

Müomeetriameetodil määratud skeletilihaste biomehaaniliste parameetrite seos arteriaalse hüpertooniaga

Arvid Vain¹, Thea Toomla¹, Hubert Kahn² – ¹TÜ eksperimentaalfüüsika ja tehnoloogia instituut, ²Tervise Arengu Instituut

hüpertoonia, skeletilihase, müomeetria

Uurimuse eesmärgiks oli selgitada originaalse mitteinvasiivse müomeetri (autor bioloogiadoktor Arvid Vain) võimalusi objektiveerida kutsetööst põhjustatud lihaste füüsilist ülekoormust ning sel viisil täiustada lihaspingete, müofastsiaalsete valude ja teiste, peamiselt subjektiivsetel valuaistingutel põhinevate lihasepatoloogiate diagnoosimist. Selle töö suuremahulise materjali läbitöötamisel selgus, et lisaks üldtuntud positiivsele korrelatsioonile vanuse, kehamassi indeksi ja arteriaalse hüpertoonia vahel on täheldatavad teatud seos ka müomeetri abil määratud skeletilihaste parameetrite ja arteriaalse hüpertoonia vahel.

Arteriaalne hüpertensioon on põhjustatud väikeste veresoonte konstriksioonist, mis võib tekkida kesknärvisüsteemist lähtunud impulsatsioonist veresoonte silelihastele või inimorganismi mõningate ainete toimest. Selle uuringu eesmärk oli statistiliste mudelite abil selgitada vere mikrotsirkulatsiooni seisundit sõltuvalt skeletilihaste toonuse parameetritest ning nende seost arteriaalse vererõhuga.

Meetodid ja uuritavad

Töötajate tervisekontroll tehti töötervishoiu ja tööhutuse seaduse ning sotsiaalministri kehtestatud töötajate tervisekontrolli korra alusel (24.04.2003. a määrus nr 74). Töötervishoiuarst-sisearst ja töötervishoiuarst-närviarst uurisid töötajaid oma eriala aspektist, osutades peamiselt tähelepanu lihaseaparaadi seisundile. Arteriaalset vererõhku mõõdeti standardsel meetodil *a. cubitalis*'e peal *fossa cubitalis*'e piirkonnas. Vererõhu mõõtmiseks kasutati OMRON M4-1 vererõhu-pulsi mõõturit ja kõrgete vererõhuväärtuste täiendavaks kontrolliks YAMASU sfügmomanomeetrit. Vererõhuväärtuste tõlgendamisel lähtuti Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO) kriteeriumist.

Müomeetriameetod ja -seade on loodud skeletilihaste parameetrite määramiseks ja lihaste toonuse muutuste monitooringuks. Müomeetri abil mõõde-

tavad parameetrid on 1) skeletilihase omavõnkesagedus, mis iseloomustab lihase pinget ehk toonust ja avaldub $\nu = \frac{1}{T}$, kus ν on omavõnkesagedus [Hz], T on võnkeperiood [s]; 2) logaritmiline dekrement, mis iseloomustab lihase elastsust, s.t lihase võimet taastada pärast kokkutõmmet oma esialgne kuju ja vabalt sumbumise võnkumiste logaritmiline dekrement avaldub $\Theta = \ln \frac{A_2}{A_4}$, kus Θ on sumbumise logaritmiline dekrement, A_2 on teise võnke sumbumise amplituud [s], A_4 on neljanda võnke sumbumise amplituud [s]; 3) jäikus, mis iseloomustab lihase omadust osutada vastupanu tema kuju muutvale jõule ja avaldub $C = \frac{m \cdot a_{max}}{\Delta l}$, kus m on müomeetri löökotsiku mass [kg], a_{max} on kiirendus

Tabel 1. Ülevaade uuringus osalenutest

1796 uuritavat	864 meest	426 vanus < 35 a	216 KMI < 25
		438 vanus > 35 a	210 KMI > 25
	932 naist	354 vanus < 35 a	103 KMI < 25
			335 KMI > 25
		578 vanus > 35 a	269 KMI < 25
			85 KMI > 25
		205 KMI < 25	
		373 KMI > 25	

Tabel 2. Arteriaalse vererõhu keskmised ± SD (mm Hg) vaatlusrühmades

		Mehed		143,59 ± 12,97	
Vanus < 35 a	137,49 ± 13,44	Vanus > 35 a	149,46 ± 22,52		
KMI < 25	134,37 ± 12,91	KMI > 25	152,94 ± 22,29		
	140,67 ± 13,26	KMI < 25	137,97 ± 19,30		
		KMI > 25	145,51 ± 22,06		
		Naised		133,84 ± 20,44	
Vanus < 35 a	123,10 ± 12,55	Vanus > 35 a	140,42 ± 21,53		
KMI < 25	121,49 ± 11,95	KMI > 25	145,51 ± 22,06		
	128,22 ± 13,11	KMI < 25	131,10 ± 16,96		
		KMI > 25	145,51 ± 22,06		

hetkel, kui löökotsik on uuritava lihase kõige enam kokku surunud [m/s²], Δl on deformatsioon [m].

Antropomeetristest näitajatest määrati kehamass meditsiinilise kaaluga (firma SOEHNLE) ja kehapiikkus metallantropomeetri abil.

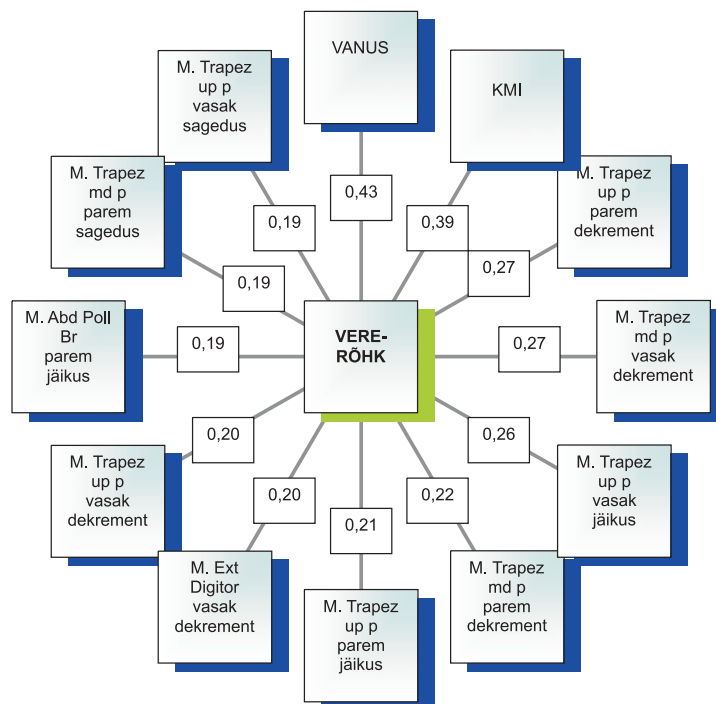
Kehamassi indeks arvutati järgmiselt: $KMI = \frac{N}{h^2}$, kus N on keha mass [kg] ja h on keha pikkus [m].

Statistilisel andmetöötlusel kasutati kirjeldava statistika ja korrelatsioonide saamiseks programmi Statistica ning WizWhy programmi leidmaks sõltuvusi vererõhu ja lihaste parameetrite vahel.

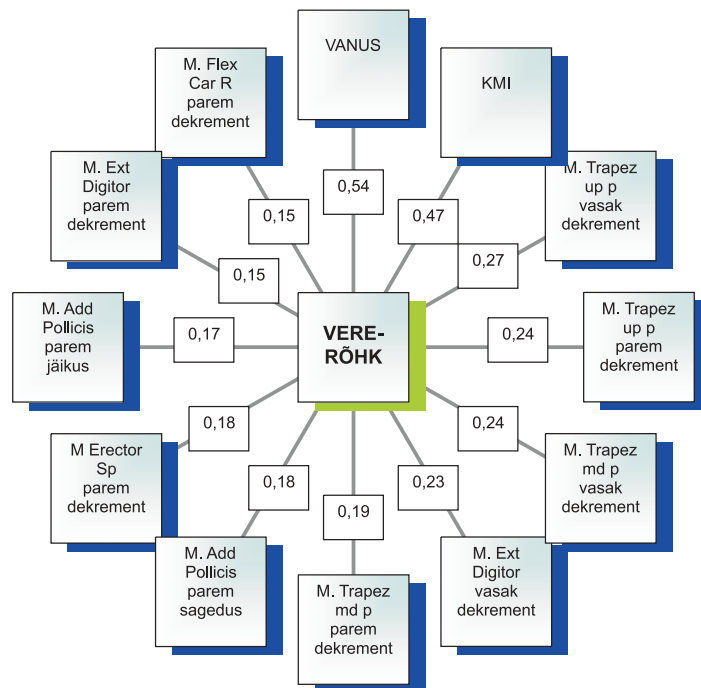
Kokku uuriti 1796 töötajat vanuses 19–74 aastat ja kehamassi indeksiga 16–46. Uuriti õmb-lusvabrikus, masinatööstuses, nahatööstuses, linnu-vabrikus, puidutööstuses, autoteeninduses ja ka arvu-tiga töötavaid inimesi. Uuringus osalenud töötajad jagati soo (mehed ja naised), vanuse (kuni 35 aastat ja üle 35 aasta) ning kehamassi indeksi (KMI) järgi (kuni 25 ja üle 25) kaheksaks rühmaks (vt tabel 1).

Tulemused

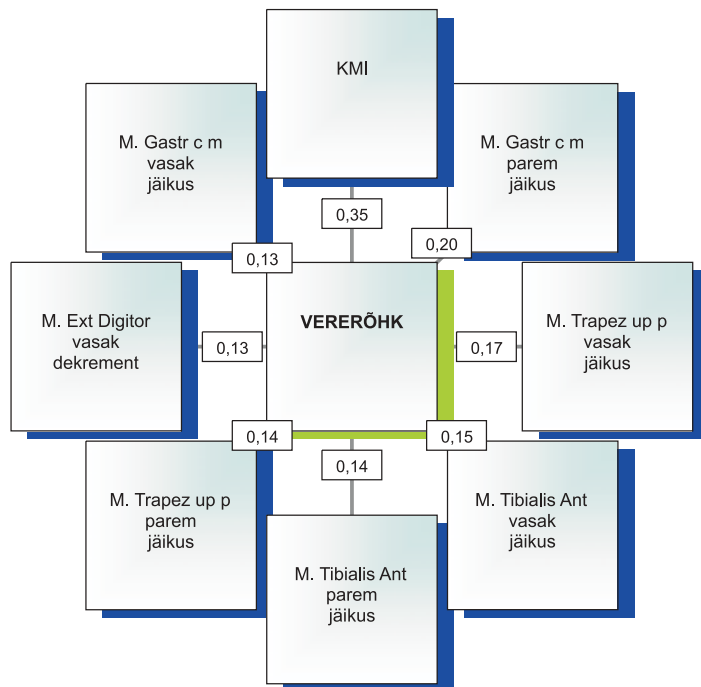
Uuritud kaheksa rühma arteriaalse vererõhu keskmised ± standardhälve (SD) on toodud tabelis 2.



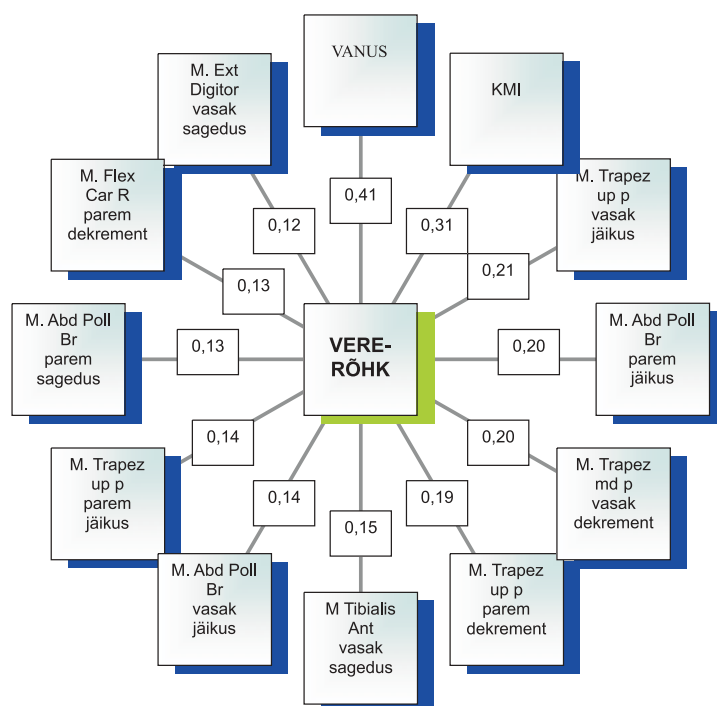
Joonis 1. Korrelatiivne mudel vererõhu ja uuritud parameetrite kohta. Mehed, n = 864.



Joonis 2. Korrelatiivne mudel vererõhu ja uuritud parameetrite kohta. Naised, n = 932.



Joonis 3. Korrelatiivne mudel vererõhu ja uuritud parameetrite kohta. Mehed, vanus < 35 aastat, n = 426.



Joonis 4. Korrelatiivne mudel vererõhu ja uuritud parameetrite kohta. Mehed, vanus > 35 aastat, n = 438.

Kõikides rühmades oli keskmiste erinevus statistiliselt oluline kõrgel usaldusnivool $p < 0,000001$.

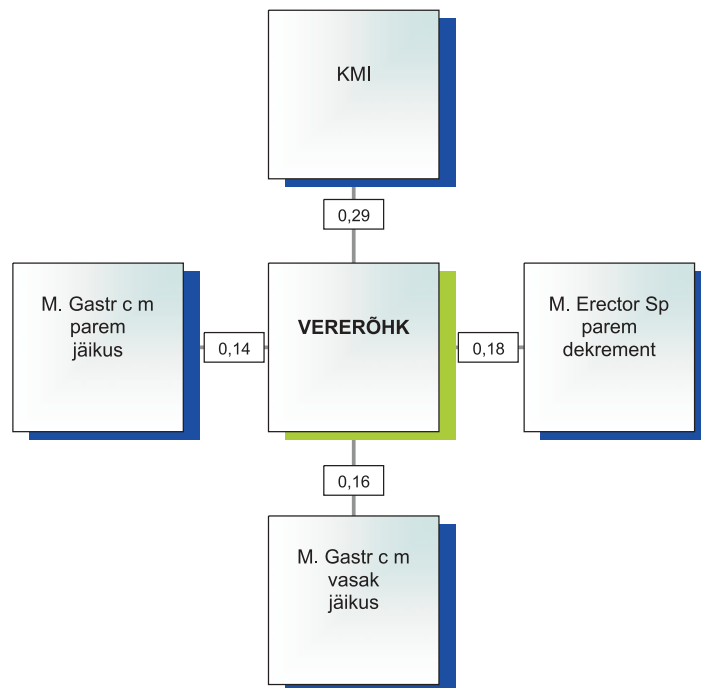
Statistilised mudelid koostati seostest, mille korral $p < 0,01$; nendest valiti kuni 12 tugevamat seost igas rühmas. Tulemuste illustreerimiseks on esitatud joonised 1–6, mis väljendavad vererõhu ja uuritud parameetrite korrelatiivset seost meestel ja naistel.

Arutelu

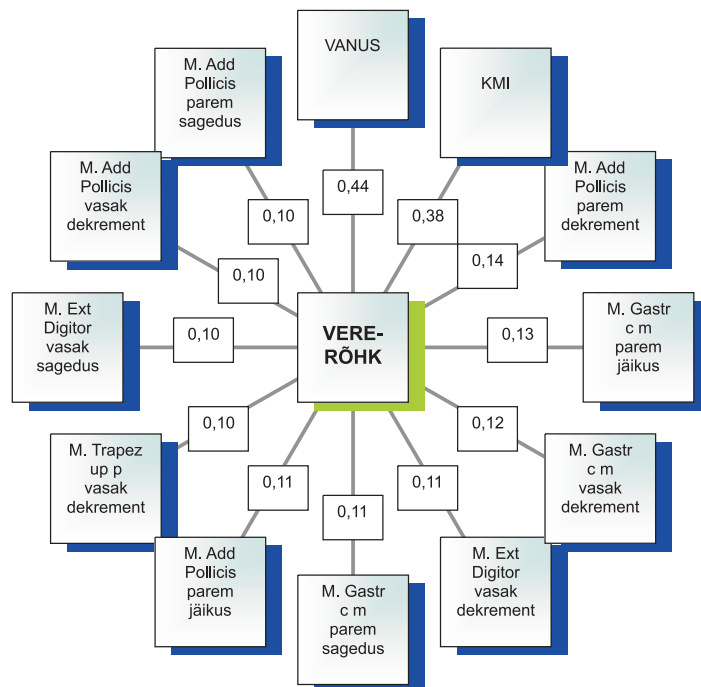
Nagu nähtub tabelist 2, on meeste keskmine arteriaalne vererõhk kõrgem kui naistel ($p < 0,000001$). Meeste ja naiste korrelatiivseid mudeleid võrreldes on näha, et meestel on seosed skeletilihaste biomehaaniliste parameetrite ja arteriaalse vererõhu vahel tugevamad kui naistel. Seejuures on mõlemas korrelatiivses mudelis kõik seosed positiivsed. See näitab, et skeletilihase suurenenud parameeter peegeldab muutusi skeletilihases, mis soodustab arteriaalse vererõhu suurenemist. Meie uuringus, mis tehti Kuopio Ülikooli kliinikus (1), selgus, et

eksisteerib statistiline seos lihasesisese rõhu ja müomeetrilisel meetodil määratud lihase omavõnkesageduse vahel. Samuti on teada, et maksimaalsel tahtlisel kontraktsioonil tõuseb lihasesisene rõhk ja vere mahtkiirus lihases võrdub nulliga. Seega on ilmne, et suurenenud omavõnkesageduse ja jäikuse korral suureneb järsult lihasesisese veresoonekonna takistus, mis vähendab ajühikus veresoont läbivat vere hulka. Vaatamata sellele et korrelatiivsed seosed ei ole tugevad, saime olulisuse nivool $p < 0,01$ seosed kõigi uuritud lihastega. See viitab vajadusele tähelepanu sellele fenomenile pöörata.

Mõlemas korrelatiivses mudelis on enamik seoseid logaritmilise dekrementiga, mis iseloomustab skeletilihase elastsust. Hea elastsuse korral skeletilihase taastab kontraktsiooni järel kiiresti esialgse kuju ning lihase siserõhk langeb kiiresti. Sellisel juhul toimub kahe järjestikuse kontraktsiooni vahelisel ajavahemikul vere tsirkulatsioon normaalse mahtkiirusega. Logaritmilise dekrementi suuremate väärtuste korral on aga lihasesisese rõhu langus



Joonis 5. Korrelatiivne mudel vererõhu ja uuritud parameetrite kohta. Naised, vanus < 35 aastat, n = 354



Joonis 6. Korrelatiivne mudel vererõhu ja uuritud parameetrite kohta. Naised, vanus > 35 aastat, n = 578

tunduvalt aeglasem, ja enne kui normaliseerub lihasesisene rõhk, võib alata uus kontraktsioon ning lihase varustamine hapnikuga on häiritud. Tulemuseks on väsimus. Väsimusseisundis töö jätkamine kutsub esile negatiivseid emotsioone, mis omakorda võivad soodustada arteriaalse vererõhu tõusu. Lisaks toodule tuleks viidata M. E. Safari ja kaasautorite 1990. aastal tehtud uuringule, milles tõestati, et elastsed arterid vähendavad hüpertooniaohu (2). Skeetilihase logaritmiline dekrement peegeldab kaudselt ka lihases paiknevate veresoonte elastsuse taset.

Järeldus

Teades arteriaalse hüpertoonia mitmetegurilist etioloogiat ja selle patogeneesi komplitseeritust, tuleks saadud tulemusi käsitleda andmetena, mis juhivad tähelepanu skeetilihaste toonuse ja arteriaalse hüpertoonia teatud seoste ning mida võimaldab identifitseerida kasutatud müomeetriameetod. Siit tulenevalt on sellesuunaliste uuringute jätkamine põhjendatud, kuivõrd see võib anda väärtuslikku infot, mida saavad kasutada oma praktilises töös nii töötervishoiuarstid, perearstid kui ka kardioloogid.

Kirjandus

1. Korhonen R, Vain A, Vanninen E, Viir R, Jurvelin JS. Interrelationships of the interstitial pressure, electrical and mechanical characteristics of the skeletal muscle. *Med Biol Eng Comput* 1999;37(Suppl 1):200-1.
2. Safar ME, Levy BI, Laurent S, London GM. Hypertension and the arterial system: clinical and therapeutic aspects. *J Hyperten* 1990;8(Suppl 7):113-9.

Summary

Associations between arterial hypertension and biomechanic characteristics of skeletal muscles as assessed by myometry

Arterial hypertension is a pathology caused by the constriction of small vessels, which may be due to the impulses sent from the central nervous system to the smooth muscles of the vessels, or by some substances present in the human organism.

Aim. The aim of the current research was to examine (using statistical models) the conditions of blood circulation in the microcapillary bloodstream, depending on the parameters of muscle tone and their associations with arterial blood pressure.

Method. The research involved 1796 employees from Estonian companies. Synchronously with traditional health monitoring procedures and anthropometrical data collection, the tone of the skeletal muscles was measured myometrically by Myoton-2 elaborated at the University of Tartu. The arterial blood pressure of all employees was measured at health monitoring. The characteristics of tone (natural oscillation frequency of muscles) and elasticity (logarithmic decrement of damping of muscle oscillation) of the following skeletal muscles were recorded bilaterally at the centre of the muscle belly in a relaxed state: *m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum*, *m. adductor pollicis*, *m. abductor pollicis brevis*, *m. flexor carpi radialis*, *m. gastrocnemius c. med.*, *m. trapezius* (two regions – the

upper and the middle parts) and *m. erector spinae*. The study subjects were distributed into 8 groups according to their gender, age, and body mass index (BMI).

Results. A significant difference in mean arterial blood pressure was noted between all groups ($p < 0.000001$). Blood pressure was higher in people older than 35 years and in those whose BMI was larger than 25 kg/m².

A positive correlation between arterial blood pressure, age, and body mass index was found for all groups. Arterial blood pressure and logarithmic decrement (characterizing elasticity) as well as oscillation frequency (characterizing tone) of the examined muscles were significantly positively correlated. Increased muscle tone and reduced elasticity was noted in the groups of persons who were older than 35 and/or whose BMI was larger than 25.

Conclusion. It is probable that higher characteristics of muscle tone promote development of hypertension by decreasing the blood flow volume in the microcapillary bloodstream. The results of the study indicated the need to continue the research to clarify the associations between arterial hypertension and the characteristics of the skeletal muscles as assessed comprehensively by myometry and other methods.

hubert.kahn@tai.ee