

UNIVERSITETI AAB
FAKULTETI I KULTURËS FIZIKE DHE SPORTIT

Fadil Rexhepi

Biomekanikë me Fiziologji të Ngarkesave

(studimet master - ligjërata të autorizuara 2014/15)



1. Rëndësia e biomekanikës dhe karakteristikat mekanike të sistemit lëvizor

Trupi i njeriut përbëhet nga segmente të lidhur njëri me tjetrin si një tërësi. Gjatë lëvizjes përmasat e tyre nuk ndryshojnë, por ndryshojnë pozitat e caktuara, këndet ndërmjet tyre etj. Çdo pjesë e trupit lëviz si rezultat i veprimit të forcave të caktuara. Këto forca që veprojnë mbi trupin tonë janë të jashtme (forca e rëndesës së tokës etj.) dhe të brendshme (forca e muskujve të skeletit) si dhe momentet e tyre që veprojnë pa ndërprerë mbi këto pjesë. Aspektet lëvizore të sistemit të hallkave të trupit të njeriut mund të studiohen duke u bazuar në ligjet e mekanikës.

Njerëzit, në të gjitha etapat e jetës së tyre, si në fëmijëri, më pas në moshë të rritur dhe më në fund edhe gjatë pleqërisë bëjnë përpjekje të vazhdueshme për të përballuar më lehtë të gjitha aktivitetet e tyre fizike. Fëmija gjatë lëvizjeve të tij për të përballuar forcën e gravitetit të tokës bën tentimet e tij të para për tu ngritur në këmbë. I rrituri lëvizjet e zakonshme i përvetëson dhe i përballon pa ndonjë vështirësi, por jo edhe ato të ndërlikuarat për të cilat duhet angazhim më i madhë, njohuri lëvizore dhe perfeksionim. Sportisti, mundohet që teknikat t'i përsosë sa më tepër që është e mundur dhe ngarkesat e ndryshme të aktivitetit sportiv t'i përballojë me harxhim sa më të vogël të energjisë. Njeriu i moshuar bën përpjekje për të mbajtur sa më gjatë aftësinë për t'i përballuar forcën së gravitetit të tokës, si forcë e jashtme që vepron pandërprerë mbi trupin e tij. Personi me hendikep gjymtyrësh ka nevojë për të zbutur sa më me efikasitet mungesën ose jofunksionalitetin e pjesës së trupit të tij. Këto dhe shumë fenomene të tjera në lidhje me aktivitetin fizik të njeriut nuk është e mundur që të shpjegohen pa një analizë më të detajuar dhe të bazuar mbi ligjet e mekanikës. Lëvizjet e thjeshta dhe të ndërlikuara të njeriut që e përcjellin gjatë jetës së përditshme, në shumë aspekte shpjegohen me ndihmën e biomekanikës.

Statika dhe dinamika janë dy degë të mëdha të mekanikës. Statika studion gjendjen e sistemeve që janë në qetësi ose në lëvizje konstante (me shpejtësi të njëtrajtshme). Dinamika studion sistemet te të cilat është prezente nxitimi.

Kinematika dhe kinetika janë dy degë të biomekanikës. Kinematika përshkruan lëvizjet e trupit të njeriut ose pjesëve të veçanta të tij duke përfshirë edhe shpejtësinë. Përderisa kinematika përshkruan shfaqjen e lëvizjes, kinetika studion forcat që e shoqërojnë lëvizjen.

Në bazë të njohurive nga biomekanika mund të konstruktohen modele mbi konstitucionin e dhënë fizik si dhe studimi i lëvizjeve të ndërlikuara racionale për kryerjen e detyrave të veçanta, pa marrë parasysh a është ajo detyrë e fushës së edukimit fizik, prodhimit, fushës së mbrojtjes dhe sigurisë etj. Për këtë shkak njohuritë e shumta teorike dhe njohuritë metodologjike të lëmive kërkimore mundësojnë që kjo disiplinë të vjelë me sukses njohuri të reja mbi lëvizjet e organizmave të gjalla. Nga kjo del, se çdo metodolog do të kishte treguar rezultate shumë të dobëta në praktikë nëse udhëzimet e veta nuk do ti bazonte në njohuritë e veta nga ligjshmëritë e biomekanikës. Kjo është një arsye që mësuesi i edukimit fizik në shkolla është e domosdoshme të njohë biomekanikën. Mësuesi i edukimit fizik, i cili nuk njeh ligjshmëritë biomekanike, nuk mund të ndikojë në mënyrë të rregullt dhe të drejtë për zhvillimin e aparatit lëvizor të njeriut, sidomos të fëmijëve, organizimit të aktiviteteve në kuptimin e përmirësimit të gjendjes së aparatit lëvizor. Kështu mund të ndodhë që eksperti, i thirrur për të parandaluar formimin e deformiteteve trupore, me punën e tij të pakontrolluar, me punën e tij të pandërgjegjshme ndihmon në krijimin e deformiteteve trupore edhe aty ku ato nuk do të paraqiteshin. Me njohjen e ligjshmërive biomekanike çdo herë mund të përcaktohen shkaqet e deformitetit të caktuar dhe poashtu përcaktimi i rrugës së korrigjimit.

Në studimet që bën biomekanika humane vend meritor zë sporti si veprimtari e pandashme e shoqërisë njerëzore. Sportet janë të shumtë në numër. Ata kanë specifika nga më të ndryshmet. Një pjesë e tyre zhvillohet me rekuizita, si për shembull topi. Varësisht nga loja që zhvillohet ashtu janë edhe veprimet dhe manipulimet me të. Kontakti i pjesëve të caktuara me topin kërkon mjeshtëri, respektivisht teknikë gjegjëse. Udhëtimi ose fluturimi i topit gjatë një shërbimi në volejball duhet shpjeguar me ndihmën e ligjeve të fizikës dhe llogaritjeve gjegjëse me aparatit matematikor. Mirëpo nuk mjaftojnë vetëm njohuritë nga fizika dhe matematika. Meqenëse goditjen e topit e bëjnë pjesë të shuplakës të cilat janë të kontrolluara nga sistemi neuromuskulor atëherë janë të nevojshme edhe njohuri solide nga anatomia dhe fiziologjia. Mënyra e goditjes së topit, cila pjesë e shuplakës e bën atë, me çfarë amplitude të lëvizjes në kyçe të caktuara të dorës realizohet ajo, si do të jetë pozita e trungut, këmbëve dhe shumë elemente të tjera teknike është e nevojshme të merren parasysh, andaj imponohet nevoja për njohuri të tjera nga trajningu, metodika, didaktika, psikologjia, sociologjia etj. Identifikimi dhe shpjegimi i një numri të madhë nga këto çështje bëhet me ndihmën e biomekanikës si shkencë interdisiplinare.

Në kuptimin më të gjërë të fjalës biomekanika merret edhe me studime të tjera nga fusha të ndryshme. Lëvizjet me karakter jetësor janë pjesë e pandashme e të gjithë botës shtazore. Kafshët kryejnë aktivitetin e tyre lëvizor në mënyrë që të sigurojnë ushqimin dhe të mbesin gjallë. Disa nga to përdorin fluturimin, të tjerat notin dhe format e tij, pjesa tjetër format e lëvizjeve në tokë. Ecja, vrapimet e ngadalshme, vrapimet e shpejta s'katrash etj., të shumë shtazëve studiohen edhe në laboratore dhe nga këto nxirren njohuri për racionalitetin e hapit, kursimin e energjisë dhe shumë çështje të tjera. Këto dhe kafshët e tjera që notojnë ose fluturojnë janë modele të përshtatshme për tu shfrytëzuar në shkencat inxhinierike.

Biomekanika përveç lëvizjeve të trupit të njeriut dhe efekteve të atyre lëvizjeve, objekt studimi ka edhe brendinë e trupit të njeriut që ka të bëjë me dinamikën e kontraksioneve muskulore, formën e eshtrave, kyçeve dhe muskujve, cilësitë e tyre si dhe morfologjinë e trupit. Në raste më të rralla në bashkëveprim edhe me disiplinat e tjera shkencore studiohen edhe cilësitë e ambientit ku njeriu kryen aktivitetet e tij si p.sh. fluidet e ndryshme, pozitat specifike në vende të caktuara të punëve me ngarkesa të ndryshme fizike, në industrinë e prodhimit të këpucëve të të gjitha llojeve si ato sportive e poashtu edhe ato për përdorime ortopedike etj.

Biomekanika vend të rëndësishëm zë në lidhje me studimin e performansave të rekuizitave të ndryshme që përdoren në sport. Prodhuesit e këtyre mjeteve kanë nevojë për të dizajnuar pjesët e tyre ashtu që të plotësohen kushtet e përdorimit, që të jenë sa më komode dhe që do të rezultojnë me sukses sa më të lartë sportiv. P.sh. në disiplinat e sporteve në ujë si lundrimi dhe ngjashëm me të, është e nevojshme të dihen karakteristikat e rrymimit të ujit, viskozitetit, kontaktit të ujit me trupin e lundrës si dhe forma e lundrës; në çiklizëm duhet ditur kushtet teknike të biçikletës pozitat e trupit të çiklistit dhe pjesëve të veçanta të tij mbi biçikletë, performansat aerodinamike të pozitave të caktuara, forma e helmetës etj.; në skijim duhet ditur mirë formën, dimensionet e skive si dhe cilësitë e borës mbi të cilën rrëshqasin skitë etj.

Lëndimet janë pjesa më e pakëndëshme që i përcjellin sportistët në të gjitha llojet e sporteve. Kuptohet, disa sporte janë më të rrezikshëm dhe shpeshëherë lëndimet janë me pasoja të mëdha. Studimi i pozitave të cilat sjellin lëndime, shumë me sukses realizohet me metodat që përdoren në biomekanikë. Përdorimi i mjeteve mbrojtëse nga lëndimet, përdorimi i këpucëve me siguri më të lartë (skijim etj.) dhe shumë vegla dhe pajisje të llojllojshme janë të arsyetuara edhe nga aspekti biomekanik. Njohuritë e biomekanikës mund të shfrytëzohen

edhe nga prodhuesit e veglave, rekuizitave, pajisjeve dhe lloj-lloj mjeteve sportive. Madje zhvillimi i hovshëm i robotikës, zgjerimi i spektrit të studimeve mbi planetët e ndryshëm dhe kushtet në ta, studimi i situatave ekstreme gjatë udhëtimit të kosmonautëve dhe shumë lëmi të tjera specifike kanë nevojë të madhe për aplikimin e ligjshmërive të biomekanikës si dhe simulimin e lëvizjeve dhe aktiviteteve të ndryshme të njeriut.

Sipas kësaj, njohuritë me të cilat disponon biomekanika janë të një spektri të gjerë. Ekspertët që merren me studimin e problemeve nga fusha e biomekanikës janë nga disiplina të ndryshme shkencore dhe me përgatitje të ndryshme profesionale. Është e madhe nevoja për gërshetimin e njohurive nga disa shkenca, ashtu që këto përvoja vihen në shërbim të punës kërkimore edhe në studimet biomekanike. Prandaj biomekanika në disa segmente është e afërt me matematikën, me shkencat e natyrës, me shkencat inxhinierike, me shkencat e mjekësisë, me shkencat kompjuterike, me shumë shkenca shoqërore etj.

Madje zhvillimi i hovshëm i robotikës, zgjerimi i spektrit të studimeve mbi planetët e ndryshëm dhe kushtet në ta, studimi i situatave ekstreme gjatë udhëtimit të kosmonautëve dhe shumë lëmi të tjera specifike kanë nevojë të madhe për aplikimin e ligjshmërive të biomekanikës si dhe simulimin e lëvizjeve dhe aktiviteteve të ndryshme të njeriut.

Sipas kësaj, njohuritë me të cilat disponon biomekanika janë të një spektri të gjerë. Ekspertët që merren me studimin e problemeve nga fusha e biomekanikës janë nga disiplina të ndryshme shkencore dhe me përgatitje të ndryshme profesionale. Është e madhe nevoja për gërshetimin e njohurive nga disa shkenca ashtu që këto përvoja të vihen në shërbim të punës kërkimore edhe në studimet biomekanike. Prandaj biomekanika në disa segmente është e afërt me matematikën, me shkencat e natyrës, me shkencat inxhinierike, me shkencat e mjekësisë, me shkencat kompjuterike, me shumë shkenca shoqërore etj.

2. Konceptet kinematike për analizën e lëvizjeve të njeriut

Pozitat e ndryshme të trupit të njeriut në qetësi dhe në lëvizje mund të regjistrohen dhe të analizohen në mënyrë të gjithanshme. Interesimi i ekspertëve nga profesione të ndryshme për të analizuar lëvizjet ka qenë prezent qysh më herët. Mirëpo analiza e çfardo lloj lëvizjeje sado e thjeshtë të jetë ajo, nuk mund të bëhet vetëm me vërtetim. Pamundësia e syrit të njeriut për të përcjellë lëvizjet që realizohen me shpejtësi pak më të lartë, si dhe nevoja e madhe për të pasur të regjistruara figura dhe pozita të ndryshme të trupit të njeriut, i shtyri dijetarët të mendojnë në këtë drejtim. Në gjysmën e dytë të shekullit të 19 mjekët francez (Marey, Demeni), futën metoda të reja të studimit të lëvizjes. Këta studiuan teknikën e marshit të shpejtë të trupave ushtarake. Hapi i parë gjigant ndodhi me zbulimin e fotografisë. Pasqyrimi i një figure qoftë të njeriut ose të ambientit që e rrethon atë, mundësoi që atë material ta kenë në dorë studiuesit përgjithmon dhe kështu të analizojnë çdo gjë që u intereson, kuptohet brenda asaj që ofron fotografia. Qysh në këtë kohë filloi studimi i pozitave dhe aktiviteteve lëvizore të njeriut, ndonëse i thjeshtë, por shumë i dobishëm. Kur u përsosën aparatet fotografike dhe njëkohësisht u thelluan studimet dhe metodat e analizës biomekanike, u ndie mungesa e më tepër figurave të njëpasnjëshme të cilat do të pasqyronin në vazhdimësi lëvizjen dhe efektet e saj në aktivitete të ndryshme të njeriut. Kjo nevojë u plotësua me zbulimin e kamerës si mjet regjistrimi i të gjitha llojeve të lëvizjeve të njeriut dhe ambientit për rreth tij, pa asnjë ndërprerje.

Kalimi nga foto-regjistrimi në regjistrimin filmik është meritë e fotografit amerikan Maybridge, i cili duke vendosur 24 fotoaparate në një varg, bëri poaqë fotografi të kalorësit mbi kalë duke vrapuar s'katrash. Shumë shpejt nga fotografitë serike u kalua në regjistrime filmike me ndihmën e kinokamerës. Këtë e bëri Marey në vitin 1882 dhe kjo lloj kamere u quajt Pushka e

Mareyit. Ai me këtë lloj „pushke“ xhiroj fluturimin e pëllumbave. Zbulimet e Mareyit janë meritë e një angazhimi më të gjerë të institucioneve të atëhershme të ushtrisë franceze, pasi harxhimet gjatë këtyre eksperimentimeve janë shumë të mëdha. Përsosja e kamerave vazhdoi dhe krahas kësaj edhe metodat e studimit të lëvizjes së tërë trupit të njeriut ose të pjesëve të veçanta të tij. Kontribut të madhë në këtë drejtim dhanë shkenctarët gjermanë W. Braune dhe O. Fischer. Ata përsosën metodën e hronofotografisë dhe filluan për herë të parë të gjejnë qendrën e rëndesës të pjesëve të caktuara të trupit. Pasi gjendeshin këto pika, mundësohej edhe gjetja e shpejtësive dhe nxitimeve të atyre pjesëve të trupit. Nëse dihet nxitimi dhe masa e një pjese të trupit ose e tërë trupit të njeriut, nga kjo mund të gjenden edhe forcat që veprojnë në atë pjesë të caktuar të trupit ose në tërë trupin. Përdorimi i kamerës u zgjerua me shpejtësi të madhe dhe për një kohë të shkurtër u bë mjet i domosdoshëm në të gjitha labororet kinematike. Në fillim studjuesit analizonin lëvizje të thjeshta të cilat i bën njeriu si ecjen, vrapimin etj. Përsosja e kamerave është e vrullshme qoftë në cilësi dhe qartësi të fotografisë e poashtu edhe në mundësitë e përdorimit sa më të thjeshtë dhe efikas të saj.

Me ndihmën e video kamerave regjistrohen një numër i mjaftueshëm i fotografive brenda një sekonde. Egzistojnë kamera me frekuenca të ndryshme të regjistrimit të fotografive. Në përdorim standard janë videokamerat me 30 fotografi për sekondë, por egzistojnë të tilla që kanë frekuencë më të lartë. Këto regjistrime filmike janë të zbërthyeshme, pra fotografitë mund të paraqiten një nga një. Këto fotografi sipas procedurës tradicionale i nënshtrohen procesit të digjitalizimit. Ky proces përfshinë gjetjen e qendrave të kyçeve ose të pikave të tjera në trup që janë me interes dhe në ata pika janë të vendosura shenja në mënyrë që të mund të dallohen gjatë regjistrimit. Kjo bëhet me ndihmën e pajisjeve të kompjutorit si kursori etj. dhe më pas këto të dhëna vazhdojnë me përpunimin e mëtutjeshëm me

ndihmën e softuerve adekuat që llogarisin parametrat kinematikë që janë me interes për studiuesin.

3. Lëvizja e pikës materiale

Nëse analizohet lëvizja e pikës materiale në raport me një trup të palëvizshëm atëherë kjo lëvizje quhet lëvizje absolute. Por kur lëvizja e trupit analizohet në raport me ndonjë pikë ose një trup tjetër i cili poashtu është në lëvizje atëherë është fjala për lëvizjen relative të trupit.

Lëvizjet e trupave ose pikës materiale sipas formës së rrugës që përshkruajnë ndahen në: lëvizje vijëdrejta dhe lëvizje vijëpërkulura.

Lëvizjet vijëdrejta ndodhin gjatë rënies së lirë dhe gjatë hedhjes vertikale.

Lëvizjet vijëpërkulura janë të shumëllojshme. Ato mund të kenë forma të ndryshme të rrugës së lëvizjes së pikës materiale ose të sistemit të pikave materiale. Format e lëvizjes vijëpërkulur mund të jenë rrethore, parabolike, hiperbolike, spirale etj.

Në raport me shpejtësinë e lëvizjes, lëvizjet ndahen në: lëvizje të njëtrajtshme dhe lëvizje ndryshueshme.

Lëvizja e njëtrajtshme është kur një pikë ose sistem i pikave materiale në intervale të njëjta kohore kalon rrugë të njëjtë. Në praktikë lëvizje me karakter të njëtrajtshëm hasen në disiplinat sportive siç mund të jenë: vrapimet, ecjet, noti, biçiklizmi etj.

Lëvizja e ndryshueshme është kur një pikë materiale në intervale të njëjta kohore ose rritet ose zvogëlohet gjatë përshkimit të distancave të caktuara. Kur gjatë përshkimit të një distance të caktuar shpejtësia e lëvizjes rritet, atëherë kemi të bëjmë me lëvizjen e përshpejtuar. Nëse shpejtësia e lëvizjes ngadalësohet, atëherë kemi të bëjmë me lëvizje të ngadalësuar. Në disiplina të ndryshme sportive gjatë lëvizjes së njeriut apo mjeteve të tjera me të cilat njeriu zhvillon ndonjë disiplinë sportive ndodhin në vazhdimësi lëvizje të ndryshueshme, qofshin

ato të përshpejtuara, qofshin të ngadalësuara. P.sh. gjatë vrapimit të një atleti nga fillimi i vrapimit dhe deri në arritjen e shpejtësisë së një trajtshme ai bënë vrapim të përshpejtuar. Pasi e vazhdon vrapimin me shpejtësi të njëtrajtshme ai arrin në cak dhe fillon fazën e ngadalësimit të vrapimit e cila fazë zgjatë deri në ndaljen e plotë të atletit. Kjo fazë e ngadalësimit të shpejtësisë quhet lëvizje e ngadalësuar.

4. Forca muskulore dhe ekuivalentimi i saj

Në kuptimin biomekanik, aktiviteti i përditshëm i njeriut është rezultat i interaksionit të forcave të jashtme dhe të brendshme. Disave nga forcat e jashtme njeriu nuk mund tu kundërvihet dhe nuk mund të ndikojë që sa do pak të ndryshojë veprimin e tyre (p.sh. forcës së gravitetit), kurse disa të tjera mund t'i ndryshojë në mënyre indirekte. Kështu p.sh., njeriu mund të zvogëlojë rezistencën e ajrit e cila vepron në trupin e tij me zvogëlimin e shpejtësisë së lëvizjes ose ndryshimin e pozitës së trupit (dmth. zvogëlimin e koeficientit aerodinamik), ose të zvogëlojë forcën e fërkimit me sipërfaqen mbështetëse duke shfrytëzuar paisje adekuate (ski, patina etj). Në shumicën e forcave të brendshme njeriu gjithashtu nuk mund të ndikojë drejtpërsëdrejti (p.sh. në forcën e interaksionit të levave të eshtrave, fërkimit brenda kyçeve etj), por vetëm indirekt – me ndryshimin e dinamikës së lëvizjeve. Forca e vetme e cila e drejton njeriun (respektivisht, e cila ndodhet nën kontrollin direkt të sistemit të tij nervor) është forca muskulore. Nga këtu del rëndësia e veçantë e analizës së vetive mekanike të muskujve dhe kushtet e zhvillimit të forcës në sistemin e levave të trupit. Analizuar nga aspekte të ndryshme (neurofiziologjike, histologjike, biokimike etj.) muskuli paraqet sistem shumë të ndërlikuar biologjik dhe mekanik. Pasojë e kësaj është sjellja e

komplekse e muskulit gjatë kryerjes së funksionit themelor – kontraksionit.

Zhvillimi i forcës muskulore, fuqisë, aftësisë punuese etj. mund të arrihet me të ushtruarit jo vetëm në llogari të ndryshimit në vetë muskujt, por edhe në llogari të rritjes së aktivizimit maksimal të kontraksionit të vullnetshëm muskolor. Për këtë arsye thuhet se efekti i të ushtruarit ka komponentin muskolor dhe komponentn neural të stërviçjes. Në mënyrë gjenerale konstatohet se te individët e pastërviçtur rritja e forcës muskulore ose e fuqisë gjatë ditëve të para të javës gjatë të ushtruarit intensiv kryesisht është shkaktuar me komponentin nervor (dmth. me rritjen e aktivizimit të vullnetshëm maksimal), kurse pas kësaj, kryesisht me komponentin muskolor të stërviçjes (p.sh. me rritjen e prerjes fiziologjike muskulore ose ndryshimet funksionale të qelizave muskulore). Është me rëndësi të theksohet se ekziston edhe procesi i kundërt. P.sh. Imobilizimi i ndonjë kyçi vetëm për disa ditë, sjellë deri në zvogëlimin e aktivizimit të vullnetshëm muskolor maksimal.

Forca të cilën e zhvillon muskuli në skajet e tij (forca muskulore) nuk shkaktohet si pasojë e një procesi të vetëm fiziologjik ose fenomeni mekanik, por si rezultat i superpozicionit (mbledhjes) të më tepër komponenteve të pavarura. Për tu kuptuar vetitë mekanike të muskulit është me rëndësi të kuptohen vetitë e atyre komponenteve. Forcat të cilat i shkaktojnë këto komponente dallohen si për nga varshmëria e tyre e regjimit të kontraksionit dhe shkallës së aktivitetit muskolor, ashtu edhe për nga lokacioni i tij anatomik.

Më të rëndësishme janë këto tre komponente:

1) komponenti aktiv, i forcës muskulore shkaktohet si rezultat i interaksionit të fijeve të aktinës dhe miozinës. Sipas kësaj, ai shkaktohet në fijet muskulore, kurse emrin e ka marrë sipas asaj që zhvillohet vetëm në gjendjen aktive të muskulit.

Është me rëndësi të kihet kujdes se komponenti aktiv vepron vetëm në kuptimin e shkurtimit të muskulit.

2) komponenti pasiv, i muskulit vjen nga indi muskolor lidhor i cili i kundërvihet zgjatjes së tepërt. Është i locuar si brenda muskulit, ashtu edhe në mbështjellësit e muskulit (fascie) dhe tetiva. Për këtë arsye kjo forcë paraqitet vetëm gjatë zgjatjeve të mëdha të muskujve (përafërsisht vetëm gjatë zgjatjes së mesme), përderisa gjatë zgjatjeve më të vogëla nuk merret parasysh. Nga ana tjetër, gjatë zgjatjeve maksimale të muskujve komponenti pasiv mund të jetë shumë më i madhë edhe se komponenti aktiv gjatë aktivizimit të vullnetshëm maksimal dhe në disa raste, shkakton dëmtim, ose ndërprerje të muskulit dhe tetivës. Edhe ky komponent vepron vetëm në kuptimin e shkurtimit të muskulit.

3) komponenti i viskozitetit, të forcës muskulore shkaktohet si pasojë e vetive viskoze të muskulit, si dhe komponenti aktiv, është i locuar në fijeve muskulore. Indi muskolor në një kuptim sillet si fluid, sepse gjatë rrëshqitjes njëra me tjetrën të fijeve (filamenteve) të aktinës dhe miozinës paraqitet fërkim i brendshëm. Për këtë arsye muskuli i kundërvihet ndryshimit të formës së tij me forcë të brendshme mekanike (në këtë rast i kundërvihet ndryshimit të gjatësisë së muskulit). Nga kjo del se komponenti i viskozitetit të forcës muskulore ekziston vetëm kur ndryshon gjatësia e muskulit (dmth. në regjimin e kontraksionit ekscentrik dhe koncentrik), dhe se do të rritet me rritjen e shpejtësisë së shkurtimit dhe zgjatjes së muskulit. Nëse ndonjë forcë e jashtme e zgjatë muskulin, ai kësaj i kundërvihet dhe vepron në drejtimin e shkurtimit, kurse nëse muskuli nën veprimin e komponentit aktiv ose pasiv shkurtohet, komponenti i viskozitetit përsëri i kundërvihet kësaj dhe vepron me forcë në drejtim të zgjatjes.

Sipas kësaj mund të konstatohet se në cilat kushte, cilat komponente do të marrin pjesë në forcën muskulore. Komponenti aktiv vepron vetëm në gjendjen aktive të muskulit,

përderisa dy komponentet tjera nuk varen nga niveli i aktivitetit të tij. Komponenti pasiv vepron vetëm gjatë zgjatjeve maksimale të muskujve, kurse gjatë atyre submaksimale është dukshëm më i madhë nga dy komponentet tjera. Komponenti i viskozitetit vepron vetëm gjatë ndryshimit të gjatësisë së muskulit (në regjimin izometrik është i barabartë me zero) edhe atë sidomos gjatë kontraksioneve të shpejta. Nga këta konstatime dalin shumë implikime për të kuptuarit e pjesëmarrjes së komponenteve të veçanta të forcës muskulore në lëvizjet reale.

Varshmëria e forcës muskulore nga gjatësia tregon se muskuli mund të veprojë me forcë të caktuar vetëm në interval të kufizuar të gjatësisë së tij, respektivisht nëse gjatësia e tij është ndërmjet minimale dhe maksimale. Meqenëse ekzistojnë dy fusha jashtë këtij intervali (më të vogla se minimalja dhe më të mëdha se maksimalja), mund të flitet për dy raste të insuficiencës muskulore:

1) insuficiencia aktive, është dukuri e pamundësisë së veprimit me forcë (d.m.th me forcë të mjaftueshme) gjatë ndonjë këndi në kyçe sepse muskuli është tepër i shkurtuar.

2) insuficiencia pasive, është dukuri e kufizimit të amplitudës së lëvizjes në ndonjë kyç, sepse muskuli është maksimalisht i zgjatur, ashtu që me forcë të madhe pasive i kundërvihet zgjatjes së më tutjeshme.

Dukuritë e insuficiencës aktive dhe pasive janë shumë të rralla gjatë lëvizjeve të përditshme të njeriut. Në aktivitetet sportive me ushtrimet e zgjatjeve synohet lëvizja e kufinjëve të insuficiencës pasive, dmth. rritjen e amplitudës së lëvizjeve në kyçe. Dukuritë e insuficiencës pasive dhe aktive janë më të theksuara te muskujt që veprojnë në më shumë kyçe. Paraqiten në pozitat kur muskuli njëkohësisht është i shkurtuar, ose i zgjatur në dy ose më tepër kyçe në të cilët vepron. Në rastin e parë paraqitet insuficiencia aktive, kurse në të dytin ajo pasive.

Insuficiencë aktive është p.sh. dobësimi i shtrëngimit të shuplakës kur kyçi i rrënjës së dorës lëvizet kah pozita e fleksionit palmar. Shkak i kësaj është shkurtimi i tepërt i muskujve të shumënyjshëm mbledhës të gishtrinjëve.

Me stërvitje mund të ndikohet në formën e varshmërisë së forcës nga gjatësia e muskulit (relacioni forcë-gjatësi). Në praktikë kjo nganjëherë quhet “stërvitje e forcës”, që shpesh herë nuk është term korrekt. Në këto stërvitje forca muskulore rritet kryesisht gjatë ushtrimeve me zgjatje të vogëla të muskujve. Kjo dukuri në mënyrë gjenerale quhet specificiteti i efekteve stërvitore. Prandaj këtë lloj të stërvitjes duhet zhvilluar gjatë atyre zgjatjeve muskulore (këndeve të kyçeve), ku arrihet forcë me lëvizje reale, gjë që mundëson përmirësimin e gjendjes me ndihmën e procesit stërvitor.

Faktori i dytë mekanik nga i cili varet forca muskulore është shpejtësia e shkurtimit të muskulit. Shkak i kësaj është komponenti tashmë i përmendur i viskozitetit të forcës së muskulit me të cilin ajo i kundërvihet ndryshimit të gjatësisë së tij. Kahu i veprimit të komponentit të viskozitetit vazhdimisht është në anën e kundërt me ndryshimin e gjatësisë së muskulit, kurse intensiteti i forcës së këtij komponenti rritet me ndryshimin e shpejtësisë së ndryshimit të gjatësisë së muskujve. Në bazë të kësaj mund të konstatohet se kontraksioni i muskulit: meqenëse komponenti aktiv dhe pasiv i forcës muskulore vepron vetëm në kahun e shkurtimit të muskulit, kurse komponenti i viskozitetit çdo herë në kah të kundërt të ndryshimit të gjatësisë, mund të tregohet se forca muskulore gjatë kontraksionit ekscentrik është më e madhe se sa gjatë atij koncentrik. Përveç kësaj, ndryshimi i cekur do të rritet me rritjen e shpejtësisë së zgjatjes, respektivisht shkurtimit të muskulit. Ky përfundim vlen gjatë shkallës së aktivizimit konstant të muskujve.

Në figurën 1 janë paraqitur vektorët e shumës së komponentit aktiv, komponentit pasiv dhe komponentit të viskozitetit të forcës muskulore, e poashtu edhe forca e

tërësishme muskulore e cila shkaktohet si shumë e tyre, në rastin e kontraksionit koncentrik edhe ekscentrik. Në rastin e parë komponenti i viskozitetit zvogëlon, kurse në të dytin rrit forcën muskulore.

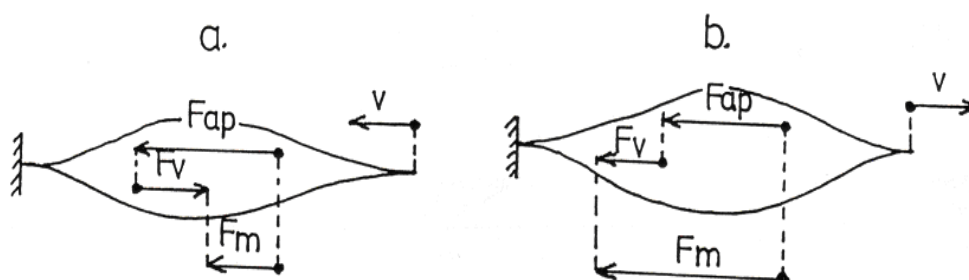


Figura 1: Veprimi i përbashkët i komponentit aktiv dhe pasiv (F_{ap}) dhe komponentit të viskozitetit (F_v) gjatë shpejtësisë së shkurtimit të muskulit në kahe të ndryshme (v), kurse forca e muskulit (F_m) paraqet shumën e tyre vektoriale. Shembulli i parë (a) i takon kontraksionit koncentrik, kurse i dyti (b) atij ekscentrik

Hulumtimet e zhvilluara më parë në muskuj të izoluar të kafshëve e më vonë edhe në lëvizjet e vullnetshme të njeriut, tregojnë se varshmëria e forcës së muskulit nga shpejtësia e shkurtimit të tij mund të jepet me të ashtuquajturin barazimin e Hill-it:

$$F = \frac{F_0 \cdot b - a \cdot v}{v + b}$$

Në barazimin e mësipërm F – është forca muskulore, v – shpejtësia e shkurtimit të tij, kurse F_0 , a dhe b parametra. Parametrit F_0 ka kuptim nëse supozohet se shpejtësia e shkurtimit të muskulit është $v = 0$. Në këtë rast ekuacioni sillet në formën $F = F_0$, gjë që do të thotë se F_0 është forca izometrike e

muskulit. Në rast se muskuli është në gjendje të aktivizimit të vullnetshëm maksimal, parametri F_0 quhet edhe fuqi e muskulit. Ky term më tepër është në frymën e gjuhës ashtu që në tekst fuqia përdoret në kuptimin e aftësisë së muskulit për zhvillimin e forcës në kushte statike dhe kuazistatike (dmth. gjatë lëvizjeve të ngadalshme), respektivisht për aftësinë e zotërimit të forcave të jashtme të mëdha.

Pjesa teorike e lakores që i përgjigjet ekuacionit të Hill-it, kurse nuk ka kuptim fiziologjik është treguar në figurën 5, me vijë të ndërprerë, përderisa pjesa reale e lakores e cila fitohet edhe eksperimentalisht, është treguar me vijë të plotë. Është e qartë se ekuacioni i Hill-it në pjesën e tij reale përshkruan vetëm regjimin e kontraksionit koncentrik ($v > 0$), përderisa kontraksioni ekscentrik ($v < 0$) parashikon forca më të mëdha se sa që fitohen me matje.

Në analizat biomekanike duhet të kihet parasysh fakti fundamental se aftësia e muskulit të cilën e tregon relacioni forcë-shpejtësi në mënyrë të konsiderueshme e kufizon shpejtësinë e lëvizjes së njeriut.

Ne mund të kontrollojmë vetëm komponentën aktive të forcës muskulore. Kjo shkaktohet në skajet e filamenteve të aktinës dhe miozinës gjatë depolarizimit të membranës së fijos muskulore, e shkaktuar me impulset të cilët arrijnë përgjatë nervit motorik. Këta impulse thuhetse njëkohësisht arrijnë në të gjitha fijet e një njësie motorike. Me rritjen e shkallës së aktivizimit të muskulit, rritet forca e komponentës së tij aktive, e me këtë edhe forca e përgjithshme muskulore. Meqenëse me rritjen e shkallës së aktivizimit rritet forca e komponentës aktive, dhe me këtë edhe forca e përgjithshme e muskulit, relacioni forcë – gjatësi i muskulit do të mund të paraqitet me lakoren si në figurën 2.

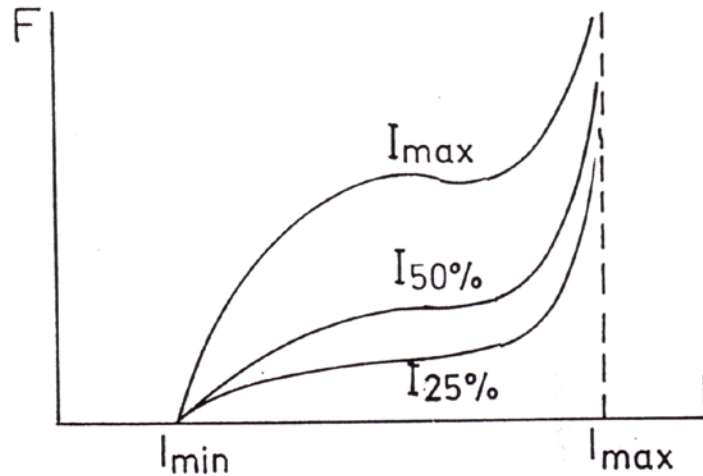


Figura 2: Relacioni forcë-gjatësi e muskulit i paraqitur për 25% dhe 50% të aktivizimit të vullnetshëm maksimal dhe për aktivizim të vullnetshëm maksimal

Nga ana tjetër, shkalla e aktivizimit të muskulit gjithashtu ndikon edhe në varshmërinë e forcës muskulore nga shpejtësia e shkurtimeve të tij. Ky ndikim përsëri është paraqitur me tufën e lakoreve si në figurën 3. Kjo figurë paraqet edhe një cilësi tjetër të rëndësishme të muskulit: forcat gjatë regjimit ekscentrik janë më të mëdha se sa gjatë atij koncentrik vetëm gjatë shkallës së lartë të aktivizimit të muskujve.

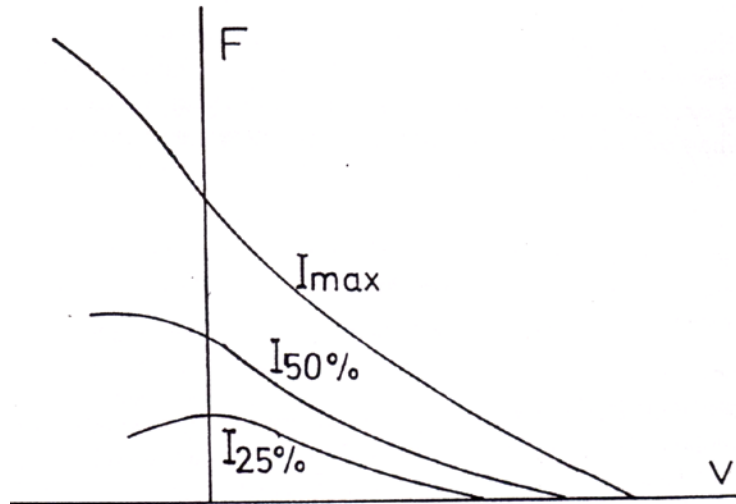


Figura 3: Relacioni forcë-shpejtësi i paraqitur për 25% dhe 50% të aktivizimit të vullnetshëm maksimal, sikurse edhe për aktivizim të vullnetshëm maksimal të muskulit

5. Modelimi i kontraksionit muskolor

Modelimi shfrytëzohet për qëllime hulumtuese dhe si metodë mësimore. Modeli i karakteristikave mekanike të muskulit fillimisht u formulua nga A. V. Hill (në biomekanikë i njohur si njësia e Hill-it). Më vonë këta modele u zhvilluan dhe përmirësuan para së gjithash për qëllime të simulimit të kontraksionit muskolor nga aspekti matematik. Modeli i Hill-it është treguar në figurën 4.

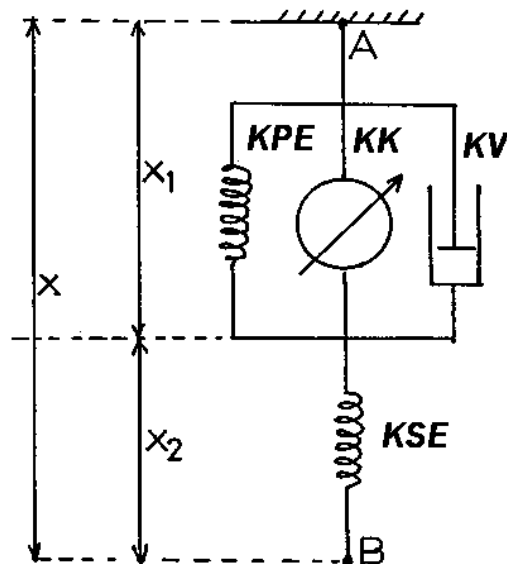


Figura 4: Modeli i Hilit te muskuli. Gjatësia e tërësishme e muskulit (x) është e ndarë në gjatësinë e vetë muskulit (x_1) dhe gjatësinë e tetivës (x_2). Komponentet e modelit janë: kontraktile (KK), paralele elastike (KPE), serike elastike (KSE) dhe (KV)

Nga figura shohim se pika A dhe B paraqesin kapjet e muskujve, kurse x është gjatësia e tërësishme e muskulit me tetivat. Gjatësia x_1 paraqet gjatësinë e vetë muskulit, përderisa gjatësia e tetivës është x_2 , nga ku del se $x = x_1 + x_2$. Të gjitha komponentet e modelit mund të ndryshojnë gjatësinë, me atë që kur ndryshohet gjatësia e muskulit x_2 , njëkohësisht në masë të njëjtë ndryshon edhe gjatësia e komponenteve KK, KPE dhe KV.

Karakteristikat mekanike të këtyre komponenteve janë si vijojnë:

KK: Komponenti kontraktil i modelit (shpeshherë quhet edhe gjeneratori i forcës) simulon komponentin aktiv të forcës muskulore. Kjo do të thotë se forca varet vetëm nga niveli i aktivizimit të muskulit. Mirëpo për dallim nga komponenti aktiv i muskulit real, mendohet se ky komponent gjatë nivelit të njëjtë

të aktivizimit realizon forcë konstante gjatë cilës do gjatësi të muskulit (x_1).

KPE: Komponenta paralele elastike paraqitet me spiralën (sustën) për të cilën vlen ligji i Hukut. Kjo simulon komponentin pasiv të forcës muskulore, gjegjësisht, rezistencën e indit rezistues-lidhor gjatë zgjatjes së tepërt të muskulit. Me zgjatjen e muskulit zgjatet edhe susta (dmth. KPE) dhe për këtë shkak ajo me forcë për herë e më të madhe i kundërvihet. Në bazë të kësaj përfundohet se KPE i jep KK karakterin e relacionit forcë-gjatësi.

KV: Komponenti i viskozitetit paraqitet me amortizatorin (cilindrin e mbushur me fluid dhe pistonin i cili mund të lëvizë përgjatë tij) i cili i kundërvihet ndryshimit të gjatësisë së tij (dmth. gjatësisë së muskulit - x_1) me forcën (F_{kv}) e cila është proporcionale me shpejtësinë e atij ndryshimi. Forcat KK dhe KV veprojnë në mënyrën e paraqitur si në figurën 12, dhe bashkarisht simulojnë procesin i cili sjell deri në relacionin forcë-shpejtësi. Me fjalë të tjera, gjatë regjimit izometrik forca muskulore është e barabartë vetëm me F_{kk} , gjatë regjimit koncentrik $F_{kk} - F_{kv}$, kurse gjatë regjimit ekscentrik $F_{kk} + F_{kv}$.

KSE: Komponenti serik elastik gjithashtu paraqitet me sustë për të cilën vlen ligji i Huk-ut. Ky simulon cilësi elastike të tërë muskulit, në radhë të parë të tetivave. Gjatë punës muskulore ai tërhiqet dhe shkurtohet, por sipas forcës e cila vepron në të dhe është në gjendje që në shkallë të lartë të KSE të absorbojë energjinë e deformimit elastik.

Nga e gjithë kjo që u tha mund të konstatohet se vetitë mekanike të modelit deri diku janë të ndryshme në raport me origjinalin – muskulin real. P.sh., KK dhe KPE nuk japin varshmëri reale të forcës nga gjatësia e muskulit por e çojnë në një vijë të drejtë. Gjithashtu, KK dhe KV nuk japin formë reale të lakores së HILL-it, por gjithashtu e çojnë në drejtë. Në figurën e mëposhtme janë ilustruar ndryshimet ndërmjet formave reale të relacionit forcë-gjatësi dhe forcë-shpejtësi mbi të cilat u fol më

lart, dhe relacioneve të njëjta të cilat vlejné për zhvillimin e modelit të Hill-it. Shkaku kryesor i këtyre ndyshimeve është synimi që karakteristikat reale të sistemit kompleks mekanik siç është muskuli të tregohen me numrin e kufizuar të elementeve të thjeshta dhe ideale “lineare”. P.sh KSE dhe KPE janë susta ideale të cilat forca është linearisht e varur (d.m.th proporcionale) nga gjatësia e tyre, ndërsa KV është amortizator ideal të i cili forca linearisht është e varur nga shpejtësia e shkurtimit. Krahas kësaj edhe komponenta kontraktile e modelit zhvillon forcë të njëjtë gjatë çdo gjatësie, që gjithashtu nuk u përgjigjet karakteristikave mekanike të komponentit aktiv të forcës muskulore.

6. Vetitë mekanike të eshtrave dhe adaptimi i tyre

Eshtrat, veti kryesore të tyre kanë fortësinë, prandaj në të shumtën e rasteve quhen edhe inde të forta. Mirëpo, ata durojnë deformim elastik gjatë ndryshimit të forcave që veprojnë në ta. Nga kjo del se ekzistojnë ngarkesa kritike të eshtrave pas të cilave deformimi elastik kalon në deformim plastik (të pakthyeshëm), që më në fund çon në frakturë të eshtrave. Eshtrat masivë durojnë forca më të mëdha edhe atë në mënyrë proporcionale me prerjen e tyre tërthore e cila është normale në drejtimin e veprimit të forcës. Prandaj tensioni kritik definohet si forcë për njësinë e sipërfaqes së prerjes tërthore të ashtit gjatë së cilës pason fraktura e ashtit. Ashti më së miri e duron ngarkesën e cila vepron në drejtim të njëjtë sikurse edhe ngarkesat e tjera të përditëshme.

Materja	Tensioni kritik (MPa)	Mënyra e deformimit
Ashti	100-180	Shtypje
Ashti	60-80	Zgjatje
Ashti	30	Lakim
Tetiva	70-90	Zgjatje
Muskuli	0,3-0,5	Zgjatje

Tabela 1: Tensionet kritike gjatë të cilëve në drejtime të ndryshme të veprimit të forcave të jashtme, vjen deri te fraktura, respektivisht, raptura e tetivave dhe e muskujve. Tensionet janë të shprehur në megapaskal (ky shprehet me: një milion njutën për metër në katror të prerjes tërthore)

Nëse analizohen dimensionet reale të eshtrave të gjatë te njeriu si dhe forcat që veprojnë në ta gjatë aktiviteteve të përditëshme motorike, mund të konstatohet se tensionet maksimale që veprojnë mbi ta janë dukshëm më të vogël se sa ata kritik. Nga kjo del se konstitucioni i trupit të njeriut duron dy deri pesë herë forca më të mëdha se sa ato forca maksimale të cilat veprojnë në kushte të zakonshme të lokomocionit. Për shembull, nëse femuri ka sipërfaqe të prerjes tërthore prej $0,0006 \text{ m}^2$ (dmth. 6 cm^2), forca kritike e shtypjes së tij është $F=0,0006 \text{ m}^2 \times 120 \text{ MN/ m}^2=72000\text{N}$. Me fjalë të tjera, ngarkesa statike përgjatë boshtit të ngarkesës së femurit duhet të jetë më e madhe se shtatë tona në mënyrë që të shkaktojë frakturën e tij! Prandaj frakturat e eshtrave janë relativisht të rralla madje edhe gjatë aktiviteteve sportive, ku forcat që veprojnë në sistemin e eshtrave dukshëm janë më të mëdha se sa ato të zakonshmet.

Nën ndikimin e forcave të jashtme eshtrat kanë aftësinë e adaptimit të formës së tyre. Këto ndryshime bazohen në krijimin e pandërprerë të indit të ri kockor dhe largimin dhe përtritjen e të vjetrit. Këtu bëhet fjalë për adaptimin e formës së ashtit në kuptimin e shtrembërimit të boshtit gjatësor të ashtit dhe mbi adaptimin e forcës së tij me trashjen ose shtimin e dendësisë së brendshme të indit kockor.

Meqenëse, ashti shumë më mirë duron forcat gjatësore në krahasim me ato tërthore, ai gjatë kohës tenton të marrë formë të tillë ashtu që pjesët e tij të vendosen përgjatë veprimit të forcave të cilat çdo ditë veprojnë në të. Është konstatuar se eshtrat e sportistëve dhe të njerëzve që kryejnë punë të rënda fizike, marrin formë specifike dhe eshtrat e tyre ndryshojnë strukturën duke fituar në fortësi si dhe bëhen më të rëndë për nga pesha dhe më të trashë për nga vëllimi.

Nga ana tjetër njerëzit të cilët i takojnë kategorisë së personave sedentar ose janë të lënduar për një kohë më të gjatë, pësojnë ndryshim strukturor dhe cilësor për nga fortësia e eshtrave. Eshtrat e tyre janë më të dobët dhe më të ndjeshëm në veprime të jashtme mekanike mbi ta. Procesi i fortësimit të eshtrave të sistemit lokomotor me aktivitet fizik sportiv është më i gjatë në krahasim me procesin e humbjes së fortësisë së eshtrave si pasojë e pasivitetit fizik p.sh. gjatë lëndimeve. Prandaj planifikimi i procesit stërvitor duhet të llogarisë edhe për këtë cilësi të eshtrave e sidomos të moshat e reja të cilët procesi i rritjes është intensiv.

7. Karakteristikat mekanike të kyçeve dhe funksioni i tyre

Funksioni i vetëm i kyçeve është kryerja e lëvizjeve. Lëvizjet e njeriut janë të bazuara në ndryshimin e konfiguracionit të kyçeve. Sipas mundësisë së lëvizjeve, të gjitha kyçet e aparatit për lëvizje ndahen në kyçe të palëvizshme, të gjysmëlëvizshme dhe të lëvizshme.

1) Kyçet e lëvizshme janë kyçet me rëndësi më të madhe për lëvizjen sepse mundësojnë amplituda më të mëdha të lëvizjeve (dmth. ndryshime maksimale të këndit të lëvizjeve). Zakonisht gjenden në skajet e eshtrave të gjatë.

2) Kyçet e gjysmëlëvizshme zakonisht gjenden në skajet e eshtrave të shkurtër të shputës dhe mundësojnë lëvizje me amplituda të vogëla.

3) Kyçet e palëvizshme paraqesin lidhje të forta të eshtrave të shtypur dhe për këtë nuk janë të rëndësishëm për analizë të lëvizjeve.

Sipas numrit të boshteve të rrotullimeve të mundëshme respektivisht të rrafshëve të lëvizjeve të cilat mund të kryhen në ta, kyçet ndahen në:

1) Kyçe njëboshtore - sipërfaqja e kyçit është e formës cilindrike prandaj lëvizja mund të kryhet vetëm rreth një boshti (X). Kyçet e tilla janë: kyçi i bërrylit, kyçi i sipërm i zogut të këmbës, kyçet e gishtërinjëve.

2) Kyçe dyboshtore - sipërfaqja e kyçit është e formës elipsoide ose shalës andaj rrotullimi në këtë kyç është i mundur rreth dy boshteve (X, Y). Kyç i tillë tipik është kyçi i rrënjës së dorës.

3) Kyçet treboshtore - forma e tyre është sferike andaj mundëson rrotullimin rreth të tre boshteve (X, Y, Z). Kyçe të tilla janë kyçet e krahut dhe të kofshës.

Lëvizjet kryesore në kyçe janë të ndara në:

- mbledhje (flexio)
- shtrirje (extensio)
- largimi (abductio)
- afrimi (adductio)
- rrotullimi (rotatio) nga jashtë
- rrotullimi (rotatio) nga brenda.

Të gjitha lëvizjet e pjesëve të caktuara të trupit të njeriut kryhen në tre rrafshet dhe rreth tre boshteve të sistemit hapsinor.

Rrafshet e lëvizjeve dhe lëvizjet kryesore në ta janë:

- 1) Rrafshi sagjital - ndan trupin e njeriut në të majtë dhe të djathtë. Lëvizjet kryesore që bëhen në të janë mbledhja (ose fleksioni) dhe shtrirja (ose ekstensioni).
- 2) Rrafshi frontal – ndan trupin e njeriut në pjesën e përparme dhe të pasme (gjegjësisht në pjesën ventrale dhe dorzale). Në të bëhen lëvizjet kryesore largimi (ose abduksioni) dhe afrimi (ose adduksioni).
- 3) Rrafshi transfersal – ndan trupin në pjesën e sipërme dhe të poshtme (respektivisht, kraniale dhe kaudale). Lëvizjet kryesore në kyçe janë përdredhja (ose rotacioni i jashtëm) dhe shpërdredhja (ose rotacioni i brendshëm).

Boshtet kryesore të rrotullimeve janë :

- boshti sagjital
- boshti frontal dhe
- boshti transverzal.

Këta boshte janë normale mbi rrafshet me të njëjtit emëra.

Përveç përshkrimit të lëvizjeve, për biomekanikën e lokomocionit me rëndësi është edhe përshkrimi i pozitave të trupit ose e pozitave të çastit të cilat i merr trupi gjatë lëvizjes. Terminologjia e cila përdoret gjatë këtyre rasteve bazohet në rrafshet kryesore të definuara më sipër. Për shembull, për pikat më afër rrafshit sagjital thuhet se janë **mediale** (medianus-i mesëm), ndërsa në të kundërtën janë **laterale** (latus - anë). Pikat përpara rrafshit frontal janë **ventrale** (venter - bark), ndërsa ato pas saj janë **dorzale** (dorsum – shpinë). Në raport me rrafshin transfersal, pikat më afër kokës janë **kraniale** (cranium – kafa), ndërsa në të kundërtën janë **kaudale** (cauda – bisht). Posaçërisht për ekstremitetet, pa marrë parasysh rrafshin e lëvizjeve, thuhet

se pikat që janë më afër trungut janë **proksimale**, kurse më larg prej tij **distale**. Kështu p.sh. shuplaka gjendet distalisht në raport me parakrahun, kurse gjuri proksimalisht në raport me kyçin e zogut të këmbës.

Lëvizjet në rrafshe dhe rreth boshteve të përmendur duhet të standardizohen dhe si të tilla të përdoren në terminologjinë e biomekanikës, sepse vetëm si të tilla mund të jenë të sakta dhe të kuptueshme për të gjithë. Një gjë e tillë është e rëndësishme jo vetëm për biomekanikën por edhe për shkencat që janë të ndërlidhura me biomekanikën.

Nocionet kryesore të boshteve të rrotullimit janë të vendosura për shkak të standardizimit të emërtimeve të lëvizjeve dhe për shkaqe praktike. Nga kjo del se lëvizjet në rrafshin sagjital bëhen rreth boshtit sagjital, në rrafshin frontal rreth boshtit frontal dhe në rrafshin transversal rreth boshtit transversal. Pozitat e këtyre rrafsheve dhe boshteve janë dhënë në figurën 5.

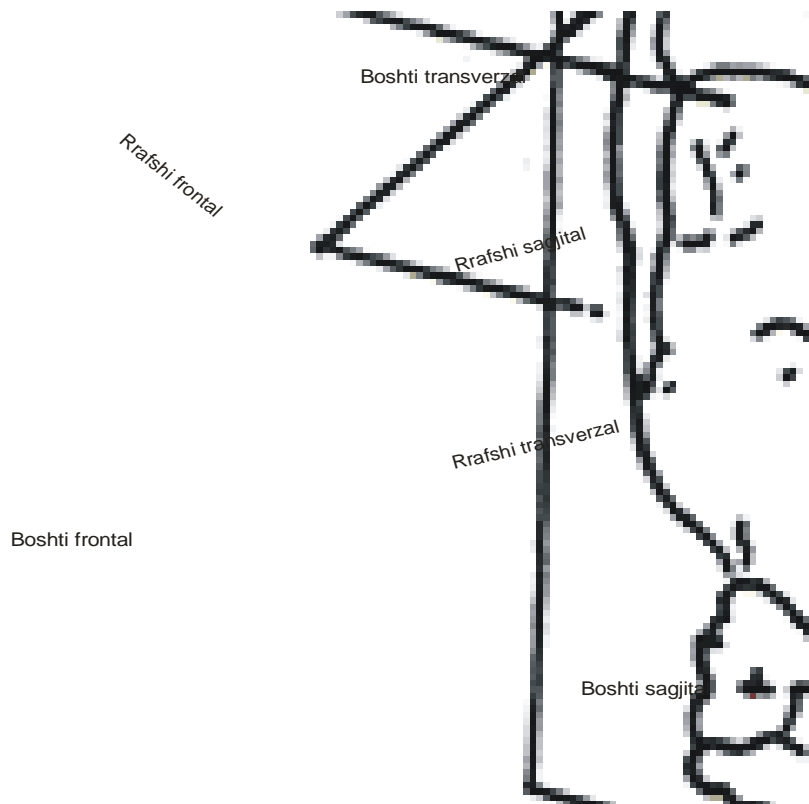


Figura 5: Rrafshet dhe boshtet kryesore, në të cilat kryhen lëvizjet e trupit

Rrafshet kryesore të lëvizjeve të dhëna në figurë shërbejnë për përcaktimin e pozitive, orientimit dhe drejtimit të lëvizjeve të trupit në hapësirë, kurse çdo kyç i veçantë ka tre rrafshet e tij të cilat lëvizin bashkë me të.

Për të siguruar lëvizje të plota dhe efektive të trupit dhe të pjesëve të caktuara të trupit, nyja (kyçi) duhet të plotësojë dy cilësi kryesore: fortësinë dhe lëvizshmërinë. Sipas kësaj që u tha më lart del se vetitë kryesore të kyçit janë të ndryshme varësisht nga individi.

Fortësia e kyçit nënkupton aftësinë e tij për t'iu kundërvënë forcave të cilat veprojnë në të dhe të cilat gjatë disa fazave të

lëvizjes tentojnë të bëjnë dislokimin e eshtrave të kyçit (luksacionin e kyçit). Elementet anatomike-mekanike të cilat sigurojnë fortësinë e kyçit (zakonisht quhen stabilizator të kyçit) ndahen në aktive dhe pasive.

Stabilizatorët pasiv ndahen në:

1) Sipërfaqet e kyçit zakonisht janë konkave te njëri skaj i ashtit, kurse konvekse te skaji i ashtit tjetër. Këta me vetë formën e tyre i kundërvihen dislokimit të tyre.

2) Kapsulla e kyçit (artikulare) përveç tjerash ka edhe funksion mekanik, sepse bashkon skajet e eshtrave në kyç dhe me shtrëngimin e saj në disa pozita kufizon lëvizjet në kyçe.

3) Lidhjet e kyçit (ligamentet brenda dhe jashtë kapsullës artikulare), sikurse edhe kapsullat e lartëpërmendura të kyçit, të cilat me shtrëngimin e vet kufizojnë lëvizjet, kurse duke iu falënderuar fortësisë së vet në shumë kyçe paraqesin elementin kryesor të stabilitetit të kyçit.

Përveç stabilizatorëve të lartëpërmendur pasiv, është konstatuar se edhe shtypja negative (shtypja më e ulët se ajo atmosferike) që ekziston në kyç gjatë largimit të skajeve të eshtrave të kyçit nën ndikimin e forcave të jashtme, gjithashtu në shkallë të lartë stabilizon kyçin.

Ligamentet paraqesin stabilizatorët më të rëndësishëm pasiv të kyçit. Kanë fortësinë dhe elasticitetin e vet. Kanë kufij të caktuar të elasticitetit dhe të zgjatjes së tyre.

Stabilizatorët aktiv të kyçit janë muskujt. Te shumica e pozitave të trupit forca muskulore me komponentin e saj radial vepron në drejtim të kyçit dhe me këtë nuk lejon largimin e eshtrave. Një shembull i veprimit të këtillë është komponenti radial i forcës së bicepsit gjatë këndeve në kyçin e bërrylit më të mëdhenj se rreth 110° (figura 6).

Mirëpo në disa pozita të kyçit ky komponent tenton që të largojë skajet e eshtrave të kyçit. Gjatë realizimit të lëvizjeve të tilla, përveç agonistëve njëkohësisht fillojnë të aktivizohen edhe

muskujt antagonistë, që paraqet koaktivizimin e muskujve (ose koaktivizimi i antagonistëve). Gjatë kësaj efekt i papërshtatshëm është zvogëlimi i efikasitetit mekanik të lëvizjes sepse antagonistët u kundërvihen agonistëve dhe me këtë ngadalsojnë lëvizjen.

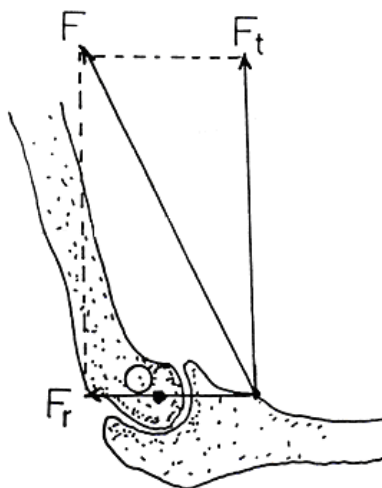


Figura 6: Veprimi mekanik i forcës së bicepsit F , komponenti radial F_r i të cilit vepron në drejtim të kyçit dhe rrit fortësinë e tij

Lëvizshmëria e kyçit (shpeshherë përdoret edhe si fleksibilitet) definohet si këndi i lëvizjes kryesore nga njëra deri në amplitudën tjetër kryesore të tij. Për shembull, nëse amplituda e fleksionit në kyçin e kofshës është 75° , kurse ekstensionit 195° , atëherë lëvizshmëria e tij në rrafshin sagjital (respektivisht rreth boshtit sagjital) është 120° . Nëse kyçi ka më tepër boshte të rrotullimit, atëherë lëvizshmëria përcaktohet veçmas për çdo njërin prej tyre. Për këtë arsye p.sh., për shkak se kyçi i kofshës është treboshtor, atëherë krahas lëvizshmërisë së përmendur prej 120° në rrafshin sagjital, duhet përmendur edhe lëvizshmërinë prej 70° në rrafshin frontal dhe 50° në rrafshin transversal.

Lëvizshmëria e kyçeve është e kufizuar me forcat të cilat bëhen më intensive në pozitat e afërta me amplitudat e

lëvizshmërisë dhe me këtë pengojnë vazhdimin jashtë kësaj amplitude. Ky kufizim del nga më tepër burime:

1) Kufizimi kockor – lëvizja e mëtutjeshme është e pamundur sepse skajet e eshtrave të cilat nuk u takojnë sipërfaqeve të kyçeve janë shtrirë njëra mbi tjetrën. Kjo ndodh p.sh., në amplitudën e ekstensionit në kyçin e bërrylit kur olecrani shtrihet mbi humerus, ose në amplitudën e fleksionit në kyçin e krahut kur humerusi shtrihet në acromion.

2) Kufizimi i lidhëseve të kyçeve – lëvizja e mëtutjeshme është e pamundur për shkak të zgjatjes (tensionimit) të tepërt të ligamenteve dhe të kapsullave artikulare. Për shembull, amplitudën e ekstensionit në kyçin e kofshës e kufizon zgjatja e lidhëseve të forta ilio-femorale.

3) Kufizimi muskular - lëvizja e mëtutjeshme është e penguar nga forca pasive e rezistencës së zgjatjes maksimale të muskulit. Kjo forcë në shkallë të lartë paraqitet thuajse në të gjitha amplitudat e lëvizjeve. Kur muskujt agonist bëjnë lëvizje në drejtimin e këtij veprimi (dmth. në regjimin e kontraksionit koncentrik), antagonistët e tyre zgjaten. Kjo forcë pasive mund të jetë shumë e madhe nëse p.sh. te muskujt dykrerësh të cilët veçmë janë të zgjatur në kyçin fqinj në të cilin gjithashtu veprojnë.

4) Kufizimi i muskujve të butë – lëvizja e mëtutjeshme është e penguar nga shtrirja e indeve të buta njëri mbi tjetrin të dy segmenteve fqinje. Kjo ndodh, p.sh., me amplitudën e fleksionit në kyçin e bërrylit ose gjurit, kur muskujt ose indet e tjera në shkallë të caktuar shtrihen njëri mbi tjetrin, ashtu që me forcën e interaksionit pengojnë lëvizjen e mëtutjeshme.

8. Ligjet e Njutnit

Forca që vë në lëvizje trupin e njeriut ose pjesë të caktuara të trupit të tij, gjenerohet nga muskujt. Çfardo qoftë ajo forcë dhe sa do e vogël që të jetë burimin e ka nga kontraksioni muskolor. Të gjitha lëvizjet që kryhen në natyrë poashtu janë si rezultat i një force të caktuar. Por kuptohet forcat në natyrë janë të shumëllojshme dhe origjina e tyre është nga burime të ndryshme. Si rezultat i veprimit të këtyre forcave mbi trupa të ndryshëm ato lëvizin në drejtime dhe kahe të caktuara.

Mekanika është disiplinë shkencore e cila studion ndryshimin e pozitave të trupave në hapësirë varësisht nga koha. Problemet kryesore me të cilat merret mekanika janë: lëvizja e trupave dhe ekuilibri.

Statika është degë e mekanikës e cila studion kushtet e ekuilibrit të trupave në qetësi. Në statikë të gjitha veprimet shprehen nëpërmjet të hapësirës dhe forcës.

Kinematika është pjesë e mekanikës, nëpërmjet të së cilës llogaritet gjeometria e lëvizjes së trupit, pa marrë parasysh shkaku që ka sjellë deri në atë lëvizje (forcën).

Në dinamikë janë të përfshira elemente të statikës dhe të kinematikës, dmth. në dinamikë studiohen lëvizjet e trupave materialë në kohë të caktuar dhe nën veprimin e shkaqeve të caktuara – forcave.

Pika materiale është trup me dimensione të vogëla, të papërfillshme, por me masë të kufizuar.

Trupi i fortë absolut quhet grupi i grimcave, të cilat ndikimi i çfarëdo lloji të forcave nuk i rrit distancat ndërmjet cilave do pika të tyre.

Efektet e lëvizjeve dhe veprimit të njërit trup mbi tjetrin, si dhe të veprimit të të dy trupave mbi njëri tjetrin, shprehen nëpërmjet madhësisë fizike të quajtur forcë. Forca si madhësi vektoriale shprehet nëpërmjet intensitetit, drejtimit, kahut dhe pikës së veprimit.

Në trupin e njeriut veprojnë forca të jashtme dhe forca të brendshme. Forcat e jashtme veprojnë mbi trupin e njeriut nga jashtë dhe e vejnë në kontakt me ambientin që e rrethon. Në forca të jashtme bëjnë pjesë: pesha e trupit, reaksioni i mbështetjes, forca e fërkimit, forca e rezistencës, forca e inercionit. Forca të brendshme janë ato forca që veprojnë vetëm ndërmjet vetë trupave, dmth nuk burojnë nga rrethi jashtë sistemit në fjalë. Në forca të brendshme bëjnë pjesë: forcat muskulore (forcat e brendshme aktive), forcat pasive të sistemit neuro-muskulor, forcat reaktive.

Momenti i forcës është i barabartë me produktin e vektorit të forcës dhe krahut të forcës (distanca më e shkurtër nga boshti i rrotullimit) $M = F \cdot f$.

Çifti i forcave nënkupton cilatdo forca me intensitet të njëjtë, por me kahe të kundërta, që veprojnë në drejtime të njëjta.

Ekulibri i trupit të ngurtë arrihet atëherë kur plotësohen kushtet si më poshtë:

- barazimi me zero i shumës së forcave të jashtme që veprojnë mbi trupin e ngurtë:

$$\sum F_j = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = 0$$

- barazimi me zero i momenteve të forcave të jashtme që veprojnë mbi trupin e ngurtë:

$$\sum M_j = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n = 0$$

Qendra e rëndesës së trupit të ngurtë paraqet pikën, pozita e së cilës nuk ndërron dhe nëpër atë pikë kalon drejtimi i veprimit të forcës rezultante, gjatë cilësdo pozitë të trupit në hapësirë. Qendra e rëndesës është një pikë gjeometrike dhe ajo mund të gjendet edhe jashtë konturës së trupit të shqyrtuar (p.sh. unaza). Qendra e rëndesës së trupit të njeriut ndryshon vazhdimisht. Varësisht nga lëvizja ashtu është edhe ndërrimi i qendrës së

rëndesës. P.sh. gjatë përkuljes, lëvizjes së krahëve, lëvizjes së këmbëve, hapërimet etj.

Siç kemi përmendur edhe më lart leva paraqet çdo lloj shufre (shkopi) pesha e së cilës mund të neglizhohet, e cila në një pikë të saj është e lidhur ashtu që të mund të rrotullohet rreth saj. Në mënyrë që leva të jetë në ekuilibër, është e nevojshme që mbi të, të veprojnë së paku dy forca. Në rastin e trupit të njeriut, ato forca zakonisht janë forca e muskujve dhe forca e rëndesës së tokës. Pika ku rrotullohet leva, quhet pika e rrotullimit, ose mbështetja.

Aty ku forca e muskulit është më afër pikës së mbështetjes, bëhet fjalë për levën e shpejtësisë. Aty ku forca e muskulit është më larg mbështetjes, bëhet fjalë për levën e forcës. Ekuilibri i levës arrihet atëherë kur shuma e momenteve të rrotullimit që veprojnë mbi të është e barabartë me zero.

$$\sum M = 0$$

Në dinamikë forca nuk konsiderohet si element kryesor, por definohet me ndihmën e elementeve: hapësirë-masë-kohë. Definicioni mbi forcën në dinamikë është dhënë në pjesën e parë të veprës famoze të Njutnit “Parimet matematike të filozofisë natyrore”¹ në formë të tre aksiomave².

Aksioma e parë: Çdo trup rri në gjendje qetësie ose në lëvizje të njëtrajtëshme drejtëvizore përdherisa nën ndikimin e forcave nuk detyrohet që atë gjendje ta ndryshojë³.

Kjo aksiomë ndryshe quhet edhe parimi i inercionit. Galileo qysh në vitin 1610, dmth. përpara Njutnit, erdhi në përfundim se trupat lëvizin nën ndikimin e forcave. Për të ndryshuar gjendjen e qetësisë, ose për të ndryshuar gjendjen e lëvizjes, mbi atë trup

¹ Philosophiae naturalis principia mathematica, London, 1687.

² Axiomata sive leges motus.

³ Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter i directum, nisi quatenus illud a viribus impressis statum suum mutare.

duhet vepruar me forcë të caktuar. Shkakun, i cili mundëson që trupi të rrijë i qetë ose të lëvizë njëtrajtësisht dhe në mënyrë drejtëvizore, Galileo e quajti inercion. Sipas kësaj del se inercioni i trupit është aftësi e trupit për t'iu kundërvënë ndryshimit të gjendjes së qetësisë ose të lëvizjes. Kuptohet se të gjithë trupat janë inertë, por shkalla e inercionit të tyre varet nga masa e tyre. Sa më i rëndë që të jetë trupi, aq më i madhë do të jetë inercioni (plogështia). Prandaj në dinamikë masa trajtohet si shkallë (masë) e nivelit të inercionit.

Aksioma e dytë: Ndryshimi i lëvizjes është proporcional me forcën e cila vepron mbi trup dhe bëhet në drejtim të forcës⁴.

Ligji i dytë i Njutnit ndryshe quhet parimi i ekuivalencës dhe në bazë të tij d'Alembert realizoi parimin shumë të njohur dhe të përhapur.

Me ndryshimin e lëvizjes nënkuptojmë produktin e masës dhe nxitimit ($m \cdot a$), që identifikohet si forcë (F). Masa çdo herë paraqitet si skalar, ndërsa nxitimi është vektor. Nga këtu del se forca është madhësi vektoriale dhe si e tillë ka elementet e lartpërmendura të vektorit. Kahu dhe drejtimi i vektorit të forcës është i njëjtë me kahun dhe drejtimin e vektorit të nxitimit.

$$F = m \cdot a$$

Nga ky barazim shihet qartë se me rritjen e masës rritet edhe forca, si dhe me rritjen e nxitimit rritet edhe forca. Nëse nxitimi i një trupi është i barabartë me zero, kurse masa asnjëherë nuk mund të jetë e barabartë me zero, atëherë del se edhe forca do të jetë e barabartë me zero. Kur nxitimi është i barabartë me zero atëherë lëvizja është e njëtrajtshme dhe trupi do të lëvizë në mënyrë drejtëvizore, përderisa nuk detyrohet ta ndryshojë atë gjendje nga veprimi i një force të jashtme.

⁴ Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimatur.

Forca (F) është forcë aktive, kurse ndryshimi i lëvizjes paraqet forcën e cila për nga intensiteti është e barabartë me forcën aktive, por me kah të kundërt dhe quhet forcë e iercionit. Në bazë të këtij barazimi Dalamberi koncipoi parimin e tij të njohur se shuma e forcës aktive dhe inerciale është e barabartë me zero:

$$F + (m \cdot a) = 0$$

Poashtu mund të thuhet se forca aktive dhe inerciale gjatë lëvizjes janë në raport ekuilibri. Me ndihmën e parimit të Dalamberit çdo problem dinamik mund të sillet në problem statik, i cili shqyrton ekuilibrin e forcave gjatë lëvizjes.

Veprimi i trupave ndaj njëri tjetrit është vërtetuar me parimin e tretë të Njutnit. Sipas këtij parimi nëse njëri trup vepron mbi trupin tjetër atëherë edhe ky i dyti vepron mbi trupin e parë.

Aksioma e tretë: Veprimet e trupave ndaj njëri tjetrit çdo herë janë të barabarta dhe me kahe të kundërta⁵, respektivisht veprimi (aksioni) është i barabartë me kundërveprimin (reaksionin).

Parimi i tretë i Njutnit njihet edhe si parimi i aksionit dhe reaksionit dhe me këtë plotësohet parimi i parë i Njutnit. Burimi i forcës së jashtme që vepron në natyrë është forca tërheqëse e Tokës me të cilën ky planet i tërheq të gjithë trupat kah qendra e saj. Nxitimi i tokës me të cilën i tërheq trupat e ndryshëm pavarsisht nga masa e tyre, çdo herë është konstant dhe vlera e këtij nxitimi është $g = 9,8062 \text{ m/s}^2$, në gjerësinë gjeografike 45^0 .

Pesha e trupave paraqet forcë dhe si çdo forcë tjetër vlera e saj është produkti i masës dhe nxitimit të tokës:

$$G = m \cdot g$$

⁵ Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.

nga ku mund të llogarisim edhe masën si madhësi që shpreh inercionin e trupave:

$$m = G/g$$

Me ndihmën e aksiomave të Njutnit forca definohet saktësisht. Me parimin e inercionit vërtetohet mundësia e ekzistencës së forcës, me parimin e ekuivalencës vërtetohet mundësia e matjes respektivisht krahasimit të forcës, kurse me parimin e aksionit dhe reaksionit vërtetohet burimi i forcës, pa të cilin forca nuk mund të ekzistojë.

9. Impulsi i forcës

Sipas ligjit të dytë të Njutnit lëvizja e pikës materiale është shprehur me barazimin themelor të dinamikës:

$$F = m \cdot a$$

Forca vazhdimisht ndryshon sipas ndryshimit të nxitimit të pikës materiale, ashtu që pika materiale do të ketë lëvizje të ndryshme. Meqenëse veprimi i forcës ndodh në një periudhë të caktuar kohore, është e domosdoshme që në barazimin themelor të dinamikës të futet edhe koha (t):

$$F \cdot t = m \cdot a \cdot t$$

meqenëse nxitimi shprehet me $a = v / t$, atëherë nga këtu del se $v = a \cdot t$. Nëse zëvendësojmë $a \cdot t$ me v , fitojmë barazimin si më poshtë:

$$F \cdot t = m \cdot v$$

Produkti i forcës me kohën ($F \cdot t$) quhet impulsi i forcës, kurse produkti i masës dhe shpejtësisë ($m \cdot v$) quhet sasia e lëvizjes. Duke pjesëtuar të dyja anët e barazimit me t , fitojmë:

$$F = m \cdot v / t$$

Nga ky barazim lehtë konstatohet se forca do të jetë më e madhe, nëse është më e madhe masa, shpejtësia, kurse koha të jetë sa më e vogël.

Impulsi i forcës është prezent gjatë çfardo lëvizjeje që realizohet me tërë trupin ose me pjesë të caktuara të trupit. Te lëvizjet e zakonshme të njeriut siç janë ecja vrapimi etj. ka faza të caktuara ku impulsi i forcës është më i shprehur, respektivisht ka faza të rritjes ose të zvogëlimit të tij.

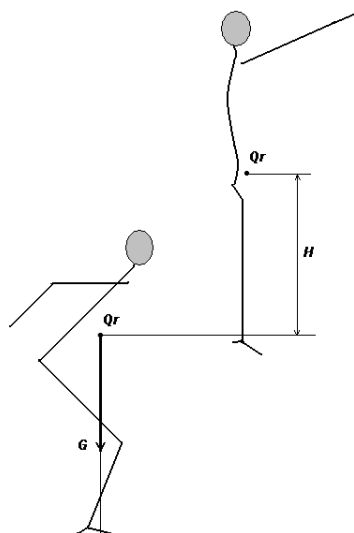
Puna dhe energjia

Zhvendosja e një trupi nga një pozitë në tjetrën bëhet me ndihmën e një force. Veprimi i forcës F mbi atë trup dhe zhvendosja e tij për një rrugë të caktuar s , jep punën e kryer A . Matematikisht puna është në proporcion të drejtpërdrejtë me forcën F e cila vepron mbi një trup dhe rrugën s , të cilën e kalon ai trup.

$$A = F \cdot s$$

Gjatë lëvizjes njeriu në vazhdimësi i kundërvihet forcës së rëndesës. Varësisht nga pozita, ashtu ndryshon edhe intensiteti i kundërveprimit ndaj forcës së rëndesës. Kur ecim në vijë të drejtë horizontale kryejmë punë sepse zotërojmë rezistencën e fërkimit me të cilën sipërfaqja e fortë mbështetëse i kundërvihet ecjes. Poashtu kur ngjitemi në vijë të pjerrtë, ngrejmë qendrën e rëndesës në lartësi më të madhe dhe me këtë kryhet një punë e caktuar, sepse zotërohet rezistenca, në këtë rast rezistenca e peshës së trupit G . Në veprimi vertikal i forcës, kur ndonjë trup lëviz teposhtë, forca e cila vepron është forca e rëndesës së tokës G kurse rruga e kaluar është e barabartë me lartësinë h .

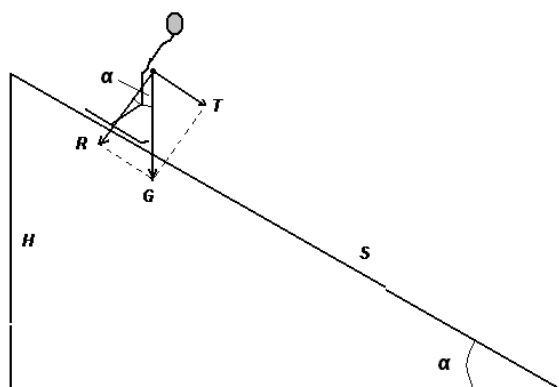
$$A = G \cdot H$$



Për dallim nga lëvizja e trupit vertikalisht teposhtë, gjatë lëvizjes së trupit nëpër rrafsh të pjerrtë, puna e kryer është si rezultat i komponentës aktive të forcës së rëndesës (T). Kjo shprehet me prodhimin e komponentës aktive të forcës që vepron (pesha) dhe rrugës së kaluar:

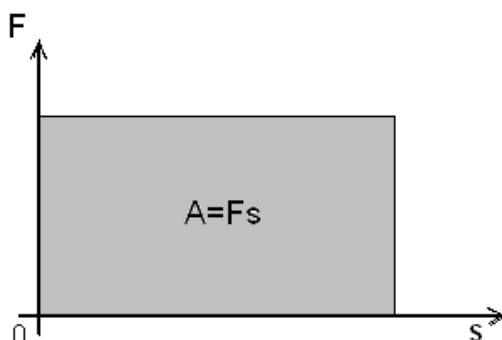
$$A = T \cdot s$$

$$A = G \cdot \sin\alpha \cdot s$$



Komponenta tjetër ($G \cdot \cos\alpha \cdot s$) nuk ndikon në kryerjen e punës sepse ajo forcë anulohet me rezistencën e sipërfaqes mbështetëse. Rritja e komponentës aktive varet nga pjerrtësia e rrafshit që do të thotë se sa më i madhë të jetë këndi α , aq më e madhe do të jetë vlera e komponentës aktive. Vlera maksimale e komponentës aktive është kur këndi $\alpha = 90^\circ$, sepse $\sin 90 = 1$, që do të thotë se komponenta aktive është e barabartë me forcën e rëndesës, respektivisht me peshën e trupit, apo sistemit (trupit i skitarit dhe paisjet përkatëse të tij), që lëvizë vertikalisht teposhtë. Nga ana tjetër komponenta e presionit mbi sipërfaqen mbështetëse ulet vazhdimisht kur rritet këndi α , kurse vlera minimale e saj është për këndin $\alpha = 90^\circ$, sepse $\cos 90^\circ = 0$, rrjedhimisht $G \cdot 0 = 0$

Paraqitja grafike e punës është e përcaktuar me sipërfaqen e katërkëndëshit, ku forca aktive (F) është konstante gjatë të rrugës (s).



Kryerja e një pune është e varur nga energjia. Këto dy madhësi janë të lidhura dhe të kushtëzuara njëra me tjetrën. Të gjithë trupat në natyrë u nënshtrohen ligjeve mekanike. Poashtu edhe trupi i njeriut tenton që energjinë që e posedon t'a shfrytëzojë në mënyrë sa më racionale, si dhe lëvizjet e caktuara të zhvillohen në rrugë sa më të gjatë dhe me forcë sa më të madhe.

Në natyrë vlen ligji i ruajtjes së energjisë, sipas të cilit energjia e dhënë nuk humbet, por ajo mund të ketë gjendje të caktuara. Energjia mekanike mundet që me veprimin e forcës tjetër të ndryshojë llojin e saj (p.sh. të kalojë në energji nxehtësie, zëri, elektrike etj.). Energjia mekanike mund të ketë formë kinetike, kur trupi lëviz dhe formë potenciale, kur trupi rri në qetësi. Energjia mekanike është shumë e energjisë kinetike dhe potenciale:

$$E_m = E_k + E_p = \text{const.}$$

Nëse një trup qëndron në një lartësi të caktuar, ai është në gjendje që të kryej një punë të caktuar, që dmth. posedon ndonjë energji të "fshehtë" (potenciale). Nëse ai trup fillon të bie, energjia potenciale në vazhdimësi zvogëlohet, ndërkaq energjia kinetike rritet në vazhdimësi. Gjatë rënies energjia mekanike është me vlerë të njëjtë, ku ajo paraqet shumë të energjisë

potenciale dhe kinetike. Në çastin e përplasjes së trupit me tokën (sipërfaqen mbështetëse), energjia kinetike është me vlerë më të madhe, kurse energjia potenciale është e barabartë me zero. Sipas kësaj që u tha në çastin e përplasjes së trupit me tokën energjia mekanike është e barabartë me energjinë kinetike.

MATJET NË BIOMEKANIKË

1. Skalarët dhe vektorët

Në natyrë ndodhin shumë dukuri. Këto dukuri shpesh herë është e nevojshme të maten dhe si të tillë të mund të kuantifikohen dhe të shpjegohen. Disa nga këta dukuri fizike mund të maten thjeshtë me njësi matëse të cilat shprehin vetëm sasi apo intensitet të caktuar. Të tilla nga madhësitë fizike janë masa e trupave, temperatura, koha, pesha specifike etj. Këto madhësi fizike të cilat janë të përcaktuara plotësisht vetëm me vlerë numerike dhe me njësi matëse përkatëse i quajmë skalarë. P. sh.:

masa	$m=7,300 \text{ kg}$
temperatura	$T=303^\circ\text{K}=30^\circ\text{C}$
koha	$t=15\text{s}$
vëllimi	$V=15\text{m}^3$.

Mirëpo, shpeshherë nuk mjafton përshkrimi i ndonjë madhësie fizike vetëm me intensitetin e saj, por krahas intensitetit duhet përcaktuar edhe pikën e veprimit, drejtimin, dhe kahun e saj. Madhësitë e tilla quhen vektorë. Intensiteti i vektorit është numër; p.sh., 15 është intensitet më i madhë se 10. Drejtimi dhe kahu i vektorit janë përcaktuar nga drejtëza e orientuar, kurse simboli i vektorit është shkronja mbi të cilën është vendosur

shenja (shigjeta) që simbolizon vektorin por mund të jetë edhe vijë horizontale ose shkronjë e nxirë (fig. 1). Kjo shenjë mundëson dallimin e vektorëve nga skalarët. Forca, pesha, presioni (shtypja), pesha specifike, shpejtësia, nxitimi, momenti forcës etj. janë madhësi fizike të cilat shprehen si vektorë. P. sh.:

Forca	(\vec{F})	kurse intensiteti është:	$F=m \cdot a=150 \text{ N}$
Pesha	(\vec{G})	-	$G=m \cdot g=500 \text{ N}$
Shtypja	(\vec{P})	-	$P=F \cdot S=700 \text{ N/m}^2$
Shpejtësia	(\vec{v})	-	$v=l/t=5 \text{ m/s}$
Nxitimi	(\vec{a})	-	$a=v/t=3 \text{ m/s}^2$.

\vec{F} ; \overline{F} ; F .

Figura 1: Simboli i vektorit

Për të paraqitur vektorët në rrafsh ose në hapësirë duhet ditur pikëfillimin dhe pikëmbarrimin e vektorit e me vetë këtë dihet edhe drejtimi, kahu, intensiteti si dhe pika ku vepron ai vektor (fig. 2).



Sistemi koordinat në rrafsh dhe në hapësirë mundëson paraqitjen gjeometrike të vektorëve dhe raportet elementare gjeometrike. Nëse janë të ditura pikat e projeksioneve të vektorit

në sistemin koordinat në rrafsh (boshtin x dhe y) fare lehtë gjendet intensiteti (gjatësia) i vektorit duke shfrytëzuar teoremën e Pitagorës:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Për të gjetur këndin ndërmjet vektorit dhe boshtit x si dhe këndin ndërmjet vektorit dhe boshtit y (fig. 3), gjejmë kosinuset e atyre këndeve:

$$\cos \alpha = x/r$$

$$\cos \beta = y/r$$

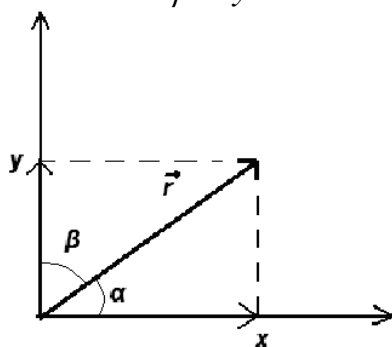


Figura 3: Sistemi koordinat në rrafsh dhe pozita e vektorit

Nëse tani është e nevojshme të gjendet vlera e këndeve, ajo fitohet me funksionin inverz arkus kosinus ose shpeshherë në literaturë haset si \cos^{-1} :

$$\alpha = \text{arc cos } (x/r) = \cos^{-1} (x/r)$$

$$\beta = \text{arc cos } (y/r) = \cos^{-1} (y/r)$$

Rregulla e projeksionit të vektorit në rrafsh mund të zgjerohet edhe për projeksionin e vektorit në sistemin koordinat në hapësirë $(0,x,y,z)$. Në këtë rast shtohet vetëm koordinata e tretë z .

Intensiteti i vektorit r do të jetë:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Për të gjetur këndin ndërmjet vektorit dhe boshtit x , këndin ndërmjet vektorit dhe boshtit y si dhe këndin ndërmjet vektorit dhe boshtit z (fig. 4), gjejmë kosinuset e atyre këndeve:

$$\cos \alpha = x/r$$

$$\cos \beta = y/r$$

$$\cos \gamma = z/r$$

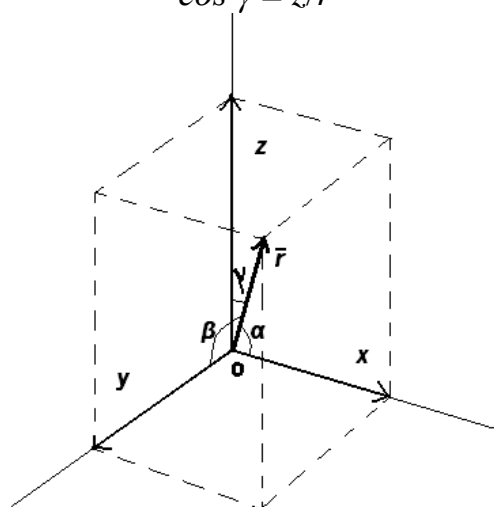


Figura 4: Sistemi koordinat në hapësirë dhe pozita e vektorit

Nëse tani është e nevojshme të gjenden vlerat e këndeve α , β dhe γ ato fitohen me funksionin inverz arkus kosinus ose shpeshherë në literaturë haset si \cos^{-1} :

$$\alpha = \text{arc cos } (x/r) = \cos^{-1} (x/r)$$

$$\beta = \text{arc cos } (y/r) = \cos^{-1} (y/r)$$

$$\gamma = \text{arc cos } (z/r) = \cos^{-1} (z/r)$$

Vlera e katrorve të kosinuseve të të tre këndeve që zë vektori me boshtet e sistemit koordinat në hapësirë është e barabartë me 1:

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

Me gjetjen e këndeve që zë vektori me boshtet e sistemit koordinat qoftë në rrafsh qoftë në hapësirë mundësohet gjetja e drejtimit, respektivisht pozita e vektorit.

Sikurse që mund të operojmë me madhësitë skalare poashtu mund të operojmë edhe me madhësitë vektoriale. Ç'është e vërteta me madhësitë skalare operohet shumë më thjeshtë sepse ato kanë vetëm intensitetin, pra vlerë e shprehur vetëm me numra, kurse vektorët përveç intensitetit kanë edhe drejtimin, kahun dhe pikën e veprimit ashtu që duhet marrë parasysh të gjitha këto elemente shtesë të vektorit. Te çdo operacion me vektorë duhet respektuar rreptësisht pozitën dhe elementet e lartpërmendura të vektorëve.

1.1. Mbledhja e vektorëve (kompozimi)

Pozita e vektorëve mund të jetë e ndryshme. Pa marrë parasyshë pozitën e tyre ato mund të mblidhen (kompozohen). Ekzistojnë disa rregulla të mbledhjes së vektorëve. Në rast se

është fjala për mbledhjen e dy vektorëve që shtrihen në një rrafsh (koplanarë) dhe janë me drejtime dhe kahe të ndryshme atëherë për mbledhjen e tyre mund të përdoret rregulla e paralelogramit.

Nëse duam të mbledhim dy vektorë atëherë më e përshtatshme është rregulla e paralelogramit (fig. 4) (por mund të përdoret edhe rregulla e shumëkëndëshit) dhe nëse numri i vektorëve është më i madhë se dy, atëherë më e përshtatshme është rregulla e shumëkëndëshit (fig. 5) (por mund të përdoret edhe rregulla e paralelogramit). Kur janë të vendosur më tepër vektorë në një rrafsh por me drejtime dhe kahe të ndryshme, atëherë për tu mbledhur ato më e përshtatshme është metoda e shumëkëndëshit (*tip-to-tail, maja-deri te-bishti*). Sipas kësaj metode pasi vendoset vektori i parë, bishti i vektorit të dytë vendoset te maja e vektorit të parë dhe më pas vazhdohet me vektorin e tretë ashtu që njëjtë si te rasti paraprak bishti i vektorit të tretë vendoset te maja e vektorit të dytë dhe kështu me radhë deri sa të radhiten të gjithë vektorët ashtu siç e kanë pozitën. Kur vendosen të gjithë vektorët më në fund gjendet vektori rezultat dhe pozita e tij do të jetë ashtu që bishti i tij do të vendoset në një pikë me bishtin e vektorit të parë kurse maja e tij do të vendoset në një pikë me majën e vektorit të fundit sipas radhitjes (fig. 5).

Kjo vlenë për vektorët të cilët janë me drejtime të ndryshme nga njëri tjetri.

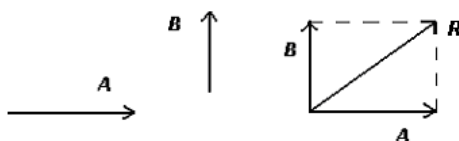


Figura 4: Mbledhja e vektorëve me rregullën e paralelogramit

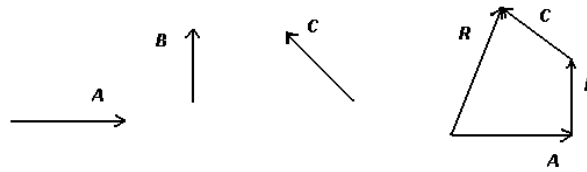


Figura 5: Mbledhja e vektorëve me rregullën e shumëkëndëshit

Në rastet kur vektorët janë me drejtime të njëjta (kolinearë) shuma e vektorëve do të jetë e barabartë me një vektor rezultat që paraqet shumën e intensiteteve (gjatësitë e vektorëve) duke marrë parasysh kahet e tyre si në fig. 6.

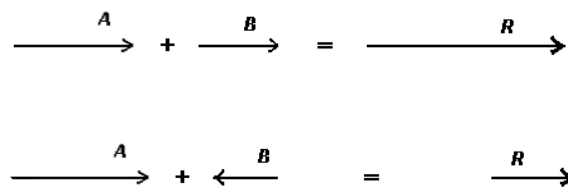


Figura 6: Mbledhja e vektorëve kolinearë

Kur është e nevojshme që një vektor të zbërthehet në dy ose më tepër komponente të tij, atëherë duhet ditur vijën e veprimit të njërës nga komponentet. Zakonisht një nevojë e tillë shfaqet kur duhet ditur efektet e forcave muskulore që veprojnë në trupin e njeriut. Për të përshkruar më mirë dhe më saktë veprimin e forcës së muskujve shërbehemi me ekuivalentimin e forcës së muskujve me vektorë. Kjo mundëson që të përshkruhet më saktë dhe më lehtë pika ku vepron muskuli mbi ndonjë asht, vijëveprimi i forcës së muskulit, kahu i veprimit si dhe intensiteti i forcës muskulore i shprehur grafikisht me gjatësinë e vektorit. Për ta kuptuar më lehtë këtë që u tha, do të ilustrojmë veprimin e muskulit dykrerësh të krahut i cili bashkë me dy muskuj të tjerë bën mbledhjen e parakrahut (figura 7). Gjatë mbledhjes së parakrahut lëvizja bëhet në kyçin e bërrylit, pra ky kyç është pika e rrotullimit, në figurë e shënuar me O. Tërhiqet një drejtëz që

kalon nëpër pikën ku vepron vektori i forcës muskulore dhe vazhdon përgjatë levës së parakrahut nëpër pikën e rrotullimit (kyçi i bërrylit). Nga maja e vektorit të forcës F lëshohet një drejtëz pingul mbi drejtëzën e tërhequr përgjatë parakrahut. Kështu përcaktohet njëra komponente e forcës së muskulit që quhet komponentja radiale F_r , me të gjitha elementet e saj si vektor: intensitetin, drejtimin, kahun dhe pikën ku vepron kjo komponente e forcës. Drejtimi i vektorit F_r është nëpër drejtëzën e tërhequr përgjatë parakrahut, kurse kahu i saj është prej pikës së veprimit të vektorit F kah kyçi i bërrylit. Në të vërtetë kjo komponente është një vektor i ri që vepron mbi kyçin e bërrylit dhe që nuk kontribuon aspak për tu kryer mbledhja e parakrahut por i tërë efekti i tij është ushtrimi i presionit në kyç kah prapa e me këtë edhe lëvizja e tërë dorës kah prapa. Për të gjetur komponenten tjetër të vektorit të forcës së muskulit dykrerësh të krahut, që më së shpeshti quhet komponente tangjenciale F_t tani është më lehtë. Prej majës së vektorit të forcës së muskulit dykrerësh paralelisht me komponenten radiale tërhiqet një drejtëz. Prej pikës së veprimit të vektorit të forcës muskulore F tërhiqet një drejtëz nën këndin prej 90° me komponenten radiale ashtu që kjo pritet me drejtëzën që e tërhoqëm paraprakisht dhe kjo është komponenta tangjenciale F_t .

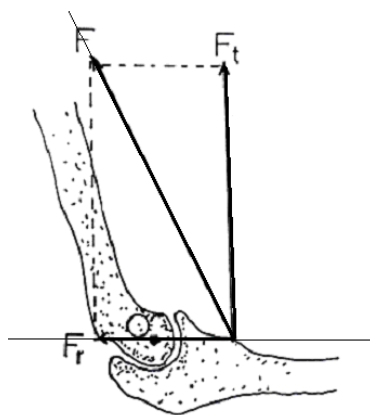


Figura 7: Veprimi i muskulit dykrerësh të krahut

1.2. Produkti vektorial

Shpeshëherë në analizën e dukurive në lidhje me lëvizjet e trupit të njeriut ose e pjesëve të veçanta të trupit të njeriut paraqitet nevoja e gjetjes së një vektori të tretë i cili është si rezultat i produktit (shumëzimit) të dy dhe më rrallë edhe të më tepër vektorëve. Nëse dy vektorë koplanarë janë si në figurë, atëherë produkti i tyre do të japë një vektorë të tretë C i cili është i vendosur asisoji që zë kënd prej 90° me vektorin A dhe poashtu zë kënd prej 90° edhe me vektorin B (fig. 8). Ky produkt vektorial shprehet si më poshtë:

$$C=A \times B$$

Intensiteti i vektorit të tretë C që është produkt i të dy vektorve A dhe B shprehet si më poshtë:

$$C=A \cdot B \cdot \sin \alpha$$

ku këndi α është këndi që shtrihet ndërmjet vektorit A dhe vektorit B. Kur ky kënd e ka vlerën 90° , atëherë $\sin 90^\circ=1$ dhe nga këtu del se:

$$C=A \cdot B \cdot \sin 90^\circ=A \cdot B \cdot 1=A \cdot B$$

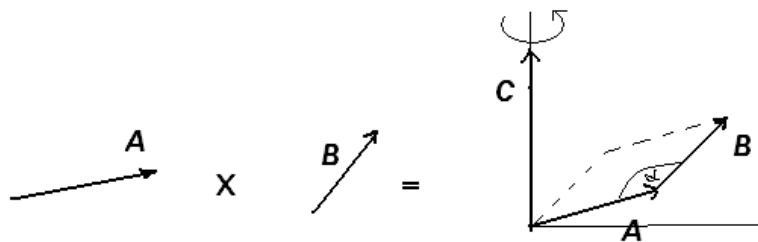


Figura 8: Produkti vektorial i dy vektorëve

MATJET

1. Kuptimi i matjeve

Me ndihmën e matjeve mundësohet studimi i mirëfilltë i të gjitha dukurive që e rrethojnë njeriun. Këto dukuri mund të maten në mënyrë direkte apo indirekte dhe si të tilla shprehen në vlera numerike. Përditë e më shumë matjet përfshihen thuajse në të gjitha disiplinat shkencore e madje edhe në shkencat shoqërore.

Matjet janë një pjesë fundamentale e procesit të eksperimentit shkencor dhe qëllim kryesor kanë objektivizimin e njohurive shkencore. Çdo madhësi fizike ka kuptim nëse ajo mund të shprehet me vlera të caktuara, respektivisht nëse mund të matet. Vlera e cila e karakterizon nivelin e madhësisë matëse quhet njësi matëse. Në biomekanikë matjet janë një proces i vazhdueshëm me të cilat mundësohet studimi i problemeve që për objekt i ka kjo disiplinë shkencore. Me qenë se studimet dhe kërkimet me të cilët merret biomekanika janë të ndërlidhura me studimet e shumë shkencave të tjera, atëherë shumë shpeshë njohuritë, metodat, teknikat etj. e matjeve të këtyre shkencave përdoren edhe në biomekanikë. Kjo vlen në mënyrë të anasjelltë ku metodat, teknikat etj. të biomekanikës përdoren edhe te shkencat e tjera me të cilat kjo disiplinë ka bashkëveprim. Disiplina shkencore që merret me teorinë dhe praktikën e matjeve quhet meteorologji.

Për të treguar rëndësinë dhe vendin e pazëvendësueshëm të matjeve në eksperimentin shkencor do të citojmë thënien e shkencëtarit me përmasa epokale Lord Kelvin (1824-1907):

“Kur jeni në gjendje për atë që flisni edhe t’ a masësh,
t’ a shprehësh në numra, atëherë ju për atë diç dini;

kur një gjë nuk mund t'a masësh, kur nuk mund t'a shprehësh
në numra,
atëherë njohuritë tuaja janë të zbehta dhe të pamjaftueshme;

këtu ndoshta është fjala për fillimin e njohurive, por vështirë
që ju me bindjet tuaja,
të keni përparuar deri në stadin e shkencës...”

2. Instrumentet matëse dhe karakteristikat e tyre

Gjatë zhvillimit të shoqërisë njerëzore në vazhdimësi janë
zgjeruar njohuritë për botën që na rrethon si dhe për dukuritë që
ndodhin në të. Varësisht nga diferencimi i disiplinave shkencore
ashtu u bë edhe konstruktimi i instrumenteve matëse dhe
teknikave matëse, me të cilat u mundësua objektivizimi i
njohurive. Të dhënat që fitohen gjatë studimeve të ndryshme të
cilat i bëjnë shkencat antropologjike mund të mblidhen me këto
teknika matëse:

- vëzhgimin (vrojtimin, opservimin),
- anketimin,
- shkallëzimin, dhe
- testimin.

Varësisht nga objekti dhe qëllimi i sudimit, ashtu përdoren
edhe teknika gjegjëse me ndihmën e të cilave mund të mblidhen
të dhënat e dëshiruara.

Por të gjitha instrumentet matëse duhet të plotësojnë disa
karakteristika nga të cilat në masë të madhe varet edhe rezultati i
matjeve në eksperimentet e ndryshme. Ndër karakteristikat më të
rëndësishme të instrumenteve matëse janë ato që përcaktojnë se
sa është e vlefshme një matje e caktuar. Në të gjitha teoritë
relevante të matjeve antropologjike (biomekanikë, ergometri,
antropometri, kineziometri, psikometri, sociometri etj.)
përmenden katër karakteristika metrike kryesore:

- objektiviteti i matjeve,

- diskriminueshmëria e matjeve,
- besueshmëria e matjeve, dhe
- vlefshmëria e matjeve.

1. Objektiviteti i matjeve

Objektiviteti i matjeve ka të bëjë me përputhjen (korelacionin) e vlerësimit të disa vlerësuesve të një test. Kjo do të thotë se testi është instrument matës objektiv nëse disa vlerësues në mënyrë të pavarur nga njëri tjetri fitojnë rezultate përafërsisht të njëjta. Me këtë vërtetohet se testi shpreh një realitet gjatë matjes. Metoda matematike-statistikore për vërtetimin e kësaj karakteristike të matjeve është korelacioni. Objektiviteti shprehet me koeficientin e korelacionit ndërmjet vlerësuesve të ndryshëm, të cilët e kanë vlerësuar këtë test. Testi konsiderohet si objektiv nëse korelacioni është s'paku 0.90.

2. Diskriminueshmëria e matjeve

Diskriminueshmëria (ndjeshmëria) e matjeve na bënë të mundur të dimë se në çfarë mase gjatë procesit të matjes mund të dallohen subjektet (të testuarit) sipas asaj që duhet matur. Në bazë të variabilitetit dhe distribuimit të rezultateve të matura mund të fitohen të dhëna të vlefshme mbi diskriminueshmërinë.

Sipas variabilitetit test më i mirë është ai test variabiliteti i të cilit është më i madhë. Kjo do të thotë se ai test është i diskriminueshëm në masë të majftueshme. Prandaj mund të thuhet se variabiliteti paraqet treguesin kryesorë të diskriminueshmërisë. Variabilitetin e matë devijimi standard dhe koeficienti i variabilitetit. Te testi i mirë vlera e devijimit standard duhet të jetë $1/3$ e mesit aritmetik, respektivisht $1/6$ e vlerës së diferencës së rezultatit të asajë matjeje.

Nëse analizohet distribuimi i rezultateve të ndonjë testi atëherë nga kjo mund të fitohen të gjitha të dhënat e nevojshme për diskriminueshmërinë. Kjo do të thotë se nëse të gjitha rezultatet janë të njëjta, atëherë matja nuk është e diskri-

minueshme dhe se rezultatet nuk janë të përdorëshme për analizë të mëtutjeshme. Distribrimi i rezultateve mund të shprehet në mënyrë statistikore dhe grafike. Distribrimi i rezultateve mund të paraqitet kur numri i subjekteve është i madhë (rreth 200), duke pasur prasyshë se në studimet antropologjike kërkohen relacionet ndërmjet variablave (ndryshore, karakteristikë e matur). Kjo do të thotë se të gjitha karakteristikat antropologjike të cilat mund të maten te një numër më i madhë i njerëzve, atëherë fitohet distribuim i kënaqëshëm ose kurbë (kurba e Gausit) e cila shpjegon shpërndarje të të gjitha karakteristikave.

3. Besueshmëria e matjeve

Besueshmëria e matjeve paraqet përputhjen (korelacionin) e rezultateve të matjeve të objektit të matjes (variablës), nëse kjo matje përsëritet disa herë. Kjo karakteristikë e matjeve konsiderohet si më e rëndësishmja. Gjatë përsëritjes së objektit të vërtetë të matjes më së shpeshti ndodhë që matjet të jenë të njëjta, por variansa e gabimit të matjes çdo herë do të jetë e ndryshme sipas njësisë. Te besueshmëria koeficienti i korelacionit ndërmjet më tepër matjeve (qelive) është 0.85 dhe vlera më të larta se kjo, me kusht që variansa e gabimit të matjes të mos kalojë 20% nga variansa e përgjithshme. Andaj besueshmëria cilësohet si sasia e matjes së mosdijes, respektivisht masa e gabimit.

Poashtu besueshmëria e matjeve shpjegohet edhe me ndihmën e dy proceseve gjatë analizës së rezultateve të matjeve. Këto janë homogjeniteti dhe reprezentueshmëria e elementeve të matjeve. Homogjeniteti flet për atë se në cilën masë elementet e matjeve janë të lidhura ndërmjet veti. Reprezentueshmëria paraqet vlerësimin e pavarur të elementeve me ndihmën e disa matjeve. Për përcaktimin e nivelit të këtyre dy proceseve të matjeve egzistojnë disa mënyra, me ndihmën e të cilave fitohen parametrat e nevojshëm statistikor.

4. Vlefshmëria e matjeve

Gjatë matjeve çdo herë synohet që të matet ajo karakteristikë të cilën ne dëshirojmë ta vlerësojmë. Vlefshmëria (validiteti) e matjeve paraqet të dhënën se në cilën masë ndonjë matje jep të dhëna për atë karakteristikë që me të vërtetë është dashur të matet. Nocioni vlefshmëri shpeshëherë zëvendësohet me nocionin përdorshmëri, gjë për të cilën flasin rezultatet të cilat janë fituar me ndonjë proces matjesh. Në studimet nga fusha e antropologjisë ka mjaftë dukuri dhe karakteristika të cilat mund të maten në mënyrë direkte apo indirekte. Gjatë kësaj për vlerat e masave të cilat shprehin gjendjen e asaj dukurie (karakteristikë) është e nevojshme të dihet se në cilën shkallë kjo masë e shpjegon këtë dukuri (karakteristikë). P. sh. Sa një test nga motorika është me të vërtetë reprezent i mirë për të matur aftësinë e caktuar motorike (forcë, shpejtësi, koordinim etj.), ose sa është i përshtatshëm një test që të masë në nivel sa më të lartë një aftësi funksionale etj.. Ekzistojnë disa mënyra për të përcaktuar nivelin e vlefshmërisë së matjeve. Gjatë kësaj realizohen disa procese matematike-statistikore të cilat përcaktojnë objektin e vërtetë të matjes, gjegjësisht cila karakteristikë ose aftësi me të vërtetë matet dhe me ndihmën e cilit test matet ajo.

Sa i përket karakteristikave të aparateve matëse mund të thuhet se në shkallë të lartë nga ato varet saktësia e matjeve. Në këtë rast do të përmendim disa nga ato:

1. Dimensioni (hapësira) i matjes paraqet intervalin ndërmjet vlerës minimale dhe maksimale i cili mund të matet me atë aparat matës. Te pjesa më e madhe e aparateve matëse vlera minimale është zero. P.sh. peshorja fillon të masë nga zero, shkalla e vizoreve shkolllore etj, poashtu filojnë të masin nga vlera zero. Por te disa të tjera nuk është i njëjti rast. P.sh. termometrat nuk kanë zero e cila i përgjijget zeros absolute – 0 K, por thuajse për çdo aparaturë matëse që përdoret në biomekanikë mund të

përdëftohet se nuk mund të masë vlera më të vogla se sa vlera minimale.

2. Besueshmëria e aparatit është vetia e tij që për një kohë të mos i ndryshojë karakteristikat e veta. Aparatet e ndërtuara nga materiale me cilësi të mirë nuk i humbin karakteristikat e tyre për një kohë më të gjatë. Gjatë përsëritjes të më tepër matjeve disa nga aparatet i humbin kualitetet e tyre, andaj shpeshëherë është e nevojshme që ato të kalibrohen. Kjo më së shpeshti ndodh me aparatet që punojnë mbi parime mekanike.

3. Saktësia e aparatit matës nënkupton shmangien sa më të vogël të vlerës së matur nga vlera e vërtetë (reale). Sa më i saktë që është aparati aq më e vogël është vlera e shmangies nga vlera reale. Shmangia e vlerës së matur nga vlera reale është pasojë e të metave që ka aparati (i papërkryer) matës. Kjo shmangie për numrin më të madhë të aparateve jepet me klasën e aparatit. Klasa e aparatit paraqet raportin e gabimit dhe vlerës së matur të shprehur në përqindje. Aparatet e klasës 0,1% konsiderohen aparate më të sakta në grupin e aparateve elektrike. Këto aparate quhen aparate etalone. Aparate me saktësi më të vogël janë ato të klasës 2,5% dhe 5% dhe quhen aparate mekanike (lëvizës). Kjo do të thotë se aparatet etalone bëjnë gabim deri në 0,1% të vlerës së matur, kurse ato mekanike deri në 5%.

3. Gabimet në matje

Me ndihmën e matjeve synohet që rezultati të jetë sa më i saktë. Gjatë procesit të matjes për arritjen e vlerave numerike, bëhen gabime më të mëdha ose më të vogëla, të cilat janë të pashmangshme.

Sipas mënyrës së zhvillimit të procesit të matjes, shprehjes së rezultatit tyre si dhe vlerësimit të gabimit që bëhet gjatë matjes, këto mund të ndahen në: matje direkte dhe matje indirekte. Te matjet direkte shfrytëzohet instrumenti matës për madhësinë të cilën duhet ta përcaktojmë dhe me këtë ajo matet në mënyrë të

drejtpërdrejtë (p.sh. matja e gjatësisë së kërcimit në largësi me metër, matja e masës së trupit me peshore etj.). Te matjet indirekte rezultati i tyre llogaritet nga madhësitë e tjera të cilat maten në mënyrë direkte (p.sh. shpejtësia nga rruga e kaluar dhe koha e kaluar, puna nga forca e matur dhe rruga gjatë së cilës ka vepruar kjo forcë etj.).

Sipas një klasifikimi tjetër të matjeve, këto ndahen në matje që përsëriten dhe matje që nuk përsëriten. Matjet e madhësisë së njëjtë që përsëriten çdo herë grupohen rreth një vlere mesatare e cila është më afërt me vlerën e vërtetë se sa çdo matje e vetme (me kusht që rezultati të mos përmbajë gabim sistematik ose të vrazhdë). Për këtë arsye për zvogëlimin e gabimit të rastit çdo herë preferohet, nëse e mundësojnë rrethanat, që matjet të përsëriten. Mirëpo në biomekanikë një gjë e tillë është rrallë herë e mundur, për shkak të pamundësisë së njeriut që të realizojë detyrën dy herë në mënyrë të njëjtë, të zhvillojë forcë të njëjtë disa herë rradhazi etj.

Synimi i çdo procesi të matjeve është që gabimi të jetë sa më i vogël. Kjo mund të arrihet me përdorimin e metodave gjegjëse, me përdorimin e instrumenteve sa më precize si dhe me kujdes të gjithanëshëm të ekipit që realizon matjen. Matjet kanë vlerë të theksuar në shkencat e ndryshme vetëm atëherë kur pranë tyre shënohet edhe gabimi në matje. Ekzistojnë më tepër ndarje të gabimeve gjatë matjeve. Gabimet që shfaqen gjatë matjeve në biomekanikë ashtu si edhe në shumë disiplina të tjera shkencore, zakonisht ndahen në tre grupe: gabime të vrazhda, gabime sistematike dhe gabime të rastit.

Gabimet e vrazhda

Gabimet e vrazhda ndikojnë më së tepërmi në rezultat, në krahasim me të gjitha gabimet e tjera. Andaj si të tilla më lehtë bien në sy dhe mund të eliminohen me përgatitje më të kujdesshme. Janë rezultat i zgjedhjes së gabueshme të metodës

matëse, zgjedhjes joadekuate të aparateve për matje ose defektit të tyre, moskujdesit të personit që bën matjen (leximi i gabueshëm, gabimi në numërim etj.).

Gabimet sistematike

Këto gabime në të shumtën e rasteve shfaqen si rezultat i josaktësisë së instrumenteve, aparateve matëse (i pabazhdaruar, i pakalibruar etj.), ndikimeve të jashtme, gabimit subjektiv të eksperimentuesit, saktësia e kufizuar e konstanteve dhe parametrave universalë etj. P. sh. Aparatet matëse bëjnë gabim sistematik për shkak të ndarjeve jo plotësisht të sakta të shkallës matëse dhe të konstantës që nuk mund të jetë plotësisht e saktë. Nëse matja bëhet te sportistë të veshur me rroba sportive, rezultatet e matura të lartësisë dhe masës së trupit sistematikisht do të tregojnë vlera më të larta se sa ato reale. Nëse një test nga aftësitë motorike çdo herë realizohet menjëherë pas një testi tjetër me ngarkesë të lartë, rezultatet e tij do të përmbajnë gabim sistematik si pasojë e ndikimit të lodhjes.

Sado që të bëjmë zgjedhjen korrekte të metodës, dhe kështu t'i evitojmë gabimet e vrazhda, prapëseprapë nuk mund të zgjedhet gjithmonë metoda që nuk përfshin edhe gabimin sistematik.

Gabimet e rastit

Të gjitha aparatet matëse kanë një saktësi të kufizuar të saktësisë së matjes. Me kalimin e kohës çdo aparat fillon të humbë karakteristikat matëse, si rezultat i vjetërimit (plakjes). Poashtu këto gabime shfaqen si rezultat i saktësisë së kufizuar të shqisave tona dhe ndikimit të më tepër faktorëve. Këta faktorë edhe pse në shikim të parë duken të papërfillshëm, por me qenë se janë të shumënumërt ata ndikojnë në rezultatin e matjes.

Korrigjimi i gabimit

Nëse dëshirojmë që të dimë se sa është e saktë matja, atëherë krahas rezultatit të matur duhet ditur edhe vlerën e gabimit në matje. Ekziston një ndryshim në mes të vlerës së matur dhe vlerës së saktë të madhësisë që matet. Ky ndryshim quhet gabimi absolut dhe ka njësinë e madhësisë që matet:

$$\Gamma_a = X' - X$$

ku është:

- Γ_a – gabimi absolut,
- X – vlera e saktë e madhësisë që matet,
- X' – vlera e matur.

Nga këtu mund të definojmë edhe korrigjimin i cili ka vlerë të njëjtë me gabimin absolut, por shenjë të kundërt:

$$K = -\Gamma_a = X - X'$$

Për të caktuar saktësinë e madhësisë së matur, duhet gjetur herësin në mes të gabimit absolut dhe vlerës së saktë të madhësisë së matur. Kjo vlerë quhet gabimi relativ dhe shprehet me shprehjen:

$$\Gamma_R = \Gamma_a/A = (X' - X)/X$$

Gabimi relativ i shprehur në përqindje është:

$$\Gamma_{R\%} = [(X' - X)/X] \cdot 100\%$$

Γ_R - gabimi relativ

Shembull: Nëse gjatë kërcimit në largësi, me shiritin matës matet rezultati prej 7,65 m. Gabimi absolut do të duhej t'i përgjigjet saktësisë së instrumentit (mjetit matës) $\Gamma_a = 0,01$ m.

Sipas kësaj del se nëse nuk do të kishte gabime të vrazhda dhe sistematike, vlera e saktë e madhësisë (vlera e vërtetë) do të duhej të ishte në intervalin $7,64 < A < 7,66$ m. Gabimi relativ do të ishte: $\Gamma_R = \Gamma_a/X = 0,01/7,65 = 0,0013$ ose i shprehur në përqindje $\Gamma_{R\%} = 0,13\%$.

Te aparatet matëse, për të caktuar klasën e saktësisë së aparatit (instrumentit), përdoret gabimi i të treguarit që është herësi në mes të gabimit absolut dhe shkallës maksimale të aparatit:

$$\Gamma_t = [(X' - X)/X_0] \cdot 100\%$$

ku është:

Γ_t - gabimi i të treguarit,

X_0 - shkalla maksimale e aparatit (instrumentit)

Gabimi absolut, relativ dhe gabimi i të treguarit të aparatit përdoren për të bërë korrigjimin e rezultatit matës prej gabimeve sistematike. Rezultati matës nuk konsiderohet i plotë nëse pranë tij nuk është caktuar gabimi absolut, respektivisht ai relativ i bërë për shkak të gabimeve sistematike. P. sh. Nëse me anë të peshores është matur masa e trupit të sportistit dhe ka vlerën prej 72 kg, atëherë mund të dihet se masa e tij është rreth 72 kg. Por kur konstatohet se masa e tij është 72 kg me saktësi 1%, atëherë dihet me siguri se masa e tij është përfshirë në intervalin:

$$[72 \text{ kg} - 1 \cdot 72/100 \text{ kg}] < m < [72 + 1 \cdot 72/100 \text{ kg}]$$

$$71,28 \text{ kg} < m < 72,72 \text{ kg}$$

$$m = (72 \pm 72) \text{ kg}$$

Nëse dihet vlera dhe shenja e gabimit sistematik, atëherë mund të bëhet edhe korrigjimi i vlerës së matur, d.m.th. pranë vlerës së matur mund të llogaritet edhe gabimi absolut dhe gabimi relativ, pra mund të çmohet saktësia e matjes. Te gabimet e rastit nuk dihet as vlera e as shenja e gabimit të bërë. Pasi nuk dihet as vlera e as shenja, nuk mund të llogaritet gabimi.

Për t'i korrigjuar gabimet e rastit dhe për të fituar rezultat se më të saktë, bëhen më shumë matje në kushte të njëjta (aty ku është e mundur), me instrumente të njëjta, me metodë të njëjtë si dhe me seriozitet të njëjtë, dhe vlera më e afërt e vlerës së saktë është mes i aritmetik i vlerave të matura:

$$X_{mes} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$$

Gabimi i rastit zvogëlohet (bie) me rrënjën katrore të numrit të matjeve n:

$$e = 1/\sqrt{n}$$

Për caktimin më korrekt të saktësisë së mesit aritmetik, si vlerë më e besueshme e madhësisë së matur, përdoret devijimi standard (shmangia kuadratike):

$$SD = \sqrt{[\sum(X_i - X_{mes})^2]/n - 1}$$

që në të vërtetë gabimi i matjes mund të shprehet me ndihmën e devijimit standard të rezultateve të veçanta të matjeve $X_1 - X_{mes}$, $X_2 - X_{mes}$ $X_n - X_{mes}$.

Nëse kërkohet saktësia e matjes së këtillë, atëherë duhet caktuar devijimin relativ standard ose koeficientin e variacionit:

$$K_v = [DS/X_{mes}] 100\%$$

Gabimi i matjeve të përsëritura mund të përcaktohet edhe me ndihmën e gabimit standard të mesit aritmetik, i cila bazohet në atë që u tha më sipër, se gabimi i rastit të vlerës mesatare varet nga numri i përsëritjes së matjeve. Për këtë arsye gabimi standard definohet si herësi i devijimit standard dhe rrënjës katrore të këtij numri:

$$\Gamma_s = DS/\sqrt{n}$$

Atëherë kur matjet direkte janë të pamundura, përdoren matjet indirekte. Mirëpo gjatë këtyre matjeve është e vështirë për të përcaktuar gabimin e matjes. Metodatat e llogaritjes së tyre janë të ndërlikuara. Në lidhje me këtë do të përmendim vetëm mënyrën që përdoret më së shpeshti, ku madhësia e matur në mënyrë indirekte llogaritet si produkt ose herës i madhësive të matura në mënyrë direkte. Nëse madhësia z matet indirekt nga madhësitë x dhe y , ku këto të fundit maten në mënyrë direkte, atëherë ajo llogaritet sipas formulas: $z = x \cdot y$ (ose $z = x/y$). Gabimi absolut llogaritet në bazë të dy veprimeve suksesive:

1. Fillimisht llogaritet gabimi relativ i kësaj matjeje si shumë e gabimeve relative të madhësive të matura direkt:

$$\Gamma_{Rz\%} = \Gamma_{Rx\%} + \Gamma_{Ry\%}$$

2. nga vlera e fituar paraprakisht llogaritet gabimi absolute si product I rezultatit të matjes dhe gabimit relative:

$$\Gamma_z = z \cdot \Gamma_{Ra\%}$$

P.sh. Nëse matja indirekte e shpejtësisë mesatare me vlerë $v = 5$ m/s është fituar nga rezultati i matjes së rrugës së kaluar dhe kohës ($v = s/t$), dhe nëse nevojitet të gjendet gabimi relativ dhe absolut për shpejtësinë, atëherë ato gjenden sipas barazimeve të mësipërme. Kur rruga dhe koha janë të matura me gabimet relative në përqindje prej 4% dhe 3%, atëherë gabimi relativ i matjes për shpejtësinë është: $\Gamma_{Rz\%} = 7\%$. Nga këtu mund të gjendet edhe gabimi absolut i cili e ka vlerën: $\Gamma_a = 5 \cdot 0,07 = 0,35$ m/s.

4. NJËSITË MATËSE

Çdo dukuri në natyrë nëse mund të shpjegohet dhe definohet saktësisht si dhe të shprehet matematikisht merr karakterin e një madhësie fizike. Të gjitha madhësitë fizike duhet të jenë të matshme dhe të tregohet se sa është vlera e tyre. Të shprehurit e madhësive fizike me vlerë të caktuar mund të bëhet nëse për çdo madhësi fizike dihen saktë njësitë me të cilat do të kishin mundur të maten ato. Për shumë madhësi fizike historikisht janë përdorur njësi të ndryshme matëse. Madje sot e kësaj dite shumë njësi matëse tradicionale të shumë shteteve janë në përdorim praktik. Përkundër kësaj përdorimi unik i njësive matëse është i rregulluar me ligjin mbi njësitë matëse dhe me masa të sakta janë definuar njësitë matëse. Sistemi ndërkombëtar i madhësive fizike dhe njësive (SI – Le système international d’unités) është obligativë për të gjitha vendet që janë nënshkruese të konventës mbi masat.

Në sistemin ndërkombëtar të njësive (SI) dallomë tri klasa të njësive:

- njësitë themelore (unités de base),
- njësitë e rrjedhura (unités dérivées),
- njësitë plotsuese (unités supplémentaires),

4. 1. Njësitë themelore matëse

Konferenca Gjenerale për Masa - CGPM, duke u bazuar në përparësitë e sistemit unik praktik, që do të përdorej në tërë botën, në të gjitha nivelet e bashkëpunimit shkencor dhe arsimor, ka vendosur që sistemi ndërkombëtar të bazohet në shtatë njësi të definuara mirë që cilësohen si njësi themelore. Njësitë themelore janë: metri, kilogrami, sekonda, amperi, kelvini, moli dhe kandela. Definicionet e njësive themelore kanë ndryshuar disa herë nga ana e Konferencës Gjenerale për Masa. Përkufizimet e këtyre njësive janë si më poshtë:

4. 1.1. Njësia për gjatësi

Njësia për gjatësi është metri (m). Metri është gjatësia e rrugës në vakum që e kalon drita për $1/299792458$ sekonda.

Prototipi i vjetër ndërkombëtar i precizuar në Konferencën e Parë Ndërkombëtare, më 1889, ende ruhet në Entin Ndërkombëtar për Madhësi dhe Peshoja në kushte plotësisht të njëjta, siç është precizuar më 1889.

4. 1.2. Njësia për masa

Njësia për masa është kilogrami (kg). Prototipi ndërkombëtar i kilogramit është i ndërtuar prej platinit dhe iridit dhe gjendet në Entin Ndërkombëtar për Madhësi dhe Peshoja në kushtet e definuara më 1889.

CGPM e 3-të, më 1901, me qëllim që të ndërprejë problemin e jodefinimit të termit “pesha” (poids), ka konkluduar se kilogrami është njësia për masë e jo njësi për peshë ose forcë.

4. 1.3. Njësia për kohë

Njësia për matjen e kohës është sekonda (s). Sekonda është koha e zgjatjes së $9\ 192\ 631\ 770$ periodave të rrezatimit që i përgjigjet kalimit në mes të dy niveleve hiper fine të gjendjes fundamentale të atomit të ceziumit 133.

Është parë se prototipi atomik i kalimit në mes të dy niveleve të një atomi mund të realizohet me saktësi, prandaj, më 1967, në CGPM të 13-të është aprovuar ky definicion për sekondën.

4. 1.4. Njësia për intensitetin e rrymës elektrike

Njësia për matjen e intensitetit të rrymës elektrike është amperi (A). Amperi është intensiteti i pandryshuar i rrymës elektrike, e cila, duke kaluar në dy përçues drejtvizorë, të gjatë pa

kufi, me prerje të vogël që nuk merret parasysh e që janë të vendosur në vakum në distancë 1 metër, shkakton në mes të dy përcuesve forcën në njësinë e gjatësisë prej 2×10^{-7} N/m.

Amperi pranohet si njësi për matjen e intensitetit më 1948 në CGPM, duke u mënjeluar njësitë e deriatëherëshme të ashtuquajtura “ndërkombëtare” për intensitetin e rrymës elektrike dhe për rezistencën elektrike.

4.1.5. Njësia për temperaturën termodinamike

Njësia për matjen e temperaturës termodinamike është kelvini (K). Kelvini është $1/273,16$ pjesë e temperaturës termodinamike të pikës së trefishtë të ujit.

Definicionin për njësinë e temperaturës termodinamike e ka dhënë CGPM e 10-të më 1954, kurse më 1967 e ka aprovuar thirrjen Kelvin (simboli K), në vend të shkallë Kelvin.

4. 1.6. Njësia për sasinë e materies

Njësia për matjen e sasisë së materies është moli (mol). Moli është sasia e materies së sistemit që përbëhet prej atome elementare sa ka atome në 0,012 kg të karbonit 12.

Ky definicion është aprovuar nga CGPM.

4. 1.7. Njësia për intensitetin e dritës

Njësia për matjen e intensitetit të dritës është candela (cd). Kandela është intensiteti i dritës në drejtimin e caktuar të burimit që emiton rrezatimi monokromatik me frekuencë 540×10^{12} Hz, e intensiteti energjetik i të cilit është $1/683$ vat për steradian.

Ky definicion është futur në CGPM më 1979, duke u larguar nga përdorimi njësitë për intensitetin e dritës që janë bazuar në etalone me flakë ose me fije të skuqura.

Pasqyra mbi madhësitë themelore fizike dhe njësitë e tyre matëse është dhënë në tabelën 1.

Madhësia fizike		Njësia themelore e SI	
Emërtimi	Simboli	Emërtimi	Simboli
Gjatësia	l	metër	m
Masa	m	kilogram	kg
Koha	t	sekondë	s
Rryma elektrike (intensiteti)	I	amper	A
Temperatura termodinamike	T	kelvin	K
Sasia e substancës (materies)	n	mol	mol
Intensiteti i dritës	I_d	kandela	cd

Tabela 1: Madhësitë themelore fizike dhe njësitë themelore matëse (SI)

Simbolet e njësive shkruhen me shkronja të alfabetit latin. Ato kryesisht shkruhen me shkronja të vogla, por nëse simbolet janë nxjerrë prej emrit të njësisë atëherë përdoren shkronjat e mëdha. Pas simboleve nuk vihet pikë dhe simbolet nuk ndryshojnë në shumës.

4. 2. Njësitë e nxjerrura matëse

Në të shumtën e rasteve përdoren vetëm tri madhësitë e para themelore (tabela 1), respektivisht njësitë e tyre matëse (metër, kilogram dhe sekondë) dhe nga këto rrjedhin edhe madhësi të tjera mekanike (tabela 6), ndërsa nga shtatë madhësitë themelore

fitohen të gjitha madhësitë tjera, dhe ato quhen madhësi fizike të rrjedhura.

Për të definuar dukuritë e ndryshme që ndodhin në natyrë nuk mjaftojnë vetëm madhësitë fizike themelore. Madhësitë të cilat dalin me zbatimin e operacioneve matematikore (prodhimi, pjesëtimi dhe fuqizimi) të madhësive themelore fizike quhen madhësi të rrjedhura fizike, kurse njësitë e tyre matëse dalin nga njësitë e madhësive themelore fizike. Disa njësi të rrjedhura kanë simbole dhe emërtime të veçanta (tabela 2), kurse të kombinuara me njësitë e tjera themelore ose me njësi të tjera të rrjedhura japin njësi të reja të rrjedhura. Një pjesë e mirë e njësive matëse të madhësive fizike kanë marrë emrat e shkencëtarve të mëdhenjë të cilët kanë bërë zbulime epokale. Në tab. 2 janë disa nga emrat e tyre si dhe njësia që matë një madhësi fizike.

Madhësia fizike	Emërtimi i njësisë		Simboli	Definimi i njësisë	Emërtimi sipas shkencëtarit
Forca	Newton	njutën	N	kgms^{-2}	Isaac Newton (1642-1727)
Shtypja	Pascal	paskal	Pa	$\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$	Blaise Pascal (1623-1662)
Energjia	Joule	xhul	J	$\text{kgm}^2\text{s}^{-2}$	James Prescott Joule (1818-1889)
Fuqia	Watt	vat	W	$\text{kgm}^2\text{s}^{-3}$	James Watt (1736-1819)
Frekuenca	Hertz	herc	Hz	s^{-1}	Heinrich Hertz (1857-1894)

Tabela 2. Disa njësi të rrjedhura të SI me emërtimet (simbolet) e tyre

Njësitë e nxjerrura mund të grumbullohen në tre grupe. Në grupin e parë janë grumbulluar njësitë e nxjerrura që nuk kanë emër të veçantë (tabela 3), në grupin e dytë (tabela 4) janë grumbulluar njësitë e nxjerrura me emër të veçantë, si dhe në grupin e tretë (tabela 5) janë grumbulluar njësitë e nxjerrura pa emër të veçantë por me kombinimin e njësive themelore dhe të nxjerrura. Të gjitha këto njësi shërbejnë për të matur madhësitë nga lëmi i mekanikës, termodinamikës, elektroteknikës, optikës etj.

Madhësia	Emri i njësisë matëse	Simboli
Sipërfaqja	Metër në katror	m^2
Vëllimi	Metër në kub	m^3
Momenti gjeometrik i inercionit	Metër në fuqinë e katërt	m^4
Shpejtësia	Metër për sekondë	m/s
Nxitimi	Metër për sekondë në katror	m/s^2
Numri i valëve	Një për sekondë	$1/s$
Koncentrimi (i sasisë së materies)	Mol për sekondë	mol/s
Aktiviteti (radioaktiv)	Një për sekondë	s^{-1}
Pulçacioni	Një për sekondë	s^{-1}
Masa vëllimore	Kilogram për metër kub	kg/m^3
Vëllimi i masës	Metër në kub për kilogram	m^3/kg
Luminansa	Kandelë për metër në katror	cd/m^2
Viskoziteti kinematik	Metër në kub për sekondë	m^3/s
Rrjedhja e masës	Kilogram për sekondë	kg/s
Momenti i inercionit	Kilogram për metër katror	kg/m^2
Dendësia e rrymës	Amper për metër në katror	A/m^2
Dendësia lineare e rrymës	Amper për metër	A/m
Fusha magnetike	Amper për metër	A/m
Momenti magnetik	Amper për m. në katror	A/m^2
Magnetizmi	Amper për metër	A/m
Difuziteti magnetik etj.	Metër në katror për sekondë	m^2/s

Tabela 3. Njësitë e nxjerrura që nuk kanë emër të veçantë

Madhësia	Emri i njësisë	Simboli	Shprehja me simbole të njësive themelore
Frekuenca	Herc	Hz	s^{-1}
Forca	Njutën	N	$m\ kg\ s^{-2}$
Shtypja	Paskal	Pa	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
Energjia, puna, sasia e nxehtësisë	Xhul	J	$m^2\ kg\ s^{-2}$
Fuqia, fluksi energjetik	Vat	W	$m^{-2}\ kg\ s^{-3}$
Sasia e elektricitetit	Kulon	C	A s
Tensioni elektrik	Volt	V	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
Kapaciteti elektrik	Farad	F	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^{-4}\ A^2$
Rezistenca elektrike	Om	Ω	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
Përçueshmëria	Simens	S	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
Fluksi i induksionit magnetik	Veber	Wb	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
Induksioni magnetik	Teslla	T	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
Induktiviteti	Henri	H	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
Fluksi i dritës	Lumen	lm	$cd\ m^2\ m^{-2}$
Sasia e dritës	Lux	lx	$m^{-2}\ cd\ m^2\ m^{-2}$
Aktiviteti	Becquerei	Bq	s^{-1}
Doza e absorbuar	Grej	Gy	$m^2\ s^{-2}$
Temperatura	Shkallë cel.	$^{\circ}C$	K

Tabela 4. Njësitë e nxjerrura me emër të veçantë

Madhësia	Emri	Simboli
Viskoziteti dinamik	Paskal sekonda	Pa s
Momenti i forcës	Njutën metri	N m
Shtypja sipërfaqësore	Njutën për metër	N/m
Dendësia e fluksit termik	Vat për metër katror	W/m ²
Entropia	Xhul për Kelvin	J/K
Entropia e masës	Xhul për kilogram kelvin	J/(kg K)
Energjia e masës	Xhul për kilogram	J/kg
Përçueshmëria e nxehtësisë	Vat për metër Kelvin	W/(m K)
Energjia vëllimore	Xhul për metër kub	J/m ³
Dendësia vëllimore elektrike	Kulon për metër kub	C/m ³
Intensiteti i fushës elektrike	Volt për metër	V/m
Permeabiliteti	Henri për metër	H/m
Energjia molare	Xhul për mol	J/mol

Tabela 5. Njësitë e nxjerrura pa emër të veçantë por me kombinimin e njësive themelore dhe të nxjerruara

Përveç madhësive themelore, në matjet biomekanike mund të përdoren edhe madhësi të nxjerrura. Madhësitë e nxjerrura që përdoren më së tepërmi në matjet biomekanike janë paqyruarë në tabelën 6.

Madhësia fizike dhe formula e saj	Emri i njësisë	Simboli	Shprehja në njësitë themelore të SI
Gjatësia l, rrezja e rrotullimit $r = l$	metri		m
Spërfaqja $S = l^2$	metër në katror		m ²
Vëllimi $V = l^3$	metër në kub		m ³
Frekuenca $f = 1/t$	herc	Hz	1/s
Shpejtësia $v = l/t$	metër për sekondë		m s ⁻¹
Nxitimi $a = l/t^2$	metër për sekondë në katror		m s ⁻²
Shpejtësia këndore $\omega = \varphi/t = v/r$	radian për sekondë		rad/s ⁻¹
Nxitimi këndor $\alpha = \varphi/t^2 = a/r$	radian për sekondë në katror		rad/s ⁻²
Nxitimi qendror $a_r = v^2/r = \omega^2 r$	metër për sekondë në katror		m s ⁻²
Dendësia $\rho = m/V$	kilogram për metër në kub		kg m ⁻³
Forca $F = m a$	njutën	N	kg m s ⁻²
Pesha $G = m g$	njutën	N	kg m s ⁻²
Forca fërkimit $F_{fr} = k_{fr} N$	njutën	N	kg m s ⁻²
Forca qendrore $F_c = m v^2/r = m \omega^2 r$	njutën	N	kg m s ⁻²

Forca e deformimit elastik $F_e = k_e D_x$	njutën	N	kg m s^{-2}
Shtypja $P = F/S$	paskal	P_a	$\text{N m}^{-2} = \text{m}^3 \text{kg s}^{-1}$
Impulsi $J = F t = m v$	njutën sekondë ose kg m për sek.		$\text{N s} = \text{kg m s}^{-1}$
Momenti i inercinit $I = m r^2$	kilogram metër në katror		Kg m^2
Momenti i forcës $M = F r = I \alpha$	njutën metër		$\text{N m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
Momenti i impulsit $M = J/r$	njutën sekondë për metër ose kg për s		$\text{N s m}^{-1} = \text{kg s}^{-1}$
Puna $A = F s$	xhul	J	$\text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
Energjia kinetike $E_k = m v^2/2 = I v^2/2$	xhul	J	$\text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
Energjia potenciale $E_p = m g h = G h$	xhul	J	$\text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
Energjia e defomimit elastik $E_e = k_e \Delta x^2/2$	xhul	J	$\text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
Fuqia $P=A/t = F v$	vat	W	$\text{J/s} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$

Tabela 6: Madhësitë e nxjerrura që përdoren më së tepërmi në matjet biomekanike

4. 3. Njësitë plotësuese

Këto njësi janë futur në këtë kategori duke mos pasur qëndrim unik anëtarët e Konferencës Gjenerale. Ata nuk kanë mundë të vendosin se a duhet futurë këto njësi në grupin e njësive themelore apo në grupin e njësive të nxjerrura, ashtu që ua kanë lënë komiteteve nacionale mundësinë të vendosin edhe ndryshe. Në këtë grup bën pjesë njësia e këndit (radiani) dhe njësia e këndit hapësinor (steradiani) (tabela 7).

Definimi i këtyre dy njësive është si më poshtë:

Radiani është këndi në rrafsh në mes të dy rrezeve që përfshijnë në rreth harkun që është barazi me rrezen e rrethit.

Steradiani është këndi hapësinor që duke pasur kulmin në qendrën e topit, përfshin në sipërfaqen e topit sipërfaqe që është barazi me sipërfaqen e katrorit, brinja e të cilit është e barabartë me rrezen e topit.

Madhësia	Emri i njësisë	Simboli
Këndi në rrafsh	radian	rad
Këndi hapësinor	steradian	sr

Tabela 7. Njësitë plotësuese

Ngjashëm me njësitë themelore, njësitë plotësuese shërbejnë për të fituar disa njësi të nxjerrura. Në tabelën 8, janë dhënë njësitë e nxjerrura që përdorin si bazë njësitë plotësuese.

Madhësia	Emri i njësisë	Simboli
Shpejtësia këndore	radian për sekondë	rad/s
Nxitimi këndor	radian për sekondë në katror	rad/s ²
Intensiteti energjetik	vat për steradian	W/sr
Luminimi energjetik	vat për metër në katror steradian	W/m ² sr

Tab.8 Njësitë e nxjerrura që përdorin si bazë njësitë plotësuese

Edhe pse preferohet dhe lejohet vetëm përdorimi i njësive të sistemit ndërkombëtar (SI), megjithatë ligjëvënësi varësisht nga vendi dhe varësisht nga lloji i aktivitetit të institucionit (organizatës) ka dhënë njësitë jashtë sistemit ndërkombëtar SI, por që mund të përdoren pranë SI. Kjo kategori e njësive të cilat përdoren në disiplina të veçanta emërtohen si njësi pranë sistemit ndërkombëtar (tabela 9).

Madhësia	Njësia	Simboli	Shndërrimi në SI
Gjatësia	mila detare		1852 m
Gjatësia	njësi astronomike		$1,4959787 \cdot 10^{11}$ m
Sipërfaqja	ari	a	100 m
Sipërfaqja	hektari	ha	1000 m ²
Vëllimi	litri	l	10 ⁻³ m ³
Këndi	shkalla	°	$\pi/180$ rad
Këndi	minuta	'	$\pi/(180 \cdot 60)$ rad
Këndi	sekonda	''	$\pi/(180 \cdot 60 \cdot 60)$ rad
Këndi	goni	g	$\pi/200$ rad
Koha	minuta	min	60 s
Koha	ora	h	(60 · 60) s
Koha	dita	d	(24 · 60 · 60) s
Shpejtësia	nyni		0,514 m/s
Masa	tona	t	1000 kg
Masa	njësia atomike e masës	u	1/12 e masës së atom të nuklidit 10 ¹²
Masa e linjës	teksti	tex	Kg/m
Shtypja	bari	bar	10 ¹⁵ Pa
Energjia	elektronvolti	eV	10 ⁻¹⁹ J
Fuqia dukshme	voltamper	VA	1 W
Fuqia reaktive	voltamper reaktiv	VA _r	1 W

Tabela 9. Njësitë jashtë SI dhe marrëdhënia e tyre me njësitë përkatëse të SI

Nga ana tjetër ekziston edhe një numër i caktuar njësive të cilat nuk lejohen të përdoren pranë sistemit ndërkombëtar të njësive.

Poashtu ka edhe një kategori tjetër të njësive të cilat në disa vende janë në përdorim, kurse në vende të tjera nuk përdoren. Kjo ndodhë për arsye se disa vende e kanë bërë traditë përdorimin e disa njësive, ashtu që me rregullativat e tyre ligjore një gjë e tillë lejohet krahas përdorimit të njësive sipas SI. Prandaj është e rëndësishme të dihet shndërrimi i sistemit të njësive matëse tradicionale në njësitë matëse të Sistemit Ndërkombëtar të Njësive (SI).

Definimi i njësive matëse të madhësive të rrjedhura fizike bëhet sipas njësive gjegjëse të madhësive fizike themelore. P. sh. Njësia matëse për forcën është N (njutni). Mirëpo njutni është njësi matëse e rrjedhur e cila mund të definohet me kg, m dhe s. Barazimi për forcën është $F = m a$, ku masa (m) është madhësi fizike themelore dhe njësia e saj matëse është kg, nxitimi (a) është madhësi fizike e rrjedhur nga $a = v/t$ dhe njësia matëse e tij është m/s^2 . Nëse këto i zëvendësojmë në barazimin për forcën $F = m a$, atëherë del se: $F = m a (=) \text{kg m/s}^2 = \text{kg m s}^{-2}$, sepse $1/s^2 = s^{-2}$, pra $1/s^2$ shprehet si eksponent me parashenjë negative. Njëjtë mund të definohen, respektivisht sqarohen zëvendësimet e njësive matëse të rrjedhura me njësitë matëse për madhësitë themelore.

Shumëfishat dhe nënfishat e sistemit ndërkombëtar (SI) të njësive

CGPM, i ka precizuar shumëfishat dhe nënfishat e sistemit ndërkombëtar të njësive.

Shumëfishat dhe nënfishat e njësive matëse shprehen me prefikset përpara simbolit të njësisë që janë në përdorim zyrtarë të SI, p. sh. kilometër, kilonjutën, hektopaskal, milisekundë, megabajt etj. Preferohet që të mos përdoren shumëfishat: deka dhe

hekto si dhe nënfishat: deci dhe centi sa herë që është e mundur. Shumëfishat dhe nënfishat e SI të njësive janë dhënë në tab. 10.

Prefiksi	Simboli	Faktori
eksa (exa)	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hekto (hecto)	h	10^2
deka (deca)	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili (milli)	m	10^{-3}
mikro (micro)	m	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko (pico)	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
ato (atto)	a	10^{-18}

Tabela 10: Prefiksat në përdorim të SI

Kur duam që të shndërrojmë nënfishin e një njësie matëse në njësinë bazë atëherë duhet të përdorim raportet sipas tabelës 8. Kështu nëse në përdorim praktik matja e kohës më shpesh bëhet me orë (h), për njësi bazë të kohës duhet përdorur sekondën (s), ose nëse gjatësia është e shprehur me kilometër (km) ndërsa duhet gjetur njësinë bazë për matjen e gjatësisë metrin (m).

Shpeshëherë kur nevojitet matja e ndonjë madhësie fizike me njësinë e saj matëse, vlera e njësive matëse është e shprehur në shumëfishin ose nënfishin e saj. P. sh. Matja e gjatësisë shumë shpeshë në praktikë bëhet me kilometër. Nëse na intereson sa është largësia ndërmjet Londrës dhe Njujorkut, shumë jopraktike

do të ishte po ta shprehim atë distancë në metra. Sigurisht që më lehtë për ta mbajtur në mend dhe më e kuptueshme do të jetë që atë distancë ta shprehim në kilometra, madje në vendet anglosaksone edhe në milje (si njësi matëse për gjatësi, akoma në përdorim të gjerë). Nëse dëshirojmë që të tregojmë sa zgjatë rruga Shkup – Vjenë me aeroplan, do të themi se ajo zgjatë 1 orë (1 h), nga ana tjetër shumë jopraktike është po ta shprehim atë kohëzgjatje me sekonda ($3600s = 1h$), edhe pse sekonda është njësi themelore (bazë) për matjen e kohës.

Raporti i disa shumëfishave dhe nënfishave të njësisë matëse për gjatësinë (metri) është dhënë në tabelën 9. Varësisht nga nënfishi ose shumëfishi i njësisë bazë, në rastin konkret për metrin, ashtu e merr edhe emrin njësia matëse.

Nëse e shprehim milimetrin në metër raporti do të jetë: $1mm = 10^{-3} m = 0,001m$, që do të thotë se 1mm është e njëmijta pjesë e metrit, apo anasjelltas nëse një metër e shprehim me milimetra nga barazimi i mësipërm del se: $1mm = 10^{-3} m = 1/10^3 m \Rightarrow 1m = 10^3 mm = 1000mm$.

Nëse kilometrin e shprehim me metër raporti do të jetë: $1km = 10^3 m = 1000m$, që do të thotë se kilometri është një mijë herë më i madhë se metri pasi që kur e shumëzojmë metrin me numrin një mijë ai jep një kilometër. Anasjelltas, nëse një metër e shprehim me kilometër nga barazimi paraprak del se: $1km = 10^3 m = 1/10^{-3} m \Rightarrow$

$1m = 10^{-3} km = 0,001km$, dhe mund të thuhet se një metër është e njëmijta pjesë e kilometrit. Njëjtë vepohet edhe për shumëfishat dhe për nënfishat tjerë të metrit. Poashtu edhe te njësitë tjera matëse vepohet në mënyrë të njëjtë si te shembujt paraprak dhe si te tabela 11.

Njësia matëse - metër (m)			
Nënfishi i metrit		Shumëfishi i metrit	
10^{-18}	atometër (am)	10^{18}	eksametër (Em)
10^{-15}	femtometër (fm)	10^{15}	pentametër (Pm)
10^{-12}	pikometër (pm)	10^{12}	tetrametër (Tm)
10^{-9}	nanometër (nm)	10^9	gigametër (Gm)
10^{-6}	mikrometër (micm)	10^6	megametër (Mm)
10^{-3}	milimetër (mm)	10^3	kilometër (km)
10^{-2}	centimetër (cm)	10^2	hektometër (hm)
10^{-1}	decimetër (dm)	10^1	dekametër (dam)

Tabela 11: Raporti i metrit si njësi matëse bazë e gjatësisë me nënfishet dhe shumfishet e tij.

Po japim edhe disa shembuj që në praktikë kanë të bëjnë me përdorimin e njësive matëse si nënfisha ose shumfisha të një njësie matëse.

Shembulli 1: Gjatësinë e rrugës (L) atleti e ka përshkruar për $t = 25$ minuta. Shpejtësia mesatare me të cilën ka vrapuar atleti është $v = 15\text{km/h}$. Sa është gjatësia e rrugës $L = ?$

Sipas barazimit për rrugën $L = v t = 15\text{km/h} / 25\text{min}$

Në fillim bëjmë shndërrimin e kilometrit (km) si shumëfish për metër në njësinë bazë për matjen e gjatësisë metër (m): $1\text{km} = 1000\text{m} = 10^3\text{m}$, ndërsa njësia bazë për matjen e kohës është sekonda (s), pra duhet shndërruar minutën (min) në sekonda (s) dhe më pas orën (h) në sekonda: $1\text{min} = 60\text{s}$, ndërsa $1\text{h} = 60\text{min}$

= 60x60s = 3600s. Tani mund të zëvendësojmë në barazimin për gjetjen e gjatësisë:

$$L = v t = 15\text{km/h}/25 \text{ min} = 15 \times 1000\text{m}/3600\text{s}/25 \times 60\text{s} = 15000\text{m}/3600\text{s}/1500\text{s} = 4.166\text{m/s} \cdot 1500\text{s} = 6250\text{m}.$$

Shembulli 2: Shtegu që duhet kaluar në pishinë është i gjatë $L = 100\text{m}$. Sportisti noton me shpejtësi mesatare prej $v = 10 \text{ km/h}$. Për çfarë kohe do ta kalojë shtegun sportisti $t=?$

Çdo herë kur kërkohet koha ajo duhet shprehur në sekonda si njësi matëse bazë e sistemit ndërkombëtar (SI) për kohën.

Sipas barazimit për gjetjen e rrugës del se: $L = v t \Rightarrow t = L/v = 100\text{m}/10\text{km/h}$.

Fillimisht shohim se cilat nga njësitë matëse duhet shndërruar në njësitë e tyre bazë. Sipas vlerave të dhëna del se rruga L është e shprehur në njësinë bazë për matjen e saj, pra ajo është e shprehur në metra (m). Shpejtësia është e shprehur në kilometër për orë (km/h), pra nuk është e shprehur në njësinë bazë për matjen e shpejtësisë. Prandaj në fillim duhet bërë shndërrimin e kilometrit në metër (km \rightarrow m) e poashtu edhe shndërrimin e orës në sekonda (h \rightarrow s). Sipas raportit të kilometrit me metrin del se $1\text{km} = 1000\text{m}$, kurse raporti i orës me sekondën është $1\text{h} = 60\text{min} = 60 \cdot 60\text{s} = 3600\text{s}$. Kur bëjmë zëvendësimin e vlerave bazë të njësive matëse për gjetjen e kohës fitojmë:

$$t = L/v = 100\text{m}/10\text{km/h} = 100\text{m}/10 \times 1000\text{m}/3600\text{s} = 100\text{m}/10000\text{m}/3600\text{s} = 100\text{m}/2.77\text{m/s} = 36\text{s}. \text{ Do të thotë se shtegu do të kalohet për 36 sekonda.}$$

Shembulli 3: Nëse atleti vrapimin e tij në 100m e realizon për 11s. Sa do të jetë shpejtësia mesatare e atletit gjatë vrapimit?

Njejtë sikurse te detyrat paraprake zbatojmë barazimin për rrugën: $L = vt \Rightarrow$

$v = L/t$. Mirëpo në këtë rast njësitë për matjen e rrugës dhe kohës janë të shprehura me vlerat e njësive bazë të tyre. $v = L/t = 100\text{m}/11\text{s} = 9,09\text{m/s}$. Njësia bazë për matjen e shpejtësisë është m/s dhe nga ana tjetër përdorimi praktik dhe më i kuptueshëm si konceptim tradicional te ne për njësinë matëse të shpejtësisë

është km/h. Andaj nëse dëshirojmë ta shndërrojmë m/s në km/h, duhet të shfrytëzojmë tabelat e mësipërme dhe të veprojmë si më poshtë:

$1\text{m} = 10^{-3}\text{km} = 0,001\text{km}$, kurse $1\text{s} = 1/3600\text{h} = 0,00027\text{h}$ dhe tani mund të zëvendësojmë në barazimin për gjetjen e shpejtësisë:

$$v = L/t = 100\text{m}/11\text{s} = 9,09\text{m/s} = 9,09 \cdot 0,001\text{km}/0,00027\text{h} = 0,00909\text{km}/0,00027\text{h} = 33,66\text{km/h}.$$

LITERATURA

- Adrian MJ and Cooper JM. (1989). Biomechanics of human movement. Benchmark Press, Inc. Indianapolis.
- Barham JN. (1978). Mechanical kinesiology. The CV Mosby Co. St Louis.
- Bennett MS et al. (1988). Biomechanics in sport. Mechanical Engineering Publications, Ltd. London.
- Bubanj, R. (1998). Osnovi primenjene biomehanike u kineziologiji. Univerzitet u Nišu. Filozofski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. Fakultet za fizičku kulturu. Niš, Novi Sad.
- Enoca, R.M. (988). Neuromechanical basis of kinesiology. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- Hall, S. (1999). Linear kinetics of human movement. Basic biomechanis. International edition. Mc Graw-Hill New York, Boston.
- Hubbard M. (1989). Biomechanics of sport. Fla. CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Jarić, S. (1996). Biomehanika humane lokomocije sa osnovama biomehanike sporta. Fakultet fizičke kulture Univerziteta u Beogradu.
- Kovač, J. (1979). Ispitivanje stepena ispoljene mišićne sile različitog intenziteta kompleksnom, elektromiografskom, dinamografskom i goniografskom metodom. D. disertacija. FFV. Beograd.
- Medved, V. (2000). Human locomotin. CRC Press. Boca Ration. London New York Washington, D.C.
- Nordin M and Frankel VH. (1989). Basic biomechanics of the musculoskeletal system (2nd ed.). Lea & Febiger. Philadelphia.

- Opavsky, P. (1998). Uvod u biomehaniku sporta. FFK. Beograd.
- Sammarco Gj. (1989). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 2nd ed. Lea and Febiger. Philadelphia.
- Townend MS. (1984). Mathematics in sport. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Tufekćievski, A. (2000). Biomehanika na čovekoviot lokomotoren sistem. Fakultet za fizička kultura. Skopje.
- Watanabe K. (1989). Biomechanics of sport. Fla. CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Wilson BD, McDonald M, and Neal RJ. (1987). Bimechanics. Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign.
- Zuckerman JD and Matsen FA. (1989). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 2nd ed. Philadelphia. Lea & Febiger.

Kistler

[http:// www. kistler. com](http://www.kistler.com)

Describes a series of force platforms for measuring ground reaction forces.

Physics Lecture Notes

[http:/ sutherland. monroe. edu/HTML notes/ lecturenotes. html](http://sutherland.monroe.edu/HTML/notes/lecturenotes.html)

Includes links to pages on a number of topics from mechanics, including Newtons Laus, momentum and work, power and energy.