигателната задача (изпълнението):
 - местоположение, траектория, път, преместване;
 - местоположение на важна точка от човешкото тяло, поза, ориентация, амплитуда.
- ✓ Времева структура на двигателната задача (изпълнението) – момент на време, интервал от време (времетраене), темп и ритъм

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Пространствени характеристики

Пространствените характеристики дават информация как двигателната задача (изпълнение) е извършена в пространството. Те са осем на брой – четири основни и четири, които дават информация само и единствено за човешкото тяло.

1. Def. Местоположение – точка, определена чрез координатите, която показва къде се намира тялото в пространството (или равнината в двумерния случай) (т. M_1 и т. M_2 , фиг. 6).

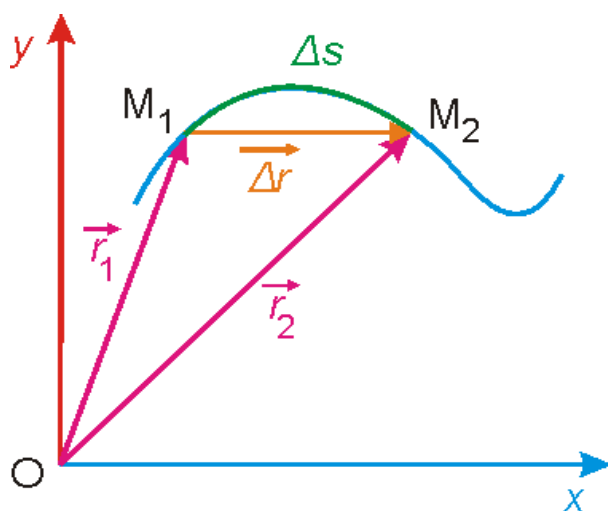
2. Def. Траектория – линия, свързваща последователните точки от местоположенията на тялото. Траекторията на тялото може да бъде права или крива линия. В зависимост от траекторията различаваме праволинейни и криволинейни движения (синя крива, фиг. 6).

3. Def. Път, S – определена дължина от траекторията на движение (зелена крива, фиг. 6). Пътят е скаларна величина. Основната мерна единица за път е метър (m).

4. Def. Преместване ($\Delta \vec{r}$, $\vec{d}$) – най-краткото разстояние между две точки от траекторията (оранжев вектор, фиг. 6). Преместването е векторна величина, има начална точка, големина и посока.

При праволинейно движение преместването $\vec{d}$ и пътят S съвпадат. Тогава дължината на преместването и изминатият път са еднакви.

При криволинейно движение (например ротация) те се различават по големина.



Фиг. 6. Пространствени характеристики на движеща се точка

При изследване на положението на човешкото тяло в пространството се използват следните пространствени характеристики (Аракчийски, З., 2005):

5. Def. Местоположение – определя местоположението на характерни точки от тялото (ставни центрове, ОЦТ) в пространството.

6. Def. Поза – характеризира взаимното разположение на отделните звена на тялото в пространството едно спрямо друго.

7. Def. Ориентация – характеризира разположението на отделните звена на тялото спрямо околната среда (координатната система) – вертикална нагоре, вертикална надолу, хоризонтална и т.н.

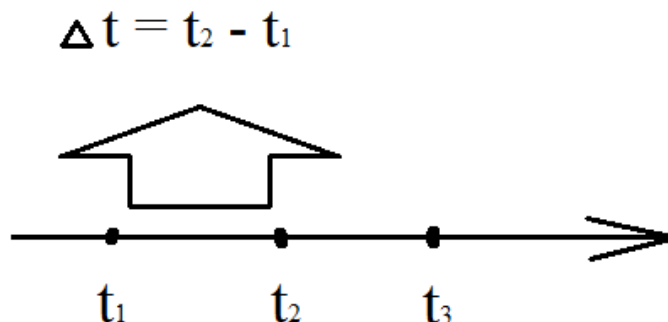
8. Def. Амплитуда на движение – разликата в местоположенията на точките спрямо използваната координатна система (преместването им).

Времеви характеристики

Времевите характеристики определят как движението протича във времето. Те са четири – момент на време, интервал от време, темп и ритъм (Аракчийски, З., 2005).

Def. Момент на време – представлява точка върху числовата ос на времето. Това е мярка за времето, в което точката е заемала определено местоположение.

Величина, която няма смисъла на времетраене (точката няма големина – t_1, t_2, t_3) (фиг. 7). Служи за граница между интервали от време, т.е. кога започва и кога завършва даден интервал от време. Моментата на времето можем да свържем с характерни моменти на движението – неговото начало, началото или края на отделни фази, края на самото движение и др.



Фиг. 7. Числова ос на времето с три момента на време.

Def. Интервал от време, Δt – представлява разликата между два момента на време (1). Показва времетраенето (продължителността) на движението. Мерна единица – секунда (s).

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (1)$$

За величината темп говорим само при цикличните движения, където е характерно многократното повторение на еднакви по форма движения (цикли).

Def. Темпът представлява брой повторения (цикли) за единица време (2).

$$N = \frac{n}{\Delta t} \quad (2)$$

N – темп, n – броя на циклите, Δt – интервал от време, за който са извършени повторенията.

Величината ритъм съществува и при цикличните, и при ацикличните движения.

Def. Ритъм е съотношение на времетраенето на отделните фази на движението (3).

$$\Delta t_1: \Delta t_2: \Delta t_3: \dots: \Delta t_n \quad (3)$$

Δt_n – интервал от време, показващ времетраенето на n -тата фаза на движението.

Ритъмът може да бъде постоянен или променлив, в зависимост от характера на движението. Темпът и ритъмът могат да бъдат използвани като критерии за:

- ✓ определяне устойчивостта на спортната техника.
- ✓ умението ни да управляваме времевата структура на движението.

АКЦЕНТИ ***

Пространствени характеристики:

- Def. Местоположение – точка, определена чрез координатите, която показва къде се намира тялото в пространството.
- Def. Траектория – линия, свързваща последователните точки от местоположенията на тялото.
- Def. Път – определена дължина от траекторията на движение.
- Def. Преместване – най-краткото разстояние между две точки от траекторията.

Времеви характеристики:

- Def. Момент на време – представлява точка върху числовата ос на времето.
- Def. Интервал от време, Δt – представлява разликата между два момента на време. Показва времетраенето (продължителността) на движението.
- Def. Темпът представлява брой повторения (цикли) за единица време.
- Def. Ритъм е съотношение на времетраенето на отделните фази на движението.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Какво показват пространствените характеристики?
2. Каква е дефиницията на пространствената характеристика преместване?
3. В кои случаи векторната величина преместване и изминатият път имат еднаква големина?

ТЕМА 1.3. ПРОСТРАНСТВЕНО-ВРЕМЕВИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ПОСТЪПАТЕЛНИ И ВЪРТЕЛИВИ ДВИЖЕНИЯ

Пространствено-времевите характеристики са четири – скоростта и ускорението при праволинейно и въртеливо движение (Хаджиев, Н. & Гешев, П., 2011). Те дават информация на анализатора (треньора) за скоростния профил на изследваното движение (изпълнение).

Основни понятия:

- ✓ Линейна скорост
- ✓ Линеино ускорение
- ✓ Ъглова скорост
- ✓ Ъглово ускорение
- ✓ Връзки между линейната и ъгловата скорост, както и между линейното и ъгловото ускорение

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1.3.1. Def. Линеината скорост, $\vec{V}$ се дефинира като изминат път ΔS , за определен интервал от време Δt . Тя е векторна величина, имаща начало, големина и посока.

Друга ясна дефиниция за линейната скорост – бързината, с която се променя местоположението на движещо се тяло в пространството с течение на времето (Дуб-

ровский, В. и кол., 2008).

Линеината скорост се означава чрез латинска буква V , мерна единица $[m/s]$.

Def. Средна скорост на тяло в определен участък от траекторията – това е отношението на изминатия път към времето на движение (Дубровский, В. и кол., 2008):

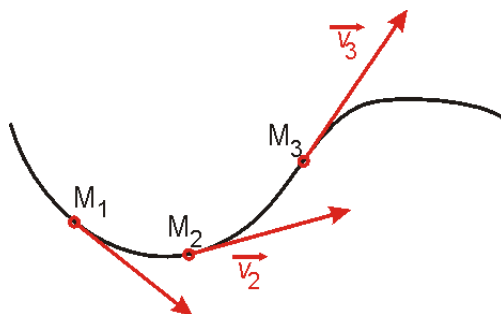
В спорта най-често се работи със скаларната величина средна скорост V_{cp} (4). Тя не е вектор и не носи информация за посоката на движението.

$$V_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (4)$$

Тази величина дава осреднена представа за линейната скорост на движението за определен интервал от време.

Реална информация за скоростта в определен момент от време дава моментната линейна скорост. Тя характеризира бързината и посоката на движение във всеки момент от време.

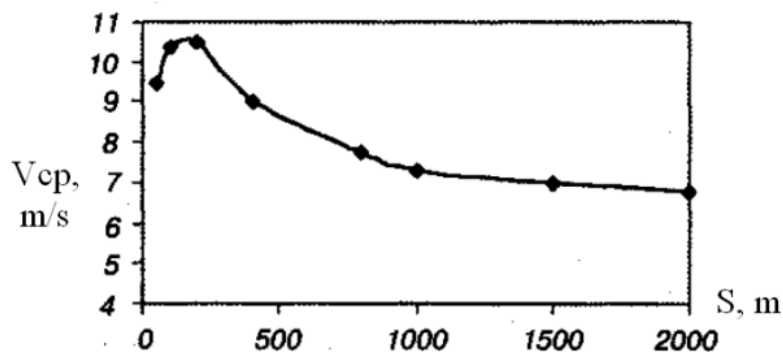
В общия случай на движение (произволно криволинейно) направлението на вектора $\vec{V}$ във всеки момент от време съвпада с допирателната към траекторията, а неговата посока съвпада с посоката на движение на материалната точка (фиг. 8).



Фиг. 8. Графичен начин за изразяване на линейната скорост на движещо се тяло в три момента от време

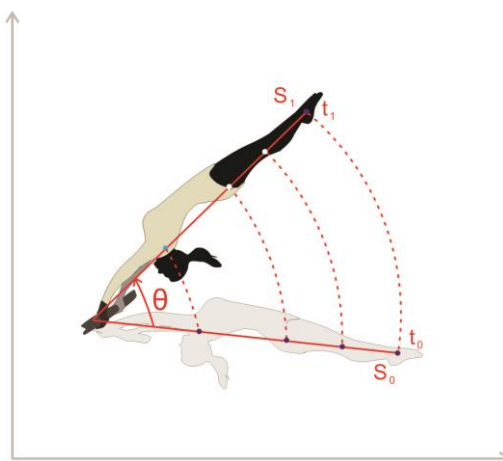
При беговите дисциплини в леката атлетика средната скорост на спортиста при определена дистанция е важен параметър. Максимална скорост при бягане

може да се поддържа в определен участък и за определено време. Средната скорост при големи дистанции е по-малка в сравнение със спринтовите дисциплини. На фиг. 9 е показана зависимостта на средната скорост (V_{cp}) от дължината на дистанцията. При дистанция 200 м средната линейна скорост е максимална (Дубровски, В. и кол., 2008).



Фиг. 9. Средна скорост при бягане в зависимост от дистанцията

Нека разгледаме движението на спортист, който се върти на висилка (фиг. 10).



Фиг. 10. Завъртане на висилка (ротации) (Хаджиев, Н. & Гешев, П., 2011)

Ставните центрове (рамо, таз, коляно, глезен) за един и същ интервал от време изминават различен път, но се завъртат на еднакъв ъгъл θ . Това означава, че те се движат с различна линейна скорост по дъгата от траекторията, но имат еднаква ъглова скорост (скорост на ротация).

1.3.2. Def. Линейното ускорение е мярка за бързината, с която се променя линейната скорост. То се дефинира като промяна на линейната скорост за интервал от време и е векторна величина (5).

$$a_{cp} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (5)$$

Ако изберем много малък интервал от време, толкова малък, че да клони към нула, получаваме моментното ускорение, чрез израза (6):

$$a_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{dV}{dt} \quad (6)$$

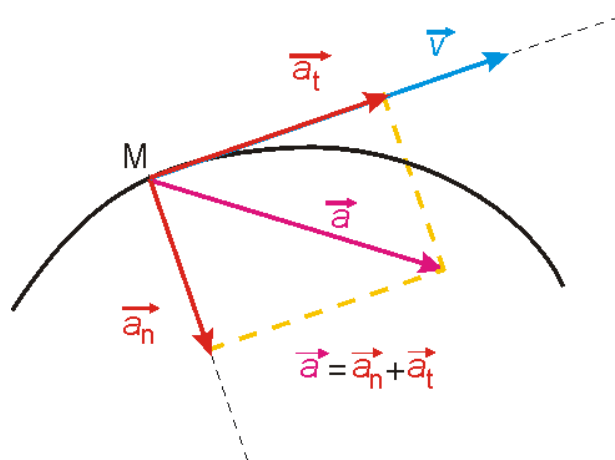
В зависимост от посоката на промяна на линейната скорост различаваме:

а) положително ускорение – посоката му съвпада с посоката на скоростта. Скоростта нараства. Движението е ускорително;

б) отрицателно ускорение – посоката му е противоположна на посоката на скоростта. Скоростта намалява. Движението е закъснително.

При криволинейни движения векторът на ускорението има две компоненти (фиг. 11). Първата $\vec{a}_t$ се нарича тангенциално ускорение. То е насочено по допира-телната към траекторията в дадената точка на местоположението на изследваното тяло. Тангенциалното ускорение характеризира промяната в големината на скоростта като функция на времето [7].

$$\vec{a}_t = \frac{dv}{dt} \quad (7)$$



Фиг. 11. Графичен израз на линейното ускорение с двете му компоненти

Втората компонента $\vec{a}_n$ се нарича нормално ускорение. Характеризира промяната в посоката на скоростта при движение по кръгова траектория [8].

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \quad (8)$$

В горния аналитичен израз R е моментният радиус на кривината на траекторията в разглежданата точка. При движение по окръжност R е радиусът на окръжността.

1.3.3. Def. Ъгловата скорост ω е скоростта на въртене на изследвания обект, представлява отношението на промяната на ъгъла θ , реализирана за съответния интервал от време Δt [9].

$$\omega_{\text{ср.}} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_{\text{кр}} - \theta_0}{t_{\text{кр}} - t_0} \quad (9)$$

$$\omega_{\text{мом}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (10)$$

Между големината на реализирания ъгъл θ при ротацията и изминатия път S от ставните центрове на долни крайници на спортиста от фиг. 10 има зависимост [11]:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta S}{r}, \quad (11)$$

където S е пътят (дължината на дъгата от окръжността), изминат от съответната точка, r – радиус на окръжността на ротацията (разстоянието от изследваната точка до оста на въртене).

Тази алгебрична зависимост между реализиран ъгъл и изминат път ни дава връзката между ъгловата и линейната скорост на изследваната точка от тялото (фиг. 10). Това е удобно, защото ако се знае ъгловата скорост на движение на тялото, с лекота може да се намерят линейните скорости на различните точки от тялото, знаейки радиуса им на ротация r .

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta S}{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta S}{r \cdot \Delta t} = \frac{V}{r}, \quad (12)$$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}; \quad (13)$$

$$\omega = \frac{V}{r}; \quad V = \omega \cdot r \quad (14)$$

При неравномерно въртливо движение ъгловата скорост не е постоянна величина. Ако разгледаме ротацията на спортиста от фиг. 10, можем да кажем, че той реално се върти на тласъци. Това означава, че ъгловата му скорост се променя с времето.

1.3.4. Def. Ъглово ускорение β – промяна на ъгловата скорост за определен интервал от време (15).

$$\beta_{\text{ср.}} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_{\text{кр}} - \omega_0}{t_{\text{кр}} - t_0} \quad (15)$$

$$\beta_{\text{мом}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (16)$$

Трябва да се допълни, че както между линейната и ъгловата скорост съществува зависимост, така и между линейното и ъгловото ускорение има връзка. Тя се дефинира с израза (17):

$$a = \beta \cdot r \quad (17)$$

АКЦЕНТИ***

- Дефиниции за четирите пространствено-времеви характеристики.
- Описание на връзката между линейната и ъгловата скорост, така както и между линейното и ъгловото ускорение.

Дефиниране на двете компоненти на векторната величина линейно ускорение при неравномерно движение по крива траектория.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Каква е разликата между линейна и ъглова скорост?
2. Кои са двете компоненти на векторната величина линейно ускорение и как се дефинират?
3. Коя е дефиницията на ъглово ускорение?

ТЕМА 1.4. ЗАКОНИ ЗА ДВИЖЕНИЕ НА ТЕЛАТА. КЛАСИФИКАЦИЯ НА ДВИЖЕНИЯТА

Законите за движение, използвани в спортната практика, са следствие на двата основни закона в кинематиката за праволинейно равнопроменливо движение – закон за изменение на скоростта $V = V_0 + a \cdot t$ и закон за изминатия път $S = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$. Прилагането на тези два закона позволява да се изчислят параметрите, участващи в тях, при различни начални условия. В повечето случаи, за да се опрости задачата, се приемат някои опростявания.

Основни понятия:

- ✓ Свободно падане с нулева начална скорост
- ✓ Свободно падане с начална скорост
- ✓ Тяло, хвърлено под ъгъл спрямо хоризонта
- ✓ Класификация на движенията

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1. Свободно падане без начална скорост

При падане на тяло от височина h имаме:

$$h = 0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$v = 0 + g \cdot t = g \cdot t \quad (18)$$

Тази система (18) позволява да се определят количествено всички неизвестни величини, участващи в нея – време на падане t , скоростта при достигане земната повърхност v , височината, от която пада тялото h . Това е при условие, че знаем поне едната от тях.

2. Свободно падане с начална скорост V_0

В този случай имаме:

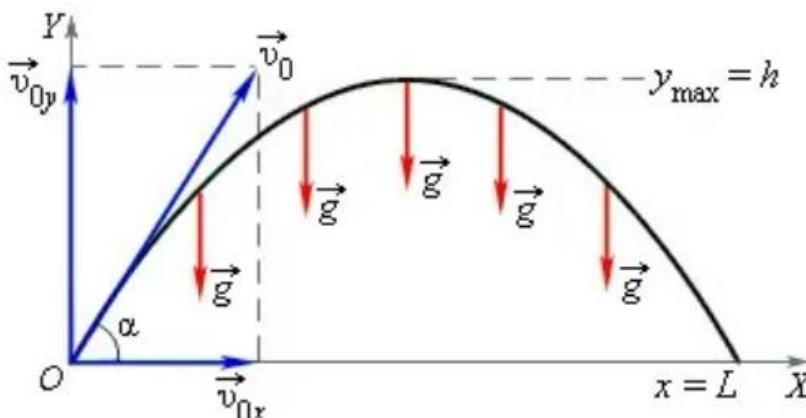
$$h = v_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$v = v_0 + g \cdot t \quad (19)$$

Тази система (19) позволява да се определят количествено всички неизвестни величини, участващи в нея – време на падане t , скоростта при достигане земната повърхност v , височината, от която пада тялото h , началната скорост на падане v_0 . Това е при условие, че знаем поне едната от тях.

3. Тяло, хвърлено под ъгъл спрямо хоризонта с начална скорост v_0

В този случай имаме разглеждане на движението по оста X и по оста Y (фиг. 12):



Фиг. 12. Тяло, хвърлено под ъгъл спрямо хоризонта с начална скорост v_0 .

По X (20):

$$\begin{aligned} L &= v_{0x} \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ v_x &= v_0 \cos \alpha \end{aligned} \quad (20)$$

По Y (21):

$$\begin{aligned} h = y_{\max} &= v_{0y} \cdot t_1 - \frac{g \cdot t_1^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g \cdot t_1^2}{2} \\ v &= 0 = v_0 \sin \alpha - g \cdot t_1 \end{aligned} \quad (21)$$

където $t = 2t_1$. Първата система (20) отчита движението на тялото по хоризонталата, а втората система (21) отчита движение с два пъти по-кратко време t_1 – до максималната височина на издигане $h = y_{\max}$.

След преобразувания се получават следните изрази:

- за времето, необходимо за достигане на максимална височина t_1 (22):

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (22)$$

- за максималната височина h и за максималното преместване по хоризонталата L (23):

$$\begin{aligned} L &= \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \\ h &= \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \end{aligned} \quad (23)$$

От първото уравнение от система (23) може да се направи изводът, че максимално преместване по хоризонталната ос X се осъществява, когато ъгълът на излитане е $\alpha = 45^\circ$.

Конкретен пример за тяло, хвърлено под ъгъл спрямо хоризонта, е пряк свободен удар във футбола, стрелба в баскетбола, тениса, хвърлянията и скоковете в леката атлетика и много др.

Класификация на движенията

Всяка класификация се осъществява спрямо водещ признак. Нека разгледаме някои от съществуващите класификации. В зависимост от протичането на движението във времето различаваме следните видове движения [Хаджиев, Н. & Гешев, П., 2011]:

1. Равномерни – тялото се движи с постоянна скорост.
2. Неравномерни – скоростта на движение не е константа, за равни интервали от време тялото изминава различен по големина път. При този вид движение е налично ускорение. Различаваме следните подвидове:
 - а). ускорителни – посоките на скоростта и ускорението съвпадат, т.е. ускорението е положително. За всеки следващ интервал от време изминатият път е по-голям;
 - б). закъснителни – ускорението е отрицателно. Скоростта намалява, затова за всеки следващ равен интервал от време изминатият път е все по-малък;

- в). равнопроменливи – ускорението е константа, следователно скоростта се променя равномерно;
- г). неравнопроменливи – ускорението не е константа, затова за всеки следващ равен интервал от време изминатият път се изменя с различна степен спрямо предишния.

Следващата важна класификация на движенията в спорта е според това как те протичат в пространството. Различаваме следните видове (Аракчийски, З., 2005):

1. Локомоции.
2. Въртеливидвижения (ротации).
3. Движения, свързани с преодоляване силата на тежестта.
4. Единоборства.
5. Сложни пространствени движения.
6. Движения, насочени към запазване на равновесието.
7. Управляващи движения - ускорението се създава от външни сили.

АКЦЕНТИ ***

Основни системи уравнения за три типа закони за движение:

- Свободно падане с нулева начална скорост.
- Свободно падане с начална скорост V_0 .
- Тяло, хвърлено под ъгъл спрямо хоризонта, с начална скорост v_0 .

Два вида класификация на движенията:

- ✓ в зависимост от протичането на движението във времето;
- ✓ според това как протичат в пространството и в спорта.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Какъв е смисълът на законите за движение на телата?
2. Как се класифицират движенията в спорта?
3. Кои са двата основни закона в кинематиката за праволинейно равнопроменливо движение, на базата на които се извеждат законите на движение?

ТЕМА 1.5. ЗАКОНИ НА НЮТОН. ИНЕРЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ. СИЛОВИ И ЕНЕРГЕТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ПОСТЪПАТЕЛНИ И ВЪРТЕЛИВИ ДВИЖЕНИЯ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ *Законали на Нютон*
- ✓ *Инерчни характеристики*
- ✓ *Силови характеристики*
- ✓ *Енергетични характеристики*

1. Законали на Нютон

Инертността е всеобщо свойство на всички материални тела.

Def. Инертността се дефинира като съпротивлението на телата при опит да се измени положението им или състоянието им на движение.

Това съпротивление е пропорционално на масата на телата (m). Колкото е по-масивно едно тяло, толкова е по-инертно. Масата се определя от количеството вещество, съдържащо се в даден обем, и е мярка за инертността на телата при постъпателни движения.

Исак Нютон формулира през 1686 г. три закона (той ги нарича принципи), в които обобщава всички механични взаимодействия в природата, от които могат да бъдат изведени законите на всички видове движения (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

Def. Първи закон на Нютон за инерцията: Всяко тяло запазва състоянието си на носителен покой или равномерно праволинейно движение, докато друго тяло или сила не промени това му състояние.

Def. Втори закон на Нютон: Ако една сила F действа на тяло с маса m , то тялото получава ускорение a , пропорционално на големината на силата F и обратно пропорционално на неговата маса m , т. е. $F = m \cdot a$.

Def. Трети закон на Нютон за действието и противодействието: Ако едно тяло действа със сила F_1 на друго тяло, то второто тяло противодейства с равна по големина и противоположна по посока сила F_2 . Законът е валиден само при преки механични взаимодействия.

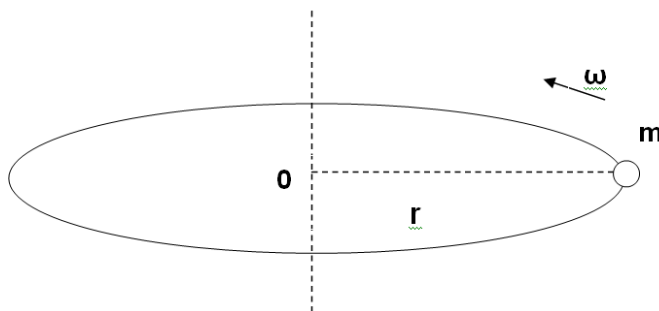
2. Инерчни характеристики

Инерчните характеристики са две – маса (m) и инерчен момент (J). Двете са еднакви по смисъл, като се отнасят към двата типа основни движения – постъпателно и въртливо (ротационно).

Def. Маса (m) – мярка за инертност на телата при постъпателни движения. Представява количеството вещество, съдържащо се в тялото в даден обем (Аракчийски, З., 2005). Мерната единица за маса е килограм (kg).

Def. Инерчен момент (J) – мярка за инертността на телата при ротационни движения. Това е съпротивлението, което оказва тялото при опит да бъде завъртяно или да бъде променена ъгловата му скорост (ω).

Други наименования за инерчен момент са инерционен момент и масов инерционен момент.



Фиг. 13. Ротация на тяло с маса m , въртящо се с ъглова скорост ω на разстояние r от неподвижна ос на въртене

Инерчният момент се означава с латинската буква J . За едно тяло, като топка за тенис, с маса m (показана на фиг. 13), въртяща се с радиус r от оста на въртене, инерчният момент е:

$$J = m \cdot r^2. \quad (24)$$

Може да се обобщи, че инерчният момент (J) е физична величина, която характеризира разпределението на масите в едно твърдо тяло спрямо неговата ос на въртене.

3. Силови характеристики

Силовите характеристики са четири – сила (F), момент на силата (M_F), импулс на силата (I_F) и момент на импулса на силата (L_F) (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

От гледна точка на механиката силата е количествена мярка за механично взаимодействие между телата.

Def. Силата ($\vec{F}$) е векторна величина, характеризираща се с големина, посока и приложна точка. Мерната единица за сила е Нютон (N).

Пример: Сила, равна на един нютон, приложена върху тяло с маса един килограм, предизвиква ускорение от 1 m/s^2 ($F=m \cdot a$).

$$1\text{N}=1\text{kg} \cdot 1\text{m/s}^2$$

Силата, като двигателно качество на човека, е способност на човека да въздейства или да противодейства на външни съпротивления за сметка на мускулни усилия (напрежения). Мускулната сила има различни форми на проявление в зависимост от многообразието на двигателната дейност (Дашева, Д. и кол., 2001):

Максимална сила – онези максимални стойности на силата, които може да достигне даден мускул (мускулна група), независимо от неговите размери, при оптимални за това условия. Този вид мускулна сила има приоритетно значение за високите спортни резултати в много спортове и дисциплини (вдигане на тежести, силов трибой, борба, гимнастика и др.).

Динамична (експлозивна) сила – онова максимално значение на силата, което може да развие даден мускул за възможно най-кратко време. Този вид мускулна сила има приоритетно значение при скоковете и хвърлянията в леката атлетика, при стартовите ускорения, отскоците в спортните игри, ударите в бокса, динамичните схватки в борбата, изхвърлянето на щанга, спортната гимнастика и др.

Относителна сила – отношението на максималната сила на дадено лице към собственото му тегло. От съществено значение е за тези спортове, в които спортният резултат зависи от теглото на спортиста – вдигане на тежести, борба, джудо, спортна гимнастика, скокове в леката атлетика и др. (Дашева, Д. и кол., 2001).

Def. Момент на силата (M_F) (силов момент; въртящ момент) – способността на силата при своето механично въздействие върху тялото да го завърти. Числено е равен на произведението от големината на действащата сила $\vec{F}$ и дължината на нейното рамо r (25) (най-краткото разстояние от оста на въртене до направлението на силата).

$$M_F = \vec{F} \cdot r \quad (25)$$

Def. Импулс на сила - векторна величина $\vec{I}$, която е произведение на силата $\vec{F}$ и продължителността на нейното действие Δt (26):

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (26)$$

Ако умножим и двете страни на втория закон на Нютон ($F = m \cdot a$) с интервал от време Δt , получаваме (27):

$$F \cdot \Delta t = m \cdot a \cdot \Delta t \quad (27)$$

Виждаме, че можем да опростим $a \cdot \Delta t = \Delta V$ ($a \cdot \Delta t$ е изменението на скоростта ΔV). Тогава получаваме (28):

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta V \quad (28)$$

Полученото уравнение $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta V$ е основно уравнение в механиката, показващо, че изменението на количеството на движение на материална точка (тяло) е равно на импулса на действащата сила $\vec{I}$.

Това уравнение представлява количествена връзка между силовите характеристики (сила, импулс на сила) и кинематичните характеристики (скорост, V) (Аракийски, З., 2005; Богданов, П. § С. Иванов, 198). То позволява да се решават т.нар. права и обратна задача в механиката - количествено определяне и анализ на всички видове движения:

а) права задача – чрез регистриране на скоростта да се определи големината на силите (без пряко да ги измерваме) от уравнението (29):

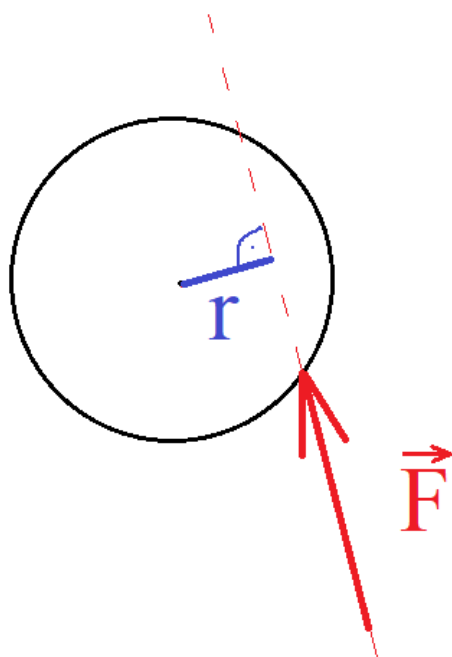
$$F_{\text{cp}} = \frac{m \cdot \Delta V}{\Delta t} \quad (29)$$

б) обратна задача – чрез регистриране на силите (F) да се определи скоростта (V), без пряко да я измерваме:

$$V_{\text{cp}} = \frac{F_{\text{cp}} \cdot \Delta t}{m} \quad (30)$$

Def. Моментът на импулса на силата $\vec{L}_F$ при ротации съответства на величината импулс при постъпателните движения. Това е векторна величина, която зависи от три други величини – големина на силата F , времетраенето на действието на тази сила F и рамото на същата сила F спрямо оста на въртене (31) (фиг. 14). Мерната единица на тази величина е джаул секунда (J.s).

$$\vec{L}_F = F \cdot \Delta t \cdot r \quad (31)$$



Пример: Пряк свободен удар във футбола (фиг. 14 – поглед отгоре над топката към нея). На неподвижна футболна топка действа сила $F = 100 \text{ N}$ (при контакта с крака), както е показано на чертежа (фиг. 14), за интервал от време $\Delta t = 1 \text{ s}$, при рамо $r = 10 \text{ cm}$. Моментът на импулса на силата $\vec{L}_F$, предаден на топката (от крака на футболист), ще бъде равен на:

$$\vec{L}_F = F \cdot \Delta t \cdot r = 100 \cdot 1 \cdot 0,1 = 10 \text{ Nms} = 10 \text{ J.s}$$

Фиг. 14. Пряк свободен удар във футбола. Схема на удара

Топката е била неподвижна преди удара. Това означава, че полученият от крака момент на импулса ще се предаде на топката. Тя, след като го получи, ще започне да се върти с определена ъглова скорост, летейки с линейна скорост към вратата.

4. Енергетични характеристики

Механична работа

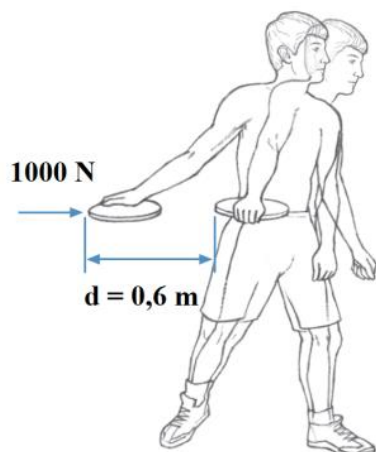
Механичното движение на едно тяло е резултат от взаимодействието му с други тела (необходимо е наличие и въздействие на сили). За да се характеризира количествено процесът на обмен на енергия между взаимодействащи си тела, се въвежда понятието работа на силата (Трофимова, Т., 1994).

Def. Механичната работа A представлява произведението на силата $\vec{F}$ и преместването $\vec{d}$, реализирано по посоката на тази сила. Математически работата може да се представи като векторното произведение [32]:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{d}, \quad (32)$$

където A е извършената работа върху даден обект, F е приложената константна сила към обекта, а d преместването на обекта по посока на приложената сила. Тази формула оценява работата в резултат на константна (постоянна) сила (силата F не се променя с времето). Мерната единица за механична работа е джаул (J).

Пример: дискохвърляч прилага постоянна сила 1000 N върху диск по посока на движението (ускорението) му, реализирайки преместване от $0,6 \text{ m}$ (McGinnis, P., 2013) (фиг. 15). Каква работа е извършил дискохвърлячът при това движение?



Решение. Тук лесно ще намерим търсената работа, защото знаем силата, преместването в резултат на силата и посоките на двете векторни величини съвпадат.

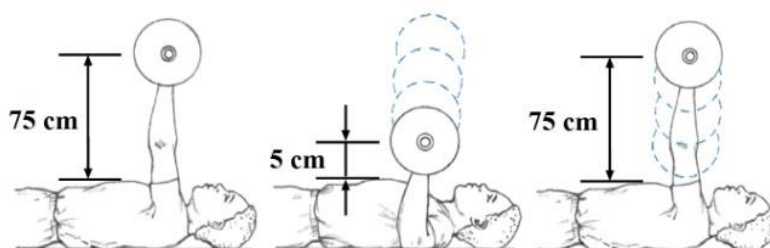
$$A = F \cdot d = 1000 \cdot 0,6 = 600 \text{ J}$$

Извършената работа е 600 джаула.

Фиг. 15. Дискохвърляч ускорява диск.

Механичната работа може да е положителна и отрицателна.

Def. Положителна работа се извършва, когато силата действа по посока на реализираното преместване. Отрицателна работа се извършва, когато силата действа в противоположна посока на реализираното преместване.



Фиг. 16. Преса от лежанка с определени характеристики

Пример: при упражнение с щанга от лежанка спортист сваля щангата от височина 0,75 m до положение на покой малко над гърдите (0,05 m) и отново я повдига до изходната височина (фиг. 16). Средната сила, с която спортистът сваля и повдига щангата, е 1200 N. Каква механична работа извършва спортистът при движение на щангата надолу и нагоре?

Решение. Знаем средната сила – 1200 N, а преместването при двете движения е $d=0,70 \text{ m}$. Работата, извършена от спортиста при движението на щангата надолу, е: $A_{\text{над.}} = F_{\text{ср.}} \cdot (-d) = 1200 \cdot (-0,7) = -840 \text{ J}$.

Тук получихме отрицателна работа, защото силата и преместването имат противоположни посоки. Работата, извършена от спортиста при движението на щангата нагоре, е: $A_{\text{наг.}} = F_{\text{ср.}} \cdot d = 1200 \cdot (0,7) = 840 \text{ J}$.

Мощност

За да се характеризира скоростта на извършване на работата, се въвежда понятието мощност.

Def. Мощност е извършена работа за определено време [33].

$$P = \frac{A}{\Delta t} \quad [33]$$

Мощността се определя не само от извършената работа, но и от времето, за което тази работа е извършена, т.е. от скоростта, с която се извършва дадената работа. Мерната единица за механична мощност е Watt или J/s (джаул за секунда). Един ват мощност е 1 джаул работа, извършена за 1 секунда. $1 \text{ Watt} = 1 \text{ J/s}$.

Механична енергия

С различните форми на движение на материята се свързват различни типове енергия – механична, топлинна, електромагнитна, ядрена и т.н. (Трофимова, Т., 1994). В механиката енергията се дефинира като капацитет за извършване на работа.

Def. Механичната енергия бива два вида – кинетична и потенциална. Кинетичната енергия е в резултат на движението, а потенциалната е в резултат на позицията (състоянието) на телата.

Кинетична енергия на една механична система е енергията на нейното механично движение. Следователно тяло с маса m , движещо се със скорост V , притежава кинетична енергия (34):

$$E_k = \frac{mV^2}{2} \quad (34)$$

От формула 34 се вижда, че кинетичната енергия зависи от масата и скоростта на движение на тялото на квадрат, т.е. кинетичната енергия на дадена система е функция на състоянието на движение.

Пример: кинетичната енергия на куршум с маса $m=40\text{g}$ ($m=0,04 \text{ kg}$, калибър 12/70) и скорост на движение $V=450 \text{ m/s}$ (след излизане от цевта) се изчислява чрез формулата:

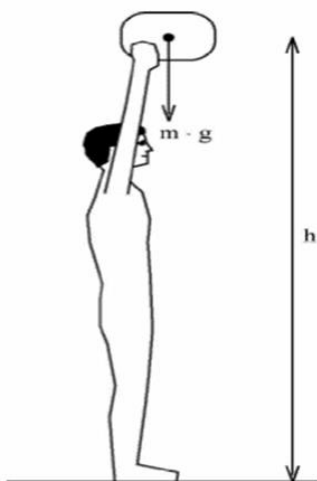
$$E_k = \frac{mV^2}{2} = \frac{0,04 \cdot 450^2}{2} = 4050 \text{ J}$$

Същата кинетична енергия от 4050J притежава и спортист с маса 60 kg, бягащ със скорост от 11,62 m/s (41,83 km/h).

$$E_k = \frac{mV^2}{2} = \frac{60 \cdot 11,62^2}{2} = 4050 \text{ J}$$

Потенциалната енергия (E_p) е компонентата на механичната енергия на едно тяло, която се дължи на положението му спрямо земната повърхност. Зависи от теглото на тялото ($m \cdot g$) и височината h , на която се намира (фиг. 17):

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (35)$$



Фиг. 17. Потенциална енергия на тяло с маса m , намиращо се на височина h

Според аналогията между постъпателно и ротационно движение формулите за работа, енергия и мощност придобиват вида:

Величини	Постъпателно движение, формула	Мерна единица	Ротационно движение, формула	Мерна единица
Работа А	$F \cdot d$	[N.m], Joull	$M_F \cdot \Delta\theta$	N.m.rad
Мощност Р	A / t	[N.m/s], Watt	$M_F \cdot \omega$	[N.m.rad /s]
Кинетична енергия	$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$	[N.m], Joull	$\frac{1}{2} J \cdot \omega^2$	[kg . m ² . (rad/S) ²]
Потенциална енергия	$E_p = m \cdot g \cdot h$	[kg.m ² /s ²]	-	-

$\{\displaystyle \mathbf{L} = I \{\boldsymbol{\omega} \}}$

АКЦЕНТИ***

Дефиниции на законите на Нютон

Инерчни характеристики:

- Def. Маса (m) – мярка за инертност на телата при постъпателни движения. Представлява количеството вещество, съдържащо се в тялото в даден обем.
- Def. Инерчен момент (J) – мярка за инертността на телата при ротационни движения. Това е съпротивлението, което оказва тялото при опит да бъде завъртяно или да бъде променена ъгловата му скорост (ω).

Силови характеристики:

- Def. Силата (F) е векторна величина, характеризираща се с големина, посока и приложна точка. Мерната единица за сила е Нютон (N).
- Def. Момент на силата (M_F) (силов момент; въртящ момент) – способността на силата при своето механично въздействие върху тялото да го завърти. Числено е равен на произведението от големината на действащата сила F и дължината на нейното рамо r.
- Def. Импулс на сила – векторна величина $\vec{I}$, която е произведение на силата $\vec{F}$ и продължителността на нейното действие Δt .
- Def. Моментът на импулса на силата $\vec{L}_F$ при ротации съответства на величината импулс при постъпателните движения. Това е векторна величина, която зависи от три други величини – големина на силата F, времетраенето на действието на тази сила F и рамото на същата сила F спрямо оста на въртене.

Енергетични характеристики:

- Def. Механичната работа А представлява произведението на силата $\vec{F}$ и преместването $\vec{d}$, реализирано по посоката на тази сила.
- Def. Мощност е извършена работа за определено време.

Механичната енергия бива два вида – кинетична и потенциална. Кинетичната енергия е в резултат на движението, а потенциалната е в резултат на позицията (състоянието) на телата.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са силовите характеристики и как се дефинират?
2. Кои са енергетичните характеристики и как се дефинират?
3. Какво представлява инерчният момент на телата и от какво зависи?
4. Изпълняваме няколко преки свободни удара (футбол) с еднаква топка и с еднаква сила и посока на удара $\vec{F}$. Разликата е само в точката на нанасяне на удара (върха на вектора F – фиг. 14). Кога ще предадем по-голям момент на импулса? Когато ритаме в точка, по-близка до центъра на тежестта на топката, или в точка, по-далечна от този център? Аргументирайте отговора си!

ТЕМА 1.6. ВИДОВЕ СИЛИ, ФОРМИРАЩИ СПОРТНИЯ РЕЗУЛТАТ. СИЛА НА ТЕЖЕСТТА. ОПОРНА РЕАКЦИЯ. СЪПРОТИВИТЕЛНИ СИЛИ НА СРЕДАТА. СИЛА НА ТРИЕНЕ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ВЪТРЕШНИ И ВЪНШНИ СИЛИ

В тренийорската професия е много важно да се познават в дълбочина всички сили, влияещи на изпълнението. Имайки такова знание, тренийорският екип ще може да оптимизира технически и физически изпълнението. Като положителен резултат ще се повиши и постижението в съответната дисциплина.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

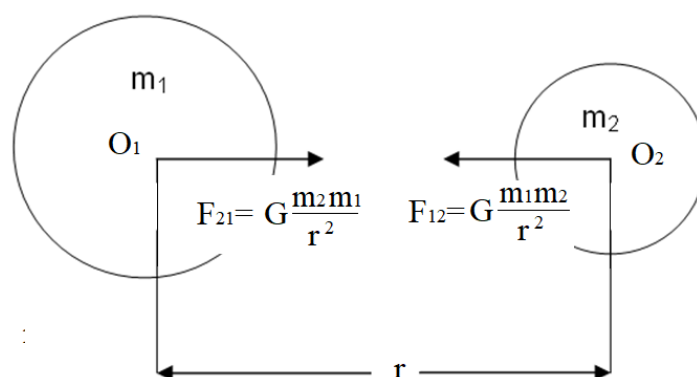
Основни понятия:

- ✓ Сила на тежестта
- ✓ Опорна реакция
- ✓ Сила на триене
- ✓ Съпротивителни сили на средата
- ✓ Взаимодействие между вътрешни и външни сили

1. Сила на тежестта

Исак Нютон, при изучаване на движението на небесните тела въз основа на законите на Кеплер и основните закони на динамиката, установява закона за всеобщо привличане.

Def. Между всеки две материални тела действа сила на взаимно привличане, правопрпорционална на произведението от масите им (m_1, m_2) и обратнопрпорционална на квадрата от разстоянието между тях (r) (Трофимова, Т., 1994).



Фиг. 18. Гравитационно взаимодействие между телата

F_{12} – гравитационни сили, m_1, m_2 –маси на телата, r –разстояние между центровете на масите им, G –гравитационна константа, O_1, O_2 – центрове на масите на двете тела (фиг. 18).

На базата на закона за гравитационно привличане, описан по-горе, на всяко тяло с маса m на земната повърхност действа гравитационна сила на привличане, която се представя чрез формулата (36):

$$F_G = G \frac{M \cdot m}{r^2}, \quad (36)$$

където M е масата на Земята, m е масата на даденото тяло, r е разстоянието между центъра на Земята и центъра на тежестта на тялото, G е гравитационна константа. В резултат на това гравитационно привличане всички тела на земната повърхност падат вертикално надолу, когато са пуснати свободно от определена височина

(Аракчийски, 3., 2005). Земното ускорение g , с което падат вертикално телата, зависи от разстоянието им до центъра на земята. Средната му стойност е $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

2. Опорна реакция, $\vec{R}$

Тази сила възниква при контакт на телата с опората, на която са поставени.

Def. Опорната реакция $\vec{R}$ е силата, с която опората противодейства на силата на тежестта на дадено тяло. При равновесие опорната реакция е равна по големина и обратна по посока на сумата от активните сили, приложени върху опората от страна на материалното тяло.

Когато тялото стои неподвижно върху опората, то действа върху нея със собствената си сила на тежестта. Съгласно третия закон на Нютон, опората противодейства на тялото със сила, равна по големина и противоположна по посока. Тази сила се нарича опорна реакция $\vec{R}$.

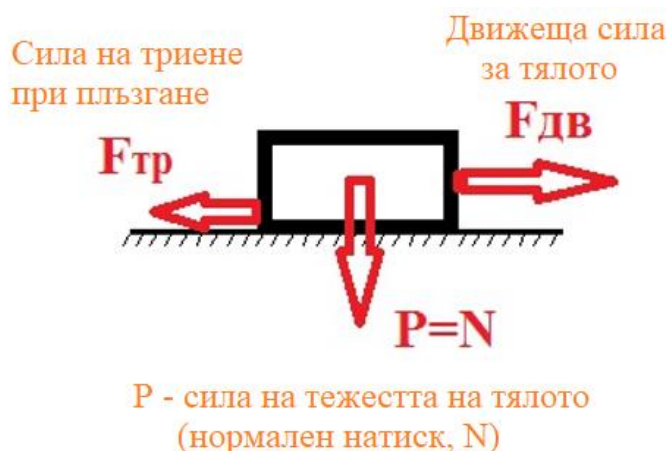
Опорната реакция е контактна сила, възникваща при непосредственото взаимодействие между телата.

3. Сила на триене

Def. Силата, която се противопоставя на всяко реално движение, се нарича сила на триене.

Нека да разгледаме случая, при който имаме плъзгане на една повърхност по друга (фиг. 19). Някои от факторите, които могат да се променят при плъзгането, са различните видове повърхности (кожа, метал, дърво, лед), състояние на тези повърхности (грапавост), допирна площ (ефективна контактна площ) и скорост. В резултат може да се установи, че:

- 1) Силата на триене зависи от силите, с които се притискат повърхностите една към друга.
- 2) Силата на триене не зависи от скоростта (при малки скорости).
- 3) Силата на триене зависи от типа на допиращите се повърхности.
- 4) Силата на триене зависи от състоянието на допиращите се повърхности.



Фиг. 19. Действащи сили при плъзгане на правоъгълно тяло по хоризонтална повърхност

За да се обяснят тези наблюдения, трябва да се каже, че съществуват триене при покой (липса на плъзгане между двете триещи се повърхности) и триене

при плъзгане. Математически силата на триене при покой се изразява чрез формулата (37):

$$F_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} N, \quad (37)$$

където $F_{\text{ст}}$ е статичната сила на триене (при покой), $k_{\text{ст}}$ е коефициентът на статично триене и N (нормален натиск) е силата, перпендикулярна на повърхността, която притиска двете повърхности една към друга.

Def. Коефициентът на триене представлява количествена мярка (число), отразяваща взаимодействието между двете триещи се тела.

Пример: кутия лежи върху хоризонтална повърхност (фиг. 19). За да задвижим кутията, трябва да ѝ въздействаме със сила $F_{\text{дв}}$, по-голяма от силата на триене $F_{\text{тр}}$ ($F_{\text{дв}} \geq F_{\text{тр}}$). Тук силата на триене можем да определим от формулата:

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} N,$$

където N е силата на нормален натиск към опората, която в този конкретен случай е равна на силата на тежестта на кутията.

Коефициентът на триене между двете повърхности е най-голям при покой. При започване на плъзгането на кутията по повърхността вече говорим за сила на триене при плъзгане. Математически тя се дефинира като (38):

$$F_{\text{кин}} = k_{\text{кин}} N, \quad (38)$$

където $F_{\text{кин}}$ е кинетичната сила на триене при плъзгане, $k_{\text{кин}}$ е коефициентът на кинетично триене и N (нормален натиск) е силата, перпендикулярна на повърхността, която притиска двете повърхности една към друга.

В табл. 1 са дадени някои приблизителни стойности на $k_{\text{ст}}$ и $k_{\text{кин}}$. Важен е фактът, че когато $k_{\text{ст}} \geq k_{\text{кин}}$, статичното триене е по-голямо от кинетичното (Фулър, Х., Р. Фулър, Р. Фулър, 1988).

Табл. 1. Коефициенти на статично и кинетично триене за различни повърхности

Повърхности	$k_{\text{ст}}$	$k_{\text{кин}}$
Авт. гума върху чист бетон	1,0	0,8
Авт. гума върху кален бетон	0,7	0,2
Авт. гума върху залебен бетон	0,3	0,02
Дърво върху дърво	0,5	0,3
Кожа върху метал	0,6	0,5
Метал върху метал (сухи)	0,6	0,2
Метал върху метал (със смазка)	0,1	0,04
Метал върху дърво	0,6	0,2
Човешки стави	0,02	От 0,0016 до 0,005

Нека да обърнем внимание на стойностите на коефициента на триене в човешките стави. Той е много нисък заради синовиалната течност в ставите. Тя спомага за равномерното разпределение на силите по повърхността на хрущяла и намалява силите на триене в ставата.

4. Сили на съпротивление на средата

Молекулите на произволен газ заемат целия предоставен им обем, т.е. обемът на газа се определя от обема на съда, който той заема. Както газовете, така и течностите приемат формата на съда, в който се намират. Но за разлика от газовете средното разстояние между молекулите на течността е практически постоянно, поради което течностите притежават постоянен обем. Въздушната и водната среда се наричат с общото понятие флуиди [Трофимова, Т., 1994].

Def. Флуид, чиито вътрешно триене (вискозитет) и свиваемост могат да се пренебрегнат, се нарича идеален флуид (Трофимова, Т., 1994).

При движението си телата изпитват общото съпротивление на средата. Това е от значение, когато във въздушна среда скоростта е висока. Основни параметри на всеки флуид са неговите характеристики - плътност и вискозитет.

Def. Плътността (ρ) представлява масата в единица обем и се определя от отношението на масата и обема на флуида ($\rho = \frac{m}{V}$).

Def. Вискозитет (вътрешно триене, η) е свойството на реалните течности да оказват съпротивление при течение.

Всяко тяло, движещо се във флуид, изпитва действието на две сили – подемна сила (Архимедова сила) и сила на съпротивление на средата.

Def. На всяко тяло, потопено в течност (или газ), действа подемна сила, равна по големина на теглото на изместения от тялото обем течност (или газ).

Def. Силата на съпротивление на средата е противоположна на посоката на движение на тялото, а подемната сила е вертикална, с противоположна посока на теглото на тялото.

Силата на съпротивление на средата F_d зависи от няколко фактора:

- ✓ плътността на флуида (средата), ρ ;
- ✓ скоростта на движение на тялото във флуида, V ;
- ✓ напречното сечение на тялото по отношение на движението, S ;
- ✓ коефициент на взаимодействие на флуида с повърхността на движещото се тяло, B .

Тези фактори се обобщават от общата формула за съпротивителната сила на средата (39):

$$F_d = - \frac{1}{2} \rho V^2 S B \quad (39)$$

При много спортни дисциплини е от съществено значение да се познават всички фактори, влияещи на постижението (хвърляне на копие, диск, чук; плуване, ски, автомобилизъм), свързани с движение на телата в среда. Затова задачата на всеки треньор (помощник-треньор) е да познава добре качеството на взаимодействието между движещите се тела и средата според вида спорт.

5. Взаимодействие между вътрешни и външни сили

Def. Вътрешни сили в човешкото тяло – сами по себе си те не могат да променят положението или състоянието на движение на ОЦТ (общ център на тежестта).

Биват:

- а) мускулни силии създадените от тях въртящи моменти;

б) сили на еластична деформация на тъканите.

Def. Външни сили. Биват два вида:

- а) активни – те са в състояние сами да преместят ОЦТ (силата на тежестта; мускулна сила на партньор и др.);
- б) пасивни – сила на опорна реакция, сили на триене, съпротивление на средата, инерчни сили на чужди тела F_i и др.

Пасивните външни сили са реакция на дадено действие и при взаимодействия с вътрешните (мускулни) сили привеждат тялото в механично движение (Богданов, П., 2006).

Напрежението и съкращаването на мускулите е основен източник на енергия при движенията на човека. За да се осъществят много от движенията в спорта, е необходимо взаимодействие между вътрешните мускулни сили и външните сили.

АКЦЕНТИ ***

- **Сила на тежестта.** Между всеки две материални тела действа сила на взаимно привличане, правопрпорционална на произведението от масите им (m_1, m_2) и обратнопропорционална на квадрата от разстоянието между тях (r).
- **Опорна реакция, $\vec{R}$.** Опорната реакция $\vec{R}$ е силата, с която опората противодейства на силата на тежестта на дадено тяло.
- **Сила на триене.** Силата, която се противопоставя на всяко реално движение, се нарича сила на триене.
- **Сили на съпротивление на средата.** Силата на съпротивление на средата F_d зависи от няколко фактора:
 - ✓ плътността на флуида (средата), ρ ;
 - ✓ скоростта на движение на тялото във флуида, V ;
 - ✓ напречното сечение на тялото по отношение на движението, S ;
 - ✓ коефициент на взаимодействие на флуида с повърхността на движещото се тяло, B .
- **Взаимодействие между вътрешни и външни сили – дефиниции.**

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. От какво зависи силата на триене?
2. От какво зависи силата на съпротивление на телата?
3. Каква е разликата между сила на тежестта и опорна реакция?

РАЗДЕЛ II. СТАТИКА

ТЕМА 2.1. ОБЩ ЦЕНТЪР НА ТЕЖЕСТТА НА ЧОВЕКА. РАВНОВЕСИЕ – ВИДОВЕ. УСЛОВИЯ ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ТЕЛАТА. РАВНОВЕСИЕ ПРИ ЧОВЕКА

Основни понятия:

- ✓ *Общ център на тежестта на човека (ОЦТ)*
- ✓ *Равновесие – видове*
- ✓ *Условия за устойчивост на телата*
- ✓ *Равновесие при човека*

Статиката (от гръцки език - $\sigma\tau\alpha\tau\acute{o}\varsigma$, „неподвижен“) е дял на механиката, който изучава условията на равновесие на материалните точки или техните системи, намиращи се под въздействие на сили или въртящи моменти.

При статичните положения на човешкото тяло силата на тежестта и опорната реакция обикновено се уравновесяват. Условията на това равновесие зависят от взаимното разположение на частите на тялото и на цялото тяло спрямо опората. За запазване на статичното положение винаги вземат участие мускулните сили.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1. Общ център на тежестта на човека

„Точката, в която, ако окачим едно тяло, то се намира в безразлично равновесие, се нарича център на тежестта на тялото“ (Попов, Хр., В. Караиванов, § В. Иванов, 2009).

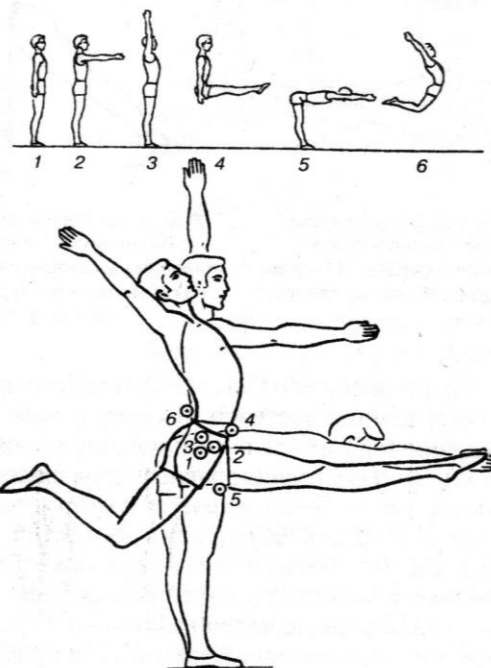
Център на тежестта на едно тяло наричаме приложната точка на силата на тежестта, действаща на тялото.

Def. Общият център на тежестта (ОЦТ) е въображаема точка, в която е приложена равнодействащата на силите на тежестта на отделните сегменти на тялото. ОЦТ е и център на масата на тялото поради факта, че тялото се намира в хомогенно гравитационно поле.

За определяне на най-рационалната техника при спортните изпълнения в редица случаи трябва да се определят точното местоположение и траекторията на ОЦТ на тялото. От формата на траекторията при дадено движение може да се анализират много аспекти от изпълнението. При статичните упражнения местоположението на ОЦТ и неговото отношение към опората определят равновесието и условията за устойчивост на тялото.

При изменение на взаимното разположение на частите на тялото и най-вече при извършване на движение с максимална амплитуда местоположението на ОЦТ се изменя съществено (Богданов, П. & С. Иванов, 1985) (фиг. 20). При мъже с нормално телосложение при изправен стоеж, с прибрани към тялото ръце, ОЦТ се разполага анатомично някъде под диафрагмата зад пъпа. При жените ОЦТ се разполага малко по-ниско.

Най-характерната особеност на ОЦТ на човека е, че тази точка се намира в непрекъснато



Фиг. 20. Положение на ОЦТ при различни пози на тялото

движение, дори при покой на тялото, вследствие на физиологичните процеси дишане и кръвообращение. При изменение на позата на тялото и неговите сегменти ОЦТ изменя положението си (фиг. 20). В някои пози (висок старт в бяганията) и в някои пози в гимнастиката може да напусне тялото, но не повече от 15 см.

Методите за определяне на ОЦТ са много различни, особено след навлизане на компютърното моделиране и софтуерния анализ. В различните софтуерни пакети има разнообразие от методики за 3D визуализиране на точката на ОЦТ на тялото. Преди да покажат крайния резултат обаче, всички пакети изискват от оператора въвеждане на начални данни, маркиране на важни точки от тялото и някои необходими процедури.

2. Равновесие – видове. Условия за устойчивост на телата. Равновесие при човека

Def. Опорната площ на тялото се образува от опорните точки и повърхността, заключена между тях. Тялото е в равновесие, когато вертикалната проекция на ОЦТ пресича опорната площ на човека (фиг. 21).

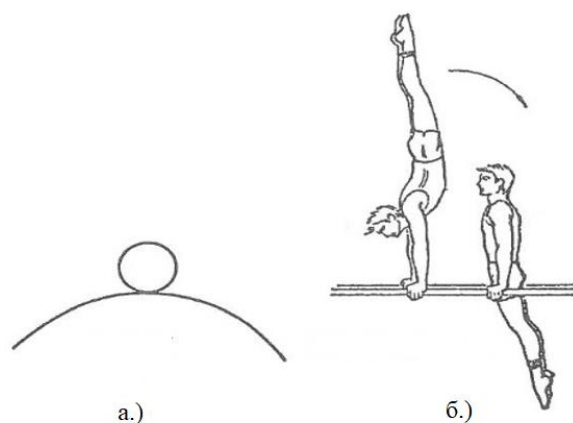
Всички неподвижни положения на едно твърдо тяло, закрепено в точка или ос, са резултат от равновесие на действащите върху него сили. В зависимост от съотношението на силите и възможността да се запази равновесното положение на тялото се различават три вида равновесие – безразлично, устойчиво и неустойчиво (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).



Фиг. 21. Общ център на тежестта, опорна площ на човешко тяло и проекция на ОЦТ върху опорната площ

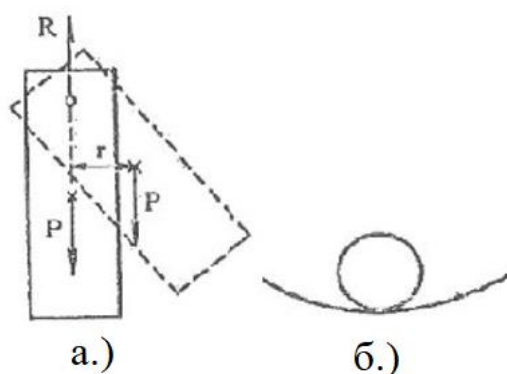
Def. Видове равновесие:

- ✓ **неустойчиво равновесие** е такова, при което при най-малкото отклонение на тялото последното излиза от равновесното си положение (фиг. 22 а, б);

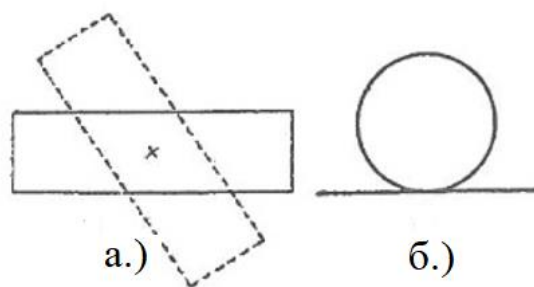


Фиг. 22. Неустойчиво равновесие

✓ **устойчиво равновесие** е това, при което всяко отклонение предизвиква сили, които връщат тялото/системата в първоначалното равновесно положение (фиг. 23);



Фиг. 23. Устойчиво равновесие



Фиг. 24. Безразлично равновесие

✓ **безразлично равновесие** е такова, при което тялото е в равновесие във всички свои положения (фиг. 24).

Def. В общия случай устойчивостта на телата се определя от два фактора – от големината на опорната площ и от височината на ОЦТ над опората.

Тялото е в равновесие, когато вертикалната проекция на ОЦТ пресича опорната площ на човека (фиг. 21). При увеличаване на височината на ОЦТ устойчивостта намалява и обратно.

Def. Равновесната устойчивост на човека се определя от способността на тялото да запазва режим на устойчиво равновесие в покой, при ходене, бягане или при различни двигателни действия.

Експериментално е доказано, че някои хора имат по-висока равновесна устойчивост, което им помага много в усвояването и в отличното изпълнение на двигателните задачи в съответната спортна дисциплина. Степента на равновесна устойчивост на телата се определя по три основни метода – геометричен, енергетичен и динамичен (Хаджиев, Н. & Р. Гешев, 2011).

Def. Геометричният метод определя ъгъла на завъртане на тялото, наречен ъгъл на устойчивост, за да премине то от устойчиво в неустойчиво равновесие.

Def. Енергетичният метод оценява работата, която трябва да се извърши за преместване на ОЦТ до извеждане на тялото от устойчиво равновесие.

Def. При динамичния метод устойчивостта се определя от големината на въртящите моменти на силите, стремящи се да изведат тялото от устойчиво равновесие.

АКЦЕНТИ***

- Общият център на тежестта (ОЦТ) е въображаема точка, в която е приложена равнодействащата на силите на тежестта на отделните сегменти на тялото. Опорната площ на тялото се образува от опорните точки и повърхността, заключена между тях. Тялото е в равновесие, когато вертикалната проекция на ОЦТ пресича опорната площ на човека.
- **Видове равновесие:**
 - ✓ **неустойчиво равновесие** е такова, при което при най-малкото отклонение на тялото последното излиза от равновесното си положение;
 - ✓ **устойчиво равновесие** е това, при което всяко отклонение предизвиква сили, които връщат тялото/системата в първоначалното равновесно положение;
 - ✓ безразлично равновесие е такова, че при каквото и положение тялото е в равновесие.
- **Равновесната устойчивост** на човека се определя от способността на тялото да запазва режим на устойчиво равновесие в покой, при ходене, бягане или при различни двигателни действия.
- **Методи за определяне на устойчивост:**
 - ✓ **геометричният метод** определя ъгъла на завъртане на тялото, наречен ъгъл на устойчивост, за да премине то от устойчиво в неустойчиво равновесие;
 - ✓ **енергетичният метод** оценява работата, която трябва да се извърши за преместване на ОЦТ до извеждане на тялото от устойчиво равновесие;
 - ✓ **при динамичния метод** устойчивостта се определя от големината на въртящите моменти на силите, стремящи се да изведат тялото от устойчиво равновесие.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са видовете равновесие?
2. От какво зависи равновесната устойчивост на човека?
3. Какво представлява ОЦТ на човека?

РАЗДЕЛ III. БИОМЕХАНИКА И СТРУКТУРА НА ДВИЖЕНИЯТА НА ЧОВЕКА

ТЕМА 3.1. БИОМЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА КОСТИТЕ И СТАВИТЕ. ЛОСТ, ВИДОВЕ ЛОСТОВЕ, КОСТНО-СТАВНИТЕ СЕГМЕНТИ КАТО ЛОСТОВЕ

Основни понятия:

- ✓ Биомеханични свойства на костите и ставите
- ✓ Лост, видове лостове
- ✓ Костно-ставните сегменти, като лостове

При изучаване на човешкото тяло и по-специално на опорно-двигателния апарат биомеханиката се интересува от тези особености на строежа и функциите, които имат отношение към протичането на движението и неговото усъвършенстване. Биомеханиката се отдалечава от анатомичните подробности и физиологичния механизъм на двигателния апарат и изучава по-опростен модел – човешкото тяло като биомеханична система.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1. Биомеханични свойства на костите

Човешката костна система включва костите на скелетона, ставите, свързващи тези кости, сухожилията, ставните връзки и хрущялната тъкан, принадлежащи към ставните структури.

Def. От механична гледна точка костната система може да се разглежда като подредба на твърди звена, взаимно свързани чрез стави, осигуряващи специфични движения.

Мускулите, прикрепени към костите, осигуряват силите, предизвикващи промените в позицията на костите една спрямо друга.

Def. Основната функция на костната система е осигуряване на движението на човешкото тяло. Костите формират твърда структура, поддържаща всички органи и тъкани в човешкото тяло (опорна функция). Защитната функция се изразява в осигуряване на работата и жизнените процеси в органите. Физиологичните функции на костната система основно са производство на червени и бели кръвни клетки, тромбоцити в гръбначния мозък. Също така костите служат за съхранение на калций, фосфор и други вещества. Основните функции на костната система са обобщени в табл. 2 (McGinnis, P., 2013).

Табл. 2. Функции на скелета

Механични функции	Физиологични функции
Опорна	Хемопоеична (производство на кръвни клетки)
Защитна	Съхранение на минерали
Двигателна	

Независимо от това, че спадат към пасивния дял на двигателния апарат, костите се приспособяват много активно към специфичните натоварвания, на които са подложени.

Def. Основно биомеханично свойство, което трябва да притежава костта, е нейната здравина – определя се преди всичко от химическия ѝ състав и строеж. Здравината на костите, с някои условности, количествено се определя от величината Модул на Юнг (E).

Името на величината Модул на Юнг (E) е дадено от името на неговия създател – английски физик, който провежда изследвания в областта на компресиране и разтягане на различни твърди материали, както и на процеси, които се извършват под механично въздействие.

Def. За модула на Юнг трябва да се каже, че:

- ✓ това е единица мярка, чиято стойност показва надлъжната (и напречната) еластичност на костта;
- ✓ количествено показва определени свойства на костната тъкан;
- ✓ показва поведението при деформация на костта с оглед посоката на натоварването.

Модулът на Юнг се измерва в същите единици, както напрежението – N/m^2 (нютон на квадратен метър) (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

Силите, които действат върху двигателния апарат на човека, се прилагат към неговите опорни елементи – костите. Те имат различен обем и най-разнообразна криволинейна форма. За да може да се определи точно действието на силите, се налага реалните форми на костите да се заменят с механични величини, което опростява нещата и прави анализа на движенията по-точен. За целта се въвежда понятието механична ос на костта (Хаджиев, Н. & Р. Гешев, 2011).

Def. Механичната ос на костта е права линия, която свързва ставните центрове на въртене, разположени на двата края на костта (фиг. 25).



Фиг. 25. Линия на механичната ос на костта

Def. Основната опорна единица на двигателния апарат е механичната ос. Съединени последователно, механичните оси образуват костните вериги. За да се отчита действието на приложените към двигателния апарат сили, приложената им точка трябва да лежи винаги върху линията механичната ос.

2. Биомеханични свойства на ставите

Def. Става е мястото, където две кости се свързват. Основната функция на ставите е да свързват костите, докато контролират позволеното движение между тях. Ставите

осигуряват твърди или подвижни връзки между костите в зависимост от индивидуалните им функции. Втората по важност ставна функция е да предават сили между костите (McGinnis, P., 2013).

При задвижването на две съседни костни звена ставните повърхнини се хлъзгат една спрямо друга. Една част от работата, извършена от мускулите, се изразходва за преодоляване на триенето в ставите.

Def. Основни градивни елементи на ставата са хрущялът, който покрива ставните повърхнини, ставната капсула, която обвива ставата, и ставната кухина (фиг. 26).

Def. Ставните повърхнини при човека нямат идеално точна геометрична форма, като в зависимост от натоварването и допирната повърхност се променят. В много от случаите повърхнините не се допират по цялото си протежение. При натоварване, благодарение на деформацията на хрущяла, допирната повърхност се увеличава. В някои случаи хрущялната тъкан действа като амортизатор.

Ставната кухина е запълнена със синовиална течност. При натиск синовиалната течност се „изстиска“ от хрущяла. Хрущялът има гъбеста структура с много малки пори и е пропит със синовиална течност (<https://www.sport-dvd-multimedia.eu/Biomech1/2.htm>).



Фиг. 26. Натоварен участък в ставата и движение на синовиалната течност

Def. Смазването в ставата се осъществява от синовиалната течност. Тя притежава характеристиката вискозитет (коефициент на триене).

На фиг. 26 е показано как би действал механизмът на изстискащата смазка при цялостна става. Ставните повърхнини се допират в малък участък. От този участък синовиалната течност се изцежда, но преди да се влее в ставната кухина, тя минава през порите на хрущяла. Останалите ненатоварени участъци на хрущяла свободно попиват синовиална течност. Ако допирната повърхност на хрущялите се променя при движението, в нито един участък от хрущяла не може да се получи пълно изцеждане на синовиалната течност (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

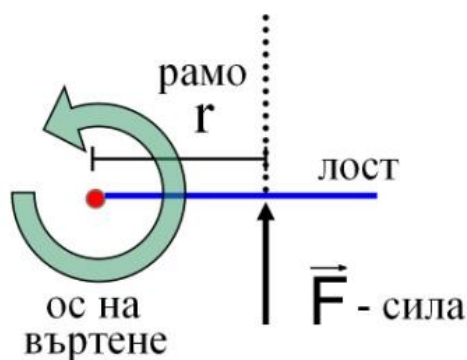
Доказано е, че ниският коефициент на триене се дължи преди всичко на особеноите свойства на синовиалната течност. Поначало тя притежава значително по-висок вискозитет от кръвната плазма, макар че и двете са сходни по своя състав. Очевидно това е обусловено от наличието на хиалуронова киселина. Установено е, че при интензивно физическо натоварване в продължение на дванадесет месеца количеството на синовиалната течност в ставите се увеличава повече от двукратно.

3. Лост, видове лостове

Def. Лост е твърдо тяло, което се върти около определена точка, когато към него се приложи сила. При това се преодолява някакво съпротивление или тежест.

Мускулните сили се прилагат към костите в залавната точка на сухожилията към костите, които от биомеханична гледна точка представляват лостове. Всеки такъв лост се движи около една опорна точка. Такава опорна точка може да бъде ставата, в която движещата се кост се съчленява с костта, спрямо която се движи. Опорна точка може да бъде и точката на допир с твърда опора от външната среда, около която се извършва движението. За приложна точка на мускулната сила служи залавното място на съответния мускул към костта, чрез сухожилието (Богданов, П. & С. Иванов, 1985). Разстоянието между точката на противодействие (товар) и опорната точка се нарича „рамо на противодействието“.

Def. Рамо на сила – най-краткото разстояние (правата линия) между оста на въртене и направлението на силата. В тази дефиниция под направление на силата се има предвид мислената линия, минаваща през вектора на силата (фиг. 27).



Фиг. 27. Лост с ос на въртене и означение на рамо на сила

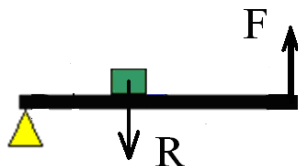
Def. Видове лостове:

а). равновесен лост от I род – преодоляващата сила и товарът са от двете страни на опорната точка (фиг. 28);



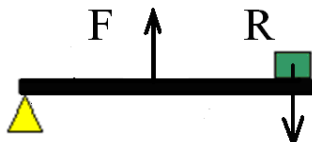
Фиг. 28.

б). силов лост от II род – товарът е между преодоляващата сила и опорната точка (фиг. 29);



Фиг. 29.

в). скоростен лост от III род – преодоляващата сила е между опорната точка и товара (фиг. 30).



Фиг. 30.

АКЦЕНТИ ***

➤ Функции на костите

Def. Основната функция на костната система е осигуряване на движението на човешкото тяло.

➤ Биомеханични свойства на костите и ставите

Def. От механична гледна точка костната система може да се разглежда като подредба на твърди звена, взаимно свързани чрез стави, осигуряващи специфични движения.

Def. Основно биомеханично свойство, което трябва да притежава костта, е нейната здравина – определя се преди всичко от химическия ѝ състав и строеж. Здравината на костите, с някои условности, количествено се определя от величината Модул на Юнг (E).

Def. Механичната ос на костта е права линия, която свързва ставните центрове на въртене, разположени на двата края на костта.

➤ Биомеханични свойства на ставите.

Def. Става е мястото, където две кости се свързват.

Def. Основни градивни елементи на ставата са хрущялът, който покрива ставните повърхнини, ставната капсула, която обвива ставата, и ставната кухина.

Def. Смазването в ставата се осъществява от синовиалната течност. Тя притежава характеристиката вискозитет (коефициент на триене).

➤ Лост, видове лостове.

Def. Лост е твърдо тяло, което се върти около определена точка, когато към него се приложи сила. При това се преодолява някакво съпротивление или тежест.

Def. Рамо на сила – най-краткото разстояние (правата линия) между оста на въртене и направлението на силата.

Def. Видове лостове:

а). равновесен лост от I род; б). силов лост от II род; в). скоростен лост от III род.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Какво представлява модулът на Юнг?
2. Кои са трите рода лостове?
3. Начертайте какво е рамо на сила?

ТЕМА 3.2. БИОМЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА МУСКУЛИТЕ. МЕХАНИЧНО ДЕЙСТВИЕ НА МУСКУЛИТЕ. ФУНКЦИОНАЛНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА МУСКУЛИТЕ

Механичното действие на мускулите се изразява в привеждане в движение на костно-ставните сегменти, разглеждани като лостове.

Основни понятия:

- ✓ Биомеханични свойства на мускулите
- ✓ Механично действие на мускулите
- ✓ Функционална класификация на мускулите

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1. Биомеханични свойства на мускулите

Def. Основните биомеханични свойства на мускулите са еластичност, вискозитет, пълзене и релаксация (Хаджиев, Н. & П. Гешев, 2011). Основните биологични свойства са: съкратимост, възбудимост, проводимост и лабилност.

Def. Еластичността е способността на мускулите да възвръщат първоначалната си форма и състояние след деформация.

Def. Вискозитет (вътрешно триене на мускула) е закъснението на деформацията на мускула при съответно изменение на натоварването.

Def. Пълзене представлява удължаването на мускула с течение на времето при постоянно напрежение.

Def. Релаксация е свойство, при което мускулът намалява напрежението си (релаксира) след изтичане на определен период от време, при фиксирана дължина.

Под влияние на повишено напрежение залавните места на мускула се стремят да се доближат едно до друго. Ако те са свободно подвижни, мускулът намалява дължината си, той се съкращава. Ако съкращаването среща съпротивление, напрежението в мускула нараства, докато преодолее съпротивлението, и тогава следва съкращението. При много голямо съпротивление напрежението в мускула расте, докато достигне своя максимум, без да може да се съкрати. Следователно възбудимостта обуславя съкратимостта на мускула, но невинаги възбуденият мускул може да се съкрати (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

Възбудимостта повлиява особено силно еластичните свойства на мускула. При възбуден мускул еластичността и вискозитетът са повишени. Увеличената еластичност се изразява в увеличение на съпротивлението, което мускулът оказва при натоварване (сравнено със съпротивлението при покой) (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

Въздействието на външни сили върху мускула довежда до неговата деформация. При по-голямо натоварване деформацията на мускула е по-голяма. Следователно мускулът реагира като еластична система. Удължаването на мускула предизвиква появата на еластични сили, които след прекратяване на натоварването възстановяват първоначалната дължина на мускула.

Вискозитетът е свойство, което се проявява особено силно при бързите изменения в дължината на мускула. То определя закъснението на деформацията на мускула при съответно изменение на натоварването. Колкото вискозитетът на мускула е по-нисък, толкова закъснението и изменението на дължината са по-малки. При висок вискозитет то е силно изразено и не позволява на мускула да възстанови напълно своята първоначална форма. Непосредствено след деформацията на мускула (след изтичане на известен период от време, определен от закъснението

вследствие вискозитета) се установява определено съотношение дължина-напрежение. При оставяне на мускула в това състояние за един продължителен период от време в него настъпват изменения, обусловени от свойствата пълзене и релаксация. При свободен край (към който е приложена тежестта) след известно време, без да изменя напрежението си и да се нуждае от допълнително натоварване, мускулът се удължава. Това се дължи на свойството пълзене. При фиксиране на краищата на мускула след изтичане на определен период от време, без да изменя дължината си, мускулът намалява напрежението си, т.е. отпуска се. Това се дължи на свойството релаксация (Богданов, П., 2006).

2. Механично действие на мускулите

Def. Механичното действие на мускулите се изразява в привеждане в движение на костно-ставните сегменти, разглеждани като лостове. В зависимост от съотношението между действащата мускулна сила и преодоляваното съпротивление мускулното действие е статично или динамично.

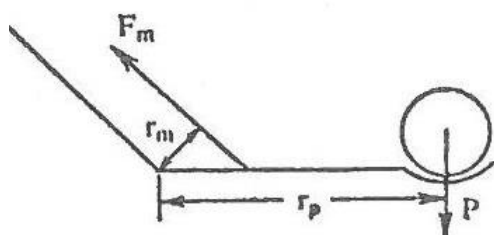
При статичната работа моментът на мускулната сила е равен на момента на съпротивлението. Мускулите се напрягат активно, но не са в състояние да изменят дължината си (изометрично съкращение). При статичната мускулна работа може да се определи големината на действащата сила, но не може да се измери преместването, тъй като то липсва. От друга страна, се знае, че статичната работа е много по-изморителна от динамичната.

Динамичната мускулна работа може да бъде ексцентрична (мускулът се напряга, но се удължава — опъва) и концентрична — мускулът се напряга и се съкращава.

Статична работа се извършва не само при статични упражнения, но и при много от динамичните — извършва се от тези мускулни групи, които в даден момент обездвижват определени звена от двигателния апарат (Хаджиев, Н. & П. Гешев, 2011).

Видове статична работа:

1. *Задържаща мускулна работа.* Моментът на мускулната сила уравновесява момента на силата на тежестта. Например моментът на мускулите, сгъващи в лакътната става, уравновесява разгъващия момент на държана в ръката тежест (фиг. 31).



$$F_m \cdot r_m = P \cdot r_p$$

Фиг. 31.

2. *Укрепваща мускулна работа.* При някои случаи натоварването е много голямо и представлява опасност за ставите. Собственият апарат на ставата (връзки и ставна капсула) не е в състояние да издържи и има опасност от разкъсване. Чрез едновременното напрягане на агонисти и антагонисти се създават сили, които притеглят дисталното звено към проксималното и по този начин укрепват ставата.

3. *Фиксираща мускулна работа.* Чрез своето статично напрягане мускулите фиксират дадено звено и по този начин го превръщат в стабилна опора за действието

на други мускули. Например мускулите на коремната преса чрез статичното си нап-
рягане фиксират таза и го превръщат в опора на мускулите, сгъващи тазобедрените стави при изпълняване на упражнението на висилка.

Мускулите извършват *динамична работа*, когато задвижват съответните звена от тялото. Динамичната работа бива преодоляваща и отстъпваща.

1. Преодоляваща – моментът на мускулната сила е по-голям от момента на съпротивлението:

- а) с нарастващо напрежение;
- б) с намаляващо напрежение.

2. Отстъпваща – моментът на съпротивлението е по-голям от момента на мускулната сила:

- а) с нарастващо напрежение;
- б) с намаляващо напрежение.

3. Функционална класификация на мускулите

В двигателната дейност на човешкото тяло никога не се среща самостоятелно действие на даден мускул. Дори и при най-елементарните двигателни актове движението е резултат от съгласуваната дейност на множество мускулни групи, разположени често пъти далеч един от друг (Хаджиев, Н. & П. Гешев, 2011).

Def. Мускулната синергия представлява функционална съгласуваност в действията между мускулните групи, участващи в една двигателна задача.

При всяко движение отделните мускулни групи действат различно. Ролята на всяка една от тях е различна. За да се подчертаят различията в рамките на мускулната синергия, се въвежда класификация, която се основава на функцията, която изпълняват мускулните групи при дадено движение.

Def. 1. Агонисти. В тази група се поставят мускулите, които, повишавайки своето напрежение, задвижват подвижния костен сегмент. Наричат се още основни двигатели.

Например при флексия в лакътна става агонисти са двуглавият мишничен мускул и мишнично-лъчевият мускул. Определянето на агонистите става за всяко конкретно движение. Много пъти дадени мускули са агонисти при едно и антагонисти при друго движение.

Def. 2. Антагонисти. Действието им е противоположно на извършваното в момента движение.

При флексия в лакътна става антагонист е триглавият мишничен мускул. Неговата функция е да регулира скоростта на флексията, като предпазва по този начин ставата от травма.

Def. 3. Фиксатори – фиксират подвижното звено, за което се залавят агонистите.

Например при задвижване на мишницата много от мускулите, които участват в това движение, имат залавни места на лопатката, която също така е подвижна. Нейното фиксиране се осъществява от мускулите фиксатори, които я прикрепват към гръбначния стълб.

Def. 4. Неутрализатори – служат за блокиране на ненужните движения при осъществяване на двигателна задача. Осигуряват движение само в желаната посока.

Например двуглавият мишничен мускул сгъва и супинира лакътната става. Особено при силно нап-
рягане неговият супиниращ ефект се проявява силно. Ако движението трябва да протече само при сгъване на лакътната става, е необходимо

напрягането и на пронаторите, които да създадат прониращ момент, равен на супиниращия момент на двуглавия мишничен мускул, като го уравновесяват по този начин.

Някои автори обединяват функционалните групи фиксатори и неутрализатори и ги наричат синергисти. Дефинират ги като мускули, които работят заедно в тясно сътрудничество, за да подпомогнат, допълнят и променят действието на агонистите.

АКЦЕНТИ***

➤ Биомеханични свойства на мускулите

Def. Основните биомеханични свойства на мускулите са еластичност, вискозитет, пълзене и релаксация.

Def. Еластичността е способността на мускулите да възвръщат първоначалната си форма и състояние след деформация.

Def. Вискозитет (вътрешно триене на мускула) е закъснението на деформацията на мускула при съответно изменение на натоварването.

Def. Пълзенето представлява удължаването на мускула с течение на времето при постоянно напрежение.

Def. Релаксацията е свойство, при което мускулът намалява напрежението си (релаксира) след изтичане на определен период от време, при фиксирана дължина.

➤ Механично действие на мускулите

Def. Механичното действие на мускулите се изразява в привеждане в движение на костно-ставните сегменти, разглеждани като лостове. В зависимост от съотношението между действащата мускулна сила и преодоляваното съпротивление мускулното действие е статично или динамично.

➤ Видове статична работа

➤ Видове динамична работа

➤ Функционална класификация на мускулите

Def. 1. Агонисти. В тази група се поставят мускулите, които, повишавайки своето напрежение, задвижват подвижния костен сегмент. Наричат се още основни двигатели.

Def. 2. Антагонисти. Действието им е противоположно на извършваното в момента движение.

Def. 3. Фиксатори – фиксират подвижното звено, за което се залавят агонистите.

Def. 4. Неутрализатори – служат за блокиране на ненужните движения при осъществяване на двигателна задача. Осигуряват движение само в желаната посока.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Кои са биомеханичните свойства на мускулите?
2. Каква е функционалната класификация на мускулите?
3. Какво показва характеристиката вискозитет на мускула?

ТЕМА 3.3. СИСТЕМА, ЕЛЕМЕНТИ, СТРУКТУРА. ДВИГАТЕЛНОТО ДЕЙСТВИЕ КАТО СИСТЕМА НА ДВИЖЕНИЕТО. ФИЗИЧЕСКОТО УПРАЖНЕНИЕ КАТО УПРАВЛЯЕМА СИСТЕМА

Системата на движенията, като всяка система, притежава своя структура. Това определя нейната многостепенност. Външната картина на движението или неговата геометрия се дава от кинематичните характеристики. Те от своя страна се намират в определени взаимоотношения помежду си и формират кинематичната структура на движението. Параметрите на динамичните характеристики също така се намират в определени взаимоотношения помежду си и определят динамичната структура на същото движение. Общо кинематичната и динамичната структура формират двигателната структура. Когато се добави към последната и информационната структура, се получава „двигателното действие като система на движението“.

Основни понятия:

- ✓ Система, елементи, структура – дефиниции
- ✓ Двигателното действие като система на движението
- ✓ Физическото упражнение като управляема система

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

1. Система, елементи, структура – дефиниции

Def. Под понятието система се разбира дадено цяло, съставено от взаимосвързани и взаимодействащи си елементи. Отделните елементи на системата са свързани помежду си в определен порядък.

Def. Елементите и връзките на една система се характеризират с параметри.

Отделните характеристики на движенията не са независими една от друга. Всяка от тях е закономерно свързана с другите, влияе им по определен начин и в същото време изпитва тяхното влияние.

Def. Закономерностите, по които отделните характеристики си взаимодействат, образуват структурата на даденото движение. По този начин цялостният двигателен акт представлява една система от по-елементарни системи и елементи.

От това как е обединено множеството от елементи в едно цяло, се определя и най-важното – усъвършенстването на даденото двигателно действие.

Човешкият организъм е съставен от множество системи. В зависимост от признака, по който дадените елементи се обединяват в дадената система, се различават няколко вида елементи. В зависимост от структурната (морфологичната) единица, от която са изградени съставните части на човешкия организъм, се определят т.нар. веществени системи. Костната система е съставена от повече от 200 кости, мускулната – от повече от 600 мускула. Много от органите са обединени на основа функцията, която изпълняват – дихателна, храносмилателна, кръвоносна и др. системи. В организма протичат най-разнообразни процеси: биохимичните процеси са свързани с обмяната на веществата, нервните процеси – с дейността на нервната система и т.н. В зависимост от ролята, която имат, процесите се обединяват в системи на процесите. Всички веществени системи, а също така и самите движения притежават определени характеризиращи ги свойства (например еластичност, вискозитет, възбудимост, съкратимост на мускулите, цялостност и сегментация на движенията и др.). Свойствата на отделните системи и органи се обединяват в системи на свойствата. Между отделните системи и органи и в различните

движения и тяхното управление съществуват взаимосвързани едно с друго отношения (подчиненост, автоматизъм и др.). Те са обединени в една цялостна система на отношенията [Хаджиев, Н. & П. Гешев, 2011].

2. Двигателното действие като система на движението

Def. Във всяка сложна система могат да се отделят по-прости, съставлящи я системи, които се наричат подсистеми.



Фиг. 32. Блок-схема: Двигателното действие като система на движението

Всяка подсистема представлява елемент на сложната система, към която принадлежи. Следователно системата на движението се характеризира с многостепенна (йерархична) структура.

Като всяка сложна система и системата на движение притежава свои подсистеми (фиг. 32). На фиг. 32 е показана пълната блок-схема на „Двигателното действие като система на движението“. Тази схема показва многостепенността в отношенията между отделните компоненти. В общата структура, както и в структурата на отделните подсистеми има много и разнообразни признаци, които определят кинематичните, динамичните и много други страни на системата. Външната картина на движението или неговата геометрия се дава от кинематичните характеристики (пространствени, времеви и пространствено-времеви). Те от своя страна се намират в определени взаимоотношения помежду си. Всеки кинематичен параметър влияе на останалите и в същото време изпитва влияние от тяхна страна. Това именно е кинематичната структура на движението. Тя не е самото движение, а взаимосвързката и взаимоотношенията, които съществуват между кинематичните характеристики с пространството и времето. Пространствените характеристики показват как движението е осъществено в пространството. Времевите характерис-

тики информират как движението е протекло във времето. Пространствено-времените параметри показват пространствено-времената структура на анализираното движение. Отделните параметри на динамичните характеристики също така се намират в определени взаимоотношения помежду си. Те определят динамичните структури на движенията. Определянето на действащите сили, тяхното влияние за движението на отделните звена и на тялото като цяло дава силовата структура. Изучаването на мускулните сили, мускулната синергия и изобщо всички сложни взаимоотношения между мускулите дават енергетичната структура на движението.

Основна характеристика на произволните движения е тяхната целенасоченост. Всяко движение се изпълнява, за да се реши дадена двигателна задача. За да се постигне поставената предварително цел, е необходимо движението да протича по точно определен начин. Това е невъзможно, ако липсва текуща и срочна информация за хода на движението. Целият поток от информация във връзка с движението образува сложната информационна структура. В информационната структура се различават:

- ✓ *ефекторна или моторна структура* - тя обединява всички импулси, които се отправят от кората на главния мозък към мускулите и другите органи, които са ангажирани в провеждането на даденото движение;
- ✓ *сетивна структура* – в нея са включени съответно синтезирани и преработени всички сетивни импулси, получавани в кората от екстеро- и интерорецепторите;
- ✓ *психическа структура на движението* – в нея са включени всички следи в човешката памет, които имат отношение към двигателната дейност.

3. Физическото упражнение като управляема система

Двигателните действия на човека са извънредно сложен процес. За да се разбере механизмът на управлението на този процес, е необходимо да се определят точно количествените взаимодействия на организма с общото силов поле на движението. Това показва, че изучаването на проблема за координацията на движенията не може да бъде пълно, ако към физиологичната страна на въпроса не се прибави и биомеханичната.

Стремешът да се определят биомеханичните качества на изпълняваното движение и да им се даде точно определена оценка е довел до понятието динамична устойчивост на движението (Аракчийски, З., 2005).

Def. Динамичната устойчивост се изразява чрез степента, до която е усвоено и усъвършенствано движението, така че да се извършва при минимална загуба на мускулна сила и да протича по устойчива траектория. Устойчива траектория е тази, която в резултат на многократни повторения може лесно да се възпроизведе от изпълнителя.

Подобно усъвършенстване трябва да се постигне при всеки двигателен навик.

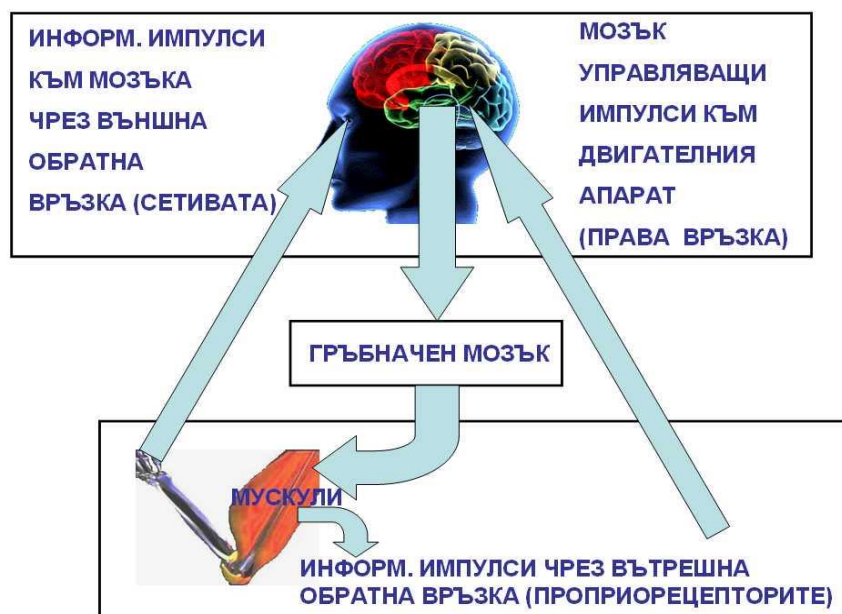
Наблюденията показват, че за да се достигне до динамична устойчивост на движението, се осъществяват три степени на неговата регулация.

1. Начална фаза в усвояването на двигателния навик. Посредством повишеното напрежение на мускулите в кинематичната верига се блокират всички излишни степени на свобода, пречещи на изпълнението на движението по приблизително правилна траектория. Движението е сковано, тромаво.
2. Междинна фаза – части от движението са усвоени и започва освобождаване на блокираните до този момент степени на свобода. Движението протича по-леко и уверено.

3. Заключителна фаза – движението е окончателно усвоено, като освен мускулните сили се използват и реактивните сили от околните звена, при което се постига пълно освобождение на необходимите степени свобода. Движението е леко и свободно.

На фиг. 33 е показана схема за управление на движенията при определено физическо изпълнение (по Чхаидзе) (Хаджиев, Н. & П. Гешев, 2011; Аракчийски, З., 2005). Процесът на управление се състои от кръгове на управление (външен и вътрешен), управляващи въздействия (права връзка) и информационни канали (обратна връзка).

Def. Правата връзка осигурява изпращане на управляващи импулси от главния мозък през гръбначния мозък към мускулите, задвижващи звената на тялото.



Фиг. 33. Схема на Чхаидзе за физическото упражнение като управляема система

Def. Обратната връзка осигурява информация за текущото положение на звената на тялото чрез импулси към главния мозък и бива два вида: а) външна обратна връзка — чрез сетивата; б) вътрешна обратна връзка — чрез проприорецепторите.

Def. Външният кръг на управление включва правата връзка и външната обратна връзка, пряко свързана с възприемането на околната среда.

Def. Вътрешният кръг на управление включва правата връзка и вътрешната обратна връзка, която не е свързана непосредствено със съзнанието и с външната среда.

Предполага се, че външният кръг осъществява контрол над смислената част на движението, а вътрешният – за енергийния автоматизъм. В този смисъл при начинаещи спортисти движението се управлява преимуществено по външния кръг, а при майстори – по вътрешния кръг (Богданов, П. & С. Иванов, 1985).

Процесът на съгласуваност между движенията, изпълнявани от човека, или координацията на движенията, може да се разгледа като съставена от няколко взаимосвързани системи на координация.

Нервна координация– това е съгласуваността на нервните процеси, които водят в конкретни условия до решаване на дадената двигателна задача посредством управлението на движенията чрез мускулните напрежения. Характерните черти на

нервната координация са нейната системност (стереотипност) и приспособимост (динамичност).

Мускулна координация – това е съгласуваност на мускулното напрежение, което оказва въздействие на звената на тялото в съответствие на нервните импулси, а така също и под въздействието на външното и вътрешното силово поле. Най-характерна черта на мускулната координация е груповото взаимодействие на мускулите чрез мускулната синергия.

Двигателна координация – това е съгласуваност на движенията на звената на тялото в пространството и във времето, съответстващо на решаваната двигателна задача при конкретните условия.

От гледна точка на биомеханиката овладяването на дадено физическо упражнение представлява формиране на нова система на движение. Това е процес, който включва в себе си изграждането на системата и нейното по-нататъшно усъвършенстване. Изграждането на нова двигателна система е свързано с решаването на няколко основни задачи:

- а) запознаване с новото упражнение – чрез показване, описание, теоретични обяснения и др. Така се създава зрителен образ и двигателна представа на даденото движение;
- б) усвояване на изучаваното движение и новите детайли. Това е продължителен процес. Той трае до момента, в който състезателят ще може да изпълни в основни линии правилно и уверено изискванията за даденото движение. Основно се използват два начина – цялостен (изучаване на движението като цяло) и сегментен (по части);
- в) усъвършенстване на движението – с оглед повишаване на ефективността и надеждността му.

Високото спортно-техническо майсторство на състезателите зависи в огромна степен от усъвършенстването на системата на движението и от компетентността и мотивацията на треньорския екип. Основните направления, чрез които се развива правилно системата на движението, могат да се формулират по следния начин:

Интеграция и диференциация. Всяко цялостно движение (изпълнение), което се разглежда като самостоятелно явление, включва много движения на основата на тяхното закономерно взаимодействие и подчиненост на общата цел. Интеграцията се проявява и във влиянието на отделните елементи на движението един на друг.

Стабилизация и вариативност. Високият спортен резултат може да се гарантира чрез намаляване влиянието на отклоняващите фактори. Затова е необходимо системата да бъде устойчива. Точното и пълно повторение на което и да е движение е невъзможно. Всяко конкретно изпълнение е единствено и неповторимо. Стабилизацията на системата обезпечава запазване на основните главни характеристики и гарантира протичането на движението в границите на маловажни и ненамаляващи спортния резултат отклонения. Неизбежните отклонения представляват вариативността в протичането на движението. Те се пораждат под влияние на различни причини и имат различно значение за цялостното движение.

Стандартизация и индивидуалност. Всяка двигателна задача се изпълнява при съблюдаване на точно установени правила, чието спазване е абсолютно необходимо. Всеки спортист е длъжен да изпълнява движението в установените от спортносъстезателните правила рамки. Това води до стандартизация на дадената система. В същото време всеки състезател трябва да съблюдава и използва рацио-

нално индивидуалните особености на собствения си двигателен апарат с оглед повишаване на ефективността при решаване на двигателната задача. Това определя индивидуалността и неповторимостта на техниката на отделния състезател.

Произволност и автоматизация при управлението на движението. Всеки състезател може по своя воля и желание да изпълнява дадено движение, да изменя, засилва или отслабва даден елемент. Това е произволността при управлението на движението. В същото време автоматизирането при протичането на даден елемент води до облекчаването и по-точното изпълнение на движението, освобождава вниманието и позволява неговото концентриране към други обекти.

Разнообразието и особените тенденции в развитието и усъвършенстването на системата на движенията не се изчерпват само с по-горе изброените опорни точки. Те са взаимно свързани в най-различни комбинации и отразяват различни страни на една и съща развиваща се система.

АКЦЕНТИ ***

➤ Система, елементи, структура – дефиниции

Def. Под понятието система се разбира дадено цяло, съставено от взаимосвързани и взаимодействащи си елементи. Отделните елементи на системата са свързани помежду си в определен порядък.

Def. Елементите и връзките на една система се характеризират с параметри.

Def. Закономерностите, по които отделните характеристики си взаимодействат, образуват структурата на даденото движение.

➤ Двигателното действие като система на движението

Def. Общо кинематичната и динамичната структура формират двигателната структура. Когато се добави към последната и информационната структура, се получава „двигателното действие като система на движението“.

➤ Физическото упражнение като управляема система

Def. Динамичната устойчивост се изразява чрез степента, до която е усвоено и усъвършенствано движението, така че да се извършва при минимална загуба на мускулна сила и да протича по устойчива траектория.

Def. Схемата за управление на движенията при определено физическо изпълнение (по Чхаидзе) се състои от кръгове на управление (външен и вътрешен), управляващи въздействия (права връзка) и информационни канали (обратна връзка).

Def. Процесът на съгласуваност между движенията, изпълнявани от човека, или координацията на движенията, може да се разгледа като съставена от няколко взаимосвързани системи на координация.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Как се дефинира динамичната устойчивост?
2. Какво разбрахте за управлението на физическото упражнение?

РАЗДЕЛ IV. БИОМЕХАНИЧЕН АНАЛИЗ

При биомеханичните изследвания задачата е да се установи ефективността на даденото движение, да се разкрият общите и специфичните закономерности, по които то протича, да се установи съответствието на движението с поставената двигателна задача. Биомеханичният анализ е съвкупност от етапи, базирани основно на количествено определяне характеристиките на движението, оценка на двигателната ефективност и анализ на структурата на изпълнението.

Def. В съответствие с основните подсистеми на двигателната структура на двигателното действие като система на движението – кинематичната и динамичната, са обособени три основни групи методи – кинематични, динамични и комплексни методи на биомеханичен анализ.

Def. Когато се осъществява биомеханичен анализ, включващ измерване и на кинематични, и на динамични характеристики, той се дефинира като комплексен биомеханичен анализ.

Преди да стартира избраният тип биомеханичен анализ, е необходимо да се постави точна цел и да се формулират набор от задачи за постигането на целта. Решаването на поставените задачи изисква подбирането на съответна методика.

Всеки биомеханичен анализ е комплекс от четири основни етапа:

1. *Литературен обзор.* Особено важен етап за всеки изследван проблем е проверката в научната литература дали и доколко изследваният проблем е решаван от други изследователи. Необходимо е пълно проучване на достиженията в конкретната област. Те ще позволят точната и ясна ориентация за това, което е напредно, и какво точно следва да се решава.

2. *Поставяне на цел и регистриране на характеристиките на движението.* Точната и ясна цел и задачи на изследването и правилно избраната методика са необходимо условие за целенасоченото регистриране на тези биомеханични величини, които са необходими за анализа на даденото движение.

3. *Обработка на получените данни.* Това е процес, който позволява да се получат нови данни за разкриване на важни закономерности и зависимости.

4. *Биомеханичен анализ.* На базата на предходните три етапа той позволява да се установи и подреди всичко значимо за изследвания проблем. В този последен етап се извършва не само анализ, но и синтез – обединяване на всичко важно и оформяне на изводите от анализа и заключение.

ТЕМА 4.1. МЕТОДИ ЗА КИНЕМАТИЧЕН АНАЛИЗ – ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КИНЕМАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ПРИМЕРИ ЗА ПОЛЗИТЕ ОТ АНАЛИЗА НА ТЕЗИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ КОНКРЕТНИ СПОРТОВЕ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Определяне на кинематични характеристики
- ✓ Примери за ползите от анализа на тези характеристики при конкретни спортове

1. Определяне на кинематични характеристики

Def. Кинематичните методи регистрират кинематичните (пространствени, времеви и пространствено-времеви) характеристики на изследваното движение.

Най-разпространен е анализът на видеофайлове с помощта на софтуерни програми, като Kinovea, SkillSpector, MidasPlayer и много други.

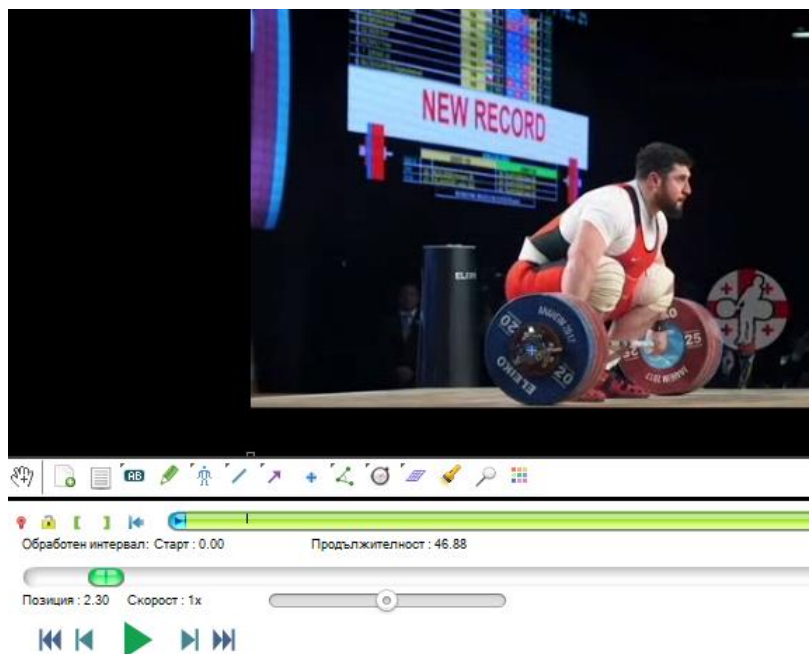
Съществува и друг тип апаратура за количествена оценка на кинематични характеристики:

- ✓ електрогониометри;
- ✓ акселерометри;
- ✓ GPS wireless сензори;
- ✓ контактни платформи (например Chronojump A1).

2. Примери за ползите от анализа на тези характеристики при конкретни спортове

Като пример за ползата от кинематичен анализ ще направим такъв анализ на движението изхвърляне при вдигане на тежести.

Първо е необходимо да се свали видеофайл с изпълнението, което ще се анализира. Нека това видео е световният рекорд от 220 кг на грузинския тежкоатлет Лаша Талахадзе, поставен през 2017 г. в Анахайм, Калифорния, САЩ (<https://www.youtube.com/watch?v=yLNnT5VPars>).



Фиг. 34. Снимка на изследваното видео чрез Kinovea

След като видеото с изпълнението се отвори с безплатния и свободен софтуер Kinovea (<https://www.kinovea.org/download.html>), може да стартира кинематичният анализ на изпълнението (фиг. 34). Поставяме си за цел да определим кинематичната структура на цялото движение, изпълнено от спортиста. За постигането на целта е необходимо да осъществим три задачи:

- ✓ количествено определяне на линейната скорост на щангата, V ;
- ✓ количествено определяне на линейното ускорение на щангата, a ;
- ✓ количествено определяне на изминатия път от щангата, S .

Тук за краткост на изложението се фокусираме само върху изброените параметри. Но изследванието може да се разшири с оценка и на други характеристики – траектория на щангата, промяна на позата на щангиста с времето, максимална височина при „опорен подсед“, минимална височина преди „изправяне“ и т.н.

Движението изхвърляне има шест фази – „теглене“, „подвеждане“, „изтегляне“, „безопорен подсед“, „опоред подсед“ и „изправяне“. Някои анализатори и школи дефинират и подреждат по друг начин тези фази.

Първата фаза – „теглене“, започва в момента на отделяне на щангата от подиума и завършва в момента, когато оста на щангата достигне колената на състезателя. От тук започва втора фаза – „изтегляне“, и завършва в момента, когато петите се отделят от подиума. Третата фаза – „подвеждане“, започва веднага след втората и завършва, когато и двата крака се отделят от подиума. Четвъртата фаза „безопорен подсед“ трае, докато краката на състезателя не стъпят на подиума. Тогава започва пета фаза – „опорен подсед“. При нея състезателят влиза под щангата, като нейният край е в най-ниската точка от траекторията на щангата. След края на пета фаза започва шеста фаза – „изправяне“. Състезателят се изправя, пристъпва, ако е необходимо, и застава за оценка.

Важно е след отварянето на видеото с изследваното изпълнение да се калибрира зрителното поле. Чрез навигацията на програма Kinovea се начертава права линия, обозначаваща височината на състезателя (1,97 м), която ще послужи като лата за калибриране (фиг. 35). Ако имаме калибровъчна лата при самото заснемане е най-добре, но невинаги това е възможно. При липса на лата, анализаторът използва хитринка, за да калибрира видео полето (както е тук при Лаша Талахадзе).



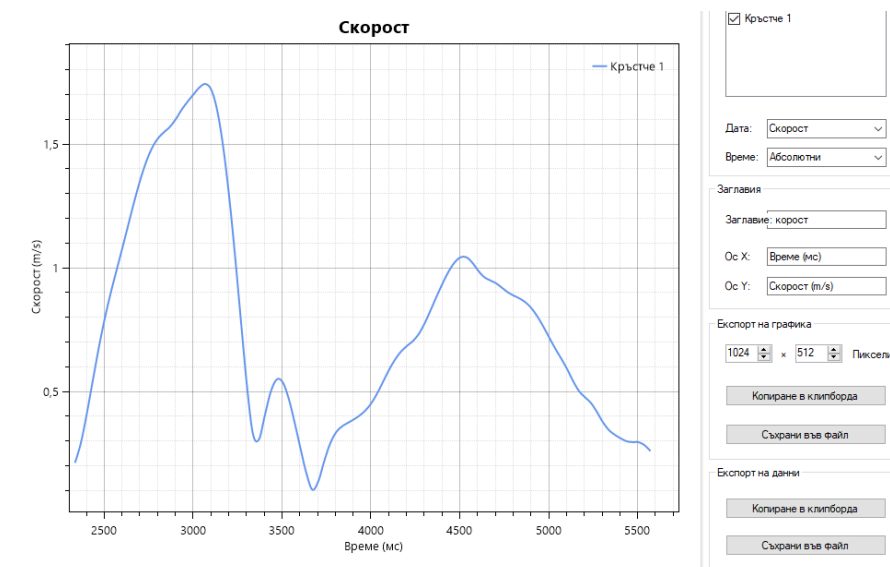
Фиг. 35. Калибриране на зрителното поле

Показали сме чрез калибровката колко пиксела от зрителното поле се включват в реалния размер на калибровъчната лата. Вече трябва да се маркира с кръстчето от навигацията на Kinovea точка от щангата, която ще проследим при движението ѝ (фиг. 36). Когато се извършва 2D анализ (както ние в този конкретен случай) маркираната точка за проследяване от видеото трябва да е в равнината (перпендикулярна на оста на камерата) на използваната лата. Това е задължително, за да се избегне неопределеността (грешката) при получаване на резултатите, идваща от перспективата.

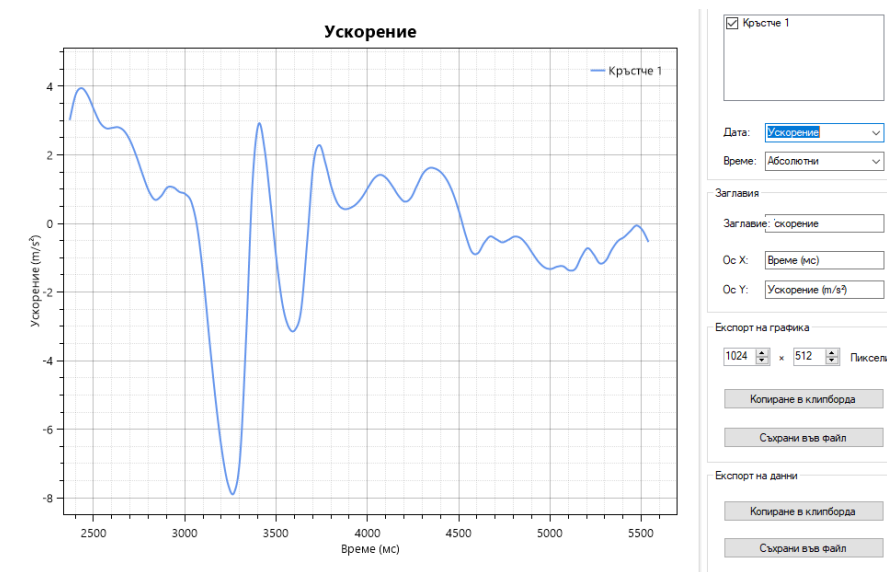


Фиг. 36. Маркиране на точка за определяне на избраните кинематични характеристики

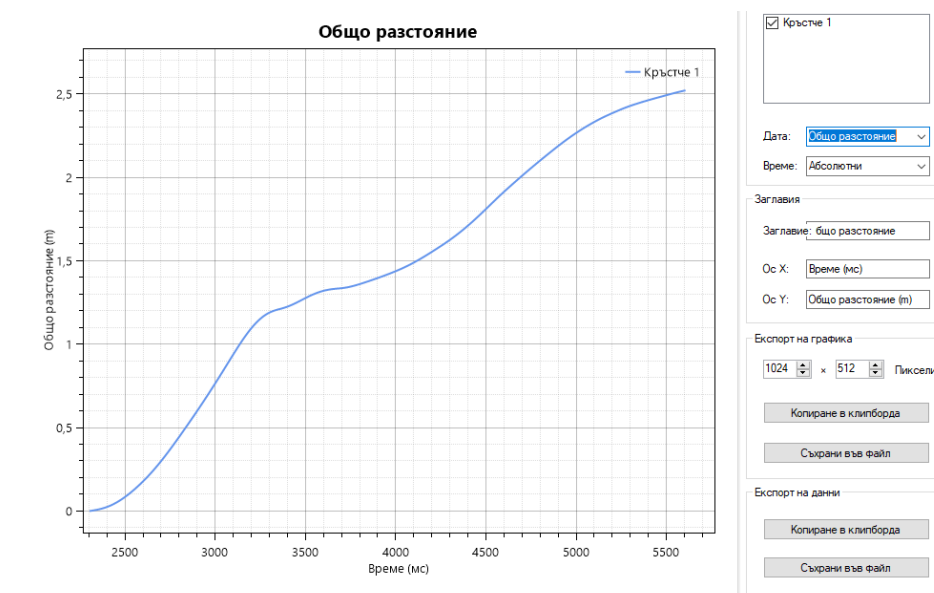
С десен бутон върху поставеното кръстче избираме опцията „проследяване“, с което указваме на Kinovea да следи тази точка (кръстчето) от движещия се обект автоматично. След това с навигацията кадър по кадър придвижваме изпълнението до момента на заставане за оценка от Лаша Талахадзе (от кадър 2,30 до кадър 5,60 s). Готово е проследяването. Отиваме на опцията „Инструменти“ от горния панел на Kinovea и избираме линейна кинематика. От там извикваме трите желани величини – линейна скорост (фиг. 37), линейно ускорение (фиг. 38) и изминат път (фиг. 39) на оста на щангата. Резултатите са в графичен вид, като могат да се запишат и в цифров вид.



Фиг. 37. Линейна скорост на щангата



Фиг. 38. Линеино ускорение на щангата



Фиг. 39. Изминат път от щангата

Трите целеви кинематични характеристики са получени чрез обработката на софтуера, с който работихме. От данните на изминатия път може да се пресметне средната скорост на движение на щангата. Изминатият път е 2,5 м (фиг. 39), времето на движение е $5,6 - 2,3 = 3,3$ s. Средната скорост на щангата при това шампионско движение е 0,7666 m/s.

От получените резултати можем да направим следните изводи за кинематичния профил на изпълнението:

- ✓ най-високата скорост на щангата е 1,72 m/s, по време на трета фаза изтегляне (кадър 3,07 s);
- ✓ ясен е профилът на линеината скорост на щангата по време на цялото движение;

- ✓ максималната линейна скорост на щангата при фаза изправяне е 1,05 m/s (кадър 4,5 s);
- ✓ максимално ускорение щангата притежава през първа фаза – теглене (4 m/s^2);
- ✓ линейното ускорение на щангата е отрицателно в отделни части от изпълнението, което показва, че щангата се движи закъснително в тези участъци;
- ✓ дължината на траекторията на щангата при това движение е 2,5 m.

АКЦЕНТИ ***

- **Кинематичен анализ на движението „изхвърляне“** при вдигане на тежести – световен рекорд от 220 кг на грузинския тежкоатлет Лаша Талахадзе, поставен през 2017 г. в Анахайм, Калифорния, САЩ
- (<https://www.youtube.com/watch?v=yLNnT5VPars>).
- **Етапи:**
 1. Инсталиране на безплатен софтуер за биомеханичен анализ – Kinovea.
 2. Сваляне на видео с целевото изпълнение.
 3. Калибриране на зрителното поле.
 4. Маркиране на целевата точка – оста на щангата.
 5. Проследяване на кадрите от изпълнението.
 6. Получаване и визуализиране на резултатите за линейна скорост, линейно ускорение и изминат път на оста на щангата.
 7. Изводи.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Направете кинематичен биомеханичен анализ на спортно изпълнение по избор!
2. Каква е ползата от кинематичния биомеханичен анализ?

ТЕМА 4.2. МЕТОДИ ЗА ДИНАМИЧЕН АНАЛИЗ – ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ. КОНКРЕТНИ ПРИМЕРИ ЗА ПОЛЗИТЕ ОТ ТОЗИ ТИП АНАЛИЗ ПРИ РАЗЛИЧНИТЕ СПОРТОВЕ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Методи за динамичен анализ.
Предимства, недостатъци
- ✓ Определяне на динамични характеристики
- ✓ Динамичен биомеханичен анализ при движение „изхвърляне“, вдигане на тежести

Def. Динамичните методи за биомеханичен анализ са свързани с директно и индиректно (косвено) определяне на динамични характеристики (сили, въртящи моменти, импулси, енергия, работа, мощност) на изследваната двигателна задача.

При директното измерване на динамичните характеристики е налична някакъв тип намеса в действието (изпълнението), което се изследва. Най-често това е посредством уреда за отчитане, който

повлиява получените стойности на измерените величини. Поради това влияние има основни изисквания към апаратурата за динамични изследвания – пропорционалност между натоварването и показанията на прибора, регистриране на протичането на силовото действие без промяна и други.

При индиректното определяне на динамичните величини няма пряка намеса към двигателната задача. В някои случаи при определени спортове (вдигане на тежести, плуване и др.) този тип тестове са за предпочитане поради предимството им по отношение на точността и липсата на влияние върху изследваното действие.

Динамичен биомеханичен анализ на конкретно спортно изпълнение

Конкретен пример за ползите от този тип анализ при вдигане на тежести ще представим в следващите редове.

В предишната тема 4.1. бяха определени три кинематични характеристики от хода на щангата при движението изхвърляне. Нека разгледаме графиката на ускорението на щангата като функция на времето (фиг. 38). Линейното ускорение $\vec{a}$ е свързано пряко с мускулната сила, прилагана от страна на Лаша Талахадзе върху оста на щангата. Тази връзка идва от втория закон на Нютон ($\vec{F} = m\vec{a}$). Известна е масата на щангата $m=220$ kg, имаме измереното линейно вертикално ускорение на щангата като функция на времето. От тук можем да изразим аналитично мускулната сила, действаща върху оста на щангата, като функция на времето. За тази цел ще направим някои пресмятания.



Фиг. 40 Анализ на силите, действащи в оста на щангата при фаза „теглене“

Нека да анализираме какви сили действат на оста на щангата при ускорението ѝ нагоре от щангиста. С други думи, трябва да определим коя е причината за движението на щангата нагоре.

Силите, които действат на щангата са – силата на тежестта на щангата P [40]:

$$\vec{P} = m \cdot g = 220 \cdot 9,8 = 2156 \text{ N}, \quad [40]$$

мускулната сила на щангиста, която действа вертикално нагоре F_m (фиг. 40), силата на съпротивление на средата и Архимедовата подъемна сила. Последните две сили се пренебрегват, защото са много малки и не влияят значимо на движението на щангата. Можем да напишем динамичното уравнение на силите, действащи на щангата, на база на втори закон на Нютон:

$$\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \quad [41]$$

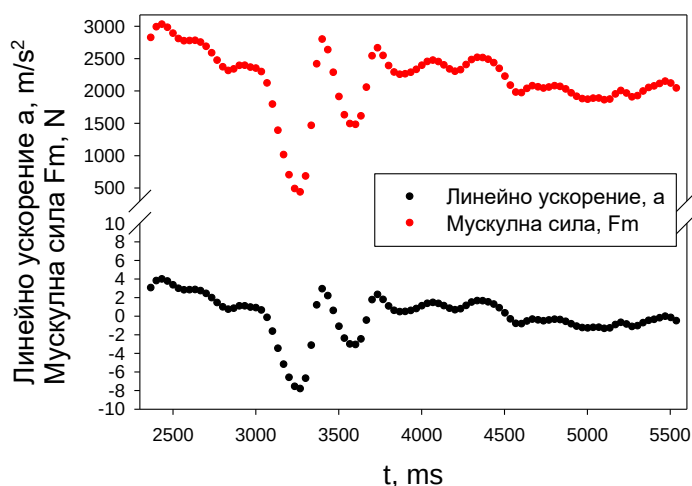
$$\vec{F_m} - \vec{P} = m \cdot \vec{a} \quad [42]$$

$$\frac{\vec{F_m} - \vec{P}}{m} = \vec{a} \quad [43]$$

Чрез уравнение [41] избираме положителната посока да е вертикално нагоре – сумата от действащите на щангата сили е равна на произведението на масата и ускорението нагоре. Последният израз [43] показва, че ускорението на щангата зависи от мускулната сила на щангиста F_m , силата на тежестта на щангата P и масата на щангата m . Този извод може да се направи естествено и без уравнение, но в този случай ние получихме аналитичен израз за линейното ускорение на щангата. Той е ценен с това, че ако знаем линейното ускорение (вече го определихме в тема 4.1.), можем да изразим другите величини в него. От тук и изразяваме количествено мускулната сила F_m , движеща щангата:

$$\vec{F_m} = m \vec{a} + \vec{P} \quad [44]$$

Вече можем да определим мускулната сила F_m като функция на времето, защото знаем масата на щангата ($m=220 \text{ kg}$), линейното ускорение във всички моменти от време на изпълнението (2,3–5,6 s, тема 4.1.) и силата на тежестта на щангата, $P = 2156 \text{ N}$. За целта първо експортираме данните за линейното ускорение от Kinovea в ексел формат. Второ, въвеждаме уравнението за F_m и всички числени данни за другите величини от формулата [44] в подходящ софтуер за обработка – Excell, SigmaPlot, Origin и др. Накрая получаваме стойностите за мускулната сила F_m като функция на времето. В края на описания процес получихме графично измерената индиректно мускулна сила, движеща щангата (фиг. 41).



Фиг. 41. Линейно ускорение и мускулна сила при движението изхвърляне

От графичния вид на мускулната сила в нютони се вижда, че тя е пропорционална във времето на линейното ускорение. Това се очаква, защото уравнението (44) е линейно.

За проверка на получения резултат можем да направим следното заместване. Ако приемем, че в някакъв момент от ускорителното движение вертикално нагоре състезателят изпусне щангата, то тогава $\vec{Fm} = 0$. Като заместим това в уравнение (44) получаваме:

$$0 = m\vec{a} + \vec{P} \quad (45)$$

$$\vec{a} = \frac{-\vec{P}}{m} = -\vec{g} \quad (46)$$

Последния израз показва, че при липса на мускулна сила щангата започва да пада свободно вертикално надолу с ускорение g (земното ускорение). Минусът отпред отразява, че посоката на движението на щангата е противоположна на положително избраната от нас посока – нагоре (уравнение 41).

С определянето на мускулната сила Fm беше приведен пример за динамичен индиректен биомеханичен анализ в конкретен спорт, за конкретен състезател при конкретно изпълнение.

Тук трябва да се отбележат експерименталните ограничения на получения резултат:

- ✓ Получената количествено мускулна сила е по абсолютна стойност и е пропорционална на линейното ускорение.
- ✓ Получените данни за линейното ускорение на щангата, оттам и за мускулната сила са коректни с точност до неопределеността при работа с Kinovea.
- ✓ Неопределеността при измерване на линейното ускорение чрез Kinovea е в резултат основно на ограничения при калибрирането на зрителното поле и невъзможността да се отчете пространствената перспектива при анализа.

На база получените стойности на мускулната сила могат да се направят следните изводи от тренировския екип, анализиращ изпълнението:

- ✓ количествената оценка на мускулната сила дава възможност, след добавяне на анатомичен анализ, да се оценява работата на мускулните групи във всеки един момент от време на изпълнението;
- ✓ ходът във времето на мускулната сила позволява на анализатора да синтезира изводи за техническото изпълнение по фази от състезателя;
- ✓ получените данни в графичен и числен вид позволяват да се оцени връзката между кинематичната и динамична структура на изпълнението;
- ✓ получените данни за мускулната сила и линейната скорост (тема 4.1.) във всеки момент от време от движението на щангата позволява пресмятане на мощността на изпълнението;
- ✓ извършеният анализ дава възможност за оценка на времевата структура на изпълнението и определяне на шампионския ритъм на конкретния състезател.

АКЦЕНТИ *****➤ Методи за динамичен анализ. Предимства, недостатъци**

Def. Динамичните методи за биомеханичен анализ са свързани с директно и индиректно (косвено) определяне на динамични характеристики (сили, въртящи моменти, импулси, енергия, работа, мощност) на изследваната двигателна задача.

➤ Определяне на динамични характеристики**➤ Динамичен биомеханичен анализ при движение „изхвърляне“, вдигане на тежести. Етапи**

1. Поставяне на цел и формулиране на задачи за изпълнението на целта.
2. Определяне на таргетните динамични характеристики. В конкретния пример беше определена мускулната сила на състезателя, движеща щангата, като функция на времето за изпълнението.
3. Синтез на изводи.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Каква е разликата между динамичен и кинематичен биомеханичен анализ?
2. Каква е ползата за треньора от динамичния биомеханичен анализ?

ТЕМА 4.3. КОМПЛЕКСНИ МЕТОДИ ЗА ПЪЛЕН БИОМЕХАНИЧЕН АНАЛИЗ. ВРЪЗКА МЕЖДУ КИНЕМАТИЧНИ И ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ПРИМЕРИ

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕМАТА

Основни понятия:

- ✓ Комплексни методи за пълен биомеханичен анализ
- ✓ Връзка между кинематични и динамични характеристики
- ✓ Примери

1. Комплексни методи за пълен биомеханичен анализ

Def. Комплексните методи за биомеханичен анализ позволяват измерване на кинематични и динамични характеристики едновременно.

Този тип комплексни системи за биомеханичен анализ имат някои недостатъци:

- ✓ висока цена на апаратурата поради факта, че позволяват голям набор протоколи и режими на измерване;
- ✓ стационарна лабораторна апаратура с голямо тегло и размери, които не позволяват използването им на терен и в реални спортни условия.

Предимствата им са свързани с:

- ✓ голям брой измервани биомеханични характеристики;
- ✓ възможност за оценка на връзката между кинематичната структура и динамичния профил на изпълнението;
- ✓ опция за анализ на техническите умения на състезателите;
- ✓ опция за добавяне на паралелен функционален анализ на състезателите (кръвно налягане, белодробен обем, пулс, честота на дишане, ЕМГ тест и други).

2. Примери

Пример за такъв тип апаратура е Специализиран тренажор „ARIEL“ (фиг. 42).



Фиг. 42. Тренажор „ARIEL“ за комплексен биомеханичен анализ

Тази тренажорна система позволява голям набор от протоколи за изследвания:

- ✓ автоматично наблюдение и контрол на скоростта или съпротивлението по време на упражнението;
- ✓ програмирано ускорение;
- ✓ измерва 16 000 пъти в секунда, настройва се 1600 пъти в секунда;
- ✓ програмируем диапазон на движение във всяка посока;
- ✓ компютризирана програма за диагностика на обхвата на движение, скоростта, силата, пиковата сила, пиковото задържане, времето на забавяне и индекса на умора;
- ✓ предоставя обективни, а не субективни данни, подкрепящи планирането на рехабилитацията и най-доброто време за връщане към активност;
 - графичен израз на динамична сила, работа и мощност, позицията на щангата и скоростта на повдигане.
 - изчислява и отчита калорийните разходи;
 - цялостна система за събиране на ЕМГ данни, включително функции като събиране на ЕМГ данни в реално време, интеграция, пиков анализ, спектър на мощност, умора и много други.

3. Връзка между кинематични и динамични характеристики

Връзката между кинематични и динамични характеристики при конкретно биомеханично изследване може да се очертае ясно и илюстрира от резултатите, описани в предходните две теми – 4.1. и 4.2. Тази връзка е очевидна от получените данни и закономерности. От направените кинематичен и динамичен анализ в предходните две теми може да се синтезират комплексни изводи за цялостната структура на изпълнението на Лаша Талахадзе:

- Движещата щангата мускулна сила е резултат от синергичната работа на множество мускулни групи. Последователността на тяхната работа и приносът на всяка мускулна група може да се оценят чрез добавяне на анатомичен анализ на изпълнението.
- На база получените данни във времето на мускулната сила, линейните скорост и ускорение на щангата се получава функционалната класификация на участващите мускулни групи във всеки един момент от време на изпълнението при всички шест фази.
- Ходът във времето на всички описани биомеханични параметри, както и на неопределените от анализа такива, позволява на анализатора да синтезира изводи за техническото изпълнение на състезателя по фази.
- Получените данни в графичен и числен вид на всички получени величини позволяват допълнително да се оценят механичната работа A , мощността P , кинетичната енергия на щангата, общият мускулен импулс за цялото изпълнение. От тези допълнителни изчисления ще се оцени в дълбочина връзката между кинематичната и динамичната структура на изпълнението.
- Извършеният комплексен биомеханичен анализ дава възможност за синтез на препоръки за подобряване на всички компоненти на времевата, кинематичната и динамичната структура на изпълнението и определяне на шампионския ритъм на конкретния състезател при конкретното изпълнение.

АКЦЕНТИ ***

- **Комплексни методи за пълен биомеханичен анализ. Предимства и недостатъци**
Def. Комплексните методи за биомеханичен анализ позволяват измерване на кинематични и динамични характеристики едновременно.
- **Връзка между кинематични и динамични характеристики**
Връзката между кинематични и динамични характеристики при конкретно биомеханично изследване на световния рекорд, поставен от Лаша Талахадзе, 2017 г., е очевидна:
 - ✓ движещата щангата мускулна сила е резултат от синергичната работа на множество мускулни групи;
 - ✓ на база получените данни във времето на мускулната сила, линейните скорост и ускорение на щангата се получава функционалната класификация на участващите мускулни групи във всеки един момент от време на изпълнението при всички шест фази;
 - ✓ ходът във времето на всички описани биомеханични параметри позволява на анализатора да синтезира изводи за техническото изпълнение на състезателя по фази;
 - ✓ получените данни в графичен и числен вид на всички получени величини позволяват допълнително да се оценят механичната работа A , мощността P , кинетичната енергия на щангата, общият мускулен импулс за цялото изпълнение;
 - ✓ извършеният комплексен биомеханичен анализ дава възможност за синтез на препоръки за подобряване на всички компоненти на кинематичната и динамичната структура на изпълнението и определяне на шампионския ритъм на конкретния състезател.

ВЪПРОСИ ЗА САМОПОДГОТОВКА

1. Защо искате да станете треньори и какво от курса по биомеханика Ви хареса?
2. Какво от курса по биомеханика не Ви хареса и защо?

ТЕСТ № 1

ОСНОВНИ ГРУПИ ХАРАКТЕРИСТИКИ, БАЗОВИ ЕТАПИ И АПАРАТУРА,
НЕОБХОДИМИ ЗА ИЗВЪРШВАНЕ НА БИОМЕХАНИЧЕН АНАЛИЗ. ПРИЛОЖЕНИЯ
НА БИОМЕХАНИЧНИЯ АНАЛИЗ СПОРЕД ПРАКТИКУВАНИЯ СПОРТ

1. Тяло е хвърлено вертикално нагоре. Формулирайте най-високата точка от траекторията на скоростта v и ускорението a на тялото. Посочете верния отговор:

- ☐ А) $v = 0$, $a = 0$
☐ Б) $v = 0$, $a = g$
☐ В) $v = 0$, $a < g$
☐ Г) $v > 0$, $a = 0$

2. Посочете коя от изброените величини може да има отрицателна стойност:

- ☐ а) кинетична енергия
☐ б) работа
☐ в) маса
☐ г) всяка от тях

3. Посочете коя от изброените видове работа НЕ е статична:

- ☐ а) задържаща
☐ б) отстъпваща
☐ в) фиксираща
☐ г) укрепваща

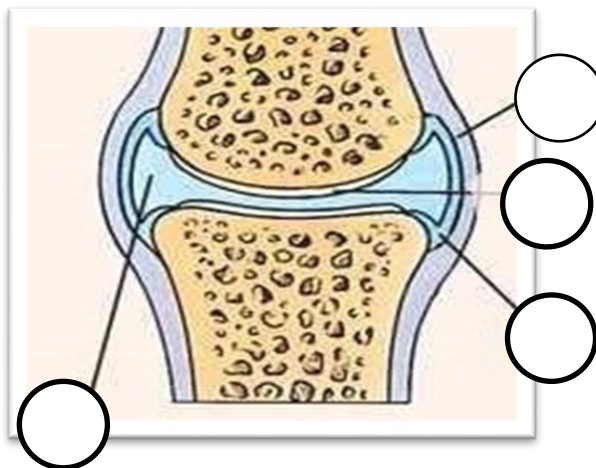
4. Посочете липсващите думи в текста, отбелязани с буквите А и Б:

Кинематична верига – това е съединяване на няколко съседниА....., които представляват две съседни костни звена, съединени съсБ.....

А:.....

Б:.....

5. Посочете основните структури на ставата, като срещу всяка цифра напишете за какво се отнася:



1. ; 2.
 3. ; 4.

6. Посочете липсващите думи в текста, отбелязани с буквите А, Б, В и Г:

Костите саА.....част на двигателния апарат на човека. Костната тъкан е изградена отБ..... вещества (например колаген) иВ..... вещества (например калциеви соли). Колагенът е издръжлив наГ....., а минералните соли на натиск.

- А.
 Б.
 В.
 Г.

7. Различете коя от изброените величини НЕ е силова характеристика:

- ☐ а) ускорение
☐ б) сила
☐ в) импулс на сила
☐ г) въртящ момент

8. Различете какъв лост НЕ се среща в човешкото тяло:

- ☐ а) равновесен лост
☐ б) везна
☐ в) силов лост
☐ г) скоростен лост

9. Кои са етапите за постигане на динамична устойчивост на движението – начална фаза, междинна фаза и заключителна фаза:

Отговор:

10. Посочени са два метода за биомеханичен анализ. Напишете в празните полета кои са те:

Регистрират пространствени, времеви, пространствено-времеви характеристики на движението. Най-разпространени са анализите с помощта на кинокамера и видеометрия

А)

Свързани са с директно записване на силите, поради което във всички случаи експертът се намесва в явлението, което се изследва.

Б).....

11. В тялото на човека ролята на опорна точка на лоста изпълнява ставата. Известни са три вида лостове. За посочения вид дайте пример с приложението му в тялото на човека и начертайте схема:

ЛОСТ ОТ ВТОРИ РОД:

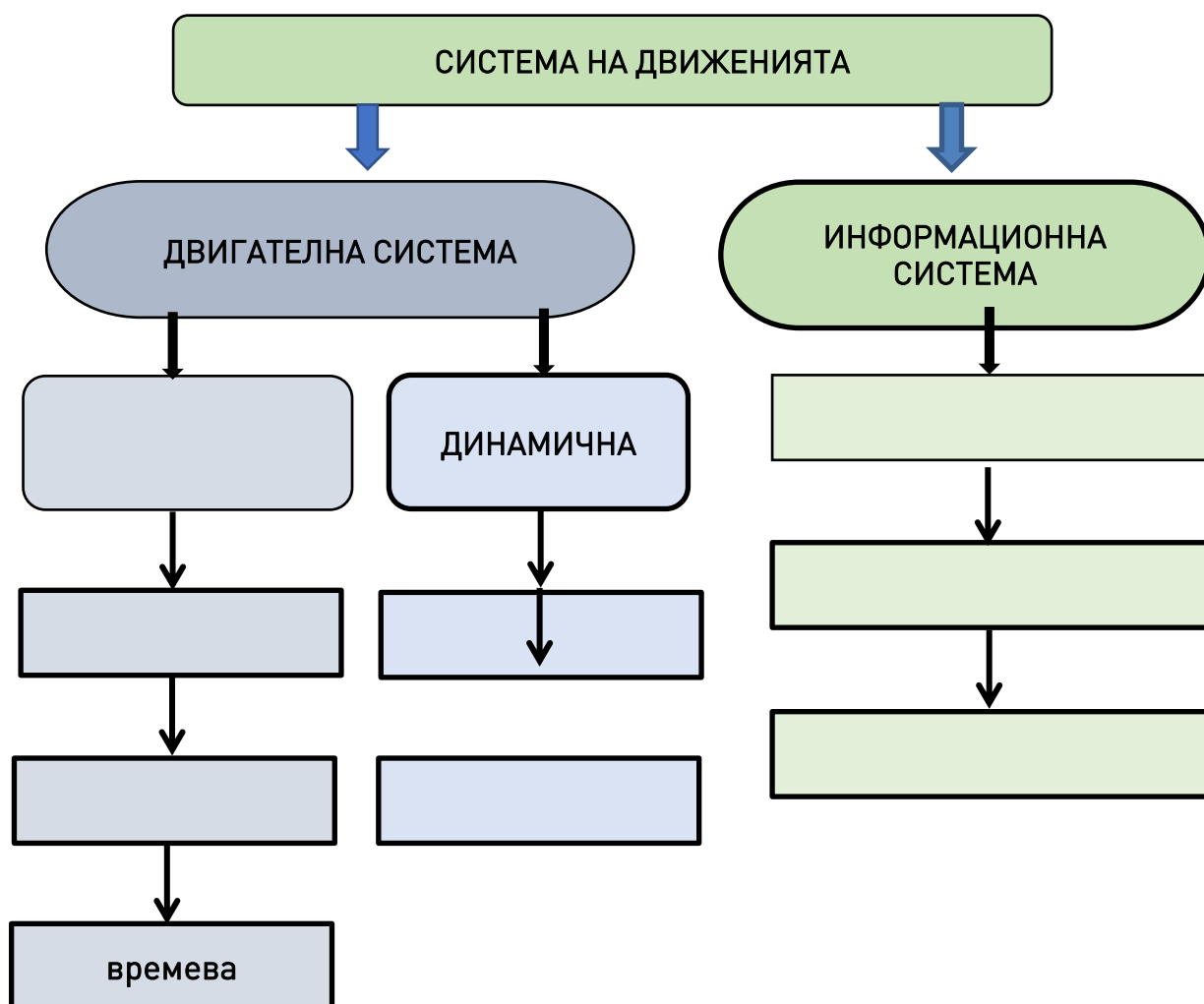
Нарича се още

Пример за такъв лост в тялото на човек е

Схема:



12. Системата на движение на човека е сложна, динамична и йерархична. Попълнете в схемата подсистемите, участващи в системата на движение на човека:



13. Външна активна сила е:

- ☐ а) земното ускорение – g
- ☐ б) инерчният момент $J = m \cdot r^2$
- ☐ в) опорната реакция – R
- ☐ г) силата на тежестта – P

14. Енергетичните характеристики са:

- ☐ а) импулс, инерчен момент, маса
- ☐ б) енергия, температура, умора
- ☐ в) работа, мощност, енергия
- ☐ г) енергия, маса, деформация

15. Биомеханичните свойства на мускулите са:

- ☐ а) вискозитет, съкратимост, възбудимост и пълзене
- ☐ б) вискозитет, дължина, тонус и еластичност
- ☐ в) вискозитет, плъзгане, релаксация и ротация
- ☐ г) вискозитет, еластичност, пълзене и релаксация

ТЕСТ № 2

ОСНОВНИ ГРУПИ ХАРАКТЕРИСТИКИ, БАЗОВИ ЕТАПИ И АПАРАТУРА, НЕОБХОДИМИ ЗА ИЗВЪРШВАНЕ НА БИОМЕХАНИЧЕН АНАЛИЗ. ПРИЛОЖЕНИЯ НА БИОМЕХАНИЧНИЯ АНАЛИЗ СПОРЕД ПРАКТИКУВАНИЯ СПОРТ

1. Посочете коя е четвъртата пространствена характеристика, която използвате при отчитане на положението на човешкото тяло в пространството:

1. местоположение
2. поза
3. амплитуда
4.

2. Посочете как се нарича разстоянието от направлението на действие на силата до точката на въртене:

- ☐ а) въртящ момент
- ☐ б) рамо на силата
- ☐ в) дължина на въртене
- ☐ г) радиус на въртене

3. Посочете кое от посочените е вярно за земното ускорение:

- ☐ а) по-голямо за тела с по-голяма маса
- ☐ б) по-голямо за тела с по-голяма плътност
- ☐ в) по-голямо за тела с по-малък обем
- ☐ г) еднакво за всички тела

4. Топка лети във въздуха. Посочете коя от изброените характеристики на топката зависи от скоростта ѝ:

- ☐ а) кинетична енергия
- ☐ б) потенциална енергия
- ☐ в) масата на топката
- ☐ г) обемът на топката

5. Посочете кое от изброените НЕ е биологично свойство на мускулите:

- ☐ а) възбудимост ; ☐ б) проводимост; ☐ в) вискозитет; ☐ г) лабилност

6. Напишете в празните полета за кой вид работа се отнасят дадените характеристики:

	→	мускулите на човешкото тяло и отделните му части се задържат за определено време в необходимото положение
	→	мускулите на човешкото тяло и отделните му части произвеждат разнообразни движения – например ходене, бягане, скачане

7. Посочете липсващите думи в текста, отбелязани с буквите А и Б:

Кинематична верига – това е съединяване на няколко съседниА....., които представляват две съседни костни звена, съединени съсБ.....

А:.....

Б:.....

8. Различете как влияе умората върху темпа при циклично движение:

- ☐ а) ускорява движението
- ☐ б) забавя движението
- ☐ в) движението не се променя
- ☐ г) въртящ момент

9. Напишете по един пример за посочените групи мускули:

а) мускули агонисти са

б) мускули антагонисти са

в) мускули фиксатори са

г) мускули неутрализатори са

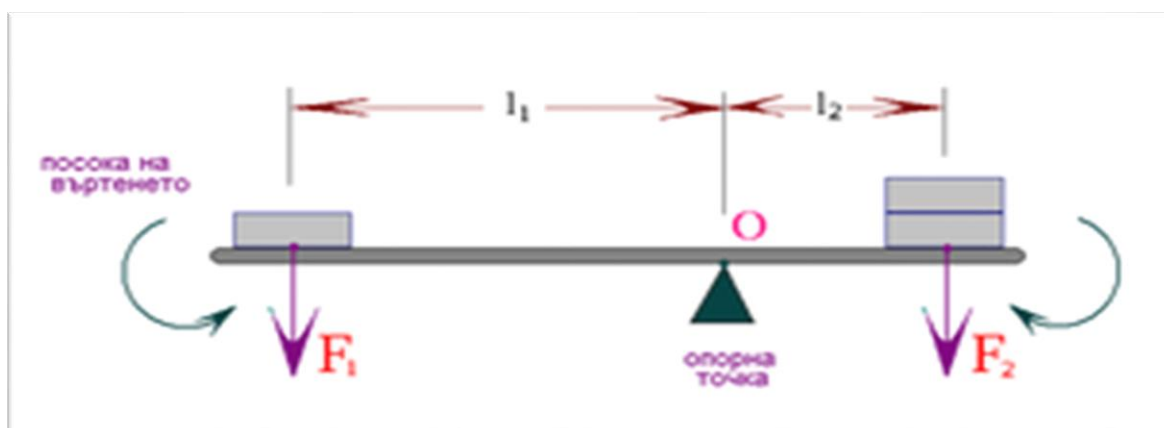
10. В тялото на човека ролята на опорна точка на лоста изпълнява ставата. Известни са три вида лостове. За посочения вид дайте пример с приложението ѝ в тялото на човека:

ЛОСТ ОТ ПЪРВИ РОД:

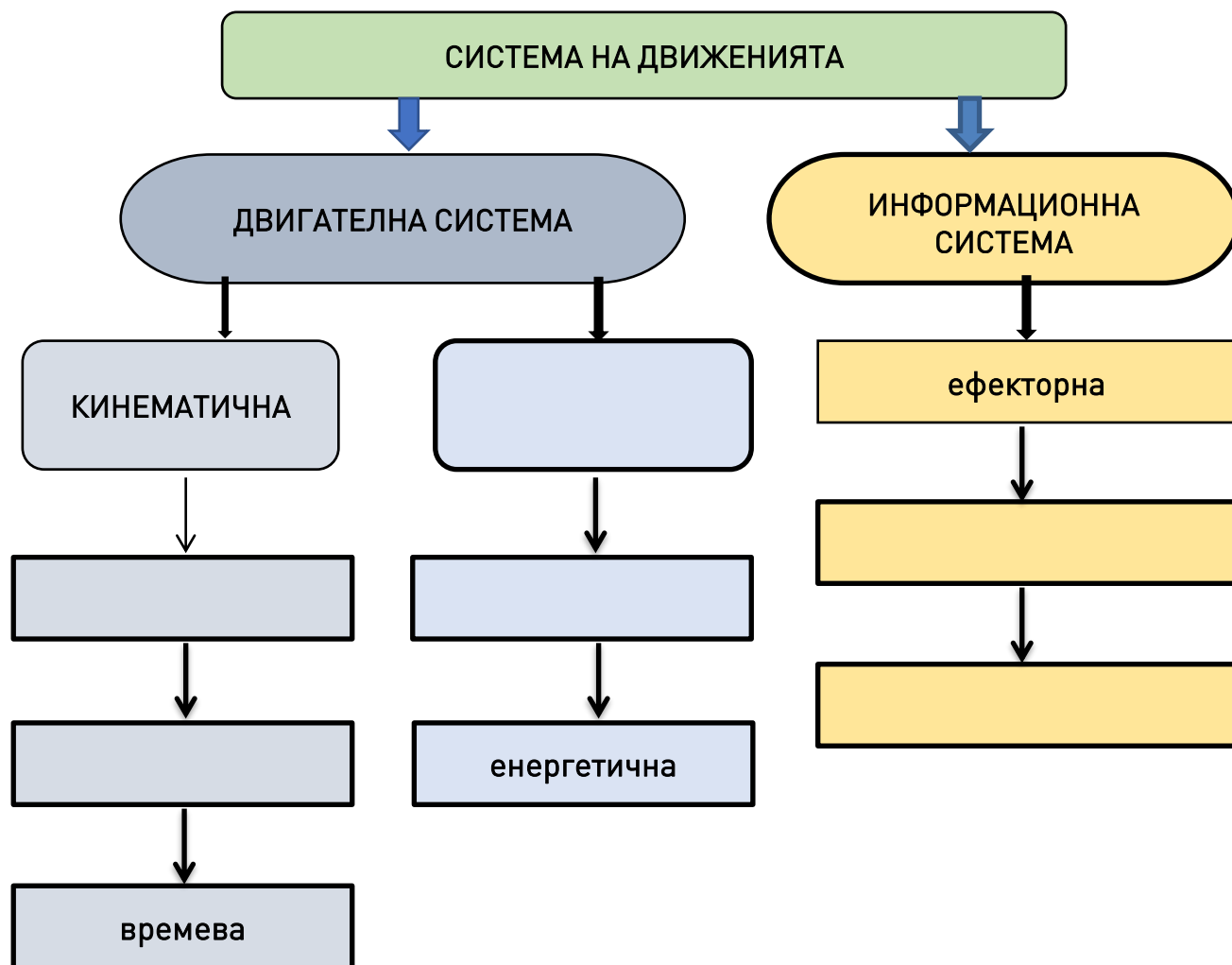
Нарича се още

Пример за такъв лост в тялото на човек е

Схема:



11. Системата на движение на човека е сложна, динамична и йерархична. Попълнете в схемата подсистемите, участващи в системата на движение на човека:



12. Кой метод не служи за определяне на устойчивост на телата?

- ☐ а) геометричен
- ☐ б) енергетичен
- ☐ в) аналитичен
- ☐ г) динамичен

13. Законът на Хук при еластична деформация изразява:

- ☐ а) пропорционалността между плътността и напрежението на тяло
- ☐ б) пропорционалността между деформацията и масата на тяло
- ☐ в) пропорционалността между напрежението и деформацията на тяло
- ☐ г) пропорционалността между силата и обема на тяло

14. При ротация на гимнастик на лост (с изправено тяло) как се променя ъгловата скорост на точките от тялото в посока от ходилата към главата?

- ☐ а) нараства
- ☐ б) намалява
- ☐ в) остава постоянна
- ☐ г) нито едно от изброените

15. Коя от изброените комбинации показва последователно силова, инерчна и енергетична характеристики?

- ☐ а) кинетична енергия, импулс на силата, момент на силата
- ☐ б) инерчен момент на тяло, приложна точка на силата, импулс на силата
- ☐ в) импулс на силата, маса, мощност
- ☐ г) посока на силата, импулс на силата, извършена работа

ЛИТЕРАТУРА

- Аракчийски, З. Биомеханика на физическите упражнения, учебни записки. НСА ПРЕС, 2005.
- Богданов, П. Биомеханика на физическите упражнения. „Вулкан“, София, 2006.
- Богданов, П., Св. Иванов. Биомеханика на физическите упражнения. Медицина и физкултура, София, 1985.
- Дашева, Д., Л. Кръстев, Св. Нейков, Ст. Иванов, К. Живкова. Теория и методика на спортната тренировка. Ръководство за спортните училища, ГераАрт.
- Дубровский, В. И., Федорова, В. Н. Биомеханика, ВладосПрес, Москва, 2003.
- Попов, Хр., В. Караиванов, В. Иванов. Физика и астрономия за 8. клас. Просвета, София, 2009.
- Трофимова, Т. Курс по физика, УИ „Св. Климент Охридски“, 1994.
- Фулър, Х., Р. Фулър, Р., Фулър. Физиката в живота на човека. Наука и изкуство, София, 1988.
- Хаджиев, Н., П. Гешев. Спортна биомеханика. НСА ПРЕС, 2011.
- McGinnis, P. M., Biomechanics of sport and exercise, Human Kinetics, e-book, 2013.
- <https://www.kinovea.org/download.html>
- <https://www.sport-dvd-multimedia.eu/Biomech1/2.htm>
- http://web.uni-plovdiv.bg/eligeo/Fizika%20i%20astrinomiya/Matematichen_uvod.pdf
- <https://www.youtube.com/watch?v=yLNnT5VPars>