



Edgars Vašļevskis

**Augšējās ekstremitātes pozicionālie  
perifēro nervu bojājumi anestēzijas  
laikā un problēmas risinājumi**

*Rokas apdraudējuma biomehāniskā izpēte*

Promocijas darba kopsavilkums  
medicīnas zinātņu doktora grāda iegūšanai  
Specialitāte – Anestezioloģija un reanimatoloģija

Rīga, 2011

Prm - 413

560748



RĪGAS STRADIŅA  
UNIVERSITĀTE

**Edgars Vasiļevskis**

**Augšējās ekstremitātes pozicionālie perifēro nervu bojājumi anestēzijas  
laikā un problēmas risinājumi**

**Rokas apdraudējuma biomehāniskā izpēte**

**Specialitāte – Anestezioloģija un reanimatoloģija**

**Promocijas darba kopsavilkums medicīnas zinātņu doktora grāda iegūšanai**

**Rīga – 2011**

**Rīgas Stradiņa Universitāte**

0221002124

Promocijas darbs veikts Rīgas 2. slimnīcā, Ventspils un Jelgavas daudzprofilu reģionālajās slimnīcās, Valsts tiesu medicīnas centrā un Rīgas Stradiņa universitātes Anestezioloģijas un reanimatoloģijas katedrā, Patoloģijas katedrā un Histoloģijas katedrā

Darba vadītāji: Dr.habil.med., prof. I.Vanags un  
Dr.habil.med., prof. H.Jansons

Recenzenti:

- Profesors, Dr. habil. Sc.ing. V. Kasjanovs (RSU)
- Dr. med. R. Brūvere (Latvijas Biomedicīnas pētījumu un studiju centrs)
- Dr. med. I. Golubovska (Traumatoloģijas un ortopēdijas slimnīca)

Ar promocijas darbu var iepazīties Rīgas Stradiņa universitātes bibliotēkā.

Rīgas Stradiņa universitātes Teorētiskās medicīnas promocijas padomes sēde notiks:  
2011. gada 7.martā plkst. 14.00

Rīgas Stradiņa universitātes Hipokrāta auditorijā Rīgā, Dzirciema ielā 16

Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā Fonda finansiālu atbalstu.



Promocijas padomes sekretārs: Dr. habil.med. Līga Aberberga-Augškalne

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Līga Aberberga-Augškalne', written in a cursive style.

## Pētījuma aktualitāte

Ķirurģija šodien kļuvusi par vienu no svarīgākajām veselības aprūpes sadaļām ar kopumā 234 miljoniem ķirurģisko operāciju gada laikā pasaulē (Weiser, 2008), un šis skaits pat pārsniedz pasaules ikgadējos dzimstības rādītājus (Ronsmans, Graham, 2006). Ir zināms, ka ķirurģiska iejaukšanās var sniegt palīdzību un glābt dzīvību ļoti daudzu patoloģiju gadījumā, bet to pavada arī augsts komplikāciju risks. No minētā pasaulē veikto operāciju apjoma 7 miljoniem ik gadu attīstās smagas ķirurģiskas komplikācijas, un 200000 pacientu Eiropas valstīs, bet visā pasaulē pat 1 miljons no tām mirst. Nesen parakstītā Helsinku deklarācija par pacienta drošību anestēzijas laikā aicina ikvienu, kurš līdzdarbojas perioperatīvajā procesā, palīdzēt samazināt komplikāciju skaitu (Mellin-Olsen et al., 2010).

Morbiditātes un mortalitātes riska procents ir ļoti svārstīgs atkarībā no valsts piederības bagātam vai nabadzīgam reģionam. Attīstīto valstu statistika parāda, ka perioperatīva mortalitāte svārstās no 0,4-0,8%, bet komplikāciju skaits no 3-17% (Gawande et al., 1999, Kable et al., 2002). Šo sarežģījumu skaits ir daudz augstāks mazattīstītajās valstīs (Bickler, Sanno-Duanda, 2000, Yi, Ng, 2002, MsConkey, 2002). Ir arī zināms, ka noteiktas komplikāciju daļas attīstību nosaka pacienta pozīcija ar tieši vai netieši izraisītiem orgānu un audu bojājumiem. Atsevišķi jāizceļ perifēro nervu ievainojumi nepilnīgi nodrošinātās pozīcijās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā.

Ķirurģiska iejaukšanās ir saistīta ar pacienta piespiedus pozīciju ķirurģiskās vai anestēzijas manipulācijas nodrošināšanai. Pacienta pozicionēšana prasa daudz uzmanības un zināšanu. Laba operācijas pozīcija nodrošina ķirurgam optimālu pieeju operācijas zonai, mazina asinszudumu un ierobežo nervu, mīksto audu un arī kardiopulmonālās sistēmas kompresiju un funkcijas traucējumus (Bortolussi et al., 1991, Martin, 1992, Rhodes et al., 1972, Ward et al., 1966, Hedenstierna, 1990). Katrai pozīcijai piemīt individuāli, specifiski riski un tās priekšrocības ir jāsalīdzina ar apdraudējumiem. Tāpat jebkura no operācijas pozīcijām var potenciāli izraisīt nevēlamus blakusefektus, it sevišķi, ja pozīcijas ekspozīcijas laiks ir pietiekami ilgs. Reālais ar reģionālo anestēziju nesaistītu pēcoperācijas neiropātiju biežums nav zināms, jo tās var būt ļoti īslaicīgas, pat dažu stundu vai dienu garumā un tamdēļ netiek atspoguļotas slimības vēsturē. Par aptuveno pēcoperācijas neiropātiju biežumu varam spriest pēc vairākiem avotiem (Dhuner 1950, Parks 1993, Britt et al., 1964, Boet 1986), un to biežums kopā tiek novērtēts kā 0,1% no anestēziju skaita un visbiežāk - 0,04% novēro ulnāro neiropātiju (Warner et al., 1994,



Drizenko, Scherpereel 1997). Perifēro nervu bojājumi pēc *ASA closed claim study* 1990. gada analīzē sastāda 15% jeb 227 pacientus no kopumā 1541 iesniegtajām sūdzībām par pēcooperācijas komplikācijām (Keats 1990). 1994. gada apkopotie *ASA closed claim study* dati par laika periodu no 1970. līdz 1994. gadam liecina, ka, pieaugot drošības prasībām anestēzijas laikā, samazinās mirstība un tādu smago komplikāciju skaits kā cerebrāla išēmija, bet perifēro pēcooperācijas neiropātiju procents paliek konstants no 15-18% (Cheney et al., 1999, Cheney 1999). Šie dati gan neatspoguļo patieso komplikāciju skaitu, bet gan iesniegto tiesisko prasību daudzumu, kurš reāli ir daudz mazāks un pēc apdrošināšanas kompāniju ieskata sastāda apmēram desmito daļu no reālā komplikāciju skaita. Tas ir tādēļ, ka daļa bojājumu regresē pilnībā, bet par vienas daļas kompensācijām tiek atrasts tiešs izlīgums starp ārstu un pacientu (Drizenko, Scherpereel 1997). Pēc atsevišķu nervu struktūru bojājumu biežuma pirmajā vietā ir *nervus ulnaris* bojājums (28%), tad *plexus brachialis* (20%), *plexus lumbosacralis* saknītes (16%) un muguras smadzeņu bojājums (13 %) (Kroll et al., 1990). Vēl jāatzīmē, ka pacienti ar hroniskām vaskulārām sasklimšanām un trofiskas traucējumiem parasti ir vairāk predisponēti šiem akūtajiem bojājumiem, tāpat kā rbdomiolīzei vai ložas sindromam, ilgstoši pielietojot žņaugu vai komprimējot nervu pret rokas vai kājas atbalstu (Upton, 1973). Tomēr augšējās ekstremitātes pēcooperācijas neiropātiju attīstības patofizioloģijā joprojām ir daudz nezināma, un šī zinātniskā darba ietvaros šī problēma tika pētīta un meklēti risinājumi riska samazināšanai.

Pētījumu dati liecina, ka mērķtiecīgi rīkojoties apmēram pusi no visām ķirurģiskajām komplikācijām ir iespējams novērst (Gawande et al., 1999, Kable et al., 2002). Piemēram, iepriekšējo gadu pūliņi ķirurģiskās infekcijas samazināšanai, savlaicīgi veicot antibiotisko līdzekļu profilaksi, un anestēzijas kļūdu novēršanai lietojot zinātnisko biedrību izstrādātus rīcības protokolus, ir devuši būtiskus rezultātus (Dellinger et al., 2005, Classen et al., 1992, Runciman, 2005). Par pēdējo gadu labas ārstnieciskās prakses zinātnisko pamatu stabili ir kļuvusi uz „pierādījumiem balstītā medicīnas prakse”, kura balstās uz dažādu metožu ieviešanu darbā tikai pēc neapstrīdamu zinātnisko pierādījumu iegūšanas. Šī nepārtraukti augošā pierādījumu bāze apliecina, ka tieši komandas darbs ķirurģijā uzlabo iznākumu, un labi saskaņota dažādu speciālistu rīcība operācijas zālē būtiski samazina komplikāciju skaitu (Mazzocco et al., 2008, Lingard et al., 2008). Tādēļ 2008. gadā Pasaules Veselības Aizsardzības Organizācija (PVAO) publicēja vadlīnijas, kuras izvirzīja noteikumus pacienta aprūpei operācijas laikā, lai nodrošinātu pacienta drošību un lai šie noteikumi būtu realizējami valstīs ar dažādu ekonomisko situāciju (PVAO, 2008). Šis

vadlīnijas ir bijis pamudinājums praktisko vadlīniju izstrādei, kas izveidotas, sadarbojoties vairāku valstu mediķiem. Pirmais plašais pētījums, ieviešot praksē „surgical safety checklist” jeb kontrolsarakstu vienlaicīgi gan attīstītajās, gan mazattīstītajās valstīs, pārsteidza ar komplikāciju samazināšanās rezultātiem, kuri nebija balstīti uz papildus tehniskiem vai materiāliem uzlabojumiem, bet tikai un vienīgi uz saskaņotu visas ķirurģu, anesteziologu un māsu komandas darbu operāciju zālē. Pēc kontrolsaraksta eksperimentālas ieviešanas astoņās lielās pasaules slimnīcās viena gada laikā (*Toronto, New Delhi, Amman, Auckland, Manila, Ifakara, London, Seattle*), visa veida pēcoperācijas komplikācijas samazinājās no 11 uz 7% ( $p < 0.001$ ), bet mirstība - no 1,5 uz 0,8% ( $p = 0.003$ ). Tāpat arī būtiski samazinājās brūču infekcijas un reoperācijas statistiskais biežums ( $p < 0.001$  un  $p = 0.047$ ) (Haynes et al., 2009). Šie interesantie dati mudina pārskatīt ikdienas paradumus operāciju zālē un veikt uzlabojumus.

Mūsdienīgs operāciju bloks šodien nav iedomājams bez plašas un arī dārgas materiāli tehniskās bāzes. Operāciju galdi ar palīgieiņiem pacienta novietošanai operācijas pozīcijā, papildus ķirurģiskā aparātūra, kā endoskopi, mikroskopi, lāzers, ķirurģiskā manipulāciju tehnika un sarežģītais anestezioloģijas un transfuzioloģijas aprīkojums aizņem ļoti daudz vietas operāciju zālē (Ullrich et al., 1997). Operāciju zāles personālam jāseko līdzī visai teknikai, kura nodrošina labu darba rezultātu. Tomēr galvenais personāla un tehnikas uzdevums ir palīdzēt pacientam, kura ķermenis bieži vien sterilitātes un homeostāzes nodrošināšanas nolūkos ir grūti novērojams visas operācijas laikā, it sevišķi, ja runājam par ekstremitāšu atbalstu. Līdzīga situācija bieži ir vērojama pirmsanestēzijas periodā, kad pirmo anestēzijas manipulāciju laikā, piemēram, reģionālajai anestēzijai, roku vai kāju atbalstam pielieto improvizētas ierīces vai ķirurģiskos galdīņus, bet ne piemērotus neatkarīgus roku atbalstus (Sawyer et al., 2000). Atbilstošu, universālu roku atbalstu izstrāde uzlabotu pacienta un personāla ērtību un pacienta drošību, jo tieši kompresijas neiropātijas ir biežākais pēcoperācijas neiropātiju cēlonis (Prielipp, 1999).

No neiroloģisko komplikāciju profilakses viedokļa 2009. gadā piedāvātais kontrolsaraksts sevī neietver visas darbības, kuras pirmsoperācijas un operācijas laikā jāveic anesteziologam. Piemēram, jāaugs uzlikšanas un noņemšanas laika un spiediena reģistrācija, pacienta ķermeņa un ekstremitāšu pozīcijas novērtēšana operācijas sākumā un katrā operācijas etapā, izmainot ķermeņa stāvokli, un arī neiroloģiskā riska novērtējumu. Visu atbalsta punktu kontrole ir nozīmīgs pacienta drošības nodrošināšanas kritērijs (Desmonts, 1994). Piemēram, perioperatīvs *bulbus oculi* kompresijas bojājums pieder pie retiem, bet ļoti nopietniem kompresijas bojājumiem (Hollenhorst, 1954).

Interdisciplināra pienākumu sadale operāciju zālē ir pamats veiksmīgai pacienta drošības nodrošināšanai, bet šajā nolūkā personāla darbībām jābūt rūpīgi dokumentētām. Neuroloģiskā riska novērtējums, labāka neiropātiju patofizioloģijas izpratne un prasība pozicionēšanu atspoguļot operācijas dokumentācijā varētu būtiski uzlabot pacienta drošību un mazināt neuroloģisko komplikāciju biežumu.

### **Darba mērķis**

Izpētīt *plexus brachialis* bojājuma sastopamību un tā īpatnības rokas abdukcijas laikā un uz tā pamata izstrādāt roku pozicionēšanas noteikumus pacienta ērtības uzlabošanai un neuroloģisko komplikāciju mazināšanai ķirurģisko operāciju un anestēzijas manipulāciju laikā.

### **Darba uzdevumi**

1. Novērtēt nervu struktūru morfoloģiskās izmaiņas stiepes deformācijas un rokas hiperabdukcijas laikā.
2. Precizēt pleca nervu-asinsvadu kūlīša kompresijas korelāciju ar rokas abdukciju un pleca pozīciju, kā arī noteikt galvenos kūlīša kompresijas punktus.
3. Noteikt pacienta komforta līmeni saistībā ar rokas pozīciju.
4. Izstrādāt tehniskās palīgierīces rokas pozicionēšanas uzlabošanai.
5. Uz klīnisko pierādījumu bāzes noteikt ekstremitāšu pozicionēšanas neuroloģiskā riska faktorus un to iespējamās samazināšanas metodes.
6. Izstrādāt rekomendācijas pacienta augšējās ekstremitātes pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas laikā.

### **Darba hipotēzes**

1. Rokas neiropātiju attīstības pamatā operācijas standartpozīciju laikā ir jaukts nervu kūlīša stiepes un kompresijas ievainojuma mehānisms.
2. Pacienta pozicionēšanas algoritmu, kontrolsaraksta un neuroloģiskā riska novērtējuma ieviešana var samazināt rokas pēcooperācijas neiropātiju risku.

## Darba zinātniskā un praktiskā novitāte

1. Iegūti jauni dati par nervu stiepes un kompresijas deformāciju rokas abdukcijas pozīciju laikā.
2. Izstrādātas tehniskās palīgierīces rokas pozicionēšanas uzlabošanai ķirurģiskās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā.
3. Izveidota riska skala perioperatīvā neiroloģiskā ievainojuma iespējamības noteikšanai un komplikāciju profilaksei.
4. Izstrādāta jauna lokālā audu spiediena mērīšanas metode, kura ir pielietojama spiediena noteikšanai asinsvadu kūlītī vai starpaudu telpā.

## Darba struktūra un apjoms

Darbs uzrakstīts latviešu valodā, klasiskā disertācijas formā, sastāv no ievada, literatūras apskata, materiāla un metožu apraksta, rezultātu izklāsta un analīzes un diskusijas nodaļām, secinājumiem, literatūras saraksta un pielikuma. Analītiski ilustratīvais un statistiskais materiāls atainots 61 attēlā un 11 tabulās. Izmantotās literatūras saraksts ietver 295 autoru darbus.

## Darba bāzes un izmantotā aparatūra

Darbs veikts Rīgas 2. slimnīcā, Ventspils un Jelgavas reģionālajās slimnīcās, Valsts Tiesu medicīnas centrā un RSU Anestezioloģijas un reanimatoloģijas katedrā. Darbā izmantoti portatīvais ultrasonogrāfijas aparāts „Sonosite Micromaxx” (ASV), reģionālās anestēzijas stacija „Locoflex 4E”(Latvija) un manometrs Keyence AP-30 (Japāna). Pētījuma datu statistiskā apstrāde veikta Rīgas Stradiņa universitātes Fizikas katedrā, izmantojot datorprogrammu SPSS 16.0 (firma SPSS, ASV).

## Pētījuma aprobācija

Par promocijas darba materiāliem ir sniegti ziņojumi vienā Latvijas un trīs starptautiskās konferencēs un kongresos: Starptautiskajā Anestēzijas un intensīvās terapijas kongresā 2008. gadā Rīgā, Pasaules NYSORA anestēzijas kongresā 2010. gadā Dubajā, RSU zinātniskajā konferencē 2010. gadā Rīgā un ESRA Eiropas reģionālajā kongresā 2010. gadā Rīgā. Ziņojumu nosaukumi ir pievienoti kopsavilkuma noslēgumā.

Par izstrādāto aparatūru ir ziņots Latvijas anesteziologu asociācijas sēdē 2009. gadā. Izstrādātie aparatūras modeļi *Locoflex1*, *Locoflex4E* un *Echosupport* ir izstādīti Eiropas

reģionālās anestēzijas asociācijas (ESRA) Eiropas kongresā 2006. gadā Monte Karlo, Monako, JEPU Francijas anestēzijas kongresā 2006. gadā Parīzē, Parīzes Amerikāņu Hospitāļa reģionālās anestēzijas kongresā 2006. gadā Parīzē, ESRA Eiropas kongresā 2008. gadā, Dženovā, Itālijā, AGORA Francijas anestēzijas kongresā 2008. gadā *Rennes*, ESRA reģionālajā Eiropas kongresā 2010. gadā Rīgā un izstādē „Medbaltica 2010“ RSU sastāvā 2010. gadā Rīgā.

### **Publikācijas par darba tēmu**

Promocijas darba rezultāti ir atspoguļoti divās monogrāfijās, vienā sadaļā mācību rokasgrāmatā un sešos citējamos zinātniskos izdevumos. Par darba rezultātiem ir iesniegti stenda referāti Pasaules NYSORA anestēzijas kongresā 2010. gadā Dubajā un ESRA Eiropas reģionālajā kongresā 2010. gadā Rīgā. Ziņojuma tēzes ir iesniegtas RSU zinātniskajai konferencē 2010. gadā Rīgā. Par iesniegtajiem izgudrojumiem ir publicēti 9 patenti. Publikāciju saraksts ir pievienots kopsavilkuma noslēgumā.

### **Inovācijas, patenti un jaunu ierīču ieviešana**

Darba izstrādes laikā ir saņemti 9 patenti, to starpā viens *WORLD Patent* un astoņi Latvijas patenti. Ir izstrādātas un ieviestas praksē trīs jaunas ierīces, ar kuru palīdzību laika periodā no 2008. līdz 2010. gadam piecās slimnīcās un Universitātes centros Latvijā un Francijā jau veiktas 9000 reģionālās anestēzijas. Patentu un ierīču saraksts ir pievienots kopsavilkuma noslēgumā.

### **Materiāli un metodes**

Darba veikšanas periodā tika veikti četri pētījumi, izstrādātas tehniskās palīgierīces rokas pozicionēšanai un izdarīta neiroloģiskā riska faktoru riska skalas izstrāde.

#### **1. Nervu–asinsvadu kūlīša stiepes un deformācijas pētījums**

Lai izpētītu *plexus brachialis* veidojošo nervu relatīvo stiepes deformāciju un spiediena izmaiņu lielumu rokas abdukcijas laikā, izmantots autopsijas materiāls no septiņiem mirušajiem, kuru nāve bija konstatēta pirms 6-20 stundām. Tika pētīta, pirmkārt, *plexus brachialis* un to veidojošo perifēro nervu relatīvā stiepes deformācija un, otrkārt, ar oriģinālu patentētu metodi tieši mērīts uz nervu - asinsvadu kūlīti izdarītais apkārtējo audu spiediens,

novietojot roku anestēzijas laikā raksturīgajās abdukcijas pozīcijās 45, 90, 120, 150 un 180 grādu leņķos.

**Pirmajā pētījuma daļā** *plexus brachialis* perifēro nervu stiepes relatīvā deformācija tika mērīta *sulcus bicipitalis* līmenī. Vispirms abās ķermeņa pusēs tika izpreparēts nervu – asinsvadu kūlītis *humerus* vidējā trešdaļā un izdalīti *nervus medianus*, *nervus ulnaris* un vienā gadījumā arī *nervus cutaneus brachii superficialis*. Katrs no atdalītajiem nerviem tika transfixēts ar adatām divos punktos, veidojot mērījumu bāzi robežās no 20-30 mm. Pēc nerva transfixācijas rokas stāvoklis tika mainīts abdukcijas pozīcijās 45, 90, 120, 150 un 180 grādu leņķī. Katrā abdukcijas pozīcijā fiksētā nerva segmenta garuma izmaiņu noteikšanai un relatīvās deformācijas mērīšanai tika izmantota augstas precizitātes un izšķirtspējas fotografēšanas kamera (12,1 megapikseļi) un AutoCad datorprogramma.

**Otrajā pētījuma daļā** nervu - asinsvadu kūlīti deformājošā spiediena mērīšanai tika izmantota autora patentētā tiešā audu spiediena mērīšanas metode. Audu spiediens tika noteikts pielietojot angioplastijas katetru un mērot spiediena izmaiņas tā dilatācijas balonā. Par pielietoto metodi ir iesniegts patenta pieprasījums „Ierīce iekšējo audu spiediena mērīšanai” (Vasiļevskis, Vanags, 2010). Mērījumu veikšanai izmantoja angioplastijas balonkatetru, kurš ar plastmasas cauruli savienots ar manometru. Spiediena radīšanai sistēmā izmantoja trijzari un šļirci. Lai veiktu mērījumus, sākotnēji *sulcus bicipitalis* atsegumā tika kateterizēta *vena brachialis*. Tika izmantots angioplastijas dilatācijas balonkatetrs (*Fox plus, Abbott*) ar dilatācijas cilindra garumu 40 mm un diametru uzpildītā stāvoklī 12 mm, kas atbilst vidējai distāncei starp pirmo ribu un atslēgas kaulu un arī *vena subclavia* diametram ieelpas fāzes laikā (Matsumura et al., 1997, Remy-Jardin, 1997). Katetri sākotnēji ievadīja līdz *musculi scapulae* piestiprināšanās punktam pie atslēgas kaula.

Uzsākot mērījumus, katetrs ar trijzari tika pievienots spiediena manometram (modelis *Keyence AP-30*, Japāna) un balons tika uzpildīts ar gaisu līdz 20 kPa (150 mmHg) spiedienam, kam atbilda sākuma diametrs 12 mm. Pēc tam reģistrēja spiediena izmaiņas katetra balonā, mainot rokas pozīciju no 0 līdz 90, 120, 150 un 180 grādu leņķim. Mērījumi notika kPa, bet pārrēķins vieglākai datu interpretācijai tika izdarīts uz mmHg. Spiediena izmaiņas pētījumā mērīja absolūtajos skaitļos, bet analizēja tikai relatīvās spiediena izmaiņas dilatācijas balonā, mainot rokas pozīciju. Spiediena izmaiņas parādīja iespējamo apkārtējo audu spiedienu uz nervu asinsvadu kūlīti rokas abdukcijas kustību laikā. Katrā rokā mērījumi tika izdarīti piecas reizes, katru reizi katetru un balonu atvelkot par trim cm, līdz atvilkti līdz 15 cm un sasniegts *humerus* galvas līmenis. Maksimālā spiediena izmaiņa tika uzskatīta par nozīmīgāko faktoru potenciālā nervu – asinsvadu kūlīša saspiešanā.

**Trešajā pētījuma daļā**, izmantojot gaismas un elektronu mikroskopiju, tika novērtētas nervu šķiedru un kolagēno struktūru izmaiņas kā sekas no stiepes deformācijas. Pēc stiepes testu veikšanas papildus tika atpreparēts 7 cm garš *n.medianus* fragments. No paņemtā parauga divus centimetrus garš fragments tika izmantots kā salīdzinošais materiāls. Pārējais fragments tika ievietots stendā, kura sākuma bāze bija 30 mm. Pēc nerva parauga piefiksēšanas stenda žokļos, ar skrūves palīdzību nerva fragments tika izstiepts par 15 procentiem, jeb 4,5 mm, attālumu fiksējot ar bīdmēru ar izšķiršanas spēju 0,1 mm. Šādā nostiepumā nerva paraugs kopā ar stendu tika iegremdēts šūnu stabilizējošajā *Custodiol* šķīdumā un atstāts trīs stundu ekspozīcijā. Pēc trim stundām viena nerva daļa tika ievietota ... 2,5% glutāraldehīda šķīdumā tālākai analīzei elektronu mikroskopā, bet otru daļu vēl 24h fiksēja formaldehīda šķīdumā apskatei gaismas mikroskopijā.

#### **Nerva parauga sagatavošana gaismas mikroskopijas izmeklējumam**

Izmeklējumam gaismas mikroskopā tika sagatavoti divi nerva audu paraugi. Pirmais bija kontroles paraugs no nerva, kurš netika pakļauts stiepei, un otrs pēc trīs stundu 15% stiepes uz speciālā stenda. Abos gadījumos tika iegūti nerva gareniskajai asij perpendikulāri un paralēli orientētu audu paraugi. Visi iegūtie paraugi tika ievietoti marķētās kasetēs, fiksēti neitrālā buferētā formalīnā, un pakļauti tālākai dehidratācijai alternējoša pārspiediena un vakuuma apstākļos audu procesorā *Tissue-TekVIP5* (*Sakura Finetek Inc., Torrance, ASV*), izmantojot pieaugošas koncentrācijas analītiski tīru izopropanolu un ksilolu (*Sigma-Aldrich, Steinheim, Vācija*) atbilstoši diagnostiskās laboratorijas audu apstrādes programmai (*Gamble et Wilson, 2002*). Audu paraugi tika piesātināti ar izkausētu paraplāstu un ieguldīti paraplāsta blokos (*Gamble et Wilson, 2002*). No iegūtajiem blokiem, izmantojot mikrotomu *Microm HM 360* (*Microm Int., Walldorf, Vācija*), tika iegūti 5 mikrometru biezi griezumumi uz elektrostatiskajiem prickšmetstikliem *Histobond* (*Menzel Glasser, Braunschweig, Vācija*), kas pārskata iegūšanai tika krāsoti ar hematoksilīna – eozīna metodi (*Gamble et Wilson, 2002*).

#### **Nerva parauga sagatavošana elektronu mikroskopijas izmeklējumam**

##### **Caurstarojošais elektronu mikroskops (*Transmission electron microscopy, TEM*)**

Audu materiāls elektronmikroskopiskajai analīzei tika sasmalcināts vienu mm<sup>3</sup> lielos gabaliņos un fiksēts 2.5% glutāraldehīda šķīdumā 0.1 M fosfāta buferī (pH=7.4) 2-4 stundas 4°C temperatūrā. Papildus fiksācija tika veikta ar 1% osmijskābi 0.1 M fosfāta buferī vienu stundu 4°C temperatūrā. Audu materiāls tika atūdeņots ar etilspirtu pieaugošā koncentrācijā (50°, 70°, 80°, 90°, 96° un 100°), tad ieguldīts epoksīda sveķu maisījumā. Pēc 1 μm pusplāno audu griezumumu novērtēšanas gaismas mikroskopā tika izvēlēta noteikta

elektronmikroskopiskai analīzei derīga audu materiāla vieta preparātā, lai pagatavotu 60-80 nm ultraplānus griezumus analīzei JEOL firmas caurstarojošā elektronu mikroskopā JEM 1011.

### **Skenējošais elektronu mikroskops (SEM)**

Materials tika fiksēts atbilstoši metodei 2.5% glutaraldehīda šķīdumā un 1% osmijskābē. Pirms audu žāvēšanas kritiskajā punktā, tie tika atūdeņoti pieaugošas koncentrācijas acetonā (60°, 70°, 80°, 90°, 90,5°). Žāvēšana kritiskajā punktā tika nodrošināta ar CO<sub>2</sub>, attiecīga spiediena un ūdens temperatūras palīdzību. Sausie paraugi tika piestiprināti speciālam turētājam ar sudraba pastas palīdzību, tad pārklāti ar zelta kārtiņu katoda putinātāja aparātā. Sagatavotie audu turētāji ar paraugiem tika ievietoti skenējošā elektronu mikroskopā JSM-6490LV un pie 25kV liela sprieguma paraugi tika vērtēti 100x - 20.000x lielā palielinājumā.

### **2. Arteriālās plūsmas pētījums rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un horizontālu fleksiju**

Atklātā salīdzinošā pētījumā piedalījās 38 pacienti, 21 sieviete un 17 vīrieši, vidējais vecums 64,2 ± 13,5 gadi, un kuri bija stacionēti traumatoloģijas un ortopēdijas nodaļās sakarā ar dažādām traumatoloģiskām un ortopēdiskām saslimšanām vai asinsvadu ķirurģijas nodaļā sakarā ar koronāro sirds slimību un dažāda rakstura hroniskiem asinsrites traucējumiem.

**Pētījumā iekļāva** pacientus, kuri bija staigājoši un saskaņā ar pētījuma protokolu varēja veikt rokas hiperabdukcijas testus guļus uz izmeklējuma galdā. Kā **izslēgšanas kritēriji** tika noteikti: nespēja nogulēt uz muguras visu izmeklējuma laiku, nespēja veikt rokas abdukcijas provi līdz 120° pozīcijai, pacienta svars virs 100 kg, izmeklējamās puses pleca zonas trauma vai ķirurģiska operācija anamnēzē, sirds ritma traucējumi un mirdzaritmija, kā arī hipoehogēns audu tips, kas neļauj izdarīt precīzus doplerogrāfijas izmeklējumus. Daļai pacientu izmeklējums tika izdarīts vienā pusē, bet daļai bija iespējams to izdarīt abās pusēs, kas bija atkarīgs no pacienta spējas ilgstoši nogulēt uz muguras. Par veiktu izmeklējumu uzskatīja pacienta vienas puses ultrasonogrāfisku *arteria subclavia* un *arteria axillaris* izmeklējumu. Pētījuma gaitā tika novērtēta augšējās ekstremitātes hiperabdukcijas, pleca pacelšanas un rokas horizontālas fleksijas ietekme uz nervu-asinsvadu kūlīša kompresiju. Šajā nolūkā izdarīta *arteria subclavia* un *arteria axillaris* maksimālās sistoliskās asins plūsmas ātruma reģistrācija ķirurģiskās operācijas un anestēzijas raksturīgo rokas hiperabdukcijas stāvokļu laikā.



Gala apstrādē tika iekļauti dati no 36 pacientiem un tika iegūtas 45 analizējamas mērījumu sērijas. Divi pacienti no pētījuma tika izslēgti, jo izmeklējuma gaitā tiem tika konstatēta mirdzaritmija.

### **Aparatūra un protokols**

Darbs tika veikts ar portatīvo ultrasonogrāfu „Sonosite MICROMAXX“ ar 6-13 MHz lineāro zondi. Artērijas maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) izmaiņas tika fiksētas speciālā protokolā. Izmeklējumi bija standartizēti un tos veica iepriekš precīzi noteiktās rokas hiperabdukcijas pozīcijās, kombinējot ar dažādu pleca stāvokli horizontālā plāknē.

Tika izvēlētas divas anestēzijas laikā lietojamās rokas abdukcijas pozīcijas: 90° un 120°. Rezultāti tika salīdzināti ar asinsplūsmu standarta pozīcijā ar rokas 0° abdukciju. Noteica arteriālo maksimālo sistolisko plūsmas ātrumu ( $V_{smax}$ ) izvēlētajās abdukcijas pozīcijās divos punktos. Pirmkārt, *arteria subclavia* mērot punktā virs atslēgas kaula un, otrkārt, *arteria axillaris*, mērījumu izdarot *fossa axillaris* mediālajā stūrī. Mērījumus veica, pirmkārt, plecam esot horizontālā plāknē un, otrkārt, plecu paceļot 8 cm un līdz ar to roku novietojot fleksijas stāvoklī. Rokas pozicionēšanai un atbalsta augstuma kontrolei izmantoja reģionālās anestēzijas staciju „Locoflex 4E” (Latvija), kas ir paredzēta pacienta rokas ērtai novietošanai izvēlētajā abdukcijas, fleksijas un rotācijas leņķī un kas nodrošina pacienta un ārsta komfortu manipulāciju vai izmeklējumu veikšanas laikā (Vasiļevskis et al, 2004–2007).

### **Kontroles grupa**

Pētījuma datu labākai interpretācijai tika izvēlēti citu autoru līdzīgu mērījumu dati, jo mūsu pašu pētījuma uzbūve neparedzēja kontroles grupu. Tādējādi kontroles grupai tika izvēlēts Liverpoola Sporta un kustību zinātņu pētnieciskā institūta arteriālās plūsmas mērījuma darbs, kas pēc savas uzbūves un pacienta pozīcijas bija ļoti tuvs mūsu darba profilam. Stapleton un līdzautoru 2009. gadā publicētajā vaskulārā *thoracic outlet* sindroma diagnostisko pozīcijas testu pētījumā pielietoti arteriālās plūsmas ultrasonogrāfiskie mērījumi. Tajā tika salīdzinātas sistoliskās plūsmas ātruma un artērijas diametra izmaiņas *arteria subclavia* baseinā dažādu abdukcijas pozīciju laikā (Stapleton et al., 2009). Šajā pētījumā izmantotās rokas pozīcijas atbilda mūsu pētījumiem rokas stāvokļiem.

### **3. Arteriālās plūsmas pētījums rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca nolaišanu un rokas horizontālu ekstenziju**

Atklātā salīdzinošā pētījumā piedalījās 37 pacienti, no kuriem 16 sievietes un 21 vīrietis vecumā no 24 - 86 gadiem, vidējais vecums  $62 \pm 14$  gadi, kuri bija stacionēti traumatoloģijas un ortopēdijas, vispārējās ķirurģijas vai internās medicīnas nodaļās. Pētījumā

izvērtēja rokas perioperatīvo pozīciju ietekmi uz nervu-asinsvadu kūliša kompresiju un paša pacienta komforta līmeni. Pētījumā iekļāva pacientus, kuri bija staigājoši, un saskaņā ar pētījuma protokolu varēja veikt rokas hiperabdukcijas testus guļus uz izmeklējuma galdā. Kā **izslēgšanas kritēriji** tika noteikti: nespēja nogulēt uz muguras visu izmeklējuma laiku, nespēja veikt rokas abdukcijas provi līdz 120° pozīcijai, pacienta svars virs 100 kg, pleca zonas trauma vai ķirurģiska operācija anamnēzē, sirds ritma traucējumi un mirdzaritmija, kā arī hipohogēns ausu tips, kas neļauj izdarīt precīzus doplerogrāfijas izmeklējumus. Divas no pozīcijām izmeklējumā tika saistītas ar rokas 150° un 180° abdukciju, bet to neizpildīšana neizslēdza pacientu no pētījuma.

Dažādās rokas abdukcijas pozīcijās tika noteikts *arteria subclavia* un *arteria axillaris* maksimālais sistoliskais asinsplūsmas ātrums četros potenciālajos kompresijas punktos, mērīts artērijas diametrs un reģistrēts pacienta komforta līmenis. Pētījumu pabeidza 36 pacienti, jo 1 pacientam pozīcija uz izmeklējuma galdā bija ļoti neērta un izmeklējums tika pārtraukts.

Darbs tika veikts ar portatīvo ultrasonogrāfu „Sonosite MICROMAXX“ ar 6-13 MHz lineāro zondi. Artērijas maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma (V<sub>smax</sub>) un artērijas diametra izmaiņas tika fiksētas speciālā protokolā. Izmeklējumi bija standartizēti un tos veica iepriekš precīzi noteiktās rokas pozīcijās.

Tika izvēlētas anestēzijas laikā lietojamās rokas abdukcijas pozīcijas: 45, 90, 120, 150 un 180°. Precīzu rokas abdukcijas leņķi nodrošināja ar speciālu zem ķermeņa paliekamu šablonu. Pētījumu sāka ar 45° pozīciju, jo 0° nebija iespējams veikt visus ultrasonogrāfijas mērījumus. Izvēlētos parametrus noteica četros potenciālajos aksillārās artērijas kompresijas punktos: 1. infraklavikulāri (INFRA); 2. zem *m. pectoralis minor* cīpslas jeb subkorakoīdajā kanālā (PECT); 3. punktā pret *caput humeri* (HUM); 4. paduses bedrē (AXILL). Izdarīja divas izmeklējumu sērijas: vienā no tām roka un plecs atradās izmeklējuma galdā līmenī, bet otrā pleca un augšdelma atbalsts tika nolaiests 6 cm zemāk, tādejādi iegūstot 30° rokas ekstenziju. Rokas pozicionēšanai un augstuma regulēšanai izmantoja reģionālās anestēzijas staciju „Locoflex 4E” (Latvija).

**Pirmkārt**, izvēlētajās abdukcijas pozīcijās un asinsvadu potenciālajos kompresijas punktos izmērīja arteriālo maksimālo sistolisko plūsmas ātrumu (V<sub>smax</sub>) un artērijas diametru diastoles laikā. Atsevišķos gadījumos neizdevās iegūt mērījumus 150° un 180° abdukcijā, ja pacientam šīs pozīcijas bija ļoti neērtas. Gadījumos, ja pacientam bija grūtības nogulēt uz muguras, veica tikai izmeklējumu sēriju ar pleca stāvokli horizontālā līmenī.

**Otrkārt**, pēc katra mērījuma pacientam tika lūgts novērtēt pozīcijas ērtību skalā no 0 līdz 10, kur 0-2 ir ļoti ērti, 3-4 vidēji ērti, 5-6, traucējoši, 7-8 vidēji neērti, bet 9-10 – ļoti neērti. Atsevišķai 20 pacientu grupai tika noteikts vēl precīzāks sūdzību raksturs un lokalizācija. Tika noteikts pie cik grādu abdukcijas parādās sūdzības un pie kāda neērtās pozīcijas novērtējuma ballēs pacientam parādās sūdzības. Tāpat tika reģistrēti visi nepatīkamo simptomu veidi.

### **Kontroles grupa**

Pētījuma datu labākai interpretācijai tika izvēlēti citu autoru līdzīgu mērījumu dati, jo mūsu pašu pētījuma uzbūve neparedzēja kontroles grupu. Tādejādi kontroles grupai tika izvēlēts Liverpūles Sporta un kustību zinātņu pētnieciskā institūta augšējās ekstremitātes arteriālās plūsmas mērījuma darbs, kas pēc savas uzbūves un pacienta pozīcijas bija ļoti tuvs mūsu darba profilam. *Stapleton* un līdzautoru 2008. gadā publicētais plūsmas pētījums salīdzināja arteriālās plūsmas ātruma un diametra izmaiņas *arteria axillaris* baseinā dažādu abdukcijas pozīciju laikā vienlaicīgi reģistrējot arī klīnisko simptomātiku (*Stapleton et al., 2008*). Šajā pētījumā izmantotās rokas pozīcijas atbilda mūsu pērtītajiem rokas stāvokļiem.

### **4. Anesteziologa darba paradumu novērtējums pacientu pozicionēšanai un anesteziologa novērtētais pacienta ērtības līmenis**

Atklātā nesalīdzinošā pētījumā anketēšanas veidā tika iztaujāts 31 pieredzējis anesteziologs no Latvijas (7), Francijas (23) un Apvienotās Karalistes (1), kas kopumā pārstāv 18 privātās vai valsts slimnīcas un kuri reģionālo anestēziju (RA) veicis regulāri kopš 3 līdz 39 gadiem (7 sievietes un 24 vīrieši). Anketā, kas sastāvēja no 15 jautājumiem, anesteziologi tika lūgti analizēt parametrus, kuri varētu ietekmēt reģionālās anestēzijas (RA) norisi un efektivitāti, sevišķi pievēršot uzmanību pacienta un ārsta pozīcijas un komforta novērtējumam RA laikā.

**Pirmkārt**, ārsti tika lūgti izvērtēt pēc desmit baļļu sistēmas piecpadsmit RA ietekmējošos parametrus: neirostimulatoru un ultrasonogrāfu, adatas kvalitāti un tās ražotāju, lokālā anestētiķa izvēli, statistiku pacienta pozīciju, asistenta vai māsas klātbūtni un to pieredzi RA veikšanā, topogrāfiskās anatomijas pārzināšanu, RA rokasgrāmatu, anesteziologa komfortu RA laikā, piekļūstot darba zonai vai manipulējot ar instrumentiem, pacienta komfortu RA laikā, diennakts stundu un laika ierobežojumu metodes veikšanai. Parametri tika novērtēti pēc 10 baļļu skalas no 0 līdz 10 un tika analizēti šādos intervālos: 0-2: ļoti mazsvarīgi; 3-4: mazsvarīgi; 5-6: vidēji svarīgi; 7-8: svarīgi; 9-10 - ļoti svarīgi.

**Otrkārt**, tika analizētas pielietotās metodes, ko anesteziologi izmantojuši pacienta novietošanai darba pozīcijā rokas, kājas vai perimedullāro anestēziju izpildei.

**Treškārt**, noteica pacienta komfortu RA veikšanas laikā rokai un kājai lietojot dažādas tehnikas, kā arī spināli un epidurāli. Komforta līmenis tika novērtēts pēc 10 baļļu skalas no 0 līdz 10 un tika analizēts šādos intervālos: 0-2: ļoti neērti; 3-4: neērti; 5-6: apmierinoši; 7-8: vidēji ērti; 9-10: ļoti ērti.

**Ceturkārt**, novērtēja ārsta komforta līmeni RA manipulāciju izpildes laikā veicot reģionālos blokus rokai, kājai un perimedullāri. Komforta līmenis tika novērtēts pēc 10 baļļu skalas no 0 līdz 10 un arī tika analizēts šādos intervālos: 0-2: ļoti neērti; 3-4: neērti; 5-6: apmierinoši; 7-8: vidēji ērti; 9-10: ļoti ērti.

Vēl papildus tika noskaidrota asistenta un māsas loma un funkcijas RA laikā, RA veikšanas vieta operāciju blokā un laiks, ko ārstiem vidēji aizņem dažādu reģionālo bloku izpilde. Noskaidroti arī visvairāk traucējošie faktori RA veikšanai. Tika noskaidroti arī parametri, kuru uzlabošana varētu ietekmēt RA kvalitāti.

## **5. Tehnisko palīgierīču izstrāde rokas pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā**

Tehniskās palīgierīces rokas pozicionēšanai operācijas un reģionālās anestēzijas manipulāciju veikšanas laikā pēc mēģinājumu un kļūdu metodes tika konstruētas Rīgā eksperimentālā laboratorijā un klīniski aprobētas Latvijā un Francijā. Latvijā tas notika Rīgas 2. slimnīcā un Traumatoloģijas un ortopēdijas slimnīcā. Francijā aprobācija noritēja galvenokārt šādās klīnikās: *Roussillon - Clinique Saint Charles*, Parīzē - *Clinique des Montagnes*, Tulūzā - *Clinique Du Cours Dillon* un *Clermont Ferrand - Clinique Le Pôle Santé République*. Ultrasonogrāfa zondes turētājs galvenokārt aprobēts *Quency-sous-Sénart - Hospital Privé „Claude Galien”*. Kopumā modelim „Locoflex 1” un „Locoflex 2” tika izstrādāti un aprobēti apmēram 10, bet „Locoflex 4E” un „Echosupport” ap 15 klīniskie darba paraugi līdz to sekmīgai reģistrācijai Latvijas un Eiropas medicīnisko aparātu reģistrā un ražošanas uzsākšanai. Klīnisko paraugu izgatavošana un testēšana notika vienlaicīgi ar izveidoto modeļu patentēšanu. Klīnisko testu laikā ārstiem bija jāatbild uz sekojošiem jautājumiem: pacienta pozicionēšanas ērtums, pacienta komforts, ārsta komforts veicot reģionālo anestēziju un arī aparāta stabilitāte un kopšanas ērtums.

## 6. Ekstremitāšu pozicionēšanas neiroloģiskā riska faktoru identificēšana un rekomendāciju izstrāde

Ekstremitāšu pozicionēšanas neiroloģiskā riska skala tika izstrādāta, balstoties uz mūsu pētījumu un literatūras datiem. Tika izvēlēti seši literatūrā visbiežāk minētie faktori, kas ir saistīti ar paaugstinātu neiroloģisko komplikāciju biežumu pēcoperācijas periodā:

1. Potenciāli bīstamās pozīcijas ilgums > 2 stundām (kompresijas un stiepes izsaukti sindromi pēc 2 stundu iedarbības);
2. Perifēras neiropatijas anamnēzē;
3. Metabolas slimības, pazemināta audu trofika, nesena trauma vai iepriekšēja ilgstoša pacienta vai ekstremitātes imobilizācija;
4. Vecums > 80 gadiem;
5. Roku vai kāju novietošana uz atbalstiem operācijas laikā;
6. Žņauņa pielietošana operācijas laikā.

Balstoties uz aprakstīto *Double Crush*, *Reversed Double Crush* un *Multiple Crush* sindromu bāzes (Upton, McComas, 1973, Lundborg, 1986), tika pieņemts, ka vairāku perifēro nervu ietekmējošu riska faktoru klātbūtne paaugstina pēcoperācijas neiropatiju risku. Uz šo izvēlēto riska faktoru bāzes tika izveidota riska skala, riskam pieaugot, ja summējās ar pacientu pašu saistītie (2., 3. un 4. punkts) vai operācijas laikā konstatētie (1., 5. un 6. punkts) riska faktori.

Vienlaicīgi uz darba rezultātu un literatūras bāzes tika izveidotas klīniskās rekomendācijas rokas pozicionēšanai, lai uzlabotu pacienta komfortu un mazinātu iespējamus neiroloģiskos sarežģījumus.

## Darba ētiskie aspekti

Pētījums ir veikts, ievērojot ētikas apsvērumus, kas tiek piemēroti biomedicīnisku pētījumu veikšanai. Darbs izpildīts, balstoties uz 1964. gada Helsinku deklarāciju (Declaration of Helsinki, 1967) un Rīgas Stradiņa Universitātes Ētikas komisijas izsniegtajām atļaujām biomedicīnisku pētījumu veikšanai (atļaujas no 10.04.2008 un 14.01.2010).

Ar ultrasonogrāfiju veiktajos divos pētījumos, pacienti pirms tā uzsākšanas tika mutiski un rakstiski iepazīstināti ar pētījuma norisi un aizpildīja piekrišanas veidlapu.

Piekrišana biomedicīniskam pētījumam tika iegūta arī no visu ārstniecības iestāžu vadītājiem (saskaņots 09.04.2008 Rīgas 2. slimnīcā, 28.11.2009 Ventspils slimnīcā un 19.01.2010 Jelgavas slimnīcā).

## Datu statistiskās apstrādes metodes

Datu ievadīšanai tika izmantota *Microsoft Excel* programmatūra. Pēc tam datus konvertēja programmā *SPSS for Windows 16.0* (firma *SPSS, ASV*) turpmākai statistiskai analīzei. Datu apstrādei izmantoja medicīniskajos pētījumos vispāratzītas statistikas metodes, kas aprakstītas vairākos literatūras avotos (Altman, 2000, Rosner, 2000, Teibe, Berķis, 2001, Krastiņš, Ciemiņa, 2003, Krastiņš, 2003, Teibe, 2007).

Atbilstoši datu struktūrai veica nepieciešamos aprēķinus. Visiem nominālās skalas un kategorizētiem lielumiem aprēķināja absolūtos un relatīvos biežumus un vajadzības gadījumā attēloja biežumu sadalījumu diagrammās. Vairāku kategorizētu mainīgo salīdzināšanai izmantoja hī kvadrāta ( $\chi^2$ ) testu un dažādus proporciju izvērtēšanas testus.

Attiecību skalas mainīgajiem lielumiem aprēķināja centrālās tendences (vidējo aritmētisko, modu un mediānu) un izkliedes (standartnovirzi, vidējās vērtības standartklūdu) rādītājus. Izvirzītās hipotēzes atkarībā no datu struktūras pārbaudīja ar neatkarīgu izlašu un pāru izlašu t-testu vai viena faktora dispersiju analīzi (ANOVA). Datu atbilstību normālajam varbūtību sadalījumam pārbaudīja ar *Kolmogorov's - Smirnov's* testu.

Divu mainīgo savstarpējās atbilstības ciešuma izvērtēšanai izmantoja korelācijas un lineārās regresijas analīzes metodes. Korelāciju uzlūkoja kā ciešu, ja korelācijas koeficients bija lielāks vai vienāds ar 0,7. Nulles hipotēzi noraidīja, ja būtiskuma līmenis bija mazāks vai vienāds ar 0,05 ( $p < 0,05$ ), pretējā gadījumā pieņēma nulles hipotēzi. Dažos gadījumos izmantoja arī iegūto rezultātu izvērtēšanu, lietojot 95% ticamības intervālus. Sakarības starp mainīgajiem izvērtēja, izmantojot *Pearson* korelāciju vai *Spearman* rangu skalas korelāciju, modelēšanai lietojot lineāro regresiju. *Pearson* korelācija norādīja uz divu mainīgo lielumu ciešuma kvantitatīvajām attiecībām.

**Autopsijas materiālu** statistiskajai apstrādei tika izmantots pāru izlašu t-tests vidējiem lielumiem. Pētījumā tika statistiski apstrādāti dati, kas iegūti tikai no septiņu mirušo autopsijas datiem, jo vairāk materiāla pētījuma periodā nebija pieejami un jau iegūtie rezultāti uzrādīja skaidri interpretējamu tendenci.



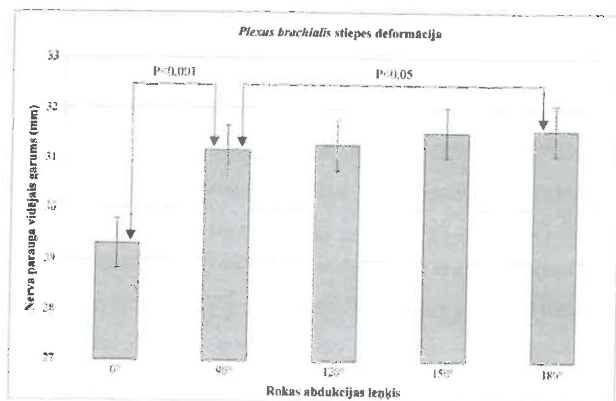
## Rezultāti

### 1. Nervu-asinsvadu kūlīša stiepes un kompresijas pētījuma dati

#### Stiepes deformācija

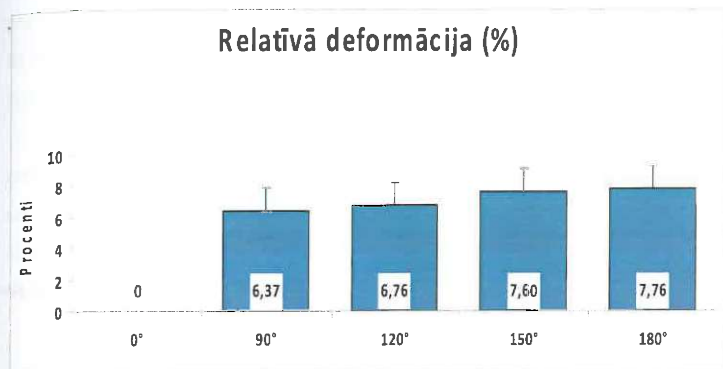
Stiepes deformācijas pētījumā pēc Iiķa *sulcus bicipitalis* abpusēja atseguma, tika veikti 23 nervu (*nervus medianus*, *nervus ulnaris* vai *nervus cutaneus brachii*) „darba daļas” stiepes izmeklējumi.

Vidējais fiksētā nerva segmenta garums bija  $29,3 \pm 6,76$  mm izejas pozīcijā  $0^\circ$ , kas pakāpeniski pieauga noslogojuma laikā līdz  $31,16 \pm 7,27$  mm  $90^\circ$ ,  $31,28 \pm 7,07$  -  $120^\circ$  un  $31,57 \pm 7,37$  mm  $180^\circ$  rokas addukcijas laikā. Visievērojamākā nerva fragmenta stiepes deformācija rokas abdukcijas stāvokli bija novērota stāvokļa maiņā no  $0^\circ$  līdz  $90^\circ$  leņķim un šīs izmaiņas bija statistiski ticamas ( $p < 0,001$ ), savukārt tālāka rokas abdukcija līdz  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  un  $180^\circ$  izraisīja mazāk būtisku deformāciju, bet izmaiņas no pozīcijas  $90^\circ$  līdz  $180^\circ$  tomēr joprojām bija statistiski ticamas ( $p < 0,05$ ) (1. attēls).



1.attēls. Nervu absolūtā stiepes deformācija (mm) rokas abdukcijas testu laikā.

Savukārt relatīvā stiepes deformācija nerva parauga „darba daļā” abdukcijas testu laikā no  $0^\circ$  līdz  $180^\circ$  tika konstatēta robežās no 3-23%, kas tika novērtēts kā ļoti plašs diapazons. Vidēji  $90^\circ$  abdukcijā novēroja  $6,37\% \pm 1,21\%$ ,  $120^\circ$  abdukcijā –  $6,76\% \pm 1,23\%$ ,  $150^\circ$  -  $7,6\% \pm 1,32\%$  un  $180^\circ$  -  $7,76\% \pm 1,33\%$  relatīvo deformāciju (2. attēls).



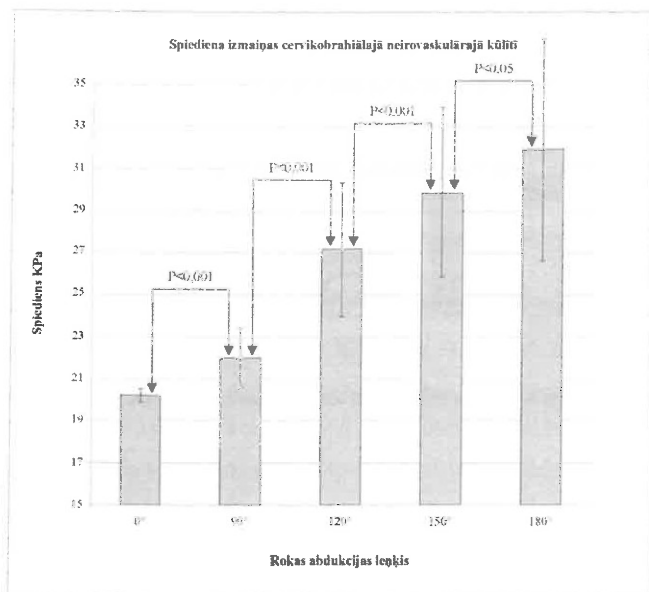
2.attēls. Nervu relatīvā stiepes deformācija (%) rokas abdukcijas testu laikā.

### Kompresijas deformācija

Pētījumā 12 tika reizes katetrizēta *vena brachialis* un vienu reizi *arteria brachialis*, kopumā iegūstot 13 mērījumu sērijas. Vienā gadījumā asinsvadu katetrizācija neizdevās un bija iespējams izdarīt tikai nerva stiepes mērījumus.

Vidējās spiediena izmaiņas dilatācijas balonkatetrā, kuras tālāk tiek pārvadītas no apkārtējiem audiem, pieauga no  $20,22 \pm 0,33$  kPa ( $153,7 \pm 2,5$  mm Hg) izejas pozīcijā  $0^\circ$  līdz  $22,01 \pm 1,45$  kPa ( $167,3 \pm 11,0$  mmHg)  $90^\circ$  abdukcijā,  $27,19 \pm 3,17$  kPa ( $206,7 \pm 24,1$  mmHg)  $120^\circ$  abdukcijā,  $29,88 \pm 4,03$  kPa ( $227,1 \pm 30,6$  mmHg)  $150^\circ$  abdukcijā un  $31,94 \pm 5,29$  kPa ( $242,7 \pm 40,2$  mmHg)  $180^\circ$  abdukcijā (3. attēls). Absolūtajos skaitļos balonā ģenerētais spiediens, kas atspoguļo spiedienu nervu-asinsvadu kūlītī rokas abdukcijas laikā, vidēji ir  $1,79$  kPa ( $13,6 \pm 1,8$  mmHg)  $90^\circ$ ,  $7,07$  kPa ( $53,7 \pm 9,1$  mmHg)  $120^\circ$ ,  $9,66$  kPa ( $73,4 \pm 12,4$  mmHg)  $150^\circ$  un  $11,72$  kPa ( $89,0 \pm 21,3$  mmHg)  $180^\circ$  rokas abdukcijā. Pētījumā konstatēts, ka rokas abdukcijas pozīcijās virs  $120^\circ$  audu spiediens pārsniedz  $50$  mmHg, kas tiek uzskatīts par pietiekami apdraudošu, lai izraisītu lokālu audu un nerva išēmiju. Spiediena pieaugums bija statistiski ticams visos kustību intervālos no  $0-90^\circ$  ( $p < 0,001$ ), no  $91-120^\circ$  ( $p < 0,001$ ), no  $121-150^\circ$  ( $p < 0,001$ ) un arī no  $151-180^\circ$  ( $p < 0,05$ ).





3.attēls. Spiediena izmaiņas (kPa) nervu-asinsvadu kūlīti cerviko-brahiālajā posmā.

### Nerva parauga gaismas mikroskopijas dati pēc stiepes noslogojuma

Stiepei nepakļautajos nerva griezumos tā šķērsgriezumā un garengriezumā labi redzama nerva struktūra ar brīvu kapilāra lūmenu, mielīna cilindri un aksons to centrā. Stiepei pakļauto nerva griezumu morfoloģiskā uzbūve izrādījās izmainīta. Nerva kopējā kontūra garengriezumā bija gandrīz iztaisnota, mielīna cilindri vizuāli atdalījušies no centrālā aksona, veidojot optiski tukšus daudzstūrus, kuru centrā redzams aksons bez saiknes ar mielīna cilindru. Salīdzinot stiepei pakļauto nerva audu morfoloģisko uzbūvi ar kontroles nerva audu paraugiem, morfoloģiskā aina pārlicinoši apstiprināja nerva audu bojājumus, kas liecina par mehāniskas ietekmes izraisītu kontakta zudumu starp mielīna cilindriem un aksoniem.

### Stiepes testa elektronu mikroskopijas (EM) dati

#### Caurstarbojošā elektronmikroskopija (TEM)

Mielinizēto un nemielinizēto nervu šķiedru ultrastruktūra tika analizēta pirms un pēc stiepes testa. Pirms testa vairākās mielinizētajās šķiedrās novēroja paplašinātas spraugas starp mielīnu un mielīna membrānām, pildītas ar homogēnu citosolu, kurš satur mitohondrijus. Citoskeleta elementi bija labi nosakāmi un orientēti pa centrālo asi. Bija izteiktas nervu šķiedru mielīna membrānu skaita variācijas. Nemielinizētās šķiedras pārsvarā uzrādīja tūskas

pazīmes šūnā ar mitohondriju deģenerāciju. Mikrotubuļi pārsvarā bija orientēti paralēli nervu šķiedru gareniskajai asij. Kolagēnās šķiedras novērojumā bija cieši saistītas ar mielinizēto šķiedru bazālo membrānu.

Pēc stiepes testa novēroja mielinā membrānu plīsumus. EM atklāja mielinizēto un nemielinizēto nervu šķiedru, kā arī apkārtējo kolagēno šķiedru iztaisnošanos. Nemielinizēto nervu šķiedru šķērsgrīzumā redzams, ka to forma pieņem elipses formu un samazinājās citoskeleta elementu skaits.

### **Skenējošā elektronmikroskopija (SEM)**

Pirms stiepes SEM novēroja liela un maza izmēra nervu šķiedru organizāciju kompaktos kūlīšos. Šos kūlīšus aptvēra kolagēnās šķiedras. Lielākā izmēra šķiedras aptvēra blīvāki kolagēnie audi.

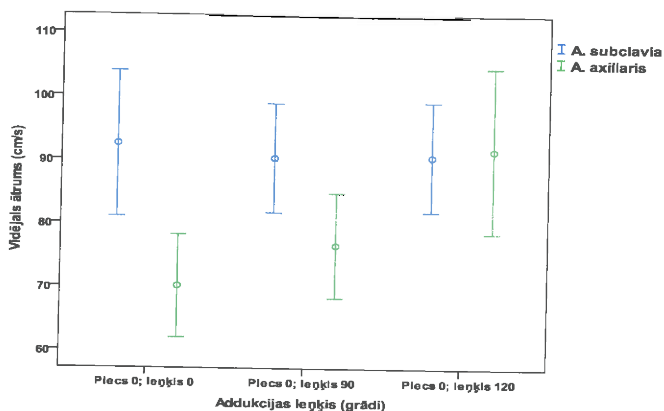
Pēc stiepes šķiedras kļuvušas plātākas un bieži ieguvušas saplacinātu vai lentveida formu. Liels skaits nervu šķiedru izrādījās pārrauts un saistaudu apvalks vietām bija bojāts.

## **2. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un rokas horizontālu fleksiju**

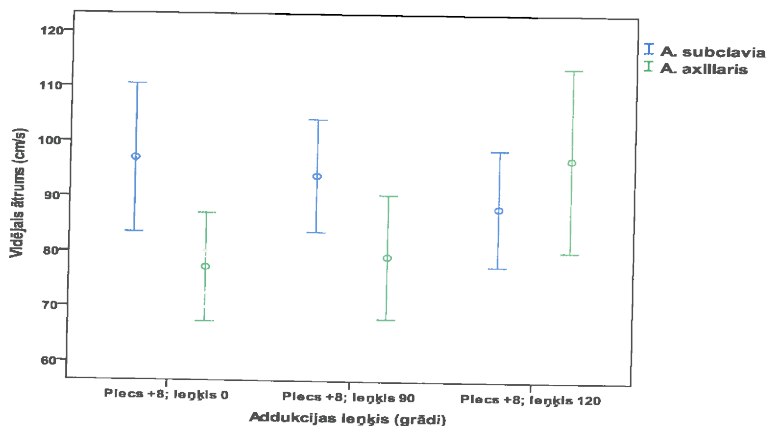
**Pirmajā pētījuma daļā** konstatētais maksimālais sistoliskais asinsplūsmas ātrums (cm/s) *arteria subclavia* 0° rokas abdukcijas stāvoklī bija 92,62±41,3 cm/s, 90° abdukcijā 90,38±30,8 cm/s un 120° abdukcijas stāvoklī 90,6±30,8 cm/s. Izmaiņas starp 0° un 120° netika novērtētas kā statistiski nozīmīgas (p=0,935). *Arteria axillaris* savukārt plūsma pieauga no 0° rokas abdukcijas stāvokļa 70,19±28,9 cm/s uz 76,56±29,4 cm/s 90° pozīcijā un 91,65±46,4 cm/s 120° abdukcijā. Arteriālās plūsmas izmaiņas starp 0° un 120° tika novērtētas kā statistiski nozīmīgas (p=0,008) (4. attēls).

**Otrajā pētījuma daļā** Vsmax atkārtoti noteica *a. subclavia* un *a. axillaris* trīs rokas pozīcijās, papildus paceļot plecu par 8 cm un roku novietojot 30° fleksijas pozīcijā. *Arteria subclavia* šajā gadījumā uzrādīja plūsmas samazināšanās tendenci, kaut arī tā nebija statistiski būtiska, galvenokārt lielās individuālās datu izkliedes dēļ. Plūsma 0° rokas abdukcijā tika reģistrēta 96,98±47,6, 90° leņķī – 93,86±36,0 un 120° pozīcijā fiksēja 92,98±40,5 cm/s plūsmas ātrumu. Izmaiņas starp 0° un 120° netika novērtētas kā statistiski nozīmīgas (p=0,534). *Arteria axillaris* arī šajā sērijā uzrādīja plūsmas pieaugumu palielinot rokas abdukcijas leņķi. Plūsma tika atzīmēta 0° rokas abdukcijā 77,18±34,5, 90° leņķī 79,2±39,3 un 120° rokas atvērumā 88,10±37,2 cm/s. . Izmaiņas starp 0° un 120° gan netika atzītas kā

nozīmīgas, jo nepārsniedza fiksēto būtiskuma sliekšni  $p < 0,05$ , bet uzrādīja skaidru plūsmas pieauguma tendenci ( $p = 0,058$ ) (5. attēls).



4.attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* un *a. axillaris* (cm/s) rokas 0°, 90° un 120° abdukcijā pleca un rokas horizontālā stāvoklī



5.attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* un *a. axillaris* (cm/s) rokas 0°, 90° un 120° abdukcijā ar plecu paceltu +8 cm un roku 30° fleksijā.

### Secinājumi

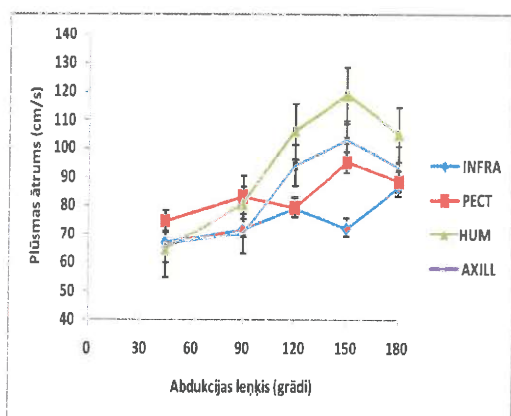
*A. subclavia* un *a. axillaris* baseinā raksturīgo operācijas pozīciju izpildes laikā pētījumā un kontroles grupā tiek konstatēts poststenotiskais plūsmas kritums, kam var sekot atkārtots plūsmas pieaugums kompresijas punktā, bet ar zemāku plūsmas izejas lielumu.

Abdukcijas un ekstenzijas testu laikā plūsma krīt *arteria subclavia* baseinā, bet tomēr var konstatēt tās pieaugumu *arteria axillaris*. Plūsmas palēnināšanos novēro pēc stenozes punkta, bet plūsmas pieaugumu vēro stenozes rajonā, kas visbiežāk ir kostoklavikulārajā punktā, subkorakoidajā kanālā, pret *humerus* galvu *arteria axillaris* projekcijas vietā un aksilārāajā bedrē.

### 3. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca nolaišanu un rokas horizontālu ekstenziju.

Pirmajā mērījumu daļā noteica arteriālo maksimālo plūsmas ātrumu ( $V_{smax}$ ) pleca artērijas potenciālajos kompresijas punktos, rokai atrodoties horizontālā plaknē. Statistiski ticami plūsma pieauga HUM un AXILL punktos rokas abdukcijā no  $45^\circ$  līdz  $150^\circ$ . HUM no  $64,4 \pm 23,4$  līdz  $118,8 \pm 62,1$  cm/s ar  $p < 0,001$  un AXILL no  $66,8 \pm 18,3$  līdz  $102,7 \pm 41,3$  cm/s ar ticamību  $p < 0,001$ . Savukārt izmaiņas nebija būtiskas punktā PECT: no  $74,8 \pm 22,6$  līdz  $95,1 \pm 11,0$  cm/s ar  $p = 0,28$ ), bet tad līdz  $180^\circ$  plūsma punktos HUM, AXILL un PECT sāka samazināties. Izņēmums bija punkts INFRA, kur plūsma turpināja pieaugt arī pie  $180^\circ$  (no  $45^\circ$  līdz  $150^\circ$ :  $67,1 \pm 20,6$  līdz  $72,2 \pm 27,8$  cm/s ar ticamību  $p = 0,4$ ) (6. attēls).

Pozīcijas un mērījumus līdz  $120^\circ$  abdukcijai veica visiem 36 pacientiem,  $150^\circ$  abdukciju veica 35, bet  $180^\circ$  vairs tikai 30 pacientiem.

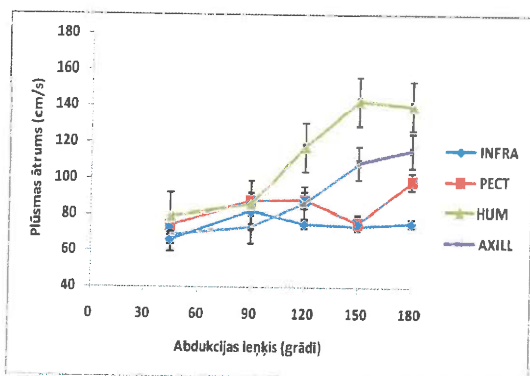


6.attēls. Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais plūsmas ātrums cm/s potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē.

Otrajā mērījumu daļā noteica  $V_{smax}$  rādītājus aksilārās artērijas potenciālajos kompresijas punktos, plecam atrodoties 6 cm nolaistā pozīcijā un rokai  $30^\circ$  ekstenzijā. Šajā

sērijā konstatēja, ka mainot rokas pozīciju diapazonā no 45° līdz 150°, statistiski ticami plūsma pieauga tikai punktos HUM un AXILL (HUM: no 78,6±32,0 līdz 142,9±69,4 cm/s ar  $p<0,001$  un AXILL: no 69,1±21,2 līdz 108,7±43,2 cm/s ar  $p<0,05$ ), bet punktos INFRA un PECT pieaugums nebija nozīmīgs (INFRA: no 66,2±22,5 līdz 73,9±35,9 cm/s ar  $p=0,64$  un PECT: no 74,1±28,7 līdz 75,7±27,3 cm/s ar  $p=0,52$ ) (7. attēls). Salīdzinot mērījumus rokai horizontāli un ar 30° ekstenziju, konstatēja, ka punktā HUM ekstenzijas stāvoklī plūsmas pieauguma izmaiņas bija nozīmīgas ar  $p=0,039$ .

45° abdukciju veica 26 pacientiem, 90° - 25, 120° - 24, bet 150° izmeklējumus pabeidza 20 pētījuma dalībniekiem. 180° pozīcijā mērījumi tika izdarīti tikai 2 pacientiem, līdz ar to šo pozīciju neiekļaujot kopējā aprēķinā.

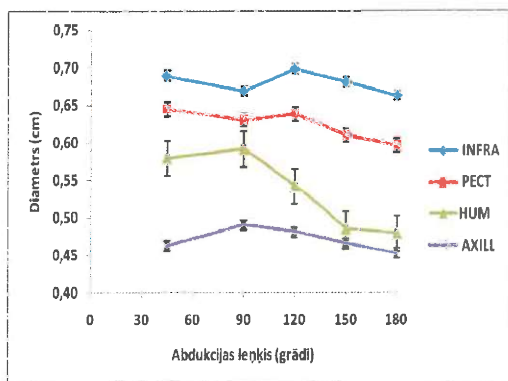


7.attēls. Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais plūsmas ātrums (cm/s) potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē ar pleca nolaišanu 6 cm un rokas 30° ekstenziju.

Trešajā mērījumu daļā tika noteiktas artērijas diametra izmaiņas, rokai atrodoties horizontālā plaknē. Divos punktos HUM un PECT asinsvada diametra izmaiņas starp pozīcijām 45° un 180° bija statistiski nozīmīgas (HUM: no 0,58±0,12 uz 0,48±0,15 cm ar  $p<0,05$  un PECT: no 0,64±0,13 uz 0,6±0,14 cm ar  $p<0,05$ ), bet punktos INFRA un AXILL bija neliela, bet statistiski nenozīmīga diametra samazināšanās (INFRA: no 0,69±0,16 uz 0,66±0,15 cm ar  $p=0,15$  un AXILL: no 0,46±0,08 uz 0,45±0,09 cm ar  $p=0,63$ ) (8. attēls). Mazāk ievērojamas izmaiņas novēroja starp rokas abdukciju 45° un 150°. Tika konstatēts, ka punktā HUM asinsvada diametra izmaiņas starp pozīcijām 45° un 150° bija statistiski nozīmīgas (HUM: no 0,58±0,12 uz 0,48±0,14 cm ar  $p=0,003$ ), bet punktos INFRA, PECT un AXILL vidējais diametrs samazinājās nenozīmīgi vai pat palielinājās (INFRA: no 0,69±0,16

uz  $0,68 \pm 0,14$  cm ar  $p=0,15$ , PECT : no  $0,64 \pm 0,13$  uz  $0,61 \pm 0,15$  cm ar  $p=0,025$  un AXILL: no  $0,46 \pm 0,08$  uz  $0,47 \pm 0,1$  cm ar  $p=0,42$ ).

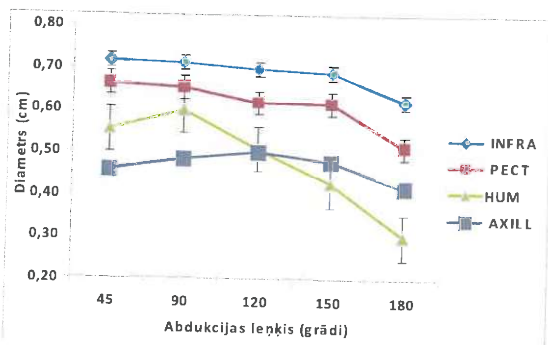
Pozīcijas līdz  $120^\circ$  abdukcijai izpildīja visi 36 pacienti,  $150^\circ$  abdukciju veica 34, bet  $180^\circ$  jau tikai 28 pacienti.



**8.attēls.** Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais artēriju diametrs cm potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē.

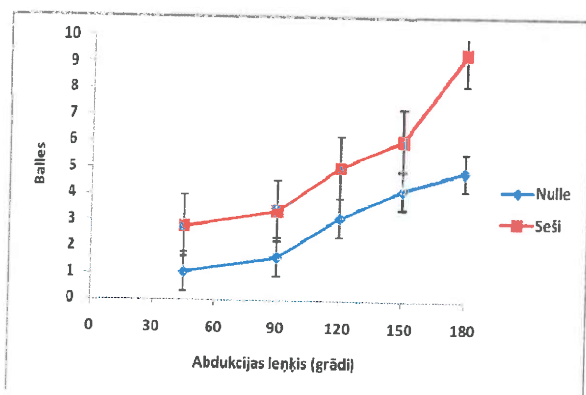
Ceturtajā mērījumu daļā noteica artērijas diametra izmaiņas plecam atrodoties 6 cm nolaistā stāvoklī un rokai  $30^\circ$  ekstenzijā. Tika konstatēts, ka tikai punktā HUM asinsvada diametra samazināšanās izmaiņas starp pozīcijām  $45^\circ$  un  $150^\circ$  bija statistiski nozīmīgas (HUM: no  $0,55 \pm 0,12$  uz  $0,42 \pm 0,15$  cm ar  $p < 0,001$ ). Citos punktos tika novērota diametra sašaurināšanās tendence, kas tomēr nebija statistiski nozīmīga (INFRA: no  $0,72 \pm 0,18$  uz  $0,69 \pm 0,13$  cm ar  $p=0,23$ ; PECT: no  $0,66 \pm 0,16$  uz  $0,61 \pm 0,19$  cm ar  $p=0,077$ ) vai pat palielināšanās (AXILL: no  $0,46 \pm 0,09$  uz  $0,48 \pm 0,1$  cm ar  $p=0,16$ ) (9. attēls). Salīdzinot mērījumus rokai horizontāli un ar  $30^\circ$  ekstenziju, konstatēja, ka punktā HUM ekstenzijas stāvoklī diametra samazināšanās izmaiņas bija nozīmīgas ar  $p=0,011$ .

Pozīcijas līdz  $120^\circ$  abdukcijai veica veica 23 pacienti, bet  $150^\circ$  - 20 izmeklējamie. Izmeklējumus  $180^\circ$  pozīcijā varēja veikt tikai 2 pacientiem un kopējā statistiskajā aprēķinā neizmantoja.



9.attēls. Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais artēriju diametrs (cm) potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē ar pleca nolaišanu 6 cm un rokas 30° ekstenziju.

Piektajā daļā tika analizēta pacienta ērtība. Tā bija labāka pozīcijās ar roku horizontālā līmenī, salīdzinot ar rokas ekstenziju. Pozīcijas 45°, 90°, 120° un 150° abdukcijā rokas esot horizontāli pacienti vidēji novērtēja ar 1,08±0,28, 1,67±0,89, 3,14±1,83 un 4,19±2,4 ballēm, savukārt roku novietojot ekstenzijā rādītāji izteikti pasliktinājās uz vidēji 2,81±1,83, 3,40±1,96, 5,04±2,44 un 6,08±1,88 ballēm. 180° ērtību statistiski ticamai grupai varēja novērtēt tikai rokas esot horizontāli un tas sasniedza 4,88±3,25 balles. Pozīcijas novērtējuma izmaiņu statistiskā ticamība tika novērtēta kā nozīmīga visās pozīcijās ar ( $p < 0,001$  45, 90 un 120° un  $p = 0,0015$  150° abdukcijā, horizontālo rokas pozīciju salīdzinot ar rokas ekstenziju 30° un nolaištu plecu 6 cm) (10. attēls).



10.attēls. Pacienta ērtības novērtējums no 0-10 ballēm rokas abdukcijas laikā pozīcijās ar plecu horizontālā plaknē (nulle) vai ar -6 cm nolaištu plecu (seši).

Ērtību novērtēja horizontālā plaknē 36 pacientiem ar rokas abdukciju 90°, 35 pacientiem - 120° un 150° un 30 pacientiem pie 180° abdukcijas. Savukārt plecam esot 6 cm zemākā pozīcijā, 90° un 120° analizēja 25 pacientiem, 150° - 20 un 180° - 3 personām.

### Neiroloģiskie simptomi

Visbiežāk pirmās sūdzības parādījās pie 120° rokas abdukcijas, bet to reizēm novēroja arī pie 45° un 90° abdukcijas. Visos gadījumos sūdzības parādījās jau rokas pozīcijās horizontālā plaknē, bet plecam esot nolaistā stāvoklī un rokai esot 30° ekstenzijā sūdzības pastiprinājās. Sūdzības, ko novēroja, bija ļoti atšķirīgas. Pārsvārā prevalēja dažādas lokalizācijas tirpšanas sajūta, kas liecināja par nervu kūlīšu vai perifēro nervu kompresiju dažādos punktos rokas abdukcijas laikā. Visbiežāk, piecas reizes, jeb 7,94% gadījumu pacienti sūdzējās par tirpšanas sajūtu plaukstā, tirpšanu pirmajos trīs pirkstos un sāpēm plecā. Četras reizes jeb 6,35% gadījumu sūdzības bija par smaguma sajūtu pirkstos, nogurumu visā rokā un plecā un nepatīkamu sajūtu rokā un tās izstiepuma sajūtu.

### Secinājumi

Pētījumā neapstiprinājās hipotēze par arteriālās plūsmas (visos potenciālajos kompresijas punktos) paaugstināšanos nolaižot plecu iniciāli normālas plūsmas gadījumā. Salīdzinot vidējos plūsmas rādītājus potenciālajos pleca artērijas kompresijas punktos 150° abdukcijā zem atslēgas kaula INFRA, PECT un AXILL, netika novērota statistiski ticama plūsmas atšķirība rokai esot horizontālā plaknē un ar 6 cm nolaistu plecu. Savukārt plūsmas pieauguma izmaiņas bija nozīmīgas punktā HUM ekstenzijas stāvoklī ar  $p=0,039$  rokas ekstenzijas pozīcijā, kas pierādīja artērijas lokāla sašaurinājuma esamību.

Neapstiprinājās hipotēze par iespējamu artērijas diametra sašaurināšanos visās pozīcijās nolaižot plecu, salīdzinot ar artērijas diametru plecam esot horizontālā pozīcijā. Tomēr artērijas diametra samazināšanās bija nozīmīga punktā HUM 150° abdukcijā ar  $p=0,011$ , salīdzinot mērījumus rokai un plecam esot horizontāli ar mērījumiem ar pleca 6 cm nolaišanu un vienlaicīgu 30° rokas ekstenziju.

Rokas hiperabdukcijas stāvoklī abdukcijai ir galvenā loma nervu – asinsvadu kūlīša kompresijai un asinsplūsmas izmaiņām. 150° abdukcijā tikai punktā HUM pleca nolaišana un rokas ekstenzija pastiprina asinsvadu kūlīša kompresiju ar konstatēto artērijas sašaurinājumu.

Pacienta rokas hiperabdukcijas pozīcijas pavadīja daudzveidīga neiroloģiska simptomātika, kas norāda uz *plexus brachialis* un perifēro nervu iesaistīšanu un kompresiju šo pozīciju izpildes laikā.



#### **4. Anesteziologa darba paradumu novērtējums pacientu pozicionēšanai un anesteziologa novērtētais pacienta ērtības līmenis**

Pētījumu gaitā atklājās, ka rokas novietošanai reģionālās anestēzijas (RA) veikšanai ārsti izmanto ļoti dažādus palīg līdzekļus. Visbiežāk rokas novietošanai izmanto pamošanās zāles galdiņus - 25% gadījumu, operāciju zāles galdiņus, spilvenus un mīkstos atbalstus vai RA bez īpašas rokas fiksācijas, kad roka ir vienkārši uz gultas – abiem 18%. Retāk lieto operāciju zāles rokas atbalstus un fiksatorus - 10%, roku tur asistents - 7% un citi varianti - 4%.

No pacienta ērtības viedokļa, neviena no lietotajām pozīcijām RA realizācijai netika novērtēta kā ļoti ērta. Kā vidēji ērtas tika novērtētas pozīcijas RA veikšanai rokai distāli - 7,38, un RA rokai proksimāli 7,32 balles.

No ārsta viedokļa viņu komforta līmenis veicot RA rokai ir ļoti ērts: 8,41 balles. Kā tikai vidēji ērts komforta līmenis tika novērtēts lokālā anestētiķa injekcijas laikā un manipulējot ar šļircēm: 7,77, un strādājot ar ultrasonogrāfu: 6,75 balles.

Iegūtie rezultāti norādīja uz nepieciešamību uzlabot pacienta pozicionēšanu veicot RA rokai, kā arī piedāvāt universālus rokas fiksatorus, lai izvairītos no operāciju zālē esošo materiālu adaptēšanas rokas novietošanai darba pozīcijā.

#### **5. Tehnisko palīgierīču izstrāde rokas pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā**

Autora klīniskā pieredze, kā arī uz novērojumiem, strādājot pie rokas fiksācijas aparātu uzlabošanas un izstrādes, ideālam rokas atbalstam operācijas laikā ir jānodrošina vairākas funkcijas un jāatbilst zināmam prasību kopumam.

##### **Ieteicamās prasības rokas atbalsta palīg līdzekļiem :**

1. Rokas atbalstam jābūt piestiprināmam visā operāciju galda daļā, kur paredzēts atrasties pacienta ķermeņa augšdaļai;
2. To fiksē uz tam paredzētajām universālajām sliecēm;
3. Iespēja mainīt atbalsta abdukcijas leņķi plašā amplitūdā no 0-180°;
4. Iespēja mainīt atbalsta augstumu -10 līdz +20 cm amplitūdā attiecībā pret operāciju galdu;
5. Atbalsta stāvokļa maiņai attiecībā pret operāciju galdu jānodrošina 30° fleksiju un ekstenziju un 45° ārēju un iekšēju rotāciju.

6. Jābūt iespējai atbalsta augstuma un leņķa regulēšanu veikt no atbalsta distālā gala. Tas nepieciešams rokas pozīcijas uzlabošanai pacientam, kurš jau ir aplāts operācijas laikā un bez brīvas piekļūšanas iespējas ārstam pie atbalsta stiprinājumiem pie operāciju galda.

7. Atbalstam nepieciešams mīksts, polsterēts segums, kas ir ērti kopjams ar dezinfekcijas līdzekļiem un tāpat ir nepieciešamas fiksējošās lentas rokas nostiprināšanai.

8. Ieteicamais rokas atbalsta izmērs ir 10-15cm x 35-45 cm ar lēzeni izliektu virsmu.

9. Atbalstam nepieciešama rokas masai atbilstoša nestspēja (2-8 kg) un stingums nofiksētajā pozīcijā.

Uz izstrādāto patentu bāzes tika radīti vairāki ierīču prototipi un beigās izveidotas divas klīnikā ieviestas iekārtas, kuras šodien anesteziologi lieto rokas pozicionēšanai reģionālās anestēzijas laikā vai darba uzlabošanai, veicot reģionālo anestēziju. Reģionālās anestēzijas stacija «Locoflex 4E», kuras izstrāde notika kopā ar Latvijas un Francijas anesteziologiem, ir ieviesta klīniskajā praksē (11. attēls).



11.attēls. Reģionālās anestēzijas stacija «Locoflex 4E».

Šī iekārta ļauj pozicionēt izvēlētajā pozīcijā gan roku, gan kāju un ir neatkarīga no operāciju galds konstrukcijas un augstuma. Tā var kalpot arī par ekstremitātes atbalstu visas ķirurģiskās operācijas laikā. Papildus priekšrocība reģionālās anestēzijas stacijai ir ergonomiski konstruētie plaukti, kas ļauj anesteziologa darba zonā novietot neirostimulatoru, ultrasonogrāfu un visus nepieciešamos piederumus vēnas punkcijai vai reģionālās anestēzijas veikšanai. Šīs ierīces ražošana ir jau uzsākta un to praksē lieto anesteziologi Latvijā, Francijā un Beļģijā.

#### **6. Ekstremitāšu pozicionēšanas neiroloģiskā riska faktoru identificēšana un rekomendāciju izstrāde**

Lai pēc iespējas samazinātu pēcooperācijas neiropātiju risku, uz plašas literatūras avotu pētījumu bāzes un autora pētījumu un meklējumu pamata tika izveidots neiroloģisko komplikāciju riska faktoru apkopojums un izstrādātas praktiskās rekomendācijas rokas pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas laikā.


Anesteziologa konsultācijas, pirmsanestēzijas vizītes laikā vai vēlākais operācijas zālē pirms anestēzijas uzsākšanas būtu ieteicams izvērtēt visus pacientam vai operācijas veidam un pozīcijai atbilstošos neiroloģiskos riska faktorus un atzīmēt tos anestēzijas kartē.

Ikdienā tīktu papildināts Pasaules veselības aizsardzības organizācijas jau daudzās valstīs ieviestais „*surgical safety checklist*” jeb ķirurģijas drošības kontrolsaraksts, kurš tiek aizpildīts operāciju zālē (Haynas et al., 2009). Riska faktoru skaitam pieaugot, pieaug arī pēcooperācijas neiropātiju risks. Mūsu piedāvātā gradācija ir sekojoša: 1-2 faktori: perifēro neiroloģisko komplikāciju risks zems. 3-4 faktori: perifēro neiroloģisko komplikāciju risks paaugstināts. 5-6 faktori: perifēro neiroloģisko komplikāciju risks augsts.

#### **Praktiskie vispārīgie ieteikumi anesteziologam, ķirurgam un anestēzijas māšai:**

1. Operācijas laikā, it sevišķi pie paaugstināta neiroloģiskā riska, iespēju robežās jācenšas izvairīties no kontrolējamiem risku pastipriņošiem apstākļiem: hipovolēmijas (Stoelting, 1993), dehidratācijas, hipotensijas (Garrique, 1897), hipoksijas un elektrolītu disbalansa (Bartholomew, 1956) un hipotermijas (Delorme, 1956, Swan et al., 1953).

2. Praktiskā darbā par rokas pozicionēšanu vairāk ir atbildīgs anesteziologs un anestēzijas māsa, savukārt kāju pozicionēšanu vienlaicīgi izdara vai novēro gan ķirurgs, gan anesteziologs. Juridiskā atbildība par nervu ievainojumiem pozīcijas laikā būtu jānes abiem speciālistiem.
3. Visas pozicionēšanas darbības būtu jāfiksē anestēzijas lapā. Tādējādi ir iespējams parādīt, ka tikušas veiktas visas nepieciešamās darbības risku novēršanai. Tiek piedāvāta vienkārša tabula un piktogramma, ko ir iespējams integrēt anestēzijas kartē. Tajās ir iespējams atzīmēt gan neiroloģiskā riska novērtējumu, gan veiktās darbības pozicionēšanas laikā (12.attēls). Tabulu ar piktogrammu ir iespējams arī ielīmēt jau gatavā anestēzijas kartē. Jāpievērš uzmanība, ka pacienta pozicionēšanas laiks uz operāciju galda, operācijas sākums un beigas var būtiski atšķirties.

Riska faktori	+/-	Pozīcijas piktogramma	
Pozīcijas ilgums uz operāciju galda >2h		<b>Dorzāli Ventrāli Laterāli</b>  Dextra                      Sinistra	
Perifēras neiropātijas anamnēzē			
Metabolas slimības, nesena trauma vai ilgstoša imobilizācija			
Vecums >75 gadiem			
Roku vai kāju novietošana uz atbalstiem			
Žņauga lietošana			
Riska novērtējums (faktori) 1-2: zems; 3-4: vidējs; 4-6: augsts	1-6	Anestēzijas sākums	.....
		Anestēzijas beigas	.....

12.attēls. Pacienta pozīcijas attēlojums operācijas laikā un neiroloģiskā riska novērtējums atkarībā no riska faktoru skaita. 1-2: Perifēro neiroloģisko komplikāciju risks zems. 3-4: Risks paaugstināts. 5-6: Risks augsts.

## Diskusija

### 1. Nervu stiepes deformācija.

Līdz šim nav publicēt dati, kas būtu iegūti, mērot tiešā veidā spiedienu pleca nervu-asinsvadu kūlītī, gan miera stāvoklī, gan rokas un pleca kustību laikā. Parasti spiediena mērījumi notiek uz ekstremitātes un tiek mērīts ārējais pielietotais spiediens, piemēram, ar žņāugu (Fowler et al., 1972, Ochoa et al., 1972, Pedowitz et al., 1991) vai citām kompresijas ierīcēm (Horiuchi, 1983, Dahlin et al., 1984, Dyck et al., 1990, Rydevik, Lundborg, 1977). Tāpat maz ir pētījumu par cilvēka nerva stiepes īpašībām. Pārsvārā ir pētītas laboratorijas dzīvnieku nerva parauga stiepes īpašības (Kitamura et al., 1995) vai dzīvnieku un līķa materiāla nerva ekskursijas amplitūda ekstremitātes kustību laikā (McLellan, 1975, McLellan, Swash, 1976, Wilgis, Murphy, 1986).

Pētījumā tika mērīta nerva stiepes deformācija tiešā veidā uz līķa rokas tās abdukcijas laikā. Šie rezultāti sniedz informāciju par nervu stiepes pakāpi abdukcijas laikā un ļauj salīdzināt mūsu datus ar nerva vadīšanas un audu izmaiņām pie līdzīgas stiepes pakāpes laboratorijas dzīvniekiem (Kwan et al., 1992, Singh et al., 2008). Pētījumos par trakcijas ietekmi uz nerva asinsapgādi agrāk bija konstatēts, ka 5-10% trakcija pārtrauc venozo plūsmu un 11-18% pārtrauc mikrocirkulāciju un arteriālo ekstrafascikulāro apgādi (Lundborg 1973). Promocijas darba pētījuma robežās novēroja, ka vidējie relatīvie trakcijas spēki (6-8%) atbilst venozās asinsrites pārtraukumam, bet maksimālie novērotie lielumi (15-20%) varētu izraisīt mikrocirkulācijas traucējumus un nervu išēmiju. Tādi dati vēlreiz jāņem vērā, novietojot pacienta roku potenciālā trakcijas pozīcijā sākot no 90° abdukcijas. Interesanti, ka detalizēti pētot arsevišķu *plexus brachialis* daļu izmaiņas, konstatēja, ka tās nav viendabīgas, tāpat kā to redzēja Kitamura pētījumā, veicot 80% abdukciju žurku ekstremitātēm (Kitamura, 1995). Viņa darbā varēja vērot, ka asinsrites disbalanss ir vērojams starp pinuma centrā un perifērijā esošajiem nerviem. Tas izskaidro arī darba pētījumā novēroto mainīgo neiroloģisko kliniku abdukcijas pozīcijās, kas, iespējams, ir saistīts ar nervu novietojuma pinuma centrā vai perifērijā, proti, ar individuālām īpatnībām (Kitamura, 1995).

### 2. Nervu kompresijas deformācija.

Pētot patofizioloģiskos nerva kompresijas aspektus, tika izmantota jauna pieeja. Ar izmantoto un darba laikā patentēto metodi audu spiediena mērīšanai (Vasiļevskis, Vanags, 2010) izdevās tiešā ceļā noteikt spiediena izmaiņas nervu-asinsvadu kūlītī. Aprakstītā metode

ir piemērojama arī turpmākos eksperimentos, lai, izmantojot laboratorijas dzīvniekus, iegūtu papildus datus par spiediena maiņu nervu-asinsvadu kūlīti gan mainot ekstremitātes un pleca pozīciju, gan arī mainot paša ķermeņa novietojumu, piemēram, uz vēdera vai sāniem. Šādi dati būtu vērtīgi optimālai pacienta pozicionēšanai operācijas laikā. Turklāt aprakstītā metode būtu pielietojama arī citu problēmu izpētei, kā, piemēram, audu spiediena noteikšanai izgulējumu veidošanās procesā, ložas sindroma gadījumā, kardiogēnas vai nefrotiskas perifēras tūskas laikā un citur.

Jau agrāk ir pētīti spiedieni, kuri kompresijas laikā izraisa nerva mikrocirkulācijas izmaiņas, kuras noved pie išēmijas. Ir zināms, ka 20-30 mmHg piemērotais ārējais spiediens izraisa venulu kompresiju, 40-50 mmHg pārtrauc arteriolāro un intrafascikulāro kapilāro plūsmu, bet 60-80 mmHg spiediena gadījumā tiek pārtraukta pilnībā nerva asinsapgāde (Rydevik et al., 1981). Pētījuma dati apstiprināja hipotēzi, ka abdukcijā vairāk par 90° strauji pieaug spiediens kūlīti un 120° mērīto spiedienu starpība pirms un pēc abdukcijas sasniedza 53 mmHg, 150° - 73 mmHg un 180° - 86 mmHg. Šādi spiedieni reāli izsauc sākotnēju mikrocirkulācijas un vēlāk arteriālās plūsmas pārtraukumu kompresijas zonā, jo salīdzinot ar Rydevik sniegtajiem datiem, 120° abdukcijā būtu jānovēro venozo kompresiju, bet 150° un 180° abdukcijā izteiktus mikrocirkulācijas traucējumus. Kritika, kas varētu tikt izvirzīta šiem datiem, visvairāk attiecas uz liķa stinguma daļēju iestāšanos izmeklējuma laikā. Ja uz nervu stiepes mehāniskajām īpašībām tam būtu jāatstāj minimāls iespaids, tad uz spiediena mērījumu muskuļaudu klātbūtnē varētu dot zināmu ietekmi. Sevišķi tas attiektos uz interskalēnās spraugas mērījumu, kur muskuļu stingums varētu palielināt spiedienu uz balonkatetru.

### **3. A. subclavia un a. axillaris doplerogrāfijas izmeklējumi un nervu-asinsvadu kūlīša kompresija.**

Viens no pētījuma uzdevumiem bija noskaidrot nervu-asinsvadu kūlīša kompresijas punktus dažādās rokas pozīcijās operācijas laikā. Šāds uzdevums ir grūti izpildāms eksperimentāli – diagnostiskajā laukā, jo tiek izmeklēta zona, kurai ir grūta piekļūšana ar ultrasonogrāfiju atslēgas kaula novietojuma dēļ, CT un MR izmeklējumos nav iespējams simulēt visas operācijas rokas pozīcijas, un angiogrāfiju grūti lietot brīvprātīgajiem izraisītās radiācijas un kontrasta iedarbības dēļ. Literatūrā mērķētu pleca zonas nervu-asinsvada kūlīša ultrasonogrāfijas izmeklējumu abdukcijas pozīcijās ir nedaudz, līdz ar to mūsu un kontroles grupas datus nākas salīdzināt arī ar CT, MR un angiogrāfijas datiem.

Iegūto rezultātu analīzei izmantoja *Hagen-Poiseuille* šķidrums plūsmas likumus, kas plūsmas pieaugumu saista ar asinsvada sašaurināšanos, bet plūsmas kritumu ar poststenotisko paplašinājumu. Pie tam teorētiskajā modelī, asinsvadam jāsašaurinās vismaz par 50%, lai novērotu būtisku plūsmas pieaugumu (Spencer, Reid, 1979). Līdz ar to ne visi gadījumi, kas uzrāda būtisku diametra sašaurināšanos, bet ir mazāki par 50%, saistīti ar plūsmas pieaugumu. *Spencer* un *Reid* modelī kritiskais plūsmas pieauguma sliekšnis tiek sasniegts pie 20% diametra samazināšanās. Saistībā ar darba uzdevumiem svarīgs ir arī fakts, ka artērijas kompresija var nozīmēt arī vēnu un nerva kūlīša nospiedumu, jo tie pleca zonā ir novietoti blakus vienā kopējā fasciālā telpā, lai arī anatomiski to pozīcija pret asinsvadu ir variabla.

Pirmais eksperiments apskatīja *a. subclavia* plūsmu punktā virs atslēgas kaula salīdzinot ar *Stapleton* kontroles grupu, kas mērījumus veica zem atslēgas kaula. Iegūtie dati mērījumos virs atslēgas kaula 90° un 120° abdukcijā uzrādīja *arteria subclavia* sašaurināšanās tendenci ar plūsmas kritumu pēc stenozes punkta izejot caur *mm. scaleni* piestiprināšanās vietu pie pirmās ribas. Savukārt zem atslēgas kaula plūsmas kritums netieši norāda uz stenozi kostoklavikulārajā punktā un šis kritums bija būtisks 90° un 120° abdukcijā kopā ar 30° ekstenziju un 90° ārēju rotāciju, kā arī 180° abdukcijā. Tomēr artērijas diametra izmaiņas nekonstatē, jo mērījums nenotiek pretī stenozes punktam. Šie dati korelē ar *Matsumura* un *Remy-Jardin* CT un MR datiem (Matsumura 1997, Remy-Jardin 1997) par kompresijas punktiem starp *mm. scaleni* un kostoklavikulārajā punktā. Līdzīgus datus atrod arī citos pieejamajos ultrasonogrāfijas pētījumos (Longley et al., 1992, Napoli et al., 1993).

Otrajā eksperimentā tika mērīta plūsma *a. axillaris* 4 punktos zonā zem atslēgas kaula un *Stapleton* kontroles grupā punktā distāli no *humerus* galvas. Dati pārliecinoši uzrādīja plūsmas pieaugumu veicot 150° abdukciju un 150° abdukciju ar 30° ekstenziju promocijas pētījumā, un 120° abdukcijā ar un bez 30° ekstenzijas kontroles grupā. Abos gadījumos plūsma būtiski pieauga punktā, ko mērīja aksilārajā bedrē, kas atbilst vēl stenozes zonai pēc kompresijas pret *humerus* galvu, jo pretējā gadījumā būtu jau jānovēro poststenotiskais plūsmas kritums. Artērijas kompresiju arī pret *humerus* galvu izskaidro *Dijkstra* un *Westra* darbi, kas parāda *humerus* nobīdi ventrālā virzienā un pastiprinātu artērijas kompresiju rokas ekstenzijas un ārējās rotācijas pozīcijās. Līdzīgu *humerus* nobīdi ventrāli novēro pie glenohumerālo ligamentu priekšējās daļas insuficiences (*Dijkstra*, *Westra*, 1978). Iegūtie dati izceļ pirmajā vietā abdukcijas lomu nervu-asinsvadu kūlīša kompresijā, jo ekstenzija tikai 120° un 150° abdukcijā pastiprināja kompresijas pazīmes. Vēl pētījums un kontroles grupa parādīja, ka rokas fleksija kombinācijā ar vai bez rokas abdukcijas, neuzlabo arteriālās plūsmas rādītājus pleca zonā (*Stapleton* et al., 2008).

Pētījuma laikā iegūtie neiroloģiskie klīniskie simptomi korelēja ar kontroles grupu un Rayan veiktajiem pētījumiem par veselū indivīdu klīniskajiem simptomiem *Thoracic outlet* provokācijas testu laikā (Rayan 1995). Tika iegūti ļoti dažādi ar pozīciju saistītie simptomi, kas bija saistīti gan ar nervu kompresiju un iestiepumu, gan ar pleca un elkoņa locītavas neērtu pozīciju.

#### 4. Neiroloģiskā perioperatīvā riska noteikšana.

Lai atvieglotu un organizētu anesteziologa darbu, aizvien plašāk tiek ieviesti anestēzijas “*checklist*” jeb kontrolsaraksti. ASV anestēzijas aparatūras kontrolsarakstus lieto kopš 1986. gada un to uzlabošana nepārtraukti turpinās (Manley 1996, Blike, Biddle, 2000). Tāpat arī anestēzijas aparatūras pārbaudes saraksti attīstās Eiropā (Nilsson et al., 2009). Arī promocijas darba viens no uzdevumiem bija izstrādāt metodes, kā samazināt komplikācijas, kuras būtībā rodas neprecīzi ievērojot pacienta pozicionēšanas jau zināmus un rokasgrāmatās uzskaitītus likumus (Desmots, 1994, Samii, 1995, Sawyer et al., 2000). Uzdevumu atvieglo fakts, ka pēdējos gados Pasaules veselības aizsardzības organizācija ir uzsākusi „*surgical safety checklist*” jeb ķirurģijas drošības kontrolsaraksta ieviešanu (Haynas et al., 2009).

Pēc galveno sešu neiroloģiskā riska faktoru apzināšanas radās doma pacienta pozicionēšanu un riska faktoru novērtēšanu integrēt perioperatīvajā ķirurģijas drošības kontrolsarakstā.

Promocijas darba laikā iegūtie rezultāti apstiprina jau iepriekš aprakstītos pacienta pozicionēšanas un novērošanas noteikumus, kas aprakstīti literatūrā (Desmots, 1994, Samii, 1995, Sawyer et al., 2000, Ullrich et al., 1997, Eurin, 2002). Tomēr darbā iegūtie dati būtiski paplašina izpratni par pleca nervu-asinsvada kūlīša patofizioloģiskajiem procesiem, kuri izraisa nervu stiepes un kompresijas deformāciju dažādu rokas kustību laikā, un ilgstošas iedarbības un predisponējošo faktoru klātbūtnē var novest pie pēcooperācijas neiropātijām (Upton, McComas, 1973). Izstrādātās rokas pozicionēšanas ierīces un neiroloģiskā pēcooperācijas riska skalas ieviešana praktiskajā darbā palīdzēs uzlabot pacienta komfortu un mazinās pēcooperācijas komplikācijas.

#### Secinājumi

1. Pēcooperācijas *plexus brachialis* neiropātiju attīstības galvenais patoģenētiskais faktors ir perifēro nervu stiepes un kompresijas deformācija kombinācijā ar ilgstošu ekspozīcijas laiku.
2. *A. subclavia* poststenotisku plūsmas samazinājumu konstatē 90° un 120° abdukcijas un 30° ekstenzijas laikā pēc *mm. scaleni* piestiprināšanās vietas, bet *a. axillaris* būtiska kompresija



- notiek 150° abdukcijas un 30° ekstenzijas laikā punktus pret *humerus* galvu un aksilārajā bedrē.
3. Pacienta komforta līmenis ir labāks pozīcijās ar roku horizontālā līmenī, salīdzinot ar pozīcijām ar pleca nolaišanu 6 cm un rokas ekstenziju 30°.
  4. Izstrādātā un patentētā tehniskā palīgierīce „Locoflex 4E” uzlabo rokas pozicionēšanu un pacienta komfortu.
  5. Konstatēti seši pozicionēšanas neiroloģiskā riska faktori: pozīcijas ilgums uz operāciju galda >2h; perifēras neiropātijas anamnēzē; metabolas slimības, pazemināta audu trofika, nesena trauma vai iepriekšēja ilgstoša imobilizācija; vecums > 80 gadiem; roku vai kāju novietošana uz atbalstiem; žņauģa pielietošana.
  6. Neiroloģiskā riska mazināšanai izveidota perioperatīvā neiroloģiskā riska skala un izstrādātas pacienta pozicionēšanas vispārējās praktiskās rekomendācijas operācijām pozīcijā uz muguras, vēdera un uz sāniem.

### **Klīniskās rekomendācijas**

Lai mazinātu pēcoperācijas neiropātiju risku uz biomehānisko, klīnisko un morfoloģisko pētījumu pamata izstrādāta jauna perioperatīvā neiropātiju riska skala. Kopā ar jau lietoto Pasaules veselības aizsardzības organizācijas ķirurģijas drošības kontrosarakstu (Haynes, 2009) tā ieteicama neiropātiju riska novērtēšanai un profilaksei. Ārstiem tiek piedāvāta vienkārša tabula un piktogramma, kas integrējama anestēzijas kartē. Tajā atzīmējams gan neiroloģiskā riska novērtējums, gan ārsta-anesteziologa veiktās darbības slimnieka pozicionēšanas laikā. Tabulu ar piktogrammu ir iespējams arī ielīmēt jau gatavā anestēzijas kartē. Tās praktiskā pielietošana ir jau uzsākta pilota pētījumā un tās plašāka ieviešana būtu iespējama tuvākajā nākotnē.

Otrs praktiskais darba ieguldījums ir veltīts lietojamās medicīnas tehnikas pilnveidošanai operācijas laikā ar oriģinālas rokas pozicionēšanas ierīces „Locoflex 4E” izstrādāšanu un ieviešanu operāciju zāles darbā. Tā uzlabo pacienta rokas pozicionēšanas apstākļus un ir sevišķi noderīga reģionālās anestēzijas laikā un pie ilgstošām operācijām, kad nerva bojājuma riski pieauguši. Šī iekārta ļauj novietot izvēlētajā pozīcijā gan slimnieka roku, gan kāju un ir neatkarīga no operāciju galda konstrukcijas un augstuma. Ar tās palīdzību anesteziologa darba zonā var novietot neirostimulatoru, ultrasonogrāfu un visus nepieciešamos piederumus vēnas punkcijai vai reģionālās anestēzijas veikšanai.

Klīniskajā praksē jau uzsākta ierīces „Echosupport” lietošana, kas uzlabo ārsta komfortu veicot reģionālo anestēziju ultrasonogrāfijas kontrolē. Vairākos centros Latvijā un Francijā šīs ierīces ar panākumiem jau tiek pielietotas kopš 2008. gada.

Pacienta drošības nodrošināšana operācijas laikā, tai skaitā rūpējoties par tā pozīciju un komfortu, ir anesteziologu, ķirurgu un visa operāciju bloka personāla kopējs uzdevums. Izstrādātās metodes un ierīces kalpo šim kopējam mērķim un noteikti nākotnē tiks pētītas vēl vispusīgāk un plašāk.

## Originālpublikāciju saraksts

### Monogrāfijas

1. E. Vasiļevskis, « Anestezioloģijas rokasgrāmata ». Rīga: «Nacionālais Medicīnas Apgāds», 2000. - 550 lpp.
2. E. Vasiļevskis. « Reģionālās anestēzijas ABC ». Rīga: «Nacionālais Apgāds», 2008. - 124 lpp.

### Sadaļa mācību grāmatā

Perifēro nervu bloki // Sadaļa grāmatā “Anestezioloģija, reanimācija, intensīvā terapija”, prof. I. Vanaga un prof. A. Sondores redakcijā; Rīga: Nacionālais Apgāds. 2008, 370-388. lpp.

### Publikācijas

1. E. Vasiļevskis. Plexus brachialis multistimulācijas blokāde brachiālajā kanālā: lietošanas pieredze // Acta Chirurgica Latviensis, 2003; III;p. 115 –123.
2. E. Vasiļevskis, A. Miščuks, I. Vanags. Special devices for regional anesthesia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences; 2008; Vol 62, Number 4/5, 148-155.
3. E. Vasiļevskis, A. Miščuks, I. Vanags. Reģionālās anestēzijas efektivitāti ietekmējošo faktoru analīze // Rīga, RSU Zinātniskie raksti; 2007;111-117.
4. A. Miščuks , T. Kauliņš, E. Vasiļevskis, M. Mihelsons. Reģionālās anestēzijas kvalitātes monitorings un tā optimizācija // LU vēstis, Rīga, 2009, 750. sējums; 88-93 lpp.
5. E. Vasiļevskis , M. Radziņa, I. Evansa, U. Teibe, I. Vanags. Arteriālās plūsmas un artērijas diametra izmaiņas kostoklavikulāri-aksilārā zonā anestēzijas laikā dažādās rokas abdukcijas pozīcijās. // Akceptēts publicēšanai RSU 2010. gada rakstu krājumam.

6. E.Vasilevskis, S. Skuja, I.Evansa, E. Šteina, A. Sondore Pīlpa, G. Vābels, U.Teibe, H. Jansons, V. Groma, I. Vanags. *Plexus brachialis* strain and compression deformation in costo-axillary-brachial region: cadaveric study // 25.01.2011 akceptēts publicēšanai žurnālā „Medicina”, Kauņa, Lietuva.

#### **Konferenču tēzes par pētījuma tēmu**

1. E.Vasilevskis, A.Miscuks. Optimisation of upper limb peripheral nerve block. Referāts. 4th International Baltic congress of anaesthesiology and intensive care. Rīga, 2008. gada 11-13. decembris.
2. E.Vasilevskis, A.Miscuks, M.Radzina, I.Vanags, H.Jansons. Blood flow changes in subclavian and axillary artery during hyperabduction of the arm in normal and elevated shoulder positions. Stenda referāts. NYSORA World anesthesia congress, Dubai, 7-12. III 2010.
3. E.Vasilevskis, A.Miscuks, M.Radzina, I.Vanags, H.Jansons. *A. subclavia* un *a. axillaris* sistoliskās asins plūsmas, artērijas diametra un pacienta komforta izmaiņas pie dažādām rokas pozīcijām anestēzijas laikā // RSU zinātniskā konference, 2010. gada aprīlī.
4. E.Vasilevskis, G.Vābels, I.Evansa, A.Miščuks, E.Šteina, A.Sondore Pīlpa, U.Teibe, I.Vanags, H.Jansons. *Brachial plexus* and vascular bundle compression and tension deformation during the hyperabduction of the arm. Stenda referāts ESRA Eiropas reģionālajā kongresā, Rīga, 2010. gada 20.-22. maijs.

#### **Reģistrētie patenti**

1. Vasiļevskis E., Vanags I., Ierīce augšējās ekstremitātes operācijām, // Latvijas Republikas patentu valde, 20. oktobris 2004, patents LV 13204 B.
2. Vasiļevskis E., Vasiļevskis L. Ierīce lokoreģionālai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2004, patents LV 13224 B.
3. Vasilevskis E. Device for locoregional anesthesia // World Intellectual Property Organization, 19. January 2006, International Publication Number WO 2006/006836 A1, International Patent Classification: A61G 13/12, A61M 5/52, International Application Number: PCT/LV2005/000002, International Filing Date: 8 March 2005 (08.03.2005), Priority Data: P-04-76, 9 July 2004 (09.07.2004) LV.
4. Vasiļevskis E. Ierīce lokoreģionālai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. augusts 2006, patents LV 13375 B.

5. Vasiļevskis E., Ramanis M. Ierīce lokoreģionālajai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. maijs 2007; patents LV 13563 A.
6. Vasiļevskis E., Ramanis M., Eglītis A. Ierīce lokoreģionālajai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2007; patents LV 13652 B.
7. Vasiļevskis E., Ramanis M., Eglītis A. Ierīces lokoreģionālajai anestēzijai dizainparauga reģistrācija // Latvijas Republikas patentu valde, 20. janvāris 2009; reģistrācijas apliecība D 15 229.
8. Vasiļevskis E., Ramanis M. Ultrasonogrāfa zondes fiksators // Latvijas Republikas patentu valde, 20. jūlijs 2010; patents LV 14151 B.
9. Vasiļevskis E., Vanags I. Ierīce ausu spiediena mērīšanai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2010; patents LV 1412 B.

#### **Izstrādātās un ieviestās ierīces**

1. Ierīce reģionālajai anestēzijai „Locoflex 2“.
2. Ierīce reģionālajai anestēzijai „Locoflex 4E“.
3. Ierīce ultrasonogrāfa zondes fiksācijai „Echosupport“.



**Augšējās ekstremitātes asinsvadu doplerogrāfija**

- **Pacients:** \_\_\_\_\_ **Datums:** \_\_\_\_\_
- **Vecums:** \_\_\_\_\_ **ASA:** \_\_\_\_\_ **Nr:** \_\_\_\_\_
- **Svars:** \_\_\_\_\_ **Augums:** \_\_\_\_\_ **ĶMI:** \_\_\_\_\_
  
- **Operācija / trauma:** \_\_\_\_\_  
**(Saslimšana)**

Roka addukcija	A. Subclavia / A. axillaris Labā / Kreisā / VA / RA			Ērtība 1-10
	Infraclavic / I riba	M. pect. minor / Hum.	Axillaris	
<b>0° plecs un roka horizontāli</b>				
45° V				
Dø				
90° V				
Dø				
120° V				
Dø				
150° V				
Dø				
180° V				
Dø				
<b>Plecs -6 cm, rokas 30°ekstenzija</b>				
45° V				
Dø				
90° V				
Dø				
120° V				
Dø				
150° V				
Dø				
180° V				
Dø				