

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Spordimeditsiini kateeder

Õ. Reintam

METOODILINE JUHEND FÜSIOLOOGIA

PRAKTIKUMIDEKS

II

Lihased

Tartu 1968

Tagastage raamat õigeaegselt!

118623

Возвратите книгу вовремя!


=====  
III 1968.  
estuspoog-  
nr. 486.

A-28899

N  
A

S a a t e k s .

Käesolevas juhendis antakse eeskirju laboratoorseteks töödeks lihaste üldfüsioloogia alalt. Tööd on ette nähtud Kehakultuuriteaduskonna statsionaarsetele ja mittestatsionaarsetele üliõpilastele. Et programmi kohaselt Kehakultuuriteaduskonnas üliõpilastel järgneb üldfüsioloogia osale spordifüsioloogia kursusele, siis on edaspidi ette nähtud laboratoorsete tööde juhendi koostamine lihaste füsioloogia üksikasjalisemaks käsitlemiseks sportlastel.

Lihaste talitluse seaduspärasuste tundmaõppimisest peaksid huvituma kõik, kes tegelevad kehaliste pingutustega. Seetõttu oleks juhendis toodud tööde teostamine ja tulemuste analüüsimine soovitatav ka kehakultuuri, spordi, tööfüsioloogia valdkonnas töötavatele isikutele ja spordikooli õpilastele.

Töodes toodud illustreeriva materjali eest olen tänulik laborant Aino Tilgale.

Toodud jooniseid-skeeme võib muuta ja lihtsustada vastavalt olemasolevatele seadistele ja aparatuurile.

N

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu  
118623

-TARTU ÜLIKOO LI  
RAAMATUKOGU

Ehituse ja talitluse alusel jaotatakse lihased skeletilihasteks, silelihasteks ja südamelihaseks. Bioloogiliselt on muskulaarne liikumine kõrgeim liikumisvorm.

Vööt- ehk skeletilihas on nii retseptoorne kui ka efektoorne organ. Ta põhitallitus (kontraktsioonid) on normaalselt seotud närvidelt pärinevate impulssidega. Närvisüsteemist eraldatuna (isoleeritud organina) uuritakse skeletilihast ainult katsetingimustes, et analüüsida ta põhilisi funktsioone: erutuvust, erutuse juhtivust ja mitmesuguseid kontraktsioonivorme. Paljudel skeletilihastel esineb toetuslik-motoorne funktsioon kehaasendi säilitamiseks. Liikumisvõime kindlustab inimeste ja loomade aktiivse kohandumise väliskeskkonnas. Ka psüühilised protsessid avalduvad väliselt liikumises või käitumises. Inimese kõne ja kiri pole mõeldavad keerukalt seostatud liikumisaktideta. Liikumisvõimel baseerub igasugune sportlik tegevus. Tihedalt seostuvad lihaselise liikumisega reaktsioonid organismisisese püsiva keskkonna - homeostaasi säilitamiseks. Skeletilihaste kontraktsioonid soodustavad venoosse vere ja lümfi liikumist, mõjustavad kõhuõõne organite talitlust ja vabastavad soojust.

Liigutuste vähesus (hüpokinees) häirib organismi talitlust.

Skeletilihaste elementaarseid seaduspärasusi uuritakse sageli konna närvi-lihasepreparaadil, kuna vastav preparaat on kergesti valmistatav ja võimaldab tavalistes tingimustes analüüsida erutuse tekkeks vajalikke eeldusi, kontraktsiooni tugevust, amplituudi, latentsusaega jt. lihaste ning närvide talitluslikke näitajaid.

## NÄRVI-LIHASEPREPARAADI VALMISTAMINE.

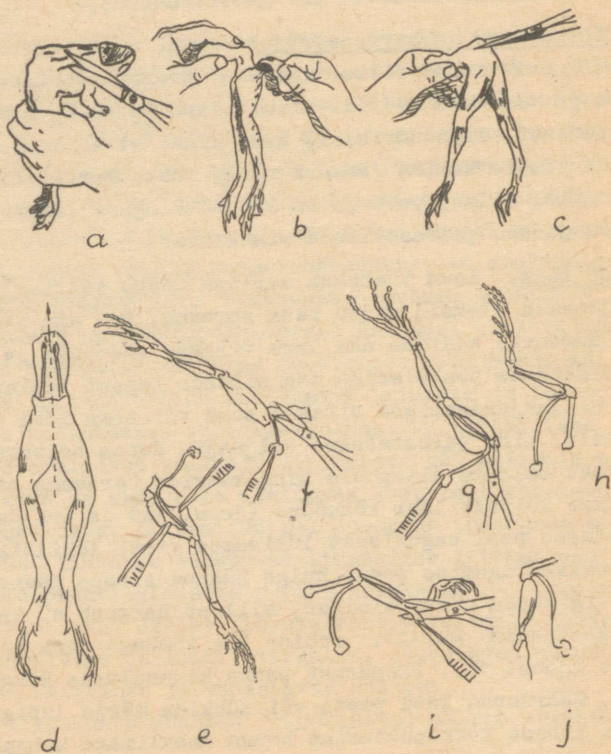
Töö eesmärk. Klassikalise närvi-lihasepreparaadi valmistamine. Viimane koosneb päraluu närvist (n. ischiadicus) ja sääremarjalihasest (m. gastrocnemius).

Töövahendid ja katsematerjal: konn, emaileeritud vamm, korgist lauake konna fikseerimiseks, prepareerimisvahendid (suured ja väikesed käärid, kirurgiline ja väike anatoomiline pintsett, ligatuurhaak, kaks klaasist konksu, nõelad, sond või tõmbiotsaline jämedam nõel, vatt, marli või riidelapid, niit, silmapipett ja ca 200 ml Ringeri lahust kõigusoojaste jaoks, galvaanilised pintsetid.

Töö käik. Konn võetakse marliga kätte selliselt, et ta esijäsemed oleksid vastu keha surutud, pea aga jääks vabaks. Suuremate kääride üks haru viiakse suuõõnde ja löikega eemaldatakse pea ülemine osa silmade tagant (dekapiteerimine). Seljaajukanalisse viiakse sond või tõmp nõel (2-3 cm sügavuselt) ning purustatakse seljaaju. Konna hoitakse tagajäsemetest seljaga ülespoole ning kääride teravama otsaga torgatakse küljelt läbi kõhuõõne (joon. 1a) ja eraldatakse keha esimene pool tagumisest lülisamba risti läbilõikamisega. Eemaldatakse tagumise poole külge jäänud sisuse jäänused. (Mitte vigastada närvipõimikut, millest hargneb n. ischiadicus!) Kasutades marlit, rebida ühe tõmbega nahk mõlemalt jäsemelt (joon. 1b). Preparaat panna klaasnõusse Ringeri lahusesse. Määrduvad käed pesta või pühkida märja lapiga, sest närvi ja lihase kokkupuutumine konna nahalimaga kahjustab nende talitlusvõimet.

Teises etapis eraldatakse tagajäsemed teineteisest. Selleks võetakse vasaku käega lülisambast, nii et viimane ja vaagnaluud jääksid maapinna suhtes paralleelselt (seljaga ülespoole), tagajäsemed aga ripuksid allapoole. Sellises asendis kerkib õndra- e. sabaluu (os coccygis) kõrgendikuna ülespoole ja eemaldatakse kääridega (joon. 1c). Konna

tagajäsemete preparaati asetatakse seljaga korgist alusele, vaadeldakse ventraalselt kulgevaid närviteid ning neid mitte vigastades poolitatakse kääridega lülisammas ja häbemeliiduse kõhr pikuti (joon. 1d).



Joon. 1. Närvi-lihasepreparaadi valmistamise etapid.

Klassikalise närvi-lihasepreparaadi saamiseks prepa-reeritakse kolmandal etapil sääremarjalihäs koos päraluu närviga. Mõlema käe pöidlaga surutakse konna dorsaalse poo-

le reielihastele, nii et reie keskjoonel lihaste vahelt tuleb nähtavale sügavamal paiknev päraluu närv (joon. 1e). Pintsetiga võetakse lülisambakõndist, vabastatakse vaagnaluudest ja väikeste kääridega eemaldatakse närvi ümbritsevad koed (joon. 1f). Puusaliigese (articulatio coxae) juures vabastatakse närv ettevaatliku prepareerimisega (joon. 1g) ja seega on närv vabastatud kuni põlveliigeseeni. Reieluult eemaldatakse lihased ja lõigatakse läbi puusaliigese lähedalt (joon. 1h). Kääriharu viiakse Ahhilleuse kõõluse alla ja lõigatakse kõõlus seesamkõhrest distaalselt läbi (joon. 1i). Sääremarjalihas vabastatakse kogu ulatuses kuni põlveliigeseeni ja sääreluu lõigatakse läbi allpool põlveliigest (joon. 1j).

Preparaadi kõlblikkust katseks kontrollitakse galvaaniliste pintsettidega, mille harudega puudutatakse närvi. Vigastamata, normaalne närvi-lihasepreparaat reageerib sel puhul lihase kontraktsiooniga. (Prepareerimisel ja katse ajal võib närvi puudutada ainult klaaskonksuga.)

#### LIHASE OTSENE JA KAUDNE ÄRRITAMINE.

Lihase ja närvi erutuvuse mõõtmine.

Elava koe põhiliseks omaduseks on ärrituvus, mis väljendub koe talitluse intensiivistumises või nõrgenemises. Lihase ärritus tingib sarkoplasmas laineliselt levivaid füüsikalisi-keemilisi muutusi, mis põhjustavad lihaskiudude lühenemist - kontraktsiooni. Seega vastab kõrgematel loomadel närvi- ja lihaskude väliskeskkonna muutusele - ärritusele - spetsiifilise talitluse, erutusega, mis väljendub lihase kontraktsioonis või närvikoe erutusjuhtivuses. Väliskeskkonna jõudu, mis kutsub esile erutuse, nimetatakse ä r r i t a j a k s . Ärritajateks võivad olla erinevad füüsikalisi-keemilised agensid, s. t. keskkonna omaduste mingid muutused. Erutusprotsesside uuri-

misel kasutatakse ärritajana sagedamini elektrivoolu. Viimane on täpselt doseeritav tugevuse, toimeaaja ja gradiendi järgi. Peale selle ei kahjusta elektrivool oluliselt kostruktuuri. Lihase ja närvide elektrilise ärrituskünnise määramisel mitmesuguste füsioloogiliste seisundite (sissetöötamine, väsimus, taastumine, treenitus, sportlik vorm), aga samuti haigestumiste korral on ka praktiline tähtsus.

Erutuvuse esmaseks hindamiseks määratakse ärrituskünnise e. künnisärritaja (läviärritaja) suurus, s. o. minimaalne ärritaja intensiivsus, mis kutsub esile erutuse (joon. 3a). Künnisärritajast väiksema intensiivsusega ärritajat, mis ei kutsu esile erutust, nimetatakse alakünniseliseks ärritajaks (joon. 3 "0").

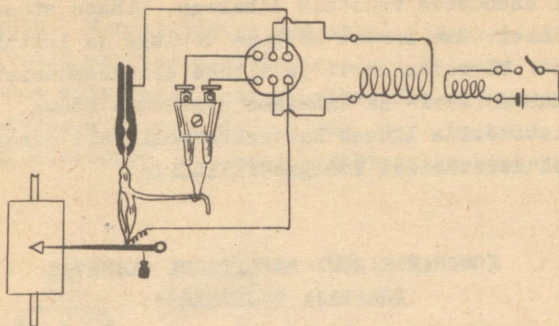
Lihase o t s e s e l ärritamisel juhitakse elektriline impulss vahetult lihasesse. K a u d s e l ärritamisel kantakse erutus lihasele närvi vahendusel, s. t. ärritatakse vastavad motoorsed närvi.

Tavaliselt esinevad lihases ka motoorsed närvikiud ja otsesel ärritamisel võib kontraktsioon tekkida nende närvikiudude kaudu. Konna rätsepalihase (m. sartorius) distaalsel ja proksimaalsel otsal närvikiud puuduvad ja erutuvus neis närvivabades kohtades on väiksem kui närvikiududega lihases. Mõningate mürkide (näit. kuraare) toimel kaudne (näarvi-) ärritus erutust (kontraktsiooni) ei põhjusta, otsesel ärritamisel lihase erutuvus säilib, s. o. ärritamisel ta kontraheerub.

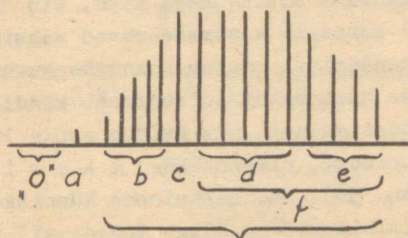
Töö eesmärk. Lihast otseselt või närvi kaudu ärritades jälgida kontraktsiooni. Võrrelda närvi ja lihase erutuvust künnisärrituse põhjal.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, akumulaator 5 V, induktoorium, kommutaator, müograaf, elektroodid, preparimisevahendid, Ringeri lahus, pipetid ja kümograaf.

Töö käik Korraldada vooluahel alalisvooluga ärritamiseks (joon. 2). Närvi-lihasepreparaat kinnitatakse katse-



Joon. 2. Seadeldise skeem lihase otseseks ja kaudseks ärrituseks.



Joon. 3. Lihase kontraktsiooni amplituudi olenevus ärrituse tugevusest.

seadeldisele ja kõõlus ühendatakse vastavate konksude (või klambrite) abil müograafia. Otseseks ärritamiseks viiakse üks elektrood Ahhilleuse kõõlusesse ning teine põlveliigese piirkonna kudesse. Närv asetatakse teisele elektroodide paarile. Preparaati niisutatakse aeg-ajalt Ringeri lahusega. Närv ärritamist alustatakse nõrkade induksioonivoolu impulssidega, s. o. seisus, kus sekundaarmähis on võimalikult kaugel primaarmähisest, ja järk-järgult ärritajat tugevdades

jälgitakse, millal tekib minimaalne nähtav kontraktsioon.

Muudetakse kommutaatori asendit, nii et sekundaarmähis oleks ühendatud vahetult lihasega. Lihase otsest ärritamist alustatakse samuti nõrgema vooluga ja leitakse ärrituskünnis. Võrrelda närvi ja lihase ärrituskünnist ja teha järeldused närvi- ja lihaskoe erutuvuse kohta.

Registreerida lihase kontraktsioonid nii otsesel kui ka kaudsel ärritamisel kümograafilindile.

### KONTRAKTSIOONI AMPLITUUDI OLENEVUS ÄRRITAJA TUGEVUSEST.

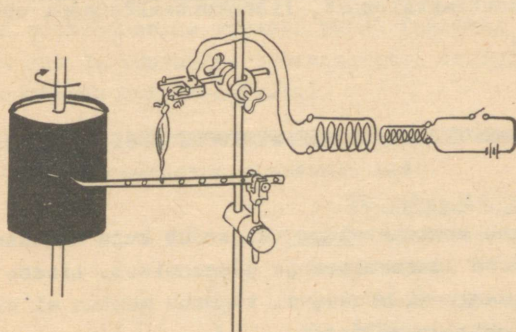
Lihase künniseline (minimaalne), submaksimaalne  
ja maksimaalne kontraktsioon.

Lihase minimaalse kontraktsiooni korral lühenevad ainult üksikud, suurema erutuvusega kiud, mis "kõik või ei midagi seaduse" kohaselt kontraheeruvad maksimaalselt. Voolutugevuse suurendamisel kasvab kontraheeruvate lihaskiudude arv ja lihase kontraktsioon suureneb kindla piirini. Minimaalset ärritustugevust, mis kutsub esile lihase maksimaalse kontraktsiooni, nimetatakse **m a k s i m a a l s e k s** ärrituseks (joon. 3c). Kontraktsioone künniskontraktsioonist maksimaalseni (minimaalsest kõige suuremani) nimetatakse **s u b m a k s i m a a l s e t e k s** (joon. 3b). Selles vahemikus vastab tugevamale ärritusele suurem lihase kontraktsioon. Supermaksimaalsete (maksimaalset ärritustugevust ületavate) stiimulite puhul lihase kontraktsioon enam ei suurene (joon. 3f). Erineva tugevusega supermaksimaalseid ärritusi, mis kutsuvad esile maksimaalse efekti, nimetatakse **o p t i m a a l s e t e k s** (joon. 3d). Teatavast supermaksimaalsest ärritustugevusest alates kontraktsioon isegi väheneb (pessimaalne ärritustugevus (joon. 3e)).

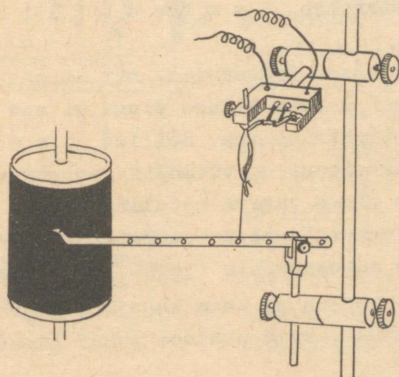
Töö eesmärk. Näidata ärrituse tugevuse mõju lihase kontraktsiooni ulatusele.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, prepareerimisvahendid, kümograaf, müograaf, akumulaator, induktoorium, lüliti, Ringeri lahus, pipett.

Töö käik. Korraldatakse vooluahel (joon. 4) ja induktsioonivoolu mähised asetatakse algul teineteisest kaugemale. Konna sääremarjalihhas kinnitatakse müograafile ja närv asetatakse elektrodidele (joon. 4a). Leitakse künnisärritus. Täheledatakse, et esimene minimaalne kontraktsioon



Joon. 4. Seadeldis-skeem kontraktsiooni ulatuse uurimiseks.



Joon. 4a. Närvi-lihasepreparaadi asetus katseseadeldisele kaudsel ärritamisel.

tekib vooluringi katkestamisel. (Väljalülitamisel tekivad ekstravool tugevdab impulssi, kuna sisselülitamisel tekivad ekstravool vähendab induktsioonivoolu tugevust ja toimeaega.) Edasi lähendatakse mähised, kontrollides samaaegselt vooluahela ühendamisel ja katkestamisel avalduvate kontraktsioonide suurust. Täheledatakse, et ärritaja tugevdamisel suureneb ka kontraktsiooni amplituud kuni maksimaalse ärritaja kasutamiseni.

Registreerida kümograafil submaksimaalsed ja maksimaalsed kontraktsioonid, lihaskontraktsiooni optimum ja pessimum.

### ISOMEETRIILISE KONTRAKTSIOONI REGISTREERIMINE.

Lihase kontraktsioon väljendub kuju muutusena (deformatsioon) ta lühenemises ja jämenemises. Lihase maht seejuures peaaegu ei muutu, s. t. mahu muutus ei ole tavalise voluminomeetriga mõõdetav.

Kui lihas erutuse puhul võib vabalt lüheneda, aga lihase pinget kontraktsiooni ajal ei muutu, siis sellist kontraktsiooni nimetatakse isotooniliseks kontraktsiooniks.

Kui lihase otsad fikseerida, nii et ta ei saa lüheneda, siis erutusel tekivad lihase pinget ei saa avalduda deformatsioonina. Sellist isomeetrilist kontraktsiooni on võimalik registreerida, muutes erutunud lihase pinget tugeva metallist vedru deformatsiooniks. Vedru deformatsiooni suurendatakse pingekangi abil ja kirjutatakse kümograafile (joon. 5). Lihase seejuures praktiliselt ei lühene ja kang kannab kümograafile mitte lihase kuju muutust, vaid erutuse puhul lihases tekivad pinget.

Normaalses, terves organismis muutuvad tavaliste toimingujuures nii lihase pinget kui ka kuju ja sel puhul

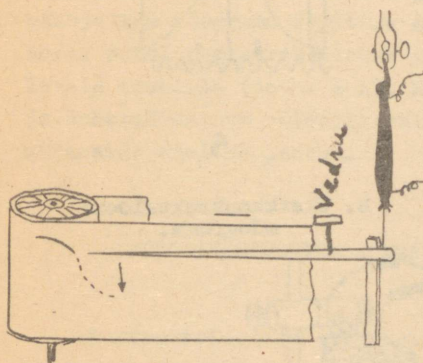
räägitakse a u k s o t o o n i l i s e s t kontraktsoonist.

Inimese skeletilihastes on reserve, mis ei ole tah-tele alluvad, kuid mida on võimalik jälgida mõningate närvisüsteemi eri seisundite korral. Näiteks on kindlaks tehtud, et hüpnootilises seisundis on lihase isomeetriline kontraktsioon 30 % suurem kui tavalises seisundis. Seega isomeetrilise kontraktsiooni puhul ei kasuta organism oma füsioloogilist jõudu maksimaalselt. Samad tulemused on saadud ka emotsionaalse stressi puhul (näiteks püssilasu kuulmisel jne.), kusjuures treenimatutel osutusid need reservid suuremaks kui treenitutel.

Töö eesmärk. Tõestada isomeetrilise kontraktsiooni puhul lihases arendatavat elastsuspinget.

Töövahendid ja katsema-terjal: konn, akumulaator, induktoorium, lüliti, müograaf, isomeetriline kang, elektroodid, prepareerimisvahendid, Ringeri lahus ja pipetid.

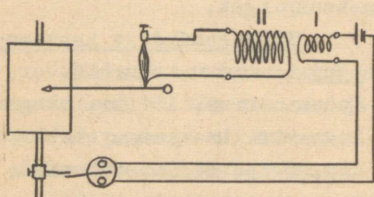
Töö käik. Närvi-lihase-preparaat kinnitatakse müograafile. Ahhilleuse kõõlus seotakse tugeva mitteveniva niidiga isomeetrilise kangi külge. Kümograaf reguleeritakse kiirele käigule. Ärritatakse kaudselt või otseselt tetaniseeriva vooluga 2 - 3 sek. kestel. Müograafi liikumise ulatus peegeldab erutunud koe pinget (joon. 5).



Joon. 5. Lihase isomeetrilise kontraktsiooni registreerimine.

## LIHASE ÜSIKKONTRAKTSIOONI REGISTREERIMINE JA MÜOGRAMMI ANALÜÜS.

Katsetingimustes lihast üksikimpulsiga ärritades reageerib ta nn. üksikkontraktsiooniga. Lihase lühenemine ei alga stimulatsioonimomendil, vaid pärast lühikest latent-sus- (peite-) perioodi. Latentsusperiood on aeg ärrituse momendist kuni lihase deformatsiooni alguseni (joon. 6 B<sup>a</sup>). Edasi toimub lihase lühenemine (kontraktsioonifaas) (joon. 6 B<sup>b</sup>) ja sellele järgneb peaaegu niisama kiirelt kulgev lõdvestus- e. relaksatsioonifaas (joon. 6 B<sup>c</sup>).



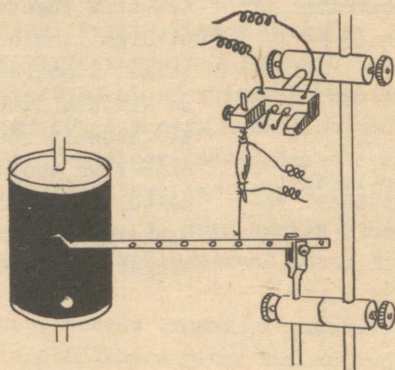
A

A. Seadeldise skeem üksik-kontraktsiooni registreerimiseks.



B

B. Üksikkontraktsiooni müogramm.



C. Elektroodide kinnitamine lihasele otsesel ärritamisel.

Joon. 6. Lihase üksikkontraktsioon.

Lihase isotooniline kontraktsioon on mõjustatav paljude teguritega (väsimus, koormus, temperatuur, lihase hapnikuga varustamine, medikamendid jms.). Üksikkontraktsiooni iseloom oleneb ka lihaste struktuurist. Punastel lihastel kestab üksikkontraktsioon kauem kui valgetel.

Töö eesmärk. Registreerida üksikkontraktsiooni kõver ja mõõta selle faase.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, prepeareerimisvahendid, induktoorium, akumulaator, lüliti, 15-g-ne raskus, elektrodid, kiirelt pöörlev kümograaf, Ringeri lahus, vatt.

Töö käik. Närvi-lihasepreparaat kinnitatakse reieluudpidi statiivile ja Ahhilleuse kõõlus ühendatakse konksu abil kirjutuskangiga. Elektrodid kinnitatakse lihasele (joon.6 C). Kümograafi trumliteljele kinnitatud teravik lülitab teatud pöördemomendil lihasega ühendatud vooluringi ja põhjustab üksikkontraktsiooni. Trumlit aeglaselt pöörates markeerib ham-bakujuline müogramm ärrituse momendi. Müograafi sama lähteseisu puhul registreeritakse üksikkontraktsioon kiirelt pöörlevale trumlile (joon. 6 A). Mõõtes trumli pöörlemiskiiruse ja ümbermõõdu, on võimalik välja arvutada üksikkontraktsioonifaaside ajaline jaotus.

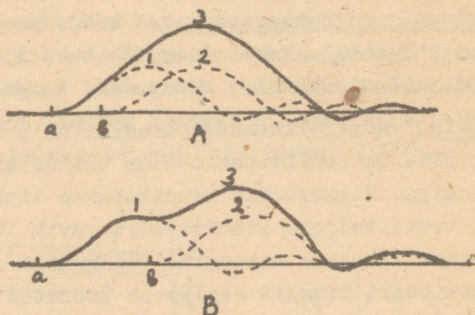
#### KONTRAKTSIOONIDE SUMMATSIOON (SUPERPOSITSIION).

Kontraktsioonide summatsioon väljendub kontraktsiooni suurenemises (superpositatsioon) lihase korduval ärritamisel.

Kui järgnev impulss ärritab lihast aga viimase absoluutses refraktaarsuse faasis (mitteerutuvuse faasis), mis järgneb esimesele ärritamisele, siis lihas ei erutu ja müogramm jääb samaks mis ühe impulsi andmise puhul. Refraktaarsuperioodil toimub lihaskiududes repolarisatsioon ja alles teatavast repolarisatsiooni astmest alates vastab lihas stimulatsioonile uue kontraktsiooniga. Refraktaarsuperiood

skeletilihastel on mõõdetav millisekunditega.

Andes teistkordse ärrituse kontraktsioonifaasis (pärast absoluutset refraktaarsusfaasi), teine kontraktsioon laatub esimesele, s. t. toimub kahe üksikkõvera summatsioon ehk superpositsioon (joon. 7 A). Superpositsioon võib esineda ka juhul, kui teine ärritus järgneb momendil, mil lihas juba hakkas lõdvestuma (joon. 7 B).



Joon. 7. Lihase kahe üksikkontraktsiooni summatsiooni kõverad (superpositsioon). Teistkordne ärritamine toimub lihase kontraktsiooni faasis ( A ) või lõdvestuse ajal ( B ).

- a - induktsioonivooluga ärritamise moment;
- b - teistkordse ärritamise moment;
- 1 ja 2 - üksikärritamiste kontraktsioonikõverad;
- 3 - kontraktsioonikõver kahe teineteisele järgneva ( a ja b ) ärritamise tulemusena (superpositsioon).

Töö eesmärk. Jälgida lihase kontraktsioonide summatsiooni kahe üksteisele järgneva impulsi korral. Anda üksteisele järgnevaid impulsse erinevate intervallidega ja jälgida müogrammi.

Töö käik ja vahendid samad mis üksikkontraktsiooni registreerimise puhul, kuid vooluring ühendatakse lühikes- te intervallide järel. Saadakse lihase kontraktsioonikõvera superpositsioon.

## TEETANUS JA KONTRAKTUUR.

Kontraktsiooni olenevus ärrituse sagedusest.

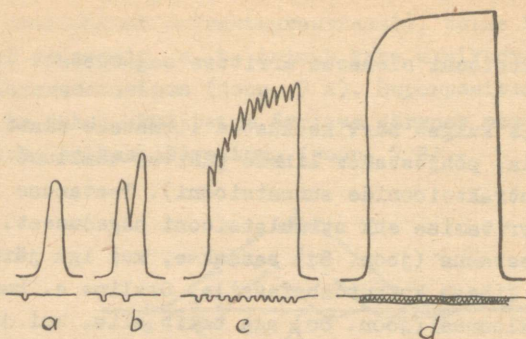
Organismis kulgeb närvikeskustes lihastele alati impulsside seeria, põhjustades lihase püsivat tõmblust - teetanust (kontraktsioonide summatsiooni). Teetanuse iseloom oleneb ärritamise ehk stimulatsiooni sagedusest. Täielik e. sile teetanus (joon. 8d) saadakse, kui iga järgnev impulss satub lihase kokkutõmbefaasile. Osaline e. hambuline teetanus (kloonus) (joon. 8c) aga tekib siis, kui järgnev stimulatsioon satub lõdvestusfaasi. Lihase tõmblus teetanuse ajal on palju ulatuslikum kui üksikkontraktsiooni puhul. Tetaanilise kontraktsiooni esilekutsumiseks vajalik ärritus-sagedus on loomaliikidel, samuti aga üksikutel lihastel erinev. Aeglasel talitlusega lihastel saadakse täielik teetanus madalama sagedusega ärritamisel. Näiteks punastel lihastel tekib teetanus aeglasema ärritusrütmi puhul kui valgetel.

Kui lihast on aga pikemat aega stimuleeritud tetaniseerivate impulssidega, siis voolu katkestamisel jääb lihas veel mõneks ajaks lühenenud seisundisse, mida nimetatakse väsimuskontraktuuriks. K o n t r a k t u u r kujutab endast pidevat mitterütmilise iseloomuga kontraktsiooni, kusjuures lihase pingel on väike. Inimesel võib kontraktuur esineda patoloogia korral ja pärast surma. Irreversiivset kontraktuuri võib demonstreerida kui niisutada isoleeritud lihast happe, leelise, alkoholi, kloroformi jms. tugevate toimeainetega.

Töö eesmärk. Osalise ja täieliku teetanuse esilekutsumine ja graafiline registreerimine.

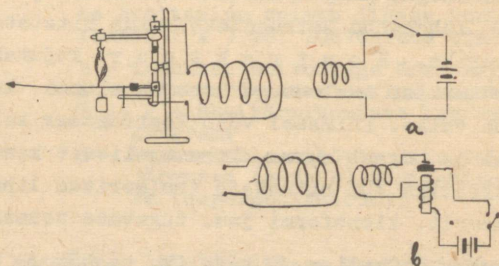
Tööks on vajalikud samad vahendid mis eelmises katses.

Töö käik. Korratakse eelmist katset. Kümograafi trummel käivitatakse keskmise kiirusega. Induktooriumi primaarmähises katkestatakse võimalikult kiiresti vooluahelat käega. Saadakse osaline teetanus (joon. 9a). Edasi ühendatakse



Joon. 8. Müogrammide.

- a - üksikkontraktsioon;
- b - kahe üksikkontraktsiooni  
laatumine (superpositsioon);
- c - hambuline teetanuse;
- d - sileda teetanuse.



Joon. 9. Skeem-seadeldis hambulise (a) ja sileda teetanuse (b) registreerimiseks.

juhtmed akumulaatorilt läbi automaatse katkestaja (joon.9b). Lihast ärritatakse mõne sekundi vältel ja saadakse täieliku teetanuse kõver.

## SILELIHASE MÜOGRAAFIA.

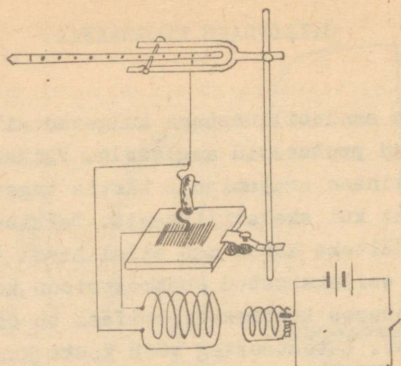
Võrreldes skeletilihastega kulgevad silelihases kõik füsioloogilised protsessid aeglaselt. Väiksema erutuvuse tõttu on silelihase erutamiseks tarvis tugevamat ja püsivamat ärritajat kui skeletilihasele. Tekkinud erutus aga püsib kauem. Näiteks konna mao silelihasel võib ühest stimulatsioonist esilekutsutud kontraktsioon kesta 80 - 100 sekundit, kusjuures kontraktsioonifaas on ca 5 korda lühem lõtvumisfaasist. Latentsusaeag võib kesta kuni mõne minuti. Lihase kokkutõmme toimub nii aeglaselt, et kontraktsioonilainet on võimalik jälgida isegi mikroskoobi abil. Silelihaskude võib pikemat aega püsida kontraktsiooniseisundis, ilma et tekiksid väsimuse nähtused.

Töö eesmärk. Silelihase kontraktsiooni esilekutsumine ja registreerimine.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, prepareerimisvahendid, kümograaf, akumulaator, induktoorium, lüliti, müograaf, kirjuti, elektroodid.

Töö käik. Konnal purustatakse pea- ja seljaaju, avatakse kõhuõõs ja lõigatakse välja magu. Mao keskosast lõigatakse ristlõikega 5 mm laiune rõngas. Rõngas lõigatakse ühest kohast risti läbi, saadakse 5 mm laiune riba. Vattipooniga eemaldatakse lima. Preparaat kinnitatakse müograafile ja katse üldine korraldus tehakse vastavalt toodud skeemile (joon. 10). Oodata 7 - 8 min., kuni lihas pärast manipulatsioone lõtvub. Kümograafi trummel pannakse võimalikult aeglasele käigule ja ärritatakse lihast mõne sekundi vältel tetaniseeriva vooluga. Jälgida latentsusaeaga, lihase lühenemise ja järgneva lõtvumise aeglust.

Täheldatakse, et silelihas on mehaanilise ärrituse osas tundlikum kui skeletilihas: ka kerge vajutus kirjutile, millele ta on kinnitatud, kutsub esile kokkutõmbe ja toonuse muutuse.



Joon. 10. Silelihase kontraktsioonide registreerimise seadeldis.

#### OPTIMAALNE JA PESSIMAALNE ÄRRITAMINE.

Teatava optimaalse ärritustugevuse ja -sageduse juures tekib kõige tugevam ja püsivam teetanus. Ärritades konna närvi-lihasepreparaati keskmise voolutugevusega, tekib ulatuslikum tetaaniline kontraktsioon (teetanus) kui ärritades tugeva vooluga.

Tetaanilise kontraktsiooni tugevus ja kulg on seotud ka ärritamise sagedusega: optimaalse sageduse ületamisel muutub kontraktsiooni efekt seda väiksemaks, mida sagedasem on stimulatsioon (pessimaalne efekt).

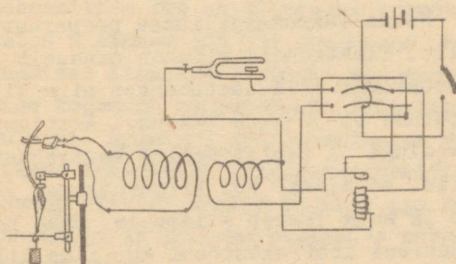
Ärrituse sageduse mõju teetanuse kõrgusele seletatakse koe erutuvuse muutusega. Erutusprotsessi algul tekib närvikius lühiajaline (ca 0,001 sek.) absoluutne refraktaarsusfaas (mitteerutuvus). Järgneb suhteline refraktaarsusfaas (ca 0,003 sek.), kus erutuvus juba hakkab taastuma. Sellele järgneb kõrgenenud e. nn. supernormaalne erutuvus või eksaltatsioonifaas (ca 0,012 sek.). Lihasel on need faasid pikemad, s. t. füsioloogilised protsessid kulgevad

aeglasemalt. Elementaarsete füsioloogiliste protsesside kiire kulgemise korral räägitakse kõrgest funktsionaalsest liikuvusest ehk kõrgest labiilsusest. Labiilsuse kriteeriumiks nimetas N.E. Vedenski stimulatsiooni maksimaalset rütmi, mida kude on võimeline erutustena reprodutseerima teatava ajaühiku jooksul. Närvidel on see ca 500, lihastel ca 250 korda sekundis.

Töö eesmärk. Uurida ärrituse tugevuse ja intervalli mõju tetaanilise kontraktsiooni amplituudile.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, müograaf, akumulaator, elektrodid, induktoorium, lüliti, elektrokamertoon ja katkesti, prepareerimisvahendid, Ringeri lahus. Kamertooni ja induktooriumi võib asendada elektronstimulaatoriga.

Töö käik. Korraldatakse vooluahel ärritamiseks (joon. 11). Valmistatakse närvi-lihasepreparaat ja fikseeritakse see müograafile. Närv asetatakse elektrodidele. Müograafi trummel reguleeritakse aeglasele käigule. Keskmise tugevusega vool juhitakse läbi kamertooni lihasele (pessimaalne ärritussagedus - 100 korda sekundis). Lihaskontraheerub



Joon. 11. Seadeldise skeem ärrituse tugevuse ning sageduse optimumi ja pessimumi jälgimiseks.

hetkeks tugevasti, kuid hakkab kohe lõtvuma, vaatamata ärrituse jätkamisele. Vooluring lülitatakse ümber nii, et katkestusi primaarahelas hakkab helihargi asemel andma elektromagnetiline katkesti (ärritussagedus 50 - 60 korda sekundis - optimaalne sagedus). Teetanus kordub. Edasi lülitatakse vooluring vahelduvalt läbi kammertooni ja induktooriumi katkestaja. Madalama ärritussageduse puhul saadakse teetanus, kõrgema ärritussageduse puhul aga lihase lõtvumine.

Kammertooni ja induktooriumi asemel on mugav kasutada elektronstimulaatorit, mis laseb voolu sagedust ja tugevust sujuvalt reguleerida.

#### KONTRAKTSIOONI OLENEVUS LIHASE VENITUSEST.

Töö eesmärk. Veenduda, et lihase mõõdukas venitus - eelpinge - suurendab lihase kontraktsiooni.

Töövahendid ja katsematerjal: statiiv, müograaf, induktoorium, juhtmed, katkesti, akumulaator, kümograaf, Ringeri lahus, 10-g-sed vihid, prepareerimisvahendid, konn.

Töö käik. Konna sääremarjalihase preparaati kinnitatakse müograafile. Elektroodid viiakse otseselt lihasesse. Müograafi kirjutuskangi alla asetame toe ning lihase kinnituskohale riputame ca 30-g-se raskuse. Ärritame lihast tetaniseeriva vooluga ja registreerime kontraktsiooni ulatuse kümograafile. Eemaldame toe kirjutuskangi alt, kusjuures lihas venib ja sulg langeb allapoole. Nüüd kordame ärritust. Saame suurema kontraktsiooni kui ilma lihase eelvenituseta.

## LIHASE JÕU MÄÄRAMINE. LIHASE TÖÖ ERINEVATE KOORMUSTE PUHUL.

Lihase jõudu iseloomustatakse kõige suurema koormuse abil, mida lihas on võimeline tõstma. Ühesuguste tingimuste puhul oleneb lihase jõud ta pikkusest ja füsioloogilise ristlõike (lihase kõikide kiudude ristlõike) ulatusest. Lihtlihases füsioloogiline ristlõike ühtib anatoomilise ristlõikega, sulglihastes on füsioloogiline ristlõike anatoomilisest suurem. Seetõttu on ka sulglihaste jõud suurem. Erinevate lihaste jõu võrdlemiseks jagatakse maksimaalne koormus, mida lihas on võimeline tõstma, sama lihase füsioloogilise ristlõike pindalaga. Sellist lihase eri- e. suhtelist jõudu väljendatakse kilogrammides ruutsentimeetri kohta.

Treeningu tulemusena lihase läbimõõt ja mass suurenevad. Proportsionaalselt sellega suureneb ka lihase absoluutne jõud. Ühe kaaluühiku kohta arvestatuna jääb lihasejõud praktiliselt muutumatuks. Lihase suurenemisel lihaskiude ei teki juurde, vaid olemasolevates lihaskiududes moodustub rohkem sarkoplasmat (hüpertroofia).

Lihase mehaanilise töö arvutamiseks korrutatakse ta lühenemise ulatus ületatud jõu või raskusega. Koormuse järkjärgulisel lisamisel lihase töö esmalt suureneb, kuid edasine järkjärguline koormuse suurendamine viib lihase välise tööjõudluse nullini. Esialgne töö suurenemine väljendab erutust, s. t. lihase lühenemise intensiivistumist. Töövõime vähenemine teatavast piirist alates kujutab aga kontraktsiooni-amplituudi vähenemist ja erutusprotsesside nõrgenemist lihase ülitugeva venituse tõttu.

Lihase võimsust (energia kulu) määrab töö suuruse korraldus töö kestusega, ja see osutub suurimaks keskmiste koormuste puhul (keskmiste koormuste seadus). Seega terviklikus organismis on töövõime kõige suurem submaksimaalsete pingutuste puhul, mida tagavad keskmised koormused ja optimaalne tööritm.

Lihastes läheb keemiline energia otseselt üle mehhaaniliseks energiaks ca 30 % ulatuses (kasutegur).

Treenitud lihases kulgevad oksüdatsiooniprotsessid kiiremini, kuid töötamisel kasutatakse suhteliselt vähem glükogeeni ja vähem moodustub ka piimhapet. Seega toimub treenitud organismis energia transformatsioon tööks ökonoomsemalt kui treenimatus. Loomadega teostatud katsed on tõestanud, et narkoosi mõjul kaovad tööjärgsed biokeemilised erinevused treenitud ja treenimata lihastes. See viitab lihase biokeemiliste protsesside sõltuvusele kesknärvisüsteemi seisundist.

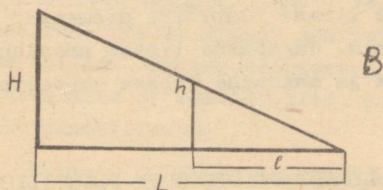
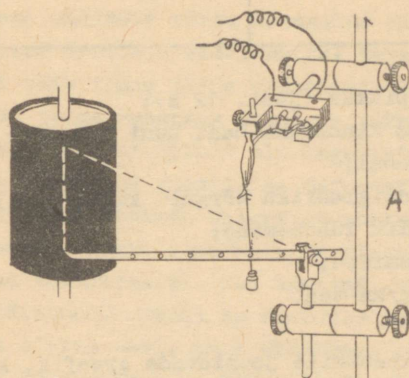
Töö eesmärk. Määrata konna sääremarjalihase jõud, kontraktsiooni amplituud ja arvutada lihase töö suurus erinevate koormuste puhul.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, kümograaf, akumulaator, lüliti, induktoorium, müograaf, kaaluvihid, prepareerimisvahendid, Ringeri lahus, pipett, sirkel, joonlaud, millimeetripaber.

Töö käik. Konna isoleeritud sääremarjalihase kinnitatakse müograafile. Müograafi kangile lihase kohal riputatakse alus kaaluvihtide jaoks. Müograafi alla asetatakse tugi, mille abil saab kirjutuskangi hoida horisontaalasendis. Viimast on vaja selleks, et kaaluvihid ei venitaks puhkeseisundis olevat lihast. Ärritamiseks kasutatakse induktsioonivoolu, mis kutsub esile lihase maksimaalse lühenemise. Lihase kontraktsioonid kirjutatakse liikumatule kümograafi trumlile. Iga kontraktsiooni järel keeratakse trumlit ca 0,5 m edasi. Alustatakse minimaalse koormusega. Kaalukaussile asetatakse vihte 50 g kaupa. Iga kord raskuse suurendamisel 50 g võrra ärritatakse lihast tetaniseeriva vooluga 2 sek. kestel ja registreeritakse kontraktsiooni kõrgus. Koormus, mida lihas jõudis elektriga ärritamisel veel vaevalt tõsta, näitab lihase jõudu.

Mõõdetakse kirjutuskangi pikkus kinnituskohast kuni kirjutussuleni, samuti pikkus kangi kinnituskohast kuni koormuse

kinnituskohani kangil. See on vajalik lihase tõelise lühenemise määramiseks, sest kirjutuskangi distaalne ots kirjutab lihase kokkutõmbe suurendatult. Sirkliga mõõdetakse lihase kontraktsiooni kõrgused kümogrammil, mis kantakse tabelisse (joon. 12 A).



Joon. 12. Katseseadeldise skeem lihase tegeliku kontraktsiooni arvestamiseks.

Kaalu- vihtide raskus P	Kontraktsiooni- graafiku kõr- gus kümogrammil H	Koormuse tegelik tõstekõrgus $h = H \cdot \frac{1}{L}$	Lihase töö $W = P \cdot h$

L = kogu kangi pikkus (joon. 12 B);

l = kangi pikkus kinnituskohast kuni koormuse kinnitamise-  
ni lihase kohal;

H = kontraktsioonigraafiku kõrgus kümogrammil (mm-tes);

h = lihase tegelik lühenemine;

P = koormus grammides;

W = lihase töö g/mm-tes.

Millimeetripaberile joonistada graafik, kus abstsiss-  
teljele kanda koormus grammides, aga ordinaatteljele kont-  
raktsioonide amplituudid ja lihase poolt tehtud töö g/mm.

Mõõdetakse lihase ristlõike diameeter ja arvutatakse  
ristlõike pindala. Jagatakse lihase absoluutne jõud rist-  
lõike pindalaga ja saadakse lihase suhteline jõud.

#### LIHASE ELASTSUS JA PLASTILISUS.

Elastsuse all mõistetakse deformeeritud eseme (ka li-  
hase) omadust taastada esialgne kuju, kui deformeeriv jõud  
on eemaldatud. Riputades lihasele raskuse, lihas venib, ras-  
kuse eemaldamisel lüheneb ta uuesti esialgse pikkuseni (kui  
deformatsioon oli elastsuse piirides). Lihase venitamisega  
kaasneb deformatsioon ei olene ainult elastsusest, vaid ka  
lihase plastilisusest. Kui lihase venitamisega kaasneb elast-  
se deformatsiooniga ka plastiline deformatsioon, siis veni-  
tava jõu eemaldamisel lihase algpikkus enam ei taastu. Füü-

sikas nimetatakse plastilisuseks kehade omadust säilitada neile antud vorm. Plastilise deformatsiooni tagajärjel muutuvad samaaegselt ka keha elastsuse omadused. Kui lihas on tugevasti kokku tõmbunud või välja veninud, siis lihaskiudude elastsuse tõttu tekib tung algpikkuse taastamiseks, kuid plastiliste omaduste tõttu normaalne pikkus ei taastu kohe. Näiteks ärritaja eemaldamisel pärast tetaanilist kontraktsiooni võib lihas jääda minutiteks lühenenud olekusse. Kui nüüd jõuga taastada esialgne pikkus, siis lihas seda ka säilitab - järelikult oli tegemist elastsele deformatsioonile järgnenud plastilise deformatsiooniga.

Punased lihased venivad valgetest rohkem, samuti on nad plastilisemad. Eriti tugevasti on plastilised omadused välja kujunenud kõhulihastel. Nad venivad, kui magu on pärast söömist täitunud, samuti ka raseduse puhul, ning säilivad sellises olekus seni, kuni kõhuõõnes rõhk väheneb. Seda on võimalik kontrollida ka katseliselt. Konna kõhuõõs ühendatakse vee-manomeetriga ja süstla abil viiakse kõhuõõnde mõnikümme kuubikut Ringeri lahust. Väliselt kõht paisub, kuid lahuse rõhk tõuseb ainult süstimise momendil ning langeb hiljem nullini. Lihase elastset-plastilist funktsiooni määravad sarkolemma ja müofibrillid, kuna sarkoplasma põhjustab ainult plastilisust.

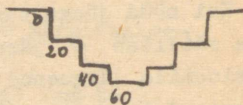
Töö eesmärk. Näidata lihase elastset-plastilist funktsiooni.

Töövahendid ja katsematerjal: kumograaf, müograaf, prepareerimisvahendid, Ringeri lahust, kaaluvihid, konn.

Töö käik. Prepareeritakse konna mõlemad sääremarjalihased. Üks jäetakse Ringeri lahusesse, teine fikseeritakse müograafile ja kirjutuskangi sulg viiakse kontakti kumograafi trumli paberiga. Trummel tõstetakse ekstsentriku abil vedavalt kettalt ja pööratakse käega vastavalt vajadusele. Registreeritakse lihase lähtepikkus ehk algseis. Käega trumlit ca 0,5 cm ulatuses edasi keerates riputatakse kangile lihase kohal 20-g-ne raskus. Registreeritakse lihase veni-

tusaste ja nihutatakse trumlit 0,5 cm edasi. Lisatakse 20 g kaupa raskusi ning registreeritakse pikkuse juurdekasv. Raskuste järjestikusel eemaldamisel alustada viimasest, kusjuures iga raskuse eemaldamise järel nihutada trumlit. Saadakse ülenev astmeline kõver (joon. 13). Kogu koormuse eemaldamisel kontrollida, kas lihas omandas esialgse pikkuse.

Võetakse teine sääremarjalihäs ja koormatakse 20-g-se raskusega. Trummel käivitatakse ja jälgitakse, kui ruttu taastub lihase esialgne pikkus, kui raskus eemaldada. Siis riputatakse lihasele 60-g-ne raskus ja eemaldatakse niisama ruttu kui esimene, 20-g-ne kaaluviht. Täheledatakse, et viimasel juhul saavutab lihas esialgse pikkuse hiljem kui pärast kergemat koormust.



Joon. 13. Lihase venitamise graafik järjest suureneva koormuse puhul ja elastsuse ilmnemine koormuse järkjärgulisel vähendamisel.

#### NÄRVI-LIHASEPREPARAADI VÄSIMUS.

Pideval töötamisel lihase talitus nõrgeneb või lakkab tekkiiva väsimuse tõttu. Töövõime vähenemist põhjustavad füüsikalised-keemilised muutused, mis tekivad lihase kontraheeruvates elementides - müofibrillides. Esmane väsimus organismis tekib: 1) adenosintrifosfaadi (ATF) ja fosfageeni tagavarade kulutuse ja 2) piim- ning fosforhappe toksilise toime tõttu närvilõpmetele lihastes. Primaarsete ATF tüüpi energiaainete resünteesis kasutatakse glükoosi, glükogeeni ja rasva keemilist energiat.

Katsed näitavad, et treenitud lihases assimilatsioon- ja dissimilatsiooniprotsessid tõhustuvad ja väsimuse

puhul ülemäärast piimhappe kogunemist lihases ei esine. Siiski väsib ka treenitud lihas, sest happelised ainevahetusproduktid (metaboliidid) häirivad nii lihaste, närvirakkude kui ka sünapside talitlust. Närv ise on praktiliselt väsimatu (isoleeritud närv ei väsi isegi 8-tunnise tetaanilise ärritamise järel). Lihase väsimus, mis on esile kutsutud närvi ärrituse kaudu, ei ole adekvaatne lihase erutava süsteemi absoluutse väsimusega, sest lihase otsesel ärritamisel võib ta veel kontraheeruda. Järelikult on esimese väsimuse korral pidurdatud erutuse ülekannet müoneuraalsetes (närvi-lihase) sünapside. Ka labiilsus on kõige madalam müoneuraalsetes sünapside - 150 imp/sek (lihases - 250, närvis kuni 500 imp/sek ).

Töö eesmärk. Katseliselt jälgida väsimuse arengut närvi-lihasepreparaadil.

Töövahendid ja katsematerjal: konn, prepareerimisvahendid, kümograaf, induktoorium, akumulaator, elektrodid, kaaluvihid, marli, Ringeri lahus.

Töö käik. Närvi-lihasepreparaat kinnitatakse müograafile. Närv asetatakse elektrodidele. Viies kirjutuskangi vastu kümograafi trumlit, keeratakse trumlit 360°. Kirjutaja jätab seejuures lindile joone, mis vastab lihase lõtvumisseisundile katse algul. Ärritatakse maksimaalse tetaniseeriva induksioonivooluga 30 korda minutis. Kindla frekventsi saamiseks kasutatakse elektri-metronoomi. Lihaskontraheerub stimulatsiooni rütmis. Pikkamööda kontraktsiooni amplituud lüheneb ja kontraktsioonide vahel lihas täielikult ei lõdvestu. Katset jätkatakse, kuni lihase kontraktsioonid muutuvad minimaalseks. Siis lastakse lihast viis minutit puhata ja ärritatakse sama režiimiga täieliku väsimuse tekkimiseni. Katset jätkatakse pärast 2-minutist puhkust. Mida lühem puhkus, seda rutem ilmuvad väsimuse nähtused uuesti (joon. 14).

Veendudes, et lihas kaudse ärritamise mõjul enam ei kontraheeru, viiakse elektrodid otse lihasele. Otsesel är-

ritamisel vastab lihas veel mõni aeg kontraktsioonidega.

Sellise preparaadiga saab kontrollida ka väsimuse arenemist olenevalt stimulatsiooni rütmist ja lihase



Joon. 14. Väsimuse müograafia (konna isoleeritud sääremarjalihasel).

koormusest. Selleks riputatakse müograafi kangile lihase kinnituskohal erinevad raskused (näiteks 50 g) ja jälgitakse väsimuse tekkekiirust. Teisel preparaadil kontrollitakse väsimuse teket näiteks 100 g koormuse puhul. Samuti on võimalik jälgida ka erinevate ärritusrütmide mõju lihase väsimusele.

#### LIHASJÕU MÄÄRAMINE INIMESEL (DÜNAMOMEETRIA).

Terviklikus organismis pole võimalik täpselt määrata üksiku lihase jõudu. Küll saab aga mõõta lihasgruppide jõudu, mis võtavad osa teatavast liigutusreaktsioonist. Üldkasutatav on käedünamomeeter käelihaste jõu mõõtmiseks. Samuti on laialt levinud seljadünamomeeter, millega mõõdetakse seljalihaste jõudu. Ka üksikute lihaste uurimiseks on konstrueeritud dünamomeetreid, näiteks Ufljandi bicepsdünamomeeter, torakodünamomeeter (viimase abil uuritakse lihaste jõudu, mis võtavad osa sissehingamisest). Üha rohkem konstrueeritakse polüdünamomeetreid, mille abil on võimalik mõõta lihaste ja lihasgruppide jõudu.

Viimasel ajal kasutatakse mehaanilise jõu mõõtmiseks elektrilisi seadmeid tenso- ja piesoandurite vahendusel (Turitsini dünamomeeter).

Käte lihasgrupi jõud saavutab maksimumi nii meestel kui ka naistel 20. aastate piires, jäädes püsima ca 40. aastani. Edasi jõud langeb (60-aastastel meestel ca 90%). Kere lihaste jõud saavutab maksimumi ca 30. aastate piires.

Naistel on jõud väiksem (20. aastate piires 65 % meeste jõust) ja langeb juba 55. eluaastast alates.

Hingamispeetus ja ponnistus suurendavad lihasjõudu.

Täieliku puhkeoleku puhul võib lihas ühe nädala jooksul kaotada kuni 30 % oma jõust.

Töö eesmärk. Määrata parema ja vasaku käe lihaste jõud ja võrrelda neid omavahel. Määrata seljalihaste jõud.

Töövahendid: käe- ja seljadünamomeetrid. 10-, 40-, 60-, 80- ja 100-kg-sed kaaluvihid.

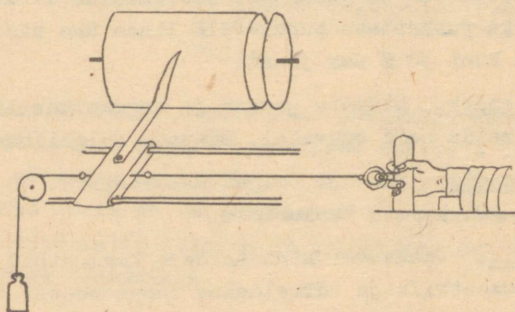
Töö käik. Ükshaaval kinnitatakse kaaluvihid fikseeritud dünamomeetrile ja võrreldakse dünamomeetri osuti seisuga kaalupommi raskusega. Uuritav võtab dünamomeetri ja surutatud käega pigistab dünamomeetri ellipsikujulisele metallkettale asendis, kus dünamomeetri pikitelg on perpendikulaarne maapinnaga.

Võrreldavate andmete saamiseks valitakse alati ühesugune kehaasend. Dünamomeetrit surutakse kolm korda ja arvestatakse suurimat tulemust.

Seljadünamomeetria puhul astub uuritav dünamomeetri külge fikseeritud lauakesele ja sirgete jalgadega painutab kere nii, et saab kinni võtta dünamomeetri käepidemeist ning sirgete kätega püüab keha viia püstseisu.

INIMESE TÖÖVÕIME OLENEVUS TÖÖ RÜTMIST JA KOORMUSEST.  
ERGOGRAAFIA.

Inimese käelihaste tööd on võimalik uurida ja registreerida Mosso ergograafi abil. Ergograaf koosneb kahest osast. Üks on käe ja sõrmede kinnitamiseks, kuna teine osa kujutab enesest horisontaalset müograafi lihase kokkutõmmete registreerimiseks (joon. 15).



Joon. 15. Lihtsustatud Mosso ergograaf.

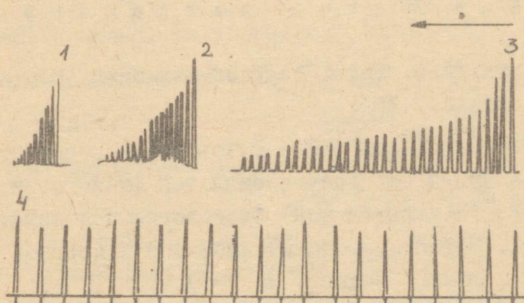
Töö eesmärk. Saada inimese sõrme painutajalihaste väsimuse kõver (ergogramm). Selgitada: 1) töö rütmi mõju töö hulgale, kuni täieliku väsimuse tekkimiseni; 2) koormuse suuruse mõju töö hulgale, kuni täieliku väsimuse tekkimiseni ja 3) parema ja vasaku käe töövõime.

Töövahendid: ergograaf, kümograaf, metronoom, kaaluvihid 1,5; 2,5; 3 ja 5 kg.

Töö käik. Ergograaf asetatakse alusele. Uuritav peab istuma nii, et ta ei näeks ergogrammi. Käsi fikseeritakse ja registreeritakse keskmise sõrme painutajalihaste tõmbejõudu. Tütarlastele koormatakse ergograaf 1,5-kg-se kaaluvihiga, noormeestele aga 3-kg-sega. Uuritav painutab maksim-

uatselt keskmist sõrme kooskõlas metronoomi rütmiga (60 x min.). Töö käigus lihaste kontraktsioonid nõrgenevad ja täieliku väsimuse saabumisel töö lakkab. Pärast 10-minutist puhkust korratakse katse sama rütmiga suurema koormusega: tütarlastele 3 kg, noormeestele 5 kg. Arvutatakse tehtud töö hulk kilogramm-meetrites. Selleks mõõdetakse ergogrammil kontraktsiooni kõrgused ja arvestatakse raskust  $W=P \times H/$ .

Katset võib korrata samade raskustega erinevate rütmide juures (joon. 16).



Joon. 16. Ergogramm (lugeda paremalt vasakule).

- 1 - raskuse tõstmisel iga 1 sekundi järel;
- 2 - raskuse tõstmisel iga 2 sekundi järel;
- 3 - raskuse tõstmisel iga 3 sekundi järel;
- 4 - raskuse tõstmisel iga 10 sekundi järel (väsimuse tunnuseid pole).

Emotsionaalsuse mõju kindlakstegemisel võib eksperimenti korrata selliselt, et uuritav pidevalt ise jälgib kontraktsiooni kõverat kümogrammil. Ka võivad vaatlusalused omavahel võistelda.

Resultaadid märgitakse tabelisse.

Koormuse suurus	Rütm	Teatud töö	
		Parem käsi	Vasak käsi

K a š u t a t u d   k i r j a n d u s .

Hettinger, Th., M.D. Physiology of Strength. U.S.A., Springfield, 1961.

Астратян Э.А. и Губарь А.В. Руководство к практическим занятиям по курсу нормальной физиологии, М., 1963.

Бабский Е.Б. (под редакцией) Физиология человека, М., 1966.

Беритов И.С. Общая физиология мышечной и нервной системы. том I. Медгиз. М., 1959.

Васильев Л.Л. и Ветюков И.А. (под редакцией) Большой практикум по физиологии человека и животных. М., 1954.

Виноградов М.М. Физиология трудовых процессов. Изд-во "Медицина". М., 1966.

Данилов Н.В. Практикум по нормальной физиологии. Ташкент, 1962.

Зимкин Н.В. (под редакцией) Физиология человека. М., 1964.

Кабанов А.Н. (под редакцией) Руководство к лабораторным занятиям по физиологии человека и животных. М., 1966.

Квасов Д.Г., Антонова И.Г., Коровина М.В., Глебовский В.Д. Лабораторный практикум по нормальной физиологии для студентов. Л., 1961.

## S i s u k o r d .

### S a a t e k s

Närvi-lihasepreparaadi valmistamine . . . . .	5
Lihase otsene ja kaudne ärritamine. . . . .	7
Lihase ja närvi erutuvuse mõõtmine . . . . .	7
Kontraktsiooni amplituudi olenevus ärritaja tugevusest. . . . .	10
Lihase künniseline (minimaalne), submaksimaalne ja maksimaalne kontraktsioon. . . . .	10
Isomeetrilise kontraktsiooni registreerimine. . .	12
Lihase üksikkontraktsiooni registreerimine ja müogrammi analüüs . . . . .	14
Kontraktsioonide summatsioon (superpositsioon). .	15
Teetanus ja kontraktuur . . . . .	17
Silelihase müograafia . . . . .	19
Optimaalne ja pessimaalne ärritamine. . . . .	20
Kontraktsiooni olenevus lihase venitusest . . . .	22
Lihase jõu määramine. Lihase töö erinevate koormuste puhul . . . . .	23
Lihase elastsus ja plastilisus. . . . .	26

Närvi-lihasepreparaadi väsimus . . . . .  
Lihaskõu määramine inimesel (dünamomeetria).  
Inimese töövõime olenevus töö rütmist ja  
koormusest. Ergograafia . . . . .  
Kasutatud kirjandus . . . . .

A 11  
28899  
582 2073

TÜ RAAMATUKOGU  
  
1 0300 00562207 3