



LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS

MEDICINOS AKADEMIJA

SLAUGOS FAKULTETAS

REABILITACIJOS KLINIKA

LAURYNĄ GAILIŪNIENĖ

**ŽEMO DAŽNIO 2 – 10 Hz VIBRACIJOS POVEIKIS IR SĄSAJOS
SU ŽMOGAUS GALŪNIŲ KRAUJOTAKA**

**Magistrantūros studijų programos „SVEIKATINIMAS IR REABILITACIJA. KLINIKINĖ
KINEZITERAPIJA” (valst. kodas 621B30005) baigiamasis darbas**

Darbo vadovė

doc. dr. Gražina Krutulytė

KAUNAS, 2016

TURINYS

SANTRAUKA	4
ABSTRACT	5
SANTRUMPOS	7
ĮVADAS	8
1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.1. Vibracija	9
1.1.1. Vibracijos klasifikacija	9
1.1.2. Vibracijos dažniai	11
1.2. Vibracijos poveikis žmogaus organizmui	12
1.3. Organų vibracija	14
1.4. Žmogaus kūno temperatūra	15
1.4.1. Termovizija	16
1.4.2. Terminės nuotraukos	17
1.5. Širdies ritmo variabilumas	18
1.6. Atlikti tyrimai nagrinėjama tema	20
2. TYRIMO METODIKA	23
2.1. Tyrimo organizavimas	23
2.2. Tyrimo metodika	24
2.2.1. Vibracinė terapija	26
2.2.2. Terminės nuotraukos	28
2.2.3. Širdies ritmo variabilumas	31
2.2.4. Matematinė statistika	32
3. TYRIMO REZULTATAI	33
3.1. Centrinio pėdos taško (CPT) temperatūros pokyčių įvertinimo analizė	33
3.2. Periferinio pėdos taško (PPT) temperatūros pokyčių įvertinimo analizė	40
3.3. Širdies ritmo variabilumo vertinimo analizė	48
3.4. Širdies ritmo variabilumo ir temperatūros funkcinių ryšių įvertinimas	51
4. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS	53

4.1. Centrinio ir periferinio pėdos taškų temperatūros rezultatai.....	53
4.2. Širdies ritmo variabilumo rezultatai	54
IŠVADOS	55
PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS	56
PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS	57
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	58

SANTRAUKA

Gailiūnienė Lauryna. Žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracijos poveikis ir sąsajos su žmogaus galūnių kraujotaka, magistro baigiamasis darbas / mokslinis vadovas doc. dr. G. Krutulytė; Lietuvos sveikatos mokslų universitetas / Medicinos akademija / Slaugos fakultetas / Reabilitacijos klinika. Kaunas, 2016; 62 p.

Tyrimo tikslas. Įvertinti žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracijos poveikį ir sąsajas su žmogaus galūnių kraujotaka.

Tyrimo uždaviniai. 1. Ištirti žmogaus pėdų temperatūros ir kraujotakos pokyčius. 2. Įvertinti širdies ritmo variabilumą. 3. Įvertinti žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracijos, pėdų kraujotakos ir širdies ritmo variabilumo sąsajas.

Tyrimo metodai. 1. Žmogaus temperatūros ir kraujotakos pokyčiai žmogaus organizme matuoti infraraudonųjų spindulių kamera (FLIR SC7000). 2. Širdies ritmo variabilumas vertintas Elite HRV programa (*angl. Heart rate variability*). 3. Statistinė duomenų analizė atlikta naudojant IBM SPSS Statistics 22 paketą.

Tyrimo dalyviai. Tyrime dalyvavo 15 sveikų, nesportuojančių vaikinių. Vaikinių vidutinis amžius buvo $23,47 \pm 1,30$.

Tyrimo išvados. 1. Nustatyti nežymūs pėdų temperatūros ir kraujotakos pokyčiai, taikant žemo dažnio 2 – 10 Hz vibraciją. 2. Nustatytos širdies ritmo variabilumo didėjimo tendencijos, taikant žemo dažnio 2 – 10 Hz vibraciją. 3. Didėjant pėdų temperatūrai mažėja širdies ritmo variabilumas, taikant žemo dažnio 2 – 10 Hz vibraciją.

ABSTRACT

Gailiūnienė Lauryna. The Associations and the Effect of Low Frequency 2 – 10 Hz Vibrations on Blood Circulation in Human Extremities. Master's thesis. Scientific supervisor: Assoc. Prof. Dr. G. Krutulytė; Lithuanian University of Health Sciences/Medical Academy/Faculty of Nursing, Clinical Department of Rehabilitation. Kaunas, 2016; 62 p.

The aim of the study. To evaluate the associations and the effect of low frequency 2 – 10 Hz vibrations on blood circulation in human extremities.

The objectives of the study. 1. To evaluate blood circulation and temperature changes in human feet. 2. To evaluate heart rate variability. 3. To evaluate the associations of low frequency 2 – 10 Hz vibrations, blood circulation in the feet, and heart rate variability.

The methods of the study. 1. Blood circulation and temperature changes in the human body were measured with an infrared camera (FLIR SC7000). 2. Heart rate variability was evaluated using Elite HRV software. 3. Statistical data analysis was performed using IBM SPSS Statistics 22 software package.

The participants of the study. The study included 15 healthy, not physically active males. The subjects' mean age was 23.47 ± 1.30 years.

Conclusions. 1. Slight changes in blood circulation and temperature were detected in the subjects' feet when applying low frequency 2 – 10 Hz vibrations. 2. Trends of changes in heart rate variability were detected when applying low frequency 2 – 10 Hz vibrations. 3. Heart rate variability decreased with increasing temperature of the feet when applying low frequency 2 – 10 Hz vibrations.

PADĖKA

Labai noriu padėkoti KTU mechatronikos instituto dr. Mantui Venslauskui už visokeriopą pagalbą vykdant ir atliekant tyrimą. Už suteiktas žinias, kurios buvo labai naudingos, ruošiant magistro baigiamąjį darbą.

Nuoširdžiai dėkoju magistrinio darbo vadovei doc. dr. Gražinai Krutulytei, kuri labai skatino ir padėjo rašant baigiamąjį magistrinių studijų darbą.

SANTRUMPOS

1. CPT – centrinis pėdos taškas.
2. HF – galia aukšto dažnio ribose.
3. LF – galia žemo dažnio ribose.
4. NN – laiko intervalas tarp vienas po kito einančių QRS kompleksų, po sinusinio mazgo depoliarizacijos.
5. PPT – periferinis pėdos taškas.
6. RMSSD – kvadratinė šaknis iš gretimų NN intervalų skirtumų kvadratų vidurkio.
7. SDANN – segmentų NN intervalų vidurkių standartinis nuokrypis.
8. SDNN – standartinis nuokrypis nuo visų NN intervalų vidutinės trukmės.
9. ŠRV – širdies ritmo variabilumas.
10. ULF – galia ultražemo dažnio ribose.
11. VLF – galia labai žemo dažnio ribose.

IVADAS

Vibracijos naudojimas ir populiarumas išaugo per pastaruosius metus, tačiau vis dar trūksta įrodymų, apie jos poveikį ir efektyvumą žmogui [1]. Keletą dešimtmečių viso kūno vibracija buvo tiriama kartu su statine ar dinamine mankšta, tačiau nebuvo tirtas jos poveikis žmonėms, kurie tiesiog guli [2]. Tyrimai, susiję su vibracija, dažniausiai yra suskirstomi į dvi kategorijas: tyrimai, kurie yra susiję su vibracija, kuri yra sukeliamą profesinėje aplinkoje ir tyrimai, kurie skirti mobilumo didinimui ir raumenų aktyvinimui [3]. Nakamura 1996 metais buvo vienas iš pirmųjų mokslininkų, kuris teigė, kad vibracija, kuri taikoma žmonėms tyrimo tikslais, sukelia skirtingą kraujo tėkmę nei vibracija, kuri yra sukeliamą profesinėje aplinkoje [4]. Tik visai neseniai vibracija buvo pradėta naudoti, siekiant pagerinti periferinę kraujotaką [5], tačiau tyrimų, kuriuose būtų minima žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracija, nepateikiama.

Darbo aktualumas – tyrimų, susijusių su žemo dažnio vibracijos poveikiu žmogaus galūnių kraujotakai, atlikta labai mažai. Daug tyrimų yra atlikta naudojant aukšto intensyvumo vibraciją, kurios efektyvumas žmogui yra įrodytas. Tačiau neradome tyrimo, kuriame būtų naudojamas žemo dažnio vibracijos poveikis, žmogaus galūnių kraujotakai.

Darbo tikslas: nustatyti žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracijos poveikį ir sąsajas su žmogaus galūnių kraujotaka.

Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti žmogaus pėdų temperatūros ir kraujotakos pokyčius.
2. Įvertinti širdies ritmo variabilumą.
3. Įvertinti žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracijos, pėdų kraujotakos ir širdies ritmo variabilumo sąsajas.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Vibracija

Žmogus kiekvieną dieną yra veikiamas aplinkos sąlygų: vėjo, drėgmės, oro temperatūros, tačiau negalima užmiršti ir dar vieno svarbaus veiksnio – vibracijos [6]. Žmogų veikia vibracija, kuri yra jo aplinkoje. Pavyzdžiui vibracija, kurią sukelia judančios žemės plokštės (žemės drebėjimai), transporto (mašinų, autobusų, dviračių) sukelta vibracija ir net įrankių keliama vibracija, kuri žmonėms po ilgo laiko, gali sukelti sunkių sveikatos problemų [7].

Lietuvos higienos normoje vibracija yra apibūdinama kaip kietojo kūno pasikartojantys judesiai apie pusiausvyros padėtį. Taip pat yra pateikiamas ir tikslus visos kūno vibracijos apibrėžimas: viso kūno vibracija – vibracija, perduodama per stovinčio, sėdinčio ar gulinčio žmogaus atramos paviršius į jo kūną ir veikianti visą jo organizmą [8].

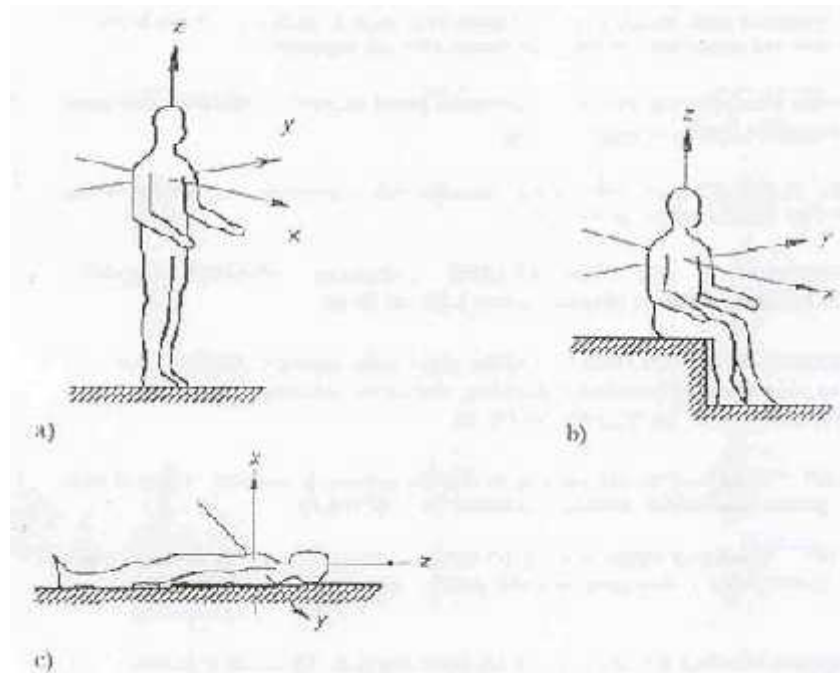
Autorius Lohman su bendraautoriais [9], žmogaus kūną veikiančią vibraciją, apibūdina kaip mechaninės energijos virpesius, kurie yra perduodami į visą kūną, o ne konkrečiuose kūno regionuose, naudojant pagalbines priemones (sėdynes ar platformas). Taip pat autoriai pabrėžia, kad viso kūno vibracija, keičia periferinę kraujotaką nesukeldama didelio širdies ir kraujagyslių sistemos streso.

1.1.1. Vibracijos klasifikacija

Pagal veikimo kryptį [8]:

Pagal veikimo kryptį (1 pav.) viso kūno vibracija skirstoma į ortogonalinės koordinatų sistemos ašių kryptis:

- a) vertikaliąją, einančią nuo kojų (ar nuo sėdmenų) link galvos (Z ašis);
- b) horizontaliąją, einančią nuo nugaros į krūtinę (X ašis);
- c) horizontaliąją, einančią nuo kūno dešinės pusės į kairę (Y ašis).



1 pav. Vibracijos veikimo kryptis [8]

Pagal laiką:

- a) pastovi;
- b) nepastovi:
 - ❖ kintanti;
 - ❖ nutrūksti;
 - ❖ impulsinė.

Pagal spektrą:

- a) plačiajuostė;
- b) siaurajuostė.

Kūno vibracija gali būti pageidautina ir nepageidautina. Ji gali būti apibūdinama kaip maloni arba nemaloni. Vibracija taip pat gali trukdyti mums atlikti tam tikras užduotis. Osciliacinių judesių (vibracijos) poveikis žmogui pasireiškia [10]:

- **Viso kūno vibracija.** Vibracija paveikia žmogaus kūną, kai jis remiasi į paviršių, kuris skleidžia vibraciją (sėdima ant platformos, stovima ar gulima ant vibruojančių paviršių). Taip pat ji gali pasireikšti ir viešajame transporte (autobusuose, troleibusuose, lėktuvuose) ir net tada, kai mes esame netoli jų.

- **Šleikštulys atsiradęs dėl vibracijos.** Gali atsirasti, kada yra realus arba įsivaizduojamas kūno ar aplinkos judėjimas ir yra prarandama kūno orientacija. Tai gali sukelti

šleikštulį ir silpnumą. Dažniausiai tai sukelia labai žemo dažnio intensyvumas. Dažnai jis būna artimas 1 Hz.

- **Per rankas perduodama vibracija.** Tai įvairiausi įrankiai gamyboje, žemės ūkyje, transporte, statybose ir kitose vietose, kur įrankiai yra suimami ar stumiami rankomis ar pirštais.

1.1.2. Vibracijos dažniai

Vibracija veikia žmogaus kūną įvairiais būdais. Atsakas į vibraciją priklauso nuo to, kokių dažnių jis yra veikiamas [11]. Vibracijos dažnis yra išreiškiamas ciklais per sekundę ir yra žymimas Hz (1lentelė) [12]. Tai koeficientas, kurio domeną yra lengvai modifikuojamas, o svertinis signalas reiškia žmogaus atsaką į vibraciją. Vibracijos dažnis skirtas ne paveikti tuos dažnius, kur kūnas yra jautriausias, bet paveikti kūno atsaką, kur jis yra mažai jautrus [13].

1 lentelė. Vibracijos dažniai [12]

Grupės pavadinimas	Dažniai
Labai labai žemas dažnis	Žemiau 3Hz
Labai žemas dažnis	3 – 30 Hz
	30 – 300 Hz
	300 – 3000 Hz
	3 – 30 kHz
Žemas dažnis	30 – 300 kHz
Vidutinis dažnis	300 – 3000 kHz
Aukštas dažnis	3 – 30 MHz
Labai aukštas dažnis	30 – 300 MHz
	300 – 3000 MHz
	3 – 30 GHz
	30 – 300 GHz

1.2. Vibracijos poveikis žmogaus organizmui

Vibracija sukelia fiziologinius pokyčius žmogaus organizme. Pakeitus vibracijos dažnį, amplitudę, trukmę, poveikio kryptį galima kompleksiskai veikti visą žmogaus organizmą. Keičiasi odos jautrumas, raumenų aktyvavimas ir kraujotaka [14].

Yra labai daug įvairių veiksnių (2 lentelė), kurie gali lemti osciliacinių judesių (vibracijos) poveikį žmogui. Šie veiksniai gali būti suskirstyti į [10]:

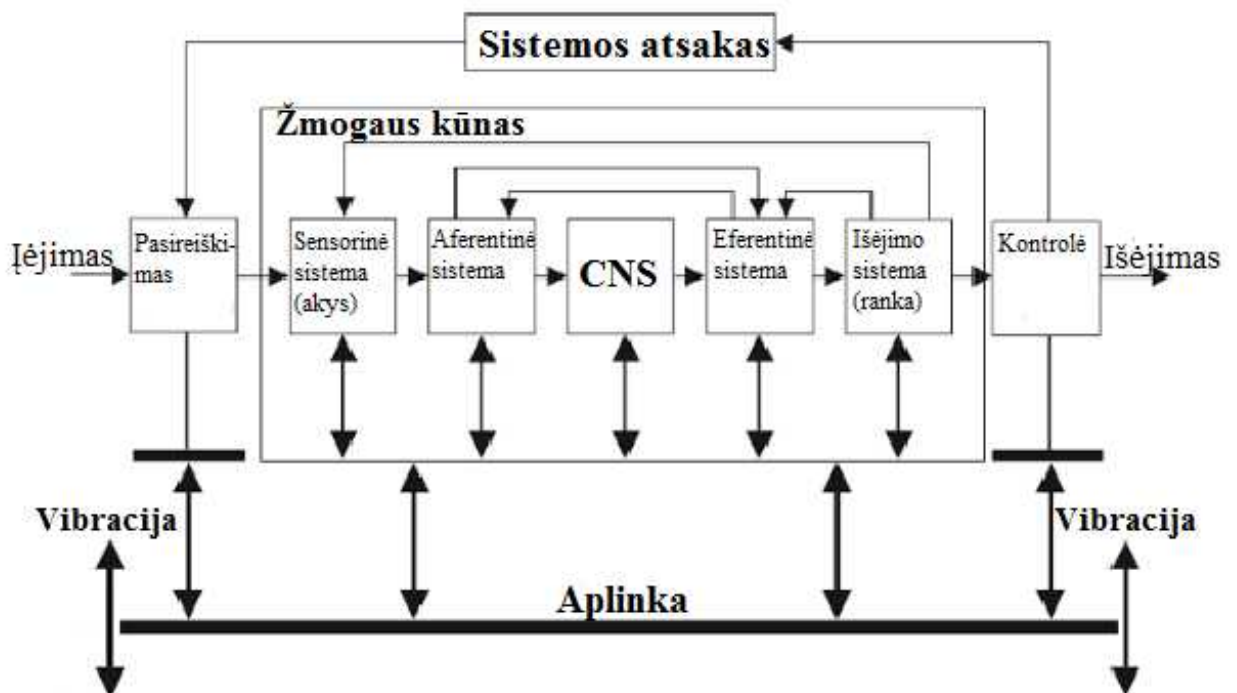
- Išorinius veiksnius. Kurie veikia žmogaus kūną iš išorės.
- Vidinius veiksniai. Veikia žmogaus kūną iš vidaus.

2 lentelė. Veiksniai, kurie lemia osciliacinių judesių poveikį žmogui [10]

<i>Išoriniai veiksniai</i>	<i>Vidiniai veiksniai</i>
Vibracijos kintamieji:	Kūno laikysena
Vibracijos dydis	Kūno padėtis
Vibracijos dažnis	Kūno padėties jutimas
Vibracijos kryptis	Kūno dydis ir svoris
Vieta, kuri yra veikiama vibracijos	Amžius
Vibracijos trukmė	Lytis
Kiti kintamieji:	Patirtis, tikslai, būdo bruožai
Kiti trigdžiai (triukšmas, temperatūra)	Sportinė veikla
Sėdėjimo padėtis	

Vieni veiksniai labiau paveikia žmogaus organizmą nei kiti. Jie gali paveikti žmonių sveikatą bei sukelti diskomfortą. Išoriniai veiksniai yra lengviau koreguojami. Galima pakeisti vibracijos dažnį, vietą, kurią veikia vibracija. Taip pat galima panaikinti trigdžius, kurie yra susiję su triukšmu ar temperatūra. Vidiniai veiksniai yra sunkiau koreguojami ir jie dažniausiai labai priklauso nuo pačio žmogaus. Sunku pakeisti žmogaus laikyseną, padėties jutimą ar kūno kompoziciją. Kitų veiksnių koreguoti neįmanoma (lytis ar amžius).

Taip pat autorius pateikia ir lentelę, joje vaizduoja labai paprastą schemą, kurioje nurodo, kaip skirtingos žmogaus sistemos, paveiktos vibracijos, gali paveikti žmogų (2 pav.).



2 pav. Skirtingų žmogaus sistemų atsakas į vibraciją [10]

Visa aplinka yra veikiamą vibracijos. Vibracija paveikia žmogaus kūną ir sukelia tam tikrų sistemų atsaką. Kai vibracija veikia žmogaus kūną, ji pirmiausia pasireiškia sensorinei sistemai. Žmogus stengiasi įvertinti esamą situaciją, savo kūno padėtį ir signalas yra perduodamas į aferentinę sistemą (juntamosioms nervinėms ląstelėms). Šis signalas toliau keliauja į CNS (centrinę nervų sistemą), kur yra išanalizuojamas ir perduodamas eferentinei sistemai. Pasiekusi išėjimo tašką, vibracija arba yra kontroliuojama ir išeina iš organizmo, arba toliau veikia žmogaus sistemas (eferentinę arba sensorinę) ir ratas kartojasi iš naujo.

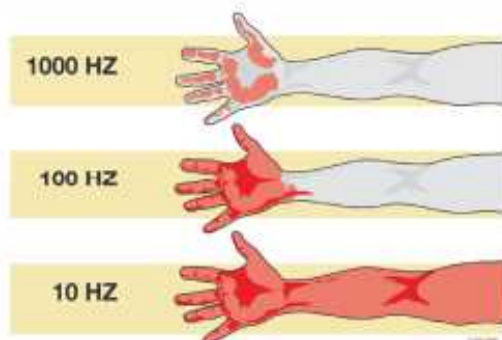
Žmogaus reakcija į vibraciją gali būti dvejopa: mechaninė ir psichologinė.

- Mechaninė: sukelia įvairius audinių pažeidimus.
- Psichologinė: atsiranda dėl vibracijos, bet ne visada yra susijusi su dažniu.

Žemo dažnio vibracijos yra pačios įdomiausios. 5 – 10 Hz paprastai sukelia virpėjimo amplitudės padidėjimą krūtinės ląstos – pilvo sistemoje, 20 – 30 Hz galvos – kaklo – pečių srityse ir 60 – 90 Hz akies obuolyje. Kai virpesiai susilpnėja, energija susigeria į audinius ir organus. Pastebima, kad virpesių amplitudės padidėjimas klubo, peties ir galvos srityse pastebimas jau prie 5 Hz. [11].

Pasaulio Sveikatos Organizacija pateikia paveiksėlį (3 pav.), kuriame nurodo, kaip yra veikiamą viršutinė žmogaus galūnė, taikant skirtingus dažnius [15].

Vibracijos poveikis viršutinei galūnei



3pav. Dažnių poveikis, žmogaus viršutinei galūnei [15]

Veikiant 1000 Hz vibracija, kraujotaka suaktyvinama tik delno ir pirštų srityse. 100 Hz vibracija sukelia kraujotakos pakitimus visoje plaštakoje, o veikiant 10 Hz vibracija, kraujotaka suaktyvėja ne tik plaštakoje, bet ir dilbyje bei žaste. Taigi, kuo mažesnis vibracijos dažnis, tuo didesni rankos plotai yra paveikiami ir kraujotaka juose suaktyvėja.

1.3. Organų vibracija

Kiekvienas materialus kūnas turi savo vibracijos dažnį. Mechaninė vibracija kiekviename organizme iš dalies priklauso nuo vibracijos, esančios aplinkoje. Nors yra taikoma išorinė vibracija, organizme ji susidaro tam tikra forma. Viso kūno vibraciją sukelia išorėje esanti vibracija, kuri gali būti randama kiekvienoje aplinkoje. Dažniausiai ji yra nuo 0,5 iki 100 Hz dažnio. Organizmo atsakas labai priklauso nuo intensyvumo ir vietos, kur buvo taikyta vibracija [16].

Yra gerai žinoma, kad ląstelių, organų sistemos turi savo vibracijos dažnius (3 lentelė) [17]. Kiekvienas organas ir kiekviena ląstelė turi savo specifinius vibracijos bruožus (formą, tipą ir dažnį) [18].

3 lentelė. Organų vibracijos dažniai [17]

Žmogaus organai	Vibracijos dažniai (Hz)
Galva	4 – 5
Žandikaulis	6 – 8
Akys	60 – 90
Krūtinės ląstos organai	5 – 9
Viršutinė galūnė	3
Virškinimo organai	4,5 – 10
Šlapimo pūslė	10 – 18
Pilvas	5 – 9
Raumenys	13 – 20
Kepenys	3 – 4

Širdies dūžiai sukelia tam tikrą dažnį. Kai vibracija plinta kraujagyslėmis į organus, sukelia jų virpesius. Vibracija skirtingu dažnumu organams padeda prisipildyti reikiamu kiekiu kraujo. Kol širdis plaka, tol yra organų vibracija. Organai turi skirtingus vibracijos dažnius, nes jie yra skirtingu nuotoliu nuo širdies [19].

1.4. Žmogaus kūno temperatūra

Jau nuo 4000 metų prieš Kristų, kai Hipokratas panaudojo kūno temperatūrą kaip įrankį ligai nustatyti, ji tapo svarbiu metodu medicinoje. Oda yra labai svarbus organas žmogaus temperatūros reguliacijoje, o ji yra kontroliuojama centrinės ir vegetacinės nervų sistemų [20]. Bansevičius su bendraautoriais [21] pažymi, kad kūno temperatūra yra viena iš svarbiausių žmogaus fiziologinių parametrų. Žmogaus sveikatos būklė ir visi fiziologiniai procesai priklauso nuo jos. Aplinkos temperatūra turi labai didelę įtaką žmogaus kūno temperatūrai, elgesiui, darbingumui bei jausmams.

Žmogaus kūnas turi sudėtingus mechanizmus, kurie yra atsakingi už šilumos palaikymą. Pastovus bazinės kūno temperatūros išlaikymas yra svarbus palaikant homeostazę ir audinių bei skysčių funkcijas [22]. Kūno temperatūra yra vienas iš dažniausiai naudojamų rodiklių, vertinant žmonių sveikatos būklę [23].

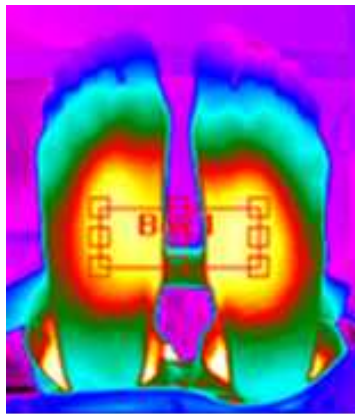
1.4.1. Termovizija

Temperatūros pokyčiai žmogaus organizme gali būti matomi naudojant infraraudonųjų spindulių kamerą arba kitaip – termovizinį aparatą (4 pav.). Jis teikia informaciją apie paviršinių temperatūros pasiskirstymą. Taip pat leidžia stebėti laiką, po kurio pasikeitusi paviršinė temperatūra grįžta į pradinį tašką. Gera tai, kad nėra jokių apribojimų susijusių su lytimi, metodas saugus įvairaus amžiaus žmonėms, taip pat galima atlikti daug bandymų be jokios žalos žmonių organizmams [24]. Termovizija stebi ne anatomines anomalijas, bet parodo žmogaus fiziologinius pokyčius [20].



4 pav. Termovizinis aparatas

Termovizija yra neinvazinis diagnostikos metodas, kuris yra naudojamas medicinoje ir leidžia aptikti, įrašyti bei atvaizduoti infraraudonųjų spindulių vaizdus (5 pav.). Ji atspindi mikrocirkuliaciją žmogaus odos paviršiuje realiu laiku [25].



5 pav. Infraraudonųjų spindulių vaizdai

Svarbiausia teorinė termovizijos dalis – simetriškas kūno šilumos pasiskirstymas, todėl yra manoma, kad tai yra svarbiausias elementas, vertinant termovizines nuotraukas. Termovizinė kamera yra naudojama matuoti infraraudonųjų spindulių sklaidą nuo kūno. Todėl, lyginant kūno šilumos pasiskirstymą abiejose kūno pusėse dominančiame kūno regione, reikia nustatyti vienodą plotą, kuriame bus žiūrima temperatūra. Yra du būdai kaip palyginti temperatūrų skirtumą:

- Pirmas – apibrėžti reikšmingą skirtumą, kurį laikysime, jei temperatūra pasikeis.
- Antras – apibrėžti reikšmę, pavyzdžiui, kai vidutinės temperatūros skirtumas yra daugiau nei „ataskaitinės temperatūros skirtumas“. Pastarasis metodas daugiau naudojamas klinikinėje praktikoje [20].

Šiuo metu termovizija yra labiausiai išvystyta nei bet kuriuo jos gyvavimo metu. Ji naudojama ne tik medicinoje bet ir pramonėje, astronomijoje ir viršijo bet kokius lūkesčius. Medicinoje atlikti tyrimai sukūrė aiškų supratimą apie pagrindinės šilumos pasiskirstymo fiziologiją [26]. Ši neinvazinė diagnostika labai dažnai naudojama medicinoje ir yra grindžiama infraraudonųjų spindulių spinduliavimo, kurį skleidžia tiriamas kūno paviršius, vaizdo analize [27].

1.4.2. Terminės nuotraukos

Infraraudonųjų spindulių kameros pateikia nuotraukas, kurios dėl infraraudonųjų spindulių bei kūno šilumos, rodo labai tikslius temperatūros duomenis [28]. Terminės nuotraukos leidžia pavaizduoti odos temperatūrą, taip pat jos pokyčius vykdant kineziterapinę procedūrą. Temperatūros pokyčiai gali būti svarbus veiksnys, planuojant kineziterapijos procedūras [24]. Pagrindinis tikslas medicinoje yra ne gauti terminio vaizdo išraišką, bet įrašyti gretimus odos temperatūros matavimus [26].

Literatūroje galima rasti informacijos, kaip yra gaunamos terminės nuotraukos. Autoriai įvardija pagrindinį trūkumą – terminės nuotraukos gali parodyti tik paviršinį kūno temperatūros pasiskirstymą. Yra atlikta keletas tyrimų, kur yra matuojama žmogaus kojų ir rankų temperatūra, sergant tam tikromis ligomis [26].

Skirtingi autoriai, atliktadami tyrimus pateikia ir skirtingas atlikimo metodikas:

Ratajczak su bendraautoriais [29] savo tyrime odos temperatūrą matavo ne tik prieš procedūrą, bet ir praėjus 5, 10 ir 15 minučių po tyrimo, visi duomenys buvo fiksuojami ir rezultatų gavimui buvo vertinamos terminės nuotraukos. Skorupska su bendraautoriais 2015 metais atliktame tyrime [30] norėdami gauti tikslius paciento kūno temperatūros rezultatus, kūno temperatūrą vertino po 30 minučių po to, kai pacientas atvyko į kambarį. Buvo užtikrintas vertinamo ploto šiluminis izoliavimas. Taip pat buvo laikomasi termovizinės kameros naudojimosi instrukcijos. Kiti autoriai nurodo, kad atlikdami savo tyrimą, patalpos temperatūrą išlaikė 22°C, taip buvo užkirstas kelias šilumos praradimui. Temperatūros svyravimas kambaryje buvo ne didesnis nei 1°C. Termovizinė kamera buvo laikoma 20 minučių patalpoje prieš tyrimą [25]. Korėjiečių autoriai, pateikia savo tyrimo atlikimo metodiką, kurioje nurodo, kad termovizija buvo atliekama kambaryje, be šviesos ir papildomos šilumos. Kambario temperatūra buvo 23 – 25°C. Adaptacinis laikotarpis 15 – 20 minučių, tiriamieji turėjo būti be viršutinių drabužių, kad kūnas efektyviau prisitaikytų prie kambario temperatūros [31].

Išnagrinėjus daugelį tyrimų paaiškėjo, kad turi būti tiksliai pažymėti laukai, kuriuose yra matuojama temperatūra, norint gauti tikslias termovizines nuotraukas. Taip pat turi būti panaikinti pašaliniai trigdžiai, kurie gali turėti įtakos, tyrimo rezultatams [26].

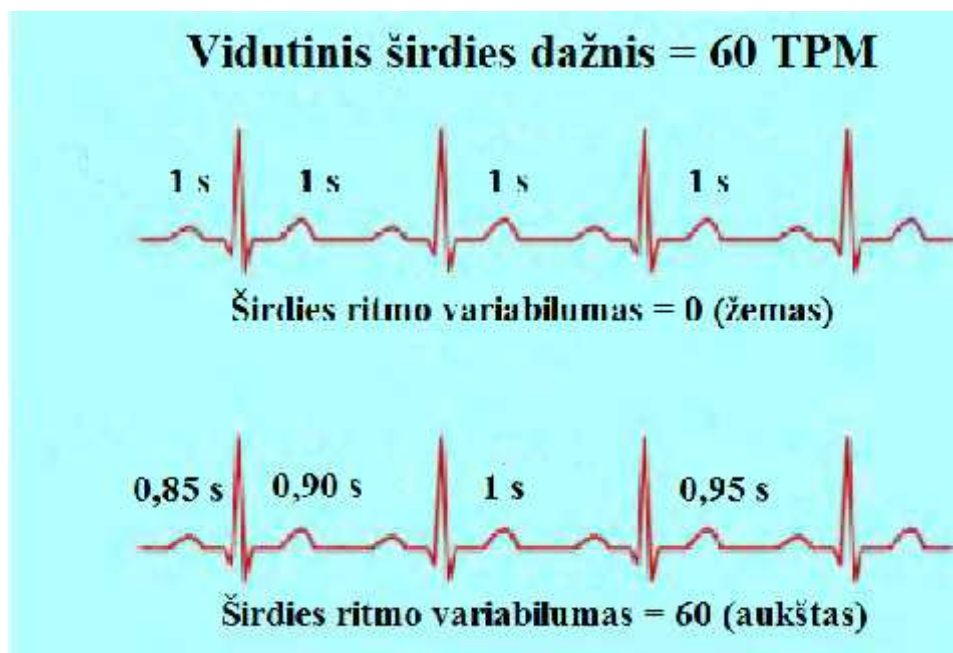
1.5. Širdies ritmo variabilumas

Mūsų mintys, emocijos ir patyrimai gali paveikti mūsų nervų sistemą, širdies ritmą bei kvėpavimo dažnį. Visi šie veiksniai gali paveikti ir širdies ritmo variabilumo sistemą (6 pav.) [32].



6 pav. Širdies ritmo variabilumo sistema [32]

Širdies ritmo variabilumo (ŠRV) rodiklis plačiai naudojamas tirti širdies simpatinės ir parasimpatinės veikos pusiausvyrą [33]. Aukštas širdies ritmo variabilumas atspindi gerą širdies prisitaikymą prie aplinkos bei kintančių fiziologinių poreikių, o mažesnis gali rodyti riziką susirgti širdies bei kraujotakos ligomis [34]. ŠRV atspindi intervalas nuo vieno širdies dūžio iki kito (7pav.) [32].



7 pav. Širdies ritmo variabilumas [32]

Kai 1965 metais Hon ir Lee [35] išleido savo mokslinį straipsnį variabilumo tema, buvo pradėta domėtis širdies susitraukimo dažnio autonomine reguliacija [36]. Buvo nustatyta, kad šios sistemos prisitaikymas priklauso nuo nervinių ir cheminių veiksnių sąveikos bei integracijos, toje vietoje, kur centrinės komandos aktyvina simpatinę nervų sistemą, kurios metu yra sukeliamas širdies miokardo susitraukimo jėgos padidėjimas ir periferinių kraujagyslių vazikonstrukcinė reakcija. Greitas širdies dažnio susitraukimo kitimas – širdies susitraukimo dažnio variabilumas. Širdies susitraukimo dažnio ir kraujo spaudimo pokytis yra apibūdinami kaip širdies kraujagyslių sistemos variabilumas.

Dažniausiai klinikinėje praktikoje taikomi širdies susitraukimo ritmo variabilumo parametrai [37]:

1. Laiko charakteristikų parametrai (statistiniai ir geometriniai matavimai), iš kurių dažniausiai taikomi SDNN (ms) – standartinis nuokrypis nuo visų NN intervalų vidutinės trukmės; SDANN (ms) – 24 val. įrašo 5 min. trukmės segmentų NN intervalų vidurkių standartinis nuokrypis; RMSSD (ms) – kvadratinė šaknis iš gretimų NN intervalų skirtumų kvadratų vidurkio; ŠRV trianguliarinis indeksas – bendro visų NN intervalų skaičiaus ir NN intervalų, išmatuotų diskretinėje skalėje, kurios padalos dydis 1/128 sekundės, histogramos aukščio santykis.

Šiuo metu, moksliniuose tyrimuose ir klinikinėje praktikoje naudojami du pagrindiniai autonominės širdies ir kraujagyslių sistemos inervacijos tyrimo būdai: širdies ritmo dažnio variabilumo tyrimas bei barorefleksinio jautrumo tyrimas. Širdies ritmo dažnio variabilumas labiau atspindi nervus vagus tonusinį aktyvumą [38]. Kompleksiškai vertinant širdies ritmo dažnio variabilumą ir barorefleksinį jautrumą, galima pasiekti tikslesnių rezultatų [39].

Daugelyje mokslinių studijų pabrėžiama, kad širdies ritmo variabilumas yra susijęs su išeminės širdies ligos sunkumu, aritmijų atsiradimu bei širdies nepakankamumo komplikacijomis [40]. Vertinant širdies ritmo variabilumo matavimų patikimumą, nustatyta, kad šis tyrimas atitinka diagnostiniams tyrimams keliamus patikimumo kriterijus [41].

1.6. Atlikti tyrimai nagrinėjama tema

Atlikta labai daug tyrimų, kaip vibracija veikia žmogaus organizmą. Atliktų tyrimų dėka buvo nustatyta, kad taikant viso kūno vibraciją ji daro įtaką arterijų kraujotakai [42]. Tačiau tie tyrimai yra skirti įvertinti aukšto dažnio vibracijos poveikį žmogaus organizmui ir tik keletas, kuriuose yra aprašomas žemo dažnio vibracijos poveikis. Chudacek 1989 metais tyrė 125 Hz vibracijos poveikį kraujo tėkmei rankomis 43 sveikiems mokiniams [43]. Temperatūra buvo matuojama termovizine kamera. Termografiniai įrašai buvo padaryti prieš vibraciją ir iš karto po to.

Taip pat po 30 bei 60 minučių, pabaigus taikyti vibraciją. Maksimalus temperatūros pokytis buvo pastebėtas 5 vaikams, po 60 minučių.

Taip pat buvo tirtas visos kūno vibracijos poveikis kojų kraujotakai. Devyni sveiki, jauni, suaugę vyrai dalyvavo programoje, kurioje jiems buvo taikoma 14 atsitiktinių vibracijų bei pratimai, kurių metu nebuvo taikoma vibracija. Vibracijos dažniai svyravo nuo 5 iki 30 Hz, kas 5 intervalus. Sistolinis ir diastolinis kraujospūdis buvo matuojamas šlaunies arterijoje, taip pat buvo matuojamas kraujo ląstelių greitis Doplerio ultragarsu. Palyginus tiriamuosius, kai jiems buvo taikoma vibracija ir paprasti pratimai, pirmuoju atveju kraujo ląstelių greitis padidėjo maždaug 33 %, kai buvo taikomi vibracijos dažniai nuo 5 iki 30 Hz [44]. Autorius Gavriel Salvendy, 2012 apžvelgia ir pateikia dar kelis įdomius faktus apie žemo dažnio vibraciją [10]. Vertikali 4 Hz viso kūno vibracija, jau priverčia žmogų išpilti skystį iš laikomo puodelio. 4 – 8 Hz vibracija sukelia rašymo sunkumus. Taip pat autorius teigia, kad ne tik neigiama, bet ir teigiama vibracijos įtaka žmogaus organizmui gali būti pasiekama jau prie 5 – 20 Hz vibracijos. Kiti autoriai teigia, kad kūnas yra labiau jautresnis 5 Hz vibracijai nei 50 Hz [13].

Kituose moksliniuose straipsniuose apžvelgiama vibracijos įtaka širdies ir kraujotakos sistemoms. Viename iš jų minima, jog dėl vibracijos padidėjo elektromiografijos amplitudė ir sumažėjo dažnis, o maksimalus kraujo greitis išaugo [9]. Kitame darbe buvo tiriamas visos kūno vibracijos poveikis kraujotakai kojoje, atliekant pritūpimus. Atlikti du matavimai, kai žmogus daro pritūpimą ir yra veikiamas vibracijos, kitą kartą, kai nėra veikiamas. Buvo matuojamas kraujo kūnelių greitis ilsintis bei kraujo slėgis šlaunikaulio arterijoje. Rezultatai parodė, jog kraujotaka didėjo esant vibracijai, tačiau statistiškai reikšmingo skirtumo neatrasta. Osawa ir kiti, 2011 nustatė, kad viso kūno vibracija turi teigiamą įtaką arterinės kraujotakos ir kitų kraujotakos sistemos parametrų pagerėjimui [53]. Kito atlikto tyrimo metu, buvo stebimas kraujo greitis, atliekant viso kūno virpesių terapiją taikant 26 Hz dažnio vibraciją. Vidutinis kraujo tėkmės greitis pakinklio arterijoje padidėjo. Baumas ir kiti, 2007 atliko tyrimus su II tipo cukrinio diabeto pacientais ir įrodė, jog vibracija gali būti efektyvi priemonė, siekiant pagerinti glikemijos lygio kontrolę [45]. Taip pat buvo atliktas tyrimas, kurio tikslas buvo nustatyti širdies ir kraujagyslių reakciją į viso kūno vibraciją. Tyrime dalyvavo jauni sveiki asmenys, vyresnio amžiaus žmonės, moterys turinčios antsvorio ir žmonės, turintys stuburo smegenų pažeidimus. Buvo įrodyta, kad viso kūno vibracija, jauniems, sveikiems suaugusiems žmonėms, fizinio krūvio metu, padidino deguonies suvartojimą ir širdies susitraukimo dažnį. Taip pat yra įrodymų, kad širdies ir kraujagyslių aktyvumą fizinio krūvio metu, paveikia vibracijos inensyvumas [46].

Autorius Lam, 2016 atliko tyrimą, siekiant ištirti visą žmogaus kūną veikiančią vibraciją. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad veikiant visą kūną vibracija, ji padidino pagrindinių kojų raumenų

veiklą, vyresnio amžiaus žmonėms. Taip pat buvo nustatyta, kad žemo dažnio viso kūno vibracija veiksmingai aktyvina kojų raumenis, kaip ir didelio intensyvumo vibracija [47].

Anot Thompson ir bendraautorų, 2014 vibracija yra perspektyvus nemedikamentinis gydymo būdas siekiantis pagerinti kaulų struktūrą, jėgą pacientams, negalintiems atlikti pratimų [48]. Tyrimai skirti įvertinti vibracijos poveikį žmonėms yra labai sudėtingi, nes vibracijos parametrai gali skirtis, nuo didelio intensyvumo iki labai žemo. Nors didelio intensyvumo vibracijos prietaisai dažnai randami sporto salėse ir parduodami kaip treniruokliai, jie nėra skirti silpniems ligoniams. Visą kūną veikiančios vibracijos parametrai, turėtų būti pritaikyti kiekvienam žmogui, kad būtų sumažintas neigiamas poveikis jiems.

Nepaisant atliktų tyrimų, yra pasigendama tyrimų, kurių metu yra vertinamas žemo intensyvumo vibracijos poveikis, žmogaus galūnių kraujotakai.

2. TYRIMO METODIKA

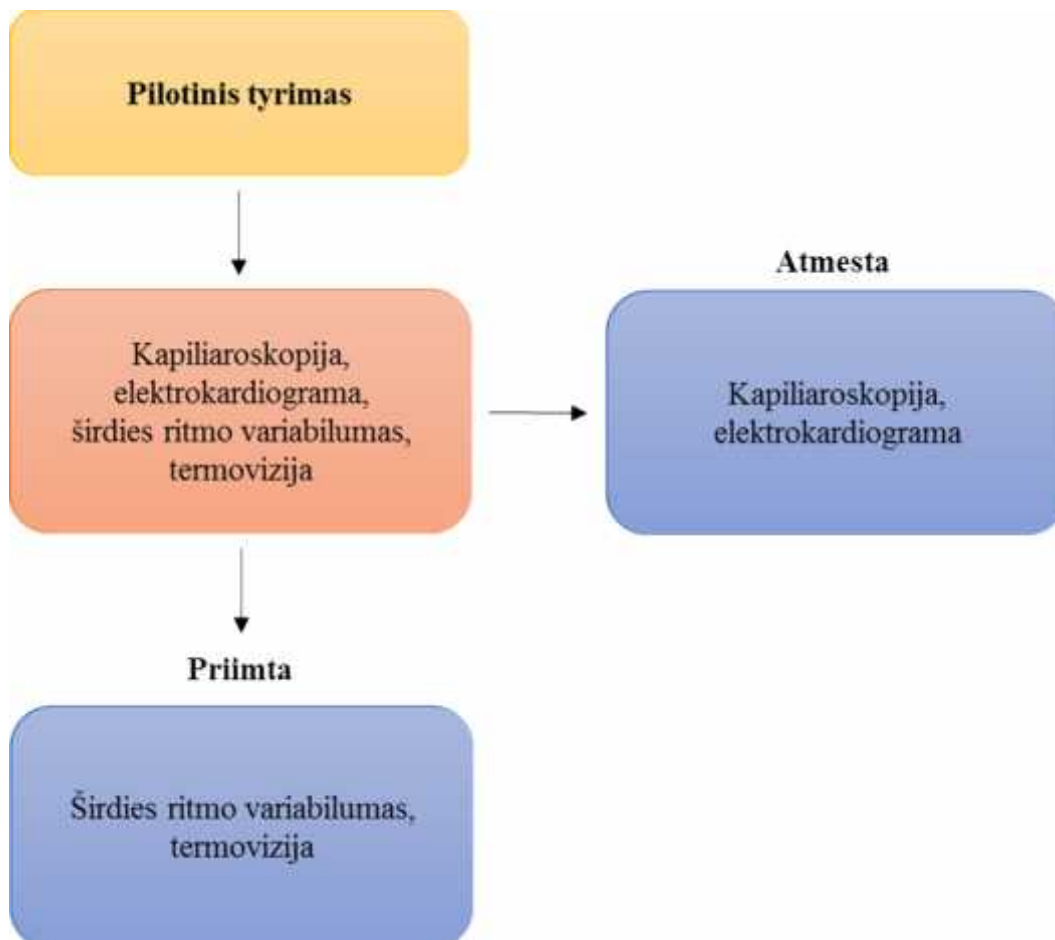
2.1. Tyrimo organizavimas

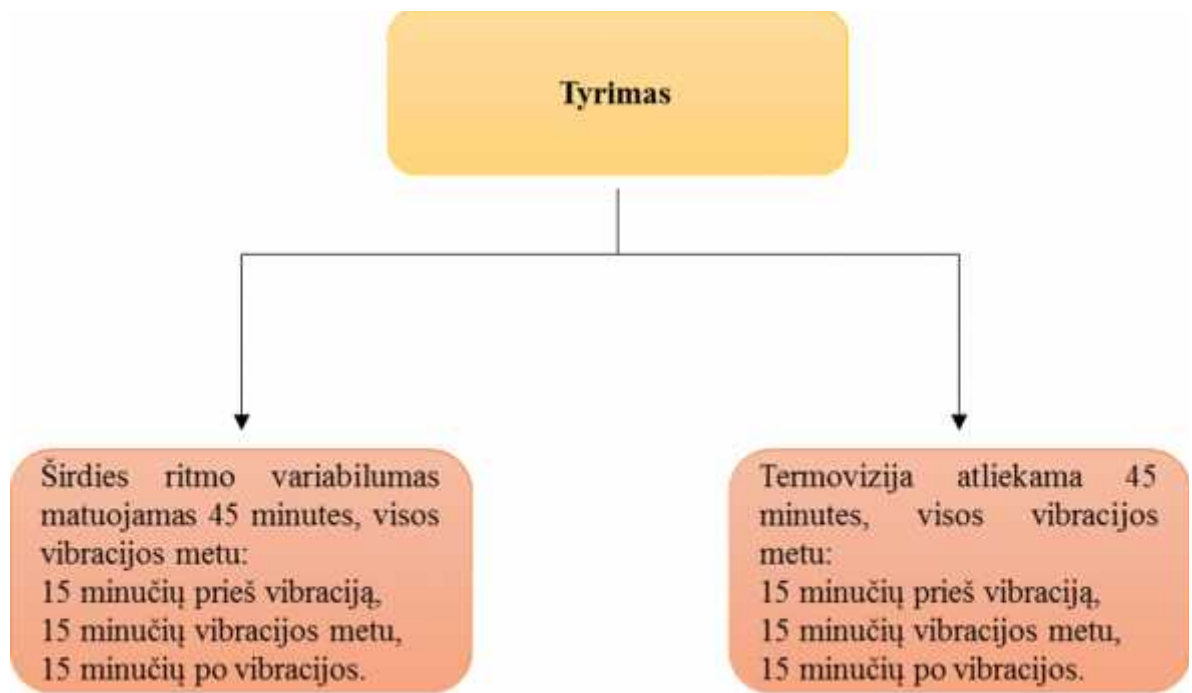
Tyrimas buvo atliktas Kauno technologijos universiteto mechatronikos institute 2016 metais. Tyrimui vykdyti buvo gautas Lietuvos sveikatos mokslų universiteto, Bioetikos centro leidimas nr. BEC–SR(M)–70 (1 priedas). Iš visų tiriamųjų buvo gautas raštiškas sutikimas dalyvauti tyrime. Jame dalyvavo 15 sveikų vaikų, kurie neužsiima jokia sportine veikla.

Tyrimo metu tiriamiesiems buvo atlikta žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracija. Pakitusi kojų pėdų temperatūra buvo matuojama termovizine kamera, kuri fiksuoja šilumos pakitimus. Širdies variabilumas buvo vertintas programos Elite HRV (*angl. Elite Heart Rate Variability*) pagalba, uždėjus elektrodą ant žmogaus kūno.

Toliau 5 lentelėje pateikiama išsami tyrimo eiga. Prieš pradedant tyrimą buvo atliktas pilotinis tyrimas, kurio metu buvo iki galo išsigininta metodika (4 lentelė).

4 lentelė. Pilotinio tyrimo eiga



5 lentelė. Tyrimo eiga

2.2. Tyrimo metodika

Prieš atliekant pilotinį tyrimą buvo pasirinktos keturios metodikos:

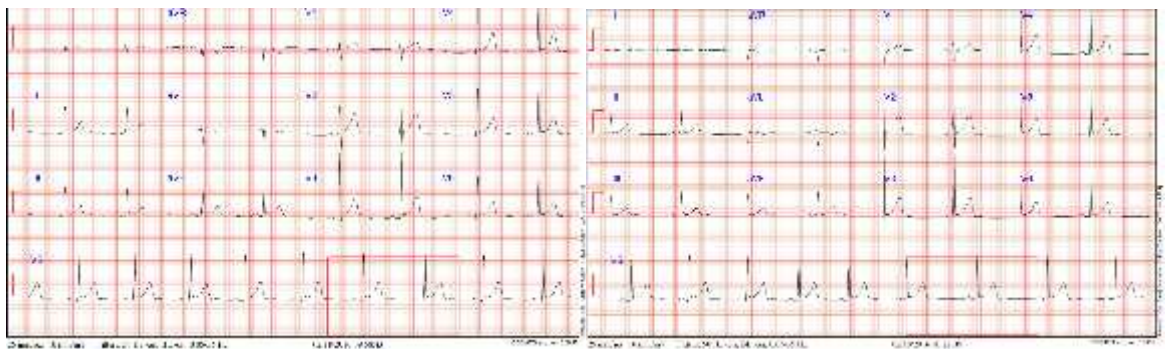
- **Kapiliaroskopija.** Tai neinvazinis metodas, pradėtas naudoti tik XX a., kurio metu, buvo stebima kraujo kūnelių tiekmė, piršto kapiliarais [49]. Prieš tyrimą, rankos pirštas nuvalomas specialiu skysčiu, kuris padeda išryškinti kapiliarus. Pirštas uždedamas ant specialaus laikiklio, virš kurio yra pritvirtintas mikroskopas. Pirštas pozicionuojamas taip, kad per mikroskopą matytųsi visi kapiliarai, esantys prie pat nago (paskutinė kapiliarų eilė). Surandami geriausiai matomi kapiliarai ir stebima kraujo kūnelių tiekmė (8 pav.).



8 pav. Kapiliaroskopija

Šis būdas tyrimui netiko, nes kapiliaroskopijos rezultatai nėra įrašomi, jie yra matomi realiu laiku, todėl paskaičiuoti bendrų rezultatų nepavyko.

- **Elektrokardiograma.** Visos vibracijos metu buvo registruojama 12 standartinių derivacijų elektrokardiograma. Visų pirma, buvo registruojama 15 minučių ramybėje, po to 15 minučių vykdant vibraciją ir 15 minučių po vibracijos (9 pav.).



9 pav. Vibracijos metu atlikta elektrokardiograma

Kardiograma buvo nusiųsta Kauno klinikų kardiologui, kuris įvertino ją ir patarė matuoti širdies ritmo variabilumą, nes kardiogramoje didelių pokyčių rasti nepavyko.

Po pilotinio tyrimo liko dvi metodikos: širdies ritmo variabilumas ir termovizija. Šios metodikos ir buvo panaudotos, tiriamiesiems testuoti.

2.2.1. Vibracinė terapija

Įrenginį išrado ir sumodeliavo Kauno technologijos universiteto doktorantas Mantas Venslauskas. Įrenginys yra skirtas sugeneruoti žemo dažnio virpesius (patento nr. LT2016 516).

Įrenginys mušimo reiškiniu metu sugeneruoja 1 – 10 Hz dažnius bei 1 – 50 mm poslinkio amplitudes, taip sukuriant pakankamo dydžio jėgą, reikiamam galūnių poslinkiui sukurti (10 pav.).

Įrenginio sandara:

1. Rėminė konstrukcija;
2. gulėjimo atrama;
3. gulėjimo atrama, reguliuojamu kampu;
4. kojų atrama;
 - 4.1. kojų įtvirtinimo priemonė;
 - 4.2. judanti plokštė;
5. kojų atrama, reguliuojamu kampu;
6. kojų atramos fiksatorius;
7. virpesių generavimo šaltinis.

Mušimo reiškiniui bei žemo dažnio vibracijoms sukurti gali būti naudojami elektromechaniniai varikliai su ant besisukančių rotorių ašių pritvirtintomis disbalansinėmis masėmis, kurios gali būti dalinio cilindro formos. Varikliai yra žemo sukimosi dažnio elektros varikliai, kurių nominali vertė yra 1000 aps./min. Disbalansinės masės yra užmautos ant variklio rotoriaus ir yra tokios formos, kad joms besisukant rotorius imtų veikti išcentrinės jėgos. Gali būti naudojama 615 g svorio disbalansinės masės, kurios yra dalinai cilindro formos. Vibracijos šaltiniai yra tvirtinami prie reguliuojamos kojų atramos (4) laisvojo galo, išilgai pozicionuojamų kojų kryptčiai ir be laisvumo tarp vibracijos šaltinių ir kojų atramos (4) taip, kad disbalansinės masės būtų ties pėdomis, plokštės galinėje dalyje, o jų sukuriama išcentrinė jėga būtų arčiausiai objekto, kuriam pageidaujamas sukurti poveikis. Variklių darbo režimai yra nustatomi per valdymo panelę (nuotraukoje neparodyta), kuri leidžia reguliuoti kiekvieno variklio maitinimo įtampą, nustatyti darbo laiko normas, arba konkrečius darbo režimus.

Reguliuojama kojų atrama (4), apima kojų įtvirtinimo priemonę (4.1), elastingą, didelės judėjimo amplitudės judančią plokštę, vibracijas sukeliančių įrenginių tvirtinimo sritį. Rėminės konstrukcijos (1) dalis, kuri susideda iš reguliuojamos kojų atramos (4) ir kojų atramos reguliuojamo kampo (5) yra izoliuota vibracijų slopinimo priemonėmis nuo rėminės konstrukcijos (1) dalies, apimančios gulimos padėties žmogaus kūno atramos paviršių (2). Reguliuojamos kojų atramos (4) judanti plokštė (4.2) gali būti pagaminta iš tokios medžiagos kaip tekstolitas, ar kitos

medžiagos, turinčios panašias mechanines savybes. Judančios plokštės (4.2) medžiaga yra parenkama tokia, kad galėtų atlaikyti apkrovas, atitinkančias paciento kojų, konstrukcinių elementų bei variklių su disbalansais mases dinaminiam poveikyje, esant iki 50 milimetrų dydžio amplitudėms. Tekstolito plokštės, kurios matmenys yra 0,485 x 0,400 x 0,004 m, atveju, kuomet prie jos yra pritvirtinti elektromechaniniai varikliai, bei pozicionuojamos 75 kg bendros kūno masės paciento kojos, plokštė rezonuoja prie 3,3 Hz variklių formuojamo virpesių dažnio ir yra sukuriamas 180 N jėga. Plokštės pozicija gali būti keičiama išilgine paciento kojų kryptimi, siekiant užtikrinti komfortą įvairių antropometrinių duomenų žmonėms.

Ant judančios plokštės (4.2) padėtos kojos gali būti stabilizuojamos naudojant mechanizmą, kuris leidžia prispausti kojas prie judančios plokštės (4.1) asmeniui esant gulimoje pozicijoje. Šios plokštės (4.2) padėtis ant jos pozicionuojamų kojų atžvilgiu yra valdoma taip, kad asmens pėdos būtų iškeltos 20-30 cm aukštyje, žmogaus nugaros atraminio paviršiaus (2) plokštumos atžvilgiu. Prispaudimui gali būti naudojamas trosų ir skriemulių mechanizmas, kurio valdymas patogiai pasiekiamas pacientui gulint ir padėjus kojas ant vibruojančiosios plokštės. Esant pakankamam įveržimui, trosas fiksuojamas kojų stabilumui užtikrinti visos vibracinės terapijos metu. Taip pat gali būti naudojamos ir kitos priemonės, tokios kaip elektros varikliai, pneumatiniai ar hidrauliniai įtaisai valdomi prispaudėjai.

Reguliuojamos kojų atramos (4) judanti plokštė (4.2) yra tvirtinama prie rėminės konstrukcijos (1) kitu plokštės galu negu yra tvirtinami vibracijų šaltiniai taip, kad tvirtinimo elementai apimtų bent dalį judančios plokštės (4.2) kraštų kratu su papildomos plokštelės dalimi taip, kad sujungimo mazguose neatsirastų nepageidaujamų vibracijų ir nebūtų iškraipytas dažnis. Tvirtinimo elementuose plokštės pozicija yra keičiama, pritaikant įrenginį pagal paciento ūgį. Rėminės konstrukcijos (1) dalys, kontaktuojančios su pagrindu, ant kurio yra pastatoma rėminė konstrukcija, apima vibracijas slopinančius elementus, taip slopinant persiduodančius virpesius ir siekiant eliminuoti galimą rezonansą. Įrenginio konstrukcija leidžia užtikrinti minimalų virpesių poveikio perdavimą į žmogaus organizmą, nes pacientas yra guldomas ant rėminės konstrukcijos dalies su atraminiu paviršiumi (2) veikiančiu kaip paminkštinančioji dalis, kuri taip pat leidžia sugerti vibracijų šaltinių perduodamus virpesius.



10 pav. Vibracinis aparatas

2.2.2. Terminės nuotraukos

Infraraudonųjų spindulių kameros pateikia nuotraukas, kurios dėl infraraudonųjų spindulių bei kūno šilumos rodo labai tikslius temperatūros duomenis [28]. Šiame tyrime buvo naudota infraraudonųjų spindulių kamera (FLIR SC7000).

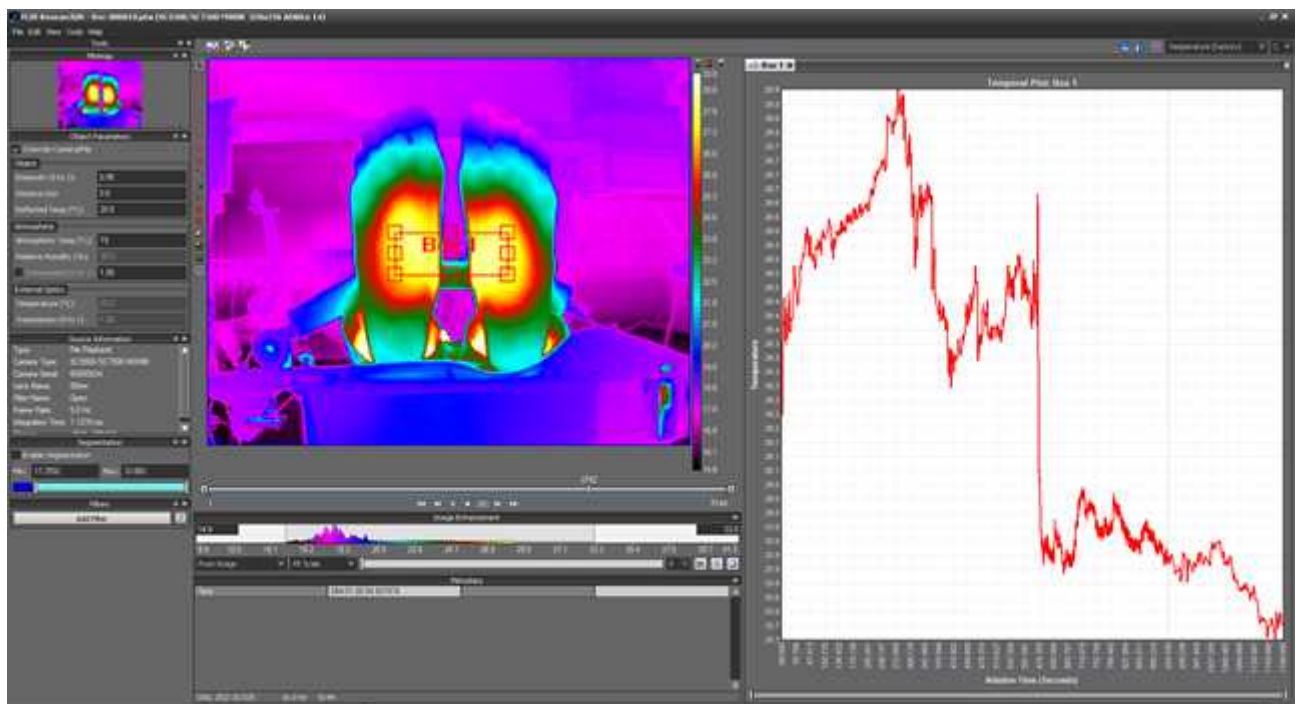
FLIR SC7000 infraraudonųjų spindulių kamera yra labai jautri, tiksli, greita bei pateikia tikslų erdvinį vaizdą, kurį tiriamieji. Šios serijos kameros yra sukurtos specialiai moksliniams tyrimams. Taip pat ši kamera turi kelis detektorius, kuriuos galima pasirinkti, pagal tai, kokių nuotraukų mums reikia. Puikiai sukurta programa leidžia mums pasirinkti ir pažymėti aplinkos temperatūrą, kad nebūtų iškreipiami tyrimo rezultatai. Temperatūros matavimo diapazonas yra nuo +5 C iki +300 °C.

Prieš atliekant termines nuotraukas patalpa, kurioje buvo atliekamas tyrimas, buvo įšildoma iki 20 – 21 °C. Ši temperatūra buvo pasirinkta išnagrinėjus ankstesnius tyrimus, kuriuose buvo naudojama termovizinė kamera. Prasidėjus tyrimui tiriamasis buvo paguldytas ant vibracinio įrenginio, basomis pėdomis (11 pav.).



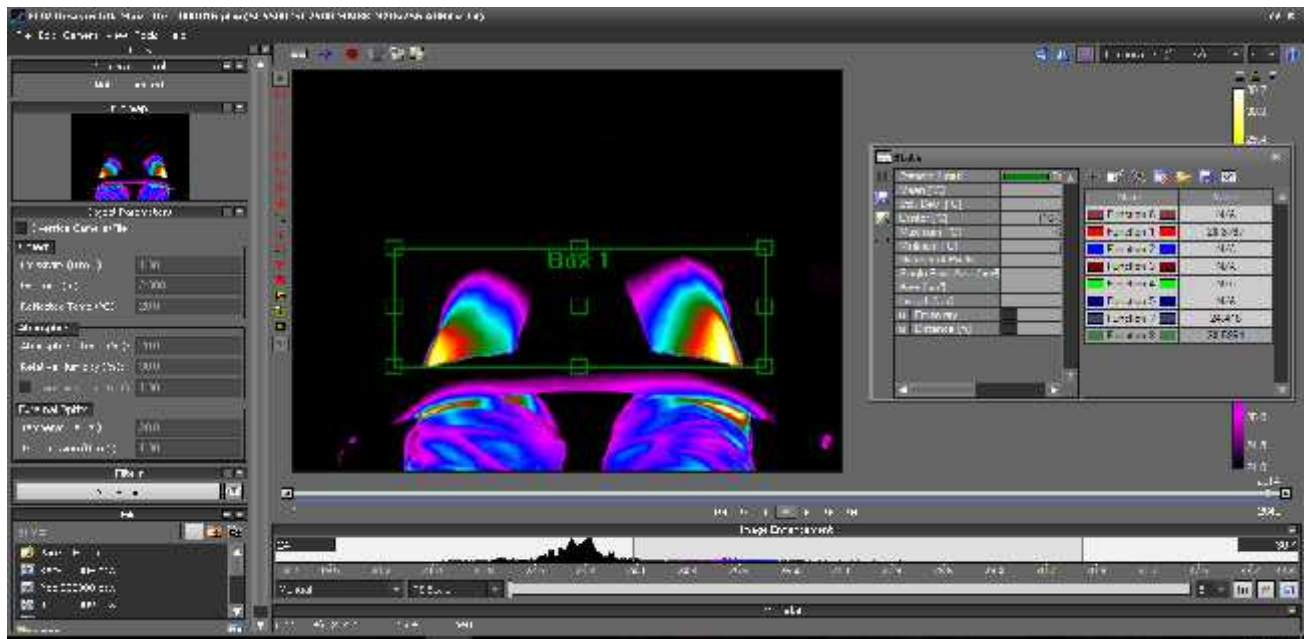
11 pav. Tyrimo pradžia, vibracinis įrenginys ir termovizinė kamera

Atlikus pilotinį tyrimą, buvo nuspręsta pakeisti termovizinės kameros vietą tyrimo metu, nes padėjus kamerą prie pėdų, buvo matyti ne tik pėdų temperatūra, bet ir kitų kūno dalių (kojų, galvos, pilvo) temperatūra. (12 pav.).



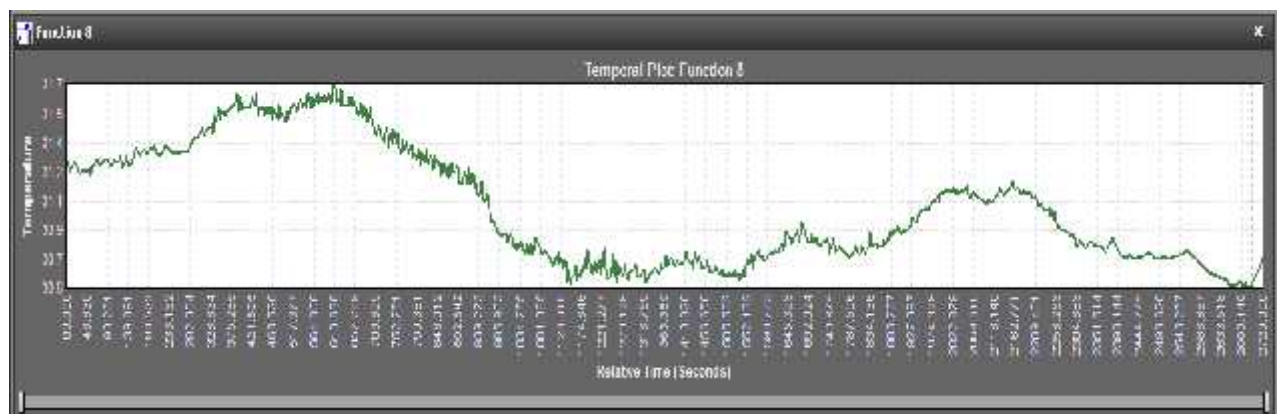
12 pav. Pilotinio tyrimo metu atliktas termovizinės kameros pozicionavimas

Buvo pašalinti visi kliuviniai termovizinės kameros zonoje, kurie galėjo daryti įtaką tyrimo rezultatams (13 pav.).



13 pav. Tyrimo metu atliktas termovizinės kameros pozicionavimas

Tiriamasis turėjo gulėti ramiai 15 minučių, kurių metu buvo registruojama pėdų temperatūra. Po 15 minučių buvo įjungiamas vibracija, jos metu visą laiką buvo registruojami temperatūros pokyčiai pėdose. Išjungus vibraciją – svarbiausias tyrimo etapas, 15 minučių registruojami pėdos temperatūros pokyčiai. Visas 45 minutes, duomenys buvo įrašinėjami, kurių dėka, galėjome pasižiūrėti, kaip kito tiriamojo pėdų temperatūra, visą tyrimo laikotarpį (14 pav.). Visi tiriamieji tvirtino vieną, kad pabaigus procedūrą apie 5 minutes jautė dilgčiojimą kojose.



14 pav. Pėdų temperatūros kitimas tyrimo metu

Temperatūros analizei buvo pasirinkti du pėdos taškai (15 pav.):

- Centrinis pėdos taškas (CPT) – matuota didžiausia pėdos temperatūra pėdoje.
- Periferinis pėdos taškas (PPT) – mažiausia pėdos temperatūra pėdoje.



15 pav. Tyrimo metu pasirinktų taškų vieta ant žmogaus pėdos

2.2.3. Širdies ritmo variabilumas

Širdies variabilumo vertinimui, buvo pasirinkta programa „Elite HRV” (16 pav.), kurios dėka, analizuojami elektrodo, esančio ant žmogaus kūno, duomenys. Galima įrašinėti širdies skleidžiamus impulsus visą tyrimo laiką. Taip pat yra išvedamas širdies ritmo variabilumas (17 pav.).



16 pav. Tyrime naudota širdies variabilumo programa „Elite HRV“



17 pav. „Elite HRV“ programos renkami duomenys

Širdies ritmo variabilumas buvo įrašinėjamas viso tyrimo metu. 15 minučių prieš vibraciją, žmogui ramiai gulint, 15 minučių vibracijos metu ir 15 minučių po vibracijos. Tiriamojo buvo prašoma nešnekėti, nesijaudinti, ramiai gulėti. Tokiu būdu buvo siekiama gauti kuo tikslesnius širdies ritmo varaibilumo rezultatus.

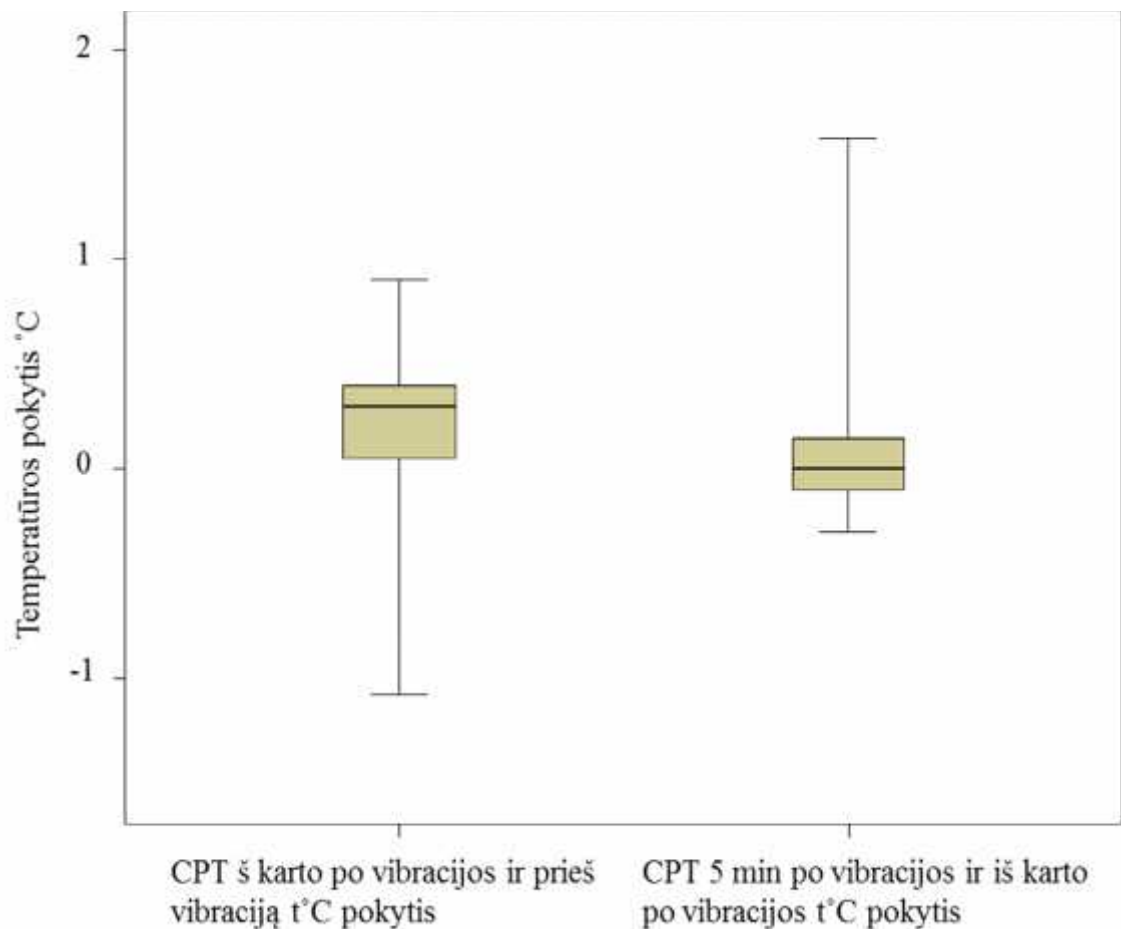
2.2.4. Matematinė statistika

Statistinė duomenų analizė atlikta naudojant IBM SPSS Statistics 22 paketą. Kiekybinio požymio, netenkinančio normaliojo skirstinio sąlygų, reikšmės dviejose priklausomose grupėse lygintos taikant neparametrinį Vilkssono kriterijų. Kiekybinio požymio, netenkinančio normaliojo skirstinio sąlygų, reikšmės trijose ir daugiau priklausomose grupėse, lygintos taikant neparametrinį Frydmano kriterijų. Neparametrinio kriterijaus taikymo rezultatai aprašyti pateikiant kiekybinio požymio medianą (maksimalią – minimalią ir vidurkio reikšmes) lyginamuosiose tyrimo imtyse. Stebėti skirtumai tarp požymių buvo laikyti statistiškai reikšmingais, kai apskaičiuotasis reikšmingumo lygmuo (p – reikšmė) buvo mažesnis nei pasirinktasis reikšmingumo lygmuo ($\alpha = 0,05$). Kiekybinio požymio, netenkinančio normaliojo skirstinio sąlygų, priklausomybės vertinimui buvo pasirinkta Spirmeno koreliacija. Koreliacijos koeficientas r . Jei $r = 0$ – ryšio nėra, $0 < |r| \leq 0,3$ – labai silpnas ryšys, $0,3 < |r| \leq 0,5$ – silpnas ryšys, $0,5 < |r| \leq 0,7$ – vidutinio stiprumo ryšys, $0,7 < |r| \leq 0,9$ – stiprus ryšys, $0,9 < |r| \leq 1$ – labai stiprus ryšys.

3. TYRIMO REZULTATAI

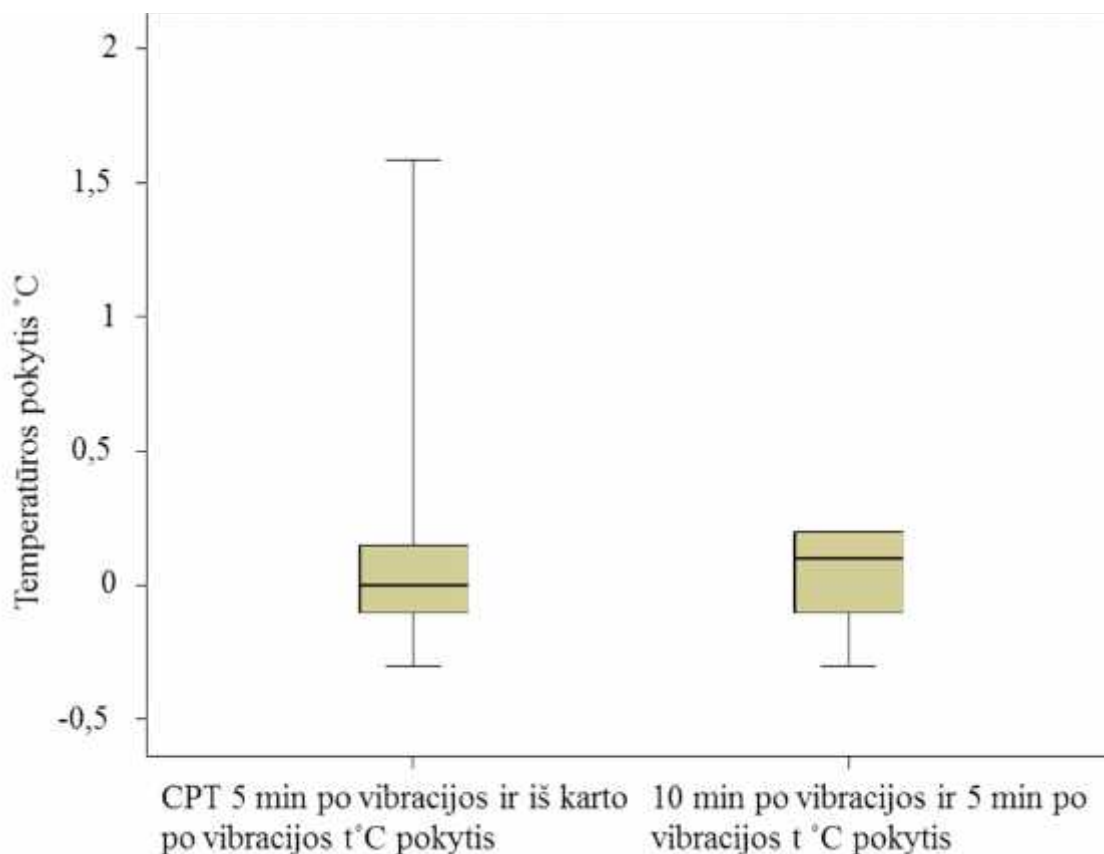
3.1. Centrinio pėdos taško (CPT) temperatūros pokyčių įvertinimo analizė

Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (iš karto po vibracijos CPT temperatūra ir prieš vibraciją CPT temperatūra bei 5 minutės po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai pateikiami 18 paveikslėlyje. Tarp temperatūros pokyčio, kuris buvo apskaičiuotas iš temperatūros iš karto po vibracijos ir prieš vibraciją 0,3 (0,9; -1,10; 0,1467) ir temperatūros pokyčio po 5 minučių ir iš karto po vibracijos 0 (1,6; -0,30; 0,1467) statistiškai reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p = 0,414$).



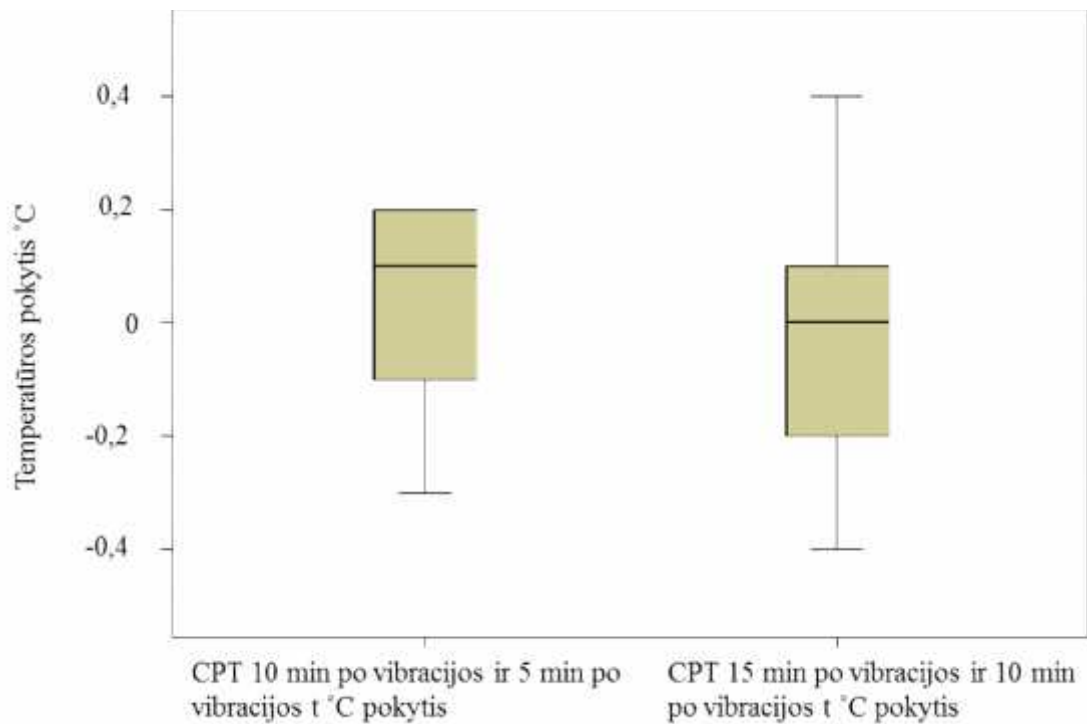
18 pav. Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (iš karto po vibracijos CPT temperatūra ir prieš vibraciją CPT temperatūra bei 5 minutės po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai

Lyginant temperatūros pokyčius, kurie buvo gauti 5 minutės po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra 0 (1,6; -0,3; 0,1467) bei 10 minučių po vibracijos ir 5 minutės po vibracijos 0,1 (0,2; -0,3; 0,0467) statistiškai reikšmingas skirtumas taip pat nebuvo nustatytas ($p = 0,613$). Rezultatai pateikiami 19 paveikslėlyje.



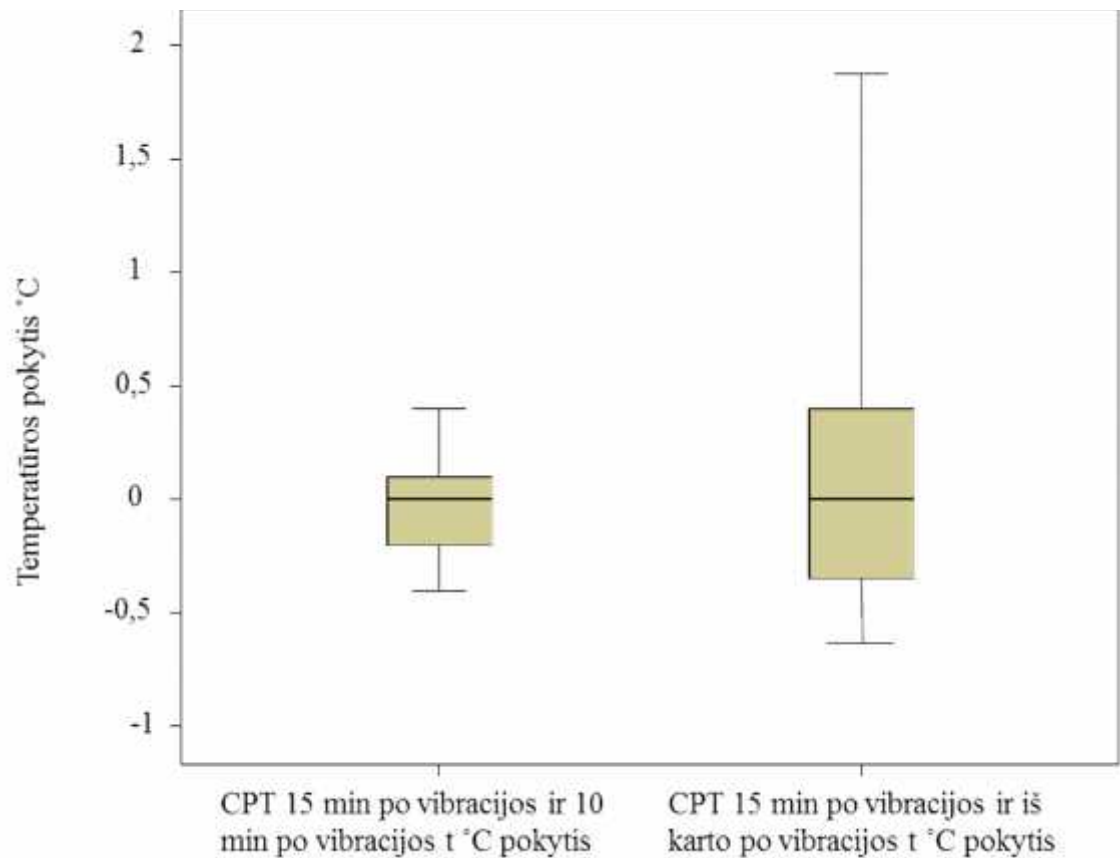
19 pav. Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (5 minutės po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra bei 10 minučių po vibracijos ir 5 minučių po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai

Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (10 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir po 5 minučių vibracijos CPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir 10 minučių po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai pateikiami 20 paveikslėlyje. Tarp temperatūros pokyčio, kuris buvo apskaičiuotas 10 minučių po vibracijos ir 5 minučių po vibracijos 0,1 (0,2; -0,3; 0,0467) ir temperatūros pokyčio po 15 minučių ir 10 minučių po vibracijos 0 (0,4; -0,4; 0,1467) statistiškai reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p = 0,357$).



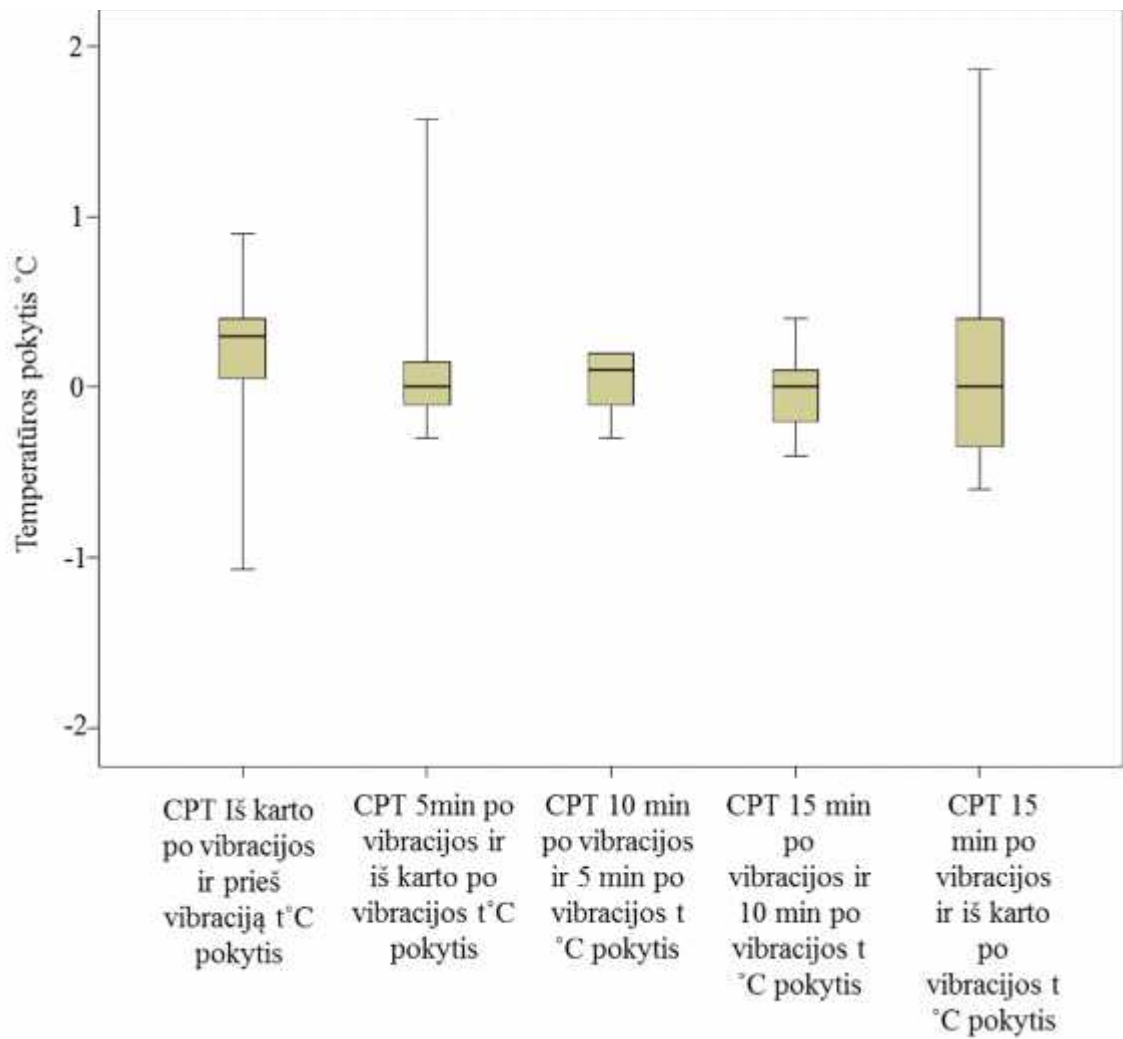
20 pav. Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (10 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir 5 minutės po vibracijos CPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos ir 10 minučių po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai

Lyginant temperatūros pokyčius, kurie buvo gauti 15 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir 10 minučių po vibracijos CPT temperatūra 0 (0,4; -0,4; -0,04) bei 15 minučių po vibracijos ir iš karto po vibracijos 0 (1,90; -0,6; 0,1533) statistškai reikšmingas skirtumas taip pat nebuvo nustatytas ($p = 0,377$). Rezultatai pateikiami 21 paveikslėlyje.



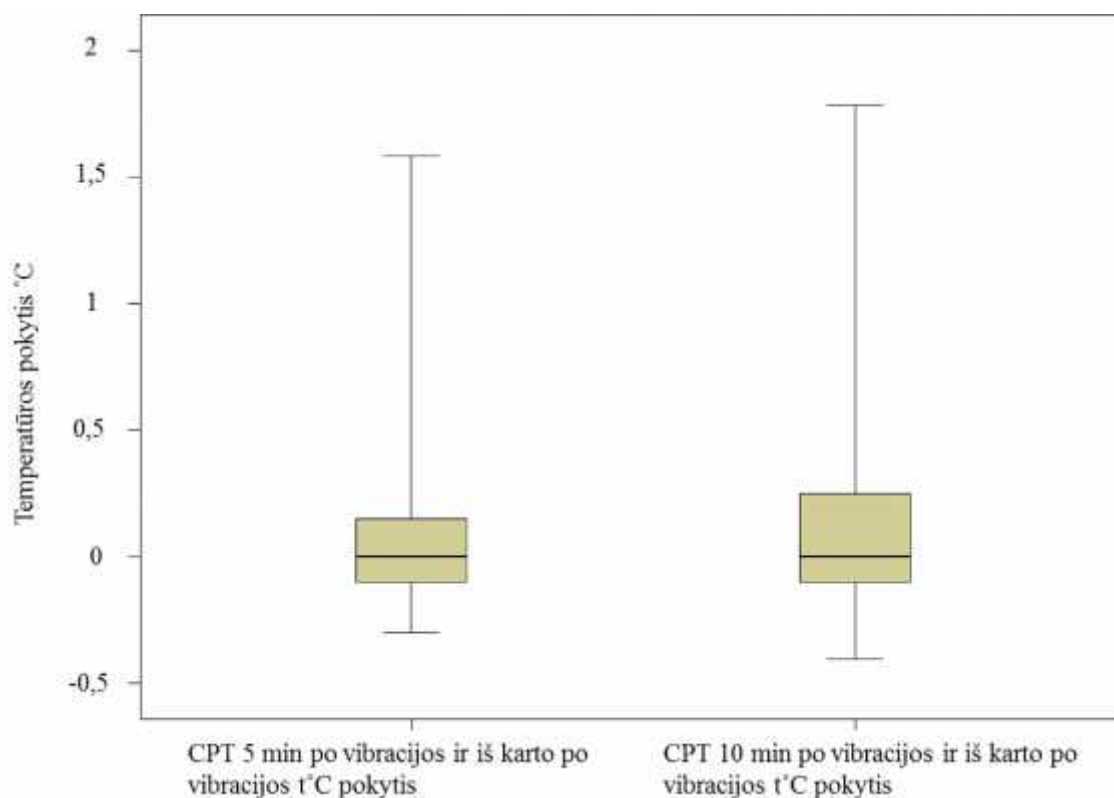
21 pav. Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (15 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir 10 minučių po vibracijos CPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos ir iškart po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai

Palyginus visus temperatūrų pokyčius tarpusavyje statistiškai reikšmingo skirtumo nerasta ($p = 0,342$). Rezultatai pateikti 22 paveikslėlyje.



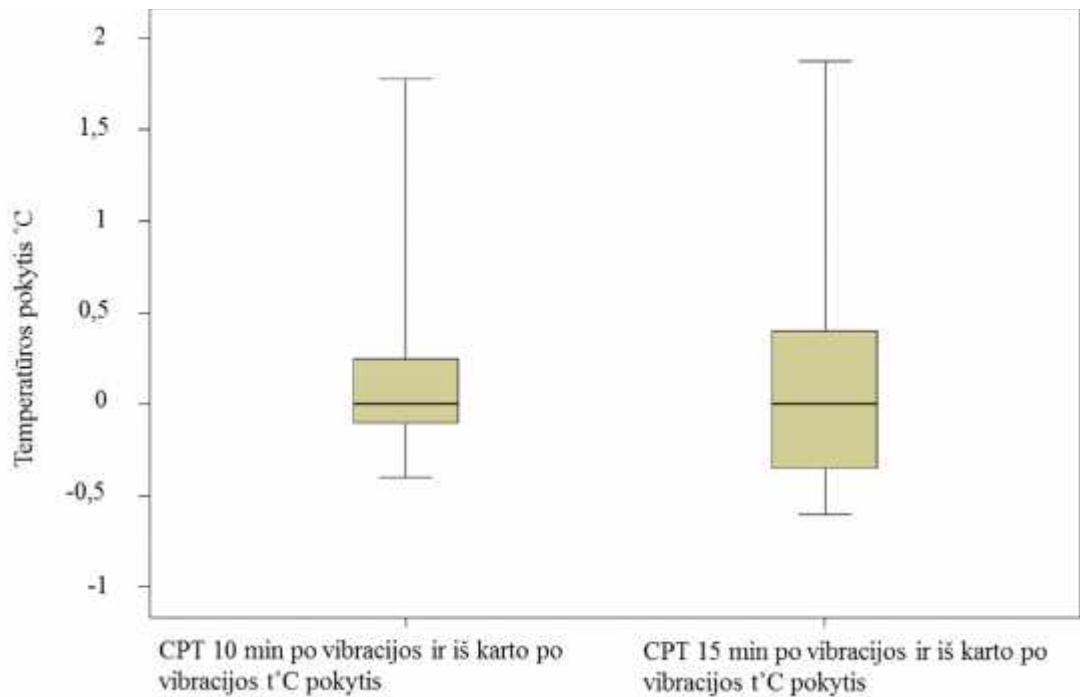
22 pav. Visų temperatūros pokyčių palyginimas tarpusavyje

Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (5 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra bei 10 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai pateikiami 23 paveikslėlyje. Tarp temperatūros pokyčio, kuris buvo apskaičiuotas 5 minutės po vibracijos ir iš karto po vibracijos 0 (1,6; -0,3; 0,1467) ir temperatūros pokyčio po 10 minučių ir iš karto po vibracijos 0 (1,8; -0,4; 0,1933) statistiškai reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p = 0,235$).



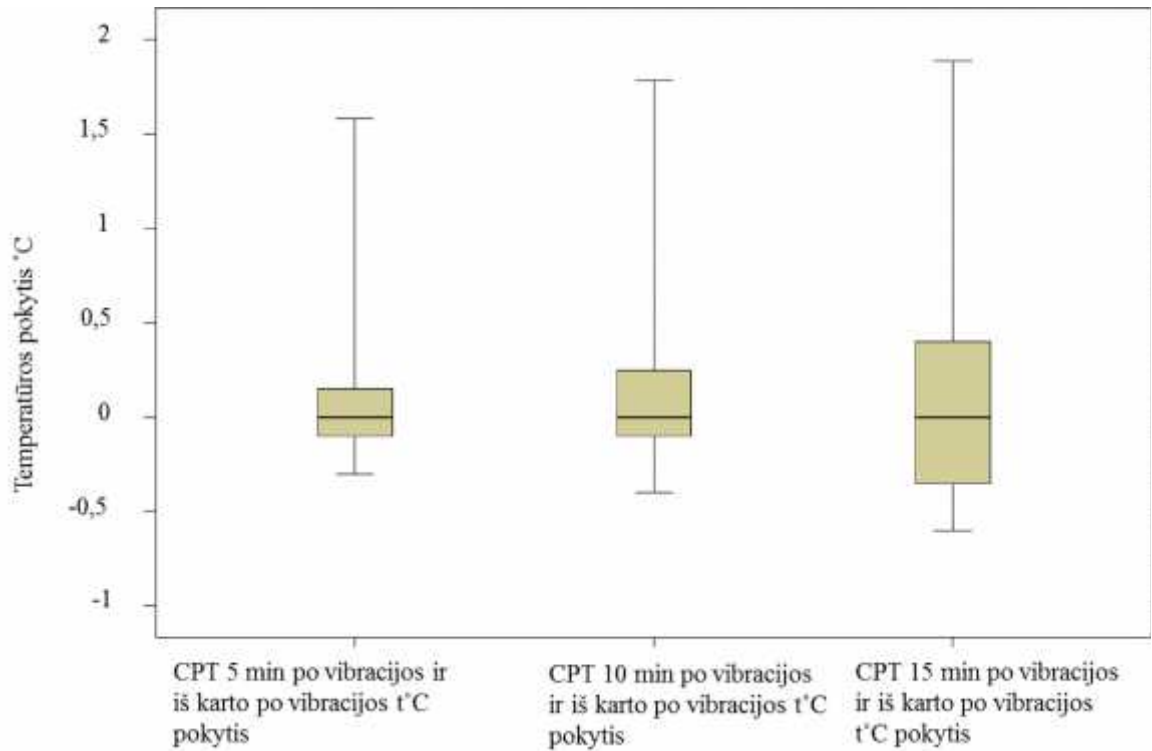
23 pav. Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (5 minutės po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra bei 10 minučių po vibracijos ir iškart po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai

Lyginant temperatūros pokyčius, kurie buvo gauti 10 minučių po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra 0 (1,8; -0,4; 0,1933) bei 15 minučių po vibracijos ir iš karto po vibracijos 0 (1,9; -0,6; 0,1533) statistiškai reikšmingas skirtumas taip pat nebuvo nustatytas ($p = 0,452$). Rezultatai pateikiami 24 paveikslėlyje.



24 pav. Centrinio pėdos taško temperatūros pokyčių (10 minutės po vibracijos CPT temperatūra ir iš karto po vibracijos CPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos ir iškart po vibracijos CPT temperatūra) rezultatai

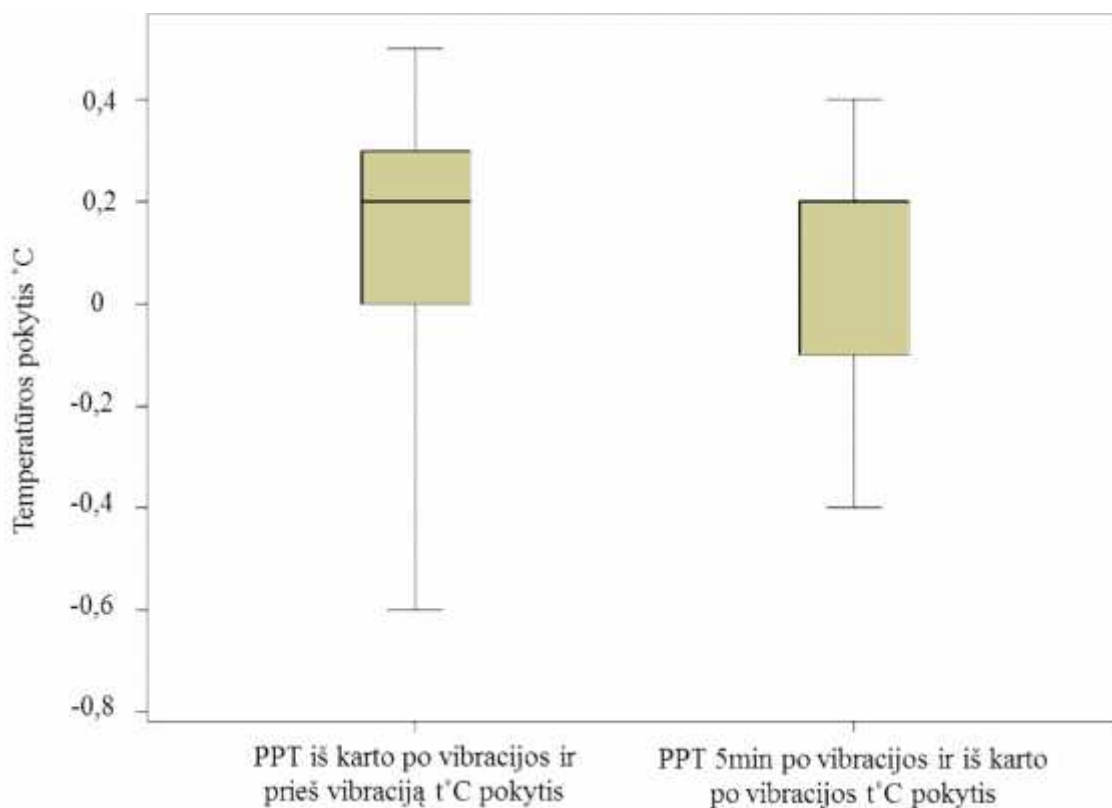
Palyginus visus temperatūros pokyčius tarpusavyje statistiškai reikšmingo skirtumo nerasta ($p = 0,662$). Rezultatai pateikti 25 paveikslėlyje.



25 pav. Visų temperatūros pokyčių palyginimas tarpusavyje

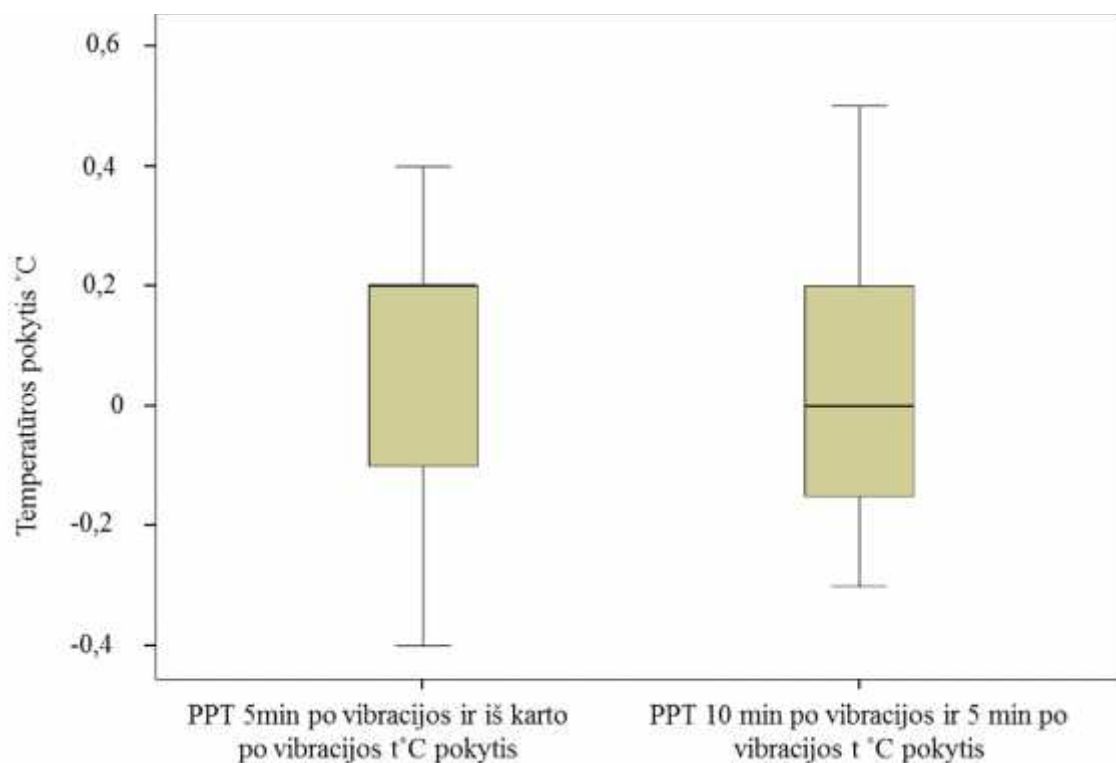
3.2. Periferinio pėdos taško (PPT) temperatūros pokyčių įvertinimo analizė

Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (iš karto po vibracijos PPT temperatūra ir prieš vibraciją PPT temperatūra bei 5 minutės po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai pateikiami 26 paveikselyje. Tarp temperatūros pokyčio, kuris buvo apskaičiuotas iš temperatūros iš karto po vibracijos ir prieš vibraciją 0,2 (0,5; -0,6; 0,1067) ir temperatūros pokyčio po 5 minučių ir iš karto po vibracijos 0,2 (0,4; -0,4; 0,0667) statistiškai reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p = 0,752$).



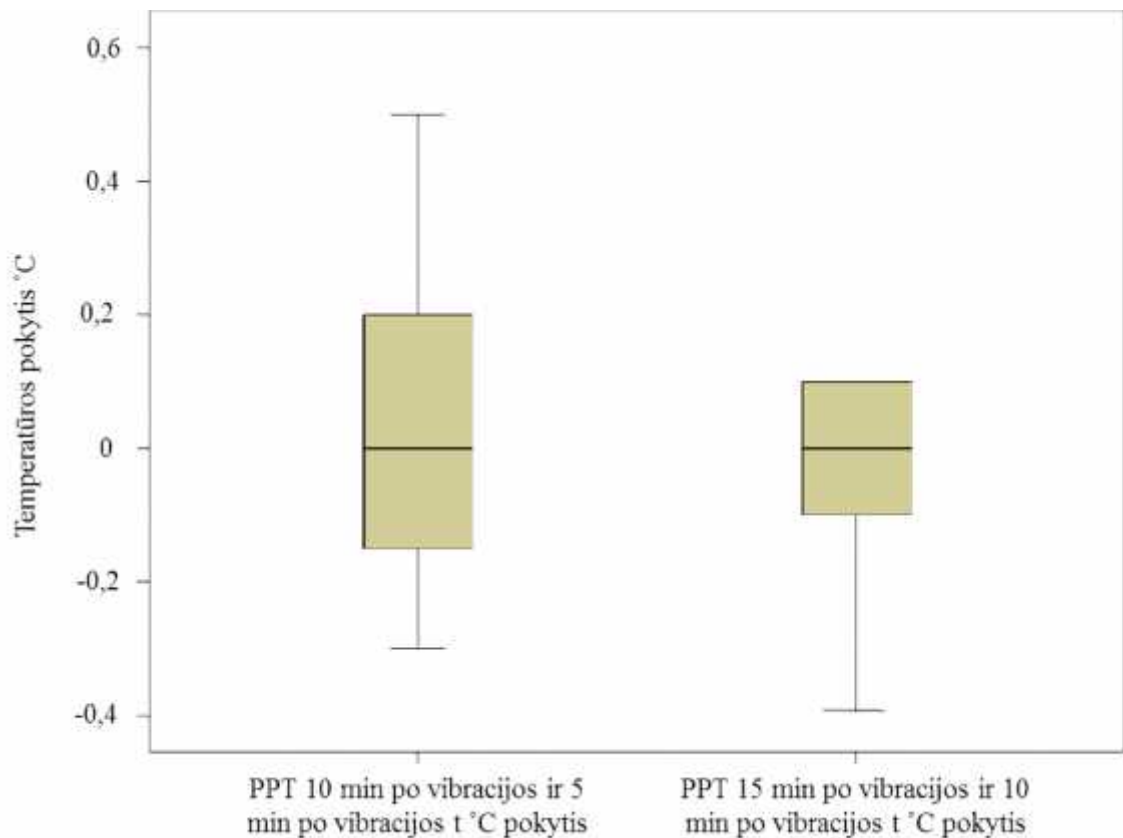
26 pav. Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (iš karto po vibracijos PPT temperatūra ir prieš vibraciją PPT temperatūra bei 5 minutės po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai

Lyginant temperatūros pokyčius, kurie buvo gauti 5 minutės po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra 0,2 (0,4; -0,4; 0,0667) bei 10 minučių po vibracijos ir 5 minutės po vibracijos 0 (0,5; -0,3; 0,033) statistiškai reikšmingas skirtumas taip pat nebuvo nustatytas ($p = 0,636$). Rezultatai pateikiami 27 paveikslėlyje.



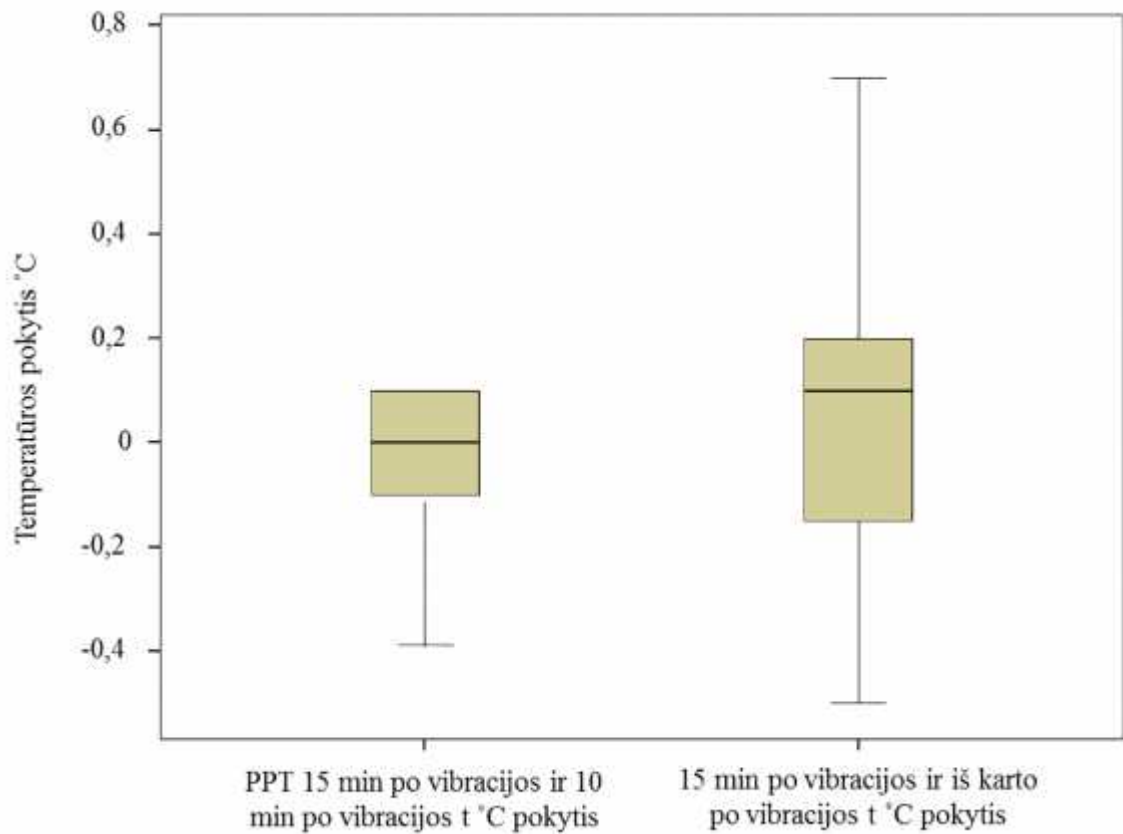
27 pav. Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (5 minutės po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra bei 10 minučių po vibracijos ir 5 minučių po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai

Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (10 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir po 5 minučių vibracijos PPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir 10 minučių po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai pateikiami 28 paveikslėlyje. Tarp temperatūros pokyčio, kuris buvo apskaičiuotas 10 minučių po vibracijos ir 5 minučių po vibracijos 0 (0,5; -0,3; 0,033) ir temperatūros pokyčio po 15 minučių ir 10 minučių po vibracijos 0 (0,1; -0,4; -0,02) statistiškai reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p = 0,357$).



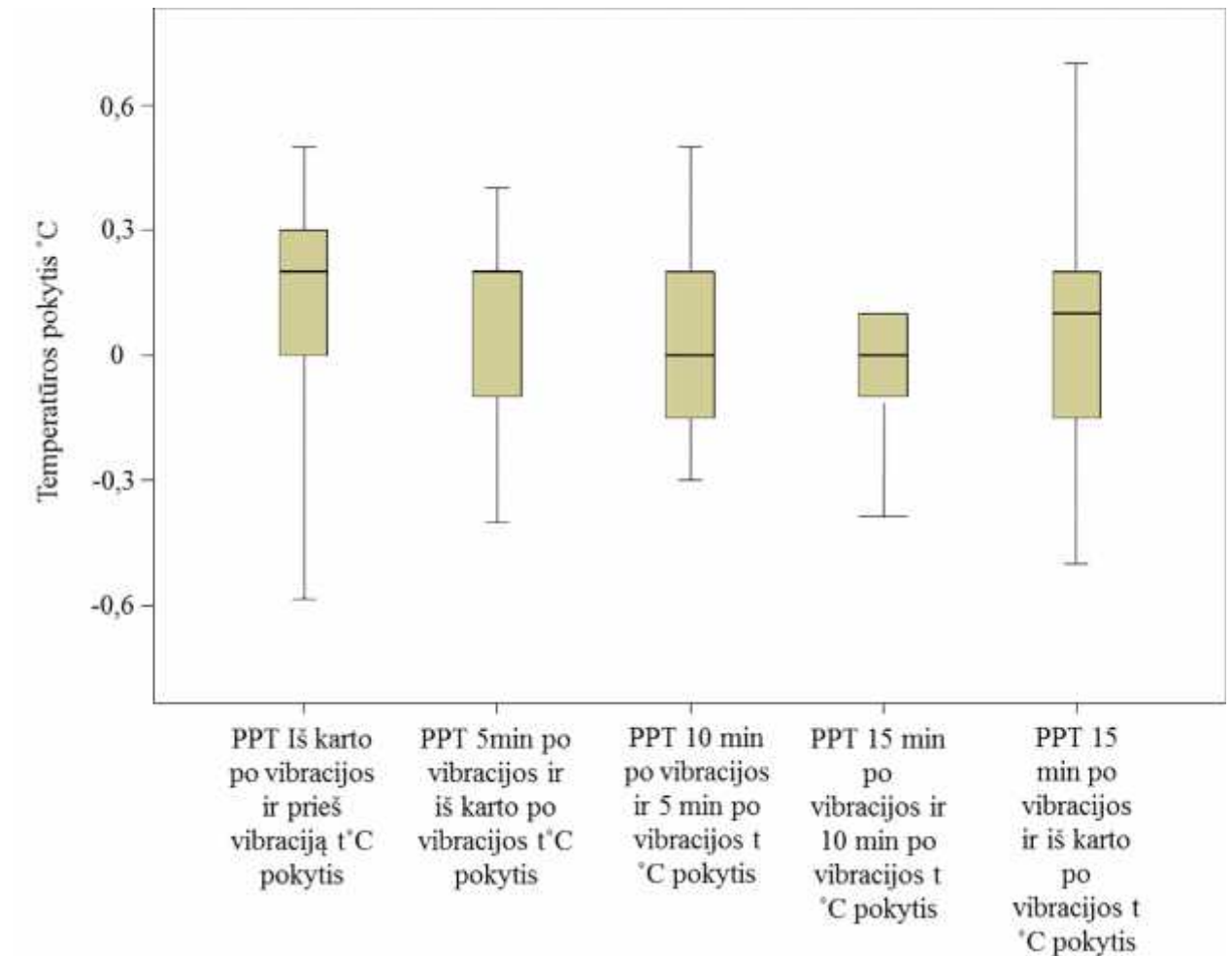
28 pav. Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (10 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir 5 minutės po vibracijos PPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos ir 10 minučių po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai

Lyginant temperatūros pokyčius, kurie buvo gauti 15 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir 10 minučių po vibracijos PPT temperatūra 0 (0,1; -0,4; -0,02) bei 15 minučių po vibracijos ir iš karto po vibracijos 0,1 (0,7; -0,5; 0,08) statistiškai reikšmingas skirtumas taip pat nebuvo nustatytas ($p = 0,188$). Rezultatai pateikiami 29 paveikslėlyje.



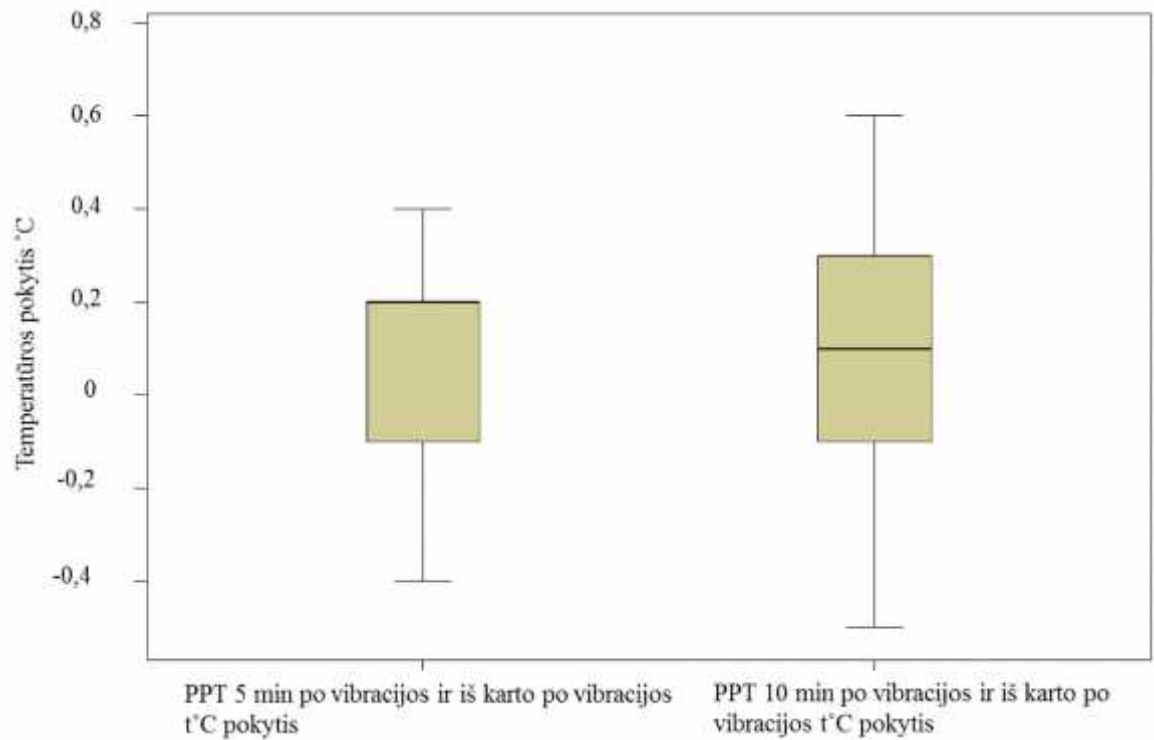
29 pav. Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (15 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir 10 minučių po vibracijos PPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos ir iškart po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai

Palyginus visus temperatūros pokyčius tarpusavyje statistiškai reikšmingo skirtumo nerasta ($p = 0,264$). Rezultatai pateikti 30 paveikslėlyje.



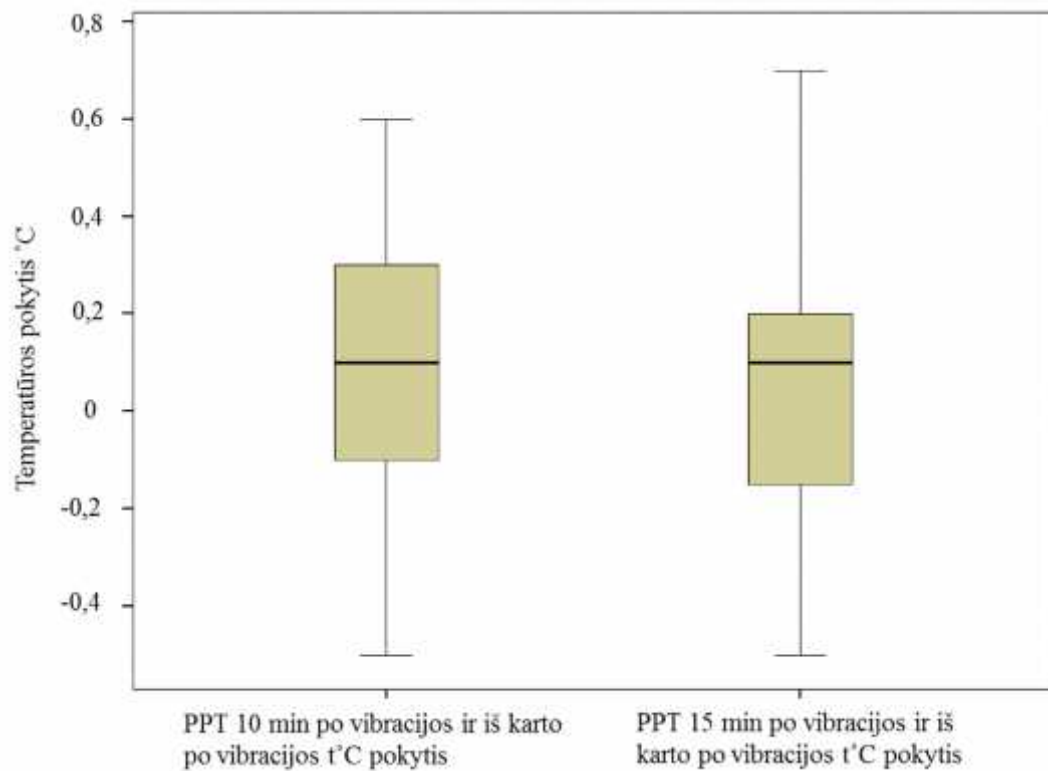
30 pav. Visų temperatūros pokyčių palyginimas tarpusavyje

Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (5 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra bei 10 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai pateikiami 31 paveikslėlyje. Tarp temperatūros pokyčio, kuris buvo apskaičiuotas 5 minutes po vibracijos ir iš karto po vibracijos 0,2 (0,4; -0,4; 0,067) ir temperatūros pokyčio po 10 minučių ir iš karto po vibracijos 0,1 (0,6; -0,5; 0,1) statistiškai reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p = 0,647$).



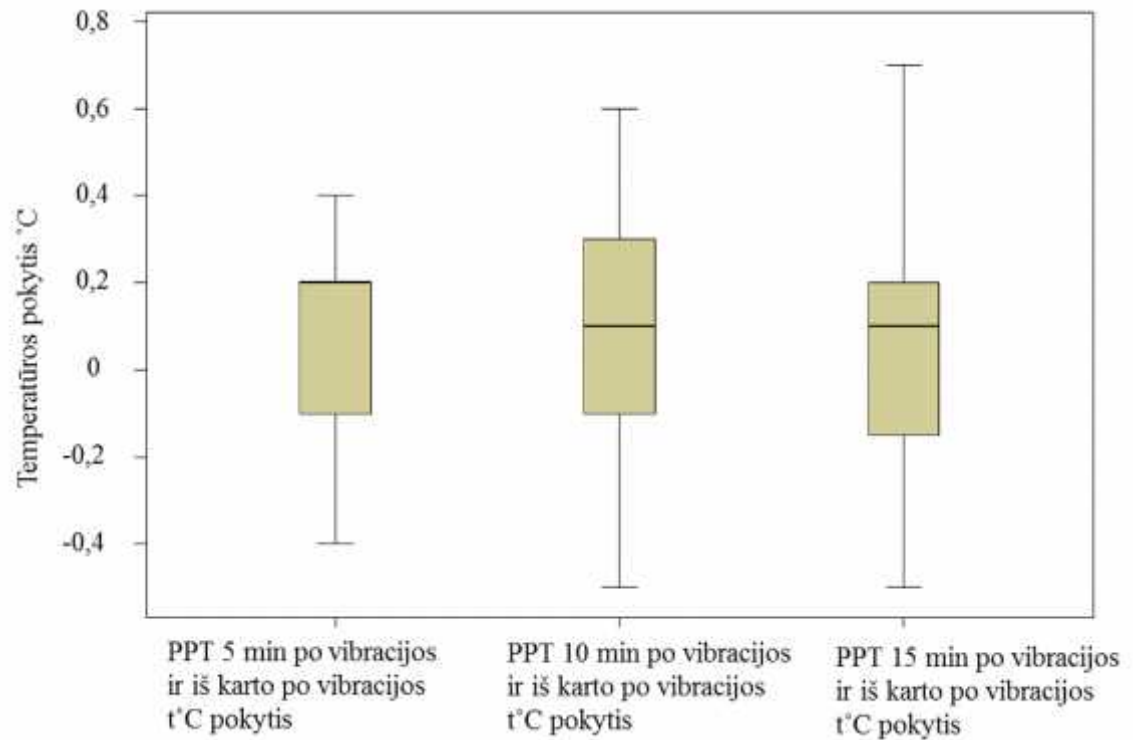
31 pav. Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (5 minutės po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra bei 10 minučių po vibracijos ir iškart po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai

Lyginant temperatūros pokyčius, kurie buvo gauti 10 minučių po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra 0, (0,6; -0,5; 0,1) bei 15 minučių po vibracijos ir iš karto po vibracijos 0,1 (0,7; -0,5; 0,08) statistiškai reikšmingas skirtumas taip pat nebuvo nustatytas ($p = 0,782$). Rezultatai pateikiami 32 paveikslėlyje.



32 pav. Periferinio pėdos taško temperatūros pokyčių (10 minutės po vibracijos PPT temperatūra ir iš karto po vibracijos PPT temperatūra bei 15 minučių po vibracijos ir iškart po vibracijos PPT temperatūra) rezultatai

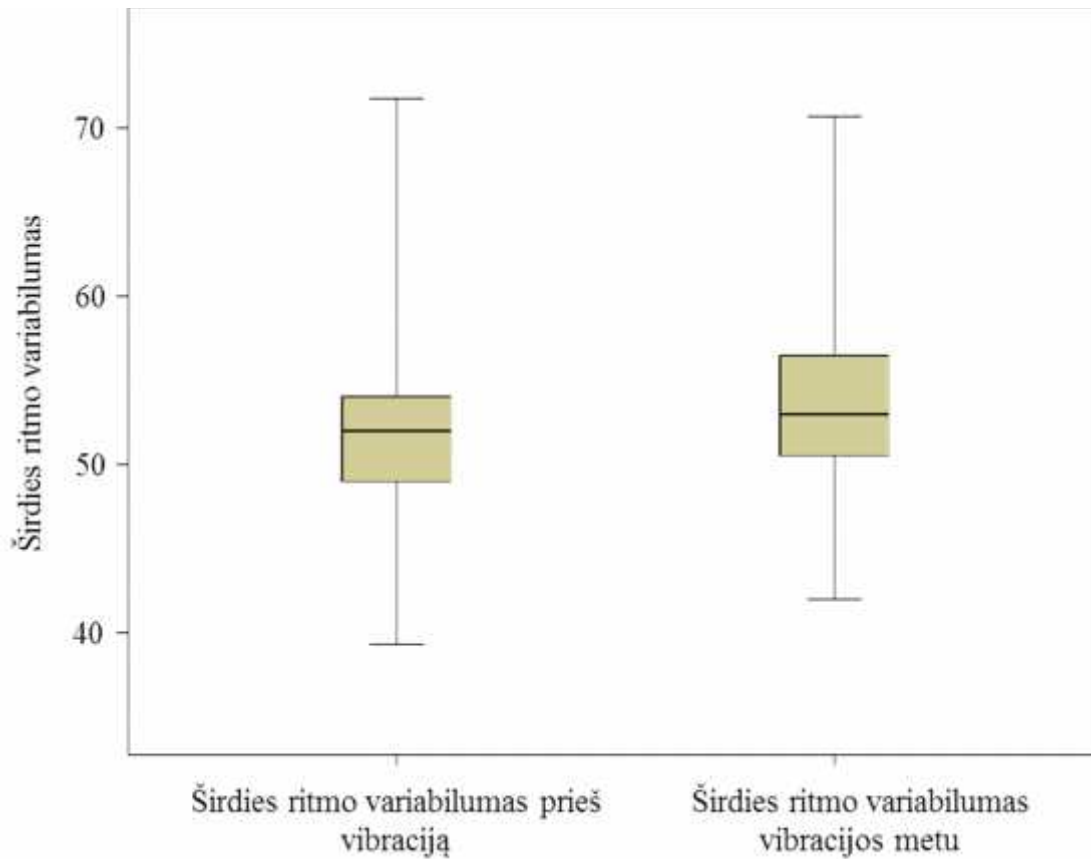
Palyginus visus temperatūros pokyčius tarpusavyje statistiškai reikšmingo skirtumo nerasta ($p = 0,869$). Rezultatai pateikti 33 paveikslėlyje.



33 pav. Visų temperatūros pokyčių palyginimas tarpusavyje

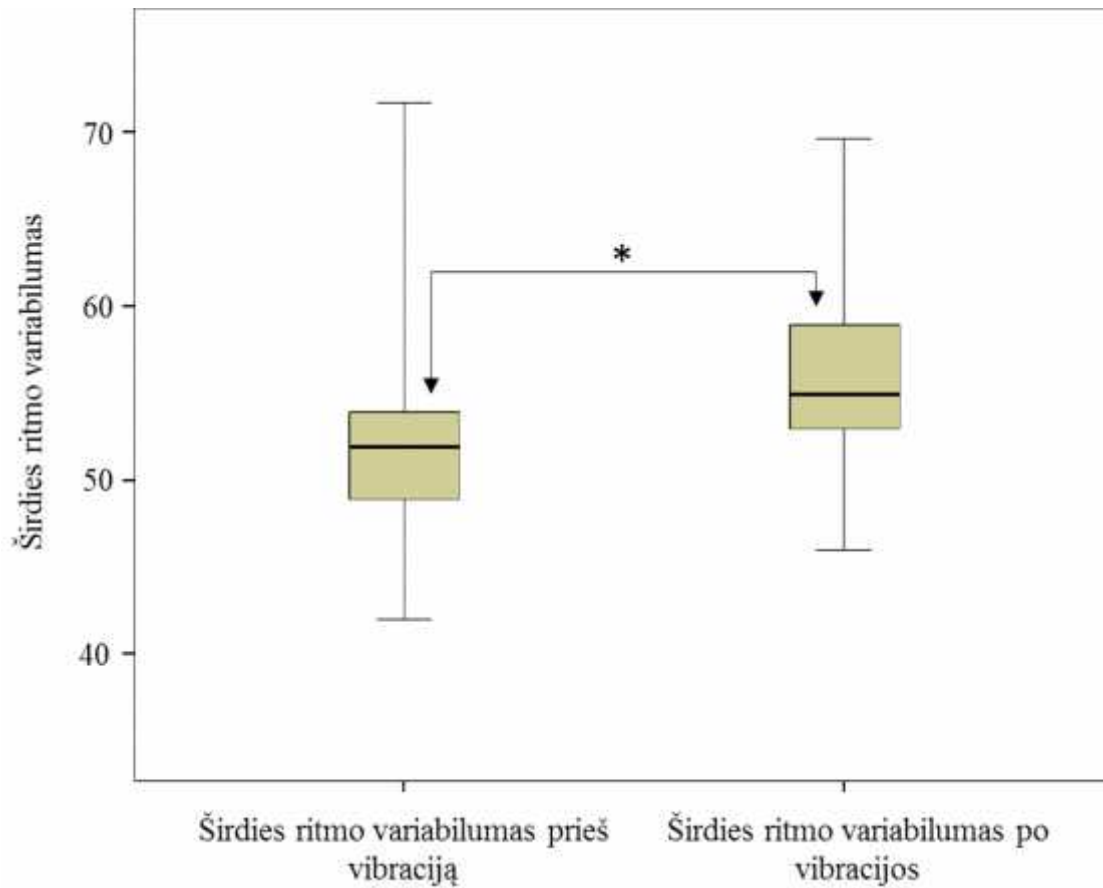
3.3. Širdies ritmo variabilumo vertinimo analizė

Lyginant skirstinius (34 pav.) širdies ritmo variabilumo prieš vibraciją 52 (39; 72; 51,87) ir širdies ritmo variabilumą vibracijos metu 53 (42; 71; 53,67) statistiškai reišmingas skirtumas, lyginant skirstinius, nenustatytas ($p = 0,82$).



34 pav. Širdies ritmo variabilumo prieš vibraciją ir jos metu, skirstinių palyginimas

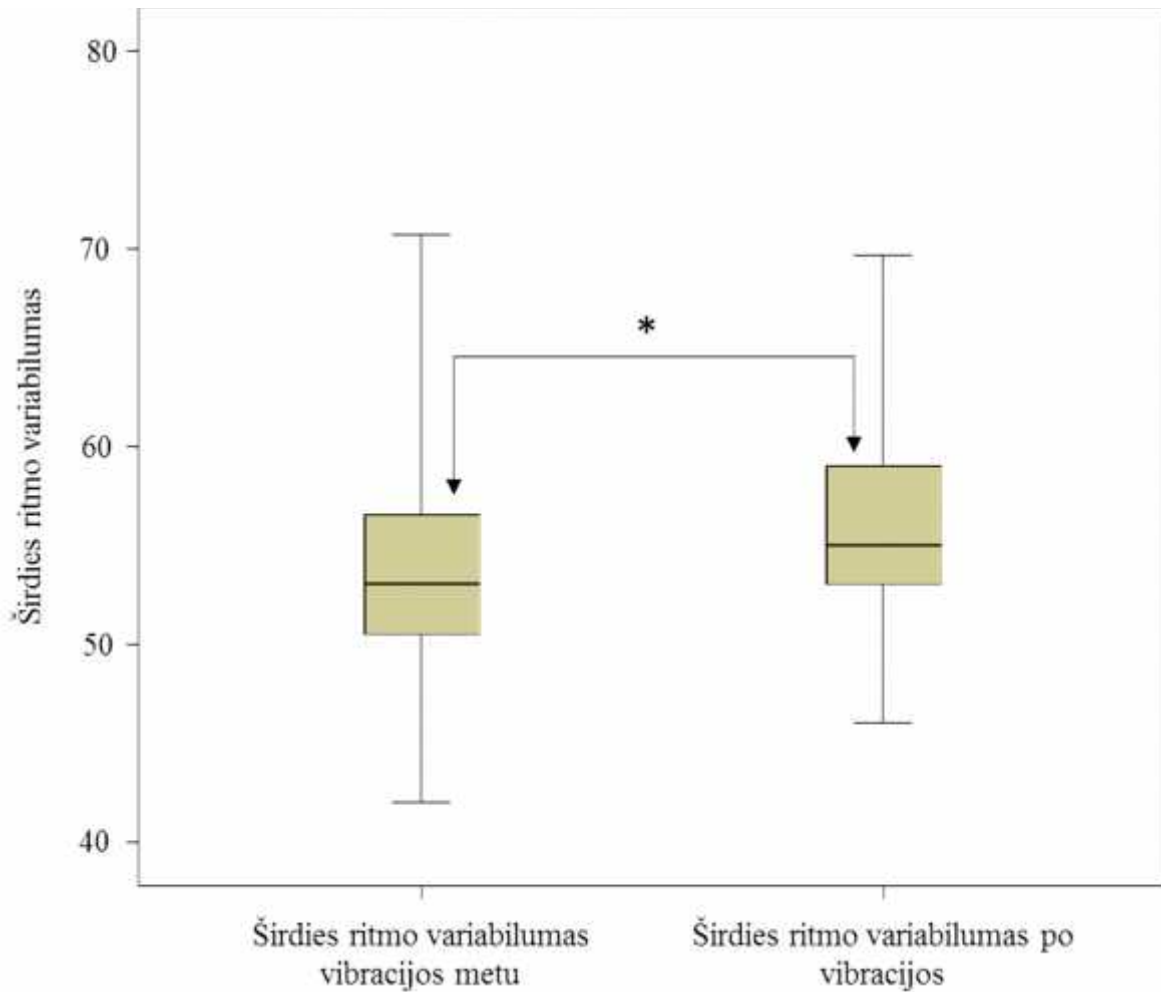
Lyginant skirstinius širdies variabilumo prieš vibraciją 52 (39; 72; 51,87) ir širdies variabilumą po vibracijos 55 (46; 70; 55,93), nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ($p = 0,01$). Rezultatai pateikti 35 paveikslėlyje.



* - statistiškai reikšmingas skirtumas, lyginant skirstinius.

35 pav. Širdies ritmo variabilumo prieš vibraciją ir po jos, skirstinių palyginimas

Lyginant skirstinius (36 pav.) širdies ritmo variabilumo vibracijos metu 53 (42; 71; 53,67) ir širdies ritmo variabilumą po vibracijos 55 (46; 70; 55,93) statistiškai reikšmingas skirtumas, lyginant skirstinius, nustatytas ($p = 0,041$).



* - statistiškai reikšmingas skirtumas, lyginant skirstinius.

36 pav. Širdies ritmo variabilumo vibracijos metu ir po jos, skirstinių palyginimas

3.4. Širdies ritmo variabilumo ir temperatūros funkcinio ryšio įvertinimas

PPT temperatūra prieš vibraciją statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) vidutinio stiprumo atvirkštine priklausomybe koreliavo su širdies ritmo variabilumu prieš vibraciją ($r = -0,544$) ir po vibracijos ($r = -0,546$).

Tarp PPT temperatūros iš karto po vibracijos, variabilumo prieš vibraciją ($r = -0,588$) ir variabilumo po vibracijos ($r = -0,521$) nustatyti statistiškai reikšmingi atvirkštinės priklausomybės, vidutinio stiprumo koreliaciniai ryšiai ($p < 0,05$).

PPT temperatūra 5 minutės po vibracijos statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) vidutinio stiprumo atvirkštine priklausomybe koreliavo su širdies ritmo variabilumu prieš vibraciją ($r = -0,554$) ir po vibracijos ($r = -0,515$).

Tarp PPT temperatūros 10 minučių po vibracijos, variabilumo prieš vibraciją ($r = -0,543$) ir variabilumo iš karto po vibracijos ($r = -0,515$) nustatyti statistiškai reikšmingi atvirštinės priklausomybės vidutinio stiprumo koreliaciniai ryšiai ($p < 0,05$).

PPT temperatūra 15 minučių po vibracijos statistiškai reikšmingai ($p < 0,05$) vidutinio stiprumo atvirkštinė priklausomybė koreliavo su širdies ritmo variabilumu prieš vibraciją ($r = -0,519$). Funkciniai temperatūrų ir variabilumo rodiklių ryšiai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Funkciniai širdies ritmo variabilumo ir temperatūros ryšiai.

	Širdies ritmo variabilumas prieš vibraciją	Širdies ritmo variabilumas vibracijos metu	Širdies ritmo variabilumas po vibracijos
CPT t°C prieš vibraciją	0,108	0,004	-0,157
CPT t°C iš karto po vibracijos	0,075	-0,044	-0,206
CPT t°C 5 minutės po vibracijos	-0,006	-0,106	-0,253
CPT t°C 10 minučių po vibracijos	-0,02	-0,145	-0,261
CPT t°C 15 minučių po vibracijos	-0,041	-0,170	-0,311
PPT t°C prieš vibraciją	-0,544	-0,494	-0,546
PPT t°C iš karto po vibracijos	-0,588	-0,497	-0,521
PPT t°C 5 minutės po vibracijos	-0,554	-0,5	-0,515
PPT t°C 10 minučių po vibracijos	-0,543	-0,497	-0,515
PPT t°C 15 minučių po vibracijos	-0,519	-0,436	-0,483

Pastaba: paryškintuose laukeliuose $p < 0,05$

Apibendrinimas: pagal gautus rezultatus galima teigti, kad esant žemai pėdų temperatūrai širdies ritmo variabilumas didėja, o temperatūrai didėjant, variabilumas mažėja.

4. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS

Mokslininkus jau kurį laiką domina žmonių fiziologinė reakcija, kai šie yra veikiami vibracijos. Vienas didžiausių klausimų į kurį jie bando atsakyti – ar galima pagerinti periferinę kraujotaką be farmakologinių priemonių [50].

4.1. Centrinio ir periferinio pėdos taškų temperatūros rezultatai

Išanalizavus abiejų tiek centrinio tiek periferinio pėdos taškų temperatūros rezultatus buvo nustatyta, kad statistiškai reikšmingų skirtumų nėra. Panašūs rezultatai gauti ir kitų mokslininkų, kurie tyrė vibracijos poveikį žmogaus organizmui. Mūsų tyrimas atskleidė rezultatus, kurie sutampa su mokslininkų Hazell ir bendraautorių 2008 metais atliktu tyrimu, kur buvo tirtas vibracijos poveikis širdies dažniui ir kraujo tėkmei šlaunies arterijoje, atliekant statinius pratimus [51]. Jo gauti rezultatai teigė, kad statistiškai reikšmingo pokyčio po tyrimo, nebuvo rasta nei viename matuotame parametre. Taip pat 2007 Button ir bendraautorių, atliktame tyrime buvo taikyta 60 Hz vibracija 30 minučių ir buvo siekta išsiaiškinti ar vibracijos metu yra paveikiama rankos kraujotaka [50]. Tyrimas atskleidė, kad statistiškai reikšmingo kraujotakos pokyčio nėra.

Robbins ir bendra autoriai, 2012 metais aiškina, kodėl šie rezultatai yra tokie [3]. Jie teigia, kad tai lemia vazospazminė kraujagyslių reakcija, kurios metu yra sukeliamas pasipriešinimas kraujo tekėjimui iš kapiliarų. Nors šis mechanizmas nėra visiškai ištirtas, tai galėtų būti vienas iš atsakymų, kodėl mūsų tyrime, tiriant periferinę kraujotaką pėdose nustatyta, kad temperatūra tiek centriniame pėdos taške, tiek periferiniame pėdos taške, nekito statistiškai reikšmingai.

Vykdam tyrimą buvo pasirinkti du pėdos taškai, kurie mūsų manymu turėjo geriausiai reprezentuoti pėdos temperatūros kitimus, nes išnagrinėtuose straipsniuose metodikos, kaip matuoti temperatūrą, atrasti nepavyko. Kituose tyrimuose būtų naudinga pasirinkti daugiau taškų, skirtingose pėdos vietose, taip galima būtų gauti dar tikslesnius rezultatus, gal tada fiksuojant net ir mažiausius temperatūros pakitimus, rezultatai gautųsi statistiškai reikšmingi. Taip pat išanalizavus visus atliktus tyrimus, buvo pasirinktas 15 minučių vibracijos taikymas, tai bene daugiausia tyrimuose aprašoma metodika. Kituose tyrimuose būtų tikslinga šį laiką prailginti iki 30 minučių ir stebėti kraujotakos pokyčius ne tik 15 minučių po vibracijos, bet ir ilgiau, nes kraujotakos suaktyvėjimas ir temperatūros kilimas gali atsirasti ir vėliau. Laikas prieš vibraciją taip pat turėtų būti koreguotinas. Pasirinktas 15 minučių laikas, reikalauja specialaus patalpos paruošimo. Temperatūra negali nukristi žemiau 20 °C, todėl reikalingi patalpos šildytuvai. Mūsų tyrimą būtų naudinga ir tikslinga pakartoti su asmenimis turinčiais periferinės kraujotakos sutrikimų ir rezultatus palyginti su gautais rezultatais tiriant sveikus asmenis.

4.2. Širdies ritmo variabilumo rezultatai

Atlikus tyrimą, nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai širdies ritmo variabilume prieš vibracijos naudojimą bei tyrimo metu ir tyrimo metu ir po jo. Širdies ritmo variabilumo tendencija didėti, parodo mums, kad veikiant pėdų periferinę kraujotaką, širdis taip pat sureaguoja į vykstančius pokyčius.

Atlikus tyrimą ir išanalizavus širdies ritmo variabilumo ir temperatūros pokyčių funkcinis ryšius gautus rezultatus nustatėme, kad statistiškai reikšmingi skirtumai rasti tik pėdos periferiniame taške. Statistiškai reikšmingi skirtumai buvo rasti visuose vibracijos etapuose. Prieš vibraciją, iš karto po jos, 5, 10, 15 minučių po vibracijos lyginant duomenis su variabilumu prieš vibraciją ir po vibracijos. Rasta atvirkštinė priklausomybė, kad esant žemai pėdų temperatūrai širdies ritmo variabilumas didėja, o temperatūrai didėjant variabilumas mažėja. Tai galima paaiškinti tuo, kad kardiovaskulinės sistemos adaptacija terminiams dirgikliams vyksta dėl, širdies autonominės nervų sistemos eferentinių šakų ir periferinių kraujagyslių, aktyvacijos vienu metu.[52]. Tyrimų, kurie būtų atlikti būtent palyginti širdies ritmo variabilumo sąsajas su žmogaus periferinės kraujotakos temperatūros pokyčiais atrasti nepavyko. Tai galėtų būti ateities tyrimų tema.

IŠVADOS

1. Nustatyti nežymūs pėdų temperatūros ir kraujotakos pokyčiai, taikant žemo dažnio 2 – 10 Hz vibraciją.
2. Nustatytos širdies ritmo variabilumo didėjimo tendencijos, taikant žemo dažnio 2 – 10 Hz vibraciją.
3. Didėjant pėdų temperatūrai mažėja širdies ritmo variabilumas, taikant žemo dažnio 2 – 10 Hz vibraciją.

PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

1. Žemo dažnio 2 – 10 Hz vibracija gali būti taikoma tikslu, gerinti periferinę kraujotaką, tačiau vibracija turėtų būti taikoma ilgiau nei 15 minučių.

PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

1. Gailiūnienė L, Venslauskas M, Krutulytė G. Effect of 2 – 10 Hz low frequency vibration on human blood flow in the feet. International conference: „Exercise for health and rehabilitation“. Book of abstracts: 11 November 2016. Lithuanian University of Health Sciences. Institute of Sports. Kaunas, Lithuania: 25-6. [Online: <http://www.healthrehabconference.eu/wp-content/uploads/2016/11/Book-of-Abstracts-EHR-2016.pdf>]. (2 priedas).

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Games KE, Sefton JM, Wilson AE. Whole – body vibration and blood flow and muscle oxygenation: A meta – analysis. *J of Athl Train*. 2015; 50(5): 542-9.
2. Rittwegger J. Vibration as an exercise modality: how it may work and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol*. 2010; 108: 877-904.
3. Robbins D, Elwell C, Jimenez A, Goss – Sampson M. Localised muscle tissue oxygenation during dynamic exercise with whole body vibration. *J Sports Sci Med*. 2012; 11(2): 346-51.
4. Nakamura H, Okazawa T, Nagase H, Yoshida M, Ariizumi M, Okada A. Change in digital blood flow with simultaneous reduction in plasma endothelin induced by hand – arm vibration. *Int Arch Occup Environ Health*. 1996; 68(2): 115-9.
5. Lee K, Song C. Determining the posture and vibration frequency that maximize pelvic floor muscle activity during whole – body vibration. *Med Sci Monit*. 2016; 27(22): 4030-36.
6. Ashwear N, Eriksson A. Reducing effects from environmental temperature on the natural frequencies of tensegrity structures. *J sound vib*. 2016; 6: 1-19.
7. Fahy F, Thompson D. *Fundamentals of sound and vibration*. Second edition. New York. CRC Press. 2015. 490 p.
8. Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministras. Dėl Lietuvos higienos normų HN0:2003 „Visą žmogaus kūną veikianti vibracija: Didžiausi leidžiami dydžiai ir matavimo reikalavimai gyvenamuosiuose bei visuomeniniuose pastatuose“ 2003.
9. Lohman III EB, Sackiriyas SB, Bains GS, Calandra G, Lobo C, Nakhro D, et all. A comparison of whole body vibration and moist heat on lower extremity skin temperature and skin blood flow in healthy older individuals. *Med Sci Monit*. 2012; 18(7): 415-424.
10. Gavriel Salvendy. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. Fourth Edition. New Jersey. John Wiley & Sons. 2012. 1752 p.
11. Literature on vibration and the human body [Internet] [Cited 2016 March 14] Available from:
<https://www.yumpu.com/en/document/view/52577663/literature-on-vibration-and-the-human-body>.
12. Devang Bhatti. Different frequency ranges. 2010 [Internet] [Cited 2016 Feb 26] Available from:
<http://www.slideshare.net/devangbhatti/different-frequency-ranges>.

13. Mansfield NJ. Human response to vibration. Boca Raton London New York Washington, D.C. CRC PRESS. 2004. 266p.
14. Sonza A, Robinson CC, Achaval M, Zaro MA. Whole body vibration at different exposure frequencies: infrared thermography and physiological effects. *Scientific World J.* 2015; 452657:1-11.
15. World Health Organization. Occupational exposure to vibration from hand – held tools. A teaching guide on health effects, risk assessment and prevention. Teaching materials. Geneva. Universitet UMEA. [Internet] [Cited 2016 April 10]. Available from: http://www.who.int/occupational_health/pwh_guidance_no.10.pdf
16. Griffin MJ. Handbook of human vibration. Amsterdam. Boston. Heidelberg. London. New York. Oxford. Paris. San Diego. San Francisco. Singapore. Sydney. Tokyo. Elsevier academic press. 2004. 978p.
17. Sitnik LJ, Magdziag-Toklowicz M, Wrobel R, Kardasz P. Vehicle vibration in human health. *Journal of KONES Powertrain and Transport.* 2013; 20(4): 411-18.
18. Fallon JB, Macefield VG. Vibration sensitivity of human muscle spindles and Golgi tendon organs. *Muscle Nerve.* 2007; 36(1): 21-9.
19. Tienko Ting. *Naturam Chi movement. Accessing the world of the miraculous.* North Atlantic Books Berkeley, California. 2011. 269p.
20. Nahm FS. Infrared Thermography in Pain Medicine. *Korean J Pain.* 2013; 36(3): 219-222.
21. Bansevicius R, Račkienė R, Virbalis JA. The body cooling system integrated into the clothes. *Research journal Elektronika ir elektrotechnika.* 2007; 77(5): 1-6.
22. Neves EB, Vilaca-Alves J, Nogueira IRA, Reis VM. Influence of subcutaneous fat layer in skin temperature. *Motricidade.* 2015; 11(4):120-6.
23. Fernandez-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA, Carmona PMG, Cano SP, Garcia-Concepcion MA, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology.* 2015; 71: 28-55.
24. Boerner E, Bauer J, Ratajczak B, Deren E, Podbielska H. Application of thermovision for analysis of superficial temperature distribution changes after physiotherapy. Comparison of infrared and cryotherapy. *J Therm Anal Colorim* 2015; 120:261-7.
25. Haddad DS, Brioshi ML, Baladi MG, Arita ES. A new evaluation of heat distribution on facial skin surface by infrared thermography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016; 45(4): 12-8.
26. Ring F. The herschel heritage to medical thermography. *J Imaging.* 2016; 2(2): 13.

27. Chwalczynska A, Gruszka K, Calkosinski I, Sobiech KA. Thermovision analysis changes of human hand surface temperature in cold pressor test. *BioMed Research International*. 2015; 783642: 1-5.
28. Raith W, Litscher G, Sapetsching I, Bauchinger S, Zienenberger E, Muller W, et al. Thermographical measuring of the skin temperature using laser needle acupuncture in preterm neonates. *Evidence – based complementary and alternative medicine*. 2012; 614210: 1-5.
29. Ratajczak B, Boerner E. Application of thermovision in assessment of superficial tissue temperature changes under the influence of 1 MHz and 3 MHz ultrasounds wave. *J of Therm Anal Calorim*. 2015; 120(1):269-75.
30. Skorupska E, Rychlic M, Samborski W. Validation and Test – Retest Reliability of New Thermografic Technique Called Thermovision Technique of Dry Needling for Gluteus Minimus Trigger Points in Scatica Subjects and TrPs – Negative Healthy Volunteers. *BioMed Research International*. 2015; 546497: 1-11.
31. Lee YS, Paeng SH, Farhadi HF, Lee WH, Kim ST, Lee KS. The effectiveness of infrared thermography in patients with whiplast injury. *J Korean Nouro surg Soc*. 2015; 57(4): 283-8.
32. What is heart rate variability? SweetWater Health; LLC, 2011. [Internet] [Cited 2016 June 17]. Available from:
<http://www.sweetwaterhrv.com/documents/hrvbackground.pdf>.
33. Nishiyama T. Changes in heart rate variability during anaesthesia induction using sevoflurane or isoflurane with nitrous oxide. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2016; 48(4): 248-51.
34. Rukmani MR, Seshadri SP, Thennarasu K, Raju TR, Sathyaprabha TN. Heart rate variability in children with attention – deficit/hyperactivity disorder: a pilot study. *Ann neurosci*. 2016; 23(2): 81-8.
35. Hon EH, Lee ST. Electronic evaluations of fetal heart rate patterns preceding fetal death: further observations. *Am J obstet Gynec*, 1965; 87: 814 – 826.
36. Martinelli FS, Chacon – Mikahil MPT, Martins LEB, Lima – Filho EC, Golfetti R, Paschoal MA, et al. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head – up tilt. *Braz J Med Bio Res*. 2005; 38(4): 639 – 47.
37. Ablonskytė – Dūdonienė R., Ereminienė E. Autonominė širdies ritmo reguliacija bei jos pokyčiai sergant miokardo infarktu ir cukriniu diabetu. *Medicina*. 2010; 46(3): 219-30.
38. Vasegi M, Shiykumar K. The role of the automatic nervous system in sudden cardiac death. *Prog Cardiovas Dis*. 2008; 50: 404-19.

39. La Rovere MT, Bigger JT, Marcus Fi, Mortara A, Schwartz PJ. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet*. 1998; 351: 478-84.
40. Brožaitienė J, Bovina E, Martinkėnas A. Prognostic value of heart rate variability and hemodynamic in patients after myocardial infarction during rehabilitation. *Medicinos teorija ir praktika*. 2006; 12(4): 304-12.
41. Maestri R, Raczak G, Danilowicz – Symanowicz L, Torunski A, Sukiennik A, Kubica J, et al. Reability of heart rate variability measurements in patients with a history of myocardial infarction. *Clin Sci (Lond)*. 2009; 118(3): 195-201.
42. Mark A, MacDonald M, Rakobowchuck M, Gordon Ch, Blimkie C. Metabolic and cardiovascular responses during whole body vibration (WBV) exercise: a pilot study Department of Kinesiology and Department of Radiology McMaster University Hamilton. 2002. [Internet] [Cited 2016 Oct 19]. Available from:
<http://vibratech.co.il/Uploads/dbsAttachedFiles/043.-Metabolic-and-Cardiovascular-Responses-During-Vibration-Exercise-a-Pilot-Study.pdf>
43. Chudacek Z. Changes in the thomographic picture of hands of healthy persons after vibrations of 125 Hz. *Cech Radio*. 1989; 43(2): 98-101.
44. Lythgo N, Eser P, Groot P, Galea M. Whole-body vibration dosage alters left blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2008; 29(1): 53-9.
45. Baum K, Votteler T, Schiab J. Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients. *Int J Med Sci*. 2007;4(3): 159-63.
46. Liao LR, Ng GYF, Jones YM, Pang MYC. Cardiovascular Stress Inducted by Whole – Body Vibration Exercise in Individuals With Chronic Stroke. *Phy Ther*. 2015; 95(7): 966-77.
47. Lam FHL, Liao LR, Kwok TCY, Pang MYC. The effect of vertical whole – body vibration on lower limb muscle activation in elderly adults: Influence of vibration Frequency, amplitude and exercise. *Maturitas*. 2016; 88: 59-64.
48. Thompson WR, Sherwin SY, Rubin J. Vibration therapy: clinical applications in bone. *Curr Opin Endocrinol. Diabetes, obes*. 2014; 21(6): 447-53
49. Bissell L.A, Abignano G, Emery P, Del Galdo F, Buch M. H. Absence of Scleroderma pattern at nail fold capillaroscopy valuable in the exclusion of Scleroderma in unselected patients with Raynaud's Phenomenon. *Musculos Dis*, 2016; 17:3.
50. Button C, Anderson N, Bradford C, Cotter JD, Ainslie PN. The effect of multidirectional mechanical vibration on peripheral circulation of humans. *Clinic physiol function imaging*. 2007; 27(4): 211-6.

51. Hazell TJ, Thomas GW, Deguire JR, Lemon PW. Vertical whole – body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi – aquat exercise. *Eur J appl physiol.* 2008; 104(5): 903-8.
52. Flouris AD, Cheung SS. Influence of thermal balance on cold - induced vasodilation. *J appl physiol.* 2009; 106(4):1264-71.
53. Osawa Y, Oguma Y. Effects of whole body vibration on resistance training for untrained adults. *J Sports Sci Med.* 2001; 10: 328-37.