



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Klijavimo technologijų taikymas sporto ir aktyvaus
laisvalaikio aprangoje, siekiant padidinti energijos sąnaudas
fizinės veiklos metu**

Baigiamasis magistro projektas

Ana Černiavskaja

Projekto autorė

Doc. Kristina Ancutienė

Vadovė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Klijavimo technologijų taikymas sporto ir aktyvaus
laisvalaikio aprangoje, siekiant padidinti energijos sąnaudas
fizinės veiklos metu**

Baigiamasis magistro projektas

Tekstilės ir aprangos technologija (6211FX007)

Ana Černiavskaja

Projekto autorė

Doc. Kristina Ancutienė

Vadovė

Prof. Virginija Daukantienė

Recenzentė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Ana Černiavskaja

**Klijavimo technologijų taikymas sporto ir aktyvaus
laisvalaikio aprangoje, siekiant padidinti energijos sąnaudas
fizinės veiklos metu**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektualinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Ana Černiavskaja

Patvirtinta elektroniniu būdu



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa:
6211FX007 Tekstilės ir aprangos technologija

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Anai Černiavskajai
(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Klijavimo technologijų taikymas sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje, siekiant padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu

(Lietuvių kalba)

Adhesive Technologies in Sports and Leisure Wear to Increase Energy Expenditure during Physical Activity

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Išanalizuoti tekstilės medžiagų bei klijuotinių sistemų mechanines savybes ir deformacinę elgseną bei suprojektuoti kompresinį aprangos gaminį naudojant klijavimo technologijas.

- 1) Ištirti megztinių medžiagų deformacines savybes atliekant tempimo bandymus;
- 2) Nustatyti klijuotinių sistemų įtaką medžiagų deformacinei elgsenai ir sukeliama kompresijai;
- 3) Naudojant klijavimo technologijas, suprojektuoti kompresinį gaminį, siekiant padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu;
- 4) Nustatyti aprangos gaminio klijuotinių sistemų įtaką energijos sunaudojimui, kompresinėms ir komforto savybėms.

Studentas

Ana Černiavskaja
(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

2022.03.30
(Data)

Baigiamojo
projekto
vadovas

Kristina Ancutienė
(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

2022.03.30
(Data)

Černiavskaja, Ana. Klijavimo technologijų taikymas sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje, siekiant padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. Kristina Ancutienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijų mokslai (F).

Reikšminiai žodžiai: klijavimo technologijos, pasipriešinimo apranga, kintančios kompresijos apranga, poliuretano plėvelė, energijos sąnaudos, virtualus prototipas

Kaunas, 2022. 57 p.

Santrauka

Magistro baigiamajame projekte tirtos trys megztinės medžiagos ir klijuotinės sistemos sudarytos iš megztinės medžiagos ir klijuotinės poliuretano plėvelės (storis 0,13 mm, paviršinis tankis 139 g/m²). Atliktas 10-ties ciklų tempimas iki 50 % deformacijos, analizuoti tempimo jėgos ir liekamosios deformacijos parametrai, siekiant nustatyti megztinių medžiagų deformacines savybes ir klijuotinių sistemų įtaką medžiagų deformacinei elgsenai po ciklinio deformavimo. Tyrimo rezultatai parodė, kad po 10-ties tempimo ciklų megztinių medžiagų tempimo jėga sumažėjo 6,5-18,0 % išilgine kryptimi ir 9,1-13,1 % skersine kryptimi, liekamoji deformacija padidėjo 35,7-58,5 % išilgine kryptimi ir 34,5-60,3 % skersine kryptimi. Klijuotinių sistemų tempimo jėga po 10-ties ciklų sumažėjo 17,3-19,7 %, o liekamoji deformacija padidėjo 50,6-55,1 %.

Nustatyta, kad klijuotinių juostų išdėstymas ir jų užimamas plotas sistemoje turi įtakos visų tirtų medžiagų tempimo jėgai ir liekamajai deformacijai ciklinio deformavimo metu. Kuo didesnį medžiagos plotą sistemoje užima klijuotiniai elementai, tuo didesnės tempimo jėgos reikia ištempti medžiagą iki 50 % deformacijos. Klijuotiniai elementai padidino medžiagos tempimo jėgą po 10-ies ciklų nuo 2,4 (plėvelė dengia 40 %) iki 3,3 (dengia 68 %) kartų, lyginant su paviene medžiaga.

Kompresinei blauzdinei projektuoti pasirinkta A3 medžiaga (sudėtis 80 % PA, 20 % EL, skersinis interlokalinis pynimas, storis 0,60 mm, paviršinis tankis 335 g/m²), kurios tempimo jėga išilgine kryptimi leidžia užtikrinti aukštą tempimo apkrovos vertę atliekant pratimus, kuriems būdingas kojos lenkimo judesys. Šios medžiagos tempimo jėga skersine kryptimi ir mažiausias liekamosios deformacijos padidėjimas leidžia sukurti numatytą I-osios klasės kompresiją ir išlaikyti gaminio kompresines savybes bei formą pakartotinio dėvėjimo metu.

Virtualus kompresinio gaminio su tikslingai išdėstytais klijuotiniais elementais išilgine gaminio kryptimi projektavimas ir vizualizavimas ant virtualaus manekeno atliktas naudojant Modaris (APS Lectra) programinę įrangą. Gaminio sukeliamą kompresiją nustatyta remiantis Laplaso formule, pagal kojos kreivumo spindulius ir medžiagos deformacijas lokaliuose taškuose, primatuojuant gaminį ant virtualaus manekeno. Siekiant užtikrinti gaminio kompresines ir komforto savybes, kompresijos vertės neviršija I-osios kompresijos klasės ir yra kintančios nuo 23,17±1,94 mmHg kulkšnies apimtyje iki 13,41±1,50 mmHg šlaunies apimtyje. Kompresinė blauzdinė be klijuotinių juostų ir su juostomis buvo primatuotos ant virtualaus manekeno pritūpimo pozicijoje. Nustatyta, kad klijuotinių juostų naudojimas padidino tempimo apkrovą 328,0 % gaminio išilgine kryptimi atliekant pritūpimo pratimus, lyginant su gaminiu be juostų. Pagamintas kompresinės blauzdinės prototipas.

Černiavskaja, Ana. Adhesive Technologies in Sports and Leisure Wear to Increase Energy Expenditure during Physical Activity. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. Kristina Ancutienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Polymers and Textiles Technologies (F02), Technological Sciences (F).

Keywords: adhesive technologies, resistance garment, graduated compression garments, polyurethane film, energy expenditure, virtual prototyping

Kaunas, 2022. 57 pages.

Summary

Three knitted fabrics and adhesive systems made of knitted fabrics and adhesive polyurethane film (thickness 0,33 mm, density 139 g/m²) were investigated in the master's final project. Specimens were stretched to 50 % fixed elongation performing 10 cycles. The parameters of tensile force and permanent deformation were analyzed to determine the deformation properties of knitted fabrics and the influence of adhesive film on the tensile properties of knitted fabrics after cyclic stretching. The results of the study showed that after 10 stretching cycles tensile force of the knitted fabrics decreased by 6.5-18.0 % in the longitudinal direction and by 9.1-13.1 % in the transverse direction, the permanent deformation increased by 35.7-58.5 % in the longitudinal direction and 34.5-60.3 % in the transverse direction. The tensile force of the adhesive systems decreased by 17.3-19.7 % after 10 cycles, and the permanent deformation increased by 50.6-55.1 %.

It was found that the arrangement of adhesive stripes and the area covered by the film influenced the tensile force and permanent deformation of all investigated materials during cyclic stretching. The larger the area of the material was covered by the adhesive elements, the higher the tensile force was required to stretch the material up to 50 % elongation. The adhesive elements increased the tensile force of the material after 10 cycles from 2.4 (film cover 40 %) to 3.3 (film cover 68 %) times compared to not covered material.

Knitted fabric A3 (80 % PA, 20 % EL, interlock knit, thickness 0.60 mm, density 335 g/m²) was chosen to design the compression full leg sleeve. A tensile force of A3 in the longitudinal direction ensured a high tensile strength during the squatting exercise. The high tensile force of A3 material and the lowest increase in permanent deformation in transverse direction ensured 1st compression class and maintained the compression properties also the garment's shape during repeated wearing.

The design and visualization of the compression full leg sleeve with purposefully positioned adhesive stripes on a virtual mannequin was performed using *Modaris (CAD Lectra)* software. The compression values were determined by the Laplace equation, using a radius of leg curvatures and the strain of the material at the garment local points, when fitting it on a virtual mannequin. Compression values varied from 23.17 ± 1.94 mmHg in the ankle to 13.41 ± 1.50 mmHg in the thigh to ensure the 1st compression class and comfort properties of the garment. The compression full leg sleeve without the adhesive stripes and with the stripes were fitted on the virtual mannequin in the squat position. It was defined that the use of adhesive stripes increased the tensile strength by 328.0 % in the longitudinal direction of the garment during the squat exercises compared to the garment without stripes. The real prototype of compression full leg sleeve was produced.

Padėka

Nuoširdžiai dėkoju savo darbo vadovei doc. Kristinai Ancutienei už patarimus, nuolatinį palaikymą ir visokeriopą pagalbą rengiant baigiamąjį magistro projektą bei žinias, suteiktas studijų metu.

Dėkoju biomedicinos mokslų daktarei, Lietuvos sporto universiteto dėstytojai kineziterapeutei doc. Vilmai Juodžbalienei už bendradarbiavimą kuriant magistro baigiamajame projekte pristatytą kompresinės blauzdinės su klijuotinėmis juostomis prototipą.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Įvadas.....	13
1. Literatūros apžvalga	14
1.1. Energijos sąnaudas didinanti apranga	14
1.1.1. Energijos sąnaudų fizinės veiklos metu vertinimo rodikliai	15
1.1.2. Energijos sąnaudas didinančios aprangos analogų apžvalga.....	15
1.2. Kompresinė sporto ir aktyvaus laisvalaikio apranga.....	19
1.2.1 Kompresinės aprangos projektavimas ir gamybos technologijos	19
1.2.2 Kintančios kompresijos aprangos analogų apžvalga	20
1.3. Klįjavimo technologijų įtaka kompresinės aprangos efektyvumui	22
1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	25
2. Tyrimo metodika	26
2.1. Tyrimų objektai	26
2.2. Daugiaciklio tempimo metodika	27
2.3. Medžiagų parametrų nustatymo metodika 3D modeliavimui	29
2.4. Virtualaus primatavimo metodika	30
2.4.1. Virtualaus manekeno paruošimo virtualiam primatavimui metodika	31
2.4.2. Blauzdinės projektavimo metodika	32
2.4.3. Blauzdinės virtualus primatavimo metodika	34
2.5. Gaminio kompresijos nustatymo metodika	36
2.6. Tempimo apkrovos atliekant pritūpimus nustatymo metodika	37
3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai	38
3.1. Tiriamų medžiagų ciklinio tempimo rodiklių palyginamoji analizė	38
3.2. Klįjuotinių sistemų ciklinio tempimo rodiklių analizė	41
3.3. 3D simuliacijai reikalingų medžiagų parametrų nustatymas.....	45
4. Kintančios kompresijos blauzdinė su klįjuotiniais elementais	46
4.1. Kintančios kompresijos blauzdinės su klįjuotinėmis juostomis vizualizacija ant virtualaus manekeno.....	46
4.2. Kintančios kompresijos blauzdinės su klįjuotinėmis juostomis kompresijos vertės.....	47
4.3. Klįjuotinių sistemų įtaka tempimo apkrovos vertėms atliekant pritūpimo judesį.....	49
Išvados	53
Literatūros sąrašas	55
Priedai.....	58
1 priedas. Nustatytos slėgio į koją vertės lokaliuose taškuose	58
2 priedas. Kompresinės blauzdinės su klįjuotinėmis juostomis prototipas	59
3 priedas. Dalyvavimas inovacijų ir technologijų parodoje „Technorama 2022“.....	60

Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Tiriamų megztinių medžiagų charakteristikos.....	26
2.2 lentelė. Polimerinės plėvelės charakteristikos.....	26
2.3 lentelė. Klijavimo preso specifikacijos.	26
2.4 lentelė. Bandiniai ir juostų išsidėstymas bandiniuose.....	29
2.5 lentelė. Virtualaus manekeno matmenys.....	31
2.6 lentelė. Planuojamos kompresijos vertės kojos apimtyse	33
3.1 lentelė. Tiriamų medžiagų storis h , mm.....	45
3.2 lentelė. Tiriamų medžiagų paviršinis tankis m_q , g/m ²	45
3.3 lentelė. Tiriamų medžiagų lenkiamasis standumas B , 1e ⁻⁶ Nm.	45
3.4 lentelė. Tiriamų medžiagų tempimo deformacijų parametrai	45
3.5 lentelė. Tiriamų medžiagų šlyties standumas G , N/m.....	45
4.1 lentelė. Blauzdinės lekalo sumažinimo dydžiai kojos apimtyse.	47
4.2 lentelė. Blauzdinės slėgio į kūną vertės kojos apimtyse.	49
4.4 lentelė. Apskaičiuotos tempimo apkrovos T_l , N/m vertės išilgine kryptimi lokaliuose taškuose.....	51
4.5 lentelė. Vidutinė tempimo apkrova blauzdinės išilginėje linijoje priekyje.....	51

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Pritūpimo pratimai ant <i>FreestylerTM</i> platformos su 100 cm ilgio elastinėmis gumomis, tvirtinamomis ant rankų ir kojų, užtikrinančiomis pasipriešinimą atliekant pratimus: a – pritūpimas su 90 laipsnių kelio kampu; b – pritūpimas su kojos mostu.....	16
1.2 pav. <i>Mass Suit</i> pasipriešinimo kostiumas apkrovoms.....	16
1.3 pav. <i>LilaTM ExogenTM</i> kompresiniai šortai ir blauzdos movos su šlaunų ir blauzdų apkrovomis	17
1.4 pav. <i>Blueprint Phoenix</i> tamprės: a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš nugaros; c – vaizdas iš šono; d – vaizdas atliekant judesį.....	17
1.5 pav. Tamprės sukuriančios pasipriešinimą: a – vaizdas iš priekio; b – aksonometrinis vaizdas; c – vaizdas iš nugaros; d – vaizdas iš šono	18
1.6 pav. <i>PhysicloTM</i> pasipriešinimo tamprės: A – drėgmę sugeriantis pagrindinis sluoksnis; B – vidinės pasipriešinimą sukeliančios juostos; C – pasipriešinimą sukeliantis tinklelis	18
1.7 pav. Žmogaus kūno anatomija paremtų kompresinių kelnių dizainas: a - mažos kompresijos tamprės, kintanti kompresija netaikoma; b – vidutinės kompresijos tamprės, kintanti kompresija kelio srityje sukurama klijuojant silikono elementus; c – aukštos kompresijos tamprės, kintanti kompresija kelio ir pakinklio srityse, klijuojant silikono elementus.....	20
1.8 pav. Kompresinis kostiumas dviratininkams: A – pagrindo medžiaga; B – juostos imituojančios kineziterapinius pleistrus; a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš nugaros.....	21
1.9 pav. Sportinių tamprių dizainas paremtas kineziterapinių pleistrų klijavimo technikomis: a – kelio stabilizavimui bėgimo metu; b – kelio stabilizavimui ir kompresijai kelio srityje; c – kompresija vertikaliai išsidėsčiusiems kojų raumenims	21
1.10 pav. Odos deformacijų spalvinis vaizdavimas esant 60° kelio lenkimo kampui: a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš šono; c – vaizdas iš nugaros; d – kojos vidinė dalis; e – deformacijų spalvinė skalė.....	22
1.11 pav. Eksperimentiniams tyrimams: KT – kineziterapinio teipavimo juostos ant odos; CP – kompresinės tamprės; KTP – kompresinės tamprės su kineziterapinio teipavimo juostomis; a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš nugaros.....	23
1.12 pav. <i>Choi</i> ir kt. tirta kompresinė apranga: a – kompresinis kostiumas be juostų; b – kompresinis kostiumas su poliuretano plėvelės juostomis	24
1.13 pav. Sportinės tamprės su klijuotinėmis silikoninėmis juostomis: a – tamprių dizainas; b – silikoninės juostos struktūra	24
1.14 pav. Tamprės sukuriančios pasipriešinimą judesiams: a – tamprių dizainas; 1b – tamprės atliekant mankštą ; 2b – tamprės bėgimo metu; c – tamprių prototipas megztas apskritojo mezgimo mašina su išmegztomis „X“ formos pasipriešinimą sukuriančiomis juostomis	25
2.1 pav. Klijavimo preso <i>STIROVAP MP 98</i> schema: 1 – viršutinė preso plokštuma; 2 – apatinė preso plokštuma; 3 – viršutinės preso plokštumos prispaudimo ir fiksavimo rankena klijavimo proceso metu; 4 – viršutinės preso plokštumos pakėlimo rankena; 5 – įjungimo ir išjungimo mygtukas; 6 – temperatūros ir laiko rodmenų ekranas; 7 – viršutinės preso plokštumos pakėlimo rankena po klijavimo proceso; 8 – plokštumų prispaudimo reguliatorius	27
2.2 pav. <i>Tinius Olsen H10KT (JAV)</i> tempimo mašinos schema: 1 – viršutinis spraustuvai; 2 – apatinis spraustuvai; 3 – bandinys	27
2.3 pav. Tempimo bandinio schema: a – bandinio dydis ir tvirtinimas spraustuose; A – viršutiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis; B – apatiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis; b – bandinių kirpimo kryptys ir bandinių skaičius	28

2.4 pav. Daugiaciklio tempimo grafikas: a – bandinio 10 ciklų tempimo kreivės; a ₁ – bandinio pirmojo ciklo tempimo kreivė; 1 – tempimo jėga, N; 2 – tempimo deformacija, mm; 3 – tempimo deformacija tempimo kreivėje; 4 – liekamoji deformacija tempimo kreivėje.....	28
2.5 pav. FAST sistemos prietaisas lenkiamajam standumui nustatyti. 1 – bandinys, 2 – nuožulnioji plokštuma, 3 – slankiojanti plokštelė, 4 – horizontalioji plokštuma	30
2.6 pav. Virtualus manekenas pritūpimo pozicijoje: a – <i>Mixamo</i> programoje; b – <i>Modaris 3D</i> programoje.....	32
2.7 pav. Vyriškos blauzdinės projektavimas <i>Modaris 2D</i> programoje: a – blauzdinės bazinė konstrukcija; 1b – blauzdinės priekinė dalis; 2b – blauzdinės nugarinė dalis; c – bazinis blauzdinės lekalas; d – blauzdinės lekalas su klijuotinių elementų vieta	32
2.8 pav. Kojos skerspjūviai: a – kojos skerspjūvių linijų vaizdas iš viršaus; b – kojos skerspjūvių linijos ant virtualaus manekeno; 1 – šlaunies, 2 – šlaunies vidurio, 3 – kelio, 4 – blauzdos, 5 – kulkšnies	33
2.9 pav. Blauzdinės detalės su klijuotinėmis sistemomis <i>Modaris 2D</i> programoje	34
2.10 pav. Sutaikymo taškų žymėjimas: a – ant virtualaus manekeno <i>Modaris 3D</i> virtualaus primatavimo lange; b – ant blauzdinės su klijuotinėmis sistemomis detalių <i>Modaris 2D</i> virtualaus susiuvimo lange ; 1 – šlaunies sutaikymo taškas; 2 – kulkšnies sutaikymo taškas	35
2.11 pav. Mechaninių savybių priskyrimas medžiagoms <i>Modaris 3D</i> programoje: a – blauzdinės detalės; b – medžiagos mechaninių savybių suvedimo lentelė; 1 – paviršinis tankis, g/m ² ; 2 – storis, mm; 3 – lenkiamasis standumas, 1e ⁻⁶ Nm; 4 – 5 – 6 – medžiagos ištįsa esant 0,245 N/5 cm, 0,98 N/5 cm ir 4,905 N/5 cm tempimo jėgai, atitinkamai; 7 – šlyties standumas, N/m.....	35
2.12 pav. Lokalių deformacijų matavimo taškai: K1-K8 – šlaunies apimtyje; M1-M8 – šlaunies vidurio apimtyje; K1-K8 – kelio apimtyje; C1-C8 – blauzdos apimtyje; D1-D4 – kulkšnies apimtyje; a – blauzdinės deformacijų tinklelis; b – tempimo deformacija medžiagos skersine kryptimi lokaliame taške, %	36
2.13 pav. Virtualus manekenas pritūpimo pozicijoje <i>Modaris 3D</i> programoje: a – šlaunies sutaikymo taško žymėjimas; b – kulkšnies sutaikymo taško žymėjimas.....	37
2.14 pav. Blauzdinės lokalių deformacijų matavimo taškai ant manekeno pritūpimo pozicijoje.....	37
3.1 pav. Tiriamųjų medžiagų tempimo jėga tempiant išilgine kryptimi iki 50 % deformacijos	38
3.2 pav. Tiriamų medžiagų liekamoji deformacija išilgine kryptimi tempiant iki 50 % deformacijos	39
3.3 pav. Tiriamų medžiagų tempimo jėga tempiant skersine kryptimi iki 50 % deformacijos	40
3.4 pav. Tiriamų medžiagų liekamoji deformacija skersine kryptimi tempiant iki 50 % deformacijos	41
3.5 pav. Pavienės medžiagos A1 ir klijuotinių sistemų A1+P ciklinio tempimo jėga tempiant iki 50 % deformacijos	42
3.6 pav. Tempimo jėgos priklausomybė nuo plėvele padengto ploto klijuotinėje sistemoje	42
3.7 pav. Pavienės medžiagos A1 ir klijuotinių sistemų A1+P ir liekamoji deformacija tempiant iki 50 % deformacijos	43
3.8 pav. Pavienių medžiagų ir klijuotinių sistemų su 2 cm juoste ciklinio tempimo jėga tempiant iki 50 % deformacijos	44
3.9 pav. Tiriamų medžiagų ir klijuotinių sistemų su 2 cm juoste liekamoji deformacija tempiant iki 50 % deformacijos	44
4.1 pav. Blauzdinės eskizas. Žymėjimai: a – vaizdas iš priekio, b – vaizdas iš šono, c – vaizdas iš nugaros; 1 – klijuotinė juosta priekyje; 2 – klijuotinė juosta nugaroje; 3, 4 – kirptinio krašto atsiuvimas plokščiasiu dviadate siuvimo mašina ir elastinės gumos tvirtinimas vidinėje kojinių dalyje	46

4.2 pav. Blauzdinės lekalas ir klijuotinių elementų išdėstymas (matmenys pateikiami mm).....	47
4.3 pav. Blauzdinės vaizdas <i>Modaris 3D</i> programoje iš priekio, šono ir nugaros: a – pavienė A3 medžiaga ir klijuotinė sistema A3+P; b – blauzdinės deformacijų skersine kryptimi spalvinis atvaizdavimas; c – deformacijų spalvinė skalė esant 30 % slenkstinei vertei.....	48
4.4 pav. Deformacijų matavimo sritys ir lokalių taškų vietos: a – šlaunies apimtyje; b – šlaunies vidurio apimtyje; c – kelio apimtyje; d – blauzdos apimtyje; e – kulkšnies apimtyje	48
4.5 pav. Blauzdinės vaizdas <i>Modaris 3D</i> programoje ant manekeno pritūpimo pozicijoje: 1a – blauzdinė be klijuotinių elementų; 2a – blauzdinės be klijuotinių elementų deformacijų išilgine kryptimi spalvinis atvaizdavimas; 1b – blauzdinė su klijuotiniais elementais; 2b – blauzdinės su klijuotiniais elementais deformacijų išilgine kryptimi spalvinis vaizdas; c – deformacijų spalvinė skalė esant 30 % slenkstinei vertei	50
4.6 pav. Lokalių deformacijų taškai: a – šlaunies zonoje; b – kelio zonoje; c – blauzdos ir kulkšnies zonose	51

Įvadas

Didėjant susidomėjimui sportu ir augant sportinės ir aktyvaus laisvalaikio aprangos paklausai, ieškoma būdų kaip sportinę aprangą padaryti funkcionalesnę ir jos dėka efektyvinti treniruotes. Sportuojantys kruopščiai renka sportinę aprangą, atsižvelgdami ne tik į gaminių dizainą, komforto savybes, bet ir į jų įtaką fizinės veiklos rodikliams treniruočių metu. Energijos sąnaudų didinimas treniruočių metu aktualus ne tik profesionaliems sportininkams bet ir paprastiems žmonėms laisvalaikio užsiimantiems sportu ir aktyvia veikla. Gaminiai sukuriantys pasipriešinimą judesiams ir didinantys energijos sąnaudas fizinės veiklos metu dažnai projektuojami orientuojantis į profesionalius sportininkus, tačiau retai yra pritaikyti naudoti paprastiems žmonėms ir tinkami dėvėti kasdienės veiklos metu.

Klijavimo technologijų naudojimas kompresinės sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gamyboje padidino šių gaminių įvairovę ir išplėtė tyrimų ribas. Kuriant eksperimentinius gaminius ir tiriant jų poveikį fizinės veiklos rodikliams, siekiama išsiaiškinti kaip užtikrinti, kad būtų padidintas fizinio aktyvumo intensyvumas ir didėtų sunaudotos energijos kiekis ne tik intensyviai sportuojant, bet ir atliekant kasdienes darbus.

Pasipriešinimą sukuriantys gaminiai gali būti naudojami reabilitacijoje, nes mankštinantis raumenų darbas yra didesnis dėl sukuriama pasipriešinimo judesiams, todėl greičiau pasiekiami reabilitacijos tikslai. Tokie gaminiai naudingi asmenims, turintiems antsvorio ir sergantiems nutukimu, nes atliekant kasdienes darbus didėja energijos sąnaudos fiziniam aktyvumui.

Darbe siekiama suprojektuoti kintančios kompresijos aprangos gaminį, kuriame tikslingai išdėstyti klijuotiniai elementai sukurtų pasipriešinimą ir padidintų energijos sąnaudas atliekant pratimus, kuriems būdingas kojos lenkimo judesys. Gaminio projektavimui, kompresinių savybių tyrimui ir jo poveikio energijos sąnaudų didinimui atliekant pritūpimo pratimus naudojamos skaitmeninės aprangos gamybos technologijos.

Darbo tikslas – išanalizuoti tekstilės medžiagų bei klijuotinių sistemų mechanines savybes ir deformacinę elgseną bei suprojektuoti kompresinį aprangos gaminį naudojant klijavimo technologijas.

Darbo uždaviniai:

1. Ištirti megztinių medžiagų deformacinės savybės atliekant tempimo bandymus;
2. Nustatyti klijuotinių sistemų įtaką medžiagų deformacinei elgsenai ir sukeliama kompresijai;
3. Naudojant klijavimo technologijas, suprojektuoti kompresinį gaminį, siekiant padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu;
4. Nustatyti aprangos gaminio klijuotinių sistemų įtaką energijos sunaudojimui, kompresinėms ir komforto savybėms.

1. Literatūros apžvalga

Didėjant susidomėjimui sportu ir augant sportinės ir aktyvaus laisvalaikio aprangos paklausai, ieškoma būdų kaip sportinę aprangą padaryti funkcionalesnę ir jos dėka efektyvinti treniruotes. Tobulėjant technologijoms ir spartėjant globalizacijai, aukštųjų technologijų sportinė apranga vaidina vis svarbesnį vaidmenį profesionaliame sporte ir kasdieniame gyvenime. Kompresinės sportinės aprangos funkcionalumas pritraukia vis daugiau naujų vartotojų, tarp kurių ne tik profesionalūs sportininkai, bet ir paprasti žmonės, siekiantys geresnių treniruočių rezultatų ir komforto sportuojant. Atsižvelgiant į rinkos poreikius ir ateities perspektyvas, kompresinė sportinė apranga tampa svarbiu tyrimų objektu, kuris turi didelę komercinę reikšmę dėl poveikio fizinės veiklos rezultatams. Kompresiniai drabužiai sulaukia vis daugiau mokslininkų dėmesio ne tik dėl jų poveikio raumenų funkcijų palaikymui, traumų prevencijai ir atsistatymo po treniruočių spartinimui, bet ir dėl treniruočių našumo didinimo, sportininkų ištvermės, jėgos ir kitų fizinės veiklos rezultatų gerinimo. Kompresinių gaminių sukuriama slėgis į kūną mažina raumenų mikrovibracijas, todėl sportuojant sumažėja raumenų įtampa ir nuovargis, palaikoma sklandi kraujotaka raumenyse, gerėja fizinės veiklos rezultatai [1, 2].

Darbe analizuojamą kompresinę sportinę aprangą galima išskirstyti į dviejų rūšių gaminius:

- apranga, kurią dėvint energijos sąnaudos didėja, dėl sukkelto pasipriešinimo atliekant judesius ir didėjančio fizinio aktyvumo intensyvumo, naudojant papildomas svorius tikslinėse vietose, sluoksnius sukuriančius pasipriešinimą, kt.;
- apranga, kuri dėl savo savybių leidžia sportininkui sportuoti ilgiau, gerinant treniruočių našumą ir didinant ištvermę, tai kompresinė sportinė apranga, kurioje imituojamos kineziterapinės juostos ir sukuriama papildoma slėgis tikslinėse sąnarių ar raumenų zonose.

Projektuojant kompresinius gaminius su papildomomis juostomis ar kitais elementais, sukuriančiais didesnę slėgį į kūną ar pasipriešinimą judesiams, remiamasi kineziterapinių pleistrų klijavimo technikomis. Kineziterapiniai pleistrai skirti gerinti raumenų elastingumą ir ištvermę sportuojant, veikia minkštuosius audinius, atpalaiduoja fascijas ir raumenis, palaiko raiščius ir sausgysles, rektifikuoja judesius ir limfos cirkuliaciją. Tyrimai rodo jų teigiamą poveikį didinant našumą bėgimo, šuolių, važiavimo dviračiu ir kitų treniruočių metu [2].

Tolesniuose skyriuose analizuojama sporto ir aktyvaus laisvalaikio apranga ir gamybos technologijos, naudojamos sukelti kompresiją ir didinti energijos sąnaudas.

1.1. Energijos sąnaudas didinanti apranga

Moksliniai tyrimai rodo, kad fizinio krūvio metu kūną papildomai apkraunant išorinėmis priemonėmis, apsunkinamas judesio atlikimas ir fizinės veiklos rodikliai gerėja [3]. Apsunkinti treniruotes naudojami svoriai (uždedami ant kūno arba įsiuvami į rūbus tikslinėse vietose), pasipriešinimo gumos, pasipriešinimo kostiumai. Energijos sąnaudas fizinės veiklos metu didinanti apranga projektuojama siekiant sukurti pasipriešinimą atliekant judesius. Dėl sukeliamo pasipriešinimo, raumenims reikia daugiau jėgos atlikti judesį ir tokiu būdu sunaudojama daugiau energijos.

1.1.1. Energijos sąnaudų fizinės veiklos metu vertinimo rodikliai

Energijos, reikalingos atlikti fizinę veiklą, sąnaudų rodiklis – fizinio aktyvumo intensyvumas, kuris kiekybiškai gali būti vertinamas naudojant fiziologinius rodiklius [4]. Tiriant kompresinių gaminių poveikį fizinės veiklos rezultatams dažniausiai analizuojamas deguonies suvartojimas (angl. *oxygen consumption (uptake)*, VO_2)¹ ir širdies ritmas (angl. *heart rate*, HR) [6]. VO_2 didėja, didėjant fizinės veiklos intensyvumui, todėl lyginant deguonies suvartojimą ramybės būsenoje ir fizinio aktyvumo metu, galima nustatyti padidėjusias energijos sąnaudas fizinės veiklos metu [4]. Tokiu pačiu būdu galima nustatyti energijos sąnaudų pokyčius sportuojant su įprasta sportine apranga, kompresine apranga ir gaminiais, sukuriančiais pasipriešinimą.

Energijos kiekis panaudotas fizinei veiklai gali būti išreikštas kilokalorijų skaičiumi (kcal) per laiko vienetą. Energijos sąnaudos fiziniam aktyvumui didėja, didėjant kūno masei [4], todėl sportuojant, didesnę kūno masę turintis žmogus, sunaudoja daugiau energijos. Fizinių pratimų atlikimo apsunkinimas, dėvint pasipriešinimą sukuriančią aprangą, padidina energijos sąnaudas fizinės veiklos metu, todėl gali būti efektyvi priemonė mažinant kūno svorį. Kompresinės aprangos dėvėjimas kasdienės veiklos metu gali būti naudojama kaip priemonė siekiant išvengti nutukimo [7].

Siekiant nustatyti raumenų aktyvumą atliekant judesį su kompresiniu gaminiu ir be jo, atliekama elektromiografija (ang. *electromyography*, EMG)² ir analizuojami gautų rezultatų skirtumai [2]. Elektromiografija (EMG) leidžia analizuoti giliųjų raumenų elgseną, laikiną veiklos modelį, nuovargį, raumenų aktyvumą [9]. Raumenų aktyvumo atliekant judesį matavimas konkrečiuose raumenyse ir raumenų grupėse naudingas norint suprasti ryšį tarp kompresinių drabužių dizaino elementų ir konkrečių raumenų [10].

1.1.2. Energijos sąnaudas didinančios aprangos analogų apžvalga

Ieškoma būdų didinti fizinio aktyvumo intensyvumą, todėl atliekami moksliniai tyrimai, siekiant nustatyti, kokią įtaką energijos sąnaudoms turi tiek profesionalių sportininkų, tiek paprastų žmonių naudojama sportinė apranga ir sporto inventorių.

Pori ir kt. atliktas tyrimas parodė, kad net mažiausias pasipriešinimas padidina treniruotės efektyvumą ir kalorijų sudeginimą, t.y. energijos sąnaudas. Atliekant mankštą ant *Freestyler™* ovalo formos platformos (žr. 1.1 pav.), kurios galuose pritvirtintos elastingos pasipriešinimą sukeliančios gumos, širdies ritmas padidėjo 19-43 % priklausomai nuo sukeliama pasipriešinimo lygio (žemo, vidutinio, aukšto ir sportinio). Širdies ritmo padidėjimas susijęs su energijos sąnaudomis, kurios išreiškiamos sudegintų kalorijų kiekiu. Energijos sąnaudos padidėjo dėl didesnio krūvio atliekant pratimus su pasipriešinimo gumomis. Priklausomai nuo sukuriamo pasipriešinimo energijos poreikis didėja nuo 33 % iki 71 % lyginant su treniruote be pasipriešinimo gumų. Treniruojantis su didžiausią pasipriešinimą sukeliančiomis gumomis, buvo sudeginta 71 % daugiau kalorijų [11].

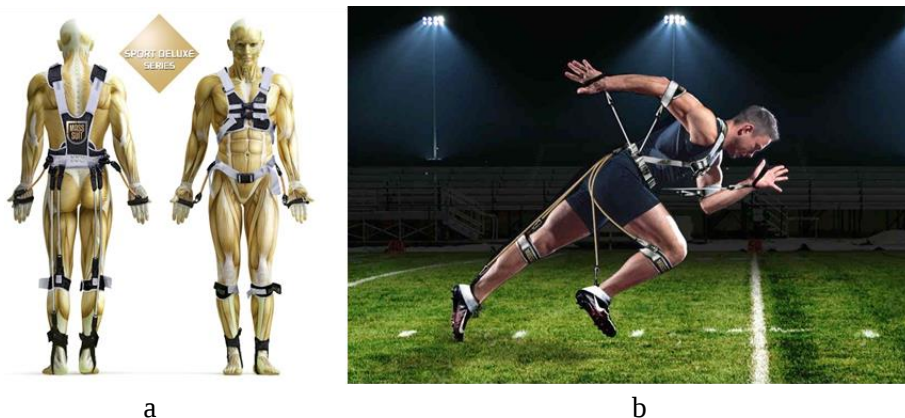
¹ Deguonies kiekis, kurį organizmas sunaudoja per 1 minutę [5].

² Elektromiografija (ang. *electromyography*, EMG) – diagnostinė procedūra, įvertinti nervų, raumenų ir juos kontroliuojančių nervinių ląstelių būklę. Šio tyrimo metu ant odos keliose vietose uždedami paviršiniai elektrodai ir atliekama paviršinė nervo stimuliacija [8].



1.1 pav. Pritūpimo pratimai ant *Freestyler™* platformos su 100 cm ilgio elastingomis gumomis, tvirtinamomis ant rankų ir kojų, užtikrinančiomis pasipriešinimą atliekant pratimus: a – pritūpimas su 90 laipsnių kelio kampu; b – pritūpimas su kojos mostu [11]

Elastinių gumų naudojimas su tikslu sukelti pasipriešinimą taikomas projektuojant pasipriešinimo kostiumus. *Mass Suit* (žr. 1.2 pav.) – tai pasipriešinimą sukuriantis viso kūno kostiumas. Pasipriešinimas nukreiptas į tikslines raumenų grupes, siekiant per trumpesnę laiką pasiekti treniruočių tikslų. Kiekvienas kūno judesys veikia prieš pasipriešinimo juostų jėgą ir užtikrina nuolatinį viso kūno stiprinimą, judrumą, pagerina kūno pusiausvyrą ir koordinaciją, didina jėgą ir ištvermę. Gamintojai teigia, kad treniruočių našumas padidėja 85 % [12].



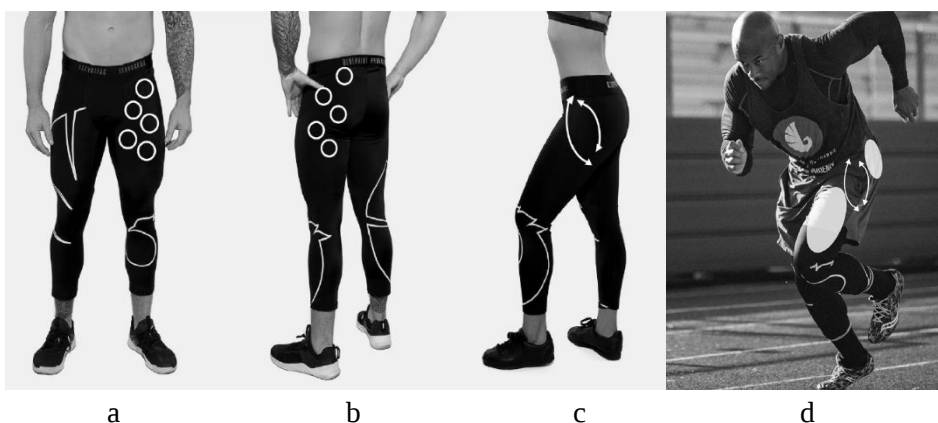
1.2 pav. *Mass Suit* pasipriešinimo kostiumas apkrovoms [12]

Norint padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu naudojami svoriai tikslinėse kūno vietose, tačiau svoriai turi įtakos judėjimui. Pastebimas šalutinis poveikis judesių biomechanikai ir koordinacijai, kai treniruočių metu vilkimos liemenės su svoriais ir dėvimi svoriai ant kojų, be to tokie gaminiai sukelia diskomfortą. Projektuojant gaminius su svoriais, svarbus gaminio svorio ir dėvinčiojo kūno masės santykis [3]. *Trounson* ir kt. tyrė šortų ir blauzdinių su 1 %, 3 % ir 5 % kūno masės dydžio svoriais (žr. 1.3 pav.) įtaką žmonių judėjimo pokyčiams bėgimo metu ir nustatė, kad esant skirtingo dydžio svoriams kinta tiriamųjų judesiai, koordinacija ir pasiekti rezultatai. Gaminiai su svoriais turėtų būti parenkami kiekvienam individualiai atsižvelgiant į kūno masę, kad juos dėvint kūnas nepatirtų apkrovos, kuri ribotų judėjimą ir neatsirastų šalutinių efektų [13].



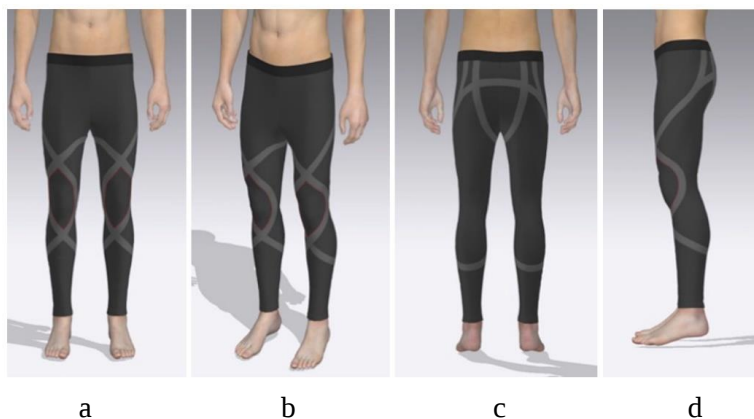
1.3 pav. *LilaTM ExogenTM* kompresiniai šortai ir blauzdos movos su šlaunų ir blauzdų apkrovomis [13]

Kompresinėje energijos sąnaudas didinančioje aprangoje naudojamos plokštės, kurios didina slėgį į kūną ir gali sukurti pasipriešinimą judesio metu. *Blueprint Phoenix* kompresines tamprės sudaro keli sluoksniai, tarp kurių įterptos elastinės gumos ir plokštės (žr. 1.4 pav.), sukuriančios pasipriešinimą kelių ir klubų sąnarių judesiams. Pasipriešinimas verčia kojos priekio ir nugaros raumenis dirbti sunkiau atliekant judesį, todėl sunaudojama daugiau energijos. Vidinio sluoksnio elementai sujungti ties klubų sąnariu, kompresijos zonos tamprėse sukuria palaikymą sąnariams ir papildomai įtvirtina vidinio sluoksnio medžiagas [14].



1.4 pav. *Blueprint Phoenix* tamprės: a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš nugaros; c – vaizdas iš šono; d – vaizdas atliekant judesį [14]

Hoffmann ir kt. tyrė tamprų su pasipriešinimo juostomis poveikį treniruočių ir atsigavimo po treniruočių metu. Tamprės pagamintos naudojant 3D mezgimo technologiją ir išmezgant vientisas pasipriešinimą judesiui sukeliančias „X“ formos juostas (žr. 1.5 pav). Juostos dėvinčiam sukelia 1-3 % kūno masės dydžio pasipriešinimą judesiui tikslinėse zonose. Kompresija sukelia ne visame gaminio plote, o tikslinėse srityse: klubų ir kelio sąnariams, bei šiuos sąnarius veikiantiems raumenims. Nors tyrimai neparodė reikšmingo poveikio, tačiau patvirtino, kad tokio tipo sportinė apranga gali būti veiksminga didinant bėgimo treniruočių efektyvumą ir yra efektyvi priemonė paspartinti atsigavimą po treniruočių [3].



1.5 pav. Tamprės sukuriančios pasipriešinimą: a – vaizdas iš priekio; b – aksonometrinis vaizdas; c – vaizdas iš nugaros; d – vaizdas iš šono [3]

Physiclo – tai kompresinės tamprės su integruotomis pasipriešinimą didinančiomis juostomis, kurios skirtos pasiekti didesnę treniruočių intensyvumą (žr. 1.6 pav.). Juostos didina pasipriešinimą atliekant judesį, todėl kūnas atlieka didesnę darbą, sustiprinami raumenys, ir pasiekiami geresnių treniruočių rezultatų. Gaminyje naudojami keli sluoksniai elastinių juostų ir plokščių, kurios projektuotos ties skirtingomis raumenų grupėmis. Pasipriešinimas nukreipiamas į svarbias klubo ir viršutinės kojos raumenų grupes (klubo lenkiamieji raumenys, keturgalviai raumenys, sėdmenys, pakaušio raumenys ir klubų pritraukiamieji raumenys), siekiant sukurti saugų pasipriešinimą visam judesio diapazonui. Kuo didesnio diapazono judesys atliekamas, tuo didesnis pasipriešinimas jaučiamas. Gaminys veikia pasipriešinimo gumų principu. Tamprės sukuria iki 10 svarų (4,54 kg) pasipriešinimą. Dizainas orientuotas į kasdienį dėvėjimą. Tinka bėgiojant, važinėjantis dviračiu, šokinėjant, atliekant pratimus. Raumenų veiklą išmatuoti ir nustatyti tamprų poveikį raumenų veiklai naudota elektromiografija (EMG), bėgant ant bėgimo takelio su elektrodais ant raumenų. Raumenų aktyvumas padidėjo 23 %, širdies ritmas padidėjo 9 %, kalorijų sunaudojimas padidėjo 14 %. Pastebėtas didesnis treniruotės intensyvumas ir padidėjęs vidutinis širdies susitraukimų dažnis. Atlikus 37 savaitių tyrimą pastebėta, kad dėvint *Physiclo* bėgimo rezultatai pagerėjo 4,2 %, sportuojantieji įveikė bėgimo distanciją (pusė maratono) greičiau [15].



1.6 pav. *Physiclo*TM pasipriešinimo tamprės: A – drėgmę sugeriantis pagrindinis sluoksnis; B – vidinės pasipriešinimą sukeliančios juostos; C – pasipriešinimą sukeliantis tinklelis [15].

Pasipriešinimą sukeliantys gaminiai dažnai yra projektuojami orientuojantis į profesionalius sportininkus ir dažnai yra nepritaikyti naudoti paprastiems žmonėms. Renkantis pasipriešinimą sukuriančią aprangą, svarbu ją parinkti individualiai pagal sportuojančiojo kūno masę, fizinį pasirengimo lygį, norimą pasiekti rezultatą bei sporto šaką, kuria užsiimama [13]. Siekiant išvengti

šalutinio poveikio ir padaryti tokios rūšies gaminius patogesnius bei lengviau pritaikomus platesniam vartotojų ratui, tobulinama kompresinė apranga. Kompresinė pasipriešinimo apranga yra patogesnė dėvėti ir neturi neigiamo poveikio judėjimui, nes neturi papildomo svorio, užtikrina komfortą ir neriboją judesių, prisitaiko prie natūralios kūno formos.

1.2. Kompresinė sporto ir aktyvaus laisvalaikio apranga

Sportuojantys atidžiai renkasi sportinę aprangą, siekdami užtikrinti komfortą fizinės veiklos metu. Kokybiški kompresiniai drabužiai turi sukelti numatytą kompresiją, pasižymėti geromis komforto savybėmis, užtikrinti tinkamą prigludimą prie kūno ir tamprumą, nevaržyti judesių, sugerti drėgmę ir optimizuoti sąlytį su oda, bei būti lengvi ir patvarūs. Būtent dėl šių savybių kompresiniai drabužiai mokslininkų yra vadinami „antrąja žmogaus oda“ [1]. Kompresiniai gaminiai turi teigiamą poveikį kraujotakai, dėl sumažėjusios apkrovos kraujagyslėms, mažėja širdies ritmas. Dėl gaminių sukeliama slėgio į kūną, sportuojant mažėja raumenų vibracija, treniruočių metu raumenys mažiau pavargsta ir greičiau atsigaunama po treniruotės [9, 16]. Sumažėja širdies ritmas ir deguonies suvartojimas bei didėja raumenų veiklos efektyvumas [6, 13].

1.2.1 Kompresinės aprangos projektavimas ir gamybos technologijos

Projektuojant kompresinius gaminius dažnai didesnis dėmesys skiriamas produkto dizainui ir patrauklumui pirkėjui bei jau išleistų produktų poveikio testavimui nei tam, kaip juos efektyviai kurti. Tyrimas rodo, kad projektuojant kompresinę aprangą, rekomenduojama remtis moksliniais duomenimis, bei patvirtina, kad kompresinių drabužių savybės skiriasi priklausomai nuo sukeltos kompresijos [13].

Kompresinių gaminių sukeltą slėgį žmogaus kūnui galima sukurti keliais būdais:

- mezgimo technologijomis naudojant skirtingus mezgimo pynimus ir 3D mezgimo technologijas [17];
- sumažinant viso gaminio apimtį arba atskirų jo dalių medžiagos plotą tikslinėse zonose [18], siekiant sukurti numatytą kompresiją;
- naudojant skirtingų mechaninių savybių medžiagas kaip atskiras detales arba naudojant klijavimo technologijas sutvirtinti medžiagą, siekiant padidinti gaminio kompresiją nustatytose zonose [2, 19, 20];
- dengiant medžiagą silikono ar uretano elementais tuose gaminio plotuose, kuriuose norima paveikti bei sutvirtinti raumenį ar sąnarį [13].

Tiriant kompresinių gaminių dizaino funkcionalumą ir atskirų jo elementų efektyvumą, dažnai atliekami palyginamieji tyrimai, kuriuose tiriamas raumenų aktyvumas ir fiksuojami fizinės veiklos rodikliai dėvint kompresinius gaminius, suprojektuotus naudojant skirtingas gamybos technologijas. Siekiama ištirti jų poveikį raumenų veiklai ir nuovargiui bei suteikti informacijos apie funkcinio kompresinio gaminio dizainą, kuris būtų naudingas konkrečioms raumenų grupėms [10, 21]. Tyrimai patvirtina, kad projektuojant kompresinius gaminius svarbu atkreipti dėmesį į žmogaus kūno anatomiją, kas dažnai nėra įvertinama, nes koncentruojamasi į gaminio dizainą [10, 22, 23].

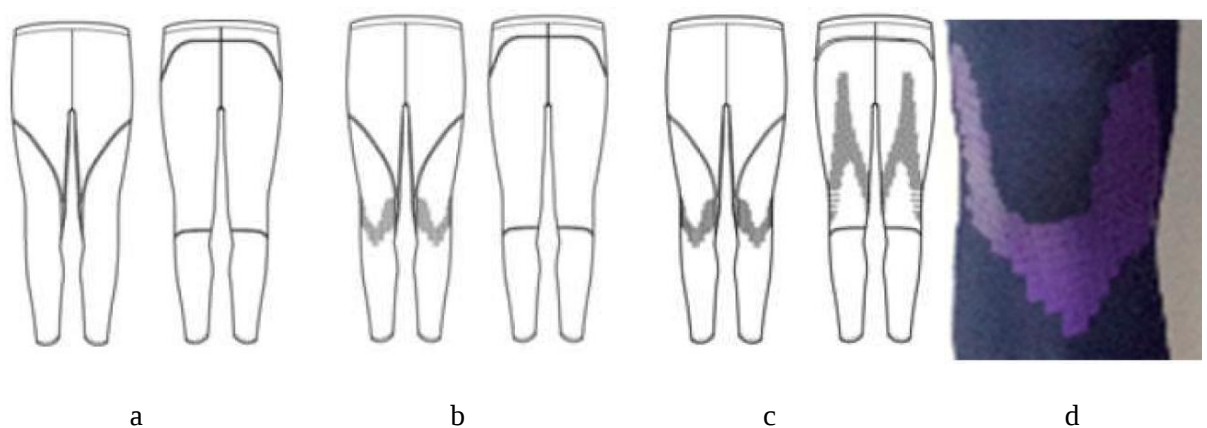
Naudojant pažangesnes kompresines medžiagas, kompresinių drabužių tyrimai sutelkiami į raumenų vibracijos charakteristikas, o ypač į proprioceptinį pojūtį, neuromuskulinę kontrolę, traumų prevenciją ir fizinės veiklos gerinimą [1].

Propriocepcija – tai gebėjimas jausti kūno dalių poziciją erdvėje, kuri ateina iš centrinės nervų sistemos [24]. Receptoriai, dalyvaujantys propriocepcijoje, yra odoje, raumenyse, raiščiųuose ir sąnariuose [25]. Propriocepcija susijusi su sąnarių stabilumu ir kontrole. Proprioceptinio jautrumo trūkumas gali lemti nestabilumą ir sukelti traumas. Raumenyse ir sąnariuose esančių receptorių jautrumas gali būti didinamas išoriniais dirgikliais, pvz. rankovėmis ir movomis, kurie užtikrina sąnarių stabilumą ir jų kontrolę [24, 26]. Propriocepciją stiprina kineziterapinis teipavimas, reabilitacijoje ir sporte naudojamas kaip gydymo ir traumų prevencijos priemonė [2, 27]. todėl dažnai kompresinė apranga su papildoma kompresija arba pasipriešinimą judesiui sukeliančiais elementais, projektuojama remiantis kineziterapinių juostų klijavimo technikomis [2, 23]. Kompresinė apranga prigludama prie kūno ir dirgindama nervų galūnes, gerina raumenų propriocepciją ir galūnių pozicijos erdvėje suvokimą, tokiu būdu padeda gerinti laikyseną, judrumą ir stabilumą sportuojant [2].

Prognozuojamam kompresinių gaminių slėgiui į kūną nustatyti gali būti naudojami cilindro formos žmogaus galūnių analogai [28] arba 3D skeneriais skenuotas žmogaus kūnas [29, 30]. Kompresinio gaminio sukuriama slėgis į koją priklauso nuo kojos skerspjūvių kreivumo, kuriuos galima nustatyti naudojant 3D kūno skenavimo technologijas. Nustačius apatinių galūnių skerspjūvius ir juose esančius kreivumo spindulius bei medžiagos tempimo deformaciją, naudojant Laplaso (angl. *Laplace*) formulę galima apskaičiuoti prognozuojamą kompresinio gaminio sukuriamą slėgį į koją [29, 30].

1.2.2 Kintančios kompresijos aprangos analogų apžvalga

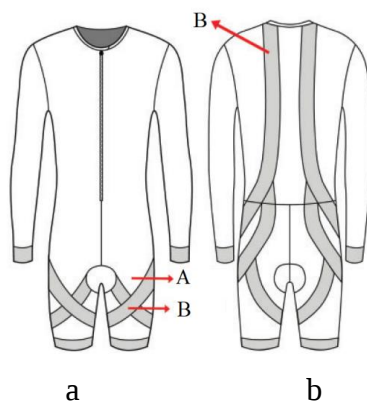
Lee ir kt. tyrė kokią įtaką naudojami kompresinių tamprių projektavimo metodai turi raumenų ir sąnarių stabilumui. Tyrimui naudotos skirtingų kompresijos lygių eksperimentinės kelnės, kuriose kompresija išgaunama skirtingu dydžiu mažinant bazinį tamprių lekalą eilučių ir stulpelių kryptimi, papildoma kompresija kelių ir pakinklių srityje sukurama klijuotinais silikono elementais (žr. 1.7 pav.). Siekiant užtikrinti geras komforto savybes projektuojant tampres atsižvelgta į žmogaus kūno anatominę struktūrą ir L4 ir L3 dermatomų³ išsidėstymą [22].



1.7 pav. Žmogaus kūno anatomija paremtų kompresinių kelnų dizainas: a - mažos kompresijos tamprės, kintanti kompresija netaikoma; b – vidutinės kompresijos tamprės, kintanti kompresija kelio srityje sukurama klijuojant silikono elementus; c – aukštos kompresijos tamprės, kintanti kompresija kelio ir pakinklio srityse, klijuojant silikono elementus [22]

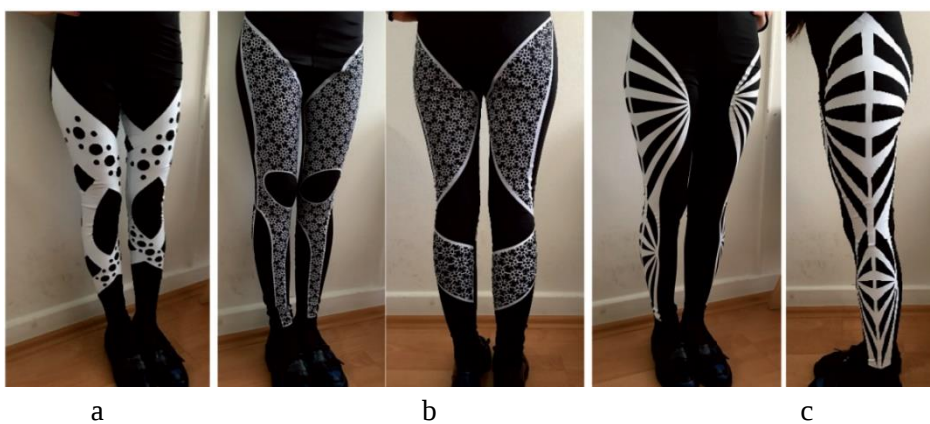
³ Dermatomas – kūną gaubianti juostos formos odos sritis, inervuojama atskiro nugarinio nervo [31].

Shi ir kt. tyrė dviratininkų kompresinio kostiumo su juostomis, atkartojančiomis kineziterapinius pleistrus (žr. 1.8 pav.) įtaką energijos sunaudojimui lyginant su kompresiniu kostiumu be juostų. Dviratininko kostiumas pagamintas iš megztinės medžiagos naudojant klijavimo ir laminavimo technologijas. Juostoms priklijuoti naudota dvipusė lipni plėvelė. Juostų vietos pasirinktos strategiškai atsižvelgiant į pagrindinius raumenis, dirbančius važiuojant dviračiu. Juostos sukėlė didesnę kompresiją šlaunies priekinės ir nugarinės dalies raumenims. Dėl didesnio slėgio į šlaunies raumenis, dėvint kostiumą su juostomis pagerėjo trumpalaikio važiavimo dviračiu našumas, lyginant su kompresine apranga be juostų [21].



1.8 Pav. Kompresinis kostiumas dviratininkams: A – pagrindo medžiaga; B – juostos imituojančios kineziterapinius pleistrus; a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš nugaros [21]

Kompresinės tamprės, kuriose kompresija tikslinėse kojų zonose sukurama klijuojant ant pagrindo medžiagos poliuretano plėvelės elementus, kurių dizainas paremtas kineziterapinių pleistrų klijavimo technikomis („I“, „Y“, „X“ ir vėduokline), pateiktos 1.9 paveiksle. Atlikti EMG tyrimai parodė, kad klijuotinių poliuretano plėvelės elementų naudojimas sumažino užpakalinės šlaunies dalies raumenų aktyvumą pritūpimo pratimų metu [2].



1.9 pav. Sportinių tamprų dizainas paremtas kineziterapinių pleistrų klijavimo technikomis: a – kelio stabilizavimui bėgimo metu; b – kelio stabilizavimui ir kompresijai kelio srityje; c – kompresija vertikaliai išsidėsčiusiems kojų raumenims [2]

Kompresinė sportinė apranga gali būti efektyvi norint sumažinti kūno svorį ir sudeginti daugiau kūno riebalų treniruočių metu. Tiriant angliavandenių, riebalų ir energijos suvartojimą treniruočių metu dėvint kompresinius sportinius šortus ir paprastą sportinę aprangą, gauti rezultatai rodo, kad dėvint kompresinę aprangą nuo 14 iki 16 kartų padidėjo kūno riebalų suvartojimas aerobikos treniruotės metu. Didesnį riebalų suvartojimą skatino išaugęs deguonies suvartojimas. Teigiama, kad kompresinė apranga gali būti efektyvi kūno riebalų ir apimčių mažinimui net ir įprastos kasdienės veiklos metu.

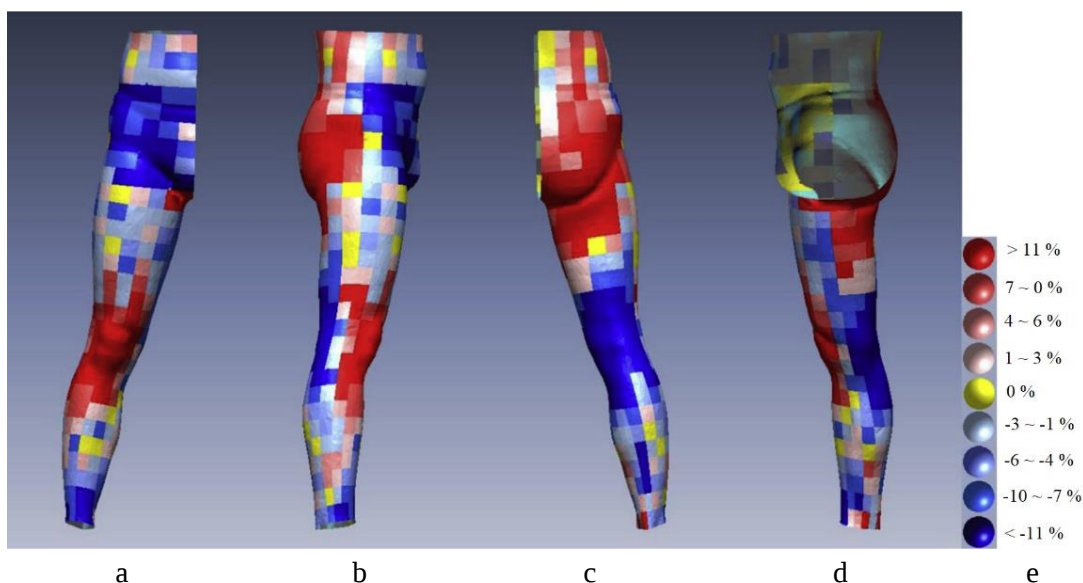
Taip pat pažymima, kad didesniam tokių šortų efektyvumui pasiekti, siūloma integruoti skirtingų mechaninių savybių medžiagas skirtingose gaminio zonose, tokiu būdu pasirinktose vietose sukuriant atitinkamą kompresiją [7].

Kompresinėje aprangoje papildomi elementai, tokie kaip juostos ar plokštės, dažniausiai naudojami siekiant stabilizuoti raumenis ir sąnarius bei sukurti didesnę slėgį ne tik viso gaminio plote, bet ir tikslinėse zonose. Tačiau klijuotini elementai gali būti naudojami ne tik kaip priemonė sukelti slėgį į kūną, bet ir padidinti pasipriešinimą judesiams atlikti, tokiu būdu padidinant energijos sąnaudas sportuojant. Kompresinė apranga didinanti energijos sąnaudas aptariama tolesniame skyriuje.

1.3. Klijavimo technologijų įtaka kompresinės aprangos efektyvumui

Siekiant didesnių energijos sąnaudų fizinės veiklos metu apsunkinamas judesių atlikimas, gaminiuose naudojant didesnio tamprumo modulio medžiagas, reikalaujančias didesnės jėgos jas deformuoti tempiant. Žmogaus oda yra labai tampri, ypač kelių ir alkūnių srityse, kur išsitempia 35–45 %, todėl sportinė apranga turi būti tampri, norint išlaikyti komfortą intensyvaus kūno tempimo metu [32]. Didėjant kelio lenkimo kampui, drabužio slėgis į kūną ties keliu padidėja – 0,4 (3 mmHg), 0,9 (6,75 mmHg) ir 1,1 kPa (8,25 mmHg), esant 0°, 30° ir 60° kampui, atitinkamai [32]. Siekiant padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu sukuriant pasipriešinimą judesiams, medžiagų tamprumas turi būti sumažinamas vietose, kuriose oda patiria didžiausias deformacijas, t. y. pasipriešinimas turi būti sukuriamas lenkimo judesiams per alkūnės, kelio, klubo sąnarius.

Choi ir kt. atliko tyrimą, kurio metu skenuojant žmogaus kūną ir naudojant skaitmenines technologijas nustatytose zonose buvo tiriamos odos deformacijos sulenkus koją 60° laipsnių kampu. 1.10 paveiksle didžiausias tempimo deformacijas kelio lenkimo judesio metu patiriančias sritis žymi raudona spalva, vietas, kuriose oda yra gniuždoma žymi mėlyna spalva. Teigiama, kad sritys, kuriose oda patiria mažiausias tempimo deformacijas, yra tinkamiausios siūlių projektavimui siūtiniuose kompresiniuose gaminiuose, siekiant užtikrinti gaminių komfortą. Rekomenduojama projektuojant siūles atsižvelgti ir į dermatomų išsidėstymą kojose [33].



1.10 pav. Odos deformacijų spalvinis vaizdavimas esant 60° kelio lenkimo kampui: a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš šono; c – vaizdas iš nugaros; d – kojos vidinė dalis; e – deformacijų spalvinė skalė [33]

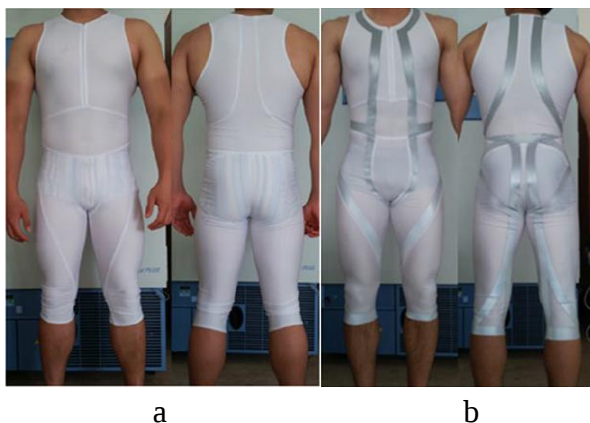
Choi ir kt. tyrė skirtingos sportinės aprangos ir kineziterapinių pleistrų poveikį kojos raumenų funkcijoms kelio sąnario lenkimo ir tiesimo judesio metu. Tyrimai atlikti dėvint sportines kelnes nesukeliančias kompresijos (BP), kineziterapinį pleistrą klijuotą ant odos (KT), kompresines sportines tampres (CP) ir kompresines tampres su kineziterapinėmis juostomis ant gaminio (KTP) (žr. 1.11 pav.). Nustatyta, kad dėvint CP ir KTP, pasiekti geriausi sukimosi momento piko (angl. *peak torque*)⁴, vidutinės galios (angl. *average power*), darbo per judesio pakartojimą (angl. *work per repetition*) ir jėgos sumažėjimo laiko (angl. *force decay time*) rodikliai. Nustatyta, kad KT ant odos nepadidina raumenų sukimo momento, galios ir atliekamo darbo, bet sumažina didžiausio sukimo momento generavimo laiką. CP ir KTP dėvėjimas parodė žymiai lėtesnį jėgos sumažėjimo laiką [23].



1.11 pav. Eksperimentiniams tyrimams: KT – kineziterapinio teipavimo juostos ant odos; CP – kompresinės tampres; KTP – kompresinės tampres su kineziterapinio teipavimo juostomis; a – vaizdas iš priekio; b – vaizdas iš nugaros [23]

Tęsdamas tyrimus Choi ir kt. tyrė paprastos sportinės aprangos (marškinėlių ir šortų), kompresinio kostiumo ir kompresinio kostiumo su klijuotinėmis poliuretano plėvelės juostomis (žr. 1.12 pav.) poveikį energijos sąnaudoms atliekant pritūpimo pratimus. Poliuretano plėvelės juostos skirtos sukurti papildomą slėgį į kūną juosmens, klubų ir šlaunų srityse atliekant pritūpimus. Kostiumo su klijuotiniais elementais bendra gaminio sukeliama kompresija 22,5 mmHg (0,3 kPa) didesnė negu kostiumo be klijuotinių elementų. Abejų kostiumų bendras kūnui sukuriamas slėgis neviršija 15 mmHg (2 kPa). Kompresiniai gaminiai su klijuotinėmis juostomis ir be jų parodė skirtingą poveikį šlaunies raumenų grupėms ištiesiant ir sulenkiant koją per kelio sąnarį. Vidutinė raumenų veikla dėvint kompresinę aprangą su klijuotinėmis juostomis padidėjo, didesnis poveikis pastebėtas priekiniams šlaunies raumenims. Rezultatai parodė, kad kompresiniai gaminiai padėjo ilgiau palaikyti aukštą raumenų aktyvumą ir patirti mažesnę nuovargį. Manoma, kad taip yra dėl klijuotinių juostų, kurios prilaiko raumenis ir stabilizuoja kelio girnelę [10].

⁴ Sukimosi momento pikas (ang. *peak torque*) – matavimo vienetas naudojamas maksimaliai raumenų jėgai matuoti, nustatyti fizinę būklę ir treniruočių ar rehabilitacijos programų poveikį [14, 23]. Maksimali raumenų jėga – tai raumenų ar raumenų grupės gebėjimas generuoti maksimalią susitraukimo jėgą prieš pasipriešinimą vieno raumenų susitraukimo metu [3, 14].



1.12 pav. Choi ir kt. tirta kompresinė apranga: a – kompresinis kostiumas be juostų; b – kompresinis kostiumas su poliuretano plėvelės juostomis [10]

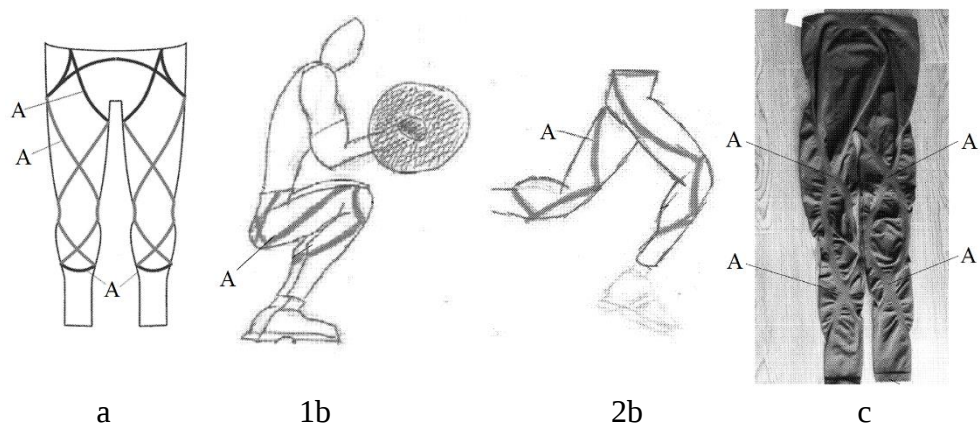
Born ir kt. tirtose sportinėse tamprėse derinama kompresija šlaunų bei blauzdų srityje ir silikoningės klijuojamos juostos (žr. 1.13 pav.). Siekiama ištirti, ar šių metodų kombinacija pagerina sprinto bėgikų rezultatus pakartotinių sprintų metu ir atsigavimą po bėgimo. Tamprės suprojektuotos derinant gaminio sukliamą kompresiją ir vidinėje tamprių pusėje esančias silikoninges juostas, kurios sukelia kineziterapinių juostų efektą. Tamprių sukliama kompresija skirtingose kojos zonose: nuo 18,3 mmHg iki 21,7 mmHg, ir nuo 19,9 mmHg iki 20,2 mmHg [27].



1.13 pav. Sportinės tamprės su klijuotinėmis silikoningėmis juostomis: a – tamprių dizainas; b – silikoningės juostos struktūra [27]

Naudojant integruotą elektromiografiją (iEMG), tirtas raumenų aktyvumas sprinto metu ir nustatyta, kad dėvint tampres su klijuotinėmis juostomis raumenų aktyvumas sprinto metu padidėjo visiems, ypač sėdmenų raumenims [27].

Tamprės su pasipriešinimą judesiui sukuriančiomis zonomis, suformuotomis besiūliu būdu (pvz. elastinės juostos, apskritojo mezgimo mašinomis arba 3D mezgimo technologijomis suformuotos zonos), ribojančiomis dėvinčiojo judesių diapazoną (1.14 pav.). Pasipriešinimo juostos gali turėti didesnį tamprumo modulį, padidintą tempimo jėgą (apkrovą) ir būti iki 10 kartų standesnės lyginant su pagrindo medžiaga. Tyrimai patvirtino, kad mėvint tampres tempimo apkrova padidėjo. Lyginant su įprastomis kompresijos nesukuriančiomis tamprėmis, padidėjo klubų ir kelio sąnarių sukimosi momento pikas nuo 222 Nm iki 240 Nm ir galia nuo 225 W iki 275 W. Tamprės skirtos padidinti mankštos ar kitos fizinės veiklos efektyvumą sukuriant pasipriešinimą klubų ir kelio sąnarių lenkimo judesiams. Šis būdas gali būti naudojamas kaip alternatyvi priemonė fizioterapijoje ir rehabilitacijoje arba kaip papildoma priemonė kineziterapiniam teipavimui [17].



1.14 pav. Tamprės sukuriančios pasipriešinimą judesiams: a – tamprių dizainas; 1b – tamprės atliekant mankštą ; 2b – tamprės bėgimo metu; c – tamprių prototipas megztas apskritojo mezgimo mašina su išmegztomis „X“ formos pasipriešinimą sukuriančiomis juostomis [17]

1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Remiantis literatūros analize ir pateiktais modeliais analogais, klijavimo technologijos gali būti naudojamos energijos sąnaudas fizinės veiklos metu didinančioje aprangoje, tikslingai išdėsčius klijuotinius elementus ir sukuriant pasipriešinimą atliekamiems judesiams. Išanalizavus kintančios kompresijos aprangos gamybos technologijas, klijavimo technologijų naudojimo būdus ir jų įtaką komforto savybėms bei fizinės veiklos rezultatams, baigiamajame darbe bus projektuojamas eksperimentinis kompresinis gaminytis didinantis energijos sąnaudas, kuriame naudojant klijavimo technologijas sukuriamas pasipriešinimas kelio lenkimo judesiui.

Kompresinių gaminių sukuriama slėgį į kūną galima prognozuoti naudojant virtualias aprangos projektavimo technologijas, remiantis medžiagų deformacinėmis savybėmis. Kompresinių gaminių projektavimui naudojamos skaitmeninės technologijos leidžia iš anksto išmatuoti sukeliama kompresiją tikslinėse srityse bei parinkti tinkamas medžiagas siūtinių kompresinių gaminių projektavimui.

2. Tyrimo metodika

Skyriuje pateikiama eksperimentiniams tyrimams naudojamų medžiagų charakteristikos, informacija susijusi su tyrimo objektais bei metodikos, reikalingos atlikti eksperimentinius tyrimus: daugiakicklio tempimo metodika, 3D modeliavimui reikalingų medžiagų parametrų nustatymo metodika, virtualaus primatavimo metodika bei kompresijos nustatymo metodika

2.1. Tyrimų objektai

Sportinės ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gamyboje dažniausiai naudojamos tamprios medžiagos, kurios gerai priglunda prie kūno, nevaržo judesių, užtikrina komfortą. Tokiomis savybėmis pasižymi megztinės medžiagos. Megztinių medžiagų charakteristikos svarbios siekiant užtikrinti dėvėjimo komfortą fizinės veiklos metu ir numatyti medžiagų eksploatacines savybes. Darbe tiriamos trys megztinės medžiagos, nustatomos jų charakteristikos, siekiant parinkti tinkamiausią medžiagą vyriškų blauzdinių su klijuotinėmis sistemomis gamybai (žr. 2.1 lentelę).

2.1 lentelė. Tiriamų megztinių medžiagų charakteristikos

Medžiagos kodas	Pluoštinė sudėtis, %	Paviršinis tankis, g/m ²	Storis, mm	Mezgimo tipas	Pynimas	Kilpų tankumas, cm -1	
						Stulpelių	Eilučių
A1	80 % PA, 20 % EL	336	0,78	Metmeninis	Gelumbinis-trikotinis	18,5	42
A2	80 % PA, 20 % EL	293	0,64	Metmeninis	Trikotinis	17	34
A3	80 % PA, 20 % EL	335	0,60	Skersinis	Interlokinis	24	46

Klijuotinėms sistemoms sudaryti naudojama polimerinė klijuotinė plėvelė *5500 Dream* (žr. 2.2 lentelę)⁵.

2.2 lentelė. Polimerinės plėvelės charakteristikos

Plėvelės pavadinimas	Žaliavinė sudėtis, %	Paviršinis tankis, g/m ²	Storis, mm
<i>5500 Dream</i>	100 % PU	139	0,13

Klijuotinėms sistemoms sudaryti naudojamas klijavimo presas *STIROVAP MP 98* (žr. 2.1 pav.) Klijavimo preso specifikacijos pateiktos 2.3 lentelėje. Plėvelės klijavimo parametrai: laikas t – 2 ciklai po 20 s, klijavimo temperatūra T – 160 °C, prispaudimo slėgis p – 0,6 bar.

2.3 lentelė. Klijavimo preso specifikacijos

Slėgio reguliavimo nustatymai	Darbinis paviršius			Paviršiaus prispaudimo slėgis, bar	Integruoti ekranai
	Ilgis, m	Plotis, m	Plotas, m ²		
3 (minimalus, vidutinis, maksimalus)	0,90	0,48	0,43	0,2 – 0,6	1 (termostatui ir laikmačiui)

⁵ Klijuotinė poliuretano plėvelė *Dream 5500*. Gamintojo *Framis Italia* puslapis. [interaktyvus] [žiūrėta 2022-05-20]. Prieiga per internetą: <https://framis.it/en/prodotti/dream-2/>

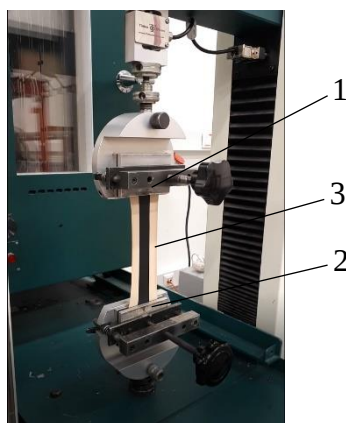


2.1 pav. Klijavimo preso *STIROVAP MP 98* schema: 1 – viršutinė preso plokštuma; 2 – apatinė preso plokštuma; 3 – viršutinės preso plokštumos prispaudimo ir fiksavimo rankena klijavimo proceso metu; 4 – viršutinės preso plokštumos pakėlimo rankena; 5 – įjungimo ir išjungimo mygtukas; 6 – temperatūros ir laiko rodmenų ekranas; 7 – viršutinės preso plokštumos pakėlimo rankena po klijavimo proceso; 8 – plokštumų prispaudimo reguliatorius

2.2. Daugiaciklio tempimo metodika

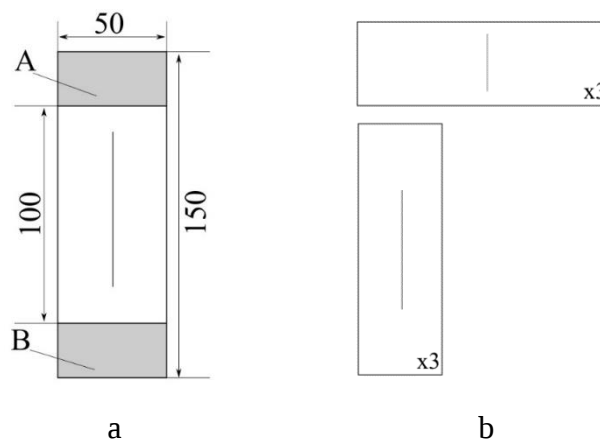
Daugiaciklio tempimo tyrimo rezultatai naudojami nustatyti pavienių medžiagų ir medžiagų su klijuotinėmis sistemomis tempimo jėgą ir liekamąją deformaciją ciklinės apkrovos metu, apskaičiuoti projektuojamo gaminio – blauzdinės sumažinimo dydį siekiant atitinkamos kompresijos vertės.

Daugiaciklio tempimo tyrimams atlikti naudojama universali tempimo mašina *Tinius Olsen H10KT* (JAV). Įrenginio schema pateikta 2.2 paveiksle. Atstumas tarp tempimo mašinos apatinio ir viršutinio spraustuvų – 100 mm. Bandiniai įstatomi į spraustuvus natūralios būsenos ir tempiami 500 mm/min greičiu iki 50 % deformacijos. Atliekama 10 tempimo ciklų. Tempimo bandymai atliekami pagal LST EN ISO 20932-1 standartą [34].



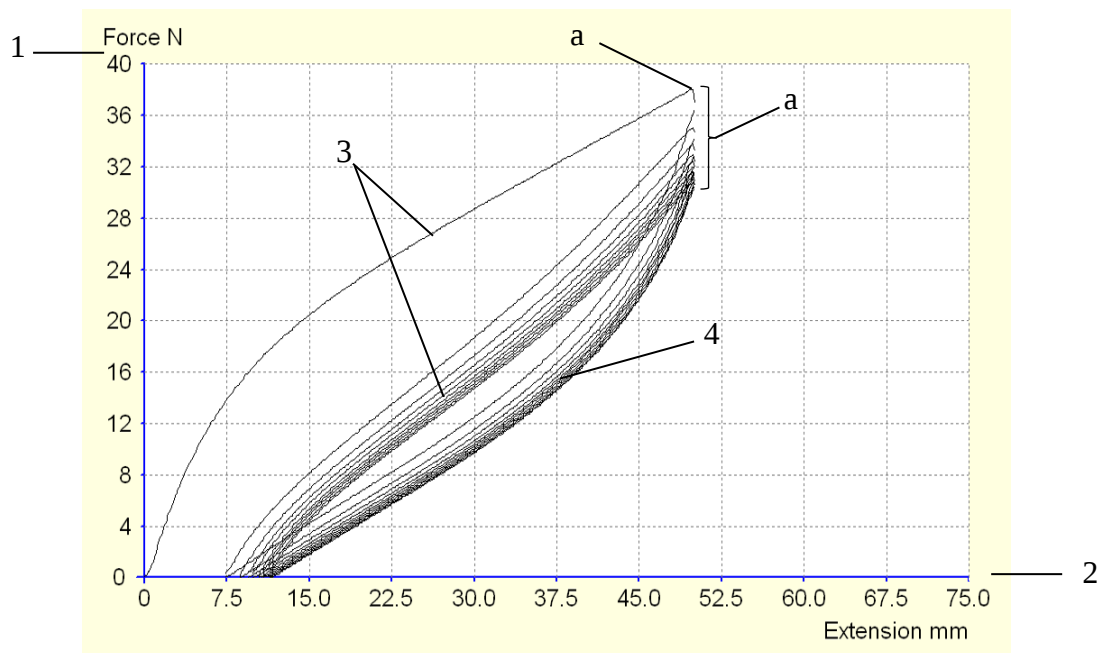
2.2 pav. *Tinius Olsen H10KT* (JAV) tempimo mašinos schema: 1 – viršutinis spraustuvas; 2 – apatinis spraustuvas; 3 – bandinys

Tempimo bandymams iškerpama po tris 50×150 mm dydžio A1, A2, A3 megztinių medžiagų bandinius skersine ir išilgine kryptimis (žr. 2.3 pav.).



2.3 pav. Tempimo bandinio schema: a – bandinio dydis ir tvirtinimas spraustuose; A – viršutiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis; B – apatiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis; b – bandinių kirpimo kryptys ir bandinių skaičius

Atlikus ciklinio tempimo bandymus analizuojami šie parametrai: tempimo jėga F , N ir liekamoji deformacija $\Delta\epsilon$, % po pirmojo ir po 10-tojo ciklą. Tempimo jėga F , N – rodo, kokios jėgos reikia ištempti bandinį iki 50 % deformacijos. Liekamoji deformacija $\Delta\epsilon$, % – tai deformacija, kuri lieka neišnykusi, kai bandinį nustoja veikti tempimo jėga. Remiantis ciklinio tempimo bandymų rezultatais, analizuojama megztinių medžiagų deformacinė elgsena ciklinio deformavimo metu. Tempimo grafiko pavyzdys, kai bandiniui atlikta 10 tempimo ciklų, pateiktas 2.4 paveiksle.

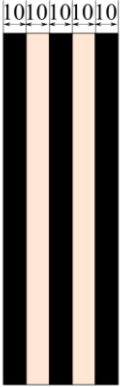
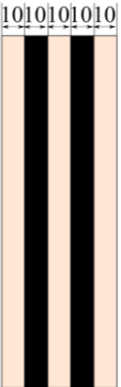
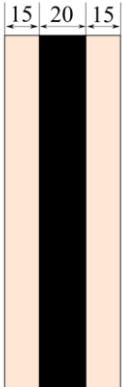
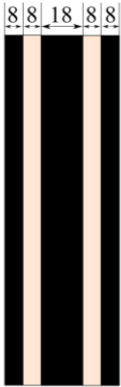


2.4 pav. Daugiaciklio tempimo grafikas: a – bandinio 10 ciklų tempimo kreivės; a₁ – bandinio pirmojo ciklo tempimo kreivė; 1 – tempimo jėga, N; 2 – tempimo deformacija, mm; 3 – tempimo deformacija tempimo kreivėje; 4 – liekamoji deformacija tempimo kreivėje

Dėvint blauzdinę fizinės veiklos metu ir atliekant pritūpimo pratimus, medžiaga deformuojama išilgine gaminio kryptimi. Siekiant imituoti aprangos gaminio eksploatacinę elgseną, bandiniai su klajuotinėmis sistemomis kerpami išilgine kryptimi. Klajuotinių sistemų įtakai megztinių medžiagų mechaninėms savybėms nustatyti naudojami 5 rūšių 50×150 mm dydžio bandiniai, kuriuose

klijuotinės sistemos sudarytos iš megztinės medžiagos išilgine kryptimi ir klijuotinės plėvelės, keičiant juostų plotį ir išsidėstymą (žr. 2.4 lentelę). Tyrimui atlikti kerpama po 5 kiekvienos rūšies bandinius.

2.4 lentelė. Bandiniai ir juostų išsidėstymas bandiniuose

Bandinio kodas	B1	B2	B3	B4	B5
Bandinys, juostų plotis ir juostų išsidėstymas bandinyje, mm					
Plėvelės užimamas plotas bandinyje, %	60	60	40	40	68

Remiantis ciklinio tempimo bandymų rezultatais, tiriama megztinių medžiagų su klijuotinėmis juostomis deformacinė elgsena ciklinio deformavimo metu, analizuojami tempimo jėgos F , N ir liekamosios deformacijos $\Delta\epsilon$, % parametrai bei nustatoma, kokią įtaką jiems turi juostų užimamas plotas bei išsidėstymas.

2.3. Medžiagų parametrų nustatymo metodika 3D modeliavimui

Medžiagų parametrai reikalingi atlikti 3D modeliavimui nustatomi naudojant FAST metodiką [35]. Šiame skyriuje aprašoma megztinių medžiagų, plėvelės ir klijuotinių sistemų, sudarytų iš megztinės medžiagos ir plėvelės storio, paviršinio tankio, lenkiamojo ir šlyties standumo, tempimo deformacijų išilgine bei skersine kryptimis nustatymo metodikos.

Storio nustatymas

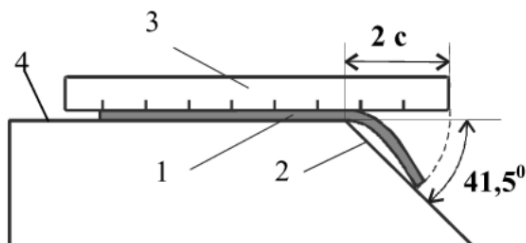
Tiriamųjų medžiagų storis h , mm nustatomas elektriniu stomačiu $J-40-T$. Tyrimui atlikti paruošiami 50×150 mm tiriamųjų medžiagų bandiniai. Matuojama penkiose skirtingose medžiagos vietose ir apskaičiuojamas vidurkis $0,01$ mm tikslumu [35].

Paviršinio tankio nustatymas

Paviršinis tankis – tai medžiagos 1 m^2 svoris. Tiriamųjų medžiagų paviršiniui tankiui apskaičiuoti pasveriamai 50×150 mm medžiagos bandiniai, apskaičiuojamas vidurkis $0,01$ g tikslumu. Apskaičiuojamas medžiagos 1 m^2 svoris [35]. Svariui nustatyti naudojamos elektrinės svarstyklės „Kern&Sohn“ EG 420-3NM.

Lenkiamojo standumo nustatymas

Lenkiamasis standumas – tai medžiagos geba priešintis lenkimui [36]. Lenkiamasis standumas nustatomas naudojant specialų prietaisą (žr. 2.5 pav.), tyrimo metu bandinį veikia tik savojo svorio jėgos. Bandinys 1 patalpinamas ant horizontaliosios plokštumos 4 ir lėtai stumiamas link nuožulniosios plokštumos 2, kol bandinio kraštas ją paliečia. Pamatuojamas nulinkusios bandinio dalies ilgis $2c$. Lenkiamajam standumui nustatyti iškerpama po tris 50×150 mm dydžio bandinius išilgine, skersine ir įstriža 45° kryptimis.



2.5 pav. FAST sistemos prietaisas lenkiamajam standumui nustatyti. 1 – bandinys, 2 – nuožulnioji plokštuma, 3 – slankiojanti plokštelė, 4 – horizontalioji plokštuma [36]

Lenkiamajam standumui apskaičiuoti naudojama formulė:

$$B = m_q \cdot c^3 \cdot 9,81 \times 10^{-6}; \quad (1)$$

čia, B – lenkiamasis standumas, μNm ; m_q – paviršinis tankis, g/m^2 ; c – pusė nusvirusios bandinio dalies ilgio, mm [35].

Tempimo deformacijų nustatymas

Medžiagų tempimo deformacijos išilgine ir skersine kryptimis nustatomos iš tempimo kreivių ties atitinkama tempimo jėga: $E5$ – medžiagos ištįsa esant $0,245 \text{ N/5 cm}$; $E20$ – medžiagos ištįsa esant $0,98 \text{ N/5 cm}$; $E100$ – medžiagos ištįsa esant $4,905 \text{ N/5 cm}$ [37].

Medžiagų ištįsos charakteristika procentais nustatoma lyginant su pradiniu bandinio ilgiu tarp tempimo įrenginio spraustuvų – 100 mm [35].

Šlyties standumo nustatymas

Atsparumas šlyčiai nustatomas remiantis medžiagos ištįsa, tempiant bandinį iškirptą įstriža 45° kryptimi iki $0,245 \text{ N/5 cm}$ jėgos ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$G = 123/E5; \quad (2)$$

čia, G – šlyties standumas, N/m , $E5$ – medžiagos ištįsa įstriža 45° kryptimi ties $0,245 \text{ N/5 cm}$ tempimo jėga, % [35].

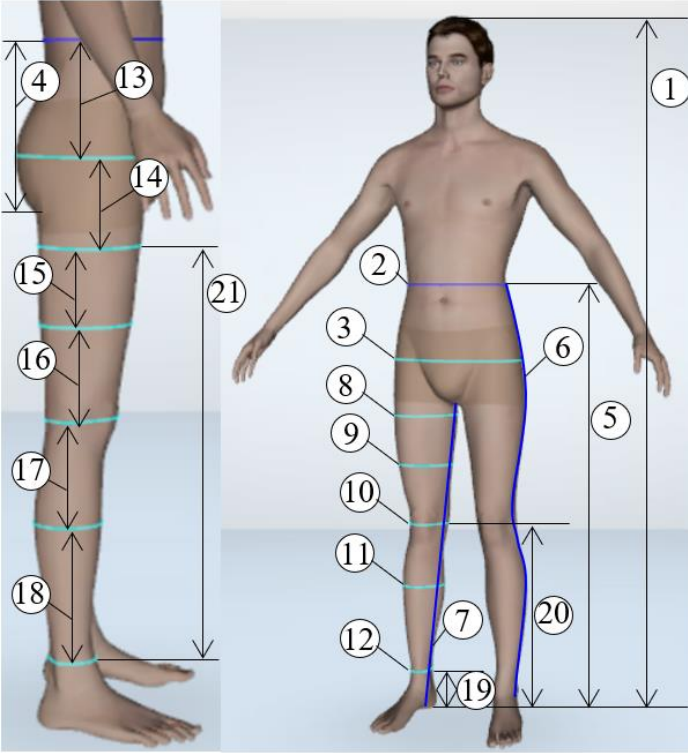
2.4. Virtualaus primatavimo metodika

Magistro baigiamajame darbe atliekami tyrimai, kuriais siekiama nustatyti klijuotinių sistemų įtaką kompresinėms bei komforto savybėms ir energijos sąnaudoms fizinės veiklos metu. Tyrimo rezultatai grindžiami virtualaus primatavimo metodika ir teoriniais skaičiavimais. Virtualiam kompresinio gaminio modeliavimui naudojamas *Modaris (APS Lectra)* programinis paketas

2.4.1. Virtualaus manekeno paruošimo virtualiam primatavimui metodika

Virtualiam kompresinio gaminio vizualizavimui ir sukeltam slėgiui į koją apskaičiuoti naudojamas virtualus manekenas, kuris paruošiamas pagal individualios figūros matmenis, atitinkančius standartinį M dydį kompresinių gaminių gamintojų matų lentelėse (SIGVARIS⁶, VENOSAN⁷). Virtualaus manekeno vaizdas *Modaris 3D* programoje ir kūno bei kojos matmenys pateikiami 2.5 lentelėje.

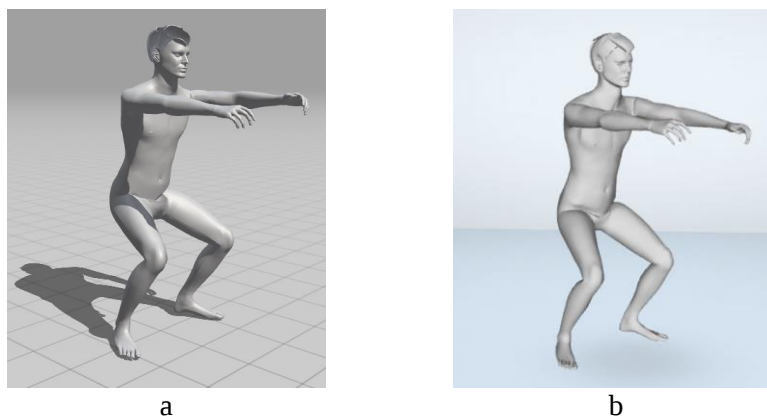
2.5 lentelė. Virtualaus manekeno matmenys

Eil. Nr.	Matmens pavadinimas	Dydis, cm	Virtualus manekenas
1	Ūgis	186,47	
2	Liemens apimtis	76,04	
3	Klubų apimtis	96,63	
4	Sėdmenų aukštis	31,52	
5	Atstumas nuo liemens iki grindų (vertikalus)	109,5	
6	Kojos ilgis šone nuo liemens iki grindų	116,67	
7	Kojos ilgis vidinėje pusėje	85,06	
Kojos matmenys			
8	Šlaunies apimtis	54,55	
9	Vidurio šlaunies apimtis	46,67	
10	Kelio apimtis	36,37	
11	Blauzdos apimtis	36,35	
12	Kulkšnies apimtis	22,00	
Atstumai tarp kojos apimčių			
13	Nuo liemens iki klubų	19,91	
14	Nuo klubų iki šlaunies viršaus	15,42	
15	Nuo šlaunies viršaus iki šlaunies vidurio	13,40	
16	Nuo šlaunies vidurio iki kelio	16,15	
17	Nuo kelio iki blauzdos	17,54	
18	Nuo blauzdos iki kulkšnies	23,67	
19	Nuo kulkšnies iki grindų	9,00	
20	Nuo kelio iki grindų	48,00	
21	Atstumas nuo šlaunies viršaus iki kulkšnies	70,76	

⁶ SIGVARIS kompresinių gaminių matų lentelė. [Interaktyvus] [žiūrėta 2022-02-17] Prieiga per internetą: <https://www.sigvaris.com/en-us/catalog/product-styles/thigh/microfiber-thigh-high-thigh-w-grip-top>

⁷ VENOSAN kompresinių gaminių matų lentelė. [Interaktyvus] [žiūrėta 2022-04-24] Prieiga per internetą: <https://www.venosan.com/en/products/V5000.html>

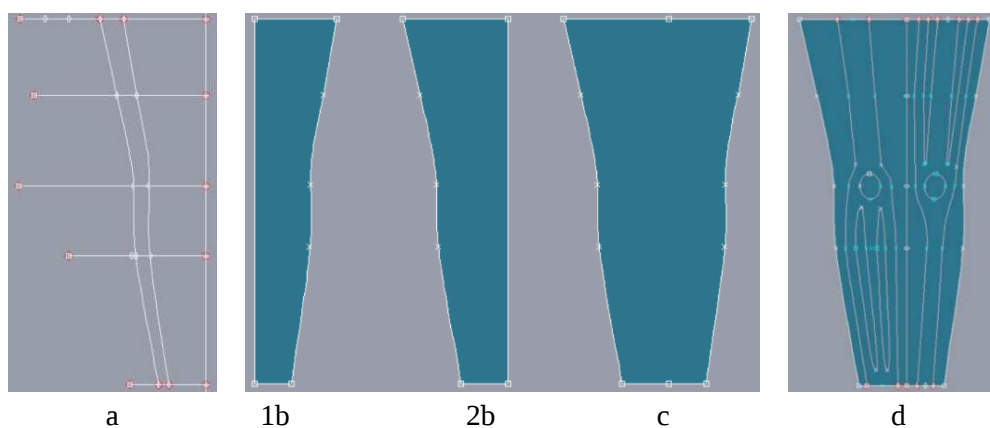
Siekiant imituoti blauzdinės eksploatacines sąlygas atliekant pritūpimo pratimus paruošiamas virtualus manekenas pritūpimo pozicijoje. Virtualus manekenas pritūpimo pozicijoje paruošiamas naudojant programinę įrangą *Mixamo* (žr. 2.6 pav. a) ir įkeliamas į *Modaris 3D* virtualaus primatavimo langą (žr. 2.6 pav. b).



2.6 pav. Virtualus manekenas pritūpimo pozicijoje: a – *Mixamo* programoje; b – *Modaris 3D* programoje

2.4.2. Blauzdinės projektavimo metodika

Blauzdinės projektavimas atliekamas *Modaris 2D* projektavimo erdvėje, pagal vyriškų tamprių konstravimo metodiką, naudojant individualios figūros matmenis (žr. 2.5 lentelę). Naudojant bazinės konstrukcijos brėžinį (žr. 2.7 pav. a) sugeneruojamos blauzdinės priekio ir nugaros (žr. 2.7 pav. 1b ir 2b) dalys, kurios sujungiamos pagal vertikalią šoninę liniją sudarant vientisą blauzdinės lekalą (žr. 2.7 pav. c). Klijuotinės sistemos projektuojamos ant blauzdinės lekalo (žr. 2.7 pav. d) remiantis kineziterapinio pleistro klijavimo technikomis.



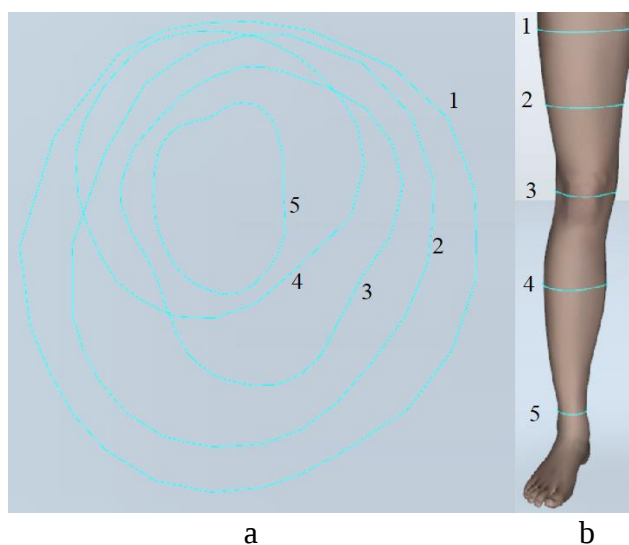
2.7 pav. Vyriškos blauzdinės projektavimas *Modaris 2D* programoje: a – blauzdinės bazinė konstrukcija; 1b – blauzdinės priekinė dalis; 2b – blauzdinės nugarinė dalis; c – bazinis blauzdinės lekalas; d – blauzdinės lekalas su klijuotinių elementų vieta

Blauzdinės sumažinimo dydis, siekiant sukelti numatytą slėgį į koją (žr. 2.6 lentelę), apskaičiuojamas remiantis kojos skerspjūvių kreivumo koeficientais ir medžiagų tempimo kreivėmis skersine kryptimi. Planuojamos kompresijos vertės pateiktos 2.6 lentelėje. Siekiama, kad blauzdinės sukeltas slėgis į koją neviršytų 1-osios kompresijos klasės [37, 38], o skirtumas tarp planuojamų ir nustatytų kompresijos verčių neviršytų 3 mmHg [39].

2.6 lentelė. Planuojamos kompresijos vertės kojos apimtyse

Kojos apimtis	Slėgis į koją P , mmHg
Šlaunies viršus	10-15
Šlaunies vidurys	20
Kelis	20
Blauzda	20
Kulkšnis	20-22

Blauzdinės sumažinimo dydžiams kojos apimtyse nustatyti, išmatuojami virtualaus manekeno kojos kreivumo spinduliai tiriamose kojos srityse: šlaunies, šlaunies vidurio, kelio, blauzdos ir kulkšnies apimtyse (žr. 2.8 pav.).



2.8 pav. Kojos skerspjūviai: a – kojos skerspjūvių linijų vaizdas iš viršaus; b – kojos skerspjūvių linijos ant virtualaus manekeno; 1 – šlaunies, 2 – šlaunies vidurio, 3 – kelio, 4 – blauzdos, 5 – kulkšnies

Kojos skerspjūvių linijų paveikslas (žr. 2.8 pav. a) įkeliamas į *AutoCAD* programą. Vaizdas, įkeltas į *AutoCAD* programą neturi realaus mastelio, todėl nustatomas perskaičiavimo koeficientas k reikalingas apskaičiuoti kojos kreivumo spindulius (3). Siekiant nustatyti perskaičiavimo koeficientą, apibrėžiamas ir išmatuojamas kojos skerspjūvis artimiausias apskritimui – šlaunies skerspjūvio linija 1 (žr. 2.8 pav. a).

$$k = L/L_{CAD}; \quad (3)$$

čia, k – perskaičiavimo koeficientas; L – realus skerspjūvio ilgis, m; L_{CAD} – skerspjūvio ilgis *AutoCAD* programoje.

Kojos skerspjūvių vietose, kuriose bus atliekami slėgio matavimai, brėžiami lankai ir išmatuojami lankų spinduliai. Realus kojos kreivumo spindulio ilgis gaunamas padauginus spindulio ilgį gautą *AutoCAD* programoje iš perskaičiavimo koeficiento (4).

$$\delta = R_{CAD} \cdot k; \quad (4)$$

čia, δ – kūno kreivumo spindulys, m; R_{CAD} – spindulio ilgis *AutoCAD* programoje; k – perskaičiavimo koeficientas.

Naudojant kūno kreivumo spindulio ilgį, nustatomas kūno kreivumo koeficientas (5).

$$K = 1/\delta; \quad (5)$$

čia, K – kūno kreivumo koeficientas, m^{-1} , δ – kūno kreivumo spindulys, m .

Aprangos gaminio tempimo apkrova, reikalinga sukurti numatytą slėgį į koją (žr. 2.6 lentelę) nustatoma naudojant:

$$T = P/K; \quad (6)$$

čia, T – tempimo apkrova, N/m ; P – slėgis, N/m^2 ; K – kūno kreivumo koeficientas, m^{-1} .

Tempimo apkrova perskaičiuojama į tempimo jėgą F ($N/5cm$) medžiagos tempimo kreivėje (7). Pagal tempimo jėgą medžiagos tempimo kreivėje (žr. 2.4 pav. a₁) nustatoma, kokios tempimo deformacijos reikia išgauti numatytą slėgį į koją. Tempimo deformacija rodo lekalo sumažinimo dydį.

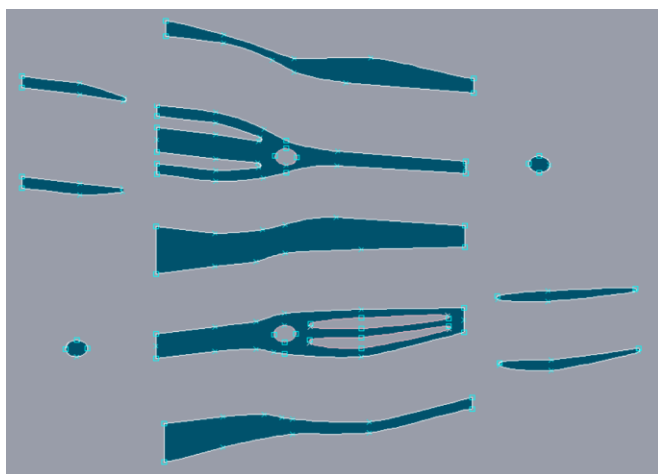
$$F = T \cdot 0,05; \quad (7)$$

čia, T – tempimo apkrova, N/m ; F – tempimo jėga, $N/5\text{ cm}$.

Blauzdinės lekalai tiriamose kojos apimtyse (šlaunies, šlaunies vidurio, kelio, blauzdos ir kulkšnies apimtyse) sumažinami ir atliekamas blauzdinės virtualus primatavimas, medžiagų mechaninių savybių modeliavimas ir slėgio į kūną tyrimas *Modaris 3D* programoje. Blauzdinės sumažinimo dydis kiekvienai kojos apimčiai yra skirtingas ir priklauso nuo planuojamos kompresijos vertės toje apimtyje (žr. 2.6 lentelę).

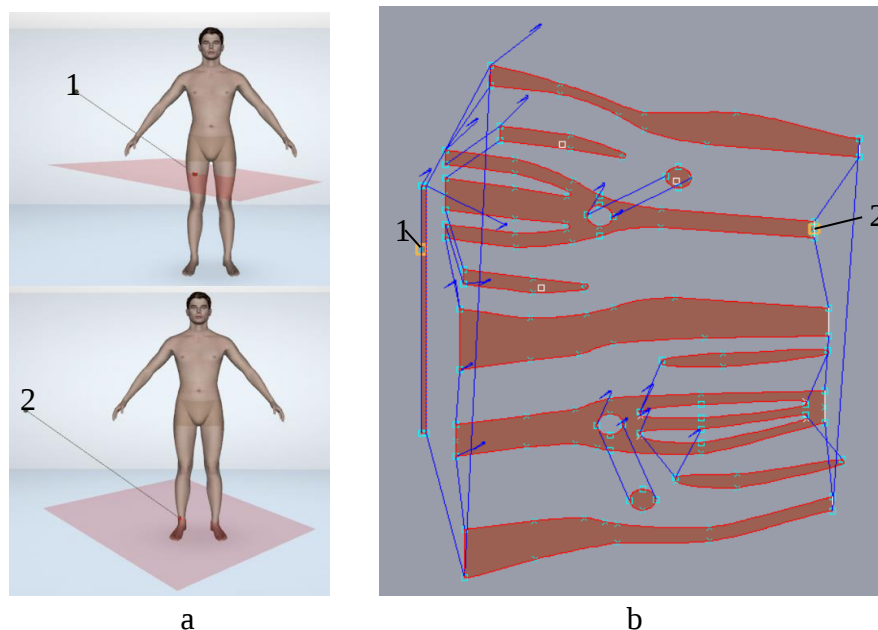
2.4.3. Blauzdinės virtualus primatavimo metodika

Virtualiam primatavimui paruošiami blauzdinės iš pavienės medžiagos ir blauzdinės iš klijuotinių sistemų lekalai. Blauzdinė su klijuotinėmis sistemomis išskaidoma į atskiras detales (žr. 2.9 pav.), kurios perkeliamos į virtualaus susiuvimo langą (žr. 2.10 pav. b). Nurodomi detalių kontūrai, kurie tarpusavyje susiuvami.



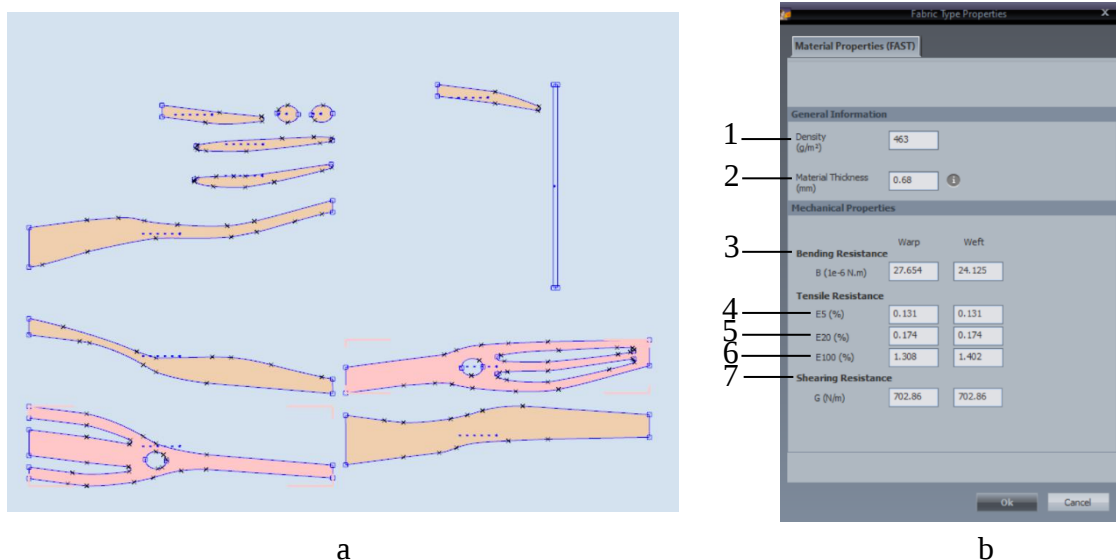
2.9 pav. Blauzdinės detalės su klijuotinėmis sistemomis *Modaris 2D* programoje

Gaminyje pažymimi sutaikymo taškai, pagal kuriuos virtualioje primatavimo erdvėje blauzdinė bus primatuojama ant virtualaus manekeno. Pažymimi dešinės kojos šlaunies ir kulkšnies sutaikymo taškai priekyje (žr. 2.10 pav.).



2.10 pav. Sutaikymo taškų žymėjimas: a – ant virtualaus manekeno *Modaris 3D* virtualaus primatavimo lange; b – ant blauzdinės su klijuotinėmis sistemomis detalių *Modaris 2D* virtualaus susiuvimo lange; 1 – šlaunies sutaikymo taškas; 2 – kulkšnies sutaikymo taškas;

Blauzdinė perkeliama į virtualią primatavimo erdvę *Modaris 3D* programoje. Blauzdinės detalės priskiriamos medžiagų savybės: klijuotinėms sistemoms priekyje ir nugaroje - megztinės medžiagos paklijuotos plėvelė, likusioms detalėms – pavienės megztinės medžiagos (žr. 2.11 pav.).



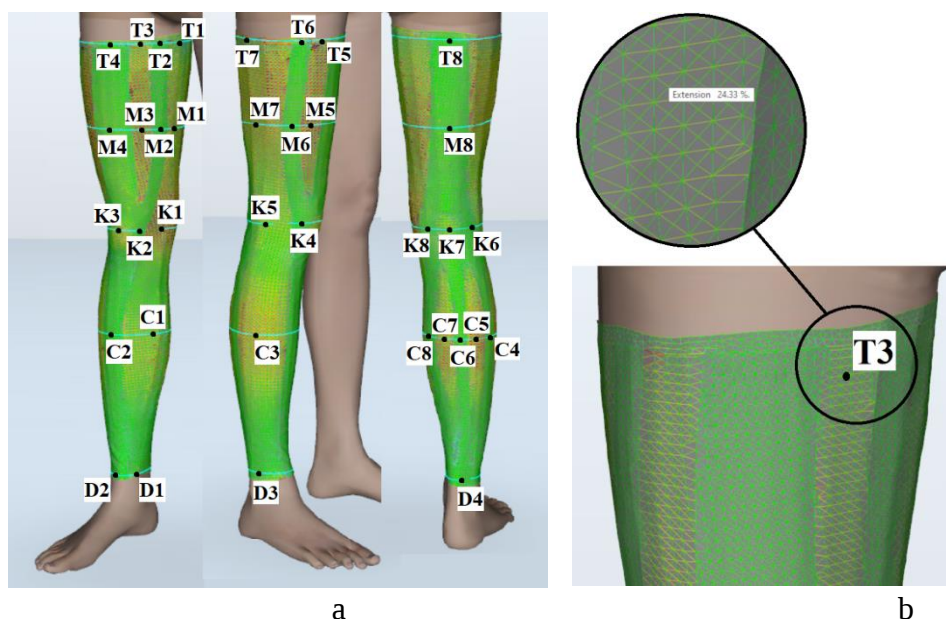
2.11 pav. Mechaninių savybių priskyrimas medžiagoms *Modaris 3D* programoje: a – blauzdinės detalės; b – medžiagos mechaninių savybių suvedimo lentelė; 1 – paviršinis tankis, g/m²; 2 – storis, mm; 3 – lenkiamasis standumas, 1e⁻⁶N/m; 4 – 5 – 6 – medžiagos ištįsa esant 0,245 N/5 cm, 0,98 N/5 cm ir 4,905 N/5 cm tempimo jėgai, atitinkamai; 7 – šlyties standumas, N/m

Primatuojuant blauzdinę virtualiai programos *Assembly/Simulation* → *Collision Manager* lange nustatomi specialūs prigludimo parametrai: kompresiniams gaminiams oro tarpas tarp gaminio ir kūno *Inflation* -1,50 mm, elastingiems aptemptiems gaminiams suspaudimas į odą *Deflation* 1,0 mm. Pradinis tinklelio dydis pirminei blauzdinės vizualizacijai pasirenkamas – 5 cm, galutinė blauzdinės vizualizacija modeliuojant medžiagų mechanines savybes atliekama sumažinus tinklelio dydį iki 0,5

cm. Blauzdinės medžiagų deformacijos abejomis kryptimis analizuojamos *Modaris 3D* primatavimo skiltyje nustatius deformacijų pasiskirstymo spalvinio atvaizdavimo slenkstinę vertę 30 %.

2.5. Gaminio kompresijos nustatymo metodika

Gaminio sukeliamas slėgis į koją nustatomas pagal deformacijas lokaliuose taškuose tiriamose kojos apimtyse, primatuojuant blauzdinę ant virtualaus manekeno stovimo pozicijoje (žr. 2.12 pav. a). Pavienės medžiagos deformacijos skersine kryptimi matuojamos kojos išorinėje (T7, M7, K5, C3, D3) ir vidinėje dalyje (T1, M1, K1, C1, D1) bei tarpuose tarp klijuotinių elementų (T3, T5, M3, M5, K3, K7, C5, C7). Klijuotinės sistemos sudarytos iš megztinės medžiagos ir plėvelės deformacijos skersine kryptimi matuojamos priekyje (T2, T4, T6, M2, M4, M6, K2, K4, C2, D2) ir nugaroje klijuotinių elementų vietose (T8, M8, K6, K8, C4, C6, C8, D4). Deformacijų vertės kiekvienoje srityje fiksuojamos trijuose taškuose ir apskaičiuojamas deformacijų vidurkis.



2.12 pav. Lokalių deformacijų matavimo taškai: K1-K8 – šlaunies apimtyje; M1-M8 – šlaunies vidurio apimtyje; K1-K8 – kelio apimtyje; C1-C8 – blauzdos apimtyje; D1-D4 – kulkšnies apimtyje; a – blauzdinės deformacijų tinklelis; b – tempimo deformacija medžiagos skersine kryptimi lokaliame taške, %

Remiantis lokalios deformacijos verte (žr. 2.12 pav. b), tempimo kreivėje nustatoma jėga F , N/5cm, kuri perskaičiuojama į tempimo apkrovą T , (N/m) ir apskaičiuojamas kompresinio aprangos gaminio slėgis P , N/m² į kūną tiriamojoje zonoje, naudojant Laplaso (angl. *Laplace*) formulę [40]:

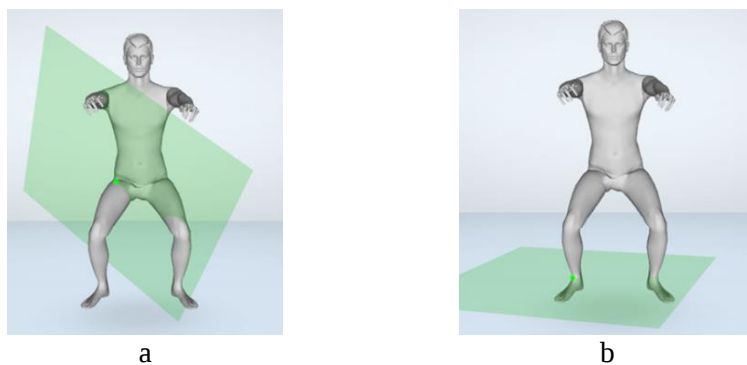
$$P = T \cdot K; \quad (7)$$

čia, P – slėgis, N/m²; T – tempimo apkrova, N/m; K – kūno kreivumo koeficientas, m⁻¹.

Siekiant nustatyti kompresinės blauzdinės slėgį į koją konkrečioje apimtyje, apskaičiuojamas slėgio verčių tos apimtys tirtuose taškuose vidurkis. Gauti rezultatai palyginami su planuotomis kompresijos vertėmis. Siekiama, kad skirtumas tarp planuotų ir nustatytų kompresijos verčių neviršytų 3 mmHg. Primatavimas ant virtualaus manekeno atliekamas tris kartus ir apskaičiuojamas trijų bandymų kompresijos vidurkis.

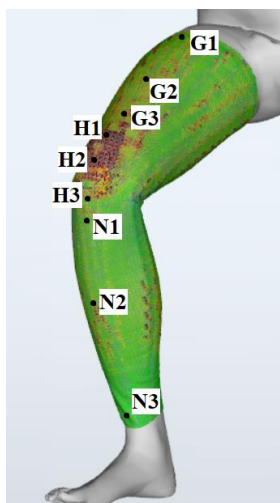
2.6. Tempimo apkrovos atliekant pritūpimus nustatymo metodika

Siekiant imituoti blauzdinės eksploatacines sąlygas bei įvertinti klijuotinių juostų tempimo apkrovą išilgine kryptimi ir tempimo apkrovos pokytį fizinės veiklos metu, blauzdinė be klijuotinių juostų ir su juostomis, primatuojama ant virtualaus manekeno pritūpimo pozicijoje. Ant manekeno pažymimi sutaikymo taškai (žr. 2.13 pav.) ir susiejami su sutaikymo taškais blauzdinės detalėse (žr. 2.10 pav. b).



2.13 pav. Virtualus manekenas pritūpimo pozicijoje *Modaris 3D* programoje: a – šlaunies sutaikymo taško žymėjimas; b – kulkšnies sutaikymo taško žymėjimas

Įvertinant lokalias deformacijas išilgine kryptimi nustatoma tempimo apkrova T , N/m, kuri veikia deformuojant medžiagą pritūpimo pratimų metu. Abejų blauzdinių primatavimas ant virtualaus manekeno atliekamas tris kartus ir apskaičiuojamas trijų bandymų tempimo apkrovos vidurkis. Tempimo jėgos padidėjimas atliekant pritūpimo pratimus, nustatomas išilgai blauzdinės priekyje lokaliuose taškuose šlaunies (G1, G2, G3), kelio (H1, H2, H3) ir blauzdos (N1, N2, N3) srityse (žr. 2.14 pav.). Gauti rezultatai palyginami su tempimo jėga gauta atliekant pritūpimus mūvint blauzdinę be klijuotinių juostų. Klijuotinių sistemų įtaka energijos sąnaudoms fizinės veiklos metu nustatoma remiantis tempimo apkrovos skirtumais atliekant pritūpimus mūvint blauzdinę iš pavienės medžiagos ir blauzdinę su klijuotinėmis juostomis.



2.14 pav. Blauzdinės lokalių deformacijų matavimo taškai ant manekeno pritūpimo pozicijoje

Remiantis ciklinio tempimo tyrimų rezultatų analize bus parinkta medžiaga, kurios deformacinės savybės skersine kryptimi užtikrins reikiamą kompresiją, o klijuotinių sistemų sudarytų iš medžiagos ir plėvelės deformacinė elgsena išilgine kryptimi užtikrins didžiausią pasipriešinimą kojos lenkimo judesiui.

3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai

Eksperimentinių tyrimų skyriuje pagal projekte iškeltus uždavinius aptariami ir analizuojami atliktų tyrimų rezultatai. Nagrinėjama megztinių medžiagų ir klijuotinių sistemų deformacinė elgsena, liekamosios deformacijos ir tempimo jėgos rodiklių pokyčiai ciklinio deformavimo metu.

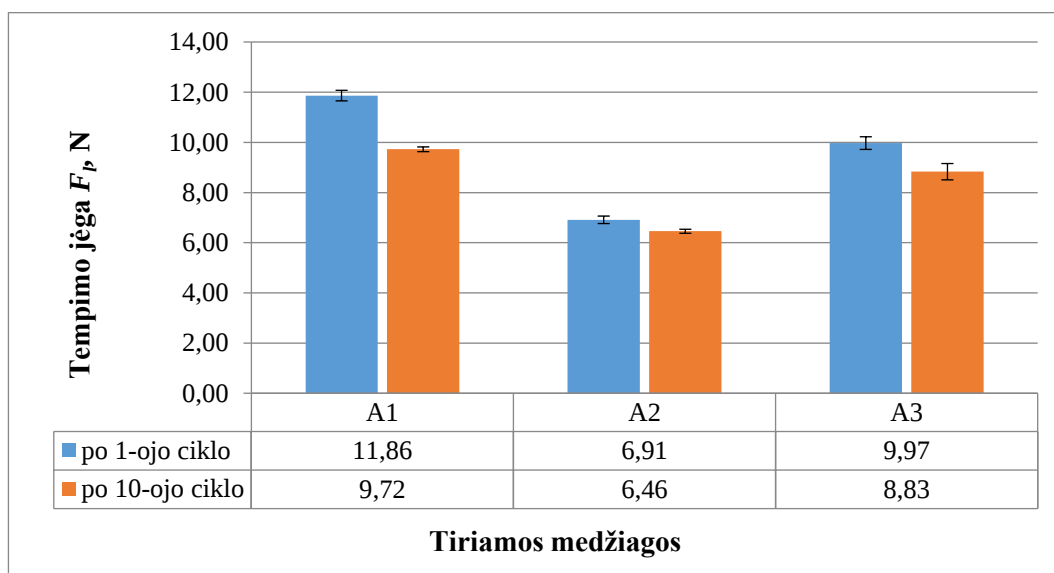
3.1. Tiriamų medžiagų ciklinio tempimo rodiklių palyginamoji analizė

Megztinių medžiagų be klijuotinių elementų tempimo rodiklių palyginamoji analizė atliekama siekiant įvertinti medžiagų deformacinę elgseną ciklinio tempimo metu ir nustatyti, kuri medžiaga yra tinkamiausia projektuoti kompresinę blauzdinę.

Tiriamoms medžiagoms A1, A2, A3 išilgine ir skersine kryptimis atliktas 10 ciklų tempimas iki 50 % deformacijos. Iš tempimo kreivių nustatyta, kokia jėga reikalinga deformuoti medžiagą iki 50 % deformacijos ir tempimo jėgos pokytis po 10 ciklų tempimo.

Tempimo jėgos išilgine medžiagos kryptimi analizė

Tiriamų medžiagų A1, A2 ir A3 tempiamų iki 50 % deformacijos išilgine kryptimi tempimo jėgos vertės nustatomos iš tempimo grafikų. Iš 3.1 pav. matoma, kad visų tiriamų medžiagų tempimo jėga sumažėjo po 10-ties ciklų. Didžiausia tempimo jėga tempiant bandinį iki nustatytos deformacijos 1-ojo ciklo metu fiksuota A1 medžiagai, po 10-ties tempimo ciklų A1 jėgos sumažėjimas buvo didžiausias tarp visų tirtų medžiagų – 18,0 %, bet tempimo jėga išliko didžiausia lyginant su kitomis tiriamomis medžiagomis. Mažiausia tempimo jėga po 1-ojo ir 10-ojo ciklo fiksuota A2 medžiagai, po 10-ties ciklų tempimo jėga sumažėjo 6,5 %. A3 medžiagos tempimo jėga po 10-ties ciklų sumažėjo 11,4 %.

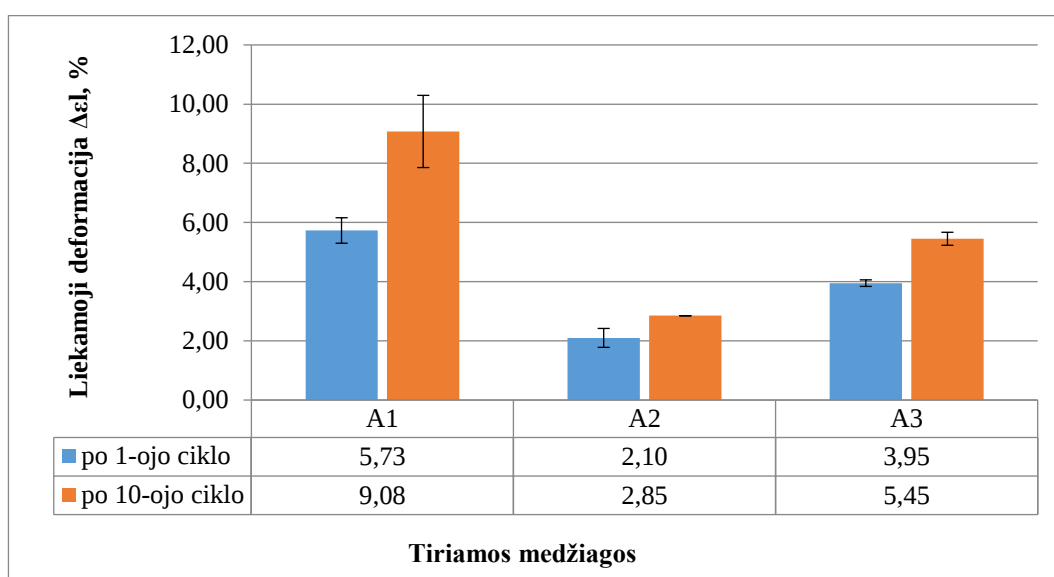


3.1 pav. Tiriamųjų medžiagų tempimo jėga tempiant išilgine kryptimi iki 50 % deformacijos

Tiriamų medžiagų tempimo jėga išilgine kryptimi yra svarbus rodiklis siekiant išgauti kuo didesnę medžiagos pasipriešinimą kojos lenkimo judesiui atliekant pritūpimo pratimus. Kuo didesnė tempimo jėga reikalinga deformuoti medžiagą iki 50 % deformacijos, tuo didesnis sukeliamas pasipriešinimas.

Liekamosios deformacijos išilgine medžiagos kryptimi analizė

Liekamoji deformacija rodo bandinio ištįsą, lyginant su pradiniu bandinio ilgiu. Liekamosios deformacijos vertės analizuojamos po 1-ojo ir 10-ojo tempimo ciklą (žr. 3.2 pav.), bei vertinamas jos procentinis pokytis. Didžiausia liekamoji deformacija po 1-ojo ciklo fiksuojama A1 medžiagai – 5,73 %, mažiausia A2 medžiagai – 2,1 %. Visų tiriamų medžiagų liekamoji deformacija padidėjo po 10-ties tempimo ciklą. Liekamoji deformacija neišnykusi po tempimo deformacijos rodo, kad kiekvienas tempimo ciklas einantis po 1-ojo ciklo pradedamas esant vis didesnei medžiagos ištįsai lyginant su pradiniu bandinio ilgiu. Po 10-ties tempimo ciklą didžiausią liekamąją deformaciją turėjo A1 medžiaga – 9,08 %, mažiausią A2 medžiaga – 2,85 %. Didžiausias liekamosios deformacijos pokytis tarp 1-ojo ir 10-ojo ciklo pastebimas tempiant A1 medžiagą, liekamoji deformacija po 10-ojo tempimo ciklo padidėjo 58,5 %, lyginant su 1-uoju ciklu. Kitų dviejų medžiagų liekamosios deformacijos pokytis tarp 1-ojo iki 10-ojo panašus, A2 – 35,7 % ir A3 – 38,0 %.

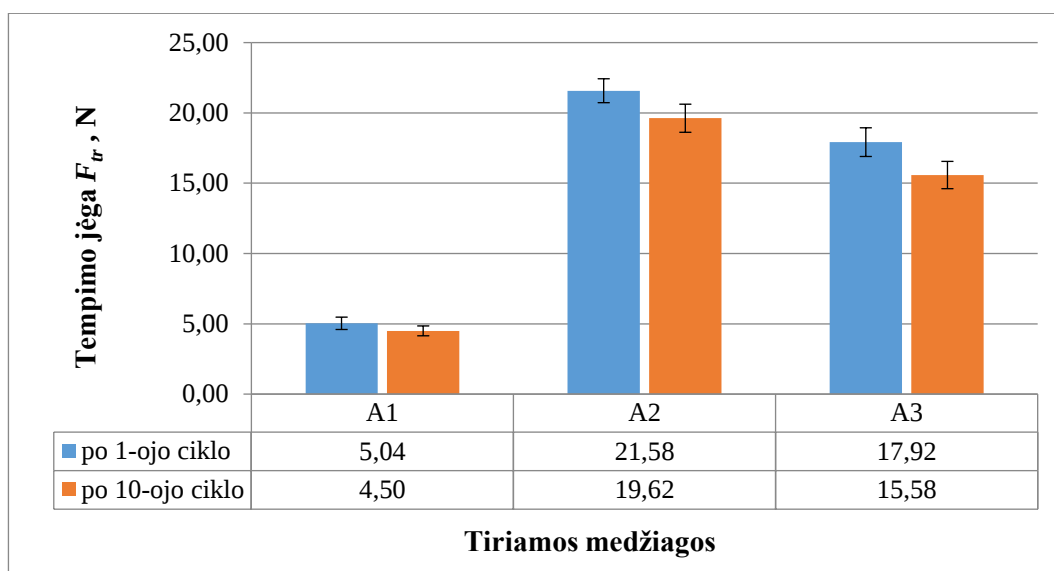


3.2 pav. Tiriamų medžiagų liekamoji deformacija išilgine kryptimi tempiant iki 50 % deformacijos

Liekamoji deformacija išilgine kryptimi svarbi išlaikant tempimo jėgos vertę ciklinio deformavimo metu, pavyzdžiui, atliekant pritūpimų arba kitų fizinių pratimų seriją. Pastebima, kad A1 medžiagos, kurios liekamoji deformacija didžiausia ir labiausiai padidėjo po 10-ojo ciklo, tempimo jėga po 10-ojo ciklo sumažėjo daugiausiai, dėl šios priežasties gaminiui labiau tiktų A3 medžiaga, kurios liekamoji deformacija po 10- ties ciklą mažesnė, tačiau turi būti įvertinti ir kitų tyrimų rezultatai.

Tempimo jėgos skersine medžiagos kryptimi analizė

Tiriamų medžiagų tempimo jėgos vertės tempiant medžiagą iki 50 % deformacijos skersine kryptimi pateikiamos 3.3 paveiksle. Didžiausia tempimo jėga po 1-ojo ir 10-ojo ciklo užfiksuota tempiant A2 medžiagą, mažiausia tempimo jėga nustatyta tempiant A1 medžiagą (žr. 3.3 pav.). Vertinant tempimo jėgos procentinį pokytį tarp 1-ojo ir 10-ojo ciklo, daugiausia 13,1 % sumažėjo A3 medžiagos tempimo jėga, tačiau žymaus skirtumo tarp visų trijų tiriamųjų medžiagų tempimo jėgos procentinių pokyčių nėra. Mažiausias tempimo jėgos santykinis pokytis A2 medžiagos – 9,1 %, tuo tarpu A1 – 10,7 %.



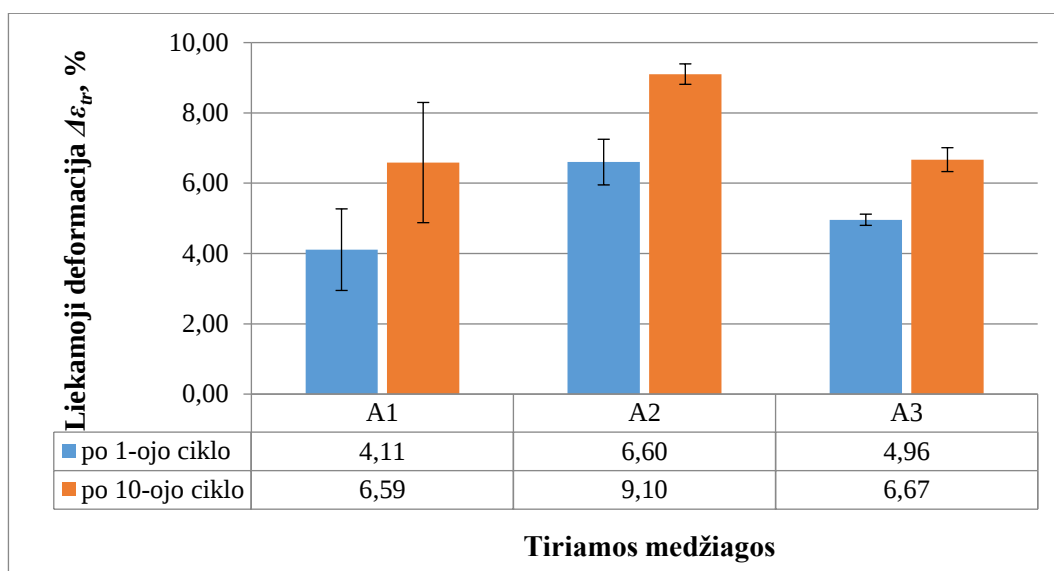
3.3 pav. Tiriamų medžiagų tempimo jėga tempiant skersine kryptimi iki 50 % deformacijos

Tempimo jėga tempiant medžiagas skersine kryptimi svarbi vertinant kompresines medžiagų savybes. Gaminio sukeliamas slėgis į kūną priklauso nuo medžiagos tempimo apkrovos reikalingos sukelti tam tikrą deformaciją. Kuo didesnės jėgos reikia medžiagai pasiekti 50 % tempimo deformaciją skersine kryptimi, tuo mažiau projektuojant blauzdinę reikia mažinti pradinį lekalą, kad būtų pasiekta planuojama kompresijos vertė. Vertinant tiriamų medžiagų tempimo jėgą skersine kryptimi ir jos procentinį pokytį po 10-ties ciklų, gaminiui tinkamesnės A2 ir A3 medžiagos, kurių tempimo jėga didesnė negu A1 medžiagos, todėl pradinį lekalą reikėtų mažinti mažesniu procentu, nerizikuojant prarasti gaminio estetinio vaizdo, tačiau papildomai turi būti įvertinta medžiagų liekamoji deformacija skersine kryptimi.

Liekamosios deformacijos skersine medžiagos kryptimi analizė

Tiriamų medžiagų liekamosios deformacijos vertės tempiant iki 50% deformacijos pateiktos 3.4 paveiksle. Didžiausia liekamoji deformacija po 1-ojo ir po 10-ojo tempimo ciklo fiksuota A2 medžiagai. Mažiausią liekamąją deformaciją po 1-ojo ir po 10-ojo ciklo parodė A1 medžiaga, tačiau šios tiriamosios medžiagos liekamosios deformacijos procentinis pokytis yra didžiausias: liekamoji deformacija po 10-ojo ciklo padidėjo 60,3 % lyginant su 1-uoju ciklu. A2 ir A3 medžiagų liekamosios deformacijos procentiniai pokyčiai skiriasi nežymiai. A2 medžiagos liekamoji deformacija po 10-ties tempimo ciklų padidėjo 37,9 %. Mažiausias liekamosios deformacijos padidėjimas fiksuojamas A3 medžiagai, padidėjo 34,5 % lyginant su 1-uoju ciklu.

Liekamoji deformacija skersine kryptimi analizuojama siekiant įvertinti tiriamų medžiagų gebą išlaikyti kompresines savybes dėvėjimo metu. Kuo liekamoji deformacija didesnė, tuo medžiaga blogiau išlaiko kompresines savybes dėvint gaminį atliekant fizinius pratimus. Kuo didesnis liekamosios deformacijos procentinis pokytis tarp 1-ojo ir 10-ojo ciklo, tuo mažesnę slėgį į kūną gaminys sudarys dėvint jį kiekvieną papildomą kartą.



3.4 pav. Tiriamų medžiagų liekamoji deformacija skersine kryptimi tempiant iki 50 % deformacijos

Projektuojant sportinę ir aktyvaus laisvalaikio aprangą svarbu, kad medžiagų tempimo jėgos ir liekamosios deformacijos pokyčiai didėjant tempimo ciklų skaičiui būtų kuo mažesni, kad gaminys kuo geriau išlaikytų savo pirmines savybes.

Tolimesniame skyriuje bus vertinama klijuotinių sistemų sudarytų iš megztinių medžiagų ir plėvelės mechaninės savybės, siekiant nustatyti plėvelės įtaką medžiagų deformacinei elgsenai ir pasirinkti tinkamiausią klijuotinių sistemų sudarymo variantą projektuojamai blauzdinei.

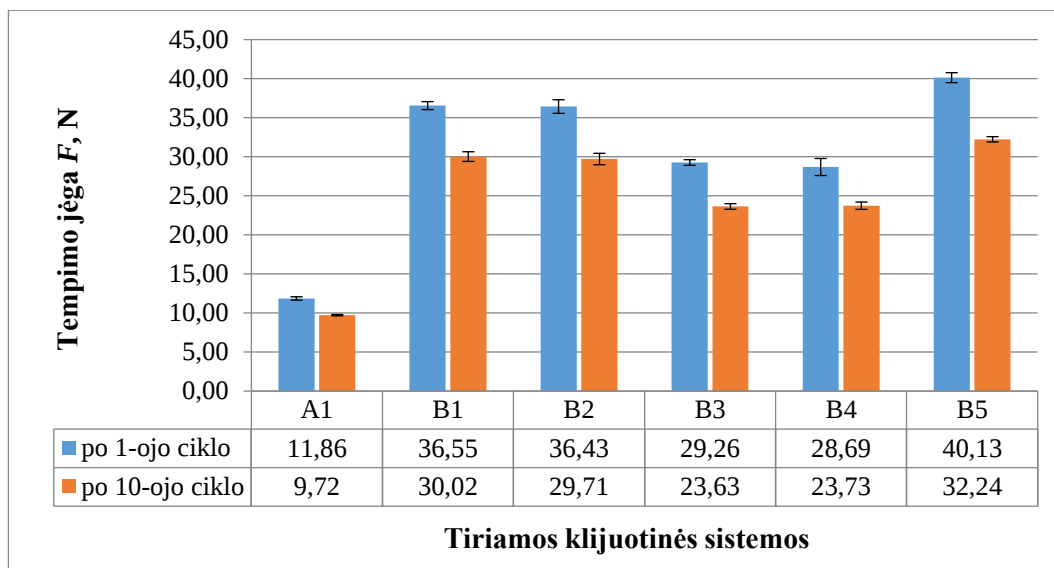
3.2. Klijuotinių sistemų ciklinio tempimo rodiklių analizė

Klijuotinių juostų įtaka medžiagų deformacinei elgsenai analizuojama naudojant klijuotines sistemas B1-B5 sudarytas iš A1 medžiagos išilgine kryptimi ir 5500 Dream klijuotinės plėvelės (P), keičiant juostų plotį ir išsidėstymą (žr. 2.4 lentelę). Siekiant palyginti tempimo jėgos ir liekamosios deformacijos pokyčius, analizuojamos klijuotinių sistemų ciklinio tempimo kreivės.

Klijuotinių sistemų tempimo jėgos analizė

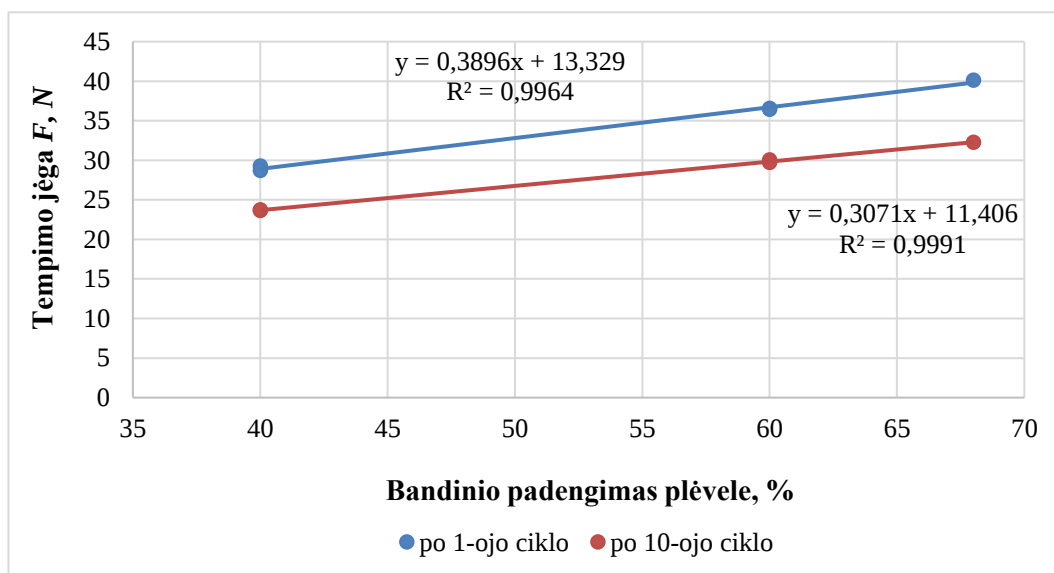
Klijuotinių sistemų A1+P ir pavienės A1 medžiagos tempimo jėgos vertės pateiktos 3.5 paveiksle. Klijuotinių sistemų tempimo jėga didesnė lyginant su pavienės medžiagos tempimo jėga. Tempimo jėga didėja dėl mažesnio klijuotinės sistemos tūsumo, lyginant su paviene megztine medžiaga. Didžiausia tempimo jėga po 1-ojo ir po 10-ojo ciklo gauta tempiant B5 bandinį. Klijuotinės sistemos B5 tempimo jėga 3,38 kartų didesnė negu pavienės A1 medžiagos.

Rezultatai rodo, kad visų tirtų klijuotinių sistemų procentinis tempimo jėgos pokytis po 10-ties tempimo ciklų skiriasi nežymiai. Didžiausias tempimo jėgos procentinis pokytis nustatytas B5 bandiniui, po 10-ojo ciklo tempimo jėga sumažėjo 19,7 %. Mažiausias tempimo jėgos procentinis pokytis nustatytas B4 bandiniui, po 10-ties ciklų tempimo jėga sumažėjo 17,3 %. Pastebima, kad procentinis tempimo jėgos pokytis mažesnis bandiniuose, kuriuose klijuotinę sistemą sudaro plati plėvelės juosta, o ne 1 cm pločio juostelės, tačiau skirtumas nežymus (iki 2 %).



3.5 pav. Pavienės medžiagos A1 ir klijuotinių sistemų A1+P ciklinio tempimo jėga tempiant iki 50 % deformacijos

Klijuotinės sistemos tempimo jėga priklauso nuo plėvelės užimamo ploto sistemoje, kuo didesnį bandinio plotą dengia plėvelė, tuo didesnės tempimo jėgos reikia ištempti bandinį iki nustatytos deformacijos (žr. 3.6 pav.). Didžiausia tempimo jėga fiksuota tempiant B5 bandinį, kuris turi didžiausią plėvele paklijuotą plotą – 68 %. B1-B2 ir B3-B4 bandiniuose, kuriuose plėvelė užima atitinkamai 60 % ir 40 % bandinio ploto, nėra reikšmingo skirtumo ar plėvele klijuojama kaip viena plati juosta per bandinio vidurį ar išskirstoma į kelias siauras juostas, kai suminis plėvelės užimamas plotas tas pats.

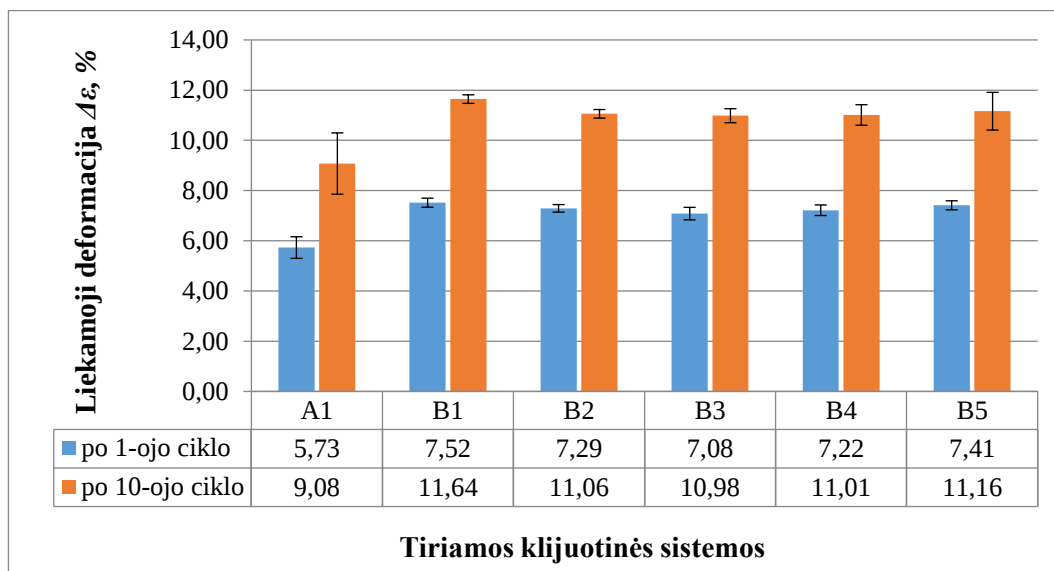


3.6 pav. Tempimo jėgos priklausomybė nuo plėvele padengto ploto klijuotinėje sistemoje

Klijuotinių sistemų liekamosios deformacijos analizė

Klijuotiniai elementai mažina bandinio tamprumą, po kiekvieno tempimo ciklo didėja liekamoji deformacija (žr. 3.7 pav.), todėl pasiekama vis mažesnė tempimo jėga. Visų klijuotinių sistemų A1+P (B1-B5) procentinis liekamosios deformacijos padidėjimas po 10-ties ciklų mažesnis (nuo 50,6 % iki 55,1 %) negu pavienės A1 medžiagos (58,5%). Visų tiriamų klijuotinių sistemų liekamosios

deformacijos vertės po 1-ojo ir po 10-ojo ciklo skiriasi nežymiai. Didžiausia liekamoji deformacija po 1-ojo ir 10-ojo ciklo nustatyta B1 bandiniui, tai rodo, kad liekamajai deformacijai nors ir nežymiai, bet turi įtakos juostos iš klijuotinės plėvelės plotis – B1 bandinyje juosta yra plačiausia – 3 cm. Mažiausias liekamosios deformacijos procentinis pokytis nustatytas B5 bandiniui, po 10-ties ciklų liekamoji deformacija padidėjo 50,6 %, didžiausias B3 bandiniui – 55,8 %.



3.7 pav. Pavienės medžiagos A1 ir klijuotinių sistemų A1+P ir liekamoji deformacija tempiant iki 50 % deformacijos

Juostų plotis ir išdėstymas klijuotinėse sistemose nežymiai, bet turi įtakos liekamosios deformacijos vertėms (žr. 3.7 pav.). Nustatyta, kiek, lyginant su paviene A1 medžiaga, padidėjo liekamoji deformacija esant tam tikrai klijuotinei sistemai. Daugiausia liekamoji deformacija po 1-ojo ir po 10-ojo ciklo padidėjo B1 bandinio atveju, kuriame yra plačiausia plėvelės juosta (3 cm). Mažiau liekamąją deformaciją padidina siauros plėvelės juostos: bandiniai, kuriuose plėvelė padalinta į 1 cm juosteles (B2 ir B3), turėjo mažesnę liekamąją deformaciją negu bandiniai, kuriuose yra plačios plėvelės juostos (B1 ir B4).

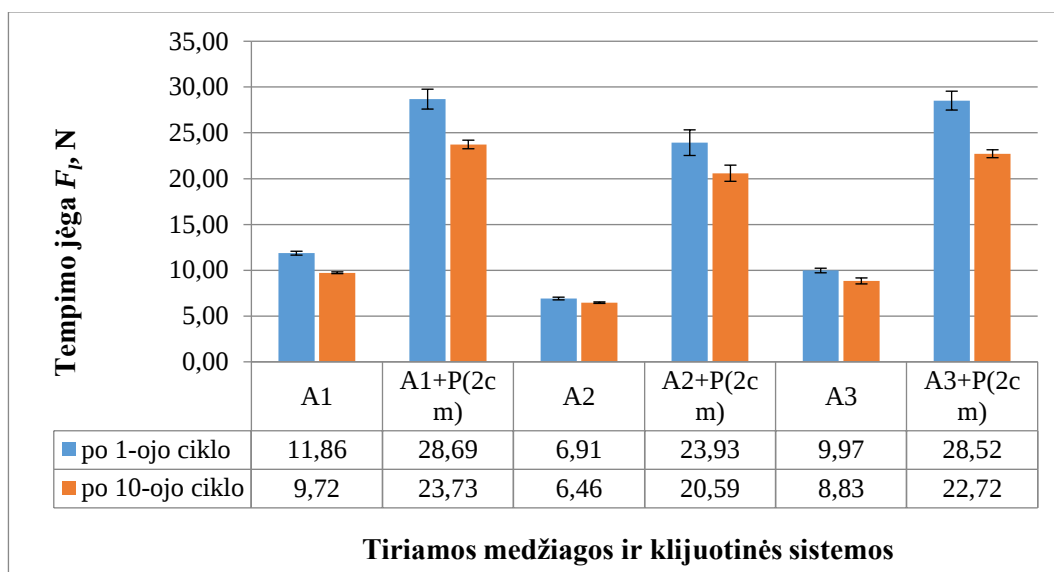
Skirtumas tarp B1 ir B2, bei B3 ir B4 bandinių tempimo jėgos ir liekamosios deformacijos nėra reikšmingas, todėl projektuojant blauzdinę siūloma rinktis optimalų variantą ir remtis B5 bandiniu, klijuotinėje sistemoje derinant plačias ir siauras juostas, nes šios klijuotinės sistemos liekamosios deformacijos procentinis pokytis buvo mažiausias 50,6 %, o tempimo jėga pasiekta didžiausia.

Klijuotinių sistemų su 2 cm juostele ciklinio tempimo rezultatų analizė

Siekiant išsiaiškinti, kokią įtaką klijuotinės sistemos turi visoms tirtoms megztinėms medžiagoms ir išrinkti medžiagą, kuri bus naudojama kompresiniam gaminiui, atliekama klijuotinių sistemų su 2 cm klijuotine juosta išilgai bandinio ciklinio tempimo rezultatų analizė. Mažiausia tempimo jėga ir liekamoji deformacija fiksuota klijuotinių sistemų su A2 medžiaga, tuo tarpu sistemų su A1 ir A3 medžiagomis tempimo jėgos (žr. 3.8 pav.) ir liekamosios deformacijos (žr. 3.9 pav.) vertės po 1-ojo ir po 10-ojo ciklo skiriasi nežymiai.

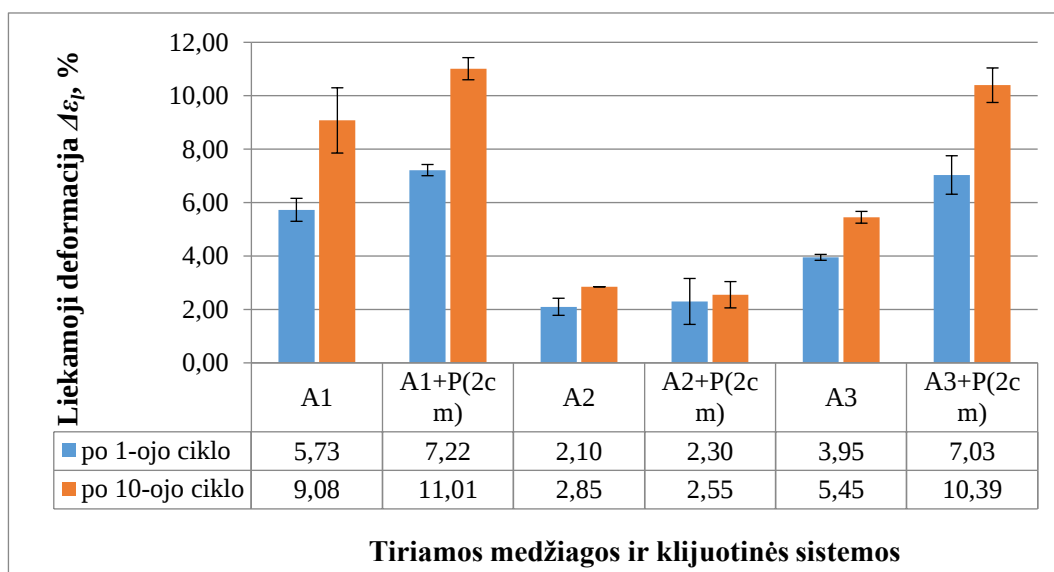
Klijuotiniai elementai turi įtakos visų tirtų medžiagų tempimo jėgai išilgine kryptimi. 2 cm juosta padidino sistemos tempimo jėgą, lyginant su pavienės medžiagos tempimo jėga. Po 1-ojo ciklo A1 medžiagos tempimo jėga dėl plėvelės padidėjo 45,2 %, A2 – 146,3 %, A3 – 86,1 %. Po 10-ies ciklų

A1+P(2cm) tempimo jėga išliko 46,3 % didesnė nei A1, A2+P(2cm) – 118,7 %, A3+P(2cm) – 57,3 %, atitinkamai. Labiausiai plėvelė padidino A2 medžiagos tempimo jėgą, tačiau ji išliko mažiausia tarp tirtų medžiagų. Po 10-ties ciklų A2+P(2cm) tempimo jėga sumažėjo mažiausiai 14,0 %, tuo tarpu A1+P(2cm) – 17,7 %, A3+P(2cm) – 20,34 %.



3.8 pav. Pavienių medžiagų ir klijuotinių sistemų su 2 cm juostele ciklinio tempimo jėga tempiant iki 50 % deformacijos

Klijuotinės plėvelės juostos (elementai) turi įtakos visų tirtų medžiagų liekamajai deformacijai išilgine kryptimi. 2 cm juosta padidino sistemos liekamąją deformaciją, lyginant su pavienės medžiagos liekamąja deformacija. Po 1-ojo ciklo: A1 medžiagos liekamoji deformacija dėl plėvelės padidėjo – 27,1 %, A2 – 9,5 %, A3 – 78 %. Po 10-ties ciklų A1+P(2cm) liekamoji deformacija išliko 23,4 %, didesnė nei A1, A2+P(2cm) – 10,5 %, A3+P(2cm) – 90,6 %. Po 10-ties ciklų A2+P(2cm) liekamoji deformacija sumažėjo mažiausiai 10,9 %, tuo tarpu A1+P(2cm) – 53,9 %, A3+P(2cm) – 47,8 %.



3.9 pav. Tiriamų medžiagų ir klijuotinių sistemų su 2 cm juostele liekamoji deformacija tempiant iki 50 % deformacijos

Įvertinus tiriamų medžiagų ciklinio tempimo rodiklius, blauzdinės projektavimui ir tolimesniems tyrimams atlikti pasirinkta A3 medžiaga. A2 netinkama dėl mažiausios užfiksuotos tempimo jėgos išilgine kryptimi, ši medžiaga sukeltų mažiausią pasipriešinimą kojos lenkimo judesiui pritūpimų metu. A1 medžiaga netinkama blauzdinių projektavimui dėl didžiausios liekamosios deformacijos išilgine kryptimi ir mažiausios tempimo jėgos skersine kryptimi, nes reikėtų stipriai sumažinti lekalą, siekiant išgauti planuotas kompresijos vertes.

3.3. 3D simuliacijai reikalingų medžiagų parametrų nustatymas

Šiame skyriuje pateikiami blauzdinei projektuoti pasirinktos A3 medžiagos, klijuotinės plėvelės (P) ir klijuotinės sistemos A3+P parametrai, kurie reikalingi atlikti virtualų primatavimą: storis (žr. 3.1 lentelę), paviršinis tankis (žr. 3.2 lentelę), tempimo deformacijos išilgine ir skersine kryptimis (žr. 3.4 lentelę), lenkiamasis (žr. 3.3 lentelę) ir šlyties (žr. 3.5 lentelę) standumas.

3.1 lentelė. Tiriamų medžiagų storis h , mm

Medžiaga	A3	P	A3 + P
Medžiagos storis h , mm	0,60	0,13	0,68

3.2 lentelė. Tiriamų medžiagų paviršinis tankis m_q , g/m²

Medžiaga	A3	P	A3 + P
Paviršinis tankis m_q , g/m ²	335	139	463

3.3 lentelė. Tiriamų medžiagų lenkiamasis standumas B , 1e⁻⁶ Nm

Medžiaga	A3 išilgine kryptimi	A3 skersine kryptimi	P	A3 + P išilgine kryptimi	A3 + P skersine kryptimi
Lenkiamasis standumas B , 1e ⁻⁶ Nm	2,34	1,19	0,96	27,65	24,13

3.4 lentelė. Tiriamų medžiagų tempimo deformacijų parametrai

Medžiaga	A3 išilgine kryptimi	A3 skersine kryptimi	P	A3 + P išilgine kryptimi	A3 + P skersine kryptimi
$E5$, %	1,10	0,90	0,07	0,13	0,13
$E20$, %	5,10	3,75	0,27	0,17	0,17
$E100$, %	25,80	17,40	1,93	1,31	1,40

3.5 lentelė. Tiriamų medžiagų šlyties standumas G , N/m

Medžiaga	A3	P	A3 + P
Šlyties standumas G , N/m	107,89	1808,824	702,86

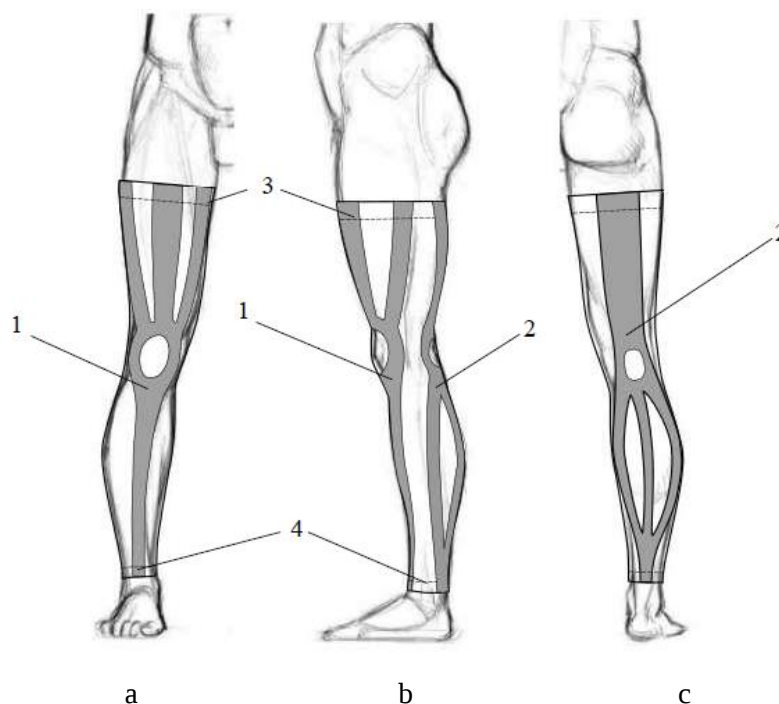
4. Kintančios kompresijos blauzdinė su klijuotiniais elementais

Šiame skyriuje pateikiamas vyriškos kompresinės blauzdinės su klijuotinėmis sistemomis dizainas ir gaminio vizualizacija ant virtualaus manekeno. Atliekamas blauzdinės virtualaus primatavimo tyrimas siekiant nustatyti gaminio sukliamą kompresiją. Tuo tarpu siekiant nustatyti klijuotinių sistemų įtaką tempimo jėgai atliekamas primatavimas ant virtualaus manekeno pritūpimo pozicijoje.

4.1. Kintančios kompresijos blauzdinės su klijuotinėmis juostomis vizualizacija ant virtualaus manekeno

Klijuotinių sistemų dizaino sprendimai parinkti remiantis ciklinio tempimo tyrimų rezultatais bei įvertinus literatūros apžvalgoje pateiktą analogų ir patentų dizainą bei kineziterapinių juostų klijavimo metodiką.

Projektuojamų blauzdinių ilgis nuo kulkšnies iki šlaunies viršaus, pėdos dalis atvira (žr. 4.1 pav.). Gaminys siūtinis su viena siūle vidinėje kojos dalyje. Slėgis į koją neviršija I-osios kompresijos klasės [37] ir yra kintantis, kompresija mažėja kylant link šlaunies: didžiausia – kulkšnies srityje, mažiausia – šlaunies viršuje. Planuojama kompresija išgaunama sumažinus bazinį blauzdinės lekalą kojos apimtyse dydžiu, nustatytu pagal Laplaso formulę remiantis medžiagų tempimo kreivėmis (žr. 2.4.2 skyrių), bei įvertinus klijuotinių juostų užimamą dalį kojos apimtyse (žr. 4.1 lentelę).

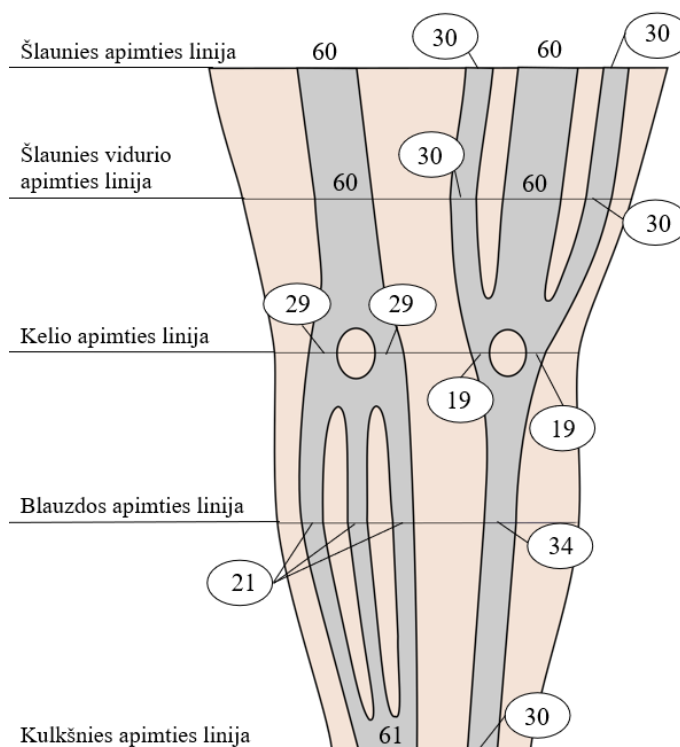


4.1 pav. Blauzdinės eskizas. Žymėjimai: a – vaizdas iš priekio, b – vaizdas iš šono, c – vaizdas iš nugaros; 1 – klijuotinė juosta priekyje; 2 – klijuotinė juosta nugaroje; 3, 4 – kirptinio krašto atsiuvimas plokščiasiūle dviadate siuvimo mašina ir elastinės gumos tvirtinimas vidinėje kojinių dalyje

4.1 lentelė. Blauzdinės lekalo sumažinimo dydžiai kojos apimtyse

Kojos apimtis	Apimties ilgis, cm	Lekalo sumažinimo dydis, %	Ilgis lekale, cm	Juostų užimama dalis, %
Šlaunies apimtis	54,55	13,24	47,33	36,76
Šlaunies vidurio apimtis	46,67	13,71	40,27	43,21
Kelio apimtis	36,37	13,39	31,50	30,57
Blauzdos apimtis	36,35	14,00	31,26	30,84
Kulkšnies apimtis	22,00	6,73	20,52	44,15

Klijuotinių juostų dizainas sukurtas remiantis kineziterapinių juostų klijavimo metodais. Klijuotiniai elementai projektuojami priekinėje ir nugarinėje blauzdinės dalyje skirti sukurti pasipriešinimą kojos lenkimo judesiui. Šlaunies ir blauzdos srityse klijuotinės juostos išskirstytos į tris dalis ir skirtos prilaikyti raumenis iš šonų ir per centrą bei sumažinti raumenų vibraciją treniruočių metu. Juostų pločiai ir atstumai tarp juostų šlaunies dalyje priekyje projektuojami remiantis B5 bandiniu (žr. 2.4 lentelę). Blauzdinės lekalas, klijuotinių juostų pločiai ir jų išdėstymas pateikti 4.2 paveiksle.

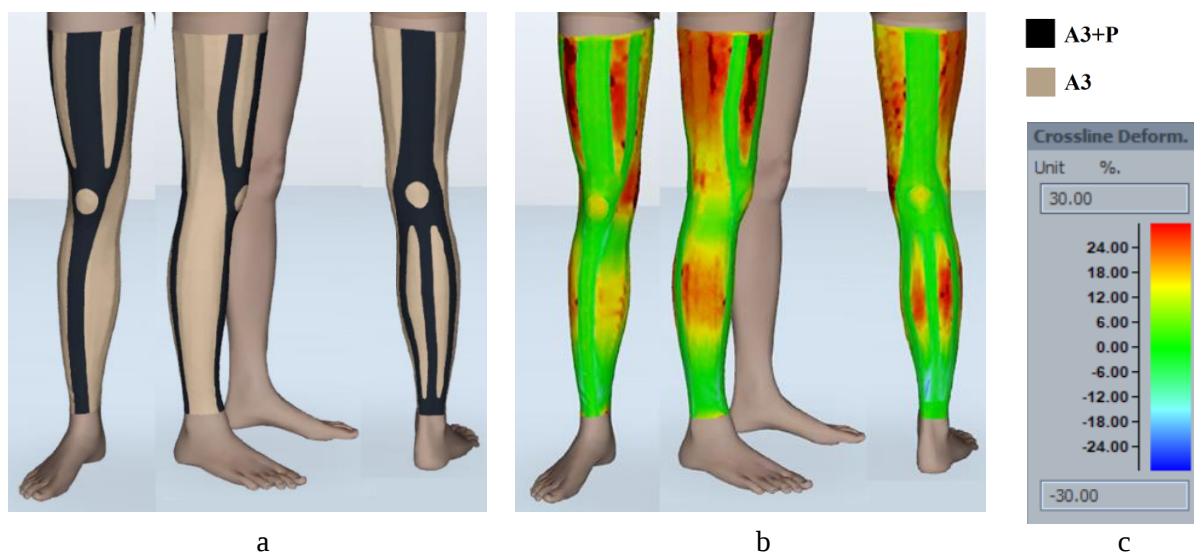


4.2 pav. Blauzdinės lekalas ir klijuotinių elementų išdėstymas (matmenys pateikiami mm)

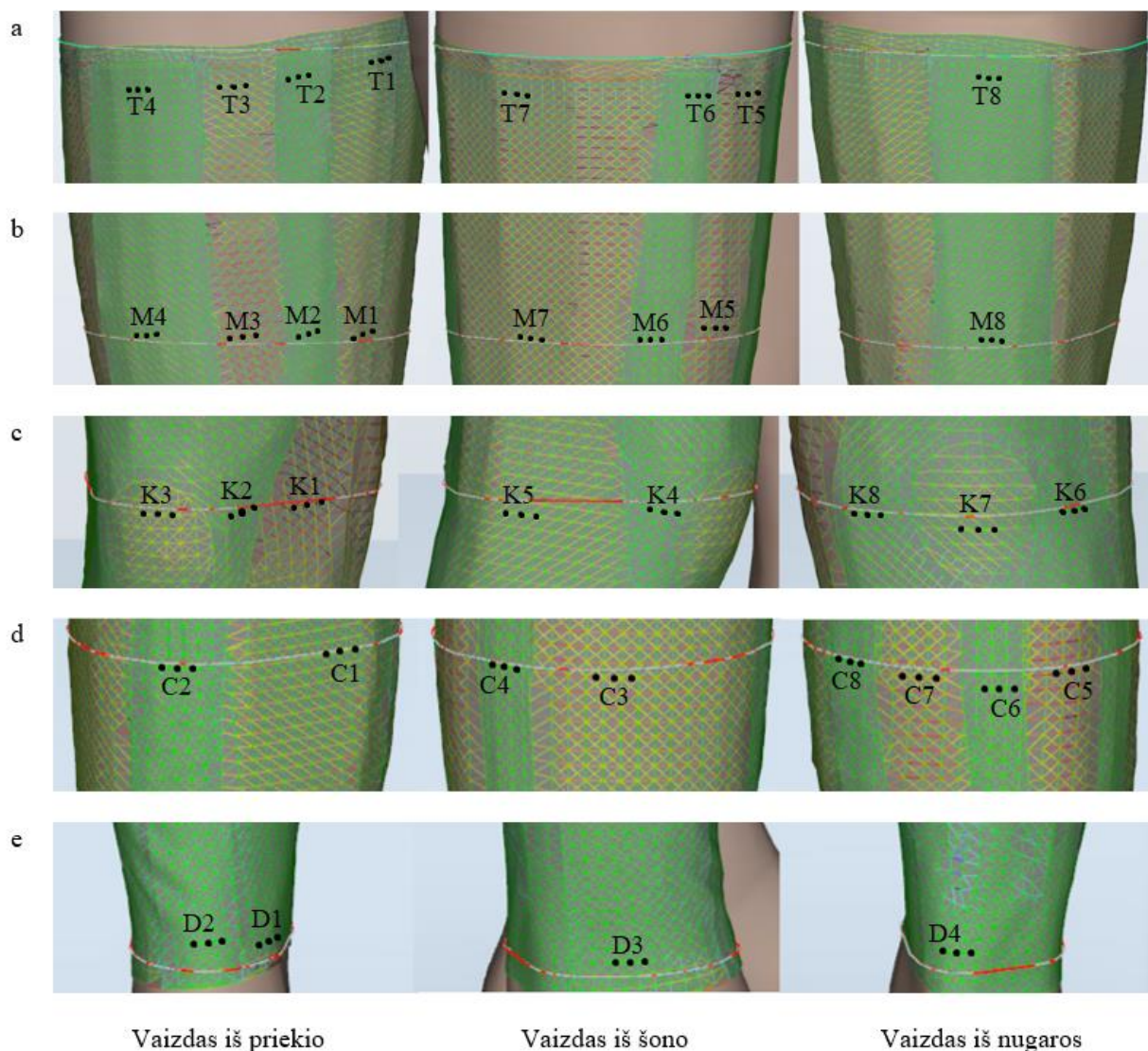
Kompresinės blauzdinės vizualizacija ant virtualaus manekeno *Modaris 3D* programiniame lange pateikiama 4.3 paveiksle.

4.2. Kintančios kompresijos blauzdinės su klijuotinėmis juostomis kompresijos vertės

Kompresijos vertės nustatomos tiriamosiose zonose remiantis medžiagos deformacijomis skersine kryptimi lokaliuose taškuose šlaunies (T1-T8), šlaunies vidurio (M1-M8), kelio (K1-K8), blauzdos (C1-C8), kulkšnies (D1-D4) apimtyse bei medžiagų ir klijuotinių sistemų tempimo kreivėmis (žr. 4.4 pav.).



4.3 pav. Blauzdinės vaizdas *Modaris 3D* programoje iš priekio, šono ir nugaros: a – pavienė A3 medžiaga ir klijuotinė sistema A3+P; b – blauzdinės deformacijų skersine kryptimi spalvinis atvaizdavimas; c – deformacijų spalvinė skalė esant 30 % slenkstinei vertei



4.4 pav. Deformacijų matavimo sritys ir lokalių taškų vietos: a – šlaunies apimtyje; b – šlaunies vidurio apimtyje; c – kelio apimtyje; d – blauzdos apimtyje; e – kulkšnies apimtyje

Nustatytos kompresijos vertės visų tiriamų zonų lokaliuose taškuose pateikiamos 1 priede. Galutinės kompresijos vertės kojos apimtyse apskaičiuojamos kaip gautų verčių vidurkis toje apimtyje ir pateikiamos 4.2 lentelėje.

Nustatytos blauzdinės su klijuotiniais elementais kompresijos vertės tirtose kojos apimtyse artimos planuotoms kompresijos vertėms, skirtumas neviršija 3 mmHg (žr. 2.6 lentelę). Šlaunies apimtyje kompresijos vertė patenka į planuotą 10 – 15 mmHg intervalą, šlaunies vidurio, kelio ir blauzdos apimtyse nustatytos kompresijos vertės nesiekia planuotos 20 mmHg vertės, kulkšnies apimtyje nustatyta kompresijos vertė viršija planuotą 20-22 mmHg vertę.

Klijuotinių juostų zonose tempimo deformacijos yra mažesnės negu pavienės medžiagos zonose, tačiau dėl didesnės klijuotinių sistemų tempimo apkrovos jų sukeliamą kompresiją esant tai pačiai tempimo deformacijai yra didesnė.

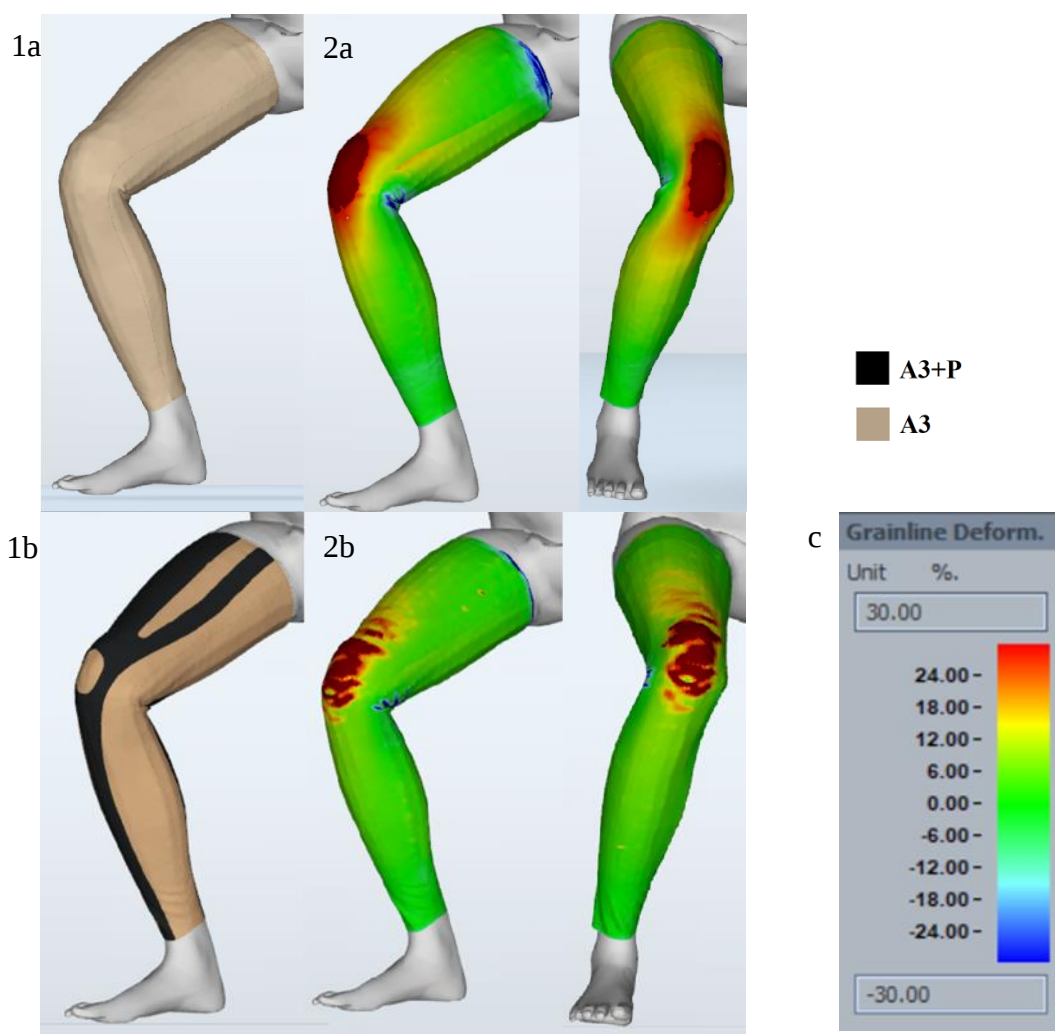
4.2 lentelė. Blauzdinės slėgio į kūną vertės kojos apimtyse

Kojos apimtis	Planuotas slėgis P , mmHg	Eksperimentinis slėgis P , mmHg
Šlaunies viršus	10-15	13,41±1,50
Šlaunies vidurys	20	17,37±2,19
Kelis	20	17,75±2,38
Blauzda	20	19,30±0,21
Kulkšnis	20-22	23,17±1,94

Kompresijos vertės apskaičiuotos neįvertinus siūlės mechaninių savybių, kurios gali turėti įtakos blauzdinių sukeliamai kompresijai, kadangi virtualaus primatavimo programoje tokios galimybės nėra. Individualios figūros kompresijos vertės lemia kojos kreivumo koeficientai, kurie kiekvienai figūrai yra individualūs. Kompresijos vertėms dėvint blauzdinę pakartotinai įtakos turi medžiagų ir klijuotinių sistemų liekamoji deformacija skersine kryptimi, kuri remiantis ciklinio tempimo tyrimo rezultatais padidėjo.

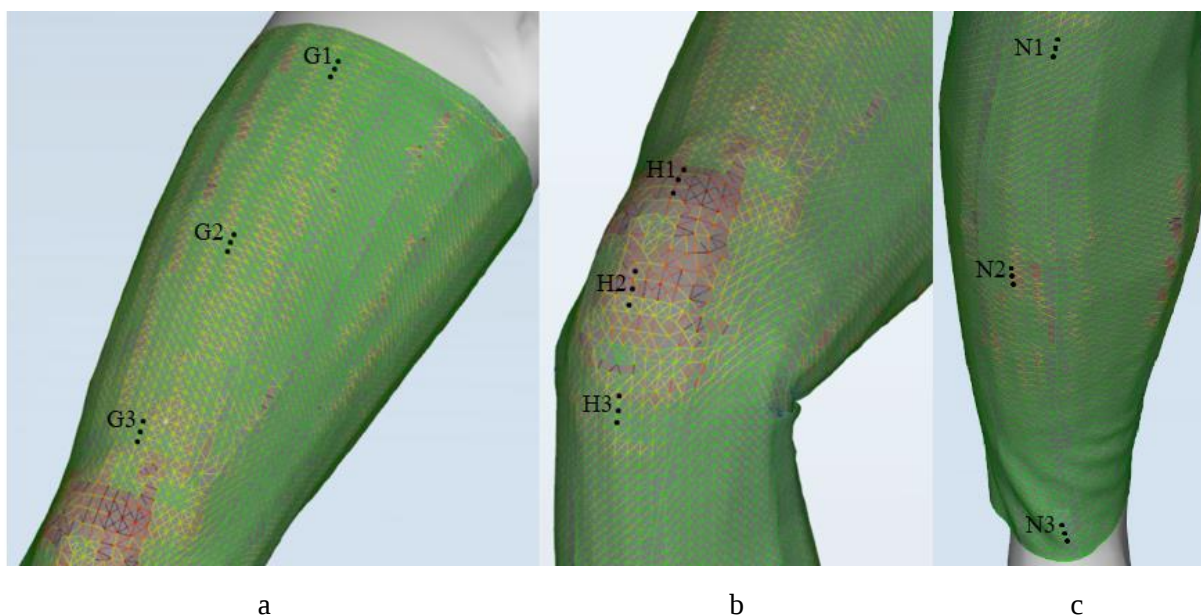
4.3. Klijuotinių sistemų įtaka tempimo apkrovos vertėms atliekant pritūpimo judesį

Siekiant nustatyti klijuotinių sistemų įtaką energijos sąnaudoms fizinės veiklos metu tiriamos medžiagų tempimo deformacijos išilgine kryptimi blauzdinės priekinėje dalyje, išilgai gaminio, ir analizuojama tempimo apkrova. Blauzdinių vizualizacija ir tempimo deformacijų blauzdinėse (su klijuotinėmis juostomis ir be jų) pasiskirstymas išilgine kryptimi *Modaris 3D* programiniame lange pateikta 4.5 paveiksle. Didžiausias medžiagų tempimo deformacijas žymi tamsi raudona spalva, mažiausias – žalia. Didžiausios tempimo deformacijos abejose blauzdinėse fiksuojamos kelio zonoje. Siekiant nustatyti tempimo apkrovos pokytį atliekant pritūpimų pratimus blauzdinė iš pavienės medžiagos ir blauzdinė su klijuotinėmis sistemomis primatuoja ant virtualaus manekeno pritūpimo pozicijoje.



4.5 pav. Blauzdinės vaizdas *Modaris 3D* programoje ant manekeno pritūpimo pozicijoje: 1a – blauzdinė be klijuotinių elementų; 2a – blauzdinės be klijuotinių elementų deformacijų išilgine kryptimi spalvinis atvaizdavimas; 1b – blauzdinė su klijuotiniaisiais elementais; 2b – blauzdinės su klijuotiniaisiais elementais deformacijų išilgine kryptimi spalvinis vaizdas; c – deformacijų spalvinė skalė esant 30 % slenkstinei vertei

Lokalias deformacijos fiksuojamos ties blauzdinės išilgine linija priekyje šlaunies (G1, G2, G3), kelio (H1, H2, H3) ir blauzdos (N1, N2, N3) zonose trijuose taškuose. Apskaičiuojami kiekvienos zonos medžiagos tempimo deformacijos išilgine kryptimi ir tempimo apkrovos vidurkiai (žr. 4.6 pav.). Abejose blauzdinėse didžiausia tempimo apkrova fiksuojama srityse, kuriose tempimo deformacijos didžiausios, t. y. kelio zonoje (žr. 4.4 lentelę). Blauzdinėje su klijuotinėmis sistemomis tempimo apkrova kelio zonoje 251,76 % didesnė negu blauzdinėje be klijuotinių sistemų. Šlaunies zonoje tempimo apkrova padidėjo 502,84 %. Blauzdos zonoje tempimo apkrova padidėjo 360,61 %. Blauzdinės iš pavienės medžiagos išilginės linijos priekyje vidutinė tempimo apkrova siekia 90,67 N/m, o blauzdinės su klijuotinėmis sistemomis – 388,04 N/m, tempimo apkrova padidėjo 328,0 % (žr. 4.5 lentelę). Visose tiriamosiose zonose mažesnės tempimo deformacijos ir didesnė tempimo apkrova fiksuojama blauzdinėje su klijuotinėmis sistemomis.



4.6. pav. Lokalių deformacijų taškai: a – šlaunies zonoje; b – kelio zonoje; c – blauzdos ir kulkšnies zonose

4.4. lentelė. Apskaičiuotos tempimo apkrovos T_l , N/m vertės išilgine kryptimi lokaliuose taškuose

	Blauzdinė be klijuotinių juostų		Blauzdinė su klijuotinėmis juostomis	
Lokalus taškas	ε_l , %	T_l , N/m	ε_l , %	T_l , N/m
Šlaunies zona				
G1	8,59±0,63	32,00	2,80±0,21	163,60
G2	14,66±0,71	54,80	7,49±0,18	354,20
G3	25,36±1,11	96,00	18,94±2,20	584,20
Vidurkis	16,20	60,93	9,74	367,33
Kelio zona				
H1	35,2±1,68	133,00	55,01±2,83	955,00
H2	46,78±1,31	195,20	41,42±5,28	167,00
H3	39,15±1,97	155,20	18,65±4,9	578,40
Vidurkis	40,42	161,13	38,36	566,80
Blauzdos zona				
N1	30,53±1,61	116,80	7,80±2,83	360,00
N2	8,12±0,58	30,40	5,07±0,25	265,20
N3	0,13±0,06	2,60	0,86±0,28	64,80
Vidurkis	12,93	49,93	4,58	230,00

4.5 lentelė. Vidutinė tempimo apkrova blauzdinės išilginėje linijoje priekyje

Rodiklis	Blauzdinė be klijuotinių juostų	Blauzdinė su klijuotinėmis juostomis	Vidutinės tempimo apkrovos santykinis pokytis, %
Vidutinė tempimo apkrova T , N/m	90,67±7,21	388,04±1,32	328,00

Dėl klijuotinių sistemų sukuriama didesnė nei pavienės medžiagos, pasipriešinimo, reikalinga didesnė jėga atlikti judesį. Padidėjus medžiagų tempimo apkrovai išilgine kryptimi, padidėja energijos sąnaudos judesiui atlikti.

Ciklinio tempimo rezultatai rodo, kad didėjant tempimo ciklų skaičiui, tempimo jėga mažėja, tai reiškia, kad atliekant kiekvieną papildomą pritūpimą bus sukuriama mažesnė pasipriešinimas ir 10-ajam pritūpimui atlikti reikės nuo 17,3 % iki 19,7 % mažesnės jėgos. Remiantis klijuotinių sistemų B1-B5 ciklinio tempimo rezultatais ir didžiausią tempimo jėgą pasiekusiu B5 bandiniu, siekiant pasiekti didesnę pasipriešinimą pritūpimo pratimų metu, didesnę gaminio plotą reikia padengti plėvele, klijuotinėse sistemose derinant plačias ir siauras klijuotines juostas.

Išvados

1. Atlikus ciklinio tempimo bandymus nustatyta, kad po 10-ties tempimo ciklą tiriamų megztinių medžiagų A1, A2, A3 tempimo jėga sumažėjo, o liekamoji deformacija padidėjo išilgine ir skersine kryptimis. Tempimo jėgos sumažėjimas išilgine kryptimi po 10-ojo ciklo siekia nuo 6,5 % (A2) iki 18,0 % (A1), skersine kryptimi nuo 9,1 % (A2) iki 13,1 % (A3). Liekamosios deformacijos padidėjimas išilgine kryptimi po 10-ojo ciklo siekia nuo 35,7 % (A2) iki 58,5 % (A1), skersine kryptimi nuo 34,5 % (A3) iki 60,3 % (A1).
2. Kompresiniam gaminiui projektuoti tinkamiausia A3 megztinė medžiaga, kurios tempimo jėgos vertės abejomis kryptimis tempiant iki 50 % deformacijos yra vienos didžiausių: 9,97 N ir 8,83 N išilgine kryptimi bei 17,92 N ir 15,58 N skersine kryptimi po 1-ojo ciklo ir po 10-ojo ciklo, atitinkamai.
3. Nustatyta, kad kuo didesnę medžiagos plotą sistemoje užima klijuotiniai elementai, tuo didesnės tempimo jėgos reikia pasiekti 50 % deformaciją – ši priklausomybė aprašoma tiesine funkcija, kurios $R^2 = 0,99$. Klijuotiniai elementai padidino medžiagos tempimo jėgą po 10-ies ciklą nuo 2,4 (plėvelė dengia 40 %) iki 3,3 (dengia 68 %) kartų, lyginant su pavienne medžiaga.
4. Didžiausią tempimo jėgą pasiekė sistema, kurioje klijuotiniai elementai užima didžiausią plotą (B5 bandinys): po 1-ojo ciklo 40,13 N, po 10-ojo ciklo 32,24 N. Nėra reikšmingo skirtumo, ar plėvelė klijuojama kaip viena plati juosta, ar išskirstoma į kelias siauras juostas, jeigu suminis plėvelės užimamas plotas tas pats, tempimo jėga ir liekamoji deformacija skiriasi nežymiai.
5. Nustatyta, kad klijuotinių sistemų B1-B5 liekamosios deformacijos procentinis pokytis po 10-ties tempimo ciklą mažesnis negu pavienės medžiagos: klijuotinių sistemų liekamosios deformacijos pokytis nuo 50,6 % iki 55,1 %, pavienės medžiagos – 58,5 %, taigi klijuotinės juostos sumažina medžiagos liekamosios deformacijos pokytį ciklinio deformavimo metu 5,8 – 13,4 %.
6. Klijuotinės juostos turi įtakos visų tirtų medžiagų tempimo jėgai ir liekamajai deformacijai išilgine kryptimi. 2 cm klijuotinės plėvelės juosta išilgai bandinio padidino tirtų medžiagų tempimo jėgą po 10-ties ciklą nuo 46,3 % iki 118,7 %.
7. Energijos sąnaudų didinimui atliekant pratimus, kuriems būdingas kojos lenkimo judesys, svarbi medžiagos tempimo jėga ir liekamoji deformacija išilgine kryptimi, siekiant sukurti kuo didesnę pasipriešinimą kojos lenkimo judesiui ir užtikrinti, kad gaminys neišsiduobtų kelio srityje. Kompresinei blauzdeinei projektuoti pasirinkta A3 medžiaga, kurios tempimo jėga išilgine ir skersine kryptimis yra viena didžiausių, kas leidžia užtikrinti ne tik aukštą tempimo apkrovos vertę išilgine kryptimi pritūpimo metu, bet ir mažiausią lekalo sumažinimą skersine kryptimi. Be to, skersine kryptimi A3 medžiagos liekamosios deformacijos padidėjimas mažiausias, todėl ši medžiaga ilgiausiai išlaikys gaminio formą pakartotino dėvėjimo metu.
8. Suprojektuotas kompresinis gaminys, kuriame dėl tikslingai išdėstytų klijuotinių juostų išilgine gaminio kryptimi, sukuriamas pasipriešinimas ir reikalinga didesnė jėga atlikti judesį. Fizinių pratimų atlikimo apsunkinimas padidina energijos sąnaudas fizinės veiklos metu. Nustatyta, kad klijuotinių sistemų naudojimas padidino tempimo apkrovą 328,0 % gaminio išilgine kryptimi atliekant pritūpimo pratimus, lyginant su gaminiu be klijuotinių sistemų: tempimo apkrova blauzdinės išilginėje linijoje be klijuotinių sistemų – $90,67 \pm 7,21$ N/m, su klijuotinėmis sistemomis – $388,04 \pm 1,32$ N/m.

9. Gaminio kompresines bei komforto savybes užtikrina kintanti kompresija, kurios vertės nustatytos naudojant virtualaus primatavimo metodiką ir neviršija I-osios kompresijos klasės: 13,41±1,50 mmHg šlaunies, 17,37±2,19 mmHg šlaunies vidurio, 17,75±2,38 mmHg kelio, 19,30±0,21 mmHg blauzdos, 23,17±1,94 mmHg kulkšnies apimtyse.

Literatūros sąrašas

1. FU, W., LIU, Y. and FANG, Y. Research Advancements in Humanoid Compression Garments in Sports. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2013 Jan, vol 10, no. 66. pp. 1-6 ISSN 1729-8814. Prieiga per: <https://doi.org/10.5772/54560>
2. GONCU BERK, G. and KAHVECI, S. Design of Novel Running Leggings with Thermoplastic Polyurethane Membrane Compression Zones. *Textile Research Journal*, 2019, vol. 89, no. 8. pp. 1533-1545 ISSN 0040-5175. Prieiga per: <https://doi.org/10.1177/0040517518775911>
3. HOFFMANN, S.M., DI DOMENICO, I. and COLLINS, P.K. The Assessment of a Novel Lower Body Resistance Garment as a Mechanism to Increase the Training Stimulus during Running: A Randomised Cross-Over Study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 2022, vol. 14, no. 1. pp. 1-11 ISSN 2052-1847. Prieiga per: <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00455-9>.
4. JANONIENĖ, R., SOBUTIENĖ, A. and VALINTĖLIENĖ, R. Fizinio Aktyvumo Matavimo Metodai. *Visuomenės sveikata / Public Health*, 2014/3(66) pp. 10-21.
5. MEDICAL DICTIONARY. Oxygen Consumption [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-05-18]. Prieiga per: <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Oxygen+Uptake>
6. BROATCH, J.R., et al. Compression Garments Reduce Muscle Movement and Activation during Submaximal Running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2020 Mar, vol. 52, no. 3. pp. 685-695. Prieiga per: 10.1249/MSS.0000000000002182
7. MITSUNO, T. and HIBINO, A. Which Support Pants are the most Effective for Burning Body Fat?. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2016, vol. 9, no. 4. pp. 187-199. Prieiga per: 10.3993/jfbim00255
8. MEDICINOS DIAGNOSTIKOS IR GYDYMO CENTRAS CENTRAS. Elektromiografija Ir Elektroneurografija [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-05-18]. Prieiga per: <https://www.medcentras.lt/paslaugos-ir-kainos/tyrimai/elektromiografija-ir-elektroencefalografija/>.
9. MARQUÉS-JIMÉNEZ, D., et al. Are Compression Garments Effective for the Recovery of Exercise-Induced Muscle Damage? A Systematic Review with Meta-Analysis. *Physiology & Behavior*, 2015, vol. 153. pp. 133-148 ISSN 0031-9384 Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.10.027>.
10. CHOI, J. and HONG, K. Compression Suits with and without Films and their Effects on EMG during Isokinetic Exercise. *Fashion and Textiles*, 2019, vol. 6, no. 20. pp. 1-14 ISSN 2198-0802. Prieiga per: <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0176-2>
11. PORI, P., PORI, M., ŠIFRAR, T.J. and PISTOTNIK, B. Analysis of Effort and Energy Expenditure during Exercises with Freestyler™ Elastic Tubes of Different Resistance. *DRASSA Journal of Development and Research for Sport Science Activities*, 2016, vol. 2, no. 2. pp. 97-110.
12. JUKE PERFORMANCE Mass Suit. [interaktyvus] [žiūrėta 2022-05-07]. Prieiga per: <https://jukeperformance.com/mass-suit/>
13. TROUNSON, K.M., BUSCH, A., FRENCH COLLIER, N. and ROBERTSON, S. Effects of Acute Wearable Resistance Loading on Overground Running Lower Body Kinematics. *PloS One*, 2020, vol. 15, no. 12. pp. 1-19 ISSN 1932-6203. Prieiga per: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244361>.
14. BAUM, J.T., CARTER, R.P., NEUFELD, E.V. and DOLEZAL, B.A. Donning a Novel Lower-Limb Restrictive Compression Garment during Training Augments Muscle Power and Strength. *International Journal of Exercise Science*, 2020, vol. 13, no. 3. pp. 890-899 ISSN 1939-795X. Prieiga per: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7449345/>

15. PHYSICLO. Pro Resistance Technology. [interaktyvus] [žiūrėta 2022-05-07]. Prieiga per: <https://physiclo.com/pages/new-resistance-tech>.
16. MOTA, G.R., et al. Effects of Wearing Compression Stockings on Exercise Performance and Associated Indicators: A Systematic Review. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 2020, vol. 11, no. 1. pp. 29-42 ISSN 1179-1543. [žiūrėta 2022-05-16] Prieiga per: 10.2147/OAJSM.S198809.
17. 6 O'CLOCK ENTERPRISES PTY LTD ED. Resistance Garments having Integral Seamless Resistive Zones [interaktyvus]. Išradėjai: COLLINS, P.K., HARB, C. and MIKELSONS, B. IPC A41D 13/00, A41D 13/05. US patent 20190029336 A1. Australia: Jan 31, 2019. [žiūrėta 2022-05-14] Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/WO2016205887A1/en>
18. V!GO GROUP N.V. (BE). Improved Sportswear [interaktyvus]. Išradėjas: SEVENANTS, Wim. IPC A41D 1/08, A41D 13/00. World Intellectual Property Organization patent 004365A1. Belgium: Jan 12., 2012. [žiūrėta 2022-05-14] Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/WO2012004365A1/en?q=wo2012004365a1>
19. WACOAL CORP. Tights-Type Leg Support Garment [interaktyvus]. Išradėjai: FUJII Takako, OYAMA Makoto. IPC A41D1/08. US patent 7229390 B2, Japan: Jun 12, 2007. [žiūrėta 2022-05-14] Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US7229390B2/>
20. ASICS Corporation, Kobe (JP). Tights [interaktyvus]. Išradėjai: TAKAMOTO Yoshikuni, TSUJI Yoshie and OMURO Mamoru. IPC A41B11/14. US patent 7526929 B2. Japan: May 5, 2009. [žiūrėta 2022-05-14] Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US7526929B2/>
21. SHI, G.Q., et al. Influences of Compression Cycling Skinsuit on Energy Consumption of Amateur Male Cyclists. *Textile Research Journal*, 2021. Prieiga per: <https://doi.org/10.1177/00405175211006940>
22. LEE, H., HONG, K. and LEE, Y. Compression Pants with Differential Pressurization: Kinetic and Kinematical Effects on Stability. *Textile Research Journal*, 2017, vol. 87, no. 13. pp. 1554-1564 ISSN 0040-5175. Prieiga per: <https://doi.org/10.1177/0040517516657056>
23. CHOI, J., PARK, H., LEE, W. and HONG, K. Effects of 3D Compression Pants and Kinesio Taping on Isokinetic Muscular Function of Leg during Knee Joint Flexion Motion. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 2016, vol. 40. pp. 240-257. Prieiga per: <https://doi.org/10.5850/JKSCT.2016.40.2.240>
24. BOTTONI, G., et al. The Effect of Knee Brace and Knee Sleeve on the Proprioception of the Knee in Young Non-Professional Healthy Sportsmen. *The Knee*, 2013, vol. 20, no. 6. pp. 490-492 ISSN 0968-0160. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2013.05.001>
25. PROSKE, U. and GANDEVIA, S.C. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*, 2012, vol. 92, no. 4. pp. 1651-1697 ISSN 0031-9333. Prieiga per: <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
26. ČIUPKEVIČIUS, T. Propiocepcijos lavinimo įtaka sportininkų pusiausvyrai ir funkciniam judesiui, 2014. *Magistrantūros studijų programos "Sveikatinimas ir reabilitacija fiziniams pratimais" baigiamasis darbas*. Lietuvos sveikatos mokslų universitetas. Prieiga per: http://vddb.laba.lt/obj/LT-eLABa-0001:E.02~2014~D_20140305_142537-10775
27. BORN, D., HOLMBERG, H., GOERNERT, F. and SPERLICH, B. A Novel Compression Garment with Adhesive Silicone Stripes Improves Repeated Sprint Performance – a Multi-Experimental Approach on the Underlying Mechanisms. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2014, vol. 6. no 21. pp. 1-9. Prieiga per: <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-21>
28. RICHARDS, C.J., STEELE, J.R. and SPIN.KS, G.M. Experimental Evaluation and Analytical Model of the Pressure Generated by Elastic Compression Garments on a

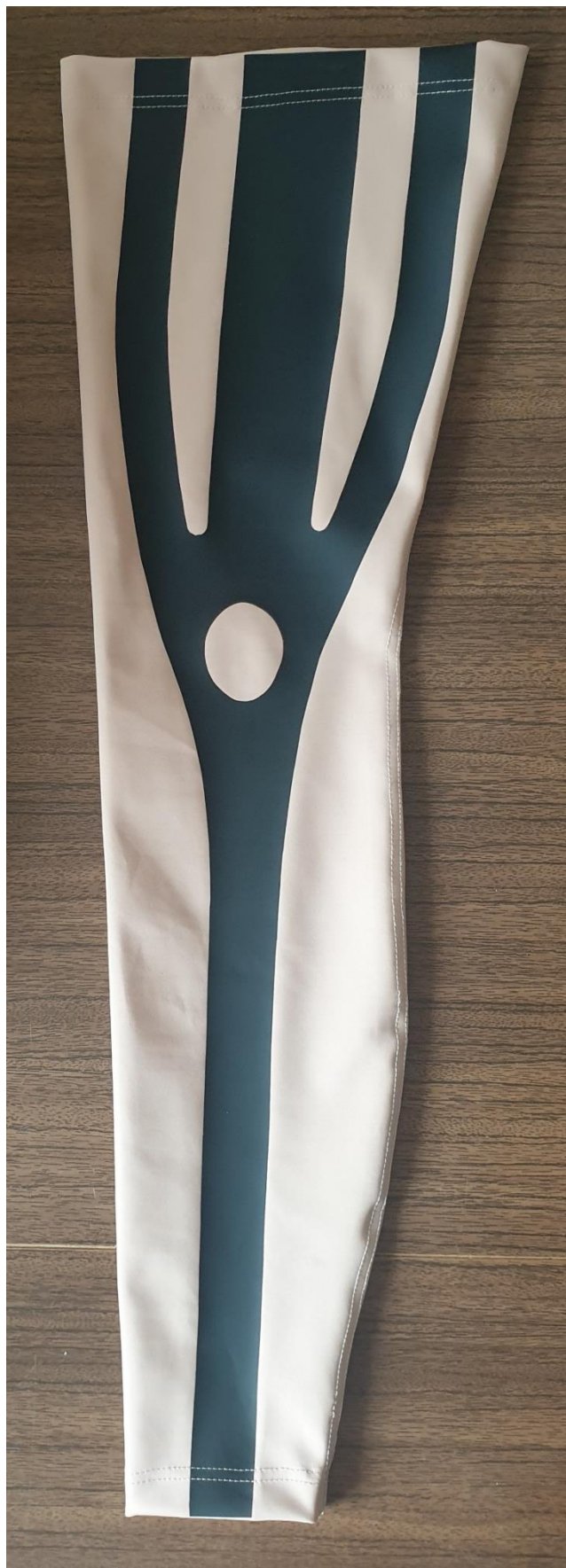
- Deformable Human Limb Analogue. *Medical Engineering & Physics*, 2020, vol. 83. pp. 93-99 ISSN 1350-4533. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2020.05.015>
29. LIU, R., et al. Determination of Leg Cross-Sectional Curvatures and Application in Pressure Prediction for Lower Body Compression Garments. *Textile Research Journal*, 2019, vol. 89, no. 10. pp. 1835-1852 ISSN 0040-5175. Prieiga per: <https://doi.org/10.1177/0040517518779246>
 30. ILSKA, A., et al. Using a 3D Body Scanner in Designing Compression Products Supporting External Treatment. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2017 vol. 25, no. 5. pp. 107-112. Prieiga per: DOI:10.5604/01.3001.0010.4636
 31. VISUOTINĖ LIETUVIŲ ENCIKLOPEDIJA. Dermatomas [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-05-18]. Prieiga per: <https://www.vle.lt/straipsnis/dermatomas/>
 32. ISHIMARU, S., et al. Prediction Method for Clothing Pressure Distribution by the Numerical Approach: Attention to Deformation by the Extension of Knitted Fabric. *Textile Research Journal*, 2011, vol. 81, no. 18. pp. 1851-1870 ISSN 0040-5175. DOI 10.1177/0040517511410106.
 33. CHOI, J. and HONG, K. 3D Skin Length Deformation of Lower Body during Knee Joint Flexion for the Practical Application of Functional Sportswear. *Applied Ergonomics*, 2015, vol. 48. pp. 186-201 ISSN 0003-6870. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.11.016>
 34. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 20932-1:2018]. Tekstilė. Medžiagų Tamprumo Nustatymas. 1 Dalis. Juostelių Bandymai (ISO 20932-1:2018) = Textiles - Determination of the elasticity of fabrics - Part 1: Strip tests ISO 20932-1:2018. [žiūrėta 2020-04-08]. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2020.
 35. DOBILAITĖ, V., DOMSKIENĖ, J., MASTEIKAITĖ, V. and VAITKEVIČIENĖ, V. Audinių technologiškumo vertinimas FAST sistema. Iš: *Aprangos Kokybės Vertinimas: Laboratoriniai Darbai. Mokomoji Knyga*. 1-a laida. ed. Kaunas: Technologija, 2012, pp. 35-38. [žiūrėta 2022-02-08]. ISBN 609-02-0587-7. Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/611/aprangos-kokybes-vertinimas-laboratoriniai-darbai/>
 36. DAUKANTIENĖ, Virginija; DOMSKIENĖ, Jurgita. Siuvinių medžiagų lenkiamojo standumo nustatymas. Iš: *Siuvinių medžiagotyra: laboratoriniai darbai: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija, 2011, pp. 44 [žiūrėta 2022-02-08]. ISBN 609-02-0200-2 Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/152/siuviniu-medziagotyra-laboratoriniai-darbai/>
 37. JUŠKEVIČIŪTĖ, A. Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje. *Magistro baigiamasis projektas*. Kaunas: Kauno technologijos universitetas. Prieiga per eLABa – nacionalinė Lietuvos akademinė elektroninė biblioteka, 2019.
 38. YU, A. and YICK, K.L. Compression and Stretch Fit Garments. Iš: *Engineering of high-performance textiles*. The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong: Elsevier, 2018, pp. 279-303 ISBN: 9780081018859. Prieiga per: <https://www.elsevier.com/books/engineering-of-high-performance-textiles/miao/978-0-08-101273-4>
 39. SCANLAN, A.T., DASCOMBE, B.J., REABURN, P.R. and OSBORNE, M. The Effects of Wearing Lower-Body Compression Garments during Endurance Cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2008, vol. 3, no. 4. pp. 424-438. DOI: 10.1123/ijsp.3.4.424
 40. AGHAJANI, M., JEDDI, A.A.A. and TEHRAN, M.A. Investigating the Accuracy of Prediction Pressure by Laplace Law in Pressure-Garment Applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 2011, vol. 121, no. 5. pp. 2699-2704 ISSN 0021-8995. DOI 10.1002/app.33640.

Priedai

1 priedas. Nustatytos slėgio į koją vertės lokaliuose taškuose

Lokalus taškas	ε_{tr} , %	F_{tr} , N/5 cm	T_{tr} , N/m	K , m ⁻¹	P , Pa	P , mmHg
Šlaunies apimtis						
T1	15,38±3,46	4,22	84,33	11,62	979,95	7,37
T2	1,84±0,88	5,70	114,00	12,95	1476,30	11,10
T3	32,20±1,80	10,31	206,13	12,95	2669,43	20,07
T4	3,36±0,65	9,30	186,00	12,95	2408,70	18,11
T5	22,73±1,28	6,72	134,33	12,95	1739,62	13,08
T6	2,48±0,97	7,10	141,93	12,95	1838,04	13,82
T7	23,82±0,82	7,11	142,27	10,14	1442,58	10,85
T8	2,58±0,25	7,42	148,33	11,58	1717,70	12,92
Šlaunies vidurio apimtis						
M1	22,20±1,52	6,52	130,40	11,62	1515,25	11,39
M2	2,98±0,24	8,61	172,20	16,89	2908,46	21,87
M3	28,64±1,77	8,91	178,20	16,89	3009,80	22,63
M4	2,94±0,40	8,50	156,87	16,89	2649,48	19,92
M5	26,05±0,88	7,92	158,47	16,89	2676,50	20,12
M6	2,61±1,01	7,37	147,40	16,89	2489,59	18,72
M7	22,89±0,53	6,77	135,47	10,14	1373,63	10,33
M8	2,81±0,48	8,03	160,53	11,58	1858,98	13,98
Kelio apimtis						
K1	28,89±0,64	9,02	180,33	23,66	4266,69	32,08
K2	1,74±0,87	5,53	110,60	27,63	3054,77	22,97
K3	14,00±1,09	3,78	75,60	27,63	2088,83	15,71
K4	1,56±1,58	5,10	102,00	27,63	2818,26	21,19
K5	13,31±0,84	3,56	71,20	18,94	1348,53	10,14
K6	1,04±0,16	3,89	77,80	18,55	1443,19	10,85
K7	11,92±1,36	3,15	62,93	18,55	1167,41	8,78
K8	2,52±0,99	7,28	145,53	18,55	2699,64	20,30
Blauzdos apimtis						
C1	17,97±2,28	5,09	101,73	23,12	2352,07	17,68
C2	3,64±0,58	9,80	196,07	22,95	4499,73	33,83
C3	22,25±0,67	6,56	131,20	17,46	2290,75	17,22
C4	2,16±1,00	6,26	125,27	18,33	2296,14	17,26
C5	27,64±1,55	8,53	170,60	18,33	3127,10	23,51
C6	0,99±0,42	3,77	75,47	18,33	1383,30	10,40
C7	24,24±0,57	7,27	145,47	18,33	2666,40	20,05
C8	1,58±0,74	5,22	104,47	18,33	1914,87	14,40
Kulkšnies apimtis						
D1	8,59±1,34	2,18	43,67	12,67	553,26	4,16
D2	2,59±0,75	7,46	149,13	43,58	6499,23	48,87
D3	2,56±0,50	0,70	14,00	25,35	354,90	2,67
D4	1,67±0,69	5,29	105,80	46,51	4920,76	37,00

2 priedas. Kompresinės blauzdinės su klijuotinėmis juostomis prototipas



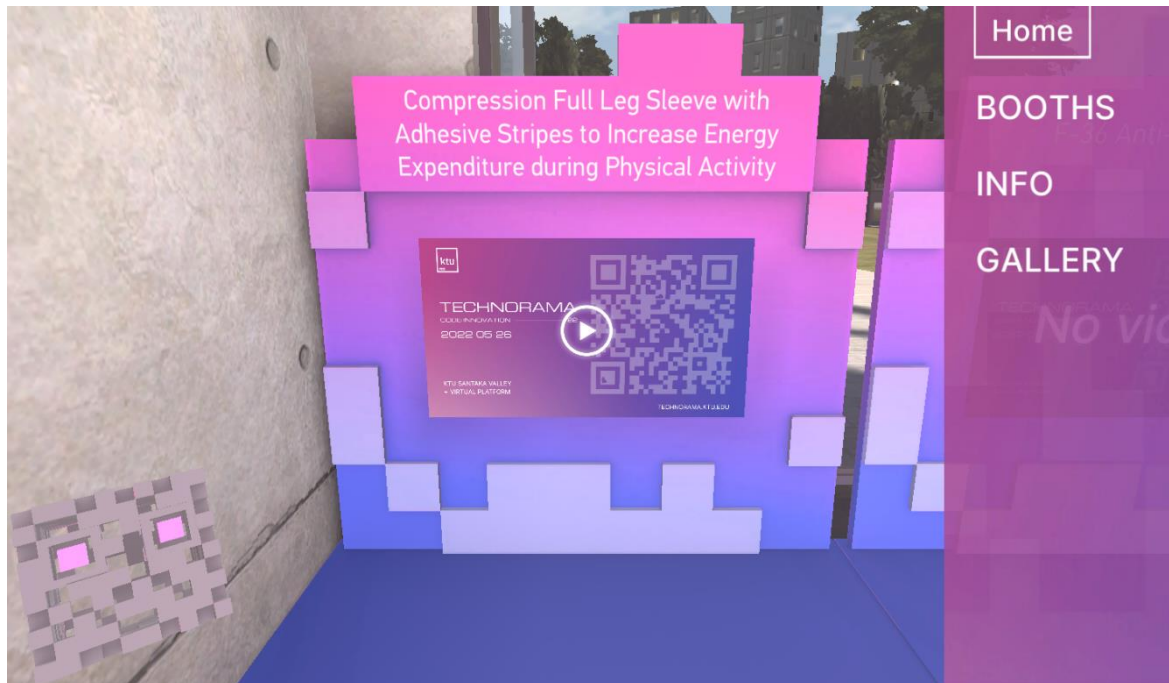
Priekis



Nugara

3 priedas. Dalyvavimas inovacijų ir technologijų parodoje „Technorama 2022“

Pranešimo virtualus standas



Balsavimas „Lrytas.lt skaitytojų inovacija“

Kompresinė blauzdinė su klijuotinėmis juostomis siekiant padidinti energijos sąnaudas fizinės veiklos metu

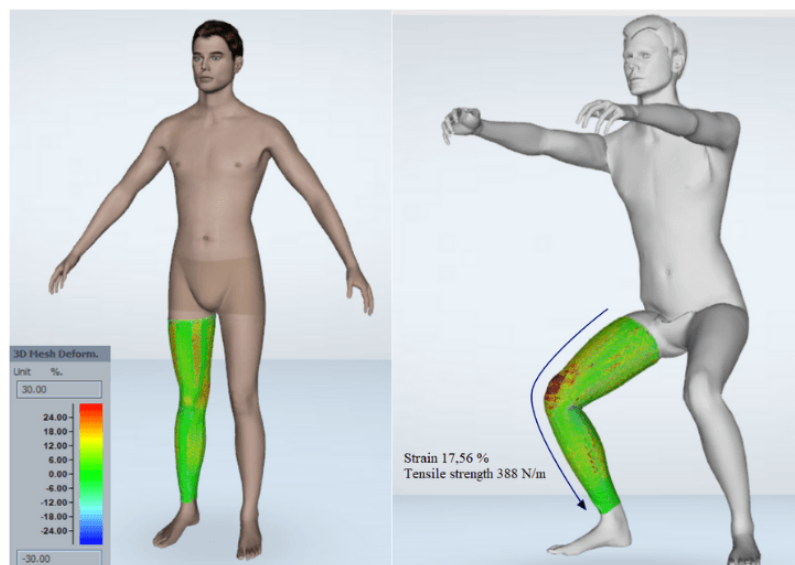


LRYTAS.LT
SKAITYTOJŲ
INOVACIJA

Sportinė kintamos kompresijos blauzdinė su klijuotinėmis juostomis sukelia pasipriešinimą kojos lenkimui, dėl to atliekant judesį (pritūpimą, įtūpstą ir pan.) didėja raumenų įsitraukimas ir energijos sąnaudos fizinės veiklos metu. Kintama kompresija gerina kraujotaką kojose, mažina galūnių patinimą ir nuovargį treniruotės metu ir po jos, užtikrina greitesnį atsigavimą po fizinio krūvio. Blauzdinė tinka skirtingo fizinio pasirengimo lygio asmenims ir yra patogi naudoti sporto treniruočių ir kasdienės veiklos metu. #sveikata #skaitmeniniai sprendimai

Garment strain map in longitudinal and transverse directions

Gaminio deformacijų žemėlapis išilgine ir skersine kryptimis





TECHNORAMA

CODE: INNOVATION ——— 22



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

This certifies that

Ana Černiavskaja

has presented innovative solution in the innovation exhibition-contest TECHNORAMA'22

MINDAUGAS BULOTA

Head of National Innovation and
Entrepreneurship Centre



Co-funded by the
European Union