

MAVZU: INSON HARAKATIDA MEXANIK ISH VA ENERGIYA

REJA:

- 1 Mexanik ish va kinetik energiya**
- 2 Quvvat**
- 3 Odamning ishi va quvvati. Ergometriya**
- 4 Mushaklarning ishi**

Mexanik ish va kinetik energiya

Nyutonning ikkinchi qonuni moddiy nuqta tezlanishi bilan unga ta'sir ko'rsatayotgan kuch o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlab beradi. Biroq, ayrim hollarda tezlanishdan xalos bo'lish qulay bo'ladi. Kinematika tenglamasi va Nyutonning ikkinchi qonuni matematik ifodalaridan foydalanib buni amalga oshirish mumkin. Shuning bilan birga, buni bajarish davomida ikkita yangi fizik kattaliklar paydo bo'ladi: **mexanik ish va kinetik energiya**.

Moddiy nuqta harakat yo'nalishi bilan mos tushadigan yo'nalishda ta'sir ko'rsatayotgan kuch ta'sirida a tezlanish bilan to'g'ri chiziqli harakatlanayotgan bo'lsin. U kinematikadan ma'lum, jism bir nuqtadan boshqasiga o'tganda quyidagi matematik munosabat o'rinli bo'ladi:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot a \cdot S$$

bunda v_2 va v_1 — jismning oxirgi va boshlang'ich tezliklari; S — bosib o'tilgan yo'l.
Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra:

$$a = F / m \tag{2}$$

(1) formuladagi tezlanishni o'rniga (2) dagi tenglikni o'ng qismini qo'ysak quyidagi tenglik hosil bo'ladi:

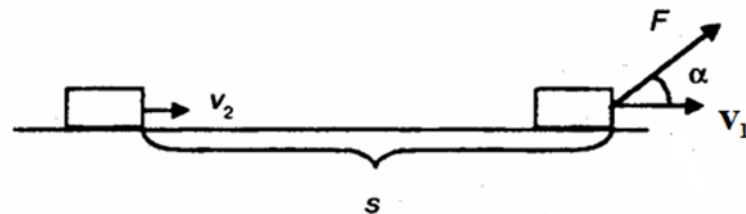
$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot (F / m) \cdot S \tag{3}$$

(3) tenglikni ikkala qismini $m/2$ ga ko'paytirib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} = F \cdot S \tag{4}$$

Ta'sir etayotgan kuch harakat yo'nalishi bilan α burchak hosil qiladigan (1-rasm) umumiy holda, (4) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} = F \cdot S \cdot \cos(\alpha) \quad (5)$$



1-rasm. Kuch ta'sirida jismning kinetik energiyasi o'zgarishi

Harakatdagi jism massasini uning tezligi kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng bo'lgan skalyar kattalik **kinetik energiya** deb aytiladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (6)$$

Jismning kinetik energiyasi (yunocha kinetikos so'zidan olingan bo'lib, **harakatga keltiruvchi** ma'nosini anglatadi) - bu jism o'z harakati tufayli ega bo'ladigan energiya.

Jismga ta'sir ko'rsatayotgan kuchni, shu kuch ta'sirida bosib o'tgan yo'lga va kuch ta'sir yo'nalishi bilan harakat yo'nalishi orasidagi burchak kosinusiga ko'paytmasiga teng bo'lgan skalyar kattalik **mexanik ish** deb aytiladi:

$$A = F \cdot S \cdot \cos(\alpha) \quad (7)$$

Agar jismga bir nechta ($F_1, F_2, F_3, \dots$) kuchlar ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsa, u holda to'liq ish ayrim kuchlar bajargan ishlarning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots \quad (8)$$

(6 va 7) formulalarni (5) formulaga qo'yib, teng ta'sir etuvchi kuchning ishi bilan moddiy nuqta kinetik energiyasi orasidagi bog'liqlikka ega bo'lamiz:

$$E_{k2} - E_{k1} = A \quad (9)$$

Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi unga ta'sir ko'rsatayotgan hamma kuchlarning bajargan ishlari yig'indisiga teng:

$$E_{k2} - E_{k1} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots \quad (10)$$

Bunda E_{k2} va E_{k1} — harakat trayektoriyasining oxirgi va boshlang'ich nuqtalaridagi jismning kinetik energiyasi.

Bu matematik munosabat umumiy holda ham bajariladi, biroq ish harakat trayektoriyasi bo'ylab boshlang'ich (1) nuqtadan oxirgi (2) nuqttagacha kuchning integrali sifatida hisoblab topiladi:

$$A = \int_1^2 F \cdot \cos(\alpha) \cdot ds \quad (11)$$

Kuch bajargan ish musbat ham, manfiy ham bo'lishi mumkin. Uning ishorasi α burchakning kattaligi bilan aniqlanadi. Agar burchak **o'tkir** (kuch jismning harakati tomon yo'naltirilgan) bo'lsa, u holda ish **musbat**; burchak **o'tmas** bo'lsa ish **manfiy** bo'ladi.

Agar harakatda burchak $\alpha = 90^\circ$ (kuch ko'chish (yoki tezlik) vektoriga **perpendikulyar** yo'nalgan bo'lsa), u holda ish **no'lga** teng bo'ladi.

Moddiy nuqtani harakatini qarashdan jism harakatini qarashga o'tganda Nyuton qonunlari faqat biroz aniqlashtiriladi xolos. «Ish» va «kinetik energiya» tushunchalari aniqlashtiriladi. Oddiy misol qaraylik.

Kinetik energiyani hisoblashda shakli va o'lchamlari o'zgarmaydigan **qattiq jismni** qarash bilan cheklanaylik. Bu holda kinetik energiya ikkita hadning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + E_{ayl} \quad (12)$$

bu yerda v – jism massa markazining tezligi, E_{ayl} - massa markaziga nisbatan aylanish bilan bog'liq bo'lgan kinetik energiya.

Jismning ilgarilanma harakatida uning hamma nuqtalari tezliklari (v) bir xil bo'ladi, aylanma harakat esa yo'q ($E_{ayl} = 0$). Shuning uchun ilgarilanma harakat kinetik energiyasi moddiy nuqta uchun hisoblangani singari hisoblab topiladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (13)$$

Qattiq jism uchun kinetik energiyani o'zgarishi bilan tashqi kuchlar bajargan ishlar o'rtasidagi bog'liqlik moddiy nuqta uchun aniqlangan singari bir xil bo'ladi (9, 10 formulalar).

Quvvat

Hattoki, uncha katta bo'lmagan kuch ham jismni katta masofaga ko'chirishda katta miqdorda ish bajarishi mumkin, faqat buning uchun juda katta vaqt davomida ish bajarish kerak bo'ladi. Biroq, ko'pchilik hollarda o'rganilayotgan trayektoriya bo'lagining kattaligi va ta'sir vaqti cheklangan bo'ladi. Masalan, sakrashda mushaklar kuchi faqat yetarlicha qisqa vaqtda bo'g'in yoyilganda ta'sir ko'rsatadi. Bu vaqt davomida mushaklar bajargan ishi sakrovchiga kerakli kinetik energiyani uzatib ulgurishi kerak. Shuning uchun ishni bajarish tezligi uni amalga oshirish uchun foydalaniladigan «qurilma» larning muhim xarakteristikasi hisoblanadi. Bunday xarakteristika quvvat deb aytiladi.

Foydali quvvat deb bajarilgan ishni uni bajarish uchun sarflangan vaqtga nisbatiga teng bo'lgan skalyar kattalikka aytiladi:

$$P_f = \frac{A}{t} \quad (14)$$

Sarflangan quvvat (energetik sarflar quvvati) deb sarflangan energiyani uni sarflash vaqtiga nisbatiga teng bo'lgan skalyar kattalikka aytiladi:

$$P_s = \frac{E}{t} \quad (15)$$

(14 va 15) formulalar o'rtacha quvvatni aniqlaydi. Amaliyotda, ko'pincha, vaziyatlarni tahlil qilish uchun bu tushunchalar yetarli bo'lmaydi. Masalan, sapchishda (inglizcha **spurt** so'zidan kelib chiqqan va spurt-sapchish ma'nosini anglatadi) sportchi nisbatan kichik vaqt davomida katta tezlikka erishishi kerak va turli odamlarning sapchish qobiliyatlari turlicha. Shuning uchun **oniy quvvat** tushunchasi kiritiladi.

$$P_o = \frac{dA}{dt} \quad (16)$$

Xuddi shunga o'xshash, energetik sarflarning oniy quvvati aniqlanadi:

$$P_{os} = \frac{dE}{dt} \quad (17)$$

Foydali quvvatni sarflangan quvvatga nisbati energiyadan qanchalik samarali foydalanishni ko'rsatadi va **foydali ish ko'effitsiyenti** (FIK) deb aytiladi, foizlarda ifodalanadi:

$$\eta = \left(\frac{P_f}{P_s} \right) \cdot 100\% \quad (18)$$

$[P] = 1 \text{ Vt} = 1 \text{ J/s}$ (SI Xalqaro birliklar tizimida quvvatni birligi 1 Vatt, bo'lib u 1 *sekund* davomida 1 J (*Joul*) ish bajaradigan mashina (dvigatel)ni quvvatidir).

Agar mashina (dvigatel)dan jismni siljitish uchun foydalanilsa, u holda quvvat (P), og'irlik kuchi (F_{OK}) va harakat tezligi (v) quyidagi munosabat bilan bog'langan bo'ladi:

$$P = \frac{dA}{dt} = F_{OK} \cdot \frac{dS}{dt} = F_{OK} \cdot v \quad (19)$$

Odamning ishi va quvvati. Ergometriya

Insonga xos bo'lgan ish va quvvat juda ko'p omillarga bog'liq. Qisqa muddatli kuchlanishlarda odam bir necha kilovatt tartibdagi quvvatni rivojlantira oladi. Masalan, massasi 70 *kg.* bo'lgan sportchi o'z gavdasining og'irlik markazi (normal turishga (stoykaga) nisbatan 1 *m* ga ko'tariladigan darajagacha sakrasa, depsinish fazasi esa 0,2 s. davom etsa, u holda sportchi quvvati taxminan 3,5 *kVt* gacha rivojlanadi.

Odam tekis yerda doimiy tezlik bilan harakatlanganda ham ish bajaradi, lekin uning kinetik energiyasi o'zgarmaydi. Bu holda energiya, asosan, gavda massa markazini davriy ravishda ko'tarishga va oyoqlarni tezlanishi yoki sekinlashishiga sarflanadi. Sarflanadigan energiyaning bir qismi organizmni uning alohida qismlarini «qarshiligi» hisobiga isitishga va atrof muhitni istishga ketadi. Masalan, massasi 70 *kg.* bo'lgan odam quvvatini 5 *km/soat* tezlik bilan yurishda taxminan 60 *Vt* gacha rivojlantiradi. Tezlikni oshirishi bilan bu quvvat tez orta boradi va 7 *km/soat* tezlikda 200 *Vt.* ga yetadi. Velosipedda harakatlanganda odamning massa markazi vaziyati yurishga nisbatan ancha kam o'zgaradi va oyoqlarning tezlanishi ham kam bo'ladi. Shuning uchun velosipedda harakatlangandagi quvvat ancha kam: 9 *km/soat* tezlikda 30 *Vt.*, 18 *km/soat* tezlikda esa 120 *Vt.* bo'ladi.

Mushaklar tomonidan faol harakatlarni bajarishdagi ish dinamik ish deb aytiladi. Bu ish tananing qismlarini siljishi (harakati) bilan bog'liq. Inson o'z vaziyatini (pozasini) o'zgartirmay saqlaydigan bu holda, bunday siljishlar bo'lmaydi, siljish bo'lmaganda esa hamma kuchlarning ishlari yig'indisi no'lga teng. Shuning uchun, harakatsiz - tinch turgan odam energiya sarflamaydigandek tuyuladi go'yo. Biroq, tajriba shuni ko'rsatadiki, uzoq vaqt davomida harakatsiz (tinch) vaziyatni (pozani) saqlash ancha ko'p charchashga olib kelar ekan.

Qo'lini yonga yoygan holda gantelni ushlab turgan odam yanada ko'proq charchashni sezadi. O'tirgan odam ham yelka mushaklari va bel sohasida charchashni his qiladi (yelkasiga kichik yuk qo'yilsa bu yanada sezilarli bo'ladi). Bunday statik yuklamalarda charchashning (va demakki energiya sarfining ham) sababi shundaki, bu holatdagi insonga tuyulayotgan tinchlik sirtidan qaraganda shunday ko'rinadi.

Aslida esa, mushaklarning biologik faolligi tufayli insonda doimo fiziologik tremor (lotincha **tremor** - harakat) kuzatiladi. Shuning bilan birga mushaklarning juda kichik ko'z ilg'amaydigan qisqarishlari va bo'shashishlari juda tez-tez (katta chastotada) sodir bo'ladi. Demak, mushaklar doimo ish bajaradilar (bunday ishni statik ish deb aytiladi) va energiya sarfi sodir bo'ladi. Mushaklar kuchi kamayadi va uni tiklash uchun tanaffus talab qilinadi. Tik turgan odam vaqt – vaqti bilan tana og'irligini bir oyog'idan ikkinchisiga o'tkazib turish ana shu bilan tushuntiriladi.

Sport terminologiyasida quyidagi tushunchalardan foydalaniladi:

- **ish ritmi** – faoliyat jarayonida ishchi muolajalarni (operatsiyalarni) va ularning alohida elementlarining ma'lum ketma-ketlikda o'rin almashtirish;
- **ish tempi** – vaqt birligi davomida ketma-ket bajariladigan operatsiyalar soni .

Shuning bilan birga, ko'pincha quvvat ish bajariladigan yoki energiya sarflanadigan temp sifatida aniqlanadi.

Ergometrlar. Insonning ishini o'lchash uchun ergometr deb ataladigan qurilmalar (priborlar) qo'llanadi. Masalan, veloergometr velosipedda harakatlenganda foydali ishni va quvvatni o'lchash uchun mo'ljallangan. Buning uchun sinaluvchi aylantiradigan g'ildirak obodasi orqali po'lat lenta o'tkazilgan bo'ladi. Lenta va g'ildirak obodasi o'rtasidagi ishqalanish kuchi dinamometr yordamida o'lchanadi. Sinaluvchi bajaradigan hamma ish ishqalanishni yengishga sarflanadi. G'ildirak aylanasi uzunligini ishqalanish kuchiga ko'paytirib har bir aylanishda bajarilgan ish topiladi. Aylanishlar sonini va sinov vaqtini bilgan holda to'liq ish va o'rtacha quvvat aniqlanadi.

Yugurish energetikasi. Faraz qilaylik, yuguruvchi gorizontal tekislik bo'yicha doimiy tezlik bilan harakatlanmoqda. Bu holda bajariladigan ish ishqalanishni va havoning qarshiligini yengishga olib kelinadi. Yugurishda ishqalanishning ta'siri uncha katta bo'lmaydi, biroq, shunday bo'lsa ham, o'zgarmas tezlik bilan yugurish ahamiyatga molik darajadagi energiya sarflari bilan bog'liq. Energiya yuguruvchining tanasini yuqoriga-pastga harakatlantirishga va oyoqlar bilan yerdan deysinishga sarflanadi. Bundan tashqari, yuguruvchi tanasi energiyani issiqlikka aylantiradi.

Energiyani yana, qo'shimcha sarflanishini sababi massasi yuguruvchining massasini taxminan 40 % ini tashkil qiladigan oyoqlari (1-jadval) yugurish jarayonida doimo tezlashadi va sekinlashadi (tormozlanadi). Shuning uchun, oyoqlarning mushaklari bajaradigan ish tanani oldinga o'zgarmas tezlik bilan harakatini saqlashi uchun juda katta bo'ladi.

Inson tanasi qismlarining massalari (tana massasiga nisbatan % larda)

Segment	segmentning nisbiy massasi %
Bosh	7%
gavda	43%
yelka	3%
tirsak	2%
qo'l	1%
son (1)	12%
boldir (1)	5%
tovon	2%

Birinchi yaqinlashishda, yuguruvchining bitta qadami davomida mushaklar bajargan ish yerdan deysinishdan keyin oldinga chiqariladigan oyoqqa uzatiladigan kinetik energiyaga proporsional deb hisoblash mumkin: $A = mv^2$ (m - oyoq massasi). Shu bilan bir vaqtda bu ish $A = F \cdot d$ formula bilan aniqlanadi, bu yerda F - mushak kuchi, d – har bir qadamda mushaklar ish bajaradigan masofa. Mushak kuchi (F) xarakterli uzunlik kvadratiga (L^2), massa (t) esa xarakterli uzunlik kubiga (L^3) proporsional deb hisoblanadi. Bundan tashqari, d masofa L ga proporsional. Demak,

$$v^2 \sim \frac{2Fd}{m} \sim \frac{L^2 L}{L^3} = \text{const}$$

Shunday qilib, yuguruvchi kattaligi saqlashi kerak bo'lgan tezlik uning o'lchamlariga bog'liq bo'lmaydi deb hisoblash mumkin. Tezlikning odam va ayrim hayvonlar rivojlantirishi mumkin bo'lgan taxminan mo'ljalli qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

Shunday qilib, yuguruvchi kattaligi saqlashi kerak bo'lgan tezlik uning o'lchamlariga bog'liq bo'lmaydi deb hisoblash mumkin. Tezlikning odam va ayrim hayvonlar rivojlantirishi mumkin bo'lgan taxminan mo'ljalli qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Ayrim hayvonlar va odamning harakatlanish tezliklari

Obyekt	Tezlik, m/s
Gepard	30
Gazel	28
Straus	23
Tulki	20
Quyon	18
Bo'ri	18
Tozi it	16
Odam	11

2-jadval ma'lumotlaridan odam o'zi ishlab chiqaradigan ishda faqat buning uchun kerak bo'ladigan energiya kattaliligidan emas, balki undan foydalanish tezligida, ya'ni quvvatda ham chegaralangan ekanligi ko'rinib turibdi. Masalan, odam juda ko'p energiya sarflaganligi sababli to'xtaguncha zinapoya bo'yicha katta masofani o'tishi mumkin. Biroq, yuqori tempda ko'tarilishida u harakatlanishi o'ta qiyinlashgani uchun yo'lining kichik qismini o'tib o'tib yiqilishi mumkin. Bu holda sarflanayotgan quvvatning kattaligi, ya'ni odam biokimik jarayonlar hisobiga ximiyaviy energiya mexanik energiya o'ziga aylantirish tezligi chegara qo'ymoqda.

3-jadval.

Insonning yurishi va yugurishida energiya sarflari

Faoliyat turi	Tananing 1 <i>kg</i> massasiga energiya sarfi, <i>J/s</i>
minutiga 110 qadam tezlik bilan yurish	4,74
6 <i>km/soat</i> tezlik bilan yurish	4,98
8 <i>km/soat</i> tezlik bilan yugurish	9,46
10,8 <i>km/soat</i> tezlik bilan yugurish	12,4

4 - jadval.

Turli faoliyatlarda odamning energiya sarfi (taxminiy qiymatlari)

Faoliyat turi	Energiya sarfi quvvati, <i>Vt</i>
Mashg'ulotlarga tayyorlanish	105-125
Amaliy mashg'ulot (laboratoriya ishlari) olib borish	110—125
Ichida o'qish	100
Jismoniy zaryadka	265-380
Suzish	550
Uyqu	70
Tinch yotish	85
«Erkin» holatda turish	130
Mototsiklni boshqarish (haydash)	160
Tekis yo'lda 5 <i>km/soat</i> tezlik bilan yurish	255-340

Mushaklarning ishi

Mushaklar kuchni faqat qisqarganda (ya'ni, tortilib, itarishib emas) rivojlantirish mumkinligi sababli suyakni siljitish va undan keyin uni ilgarigi joyiga qaytarib keltirish uchun, eng kamida, ikkita mushak yoki ikkita mushaklar guruhi kerakligi ma'lum. Ana shunday qilib ta'sir ko'rsatadigan mushaklar **antagonistlar** deb aytiladi.

6-jadvalda mushaklarning ularni ta'sir ko'rsatish tipi bo'yicha tasnifi (klassifikatsiyasi) keltirilgan. Antagonist-mushaklarning faqat bitta juftligi harakatlarda juda kam ishtirok etadi. Odatda, har bir alohida harakat **sinergistlar** deb ataladigan mushaklar guruhi tomonidan ta'minlanadi.

6-jadval.

Antagonist-mushaklar tomonidan bajariladigan harakat turlari

Mushak tasnifi (klassifikatsiyasi)	Ishlab chiqaradigan harakat turi
yig'iluvchi	ikkita skelet elementini bir-biriga tortishishi natijasida qo'lni (oyoqning) yig'adi
yoyiluvchi	ikkita skelet elementini bir-biriga itarishishi natijasida qo'lni (oyoqning) to'g'rilaydi
keltiruvchi mushak	qo'lning (oyoqning) tananing bo'ylama o'qi yo'nalishi bo'yicha tortadi
uzoqlashtiruvchi mushak	qo'lning (oyoqning) tananing bo'ylama o'qidan chetlashtiradi
Protraktor	qo'lning (oyoqning) distal bo'limini oldinga tortadi
Retraktor	qo'lning (oyoqning) distal bo'limini orqaga tortadi
Rotator	qo'lni (oyoqni) yaxlit holda yoki uning bir qismini bo'g'inlarning birida buraydi

Mushaklar ishi – ularning qisqarishidan iborat. Bunda, mushaklar boshlanish va birikish uchlarini bir–biriga yaqinlashtiradi, natijada gavdaning ana shu qismi harakatga keladi, ya'ni mushak *mexanik ish* bajaradi. Ish paytida, yukning ko'chishi va bo'g'imlarda suyaklarning harakatlari sodir bo'ladigan ish – **dinamik ish** deyiladi.

Mushak ishlagan paytda mushak tolalari kuchlanishni rivojlantirsa, lekin deyarli kaltalashmasa (bu, mushak izometrik rejimda qisqarganda sodir bo'ladi) – bu **statik ish** deyiladi. Mushaklar, gavdaning ma'lum bir vaziyatini tik saqlab turish uchun statik ish bajaradi, bunda gavda fazoda siljmaydi (qimirlamasdan oyoqda tik turish yoki stulda o'tirish vaziyatini saqlash uchun mushaklar qisqarib turadi). Statik ish dinamik ishga nisbatan charchatadigandir.

Mushaklar faqatgina kaltalashgan paytida kuchni rivojlantirishga qobiliyatli (ya'ni, tortish, itarish emas) bo'lganligi tufayli, shu narsa tushunarliki, suyakni siljitish va keyinchalik, yana o'z holatiga qaytarish uchun, hech bo'lmaganda ikkita mushak yoki ikki guruh mushaklar kerak. Shunday holatda harakat qiluvchi juft mushaklar **antagonistlar** deb ataladi. Juda kam hollardagina, harakatda faqat bir juft mushak – antagonistlar ishtirok etadi. Odatda, har bir alohida harakat bir guruh mushaklar, ya'ni **sinergistlar** deb nomlangan mushaklar tomonidan ta'minlanadi.

Ma'lum bir kuchga ega qo'zg'alish paytida mushakning qisqarish kattaligi (kaltalanishi darajasi), uning **morfologik** hamda **fiziologik** xususiyatlariga bog'liq. Uzun mushaklar, kalta mushaklarga nisbatan ko'proq kattalikda qisqaradi. Mushakning bir maromda cho'zilishi, uning qisqarishi samaradorligini oshiradi; kuchli cho'zilgan paytida esa, mushakning qisqarishi kuchsizlanadi. Agar, uzoq muddat ishlashi natijasida mushakning charchashi rivojlansa, unda, uning qisqarish kattaligi kamayadi.

Mushakning kuchini o'lchash uchun, u ko'tara oladigan maksimal yukni hisoblash kerak yoki izometrik qisqarish sharoitida, u rivojlantirishi mumkin bo'lgan maksimal kuchlanishni hisoblash kerak.

Yakka mushak tolasi 100–200 *mg* ga yetadigan kuchlanishni rivojlantira oladi. Agar, odam gavdasida taxminan 15-30 *mln* mushak tolalari borligini inobatga olsak, ularning barchasi bir tomonga bir vaqtda tortsa 20–30 *tonnalik* kuchlanishni rivojlantirgan bo'lar edi.

Mushakning kuchi, turli teng sharoitlarda, uning ko'ndalang kesimiga bog'liq. Mushak ko'ndalang kesimining o'lchovi, uning anatomik ko'ndalang kesimi, yuk ko'tarish qobiliyati esa – **fiziologik ko'ndalang kesimi** deb ataladi.

Mushaklarning anatomik ko'ndalang kesimi **santimetrlarda**, fiziologik ko'ndalang kesimi esa **kilogrammlarda** o'lchanadi. Mushakning fiziologik ko'ndalang kesimi, ya'ni uning barcha tolalarini ko'ndalang kesishishi yig'indisi qanchalik katta bo'lsa, u ko'tara oladigan yuk shunchalik katta bo'ladi. Fiziologik ko'ndalang kesimi geometrik ko'ndalang kesimi bilan faqatgina tolalari ko'ndalang joylashgan mushaklardagina to'g'ri kelishi mumkin.

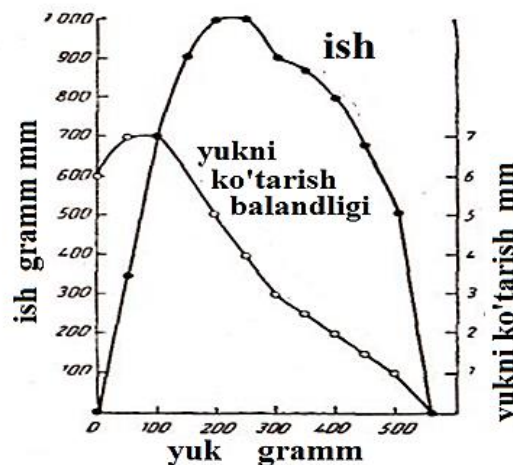
Tolalari egri bo'lgan mushaklarda, tolalarning ko'ndalang kesimi yig'indisi, mushakning o'zidagi tolalar ko'ndalang kesimi yig'indisidan ancha yuqori bo'lishi mumkin. Shu sababga ko'ra, tolalari egri bo'lgan mushakning kuchi xuddi shunday qalinlikdagi, lekin tolalari ko'ndalang bo'lgan mushaknikidan ancha katta bo'ladi.

Turli mushaklarning kuchini taqqoslash imkoniyatiga ega bo'lish uchun, mushak ko'tara olishi mumkin bo'lgan maksimal yukni, uni fiziologik ko'ndalang kesimlarining kvadrat santimetrleri soniga bo'lish kerak. Shu yo'l bilan, mushakning absolyut kuchi hisoblanadi. Bir santimetr kvadratda (1 sm^2) kilogrammlarda ifodalangan absolyut kuch odamning boldir mushagida 5,9 ga, yelkani bukuvchi mushagida – 8,1, chaynaydigan mushakda – 10, yelkaning ikkiboshli mushagida – 11,4, yelkaning uchboshli mushagida – 16,8, silliq mushaklarda – 1 ga teng.

Odam mushaklarining ko'pchiligi **patsimon** tuzilishga ega. Patsimon mushak katta fiziologik kesimlarga ega va shu sabab, katta kuchga ega.

Mushakning ishi, uni ko'targan yukni mushakning kaltalashgan kattaligiga ko'paytirish bilan o'lchanadi, ya'ni **kilogramm metrlarda** yoki **gramm santimetrlarda** ifodalanadi.

Mushak ko'taradigan yuk va u bajaradigan ish o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjud (2-rasm).



2 - rasm. Qurbaqaning boldir mushaklari uchun yuklama (grammlarda), qisqarish (yukni ko'tarish millimetrlarda) va ish (gramm-millimetrlarda) o'rtasidagi munosabatlar (Uoller ma'lumotlari)

Agar, mushak yuksiz qisqarayotgan bo'lsa, uning tashqi ishi nolga teng. Yuk kattalashgan sari, mushak ishi avvaliga ortadi, keyin esa, sekin-asta pasayadi. Mushak ko'tara olmaydigan juda katta yuk paytida, uning ishi yana nolga teng bo'lib qoladi. Yukning kattaligi, mushakning kaltalanish darajasi va ishning kattaligi o'rtasida nisbatlar mavjud. Ayrim o'rtacha yuklanish paytida mushak eng katta ish bajaradi. Vaqt birligi ichida bajarilgan ishning kattaligi bilan o'lchanadigan mushakning quvvati ham o'rtacha yuklanish paytida maksimal kattalikka erishadi. Shu tufayli, ishning bog'liqligi va yuklanishdan olingan quvvatlar **o'rtacha yuklamalar qoidasi** deb nomlangan.

Mushakning berilgan uyg'onish kuchida qisqarish kattaligi (kichrayish darajasi) morfologik xossalarga ham, fiziologik holatga ham, bog'liq bo'ladi. Uzun mushaklar kalta mushakka nisbatan kattaroq miqdorda qisqaradi. Muskulni o'rtamiyona uzayishi uning qisqaruvchanlik samarasini oshiradi; kuchli cho'zilishda mushakning qisqarishi zaiflashadi. Agar, uzoq vaqt ish bajarish natijasida mushakni charchashi rivojlana borsa, u holda uning qisqarish kattaligi pasayadi.

Mushak kuchini o'lchash uchun yoki u ko'tara oladigan maksimal yuk, yoki u izometrik qisqarish sharoitida rivojlantirishi mumkin bo'lgan maksimal kuchlanish aniqlanadi.