



Edgars Vasiļevskis

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

*Rokas apdraudējuma biomehāniskā izpēte*

Promocijas darbs  
Specialitāte – Anestezioloģija un  
reanimatoloģija

Rīga, 2011

769374



**Rīgas Stradiņa universitāte**

**Edgars Vasīļevskis**

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

**Rokas apdraudējuma biomehāniskā izpēte**

**Promocijas darbs Medicīnas doktora grāda iegūšanai**

**Darba zinātniskie vadītāji**

**Dr. Med. habil. Prof. I. Vanags un**

**Dr. Med. habil. Prof. H. Jansons**

**Specialitāte – Anestezioloģija un Reanimatoloģija**

**Rīga – 2011**

811200178

## Darbā izmantotie saīsinājumi

Aksillārās artērijas kompresijas punkti:

1. INFRA - infraklavikulāri;
2. PECT - zem m. pectoralis minor cīpslas jeb subkorakoīdajā kanālā;
3. HUM - punkts pret *caput humeri* (HUM);
4. AXILL – punkts paduses bedrē.

ASA American Society of Anesthesiologists, Amerikas anesteziologu asociācija

CNS Centrāla nervu sistēma

CT Kompjūtertomogrāfija

EFI Elektrofizioloģiskie izmeklējumi

EM Elektronu mikroskopija

ESRA Eiropas reģionālās anestēzijas asociācija

HNM Hroniska nieru mazspēja

KK Kostoklavikulārais attālums

KSS Koronārā sirds slimība

MIDP Motorie izsauktie darbības potenciāli

MR Magnētiskā rezonanse

PNS Perifērā nervu sistēma

PVAO Pasaules veselības aizsardzības organizācija

RA Reģionālā anestēzija

SEM Skenējošā elektronu mikroskopija

SK Skaleno-klavikulārais attālums

SSIP Somatosensorie izsauktie potenciāli

TEM Caurstarojošā (Transmission) elektronu mikroskopija

VA Vispārējā anestēzija

Vsmax Artērijas maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums

## SATURS

IEVADS .....	6
<b>1. LITERATŪRAS APSKATS .....</b>	<b>11</b>
1.1. Perifēro nervu traumatisms operācijas laikā .....	11
1.1.1. Definīcijas .....	12
1.1.2. Sastopamības biežums.....	13
1.2. Perifērās nervu sistēmas perioperatīvo bojājumu vispārējā patofizioloģija.....	15
1.2.2. Plexus brachialis anatomija .....	19
1.2.3. Nervu bojājumu veidi.....	20
1.2.4. Aksonopātijas un mielinopātijas .....	24
1.2.5. Remielinizācija un aksona reģenerācija .....	26
1.2.6. Nerva funkcijas atjaunošanās .....	27
1.3. Operācijas pozīcijas provocēto neiropatiju mehānismi.....	27
1.3.1. Klasifikācija .....	27
1.3.2. Kompresijas neiropatiju klīniskās un morfoloģiskās izmaiņas .....	28
1.3.2.1. Akūtas kompresijas neiropatijas.....	28
1.3.2.2. Hroniskas kompresijas neiropatijas.....	30
1.3.3. <i>Double crush</i> un <i>multiple crush</i> sindromi .....	33
1.3.4. Trakcijas neiropatijas .....	36
1.4. Pacienta augšējās ekstremitātes pozicionēšana operācijai .....	38
1.4.1. Biežākie roku pozīciju veidi.....	38
1.4.2. Ķirurģiskās operācijas, kas saistītas ar perifērajām neiropatijām .....	46
1.4.3. Nervu – asinsvadu kūlīša kompresijas vizualizācija rokas abdukcijas laikā .....	47
1.4.3.1. Sonogrāfijas dati.....	47
1.4.3.2. CT un MR dati.....	48
1.4.3.3. Klīniskie simptomi .....	49
1.4.4. Rokas pozicionēšanas neiroloģisko komplikāciju riska faktoru apkopojums.....	50
5.5. Palīgierīces augšējās ekstremitātes pozicionēšanai.....	51
1.5.1. Operāciju galda palīgīdzekļi .....	51
1.5.2. Speciālie aparāti .....	52
1.6. Anestēzijas laikā radušos perifēro nervu bojājumu klīnika .....	53
1.6.1. <i>Plexus brachialis</i> bojājuma klīniskie simptomi .....	53
1.6.2. Diagnostikas testi .....	53

1.6.3. Elektrofizioloģiskie izmeklējumi .....	55
1.6.4. Prognoze.....	56
<b>2. MATERIĀLS UN METODEDES.....</b>	<b>58</b>
2.1. Pētījumu veids, pacientu raksturojums, demogrāfiskie dati un atlases principi.....	58
2.2. Pētījuma uzbūve .....	60
2.2.1. Nervu–asinsvadu kūlīša stiepes un kompresijas pētījums.....	60
2.2.2. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un horizontālu fleksiju.....	64
2.2.4. Pacienta pozīcijas ērtības novērtēšanas anketēšana .....	73
2.2.5. Tehnisko palīgierīču izstrāde rokas pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā.....	74
2.2.6. Ekstremitāšu pozicionēšanas neiroloģiskā riska faktoru identificēšana un rekomendāciju izstrāde.....	74
2.3 Darba ētiskie aspekti .....	75
2.4. Datu statistiskās apstrādes metodes.....	76
<b>3. REZULTĀTI .....</b>	<b>77</b>
3.1. Nervu–asinsvadu kūlīša stiepes un kompresijas pētījuma dati .....	77
3.1.1. Stiepes deformācija .....	77
3.1.2. Kompresijas deformācija.....	78
3.1.3. Nerva parauga gaismas mikroskopijas dati pēc stiepes noslogojuma.....	79
3.1.4. Stiepes testa elektronu mikroskopijas (EM) dati.....	82
3.1.5. Stiepes un kompresijas pētījuma datu kopsavilkums.....	86
3.2. Plūsmas mērījumi salīdzināmās rokas hiperabdukcijas pozīcijās .....	87
3.2.1. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un rokas horizontālu fleksiju .....	87
3.2.2. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca nolaišanu un rokas horizontālu ekstensiju .....	93
3.2.3. Pleca artēriju doplerogrāfijas izmeklējumu rezultātu kopsavilkums. ....	103
3.3. Pacienta pozīcijas ērtības novērtējums.....	105
3.3.1. Pacienta augšējās ekstremitātes ērtības novērtēšanas anketēšana.....	105
3.3.2. Anketēšanas datu kopsavilkums.....	106
3.4. Izstrādātie rokas pozicionēšanas speciālie aparāti .....	110
3.4.1. Prasības roku atbalstiem.....	110
3.4.2. Izstrādātie patenti .....	112

3.4.3. Izstrādātie rokas fiksācijas aparāti.....	113
3.4.4. Papildus izstrādes anesteziologa un pacienta komfortam .....	115
3.5. Rekomendācijas .....	116
3.5.1. Neuroloģisko komplikāciju riska faktori pirmsoperācijas novērtējumam .....	116
3.5.2. Praktiskās rekomendācijas rokas pozicionēšanai .....	117
<b>4. DISKUSIJA .....</b>	<b>120</b>
4.1. Nervu stiepes deformācijas pētījumi .....	121
4.2. Nerva kompresijas izmaiņas.....	124
4.2. A. subclavia un a. axillaris kompresijas punkti saistībā ar pacienta rokas pozīciju	127
4.4. Pacienta komforta uzlabošana .....	129
4.5. Rokas pozicionēšanas iekārtas .....	131
4.6. Pacienta drošība un neuroloģiskā perioperatīvā riska noteikšana .....	132
4.7. Diskusijas kopsavilkums .....	133
<b>SECINĀJUMI .....</b>	<b>135</b>
<b>LITERATŪRAS SARAKSTS.....</b>	<b>136</b>
<b>AUTORA PUBLIKĀCIJAS.....</b>	<b>152</b>
<b>ZIŅOJUMI KONGRESOS UN STENDA REFERĀTI .....</b>	<b>153</b>
<b>REGISTRĒTIE PATENTI .....</b>	<b>153</b>
<b>PIELIKUMI.....</b>	<b>155</b>

# IEVADS

## Darba 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 200.000 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 nepareizi 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 ieguvumiem. 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 analizē 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 saslimšanām un trofiskas traucējumiem parasti ir vairāk predisponēti šiem akūtajiem bojājumiem, tāpat kā rabdomiolīzei 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 aprūpē operācijas laikā, lai nodrošinātu pacienta drošību un lai šie noteikumi būtu realizējami



valstīs ar dažādu ekonomisko situāciju (PVAO, 2008). Šīs 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 pēcooperācijas 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 palīgierīcēm pacienta novietošanai operācijas pozīcijā, papildus ķirurģiskā aparatūra, 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 tehnikai, 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 galdiņus, 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 pēcooperācijas 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, žņauga 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, kontrolesaraksta un neuroloģiskā riska novērtējuma ieviešana var samazināt rokas pēcoperācijas 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 kūtītī vai starpaudu telpā.

### **Darba bāzes un izmantotā aparatūra**

#### **Darba bāzes:**

1. Rīgas 2. slimnīca.
2. Ventspils reģionālā slimnīca.
3. Jelgavas reģionālā slimnīca.
4. Valsts tiesu medicīnas centrs.

#### **Darbā izmantotā aparatūra:**

1. Portatīvais ultrasonogrāfijas aparāts „Sonosite Micromaxx” (ASV).
2. Reģionālās anestēzijas stacija „Locoflex 4E”(Latvija).
3. Manometrs Keyence AP-30 (Japāna).

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Perifēro nervu traumatisms operācijas laikā

Perifēro nervu ievainojumi anestēzijas laikā tiek uzskatīti par profilaktiski novēršamiem, bet neskatoties uz to, tie joprojām ir sastopami. Lai labāk izprastu šo problēmu, jāatceras perifēro nervu topogrāfiskās anatomijas īpatnības.

Perifēro nervu uzbūves un novietojuma raksturs tos ikdienā pakļauj multiplai apkārtējo audu un struktūru iedarbībai. Perifēros nervus veido muguras smadzeņu saknītes un spinālie nervi, kas pamet mugurkaula kanālu caur *foramen vertebralis* un izveido nervu pinumus (Kamina, 2005). Distāli nervi turpinās starp fascijām, muskuļiem, saitēm blakus rigīdām kaulu struktūrām caur fibro-osāliem un muskulo-osāliem kanāliem līdz perifērijai. To uzbūve un elasticitāte ļauj tiem piemēroties ļoti daudzveidīgai mehāniskai iedarbībai stiepes un kompresijas veidā. Slodzei iedarbojoties ilgstoši, piemēram, ķirurģiskās operācijas laikā, un pārsniedzot nerva fizioloģiskās deformācijas robežas, nerva audi var tikt ievainoti (Kwan et al., 1992). Pie tam katram nervu pinumam un nervam, saistībā ar tā novietojumu, apkārtējā reģiona funkcionālajām īpatnībām un biežāk uzņemto slodzi, ir novērojami tam raksturīgie ievainojuma sindromi. Dažādus perifēro nervu ievainojumus novēro kā ķirurģiskās operācijas vai kā anestēzijas manipulāciju komplikācijas (Eurin, 2002).

Tālāk aprakstītais scenārijs diemžēl ir pazīstams daļai kolēģu, kuriem ir gara darba pieredze. Ķirurģiskā operācija un anestēzija paiet bez sarežģījumiem, bet operācijas vakarā, kad pacients ir pilnībā pamodies, viņam sākas sūdzības par rokas tirpšanu, vājumu un sāpēm. Turpmākā neiroloģiskā izmeklēšana un veiktā elektromiogramma apstiprina nerva bojājumu. Dažu tuvāko mēnešu laikā nerva funkcija lēnām atjaunojas, bet pacientam paliek atmiņā periods, ko raksturo sāpes un funkcijas traucējums (Dawson, Karup, 1989). Šādu neiroloģisko komplikāciju biežums pēcoperācijas periodā sastāda ap 0,1% no operāciju skaita (Warner et al., 1994). Tātad šādu ļoti nepatīkamu, kaut arī visbiežāk pārejošu komplikāciju varētu novērot pēc katras tūkstošās narkozes. Savukārt no visiem periooperatīvajiem perifēro nervu ievainojumiem statistiski visbiežāk novēro nervus ulnaris (38%) un *plexus brachialis* (24%) bojājumus (Zylicz et al., 1984, Goodman, 1992).

Svarīgi ir arī atzīmēt, ka ne visi periooperatīvie ievainojumi izsauc pēcoperācijas neiropātijas, jo daļa no tiem ir ar īslaicīgu klīnisko simptomātiku un tātad reālais ievainojumu biežums ir daudz augstāks. To apstiprina pētījumi, kuros izmantoja somatosensoro izsaukto potenciālu reģistrēšanu (SSIP) kardiķirurģijas operāciju laikā. Tā tika konstatēts, ka plexus

brachialis pārejoši pārvades traucējumi dažādos operācijas etapos bija novērojami no 13-70% pacientu, bet pēcoperācijas neiropātijas reģistrēja daudz mazākā intervālā, kas svārstījās no 2-18% (Hickey et al., 1993).

Nerva bojājumu padziļināta patofizioloģijas izpratne un rūpīga pacienta novērošana perioperatīvajā periodā var novērst lielāko daļu no šiem potenciālajiem bojājumiem. Lai arī perifēro pēcoperācijas neiropātiju skaits nav liels, neviena no šīm komplikācijām nevar tikt uzlūkota vianaldzīgi un šī darba mērķis ir dziļāk izpētīt problēmu un piedāvāt pacienta perioperatīvās aprūpes uzlabojumus.

### 1.1.1. Definīcijas

Darbā iztirzāto problēmu pamatā ir patoloģijas, kuras pēc vairākiem avotiem tiek definētas sekojoši.

**Neiropātija:** 1. Perifērās nervu sistēmas funkcionāls traucējums vai patoloģiska izmaiņa, kas reizēm izpaužas ierobežoti kā bojājums bez iekaisuma reakcijas un ar ko tā atšķiras no neirīta (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. 2003, 1257. lpp.).

2. Visa veida perifērās nervu sistēmas traucējumi, neatkarīgi no bojājuma vietas un plašuma, simptomatoloģijas (sensitīva, motora, motori-sensitīva vai veģetatīva), attīstības veida (akūta, subakūta vai hroniska) un cēloņa (metabola, nutritīva, toksiska, infekcioza, vaskulāra, imunoloģiska, paraneoplāziska vai hereditāra) (Delamarre, 27. Edit. 2002, 571. lpp.).

3. Perifērā nerva funkcionāla problēma, kura izraisa sāpes, nejutīgumu, notirpumu, pietūkumu un muskuļu vājumu dažādās ķermeņa daļās. Neiropātijas var izraisīt fizikāla trauma, infekcija, toksiskas vielas, saslimšanas (piem., audzējs, cukura diabēts, nieru mazspēja vai barošanās traucējumi) vai arī medikamenti kā, piemēram, pretvēža līdzekļi. Lieto arī terminu perifērā neiropātija (St Jude Children's Research Hospital, 2010).

**Bojājums:** (angl.: lesion, fr.: blessure). 1. Visa veida patoloģisks vai traumatisks audu pārtraukums vai to funkcijas zudums. (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. 2003, 1017. lpp.).

2. Visa veida tūlītējas lokālas izmaiņas, ko izraisījusi ārēja agresīva iedarbība (Delamarre, 27. Edit. 2002, 107. lpp.).

**Ievainojums:** (angl.: injury, fr.: lésion). 1. Kaitējums vai ievainojums: brūce vai sakropļojums. Parasti attiecas uz ārējo spēku izraisītu iedarbību uz ķermeni (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. 2003, 934. lpp.).

2. Izmaiņas, kuras raksturo kāda orgāna anatomiskās vai histoloģiskās izmaiņas un ko var konstatēt ar mūsu šodienas izmeklēšanas iespējām (Delamarre, 27. Edit. 2002, 478. lpp.).

#### **Komplikācija:**

1. Slimība vai slimības, kuras novēro vienlaicīgi ar citu slimību. Vai: Vienas vai vairāku slimību mijiedarbība vienam pacientam (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. 2003, 402. lpp.).

2. Fenomens, ko novēro slimības gaitā, kurš ir atšķirīgs no parastajām slimības izpausmēm un ir slimības radīto bojājumu rezultāts (Delamarre, 27. Edit. 2002, 181. lpp.).

#### **Traumatisms:**

Fizisks vai psihisks stāvoklis, ko izraisa ievainojums vai brūce (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. 2003, 1939. lpp.).

#### **Pleksopātija:**

Jebkurš anatomiskā pinuma traucējums, bet visbiežāk iet runa par nervu pinumu. (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. 2003, 1453. lpp.).

### **1.1.2. Sastopamības biežums**

Nervu ievainojumi kā vispārējās anestēzijas komplikācijas tika aprakstīti drīz pēc ētera narkozes ieviešanas un agrīnās publikācijas to saistīja ar vispārējo anestētiķa toksicitāti (Slocum et al., 1948). Bīdingers bija pirmais, kurš šīs komplikācijas pēc hloroforma narkozes saistīja ar pacienta pozīciju operācijas laikā (Budinger, 1894). Viņa teoriju apstiprināja *Krumm* un *Garrigues* publikācijas (Krumm, 1894, Garrigues, 1897). 1899. gadā pasauleslavenais angļu neiroķirurgs sers Viktors Hourslijs veica eksperimentus, izdarot vienlaicīgi galvas un pleca trakciju līķiem. Pēc izmēģinājumiem histoloģiski pētīt *plexus brachialis*, tika konstatēti bojājumi, ko viņš uzskatīja par nerva traumas sekām no pārstiepšanas (Horseley, 1899). Nākošais, kas padziļināti pētīja šo problēmu bija ne mazāk slavenais amerikāņu modernās ķirurģijas pamatlicējs Alberts Edvards Halsteds no Čikāgas. Viņš pirmais izvirzīja hipotēzi, ka traumas cēlonis varētu būt *plexus brachialis* kompresija starp atslēgas kaulu un pirmo ribu vai kakla skriemeļa *procesus transversus* (Halsted, 1908). Vēlāk arī daudzi citi autori (Marinacci, Rand, 1959, Nicholson, Eversole, 1957, Raffan,

1950, Slocum et al., 1948) ir pētījuši šo problēmu un, kā jau minēts iepriekš, aptuvenais gan īslaicīgo, gan ilgstošo neiroloģisko komplikāciju skaits tiek lēsts 0,1% no operāciju skaita, un vislielāko daļu sastāda *nervus ulnaris* kompresijas bojājums (Warner et al., 1994).

*Plexus brachialis* postoperatīvu neiropātiju konstatē no 0,02-0,06% pēc vispārējās ķirurģijas un līdz pat 4% pēc kardiokirurģijas operācijām (Dawson, Karup, 1989). Savukārt *nervus ulnaris* pēcoperācijas neiropātiju pēc dažādiem avotiem novēro no 0,1% (Zylicz et al., 1984) līdz pat 0,26% (Alvine, Schurrer, 1987).

Apskatot vairākus plašus neiropātiju retrospektīvo analīžu datus (Dhuner, 1950, Parks, 1973, Ben-David, Stahl, 1997) par periodiem no 1940.-1945. gadam, no 1957. līdz 1969. un no 1989-1995. gadam, varam konstatēt, ka *plexus brachialis* perioperatīvā ievainojuma anatomiskais līmenis ir ļoti variabls un salīdzinoši augsts ir pleksopātiju procents pacientiem pēc sternotomijas pielietošanas.

Apkopojot datus no 1940.-1945. gadam par 30 000 operācijām „Karolinska Sjukhuset” slimnīcā Stokholmā Zviedrijā, tika konstatēts 31 patients, kuriem atklāja dažādas pakāpes perifēro nervu bojājumu pēcoperācijas periodā, tātad 0,1% no operētajiem. No šiem pacientiem lielākajai daļai jeb 26 pacientiem neiropātija attīstījās augšējā ekstremitātē ar sadalījumu: 11 *plexus brachialis*, 7 *nervus radialis* un 8 *nervus ulnaris*. Interesanti, ka pusei no šiem pacientiem tika veikta spinālā anestēzija, kura tātad nav faktors, kas izslēdz augšējās ekstremitātes pleksopātiju (Dhuner, 1950).

Citā pētījumā Kolorado, ASV no 1957. līdz 1969. gadam *General Hospital* tika analizētas 15 000 vispārējās ķirurģijas operāciju slimību vēstures, neiekļaujot gadījumus ar varbūtēju preoperatīvu nervu pinuma traumu. Šeit pēcoperācijas neiropātijas attīstījās 72 pacientiem, jeb vienam pacientam katrus divus mēnešus, un tas sastādīja veselus 0,48 % (Parks, 1973). Visbiežāk novēroja *plexus brachialis* paralīzi, ko konstatēja 23 no 28 pacientiem ar sternotomiju sirds ķirurģijā, bet ne visiem tika atzīmēta roku abdukcija operācijas laikā. Jāatzīmē arī, ka vidējais operācijas ilgums šiem pacientiem bija 4 stundas 54 minūtes, tātad ar garu iespējamā bojājuma ekspozīcijas laiku. Šiem pacientiem atveseļošanās notika ļoti pakāpeniski. No 60 turpmākā gada laikā apsekotajiem, 92% pilnībā izveseļojās 6 mēnešu laikā, pie kam 35 % spontāni, bet 57 % ar fizioterapijas palīdzību, un 5 % pacientu tomēr saglabājās neiroloģiskais deficīts arī pēc 1 gada perioda.

*Ben-David* pētījumā tika apkopoti dati par laika periodu no 1989. līdz 1995. gadam, kura laikā 22 pacienti tika nosūtīti uz rokas ķirurģisko klīniku sakarā ar pēcoperācijas

brahiālu pleksopātiju. 8 pacienti tika nosūtīti pēc atvērtās sirds ķirurģijas, bet 14 pēc vispārējās ķirurģijas operācijas. Brahiālā pleksopātija pacientiem pēc mediānās sternotomijas bija raksturīga ar sensorajiem traucējumiem apakšējās *plexus* saknītēs, bet pacientiem pēc vispārējās ķirurģijas operācijām ar motoro deficītu *plexus* augšējās un vidējās saknītēs. Vidējais atveseļošanās laiks abās grupām bija 10 (no 4-16) un 20 (no 8-50) nedēļas (Ben-David, Stahl, 1997).

Vēl jāatzīmē, ka uz šodienu nav pieejami plaši apkopojoshi meta-analīzes dati par *plexus brachialis* perioperatīviem bojājumiem pēdējo 10-15 gadu laikā, kas varētu atspoguļot neiropātiju risku modernās ķirurģijas apstākļos, ievērojot šobrīd pieņemtos pacienta pozicionēšanas noteikumus (Samii, 1995).

## **1.2. Perifērās nervu sistēmas perioperatīvo bojājumu vispārējā patofizioloģija**

### **1.2.1. Perifērās nervu sistēmas struktūra**

#### **Vispārējā organizācija**

Perifēro nervu sistēmu iedala somatiskajā un autonomajā daļā. Nervi, kuri inervē ekstremitātes un *truncus*, satur abu veidu nervu šķiedras, bet lielākā šķiedru daļa te pieder somatiskajai nervu sistēmai. Šos perifēros nervus veido motorās un sensorās šķiedras, kuras nodrošina motoro un sensoro funkciju, kā arī autonomās šķiedras, kuras kontrolē asins apgādi ādai un muskuļiem un svīšanu (Bērziņš, Dumbere, 1995).

#### **Somatiskā perifērā nervu sistēma**

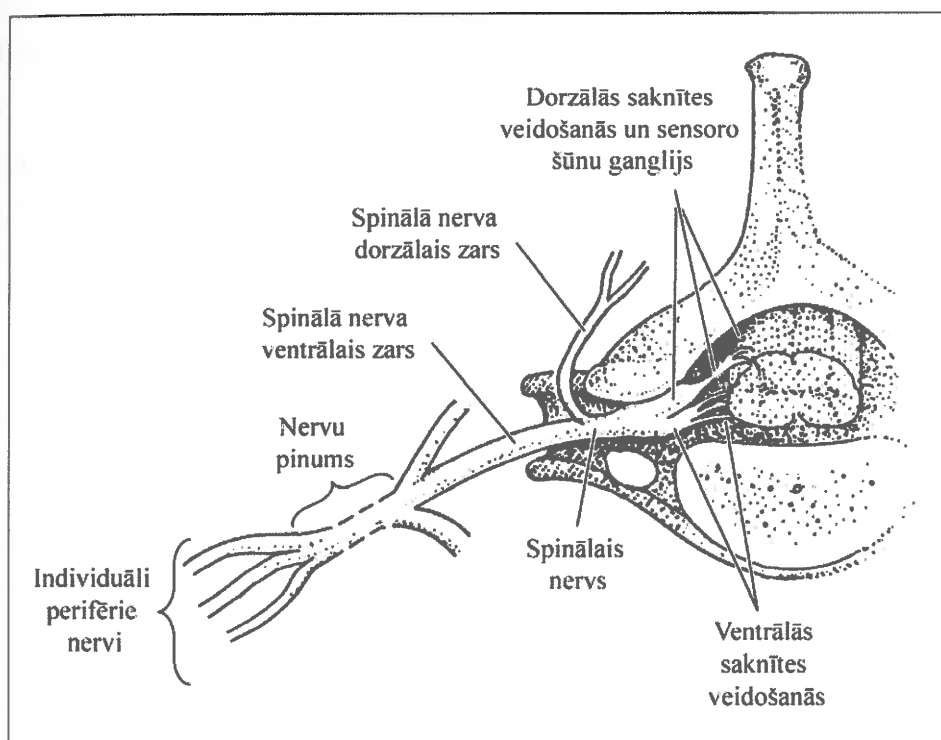
Lai labi izprastu perifērās neiropātijas, ir svarīgi apzināties to anatomisko substrātu. Spinālie nervi ir jaukti nervi, kuri nodrošina gan somatisko inervāciju, gan arī veģetatīvo daļu, pateicoties komunikantajiem zariem.

Priekšējai un mugurējai saknītei izejot no muguras smadzenēm un savstarpēji saplūstot, veidojas spinālie nervi. Katrs spinālais nervs atstāj mugurkaula kanālu pa *foramen vertebrale* un tūdaļ dod ventrālo un dorsālo zaru (1. attēls). Dorzālie zari inervē paraspinālos muskuļus un ādu ķermeņa mugurpusē. Savukārt ventrālie zari cervikālā, lumbālā un sakrālā līmenī veido nervu pinumus, kuri tālāk dalās perifērajos nervos. Torakālajā līmenī ventrālie zari izveido interkostālos nervus, kuri inervē krūškurvja un vēdera sienas ādu un muskuļus. Izņēmums ir pirmā torakālā spinālā nerva ventrālais zars, kurš saplūst ar pleca pinumu.



Motoro nervu šūnas ķermenis atrodas muguras smadzeņu ventrālajā ragā, bet tā aksoni nonāk spinālā nerva ventrālajā zarā. Sensoro nervu šūnas ķermenis savukārt ir novietots ganglijā, kurš atrodas uz dorsālās saknītes, un no tā aksoni caur spinālā nerva dorsālo saknīti nonāk muguras smadzenēs (Bērziņš, Dumbere, 1995).

Ādas inervācija ir segmentēta pēc piederības spinālajam nervam. Dermatoms atbilst ādas reģionam, ko inervē viena spinālā nerva dorsālā saknīte. Visbiežāk lieto ieteikto Foerster dermatomu klasifikāciju (Foerster, 1933). Arī muskuļi ekstremitātēm un ķermenim ir intervēti segmentāri. Par miotomu sauc muskuļu grupu, kuru inervē viens spinālais nervs.



1.attēls. Somatiskā perifērā nervu sistēma ar saknīšu, spinālo nervu, nervu zaru un gangliju veidošanās shēmu (pēc J.D. Stewart, *Focal Peripheral Neuropathies*, 2000).

#### Autonomā perifērā nervu sistēma

Autonomā perifērā nervu sistēma sastāv no simpātiskās un parasimpātiskās daļas.

**Simpātiskajā daļā** eferento preganglionāro nervu šūnu ķermeņi ir novietoti muguras smadzeņu torakālajā un lumbālajā daļā. To aksoni atstāj muguras smadzenes pa ventrālo saknīti nonākot spinālajā nervā. Tālāk tie turpinās kā *rami communicantes albi* un nonāk paravertebrālajā simpātiskajā ganglijā. Savukārt **parasimpātiskā sistēma** mērķa orgānus sasniedz caur kraniālajiem un sakrālajiem spinālajiem nerviem.

## Nervu šķiedru uzbūve (Stewart 2000, Bērziņš, Dumbere, 1995, Rempel, 1999)

Katra nerva galvenā sastāvdaļa ir nerva šķiedra. Tā sastāv no ass cilindra un neiroglijas apvalka. Ass cilindru visā garumā aptver lemmocīti jeb Švanna šūnas. Atkarībā no impulsa pārvades virziena šķiedru nosauc par aksonu, ja tas vada impulsu uz perifēriju, bet par dendrītu, ja impulss tiek vadīts uz šūnas ķermeni. Lai vienkāršotu literatūras tekstus, parasti gan visas šķiedras dēvē par aksoniem. Šķiedras var iedalīt mielinizētās un nemielinizētās.

### Mielinizētās šķiedras

Mielinizētām šķiedrām segmentēto mielīna apvalku veido lemmocīta šūnu apvalka kompakti slāņi. Katru segmentu veido viens atsevišķs lemmocīts. Noteiktos attālumos apvalku pārtrauc Ranvjē iežmaugas, kā rezultātā veidojas segmenti. Iežmaugām ir īpašas strukturālas īpašības un tām ir sevišķa loma impulsa pārvadē.

### Nemielinizētās šķiedras

Tām ass cilindri ir tievāki. Tās tāpat klāj lemmocīti, bet tie vienlaicīgi pārklāj vairākus ass cilindrus un šūnapvalks neveido mielīnu. Nemielinēto šķiedru impulsa pārvades spējas ir daudz zemākas.

Perifērā nervā kūlīšos ir sakopotas daudzas nervu šķiedras, kuras aptver saistaudi. Nervā ietilpst gan mielinizētas, gan nemielinizētas šķiedras, bet to attiecība ir atkarīga no nerva tipa. Somatiskie nervi un autonomās parasimpātiskās daļas nervi satur vairāk mielinizētās, bet simpātiskās daļas nervi vairāk nemielinizētās šķiedras. Dažādu nervu iedalījums pēc to funkcijas un histoloģiskā tipa ir apkopots 1. tabulā (Stewart, 2000).

1. tabula.

Dažādu nervu iedalījums pēc to funkcijas un histoloģiskā tipa (pēc J.D. Stewart, Focal Peripheral Neuropathies, 2000)

Īpašības	Mielinizētā šķiedra	Nemielinizētā šķiedra
Aksona izmērs	1-18 $\mu$ m, bimodāls	0,2-2,0 $\mu$ m, unimodāls
Aksona / Švanna šūnas skaitliskā attiecība	1	>1
Pārvades veids	Lēcieneveida	Nepārtraukts



Impulsa pārvades ātrums	12-70 m/s	0,5-2,5 m/s
Funkcija	Somatiskā motorā Dažas sensorās Muskuļu aferentās Dažas autonomās preganglionārās	Dažas sensorās Pārsvarā autonomās preganglionārās Autonomās postganglionārās

Nerva uzbūvē un aizsardzībā svarīga loma ir kolagēnajiem un elastīgajiem saistaudiem. Nervu no ārpuses sedz kopējais apvalks *epineirium*, atsevišķos šķiedru kūlīšus sedz *perineirium*, bet saistaudus, kuri aptver pašu nervu šķiedru kūlīša iekšpusē, sauc par *endoneirium*.

### Nervu kūlīši

Nervu kūlīšu skaita un izmēra attiecība nervā ir ļoti variabla. Nervu kūlīšu šķiedras nerva gaitā var atkārtoti mainīt savu piederību kādam kūlītim (Sunderland, 1978, Dyer, Duncan, 1978), bet tālākie atkārtotie pētījumi to tomēr apstrīdēja (Unrushidani, 1974; Ueyama, 1978). Daudz precīzāks pētījums tika veikts vēlāk, marķējot ar peroksidāzi pērtiņa mediānā nerva sensorās digitālās šķiedras un sekojot to gaitai nerva garumā. Eksperiments pierādīja konstantu šķiedras novietojumu perifērajā nervā visā nerva garumā (Brushart, 1991). Līdzīga pieredze ir iegūta veicot mikroneirogrāfiju cilvēka perifēram nervam to transkutāni punktējot un stimulējot. Iegūtā sensorā stimulācija apliecina kūlīša viendabīgu uzbūvi visā nerva gaitā (Hallin, 1991). Šī nerva fascikulārā uzbūve ir ļoti svarīga nerva bojājuma un ķirurģiskas ārstēšanas gadījumos. Uzkrātās zināšanas pierāda, ka sensorie un motorie kūlīši, kas inervē konkrētu zonu, paliek grupēti visā nerva gaitā, un kūlīšu novietošana viena otrai pretī nerva saūšanas gadījumā būtiski palielina nerva funkcijas atjaunošanās iespējas (Kline, 1995).

### Nerva asinsapgāde un barības vielu transports

Perifērie nervi ir labi vaskularizēti. Nervam blakusesošās artērijas ik pa laikam dod arteriolu izmēra zarus, kuri, nonākot nerva epineirijā, dod mazāka izmēra ascendējošos un descendējošos atzarus. Tie savukārt, nonākot perineirija interfascikulārā telpā, sadalās prekapilārajos asinsvados. Tādejādi tiem ejot dziļumā, perineirijā un endoneirijā izveidojas plašs *vasa nervorum* anastomožu tīkls. Intraneirālās anastomozes ir tik labi attīstītas, ka pat pie nerva šķērsbojājuma un ekstraneirālas asinsrites pārtraukšanas, tā asinsapgāde var tikt

saglabāta (Sunderland, 1945). Endoneirālo asinsvadu endotēlija šūnām ir smadzeņu asinsvadu īpašības, tās ir cieši saistītas un veido asins – nerva barjeru. Katru epineirija artēriju pavada divas vēnas. Limfādi drenē limfu no endoneirija un perineirija un aizvada to pa limfvadiem blakus nerva asinsvadiem. Nerva ekstrakscikulārā un intrafascikulārā nerva asinsapgādes anastomožu un regulācijas sistēma nodrošina skābekļa piegādi nerva izstiepšanas laikā (Lundborg, 1975, 1988).

Nervu šūnas izceļas ar īpašu barības vielu transportu aksonos, jo to garums stipri pārsniedz šūnas kodola izmērus un citoplazmas daudzums aksonā var vairākus simtus reižu pārsniegt tā daudzumu šūnā. Proteīni, ko sintezē kodols tiek anterogrādi transportēti ar aksonālo plūsmu. Pretējā virzienā retrogrādi tiek pārvietoti šūnas darbības blakusprodukti. Nervu traumējot, šis transports tiek pārtraukts (Rydevik 1984). Aksonālais transports sastāv no ātrās komponentes, kura pārvieto enzīmus, neurotransmitera pūslīšus un glikoproteīnus ar ātrumu līdz 400 mm/dienā un lēnās komponentes, kuras ātrums ir līdz 30 mm/dienā un kuras uzdevums ir piegādāt aksonam citoskeletālos elementus kā mikrotubuļus un neurofilamentus (Grafstein, Forman, 1980).

### 1.2.2. Plexus brachialis anatomija

*Plexus brachialis* ir daļa no perifērās nervu sistēmas un ir atbildīgs par pleca, augšējās ekstremitātes un augšējo krūšu muskuļu un ādas inervāciju. Tas dod arī zarus uz *nervus phrenicus* (C3-C5) diafragmas inervācijai un zarus uz simpātiskajiem kakla ganglijiem (C8-Th1). Cervikotorakobrahiālajā daļā *plexus brachialis* novietojas blakus *arteria* un *vena subclavia* (Kamina, 2005, Olson, 2002).

*Plexus brachialis* veido C5-C8 un T1 spinālo nervu ventrālie zari. Virzienā no *foramina invertebralis* uz *fossa axillaris* nervu pinums iet kaudāli un laterāli, veidojot nervu saknītes, stumbrus, dalījumus, kūlīšus un visbeidzot gala nervus. Nonākot interskalēnā spraugā, saknītes izveido trīs stumbrus: *truncus superior* (C5 - C6), *truncus medius* (C7) un *truncus inferior* (C8 - Th1). Nonākot *clavicula* līmenī, katrs stubrs sadalās un dod divus zarus: *ramus anterior* un *ramus posterior*. Pirmās ribas malas līmenī izveidojas trīs kūlīši: *fasciculus posterior* (no visiem 3 *ramus posterior*), *lateralis* un *medialis* (no *ramus anterior*). Sākotnēji tie atrodas retroklavikulāri un iet caur kostoklavikulāro zonu, tālāk šķērsojot subkorakoīdo tuneli zem *m. pectoralis minor* cīpslas. Tie pavada artēriju līdz padusei un ir nosaukti pēc to novietojuma pret *a. axillaris* (Kamina, 2005, Olson, 2002). Visus kūlīšus kopā ar *arteria* un *vena subclavia* aptver saistaudu aponeiroze, kas tos pavada līdz *humerus*

līmenim. *M. pectoralis minor* līmenī ieejot padusē, kūlīši dod savus gala zarus - perifēros nervus (2. attēls).

No *plexus brachialis* atzarojas 8 gala zari.

*Fasciculus lateralis*: *nervus medianus* laterālā kājiņā un *nervus musculocutaneus*.

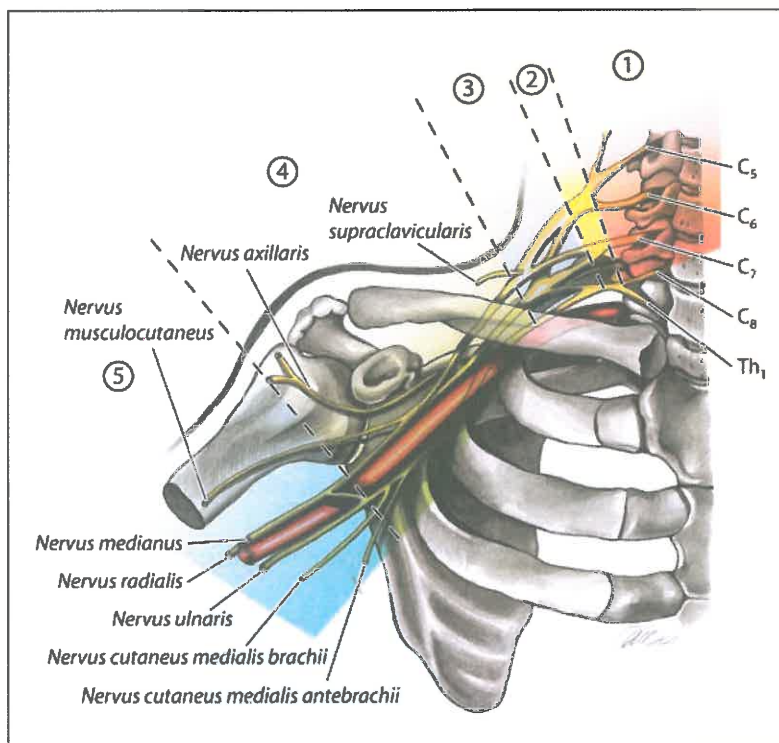
*Fasciculus medialis*: *nervus medianus* mediālā kājiņā, *nervus ulnaris*, *nervus cutaneus medialis brachii* un *nervus cutaneus medialis antebrachii*.

*Fasciculus posterior*: *nervus radialis* un *nervus axillaris*.

No *plexus brachialis* atdalās 9 kolaterālie zari.

Nervi, kas atiet no galvenajiem 3 stumbriem: *nervus dorsalis scapulae*, *nervus suprascapularis*, *nervus thoracicus longus*, *nervus subclavius*.

Nervi, kas atiet no galvenajiem kūlīšiem: *nervus pectoralis lateralis* un *medialis*, *nervi subscapularis inferior* un *superior* un *nervus thoracodorsalis*.



2. attēls. *Plexus brachialis* anatomija. Nervu saknītes (1), stumbri (2), dalījumi (3), kūlīši (4) un gala nervi (5). (pēc E. Vasiļevskis, *Reģionālās anestēzijas ABC*, 2008)

### 1.2.3. Nervu bojājumu veidi

19. gadsimta 40.tajos gados Slocum, Clausen un Ewig bija pirmie, kuri padziļināti pētīja nervu ievainojumu mehānismus un pamatoja stiepes un kompresijas nozīmi nervu

ievainojumu patogēnēzē operācijas laikā (Slocum et al., 1948, Clausen, 1942, Ewig, 1950). Līdzīgi novērojumi turpina parādīties publikācijās arī nedaudz vēlāk (Magendie et al., 1949, Dhuner, 1950, Kiloh, 1950, Westin, 1954, Lincoln et al., 1961), bet pēcoperācijas neiropātiju problēma paliek aktuāla arī mūsdienās. Kā galvenais patogēnētiskais mehānisms neiropātiju attīstībā tiek uzskatīti stiepes un kompresijas izraisīti intraneirālo *vasa nervorum* cirkulācijas traucējumi un rezultējošā nerva išēmija (Denny-Brown, Brenner, 1944, Denny-Brown, Doherty, 1945). Pacienti anestēzijas laikā ir predisponēti gan stiepes, gan kompresijas deformācijai vairāku iemeslu dēļ. Pirmkārt, muskuļu tonuss ir samazināts, un tas pieļauj ķermeņa novietošanu nefizioloģiskās pozīcijās. Otrkārt, pacientiem anestēzijas laikā sāpju impulsācija ir pārtraukta, un tie nesūdzas par citos apstākļos iespējams sāpīgu un neērtu pozīciju.

Nerva un tā šķiedru bojājumus var iedalīt pēc vairākiem parametriem. Pirmkārt, tos ir lietderīgi iedalīt akūtos un hroniskos bojājumos. Otrkārt, bojājuma smagums, attīstība un prognoze lielā mērā būs atkarīga no bojājuma mehānisma. Biežākie bojājuma veidi ir apkopoti 2. tabulā.

Pie akūtiem mehāniskiem bojājumiem pirmkārt pieskaita nerva pārrāvumu ar asu priekšmetu, piemēram, nazi. Cits veids ir nerva saspiedums, piemēram, trulas traumas rezultātā. Ir iespējama arī akūta nervu pinuma iestiepšana, piemēram, pie pleca mežģījuma. Šajā pašā gadījumā var novērot nerva vai nervu pinuma plīsumu. Mehāniska spiediena iedarbība vairāk tiek novērota hroniskām formām, piemēram, hroniska iedarbība tuneļa sindromu gadījumā, bet tā var būt arī spiediena kompresija operācijas laikā. Arī stiepes deformāciju novēro hroniskos gadījumos, atkārtoti veicot mehāniskas kustības un nostiepjot nervu, piemēram, sportistiem mešanas disciplīnās (Stapleton et al. 2008).

Vaskulārie nervu bojājumi veidojas akūtu vai hronisku asinsvadu oklūzijas vai vaskulītu gadījumā, kas izsauc *vasa nervorum* cirkulācijas traucējumus un apasiņotās teritorijas poli- vai mononeiropātijas. Hemorāģija ir rets šīs grupas cēlonis.

Tumorālas un infekciozas etioloģijas gadījumā cēlonis var atrasties pašā nervā vai arī perineirālajos audos, tādējādi ietekmējot nervu kontakta veidā. Vēl atsevišķi izdala nervu bojājumu tumorālu, infekcijas, autoimūnu, temperatūras vai radiācijas faktoru iedarbības rezultātā vai arī tieši ietekmējot nervu injekcijas laikā.

## Nerva ievainojuma etioloģija (pēc J.D. Stewart, Focal Peripheral Neuropathies, 2000)

Grupa	Apakšgrupa
Mehānisks / akūts	Pārrāvums Crush / saspiedums Stiepe Plīsums
Mehānisks / hronisks	Ārēja kompresija Stiepe / angulācija
Vaskulārs	Akūta išēmija Hroniska išēmija Hemorāģija
Audzējs	Nerva Nervam pieguļošs
Infekcija	Nerva Nervam pieguļošs
Injekcija	Nervā Nervam pieguļoši
Imūnprocesa izsaukts	Saistīts ar nervaudiem Saistīts ar <i>vasa nervorum</i> / vaskulīta tipa
Dažādi	Radiācijas Aukstuma

Nervu šķiedru bojājuma fizikālam un funkcionālam raksturojumam tiek piedāvātas vairākas klasifikācijas. Joprojām tiek lietota Seddon 1943. gadā ieteiktais nervu bojājuma dalījums, ko Sunderland uzlaboja 1951. gadā (3. tabula).

## Nervu ievainojumu klasifikācija (pēc H.J. Seddon, 1943 un S. Sunderland, 1951)

Seddon	Sunderland	Strukturālie un funkcionālie procesi
<i>Neurapraxia</i>	1	Mielīna bojājums, vadīšanas palēnināšanās un bloks

<i>Axonotmesis</i>	2	Aksonāls pārrāvums, endoneirijs intakts, vadīšanas pārtraukums
<i>Neurotmesis</i>	3	Aksonāls un endoneirija pārrāvums, perineirijs intakts, vadīšanas pārtraukums
	4	Aksonāls, endoneirija un perineirija pārrāvums, epineirijs intakts, vadīšanas pārtraukums
	5	Pilnībā atdalītas nerva daļas, vadīšanas pārtraukums

*Neirapraxia* (gr. val. ne-darbība) jeb pirmā bojājumu grupa ietver sevī nerva bojājumus ar saglabātām nervu šķiedrām un saglabātiem nervu apvalkiem. Tā izraisa nervu šķiedru funkcionālu bloku, kas ilgst no dažām stundām līdz pat sešiem mēnešiem. Histoloģiski novēro fokālu demielinizāciju, izmaiņas *vasa nervorum*, lokālas hemorāģijas, aksonu membrānas un asins-nerva barjeras traucējumus un elektrolītu traucējumus. Nerva funkcija traucēta parasti ir tikai daļēji un tā visbiežāk 6 nedēļu laikā atjaunojas pilnīgi vai gandrīz pilnībā.

*Aksonetmesis* (no gr. val. griezt) sastāda otru grupu, kurai ir raksturīgi nervu šķiedru aksonu un mielīna apvalku bojājumi, bet ar intaktām Švāna šūnām un saglabātu perineiriju un endoneiriju. Distāli no bojājuma aksons un mielīna apvalks sadalās, bet saglabāts nervu apvalks nodrošina aksona reģenerāciju.

*Neirotmesis* sastāda vissmagāko bojājumu grupu, kuru raksturo pilnīgi nervu šķiedru un apvalku bojājumi un klīniski novēro pilnīgu nerva disfunkciju.

Sunderland šo grupu, atkarībā no anatomisko struktūru bojājuma pakāpes, vēl sīkāk iedalīja trīs apakšgrupās. Gan *aksonetmesis*, gan *neirotmesis* gadījumā novēro distālu nerva sabrukšanu jeb tā saukto Vallera deģenerāciju.

Šī klasifikācija ir ļoti noderīga ievainojuma smaguma un prognozes novērtējumam un ārstēšanas taktikas izvēlei. Elektrofizioloģiskie izmeklējumi ļauj izķirt bojājuma piederību grupai un tas ir it sevišķi svarīgi diagnosticējot *neirotmesis* bojājumu pie trulas traumas, kur nepieciešama ķirurģiska iejaukšanās. Visbiežāk gan novēro jaukta tipa bojājumu, kad atsevišķas šķiedras un nerva kūlīši ir ar dažādas pakāpes bojājumiem. Šādu bojājumu atjaunošanās visbiežāk ir bifāziska. (Stewart, 2000).

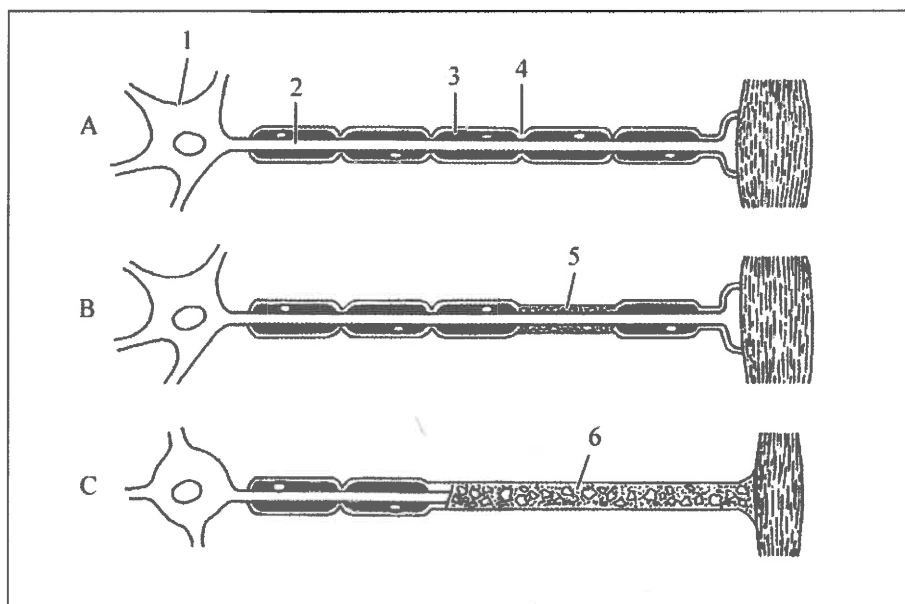


### 1.2.4. Aksonopātijas un mielinopātijas

Atkarībā no primārā nervu šķiedras bojājuma lokalizācijas, nervu bojājumus iedala aksonopātijās un mielinopātijās, kaut gan klīniskajā praksē visbiežāk sastop kombinētas neiropātijas.

#### Aksonopātijas

Aksonopātijas paraugs ir Vallera descendējošā deģenerācija, kura sākas jau 24 stundas pēc traumas (3. attēls). To izraisa nerva bojājums ar pilnīgu aksona pārrāvumu. Sākotnēji distāli no traumas vietas sākas mielīna atslāpošanās ar tā destruktīvām izmaiņām un tūdaļ sākas arī aksona sabrukšana. Aksonam un mielīnam sabrūkot, tā daļiņas fagocītē švāna šūnas un makrofāgi. Deģenerācijas sākuma stadijā aksona distālais gals vēl var pārvadīt nerva impulsu un uz tā pamatojas agrīnie posttraumatiskie elektrofizioloģiskie izmeklējumi, kuri var apstiprināt iespējamu pirmstraumas neiropātiju un vadīšanas traucējumus šķiedrā. Vienlaicīgi un vēl straujāk novēro neiromuskulārās sinapses sadalīšanos ar pārvades pārtraukšanos, pat vēl pirms vadīšanas bloka iestāšanās (Miller, 1987, Gilliatt, Westgaard, 1978).) Līdzīgas, kaut arī mazāk izteiktas, izmaiņas notiek arī nerva proksimālajā galā.

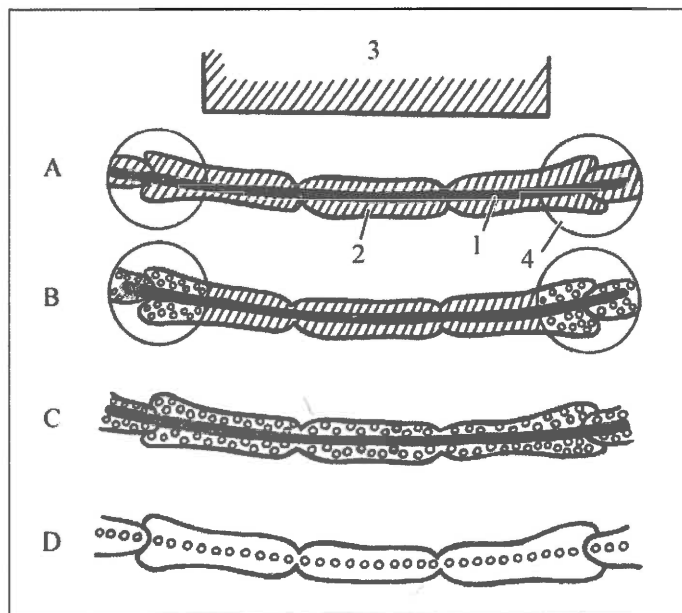


3. attēls Vallera reģenerācija (pēc J. Bērziņš, Lokālās neiropātijas, 2005). A. Nebojāta nerva šķiedra ; B. Segmentāla demielinizācija ; C. Vallera deģenerācija. 1-nerva šūnas ķermenis ; 2-ass cilindrs, 3-mielīna apvalks ; 4-Ranvjē iežmaga ; 5-demielinizētais segments ; 6-ass cilindra un mielīna apvalka sabrukums – Vallera deģenerācija.

## Mielinopātijas

Mielinopātijas visbiežāk novērojamā forma ir segmentālā demielinizācija, ko raksturo mielīna apvalka sabrukšana viena mielīna segmenta robežās starp divām Ranvjē iežmaugām. Šādi mielīna bojājumi, pirmkārt, var attīstīties toksisku un toksiski alerģisku procesu laikā. Parasti šis process ir difūzs un skar nerva šķiedras dažādos līmeņos. Otrkārt, un kas ir daudz svarīgāk mūsu darbā, mielīna bojājumu var novērot akūtas un hroniskas nerva kompresijas gadījumā, piemēram, nerva kompresija ložas sindroma laikā, hroniskas radikulopātijas rezultātā, pēc ilgstošas žņauga lietošanas operācijas laikā vai ilgstoši nospiežot roku neērtā rokas pozīcijā operācijas laikā. Segmentārā demielinizācija šajā gadījumā visizteiktāk novērojama kompresijas zonas malā, jo tur spiediena gradients ir vislielākais. Šajā zonā vispirms to novēros Ranvjē iežmaugas apvidū, kur tas izpaužas ar mielīna apvalka dislokāciju un invagināciju, bet vēlāk citās mielīna segmenta daļās (4. attēls) (J. Ochoa et al., 1972).

Šāds process novērojams arī daudzām hroniskām neiropātijām, kuru laikā demielinizācijas procesi paasinājuma laikā mijas ar remielinizāciju remisijas laikā, kad Švanna šūnas aktīvi reģenerējas. Katra atkārtotā epizode var palielināt kolagēno saistaudu un fibrozes veidošanos, kas savukārt izraisa nerva hipertrofiju un hronisku neirītu.



4. attēls. Nerva šķiedras demielinizācija pēc kompresijas (pēc J. Ochoa, 1973). A Invaginācija ; B Demielinizācija kompresijas vietā; C Pilnīga demielinizācija ; D Ass cilindra deģenerācija. 1-Ass cilindrs ; 2-lemmocīts ; 3-kompresijas faktors ; 4-invaginācijas vieta.

## 1.2.5. Remielinizācija un aksona reģenerācija

### Remielinizācija

Pēc minimāla mielīna zuduma, nerva šķiedras funkcijas atjaunošanās sākas ar mielīna plāksnītes pagarināšanos, lai pārklātu aksonu. Ja mielīna zudums ir ievērojams, Švāna šūnas sāk proliferēt un apliecoties ap aksonu veido jaunu mielīna slāni. Šādi reģenerējoties starpšūnu spraugas izveidojas īsākas un tas nosaka nedaudz lēnāku impulsa pārvadi reģenerētajā nervu šķiedrā (Cragg, Thomas, 1964).

### Aksona reģenerācija

Aksonāla bojājuma gadījumā reģenerācijas procesi sākas dažu dienu laikā. Process sākas ar Švāna šūnu proliferāciju, kuras vienlaicīgi fagocitē šūnu atliekas un arī sāk grupēties longitudināli bazālās membrānas līmenī, lai izveidotu lemmocītu maksti. Tā ir nervu šķiedras substrāts, kas nepieciešams, lai atjaunotu nervu šķiedras integritāti. Tālāk sākas aksona proksimālā gala dalīšanās un augšana distāli pa lemmocītu rindām.

Ja reģenerācija notiek *axonotmesis* gadījumā, bazālā lemmocītu membrāna ir intakta un aksona reģenerācija notiek gar to pa jau iepriekš noteikto ceļu (Haftek, Thomas 1968) un parasti sasniedz distālo mērķa orgānu, kaut arī var izveidoties nobīdes (Brown, Hardman, 1987). Jaunveidotie aksoni lēni kļūst mielinēti un pamazām atgūst iepriekšējā aksona diametru un funkcionālās spējas. Tomēr mielīna starpšūnu spraugas parasti izveidojas īsākas un tas nosaka nedaudz lēnāku impulsa pārvadi reģenerētajā aksonā (Cragg, Thomas, 1964).

Pēc pilnīgas nerva transekcijas jeb *neurotmesis* process notiek nedaudz savādāk. Vienlaicīgi notiek lemmocītu dalīšanās veidojot maksti un aksona reģenerācija. Ja sprauga starp nerva galiem ir neliela, tad galiem var izdoties savienoties, kaut gan aksons var arī nokļūt pie cita mērķa orgāna vai nervu šķiedras. Ja sprauga ir lielāka, tad nervu šķiedrām ir grūti patvaļīgi savienoties audu dislokācijas un rētaudu dēļ, un reģenerācijas audi veido neirinomas. Veidojas heterotopiska un nepilnīga reģenerācija, kad daļa motoro aksonu ieaug sensoro šķiedru kūlītī un otrādāk. Šajā gadījumā ir jāveic ķirurģiska ārstēšana.

Papildus problēma ir denervētās neiromuskulārās sinapses atjaunošanās. Pēc denervācijas blakusesošās funkcionālās nervu šķiedras reģenerē un papildus saistās ar denervēto neiromuskulāro sinapsi, un to pašu pēc laika izdara reģenerētā šķiedra, bet šādas sinapses tālāk funkcionēs nepilnīgi (Hodes, 1948, Dennis, Miledi, 1971).

## Nerva ķirurģiska rekonstrukcija

Ja spontāna reģenerācija nav iespējama, tad ir jāveic ķirurģiska nerva sašūšana.. To var veikt mikroķirurģijas ceļā, lietojot interfascikulārās nervu šuves elektrofizioloģisku izmeklējumu kontrolē (Lundborg, 1988, Mackinnon, Dellon, 1988, Kline, Hudson, 1995). Jāņem arī vērā, ka nerva funkcijas proksimālajās muskuļu grupās atjaunojas labāk nekā distālajās.

### 1.2.6. Nerva funkcijas atjaunošanās

Nerva funkcijas atjaunošanās laiks ir ļoti variabls. Par nerva šķiedras reģenerāciju liecina pozitīvs Tinela simptoms nerva projekcijas vietā un hiperpātija nerva inervācijas zonā. Tinela simptomam ir raksturīgas projekcijas sāpes perkutējot nervu, un tā izzušana liecina, ka ass cilindru reģenerācija ir beigusies. Savukārt hiperpātija liecina par lemmocītu proliferāciju un mielīna apvalka veidošanos. Tās izzušana arī liecina par reģenerācijas procesa beigām.

Nerva funkciju atjaunošanās akūtu kompresīvu neiropātiju gadījumā parasti notiek 2-12 nedēļu laikā (Trojaborg, 1970). Hroniskos gadījumos, piemēram, ārstējot karpālā kanāla sindromu ar *nervus medianus* neiropātiju, daļēju funkcijas atjaunošanos reizēm novēro pat tūdaļ pēc operācijas beigām un to saista ar išēmijas mazināšanos un nerva vadīšanas atjaunošanos (Hongell, Mattsson, 1971, Eversmann, Ritsick 1978). Tomēr pilnīga funkcijas atjaunošanās ir vērojama 3-12 mēnešu laikā (Goodman, Gilliatt 1961). Atsevišķos gadījumos pēc ilgstošas nerva kompresijas nerva funkcija pilnībā neatjaunojas. Tas var būt saistīts ar audu fibrozi vai Švāna šūnu pilnīgu izzušanu un nespēju atjaunot funkcionālu lemmocītu maksti ar aksona un mielīna reģenerāciju (Weinberg, Spencer 1978). Aprakstītais reģenerācijas ātrums variē atkarībā no ķermeņa daļas un *axonotmesis* gadījumā sasniedz 8 mm dienā augšdelmā, 6mm - apakšdelmā, 1-1,5 mm – plaukstā (Sunderland, 1978).

## 1.3. Operācijas pozīcijas provocēto neiropātiju mehānismi

### 1.3.1. Klasifikācija

Operāciju pozīciju provocēto neiropātiju mehānismi visumā atbilst perifērās nervu sistēmas slimību klasifikācijai. Pasaules Veselības aizsardzības organizācija (PVAO) tās klasificē pēc vadošā klīniskā sindroma, pēc bojājuma lokalizācijas, pēc slimības norises un morfoloģiskajām izmaiņām nervā. Šajā darbā uzmanība tiek pievērsta neiropātijām, kuras visbiežāk novēro anesteziologa praksē un ir saistītas ar perioperatīviem pozicionāliem

ievainojumiem vai esošu neiropātiju iespējamu paasinājumu. Līdz ar to literatūras apskatā mūsu uzmanība visvairāk tiek veltīta kompresijas un trakcijas neiropātijām. Īpaša uzmanība ir veltīta *double crush* sindromam, kas ir cieši saistīts ar kompresijas neiropātijām.

Visizplatītākās ir perifērās kompresijas neiropātijas, kuru biežums karpālā sindroma pacientiem var sasniegt līdz 13-17% iedzīvotāju lauku rajonos. Tās visbiežāk novēro vecumā no 40-59 gadiem un 83% gadījumu novēro roku kompresijas neiropātijas (Bērziņš, Dumbere, 1985).

Vislielākā nozīme kompresijas neiropātiju attīstībā ir hroniskai slodzei, kura sekmē perineirālo audu tūsku, audu išemizāciju un fibrozes attīstību. Tāpat cēloņi var būt traumatiski bojājumi un locītavu izmaiņas, kuras arī var novest pie rētaudu un fibrozes attīstības. Viens no vispārējiem iemesliem ir endokrīnās izmaiņas, kuras veicina lokālu tūsku un audu hidratācijas palielināšanos, kas arī noved pie išēmijas. Te visbiežāk jāpiemin olnīcu hipofunkcija, klimaktērija periods un arī grūtniecība. Tāpat jāatzīmē hipotireoze un akromegālija (Bērziņš et al., 1990).

### **1.3.2. Kompresijas neiropātiju klīniskās un morfoloģiskās izmaiņas**

#### **1.3.2.1. Akūtas kompresijas neiropātijas**

Visvairāk datu šobrīd ir pieejams par asinsrites traucējumu vadošo lomu akūtu neiropātiju attīstībā. Dažādi autori dzīvnieku eksperimentu modeļos ir izmantojuši dažādas kompresijas ierīces, lai modelētu kontrolējamu un izmērāmu audu saspiedumu un novērtētu to radītās sekas. Eksperimentos tika pielietots žņaugis (Fowler et al., 1972, Ochoa et al., 1972, Pedowitz et al., 1991), kompresijas aparāts (Horiuchi, 1983), uzpūšamas nerva aproces (Dahlin et al., 1984, Dyck et al., 1990, Rydevik, Lundborg, 1977), spiediena kameras (Grunfest, Catell, 1935) un sintētiskās caurules (Weisl, Osborn, 1964). Šajos eksperimentos vispirmām kārtām izvērtēja išēmijas attīstības mehānismus. Truša *nervus tibialis* audu mikroskopā uzrādīja epineirālās venozās asinsrites samazināšanos jau pie 20-30 mm Hg spiediena. 40-50mm Hg spiediens pārtrauca arteriolāro intrafascikulāro plūsmu, bet 60-80 mmHg gadījumā pilnībā apstājās intraneirālā asinsrite (Rydevik, Lundborg 1977, 1981). Līdzīgus datus novēroja, pētot suņa *nervus ischiadicus* asins plūsmu ar ūdeņraža izotopo metodi, kur 45-50 mmHg būtiski samazināja asinsriti, bet 120 mmHg to pilnībā pārtrauca (Matsumoto, 1983). Kritiskais spiediena sliekšnis nerva funkciju sākotnējām izmaiņām empīriski ir noteikts kā 30 mm Hg zem diastoliskā spiediena. Tas parasti ir 40-50 mmHg normotensīviem indivīdiem, bet 60-70 mmHg hipertensijas gadījumā (Gelberman et al.,

1983, Szabo et al., 1983). Dati par karpālā kanāla sindroma attīstību hipertensīviem pacientiem pēc spiediena korekcijas vēlreiz apstiprina šo hipotēzi (Emara, Saadah, 1988).

Endoneirālo asinsvadu endotēlija išēmiskie bojājumi izraisa asinsvadu caurlaidības palielināšanos un nervu-asinsvadu barjeras traucējumus. Rezultātā novēro intrafascikulāru un endoneirālu tūsku (Rydevik, Lundborg 1977). Eksperimentāli 2 stundas komprimējot žurkas *nervus ischiadicus* ar 30 mmHg spiedienu novēroja trīs līdz četrkārtīgu ar mikropipeti noteikto endoneirālo šķidrums spiedienu, kurš saglabājās turpmākās 24 stundas (Myers et al., 1978). Šāds spiediens un tūska kavē transperineirālo asinsriti. Šāda novērotā tūska var progresēt un 7 dienu laikā novest pie lokālas šķiedru demielinizācijas (Lundborg et al. 1983, Powel, Myers, 1986). Eksperimentālā audu kompresija laboratorijas dzīvniekiem izraisa mielīna apvalku dislokāciju un invagināciju Ranvjē iežmaugu līmenī (Ochoa et al., 1972, Fowler et al., 1972) un nerva šķiedras mielīna slāņa deformāciju un sadalīšanos (Dyck et al., 1990). Arī citos pētījumos gūti apstiprinājumi par paranodālu demielinizāciju, kuras cālonis ir lokāla išēmija un Švāna šūnu nekroze (Powel, Myers, 1986).

Svarīga loma nerva strukturālo izmaiņu attīstībā ir arī kompresijas izraisītajiem aksonālās plūsmas traucējumiem. Radioizotopu pētījumos ir konstatētas divu veida aksona plūsmas. Ātrā plūsma 12-30 mm/dienā pārvieto salīdzinoši smagākos jau sintezētos citoskeletālos elementus kā aktīns, tubulīns un neurofilamentu proteīni (Black, Lasek, 1980, Grafstein, Forman, 1980), bet ātrā plūsma 35-400 mm/dienā transportē salīdzinošie vieglākos elementus kā šūnas membrānu veidojošās aminoskābes, proteīnus, glikoproteīnus un neurotransmīterus (Grafstein, Forman, 1980). Eksperimentāli veikta 8 stundu aksona kompresija ar 30 mmHg spiedienu statistiski ticami palēnina lēno plūsmu un proksimāli un distāli akumulē lēnā transporta struktūrvienības, kas var novest pie aksona distālās daļas reģenerācijas būtiskiem traucējumiem (Dahlin, McLean, 1986, Lundborg, Dahlin, 1992). Līdzīgi novērojumi tika veikti ar ātro aksonālo transportu, kur 20 mmHg spiediens 8 stundu garumā un 30 mmHg spiediens 2 stundu garumā būtiski samazināja vieglo elementu plūsmu. Šādi pārtraucot šūnas membrānas izejvielu un neurotransmīteru transportu tiek tieši iespaidota sinapses funkcija (Dahlin, McLean, 1986, Lundborg, Dahlin, 1992).

Tāpat eksperimentos tika konstatētas pašas neirona šūnas izmaiņas pēc retrogrādā aksonālā transporta kavējuma. Veicot truša *nervus vagus* aksonu 2 stundu graduētu kompresiju ar 30, 200 un 400 mmHg, pēc 7 dienām novēroja nerva kodola migrāciju uz perifēriju, *Nissl* substances dispersiju un hromatolīzi. Tas liecināja par dziļām morfoloģiskām izmaiņām, kuras novēroja visās kompresijas grupās un ļāva secināt, ka arī pie minimāliem

obstrukcijas spiedieniem var sagaidīt retrogrādā aksonālā transporta izsauktas nerva šūnu izmaiņas (Dahlin et al., 1987, Dahlin et al., 1989). Interesanti, ka 30 mmHg spiediens, kurš izraisa *vasa nervorum* un nervu-asinsvadu barjeras disfunkciju, ir novērojams arī karpālā tuneļa sindroma gadījumā (Baumane et al., 1981, Gelberman et al., 1981). Tāpat ir atzīmējams fakts, ka *Dahlin* pētījums ar zemiem intramurālajiem spiedieniem izsauca līdzīgas nervu šūnu funkcionālas izmaiņas, kādas novēro *crush* sindroma vai nerva šķērsbojājuma gadījumos (Barron, 1983, Lieberman, 1971).

Svarīgi ir atcerēties, ka akūto kompresīvo neiropātiju gadījumā motoro šķiedru bojājums un muskuļu vājums parasti izvirzās pirmajā vietā un dominē pār jušanas traucējumiem (Erb, 1876). Nervu histoloģiskā izpēte pēc kompresijas apliecina, ka lielās mielinētās eferentās un aferentās šķiedras it kā uzņem maksimālo spiediena slodzi relatīvi pasargājot smalkās mielinētās un nemielinētās šķiedras (Fowler et al., 1972). Mazākās šķiedras parasti tiek degradētas gadījumos, kad spiediens ir pietiekami liels, lai izraisītu resno mielinēto šķiedru aksonālo deģenerāciju (Fowler, Ochoa, 1975). Pieredze rāda, ka žņauga lietošana ar standarta spiedieniem, bet ar garu ekspozīcijas laiku, ikdienas praksē var izraisīt dziļus bojājumus ar motorās, sensorās un autonomās inervācijas defektiem (Bolton, 1978).

### 1.3.2.2. Hroniskas kompresijas neiropātijas

Hroniskas nerva kompresijas gadījumā var novērot divus tā attīstības patoģenētiskos mehānismus ar permanentu vai dinamisku nerva nospiedumu.

Permanenta bojājuma gadījumā nervu ilgstoši saspiež fibrozie vai osteofibrozie tuneļa sienu audi. Kompresija progresē, ja tuneļa siena deformējas vai palielinās tuneļa saturs, piemēram, nerva audu tūskas rezultātā. Klīniski šai formai ir raksturīga lēni progresējoša norise.

Dinamiskā jeb transitīvā bojājuma gadījumā komprimējošais faktors uz nervu iedarbojas kustību laikā ar muskuļu vai saišu fibrozo daļu. Miera stāvoklī kairinājuma nav, bet kustību laikā parādās nerva kairinājuma simptomi. Neiropātijas progresēšana te atkarīga no provocējošo kustību biežuma un amplitūdas. Šādu mehānismu var izraisīt dažādas profesionālas saslimšanas vai sporta traumas ar biežu vienas noteiktas kustības atkārtošanos.

Lai izpētītu hroniskas kompresijas neiropātijas mehānismus un histoloģiskās izmaiņas, ir veikta virkne klīnisku pētījumu. Lielākā daļa no tiem izmaiņas lielajās mielinizētajās šķiedrās salīdzina ar izmaiņām, kuras novēro akūtas kompresijas laikā: dažādas segmentālās demielinizācijas un Vallera deģenerācijas kombinācijas. Līdzīgi kā

akūtu neiropātiju gadījumā, eksperimentos ar dzīvniekiem tika mākslīgi ģenerēta nerva kompresija, lai izpētītu radušās izmaiņas. Kompresijai tika izmantotas uznavas (Weiss, Hiscoe, 1948 AM), atsperu klipši (Nemoto, 1983 AM), ligatūras (Duncan, 1948 AM) un dažādas sintētiskas caurulītes (Agayo et al., 1971, Mackinnon et al., 1984, 1985, Weisl, Osborn, 1964 AM), kuras uzstādīja apkārt nervam un atstāja uz iepriekš noteiktu laiku.

Ideāls laboratorijas dzīvnieks eksperimentiem ir jūras cūciņa, jo tai augot var novērot plantāro nervu kompresijas neiropātiju, sevišķi, ja tā tiek turēta būrī ar drāšu stieplu grīdu. Visagrīnākās izmaiņas saistās ar mielīna apvalku, kurš kļūst asimetrisks un retraktējas prom no Ranvjē iežmaugām, tādējādi atšķiroties no izmaiņām, ko novēro akūtu kompresiju gadījumā. Tālākā etapā novēro paranodālu un segmentālu demielinizāciju ar iespējamu aksona bojājumu un Vallera deģenerāciju, kam var sekot remielinizācija un reģenerācijas process (Fulleton, Gilliatt, 1970, Anderson et al., 1970, Ochoa, Marotte, 1973, Marotte, 1974). Pētījumos konstatēts, ka liela izmēra nervu šķiedras (Dahlin et al., 1989, Gasser, Erlanger, 1929) un šķiedras, kuras atrodas nervu kūlīša perifērijā (Powell, Myers, 1986, Spinner, Spencer, 1974) ir vairāk pakļautas kompresijai, salīdzinot ar tām, kuras ir smalkākas un atrodas kūlīša centrā. Šos datus apstiprināja arī citi novērojumi, veicot pētījumus ar žurkām (Mackinnon et al., 1984), ar primātiem (Mackinnon et al., 1985) un analizējot paraugus, kas iegūti operējot hroniski izmainītus nervus, ārstējot kompresijas sindromu cilvēkiem (Mackinnon et al., 1986, Thomas, Fullerton, 1963). Šie histoloģiskie dati izskaidro klīnisko fenomenu ar novērojamu izteiktu kompresīvās neiropātijas ainu, bet ar maz vai neizmainītiem nerva vadīšanas parametriem. Šajos gadījumos visvairāk izmainītie aksoni nosaka klīnisko ainu, bet mazāk skartās šķiedras nodrošina vadīšanas rādītājus tuvus normai (Mackinnon et al., 1986). Līdzīga rakstura pētījumi tika veikti, izmantojot autopsijas materiālu un izmeklējot nervus, kas paņemti no biežākajām hronisko kompresiju vietām pacientiem bez dokumentētas neiropātijas dzīves laikā: nervus medianus karpālā kanāla rajonā, nervus ulnaris elkoņa rajonā un nervus cutaneus lateralis femoris. Šajos izmeklējumos konstatētās izmaiņas bija līdzīgas tām, ko novēroja nervu paraugos jūras cūciņām (Neary, Eames, 1975, Neary et al., 1975, Jefferson, Eames, 1979). Vēl postmortem pētījumi autopsiju laikā ir apstiprinājuši pastiprināto saistaudu veidošanos hroniskās kompresijas zonā. Smagu nervus medianus bojājumu gadījumā tika konstatēti ievērojami saistaudu sabiezējumi endoneirālajā un perineirālajā telpā zem flexor retinaculum un proksimāli no tā (Marie, Foix, 1913, Thomas, Fullerton, 1963).



Pētījumi par kompresīvajām neiropatijām ir veikti pietiekami daudz, bet nav daudz datu par cilvēka nerva histoloģiskajām izmaiņām dažādos slimības etapos, jo nerva biopsijas var izraisīt klīniskā stāvokļa pasliktināšanos. Viens no retajiem pētījumiem, kurš mērķtiecīgi analizēja konkrētas saslimšanas datus, ir nervu ekscīzijas izmeklējumi, veicot nervus radialis transpozīciju elkoņa rajonā pieciem pacientiem ar hronisku sāpīgu neiropatiju (Mackinnon et al., 1986). Bet trūkst datu par agrīno formu histoloģiskām izmaiņām. Tomēr tiek pieņemts, ka līdzīgi dzīvnieku modeļiem, agrīnās stadijās var novērot asins-nerva barjeras traucējumus, perineirālu un endoneirālu tūsku un iekaisuma reakciju. Izpētot perineirālo nervus medianus audu biopsiju, ko iegūst atbrīvojot karpālo kanālu, iegūst datus par apkārtējo audu iesaistīšanos kopējā procesā ar audu tūsku un vaskulārā endotēlija sabiezējumu (Fuchs et al., 1991, Kerr et al., 1992, Neal et al., 1987, Phalen, 1972, Scelsi et al., 1989, Schuind et al., 1990).

Slimības attīstībā svarīga loma tiek piešķirta asinsrites traucējumiem. Sunderland pētījumos parādīts (Sunderland, 1981), ka tuneļa spiedienam traucējot perineirālo venozo atteci, tiek izraisīta venozā stāze ar asinsapgādes traucējumiem, kuri noved pie audu išēmijas, kapilāru caurlaidības palielināšanās un tūskas. Tas savukārt veicina fibroblastu proliferāciju un endoneirālu fibrozi. Normālai venozai attecei nepieciešams spiediena gradienta kritums virzienā no artērijām uz kapilāriem, uz iekšējo spiedienu nerva kūlīšos un spiedienu vēnās un karpālajā tunelī. Nakts sāpju viens no iemesliem ir arteriālā spiediena pazemināšanās, kas izraisa gradienta krituma pārtraukumu un venozās stāzes attīstību (Sunderland, 1981).

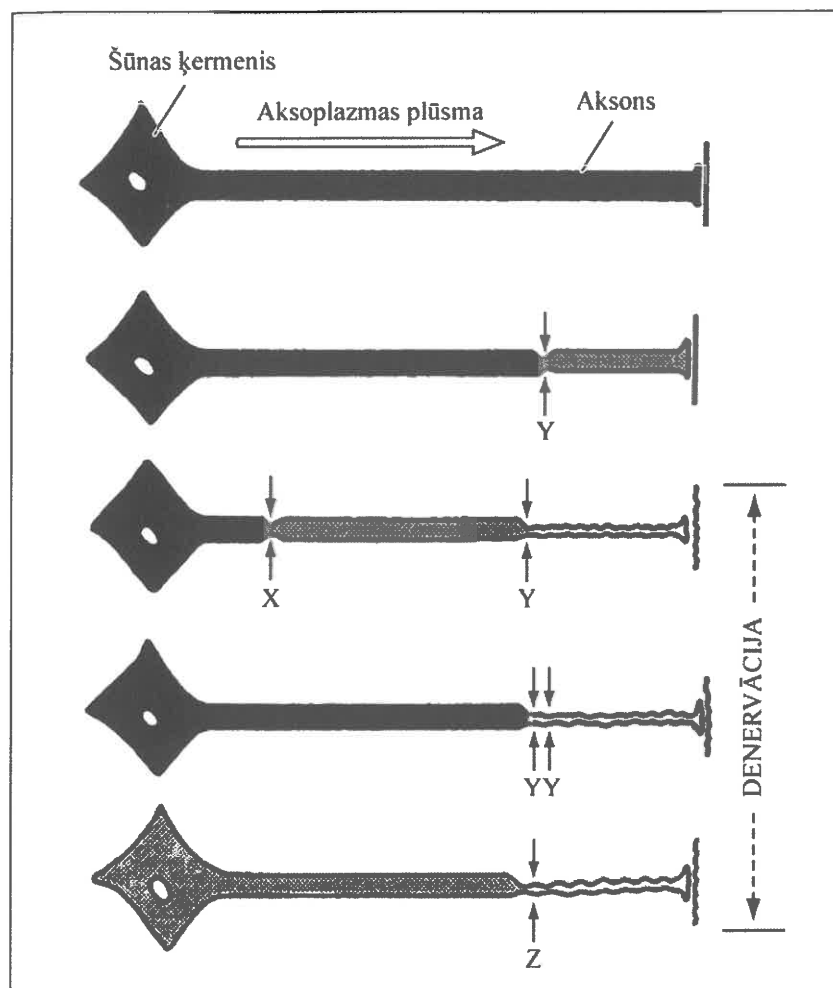
Sākotnēji kompresijas aina novērojama tikai provokācijas pozīcijās, kad tiek izraisīti intraneirālās cirkulācijas traucējumi ar išēmiju, kas normalizējas, likvidējot kaitīgo iedarbību (Lundborg, Dahlin, 1992, Mackinnon, Dellon, 1988, Rempel et al., 1999). Slimībai un tūskai progresējot ir nepieciešams aizvien ilgāks laiks, lai atjaunotos normāla asinsrite un nerva funkcionālais stāvoklis (Lundborg, Dahlin, 1992).

Hroniskās kompresijas sekas izpaužas ar motorās un sensorās funkcijas samazināšanos. Parasti novēro segmentālu demielinizāciju un intraneirālu tūsku, bet bez Vallera deģenerācijas (Lundborg, Dahlin, 1992, Mackinnon, Dellon, 1988, Rempel et al., 1999). Klīniski novēro vibrācijas sliekšņa paaugstināšanos izmantojot kamertoni un testi ar vibrometru norāda uz sensorās sistēmas ātri adaptīvo sensoru receptoru disfunkciju (Dellon, 1980, Mackinnon, Dellon, 1988). Par sensoriem traucējumiem liecina arī divu punktu izšķiršanas spējas mazināšanās, ko regulē lēni adaptīvā sistēma un kustīgās divu punktu izšķiršanas spējas traucējumi, ko regulē ātri adaptīvā sistēma (Dellon et al., 1987). Pavājinās

arī muskuļu spēks. Bieži simptomus pavada hroniskas, arī ļoti izteiktas sāpes. Arī nerva reģenerāciju pavada sāpes un raksturīgais Tinela simptoms, ko novēro, perkutējot nerva dzīšanas vietu, un ko saista ar smalko nemielinēto sājju šķiedru atjaunošanos (Mackinnon et al., 1984).

### 1.3.3. *Double crush* un *multiple crush* sindromi

Vēl viena teorija, kura apskata nervu kompresijas sindromus, ir saistīta ar nervu multiplu bojājumu mehānismu. Tai ir būtiska nozīme pētītās problēmas klīnisko izpausmju daudzu variāciju skaidrojumā. *Double crush* teorija tika izvirzīta 1973. gadā, lai izskaidrotu gadījumus, kad tika novērota karpālā kanāla sindroma attīstība pacientiem bez izteiktiem šīs slimības izraisošajiem riska faktoriem, kā smaga fiziska darba, traumas vai metabolo faktoru – grūtniecības vai endokrīnās patoloģijas (Upton, McComas, 1973). Grūti izskaidrojams bija arī fakts, ka pacientiem pēc *nervus medianus* dekompresijas bieži novēroja tikai daļēju atveseļošanos vai pat pasliktināšanos, kaut gan ir zināms, ka pietiek ar 20% aksonālo šķiedru reģenerāciju, lai atjaunotos muskuļu spēks (McComas et al., 1971). Apkopojot 220 pacientu grupu Upton un McComas konstatēja, ka 70% gadījumu vienlaicīgi ar karpālo vai kubitālo tuneļa sindromu novēroja arī cervikālu radikulopātiju. Autori savā teorijā izvirzīja konceptu, ka, traumējot nervu šķiedras proksimāli un traucējot aksonālo transportu, distālā aksona daļa kļūst uzņēmīgāka pret kompresiju (5. attēls). Laikā, kad radās teorija, bija jau konstatēta aksonālā plūsma (Guth, 1968), kaut arī nebija vēl noteikti aksona transportējamie substrāti. Tālāk Upton un McComas teoriju attīstīja arī citi autori, apsverot arī multiplu nerva kompresiju un nodēvējot tos par trīskāršo, četrkāršo un arī multiplu *crush* sindromu (Mackinnon, Dellon, 1988, Wood, 1988).



5. attēls. *Double crush* teorija (pēc A.R. Upton un A.J. McComas, 1973). Y – viegla kompresija, YY- izteikta kompresija, X – otrs kompresijas punkts, kas kopā ar vieglu kompresiju Y izsauc denervāciju. Kompresijai līdzīgu iedarbību Z var izraisīt metabola saslimšana (zemākais attēls).

Teorija joprojām paliek diskutējama, jo tika kritizēta darba metode, tā kā cervikālā radikulopātija tika diagnosticēta uz radioloģisko un klīnisko izmeklējumu pamata, tikai dažiem pacientiem veicot elektromiogrāfisko apsekošanu (Wilbourne, Gilliatt, 1997). Veicot plašu pētījumu pacientiem ar elkoņa ulnāro neiropātiju, tikai 0,5% atbilda izvirzītajiem *double crush* teorijas kritērijiem. Tāpat teoriju neapstiprināja plašs pētījums pacientiem ar cervikālu radikulopātiju, kuriem tika veikta elektrofizioloģiskā izmeklēšana (Richardson et al., 1998). Savukārt kontroles pētījumi uz dzīvniekiem drīzāk apstiprināja izvirzīto teoriju. Pirmos datus par modelētu *double crush* sindromu žurkām publicēja Seilers (Seiler et al., 1983), pamatojoties uz pētījumu metodiku, kura jau bija izstrādāta hronisku neiropātiju pētīšanai žurkām un primātiem, veicot nervu kompresiju ar polivinila lentu (Mackinon et al., 1984, 1985). Pētījums ar žurkām parādīja, ka, veicot nerva kompresiju ar lentu vienā līmenī 8

mēnešus, elektriskie vadīšanas parametri netika traucēti, bet izdarot to divos līmeņos, vadīšanas traucējumus konstatēja jau pēc 4 mēnešiem. Šo pašu autoru nākamais, vēl rūpīgāk monitorētais pētījums parādīja, ka divu žņaugu gadījumā, izmaiņas nav atkarīgas no proksimālā vai distālā žņauga uzlikšanas kārtības. Līdzīgus datus konstatē un arī jaunu „reverso *double crush*” teoriju izvirza Lundborgs (Lundborg, 1986). Viņš izvirzīja tēzi, ka traucētais distālais aksonālais transports ietekmē arī nerva reģenerācijas spējas un ātrāk var novērot proksimālu bojājumu. Kā pierādījums kalpo klīniskie gadījumi, kad, koriģējot karpālā kanāla kompresiju, izdodas novērst arī proksimālos simptomus (Lundborg, Dahlin, 1992).

Vēl *double crush* teorija saņem kritiku, analizējot anatomisko substrātu. Vairāki autori apstrīd *double crush* spinālas radikulopātijas un perifērā nerva kompresijas kopēju mehānismu, ietekmējot sensorās šķiedras. Eferentie jušanas neironi, kuri iznāk no dorsālās saknītes ganglija un visbiežāk var tikt bojāti radikulopātijas gadījumā, impulsu pārvada no ganglija uz muguras smadzeņu mugurējo ragu. Tādejādi distālā kompresija nevar kavēt plūsmu tajos pašos aksonos (Morgan, Wilbourn, 1988, Richardson et al., 1999, Wilbourn, Gilliatt, 1997). Tāpat kritiski tiek pieiets iespējai radikulopātijas laikā vienmēr ietekmēt saknītes vairākos līmeņos, jo *nervus medianus* saņem šķiedras no C6, C7, C8 un Th1 saknītēm, kaut gan klīniskā simptomātika nepakļaujas „visu vai neko” likumam un klīniskie simptomi var parādīties arī pie atsevišķu šķiedru bojājuma (Morgan, Wilbourn, 1988, Richardson et al., 1999, Wilbourn, Gilliatt, 1997).

Elektrofizioloģisko izmeklējumu pētījumi arī nav norādījuši uz biežāku C6-C8 radikulopātijū karpālā kanāla motoras vai sensoras neiropātijas pacientiem (Morgan, Wilbourn, 1988, Richardson et al., 1999). Savukārt 7-9% apstiprinātu radikulopātijū pacientiem konstatēja elektrofizioloģiski pierādāmu karpālā kanāla sindromu, kaut arī bez klīniskās atradnes, bet parasti to nenovēro vairāk kā 0,5-1,5% populācijā (Stevens, et al., 1988, Tanaka et al., 1995).

Upton un McComas teorijā kā primārais bojājums var tikt uzskatīta arī jebkura neiropātija. Ir zināms, ka viens no visbiežākajiem mono- un polineiropātijū izraisītājiem ir cukura diabēts (Mulder et al., 1961, Dahlin et al., 1986) un nervs diabēta gadījumā arī ir vieglāk ievainojams (Brown et al., 1980, Moor et al., 1981, 1982). Diabētiskas neiropātijas patofizioloģiskie mehānismi ir vairāki un tie ietver nervu hipoksiju un oksidatīvo stresu, metabolo nerva disfunkciju saistībā ar cukura fermentācijā veidotā alkohola plūsmu nervu elementos, nervu sastāvā esošo nervu proteīnu glikozilēšanu un neirotrofisko faktoru deficītu

(Zochodne, 1999). Dellons, izraisot hronisku kompresiju ar elektrodiagnostikas palīdzību, pierādīja žurku nervu ātrāku bojājumu diabēta gadījumā (Dellon et al., 1988). Ir izvirzītas vairākas hipotēzes diabētiskā nerva predispozīcijai neiropātijas attīstībai hroniskas kompresijas gadījumā: vispirmkārt, mikroangiopātijas *vasa nervorum* līmenī un *sludge* fenomēns, tad išēmija saistībā ar paaugstinātu endoneirālo spiedienu un papildus retrogrādā aksonālā transporta traucējumi (Dahlin et al., 1986a, Myers, Powell, 1984, Powell, 1983, Jakobsen, Sidenius 1980). Arī citas hroniskas saslimšanas kā urēmija, hronisks alkoholisms un vaskulīti, kuras izraisa vispārējus un arī nervu trofikas traucējumus, var uzskatīt kā *double crush* sindroma primāros nerva bojājumus, un tie ir jāņem vērā anestēzijas laikā (Minami, Ogino 1987, Tegner, Brismar, 1984, Mackinnon, 1992, Shields, 1985, Mackinnon, Dellon, 1988).

Ētikas apsvērumu dēļ nav iespējams veikt kontrolētus *double crush* apstiprinošus pētījumus cilvēkiem. Lai arī dati ir pretrunīgi, pat skeptiskie autori atzīst biežākus kombinētus nerva bojājumus pie esošas primāras patoloģijas (Richardson et al., 1999). Turpinot pētīt visus teorijas aspektus, ir ieteikts *double crush* saglabāt kā darba hipotēzi, bet pielietot arī plašāku terminu „multiplis *crush* sindroms”, kurš sevī ietver visa veida anatomisko struktūru kompresiju nerva gaitā, kura var izraisīt neiropātiju. Tādejādi, likvidējot vienu no vairākām *multiple crush* sindroma kompresijas vietām, varētu pilnībā likvidēt kopējo simptomātiku. Tas gan neattiecas uz dažādu nervu nospiedumu vienā ekstremitātē, piem. karpālā un *Guillon* kanāla kombinētas kompresijas gadījumā (Mackinnon, Dellon, 1988). Cita „multiplā *crush* sindroma”variācija ir nerva saspiedums ar vairākām struktūrām vienā anatomiskajā rajonā, ko, piemēram, var novērot *thoracic outlet* sindroma gadījumā. Aprakstītās teorijas acīmredzot ir noderīgas meklējot cēloni neiropātijām ar grūti lokalizējamiem pārliecinošiem kompresijas datiem vienā izolētā punktā. Savukārt nepareizi būtu izmantot šo hipotēzi, lai attaisnotu multiplas ķirurģiskas operācijas, neārstējot pacientu kompleksi (Wilbourn, Gilliatt, 1977).

#### 1.3.4 Trakcijas neiropātijas

Gan klīniskie, gan eksperimentālie pētījumi ir pierādījuši nervu augsto izturību pret stiepes deformāciju (Mitchell 1872, Denny-Brown, Doherty 1954, Leffert, Seddon 1965). Funkcionālās nerva izmaiņas ir atkarīgas no mehāniskās iedarbības veida un ilguma. Dažādi dzīvnieku modeļu eksperimenti ir veikti, lai pētītu perifēro nervu biomehāniskās, neirofizioloģiskās un morfoloģiskās izmaiņas, ko novēro stiepes deformācijas rezultātā

(Rydevik et al., 1990, Wall et al., 1992, Driscoll et al., 2002, Shi, Pryor, 2002, Bain, Meaney, 1999, 2000, Bain et al., 2001).

Stiepes rezultātā samazinās nervu kūlīšu šķērsriezums, kas izraisa intrafascikulārā spiediena pieaugumu un endoneirālās kapilāru plūsmas samazināšanos. Nerva asinsapgādes loma tā adekvātas funkcijas nodrošināšanai ir plaši pētīta agrāk (Gerard, 1930, Bentley, Schlapp, 1943, Porter, Wharton, 1949, Sunderland, 1968, Lundborg, 1970). No pētījumiem izriet, ka stiepe, kura izraisīs būtiskus nerva asinsapgādes traucējumus, izraisīs arī nerva funkcionālas izmaiņas. Nerva īpašības daudzos darbos ir pētītas saistībā ar mehāniskajām izmaiņām. Nervs satur daudz kolagēno šķiedru, un tam piemīt liela elastība un izturība, bet viedokļi un pētījumu dati ļoti atšķiras par nerva stiepes deformācijas limitu un izturības robežām. Ja stipri senākos pētījumos Denny-Brown un Doherty aprakstīja 100% kaķa nerva deformāciju bez funkciju traucējumiem un 25-50% limitu kā kritisko sliekšni suņiem Hoen un Brackett pētījumos (Denny-Brown, Doherty, 1945, Hoen un Brackett, 1956), tad pielietojot modernas metodes un elektrofizioloģijas datus, šis sliekšnis ir pazeminājies līdz 15% (Brown, 1993). Vissvarīgākie pierādījumi par nerva kā kompleksas struktūras izturību dažādos tā stiepes deformācijas apstākļos saistīti ar mikrocirkulācijas, nerva vadīšanas un izsaukto motoro potenciālu mērījumiem.

Uz truša *nervus tibialis* modeļa asinsapgādes traucējumi stiepes apstākļos ļoti detalizēti ir pētīti Lundborga darbā (Lundborg, 1973). Nerva apgāde tiek nodalīta ekstra un intrafascikulārajā daļā, pie kam iekšējo daļu veido asinsvadu pinumi epineirijā, perineirijā un endoneirijā, kuriem ir labi attīstītas anastomozes un kuri galvenokārt nodrošina nerva barošanu. Tā kā mazo asinsvadu gaita nervā ir likumota, sākotnēji tiem ir neliela stiepes rezerve. Pirmie asinsvadi, kuri cieš stiepes laikā ir venulas, kurās 8% stiepes gadījumā plūsma samazinās par 50%, bet tas īsā laika periodā neietekmē mikrocirkulāciju. Šis limits Lundborga darbos tiek apzīmēts kā „zemākais stiepšanas limits”, un tam var būt patofizioloģiska nozīme ilgstošas ekspozīcijas gadījumā. Pieaugot stiepes deformācijai, nākošie cieš kapilāri un, sasniedzot 15% deformāciju jeb „augšējo stiepes limitu”, tiek pilnībā pārtraukta nerva mikrocirkulācija, kas izraisa akūtu išēmiju.

Elektrofizioloģiskās metodes nerva stiepes deformācijas funkcionālo izmaiņu novērtējumam tika pielietotas Brown darbā, pētot truša *nervus tibialis* izsauktos motoros darbības potenciālus (IMDP) (Brown, 1983). Truša nervi tika pakļauti 0, 8 un 15 % stiepes deformācijai 2 stundu garumā. Rezultāti līdzīgi Lundorga datiem liecināja, ka 8 % stiepe būtiski nemazināja IMPD, bet 15% gadījumā novēroja būtisku 99% MIDP samazināšanos.

Līdzīgas funkcionālās izmaiņas citi autori novēroja, izraisot ekstremitātes išēmiju, piemēram *Kamp-Neilsen* un *Kardel* demonstrēja 30-35% nerva funkcijas samazinājumu pēc 30 minūšu išēmijas, bet *Makitie* un *Teravaiinen* novēroja 30% žurkas *nervus ischiadicus* vadīšanas ātruma pazemināšanos 2 dienas pēc veiktās 2 stundu žņauga uzlikšanas (*Kamp-Nielsen, Kardel, 1974, Makitie, Teravaiinen, 1977*). Kā redzams, var izmantot arī citus nerva funkcionālos izmeklējumus tā funkcijas traucējumu vērtēšanai. Tā *Singh* savā darbā vērtēja nervu vadīšanas ātrumu un izsauktos darbības potenciālus, lai vērtētu žurku L5 dorzālo saknīšu iestiepuma radītās izmaiņas (*Singh, 2008*). Viņas darbā pierādīts, ka mazas amplitūdas, bet laikā strauja nerva stiepes deformācija var būt tikpat traumatiska kā lielas amplitūdas, bet ar lēnu deformācijas ātrumu. 16, 10 un 9 % stiepe radīja vienādu 50% nerva vadīšanas ātruma samazināšanos, ja deformācijas ātrums bija attiecīgi 0,01 mm/s, 1 mm/s un 15 mm/s. Tas ir ļoti svarīgs fakts arī mūsu darba analīzei, jo roka operācijas neērtajā pozīcijā tiek novietota strauji vienmomenta manipulācijā.

## **1.4. Pacienta augšējās ekstremitātes pozicionēšana operācijai**

### **1.4.1. Biežākie roku pozīciju veidi**

*Plexus brachialis* ir pakļauts ļoti dažāda iedarbībai rokas pozicionēšanas laikā, jo tas ir fiksēts proksimāli ļoti augstu kakla līmenī pie paravertebrālās fascijas un distāli salīdzinoši tālu pie aksillārās fascijas. Tā kā plecs ir locītava ar plašu amplitūdu, tad arī *plexus brachialis* tiek pakļauts plaša diapazona kustībām rokas pozicionēšanas laikā. Papildus var tikt iesaistītas arī kustības kakla zonā, tādējādi vēl vairāk deformējot pleca pinumu un perifēros nervus (*Britt, Gordon, 1964*).

Jāņem vērā, ka bieži pacienta stāvoklis visas operācijas laikā nav vienāds. Visbiežāk uzsākot anestēziju pacients atrodas guļus uz muguras. Pēc anestēzijas uzsākšanas pozīcija var mainīties gan pacientu pārvietojot aksiālā virzienā pa operāciju galdu, sēdinot, pagriežot uz sāniem vai vēdera un mainot operāciju galda slīpumu. Tāpat šīs pozīcijas izmaiņas var notikt atkārtoti operācijas laikā. Tas nozīmē, ka ir nepietiekami pozicionēt pacientu un aizsargāt potenciālās ievainojuma vietas tikai vienu reizi, bet tas jā dara atkārtoti pēc katras pozīcijas maiņas. Tāpat ir arī jāturpina sekot pacienta pozīcijai pamošanās fāzes laikā pēcoperācijas pamošanās zālē, pēcoperācijas palātā un ķirurģiskajā nodaļā.

Rokas pozicionēšanas risku parasti iedala divās lielās grupās: vispārējā ķirurģija un sirds ķirurģija ar mediāno torakotomiju, kuras gadījumā *plexus brachialis* pēcoperācijas neiropātiju procents ir salīdzinoši augstāks (*Ben-David, 1997*).

Pozīciju kaitīgo ietekmi attiecībā uz nervu pinuma traumu, apvienojot dažādus literatūras datus, klasificēsim pēc vadošā iedarbības mehānisma, kaut arī traumas mehānisms visbiežāk ir jaukta rakstura (Clausen, 1942, Dhuner, 1950). Uz šo brīdi identificētos zināmos cēloņus varētu iedalīt šādi:

**A. Dominē rokas un *plexus brachialis* trakcija (Britt, 1973, Drizenko, Scherpereel, 1994) :**

1. Rokas novietošana abdukcijā 60° un vairāk grādu (6. attēls).
2. Trakciju pastiprina ārēja rotācija (zīm, bultiņa pie 6. attēla).
3. Trakciju pastiprina rokas dorzāla ekstensija (6. attēls). Rokas un pleca dorzāla ekstensija pagarina attālumu no kakla līdz padusei un iestiep nervu pinumu.
4. Galvas pagriešana uz rokai pretējo pusi paplašina kakla – humerus leņķi un papildus iestiep nervu pinumu (7. attēls).
5. Pinuma iestiepumu pastiprina saglabājot roku iztaisnotu un ķermeņa plaknē. Stiepe mazinās, ja elkoņi tiek pacelti 10-15 cm virs galda virsmas (Jackson, Keats, 1964) un rokas tiek saliektas (Topp, 2006) (8. attēls).
6. Rokas pārāk augsta fiksācija pie arkas pacientam esot laterālā pozīcijā (9. attēls).
7. Roku stingra fiksācija pie atbalstiem ar sekojošu Trendelenburga pozīciju un roku iestiepumu. Tad *plexus* iestiepjas pāri pirmajai ribai (Clausen, 1942).

**B. Dominē *plexus brachialis* kompresija:**

1. *Plexus* kompresija starp pirmo ribu un atslēgas kaulu, atspiežoties pret pārāk mediāli novietotu atbalstu, kurš kavē ķermeņa noslīdēšanu Trendelenburga pozīcijas laikā (10. attēls). Atbalstam jāatrodas akromioklavikulārās locītavas līmenī (Budinger, 1894).
2. *Plexus* var tikt saspīests pret *humerus* galvu, ja Trendelenburga pozīcijas laikā pleca atbalsts ir pārāk laterāli un kavē lāpstiņas cefālisko kustību rokas abdukcijas laikā (11. attēls) (Ewing, 1950, Garrigues, 1897).
3. *Plexus* kompresija ar *m. pectoralis minor* cīpslu gadījumā, ja novieto valnīti zem labā sāna vai zem lāpstiņām, piemēram, korpulentam pacientam ilgstošu aknu un *pancreas* operāciju laikā un roku atstāj zemākā līmenī un ārējā rotācijā. Tad krūšu muskuļi un plecs tiek nostiepti uz aizmuguri un *m. pectoralis minor* cīpsla ar *processus coracoideus* var saspīest nervu pinumu (12. attēls).

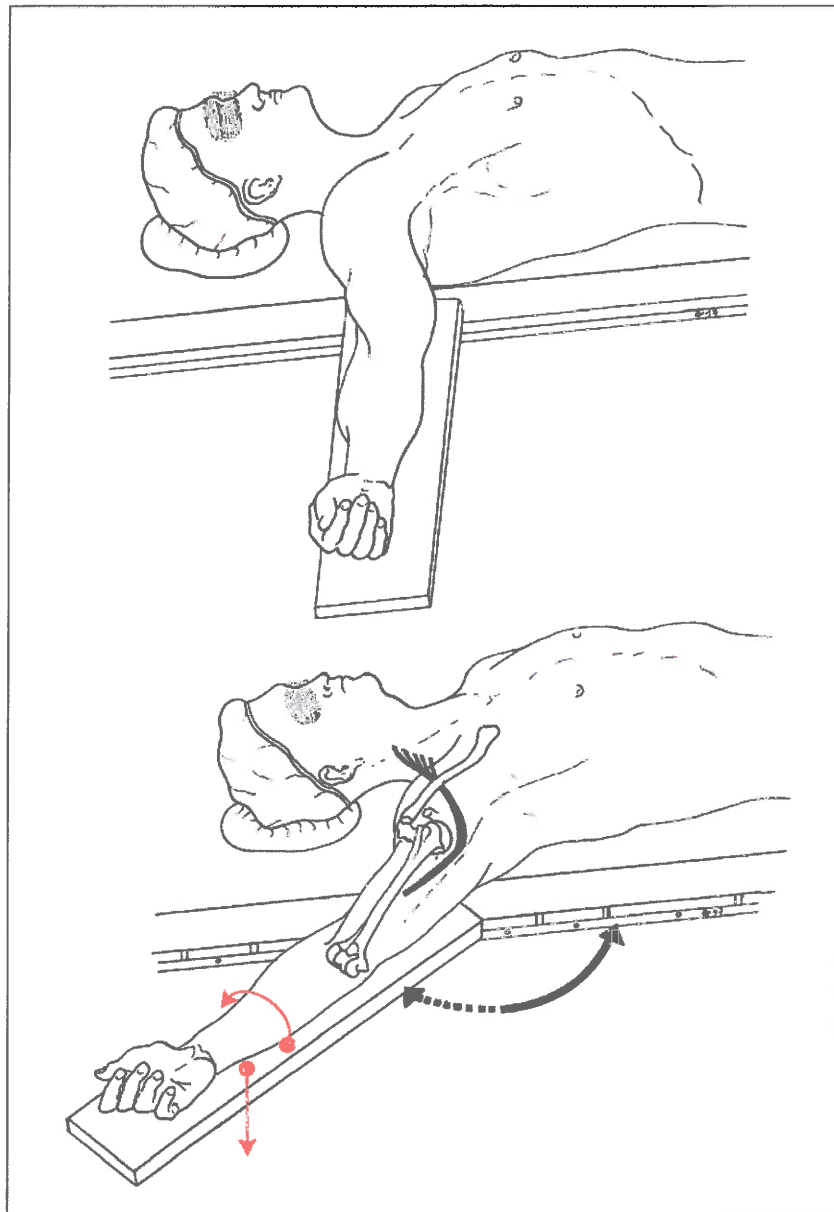


## Perifēro rokas nervu kompresija

1. *Nervus ulnaris* kompresija. To provocē rokas novietojums uz atbalsta pronācijas stāvoklī (13. attēls). *Nervus ulnaris* neiropātija ir visbiežākā perifēro nervu pēcooperācijas komplikācija un to izraisa kompresija *sulcus ulnaris* elkoņa rajonā. Tās biežums Warners pētījumā, kur tika apsekoti dati par vairāk nekā vienu miljonu anestēziju, novērtēts kā 1 gadījums uz 2729 anestēzijām jeb 0,04% (Warners, 1994). Visbiežāk to novēro vīriešiem un to saista ar anatomiski šaurāku *sulcus ulnaris*, jo vīriešiem konstatē 1,5 reizes lielāku *tuberculus coronoideus (olecranon)* un pie tam sievietēm ir 2-12 reizes biežāks aizsargājošais zemādas tauku slānis. Kā citi galvenie riska faktori tiek atzīti  $\text{KMI} < 24$  vai  $> 38$ , diabēts anamnēzē un hospitalizācijas ilgums (Contreras et al., 1998). Vēl raksturīgi, ka *nervus ulnaris* neiropātijas attīstība ir nobīdīta un daļai pacientu klīniskās izpausmes parādās tikai pirmās nedēļas laikā (Warner, 1994). Arī simptomu regresija nav ļoti strauja un līdz pat 20% pacientiem saglabājas sensitīvie traucējumi pēc gada un 17% pēc piecu gadu perioda (Warner, 1994). Papildus dati par ulnārās neiropātijas attīstību ir iegūti Prielipp darbos, kuri parāda, ka pronācijas stāvoklī vidējais spiediens *nervus ulnaris* zonā sasniedz 91 mmHg, bet jau 80 mmHg izraisa somatosensoro izsaukto potenciālu (SSIP) samazināšanos par 44%. Pie tam SSIP samazināšanos novēro arī pacientiem bez simptomu klātbūtnes, kas palīdz izskaidrot retardēto simptomu attīstību mazkustīgam pacientam pēcooperācijas periodā (Prielipp et al., 1999).

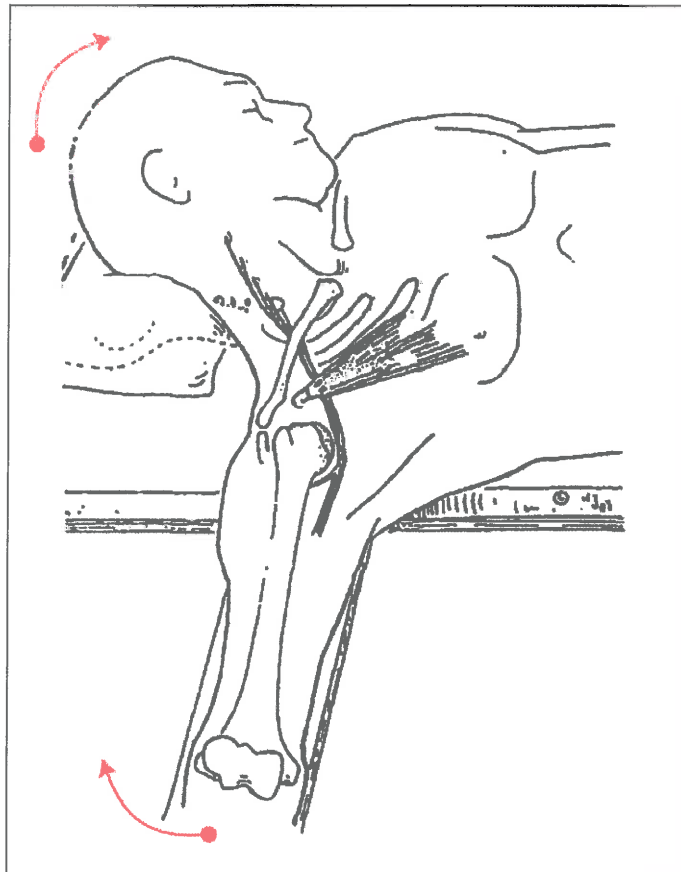
2. *Nervus radialis* bojājumu operācijas laikā novēro daudz retāk. Tā kompresija notiek pret *humerus* diafīzi, rokai atspiežoties pret vertikālu arku vai citu atbalstu (14. attēls). Šādu bojājumu var novērot arī pēc ķirurģiskā žņauga lietošanas vai arteriālā spiediena atkārtotas mērīšanas ar pārāk īsiem starplaikiem (Bickler, 1990). Šādas ģenēzes neiropātijai prognoze parasti ir labvēlīga.

3. *Nervus suprascapularis* ir vēl viens perifērais rokas nervs, kura ievainojumi ir dokumentēti saistībā ar pacienta pozīciju (Martin, 1992). Tas var tikt ievainots pacientu rotējot un novietojot ventrālā pozīcijā (15. attēls). Vienlaicīgi iespējama *nervus thoracodorsalis* trauma (Martin, 1989).



6. attēls. Rokas novietošana abdukcijā  $60^\circ$  un vairāk grādu. *Plexus brachialis* trakciju pastiprina ārēja rotācija un rokas dorzāla ekstensija. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A.

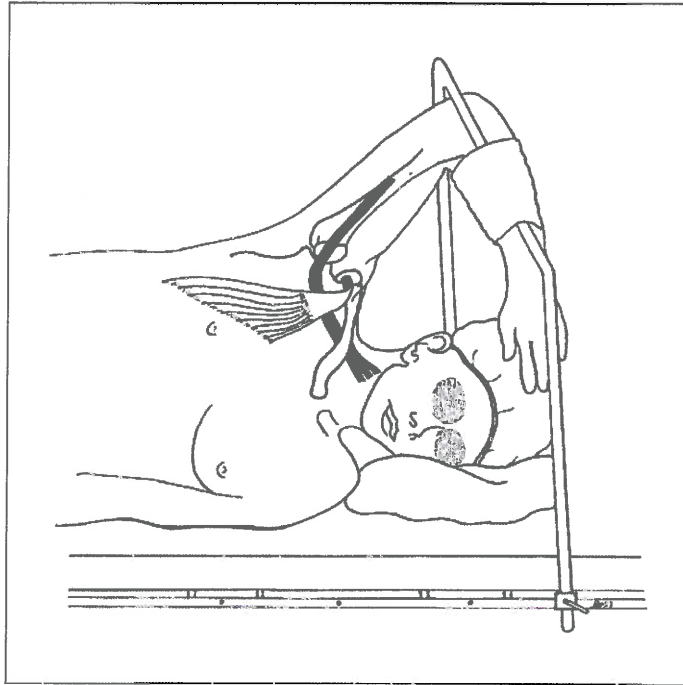
Gordon, 1964)



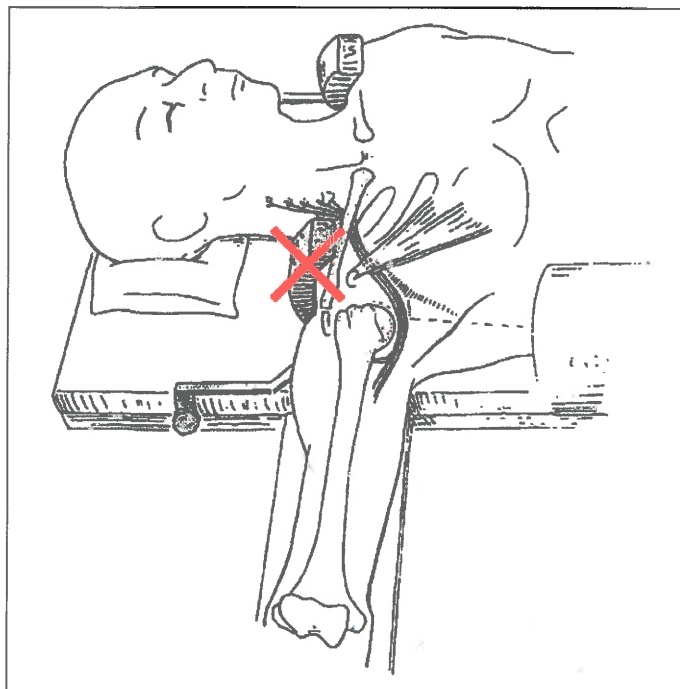
7. attēls. Galvas pagriešana uz rokai pretējo pusi paplašina kakla – humerus leņķi un papildus iestiep nervu pinumu. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).



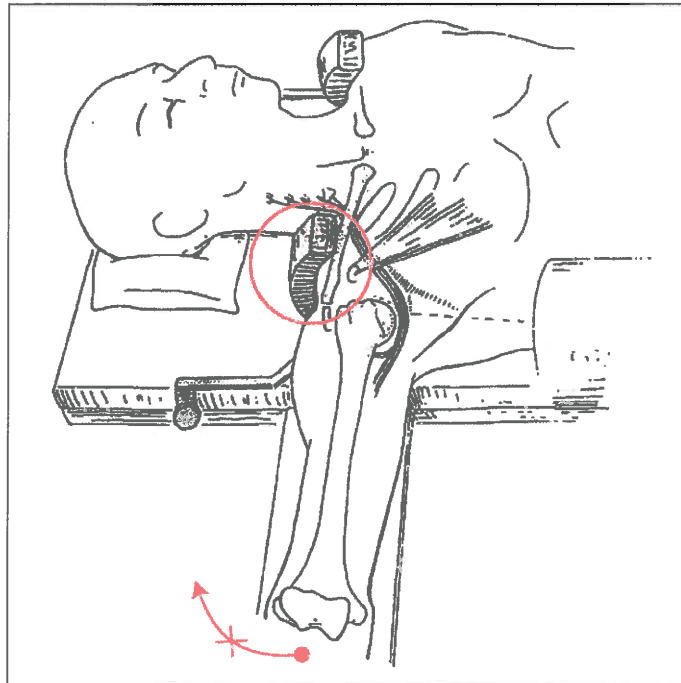
8. attēls. Pinuma iestiepumu pastiprina saglabājot roku iztaisnotu un ķermeņa plaknē. Stiepe mazinās, ja elkoņi tiek pacelti 10-15 cm virs galda virsmas.



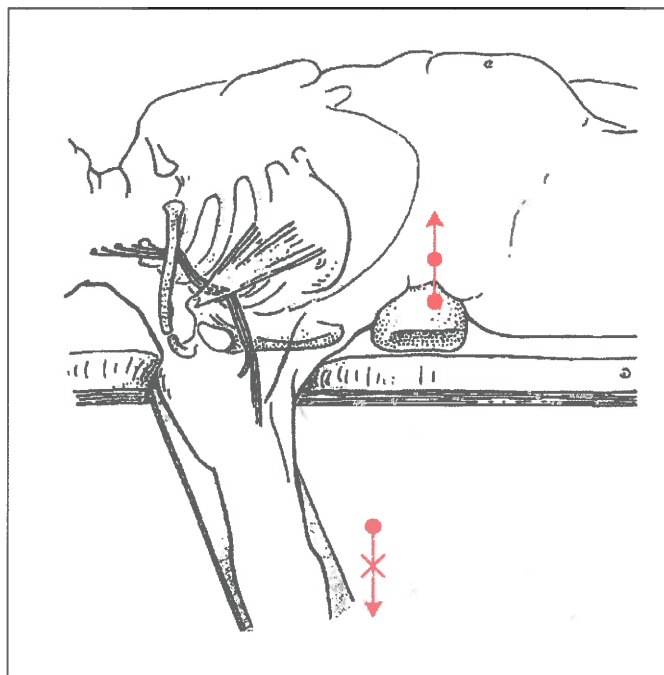
9. attēls. Rokas pārāk augsta fiksācija pie arkas pacientam esot laterālā pozīcijā  
 iestiepj nervu pinumu. (Adaptēts pēc A. Drizenko un Ph. Scherpereel, 1994)



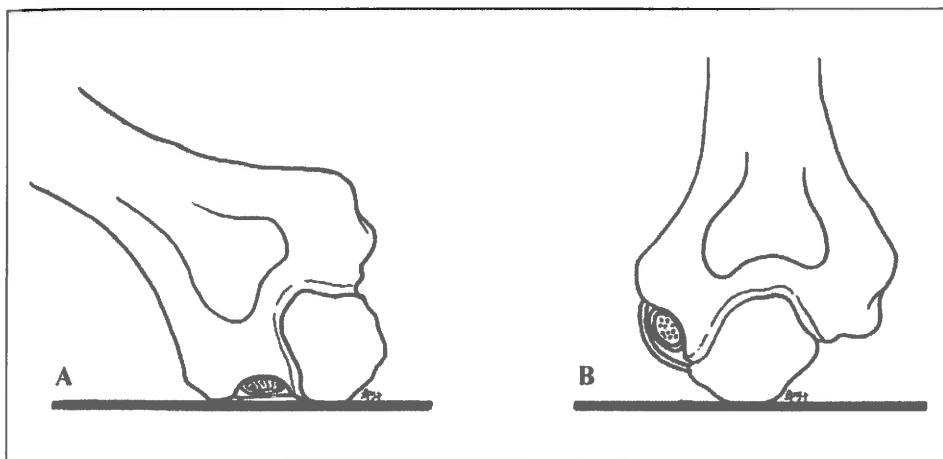
10. attēls. Pinuma kompresija starp pirmo ribi un atslēgas kaulu, tam atspiežoties pret  
 pārāk mediāli novietotu atbalstu, kurš kavē ķermeņa noslīdēšanu Trendelenburga  
 pozīcijas laikā. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964)



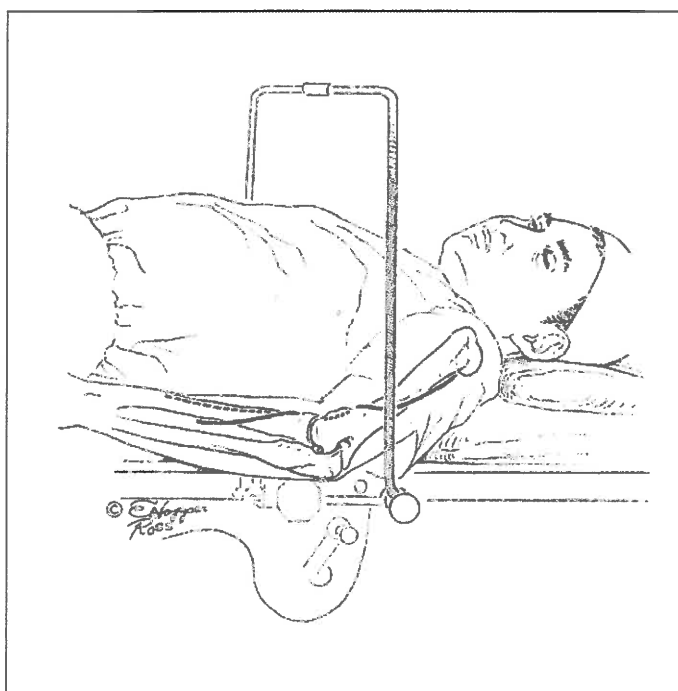
11. attēls. *Pinums* var tikt saspiests pret *humerus* galvu, ja Trendelenburga pozīcijas laikā pleca atbalsts ir pārāk laterāli un kavē lāpstiņas cefālisko kustību rokas abdukcijas laikā. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964)



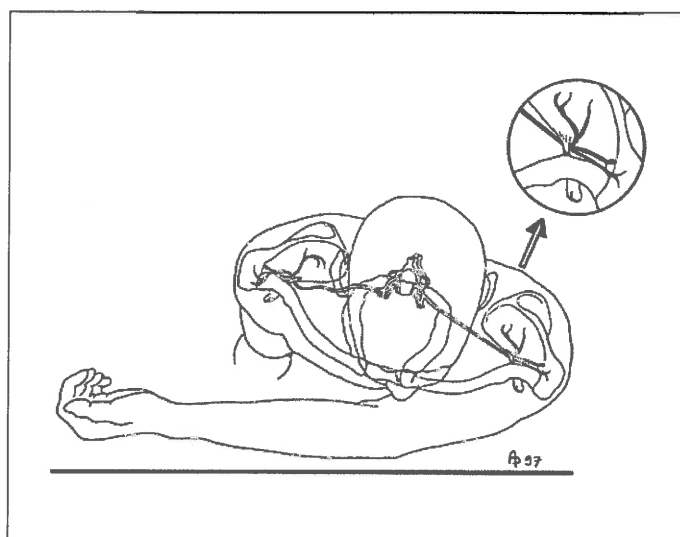
12. attēls. Pinuma kompresija ar *m. pectoralis minor* cīpslu, gadījumā, ja valnītis novietots zem labā sāna vai zem lāpstiņām un roku atstāj galdā līmenī ekstenzijas pozīcijā un ārējā rotācijā. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964)



13. attēls. *Nervus ulnaris* kompresija, ko provocē rokas novietojums uz atbalsta pronācijas stāvoklī. A Roka pronācijas stāvoklī. B Roka supinācijā. (Adaptēts pēc A. Drizenko un Ph. Scherpereel, 1994)



14. attēls. *Nervus radialis* kompresija pret *humerus* diafīzi, rokai atspiežoties pret vertikālu arku vai citu atbalstu. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A.. Gordon, 1964)



15. attēls. *Nervus suprascapularis* var tikt ievainots pacienta rotācijas laikā, to novietojot ventrālā pozīcijā. Vienlaicīgi iespējama *nervus thoracodorsalis* trauma .

(Adaptēts pēc A. Drizenko un Ph. Scherpereel, 1994)

#### 1.4.2. Ķirurģiskās operācijas, kas saistītas ar perifērajām neiropatijām

Ķirurģiskā operācija pati par sevi ir riska faktors, jo saistīta ar pacienta piespiedu pozīciju, bet atsevišķu operāciju laikā pēcoperācijas rokas perifērās neiropatijas tomēr novēro biežāk.

#### Sirds ķirurģija ar mediāno torakotomiju

Šo operāciju laikā *plexus brachialis* ievainojumi ir ļoti raksturīgi. To biežums, lietojot retraktorus mediānās sternotomijas laikā, svārstās no 1,5-24% (Ben-David, Stahl, 1997). Bojājuma mehānisms ir saistīts ar krūšu kaula atbīdīšanu, kas var izraisīt *plexus brachialis* trakciju, nervu kūlīšu kompresiju ar iespējami plīsušu pirmo ribu vai hematomu ap to. Ievainojumu biežumu samazina retraktoru asimetriska uzlikšana un to nobīde kaudāli. Savukārt izolētu nervus ulnaris bojājumu šo operāciju laikā apraksta līdz 26% gadījumu (Casscells, 1993). Interesanti, ka šāda veida pleksopātiju prognoze parasti ir labvēlīgāka salīdzinot ar pārējiem etioloģiskajiem faktoriem, ar ne vairāk kā 1% pacientu, kuriem saglabājas vēlīna simptomātika (Dhuner, 1950, Parks, 1973, Ben-David, Stahl, 1997). Atsevišķi pētījumi ir veikti par neiroloģiskām komplikācijām tieši pēc aorto-koronārās šuntēšanas operācijām. Pētījumi uzrādīja komplikācijas līdz 15% pacientu pēcoperācijas periodā (Watson et al., 1992, Merchant et al., 1992).

## Abdominālā un torakālā ķirurģija

Par papildus riska grupu var uzskatīt abdominālo un torakālo ķirurģiju, kuras laikā ķirurgs vai asistenti savas pozīcijas dēļ pie operāciju galda izraisa pastiprinātu rokas atbalsta nobīdi un rokas abdukciju, kas var pārsniegt 90° (Eurin, 2002).

### Papildus faktori

Ir vēl atsevišķas situācijas, kuras anatomiski *plexus brachialis* padara vieglāk ievainojamu rokas pozīciju laikā, un ko sīkāk apraksta krūškurvja izejas (*Thoracic outlet*) un kostoklavikulārā sindromu gadījumā (Gillard et al., 2001). Tā galvenie etioloģiskie faktori ir *musculus scalenus anterior* un *medius* hipertrofija un izmainīta piestiprināšanās vieta pie pirmās ribas, papildus cervikālā riba un nervu pinuma augstāka vai zemāka atiešana no mugurkaula (Aralasmak et al., 2010).

### 1.4.3. Nervu – asinsvadu kūlīša kompresijas vizualizācija rokas abdukcijas laikā

Datus par rokas pozīcijas izraisītu nervu - asinsvadu kūlīša kompresiju un iestiepumu var atrast literatūrā, un visbiežāk šie pētījumi ir izdarīti saistībā ar krūškurvja izejas jeb angļu literatūrā *thoracic outlet* sindromu (Davidovic et al., 1998, Demirbag et al., 2007). Šie dati ir ļoti noderīgi arī rokas pozīcijas operācijas laikā novērtējumam, jo provokācijas proves sevī ietver rokas pozicionēšanas operācijas laikā galvenos elementus: rokas abdukciju, rokas ekstenziju un ārējo rotāciju (Rayan, Jensen, 1995). Šīs provokācijas proves krūškurvja izejas sindroma slimniekiem izraisa simptomus, kuru anatomiskais substrāts ir *arteria subclavia*, *vena subclavia* vai asinsvadu kūlītīm apkārtesošo nervu pinumu vai zaru kompresija (Demondion et al., 2006, Gillard et al., 2001). Nervu-asinsvada kūlīša izmeklējumi provokācijas testu laikā sevī ietver vairākas metodes. Izmanto ultrasonogrāfiju asinsrites ātruma un asinsvadu diametra izmaiņu noteikšanai, CT un MR asinsvadu un interesējošo anatomisko spraugu diametru mērījumiem, kā arī novērtē klīnisko simptomātiku.

#### 1.4.3.1. Sonogrāfijas dati

Ultrasonogrāfiski *arteria subclavia* un *arteria axillaris* plūsmas rādītājus un diametru detalizēti pētījis Stapletons (Stapleton et al., 2008, 2009). Viņa pētījumos veseliem brīvprātīgajiem tika novērtēti artērijas maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums, *arteria subclavia* vai *arteria axillaris* diametrs un klīniskie simptomi dažādās rokas abdukcijas, ekstenzijas un rotācijas kombinācijās. Šo pētījumu dati parāda, ka visizteiktākās asinsvada



kompresijas pazīmes ar plūsmas pieaugumu un diametra samazināšanos *arteria axillaris* novēro pie rokas 120° abdukcijas, 30° horizontālas ekstenzijas un 90° ārējas rotācijas. Savukārt *arteria subclavia* mērījumos nekonstatēja būtiskas diametra izmaiņas, bet plūsma būtiski samazinājās pie rokas 90° abdukcijas, 30° horizontālas ekstenzijas un 90° ārējas rotācijas. Lai interpretētu sekojošos datus un iespējamo nervu – asinsvadu kūlīša kompresiju, jāņem vērā, ka tikai artērijas diametra samazināšanās vairāk kā par 50% izraisīs konstatējamu maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma pieaugumu. Savukārt plūsmas samazināšanās liecina par asinsvada stenozi proksimāli no mērījuma vietas (Spenser, Reid, 1979). Tas pirmkārt parāda, ka diametra izmaiņas novēro ātrāk un, otrkārt, izskaidro situācijas, kad konstatē artērijas diametra izmaiņas bez plūsmas pārmaiņām.

Būtiska informācija Stapletona pētījumā attiecas uz papildus *arteria axillaris* kompresijas punktu abdukcijas laikā pret *humerus* galvu. Jau agrāk aprakstīts mehānisms, kā *humerus* galva komprimē *arteria axillaris* (Dijkstra, Westra, 1978, Finkelstein, Johnston, 1993, Vlouchou et al., 2001). Parastā abdukcijas stāvoklī *humerus* galva novietojas dorsāli, bet glenohumerālo saišu vājuma gadījumā vai papildus ar ārēju rotāciju un 30° rokas horizontālu ekstenziju *humerus* galva abdukcijas laikā pārvietojas ventrāli un komprimē *arteria axillaris* (O'Brien et al., 1990, Harryman et al., 1990). Tas arī tika apstiprināts sonogrāfiski Stapleton pētījumā (Stapleton et al., 2008).

Svarīgi ir atcerēties, ka objektīvi izmērāmie lielumi attiecas uz artēriju izmēru un asinsplūsmu, bet pavadošie subjektīvie simptomi, ko lieto savā praksē klīnicisti, liecina arī par iespējamu nervu un venozo asinsvadu kompresiju (Plewa, Delinger, 1998).

#### 1.4.3.2. CT un MR dati

Līdzīgi pētījumi ir veikti izmantojot CT un MR, lai noteiktu nervu-asinsvada kūlīša stāvokli provokācijas testu laikā un novērtētu krūškurvja izejas spraugu diametru. Neirovaskulārās kompresijas sindromu novēro anatomiski šaurākajās krūškurvja izejas spraugu vietās, kuras ir trīs: interskalēnā sprauga starp *musculus scalenus anterior* un *medius*, kostoklavikulārā sprauga un subkorakoīdais tunelis zem *musculus pectoralis minor* cīpslas un *procesus coracoideus*. Kopš 1956. gada kompresiju šajā reģionā izdala kā atsevišķu nozoloģisko formu (Peet et al., 1956). Remy-Jardin savā pētījumā, izmantojot spirāles CT, veica provokācijas testus ar rokas abdukciju (Wright testu un modificēto Adsona testu). Rezultāti parādīja, ka kostoklavikulārajā spraugā, kura ir predisponēta kompresijai abdukcijas laikā, atrodās *arteria subclavia* 75% sieviešu un 71% vīriešu, bet vena subclavia

12% sieviešu un 11% vīriešu. Tāpat konstatēja, ka subkorakoīdā kanāla diametrs ir vidēji 12 mm, bet visiem izmeklētajiem brīvprātīgajiem neirovaskulārais kūlītis atrodas 20-40 mm kaudāli no *procesus coracoideus* (Remy-Jardin et al., 1997), kas teorētiski samazina kūlīša kompresijas risku abdukcijas laikā šajā segmentā. Savukārt Matsumuras līdzīgā spirāles CT pētījumā veseliem brīvprātīgajiem izdarīja 90° rokas abdukciju ar ārēju rotāciju. Rezultāti liecināja, ka skaleno-klavikulārais (SK) attālums testu laikā samazinājās vidēji no 18,4 līdz 5,2 mm ( $p < 0.001$ ), bet kostoklavikulārais attālums (KK) no 12,6 uz 6,3 mm ( $p = 0.005$ ) (Matsumura et al., 1997). SK punktā vēnas diametrs samazinājās vidēji no 11,0 uz 5,1 mm ( $p < 0.001$ ), bet KK no 16,1 uz 3,0 mm ( $p < 0.001$ ). Artērijas izmaiņas bija mazākas no 6,6 uz 6,2 mm ( $p = 0.08$ ) SK punktā un no 7,2 uz 6,0 mm KK punktā ( $p = 0.001$ ). Dati parāda, ka SK un KK punktos būtiski samazinās izejas diametrs un praktiski visiem indivīdiem sašaurinās *vena subclavia* un mazākā mērā arī *arteria subclavia*. Diemžēl šajos pētījumos netika analizēts nervu kūlīšu novietojums, jo daļu no kompresijas saņem arī neirālās struktūras, par ko liecina klīniskie simptomi (Rayan, Jensen, 1995).

#### 1.4.3.3. Klīniskie simptomi

Klīnisko simptomu biežumu novērtē ar provokācijas testiem, kas fizioloģiski atgādina rokas pozīcijas stāvokli dažādās situācijās anestēzijas un operācijas laikā. Rayan pētījumā tika analizēti 100 brīvprātīgo klīniskie simptomi vairāku provokācijas testu laikā (Rayan, Jensen, 1995). Tika izmantoti šādi testi: 1. Tinela tests, kuru izdara, perkutējot nerva gaitu. 2. Adsona tests, kura laikā veic pleca 15° abdukciju un vienlaicīgu ieelpu ar rotētu galvu uz izmeklējamo pusi. Vienlaicīgi palpē pulsu uz *a. radialis*. 3. Kostoklavikulārais tests ar plecu forsētu atliekšanu. 4. Hiperabdukcijas tests ar rokas pacelšanu virs 90° un ārēju rotāciju. Rezultāti parāda, ka vaskulārās atbildes novēro tomēr biežāk kā neiroloģiskās. Izmeklējamiem konstatēja pozitīvu Tinel testu 7,5% gadījumu. Pozitīvu vaskulāru atbildi vēroja 13,5% Adsona testam, 47% kostoklavikulārajam testam un 57% hiperabdukcijas testam. Savukārt neiroloģiskās pozitīvās atbildes bija tikai 2% Adsona testam, 10% kostoklavikulārajam un 16,5% hiperabdukcijas testam. Galvenās neiroloģiskās sūdzības šo neērto pozīciju laikā ir parestēzijas līdz pat anestēzijai, aukstuma un smaguma sajūta un sāpes. Stapleton pētījumā no virknes pozīciju, visizteiktākās sūdzības novēroja rokai esot 180° abdukcijā vai rokai esot 120° abdukcijā ar 30° horizontālu ekstenziju un 90° ārēju rotāciju. Abās pozīcijās simptomu biežums sasniedza 52% un 42%. Mazākā mērā simptomus novēroja citās pozīcijās, bet tomēr nekonstatēja korelāciju starp subjektīvo simptomu

biežumu un artērijas kompresijas pakāpi vai arteriālās plūsmas maksimālo sistolisko plūsmas ātrumu (Stapleton, 2008).

#### 1.4.4. Rokas pozicionēšanas neiroloģisko komplikāciju riska faktoru apkopojums.

Ņemot vērā ļoti dažādos iemeslus, kas var sekmēt neiroloģiska bojājuma attīstību, tika veikts literatūras apkopojums par biežāk pieminētajiem faktoriem. Katra iespējamā cēloņa loma ir pierādīta virknē pētījumu, kas apkopoti 4. tabulā. Uz šo pētījumu bāzes tālāk ir iespējams veidot riska faktoru sarakstu un neiroloģiskā riska skalu pielietošanai praktiskajā darbā.

4. tabula.

Neiroloģisko perioperatīvo komplikāciju riska faktori

Pozīcijas ilgums uz operāciju galda >2h (Kompresijas un stiepes izsaukti sindromi pēc 2h iedarbības)	<b>Kompresija:</b> Rydevik, Nordborg, 1980; Ochoa et al., 1972; Nitz et al., 1989; Rydevik et al., 1981; Trojaborg, 1977; Nitz, Matulionis, 1982; Lundborg et al., 1983; Powell, Myers, 1986; Dyck et al., 1990 <b>Stiepe:</b> Brown et al., 1993; Hida et al., 1997
Perifēras neiropātijas anamnēzē	Upton, McComas, 1973; Lundborg, 1986; Lundborg, Dahlin, 1992; Mackinnon, Dellon, 1988; Wood et al., 1988; Seiler et al., 1983
Metabolas slimības, pazemināta audu trofika, nesena trauma vai iepriekšēja ilgstoša imobilizācija	<b>Diabēts:</b> Dahlin et al., 1986; Brown et al., 1980; Moore et al., 1981, 1982 <b>Urēmija:</b> Minami, Ogino, 1987 <b>Vaskulīti:</b> Mackinnon, Dellon, 1988 <b>Alkoholisms:</b> Mackinnon, 1992; Shields, 1985 <b>Trauma:</b> Bora, 1980 <b>Imobilizācija:</b> Balster, Jull, 1997; Coppieters et al., 2002
Vecums > 80 gadi	Bouche et al., 1993; Coleman et al., 1990; Jacobs, Love, 1985
Roku vai kāju novietošana uz atbalstiem	Prielipp et al., 1999; Sawyer et al., 2000
Žņauga pielietošana	Rydevik, Nordborg, 1980; Ochoa et al., 1972; Nitz et al., 1989; Rydevik et al., 1981; Denny-

## 5.5. Palīgierīces augšējās ekstremitātes pozicionēšanai

### 1.5.1. Operāciju galda palīglīdzekļi

Ekstremitāšu adekvātai un komfortablai pozicionēšanai galvenā loma ir roku un kāju atbalstiem. Strauji attīstoties anestēzijai un ķirurģijai, pirmie izgudrojumi, kas apstiprina zinātniskās domas virzību, parādījās 18. gadsimta 80. un 90. gados. *Walton* 1887. gadā pirmais patentē universālu pie galda stiprināmu kāju stiprinājumu ginekoloģiskajam izmeklējumam (*Walton*, 1887). *Streeter* 1892. gadā un *Loomis* 1895. gadā ASV patentē pirmos rokas atbalstus, kuriem paredzēta speciāla vieta operāciju galda konstrukcijā (*Streeter*, 1892, *Loomis*, 1895), bet *Bauerfeind* 1911. gadā patentē universālu roku un kāju balstu (*Bauerfeind*, 1911).

Tālākā posmā galvenais atklājums bija roku atbalsti, kurus var piestiprināt pie operāciju galda malās ierīkotām sliecēm. Tādejādi atbalstu novietošana pleca locītavas tuvumā kļūst precīzāka. Šādus atbalstus 50. gados patentē *Krewson* un *Adams* (*Krewson*, 1950, *Adams*, 1954). Arī turpmāk tiek ieteikta virkne uzlabojumu, lai padarītu rokas atbalstu komfortablāku un ergonomiskāku (*Grabenkort et al.*, 1993, *Vinci*, 1996, *Garcia*, 1990, *Singer*, 2006, *Kim*, 2006). Strauji pieaugot ambulatorās ķirurģijas apjomam, parādās arī vajadzība veikt manipulācijas uz pārvietojamiem ratiem uzņemšanas nodaļā vai operāciju blokā. Parasti stumjamie rati nav aprīkoti ar roku atbalstiem, bet izgudrotāji piedāvā universālus atbalstus arī šādām situācijām (*Walter*, 1999). Bet jāatzīst, ka arī vismodernākie atbalsti nevar būt ideāli, jo tie bieži ir piesaistīti konkrētas konstrukcijas galdam, līdz ar to ir iespējas tos pilnveidot, lai padarītu pēc iespējas universālākus dažādās lietošanas situācijās.

Pēdējos gados ir radīti jaunas paaudzes polifunkcionāli roku atbalsti. Šo atbalstu darbības pamatā joprojām ir fiksācija uz operāciju galda laterālās slieces, bet leņķis, augstums un novietojuma punkts pret plecu ir maināmi no atbalsta distālā gala, pateicoties Z veidā savienotām artikulācijām, kuras pie tam ir iespējams regulēt no distāla gala. Atbalsta pamatā ir *Smart* ieteiktie uzlabojumi (*Smart*, 2003). Diemžēl šis aprīkojums ir patentēts un dārgs, līdz ar to nav pieejams katrā operāciju zālē (16. attēls).



16. attēls. Moderns polifunkcionāls, no rokas distālā gala regulējams rokas atbalsts.

### 1.5.2. Speciālie aparāti

Liels iepriekš aprakstīto rokas atbalstu trūkums ir saistīts ar to atkarību no operāciju galda paredzētajām fiksācijas vietām. Ja fiksācijas punkts pret plecu ir aizņemts, nepieciejams vai tajā ir sliedes pārtraukums, rokas pozicionēšanai ir divas iespējas. Pirmkārt, to var novietot kaudālāk un šaurākā abdukcijas leņķī, bet tas var traucēt ķirurģisko pieeju un vienlaicīgi samazināt rokas atbalsta laukumu. Otrkārt, atbalstu novieto kraniālāk, kas automātiski izraisa izteiktāku rokas abdukciju, un arī šajā gadījumā roka atbalstu šķērso tangenciāli un atbalsta virsma samazinās. Lai izvairītos no šīs problēmas, tiek piedāvātas alternatīvas ekstremitāšu atbalsta sistēmas, kuras atrodas uz neatkarīgas pēdas un kuras var novietot nepieciešamajā vietā un augstumā. Pirmo šāda veida atbalstu kājām un rokām piedāvāja *Eubanks* 1950. gadā kā atbalstu rokām un kājām invalīdiem, bet kuru varētu pielietot arī operāciju zālē (*Eubanks*, 1953). Tālākie izgudrojumi piedāvā papildus vienposma augšdelma atbalstam iespēju nodrošināt artikulētu atbalstu arī apakšdelmam (*Pauley*, 1980), uzlabot atbalsta pāklājumu atbilstīgi ilgstošai ekspozīcijai un operāciju zāles kopšanas prasībām (*Reeves*, 1994) un paredz arī papildus instrumentārija novietošanu uz atbalsta (*Romney*, 1970). 1999. gadā *Heimbrock* piedāvāja rokas atbalstu, kas var kalpot vienlaicīgi kā operācijas galda rokas ķirurģijai (*Heimbrock*, 2001). Savukārt *Boucher* piedāvāja ekstremitāšu atbalstus uz teleskopiski izvelkamiem atbalstiem, kas ļoti atvieglo

ekstremitātes pozicionēšanu (Boucher et al., 2008). Visi šie izgudrojumi, raugoties no izgudrojuma tehniskā apraksta, liekas ļoti pieņemami ikdienas darbam, bet to ieviešana bieži ir saistīta ar tehniskajām ražošanas problēmām un atsevišķu kompāniju patenttiesībām, tamdēļ to reāls pielietojums operāciju zālē ir nedaudz ierobežots. Šāda veida atbalstu trūkums ir to nestabilitāte, esot atrauciem no operāciju galda konstrukcijas. To lietošanu apgrūtina arī to glabāšanas iespējas operāciju blokā, kurš parasti ir jau pārpildīts ar ķirurģisko un anestēzijas aprīkojumu.

## **1.6. Anestēzijas laikā radušos perifēro nervu bojājumu klīnika**

### **1.6.1. *Plexus brachialis* bojājuma klīniskie simptomi**

Nerva ievainojumi rada divu veidu nerva funkcijas traucējumus: impulsa pārvades mazināšanās un jaunu nefizioloģisku impulsu ģenerēšana. Impulsu pārvades kavējums izraisa sensoros un motoros funkciju traucējumus (*negatīvie simptomi*). Savukārt jaunu, abnormālu simptomu rašanās izraisa jušanas fenomenus kā tirpšana un parestēzijas, neiropātiskās sāpes, nekontrolētas muskuļu kontrakcijas un fibrilācijas (*pozitīvie simptomi*) (Stewart, 2000, Bērziņš, Dumbere, 2005)

Reizēm nerva perioperatīva ievainojuma simptomātiku var konstatēt tūdaļ pēc operācijas, bet citreiz tā parādās tikai pēc vairākām dienām. Simptomu parādīšanās vēlīns pacienta novērtējums var būt saistīts arī ar pacienta vispārējo stāvokli pēc anestēzijas, uztveres traucējumiem un koncentrēšanos vairāk un operēto rajonu. Pacients var sūdzēties par dažāda veida nepatīkamām sajūtām, hiperestēziju, parestēziju, vēsumu, sāpēm un arī notirpumu un anestēziju bojātā nerva inervācijas zonā. Paša ievainojuma vietā bieži var novērot jutīgumu un sāpes. Sāpju raksturs var būt ļoti dažāds un izpausties kā dedzināšana, salšana, elektriska izlāde, allodīnija vai cimda sajūta rokā (Sawyer et al., 2000).

Tieši specifiski *plexus brachialis* pēcoperācijas bojājumam ir pirmkārt lokāls sāpīgums supraklavikulārajā zonā pēcoperācijas periodā. Ja stiepes un kompresijas rezultātā ir cietis viss nervu pinums, tad visa roka var būt parētiska un rokas āda nejūtīga (Ullrich et al., 1997).

### **1.6.2. Diagnostikas testi**

#### **Motorās funkcijas novērtējums (Stewart, 2000)**

Izmeklēšanu labāk sākt ar muskuļu un cīpslu refleksu novērtējumu, jo to vājums un cīpslu refleksu izmaiņas bieži ir vieglāk atklāt nekā jušanas traucējumus. Sākumā iesaka

sistemātiski novērtēt skartos muskuļus un atzīmēt to spēku pēc ieteiktajām skalām. Anestezioloģijā kāju muskuļu spēka novērtējumam pēc spinālās anestēzijas visbiežāk izmanto Bromage skalu (Bromage, 1978) no 1-4 (4- norma un 1- pilnīga blokāde), bet rokas muskuļu spēkam acīmredzot jāpiemēro neiroloģijas skalas. Viena no piemērotākajām ir British Medical research Council muskuļu spēka novērtējuma skala (British Medical research Council, 1986), kura spēku novērtē no 5 - normāls spēks līdz 0 - nekādas muskuļu šķiedru kontrakcijas. Identificējot muskuli tālāk izmantojot miotomu shēmas, var konstatēt skarto saknīti vai iesaistītos nervus. Vēl objektīvāk par spēka novērtējumu nervu var lokalizēt, izmantojot cīpslu refleksu pārbaudi. Lokalizētu hiporefleksiju var konstatēt arī gadījumos, kad muskuļu spēks nav ierobežots. Pēc cīpslu refleksa novērtēšanas, izmantojot tabulas, var identificēt bojājuma līmeni.

### **Sensorās funkcijas novērtējums (Stewart, 2000)**

Sensoro deficītu bieži vien var noteikt jau ievācot anamnēzi. Sekojoši klīniskie testi palīdz precīzāk lokalizēt sensoro bojājumu: viegls pieskāriens ar pirkstu vai vati; dūriena tests un divu punktu diskriminācijas prove.

Reizēm izmeklējot hipoestēzijas vietā novēro hiperestēziju. Tāpat reizēm var konstatēt sāpju sajūtu allodīnijas vai hiperpātijas veidā. Grūtības tālāk sastāda sensorā bojājuma līmeņa noteikšana starp proksimālo un distālo nerva aksona daļu. Piemēram, reizēm nākas stādīt diferenciāldiagnozi starp C6 vai C7 bojājumu, vai *nervus radialis*, vai *nervus medianus* perioperatīvu ievainojumu, vai C8 saknītes radikulopātiju un *nervus ulnaris* ievainojumu. Tālāku diferenciāldiagnozi palīdz uzstādīt elektromiogrāfijas izmeklējumi (Bērziņš, Dumbere, 2005). Sensorās sajūtas izmeklējumus ir grūti vai pat neiespējami veikt nekooperatīviem pacientiem vai agrīnā pēcoperācijas periodā.

### **Autonomās nervu sistēmas novērtējums**

Perifēro nervu nemielinēto autonomo šķiedru bojājumi var ietekmēt asinsvadu un sviedru dziedzeru inervāciju identiskā rajonā ar sensorajiem traucējumiem. Hroniskā procesā mainās ādas izskats, bet subakūtā periodā pēc operācijas var konstatēt svīšanas izžušanu un ādas temperatūras paaugstināšanos. Svīšanas blokādes diagnostikai ir ieteiktas ķīmiskas metodes. Piemēram, iespējams ādu noklāt ar piesātinātu kobalta hlorīda šķīdumu 95° etilalkoholā. Svīšanas rezultātā ķīmiskajā reakcijā šķīdums nokrāsosies no zila uz sarkanu, bet ja svīšana ir traucēta, reakcija nenotiks. (Britt, Gordon, 1964). Cita metode ir infrasarkanā termogrāfija (Uematsu et al., 1988, Bennett, 1991), kura perifērās autonomās

sistēmas novērtēšanai tiek šobrīd uzlabota arī Latvijā. Perifēro asinsvadu dilatācijas novērtējumu reģionālās anestēzijas laikā, izmantojot termogrāfijas metodi, pilnveidojis Miščuks (Miščuks et al., 2009).

### **Bojājuma lokalizācija**

Ciešot augšējām saknītēm C5, C6 un C7, novēro Dišena – Erba paralīzi. Visvairāk traucētas ir *nervus suprascapularis*, *nervus musculocutaneus* un *nervus axillaris* funkcijas. Simptomi ietver *m. deltoideus*, *m. biceps* un *m. brachialis* parēzi. Rokas pozīcija ir raksturīga ar roku, kas nokarājas gar sāniem mediālā rotācijā ar apakšdelmu ekstensijā un pronācijā. Daudz retāk var novērot apakšējo saknīšu C7, C8 un Th1 bojājumu, kas izraisa Dežerina-Klumpkes paralīzi. Tās gadījumā visvairāk cieš plaukstas muskuļi. Pacientam novēro pirkstu un plaukstas fleksijas grūtības, kas reizēm var kombinēties ar Hornera sindromu (Allieu, Mackinnon, 2002).

Tomēr biežāk bojājums ir novērojams atsevišķa kūlīša līmenī. *Fasciculus posterior* bojājums izraisa rokas abdukcijas defektu un elkoņa, plaukstas un pirkstu ekstensoru paralīzi. *Fasciculus lateralis* trauma izraisa elkoņa un plaukstas fleksoru funkcijas traucējumus. Savukārt *fasciculus medialis* klīnika atbilst C8 un Th1 saknīšu traumai un Dežerina-Klumpkes paralīzes klīnikai. Ir zināmas grūtības saistīt kūlīša sensoro traucējumu ar konkrētu ādas zonu, jo perifēro nervu zonas savstarpēji pārklājas. Tomēr atsevišķas zonas ir nosacīti izolētas. Tā mugurējā virsma pirmajā starppirkstu spraugā atbilst *fasciculus posterior* inervācijas zonai, otrā pirksta distālās falangas palmārā virsma atbilst *fasciculus lateralis*, un mazā pirkstiņa distālās falangas palmārā virsma atbilst *fasciculus medialis* inervācijas zonai (Allieu, Mackinnon, 2002).

### **1.6.3. Elektrofizioloģiskie izmeklējumi**

Elektrofizioloģijas izmeklējumi (EFI) ir indicēti, ja pēcoperācijas neiropātija neregresē dažu tuvāko dienu laikā. Kaut gan ideālā gadījumā var veikt izmeklējumu tūdaļ pēc bojājuma konstatācijas, lai noteiktu sākotnējo distālo nerva šķiedru stāvokli, kurš bojājuma gadījumā tālāko 20 dienu laikā iespējams deģenerēsies. Šādi ir iespējams atrast jau vecas, pirmsoperācijas neiropātijas izmaiņas (Kimura, 1989).

EFI ļauj diferencēt centrālo, nervu pinuma, perifērā nerva, neiromuskulārās sinapses vai paša muskuļa bojājumu. Tāpat ar šo metodi ir iespējams diferencēt *neurapraksia* no *aksonetmesis*, kam ir ļoti būtiska nozīme bojājuma prognozei. Šajā gadījumā izmeklējums



jāizdara 15-20 dienas pēc notikuma, jo šajā laika periodā notiek perifēro nerva šķiedru deģenerācija (Oh, 1993, Stewart, 2000).

Perifērās neiropātijas var izpausties kā nervu šķiedras mielīna apvalka, nerva aksona vai to abu bojājums. Ja bojāts mielīna apvalks, samazinās nerva impulsa pārvades ātrums, bet, ja bojājums pārsvarā skāris aksonus, samazinās elektriskā impulsa voltāža. Šīs fizioloģijas īpatnības izmanto pēcooperācijas un citu neiropātiju diagnostikā (Oh, 1993, Stewart, 2000).

Visbiežāk izmanto stimulācijas elektromiogrāfijas metodes impulsa pārvades pārbaudei motorajās un sensorajās šķiedrās. Nosaka motoriskā impulsa latentu periodu (M latenci) un sensoriskā impulsa pārvades ātrumu (S atbilde).

Motorā impulsa latentā perioda noteikšanai nervu kairina proksimāli no bojājuma vietas un nosaka darbības strāvu intervētajā muskulī. Savukārt sensorā impulsa pārvades ātruma noteikšanai var izmantot nerva kairinājumu proksimāli (antidromi) vai distāli (ortodromi) no bojājuma vietas.

Retāk no EFI izmanto somatosensoros izsauktos potenciālus (SSIP), kurus nosaka, stimulējot perifēros sensoros nervus un reģistrējot potenciālus galvas smadzenēs. Šī metode ļauj vienlaicīgi fiksēt signāla pārvadi caur perifēro un centrālo nervu sistēmu. Šai metodei perifēro neiropātiju diagnostikā tomēr ir mazāka nozīme (Aminoff, Eisen, 1998).

#### **1.6.4. Prognoze**

Pilnīga funkcijas atjaunošanās ir ļoti individuāla. Ir iespējama pilnīga izveseļošanās dažu dienu vai nedēļu laikā, bet tas var prasīt arī vairākus mēnešus. Tāpat ir iespējams paliekošs funkcijas traucējums, kurš izpaužas kā muskuļu vājums un sensorās spējas daļējs vai pilnīgs zudums, pie tam ir iespējami jaukti motorie un sensorie traucējumi.

Muskuļu spēks parasti ātrāk atgriežas lielajos muskuļos, bet lēnāk smalkajos, kuri nodrošina precīzās kustības. Tādejādi mazāks funkcionāls ierobežojums ir smagā fiziska darba strādniekiem, salīdzinot ar personām, kurām ar rokām ir jāveic precīzas un labi koordinētas darbības. Parasti prognoze ir saistīta ar mehānisko faktoru iedarbības ilgumu uz nepareizi pozicionēto roku, un, pieaugot operācijas ilgumam un iedarbības laikam, prognoze pasliktinās (Wood-Smith, 1952). Parasti kā kritisko sliekšni perifēro nervu funkcijas traucējumam galvenokārt piemin 1-3 stundu ekspozīciju, bet jāņem vērā arī audos ģenerētā spiediena gradients (Ochoa et al., 1972, Nitz et al., 1989). Tāpat prognozi pasliktina hipotermija operācijas laikā un miorelaksantu pielietošana. Prognozi pasliktina arī jau

iepriekšējas poli- vai mono-neiropātijas un operācijas laikā novērota anēmija, hipovolēmija un elektrolītu disbalanss, kas var pastiprināt nerva trofikas traucējumus (Bartholomew, Scholz, 1956).

## 2. MATERIĀLS UN METODEDES

### 2.1. Pētījumu veids, pacientu raksturojums, demogrāfiskie dati un atlases principi

Zinātniskais darbs izstrādāts laika periodā no 2006. gada oktobra līdz 2010. gada septembrim. Lai realizētu darba mērķi, tikai izdarīti četri neatkarīgi pētījumi un vienlaicīgi tika izstrādātas ierīces uzlabotai rokas pozicionēšanai anestēzijas manipulāciju un reģionālās anestēzijas laikā. Anesteziologa un ķirurga praktiskā darba uzlabošanai un pacienta drošības paaugstināšanai tika izstrādātas praktiskās rekomendācijas rokas pozicionēšanai operāciju laikā. Balstoties uz klīnisko pētījumu datiem, tika noteikti neiroloģiskā riska faktori pozīcijas izsuktām pēcoperācijas komplikācijām.

Pētījumi notika Paula Stradiņa klīniskajā universitātes slimnīcā, Rīgas 2. slimnīcā, Ventpils reģionālajā slimnīcā, Jelgavas reģionālajā slimnīcā, Valsts Tiesu medicīnas ekspertīzes centrā, Rīgas Stradiņa universitātes Patoloģijas katedrā un Rīgas Stradiņa universitātes Morfoloģijas katedras elektronu mikroskopijas laboratorijā. Aptaujas daļā piedalījās ārsti no Latvijas, Francijas un Apvienotās Karalistes, kopumā pārstāvot 18 privātās un valsts slimnīcas. Rokas pozicionēšanas ierīces un reģionālās anestēzijas stacijas izveide notika sadarbībā ar Latvijas kompāniju „Locoflex” un Francijas kompāniju „Vygon”.

**Pirmajā daļā**, lai padziļināti izpētītu *plexus brachialis* deformācijas patofizioloģiskos mehānismus rokas abdukcijas laikā, izmantoja autopsijas materiālu no septiņiem mirušajiem, kuriem nāve bija konstatēta pirms 6-24 stundām. Tika pētīts, pirmkārt, *plexus brachialis* un to veidojošo perifēro nervu stiepes deformācija un, otrkārt, ar oriģinālu patentētu metodi tika 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.

**Otrajā pētījuma daļā** atklātā salīdzinošā pētījumā piedalījās 38 pacienti, no kuriem bija 21 sieviete un 17 vīrieši, vidējais vecums  $64,2 \pm 13,5$  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 (KSS) un dažāda rakstura hroniskiem asinsrites traucējumiem.

**Pētījumā iekļāva** staigājošos pacientus, kuriem 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 hipoehogēns audu tips, kas neļauj izdarīt precīzus doplerogrāfijas izmeklējumus. Daļai pacientu izmeklējums tika izdarīts vienā pusē, bet daļai bija iespējams to izdarīt abās pusēs; tas bija atkarīgs no pacienta spējas ilgstoši nogulēt uz muguras un veikt rokas hiperabdukcijas pozīcijas. Par veiktu izmeklējumu uzskatīja pacienta vienas puses ultrasonogrāfisku *arteria subclavia* un *arteria axillaris* izmeklējumu. Pētījums notika divās Latvijas slimnīcās: Paula Stradiņa klīniskajā universitātes slimnīcā un Rīgas 2. slimnīcā. Pētījuma gaitā tika novērtēta augšējās ekstremitātes hiperabdukcijas, pleca pacelšanas un rokas horizontālas fleksijas ietekme uz nervu-asinsvadu kūlīša kompresiju. Šajā nolūkā izdarīja *arteria subclavia* un *arteria axillaris* maksimālās sistoliskās plūsmas ātruma reģistrāciju ķirurģiskās operācijas un anestēzijas raksturīgo rokas hiperabdukcijas stāvokļu laikā.

Gala apstrādē tika iekļauti dati no 36 pacientiem un tika iegūtas 46 analizējamas mērījumu sērijas. Divi pacienti no pētījuma tika izslēgti, jo izmeklējuma gaitā tiem tika konstatēta mirdzaritmija.

**Trešajā pētījuma daļā** atklātā salīdzinošā pētījumā piedalījās 37 pacienti, no tiem 16 sievietes un 21 vīrietis vecumā no 24 - 86 gadiem, vidējais vecums  $52,5 \pm 14,6$  gadi, kuri bija stacionēti traumatoloģijas un ortopēdijas, vispārējās ķirurģijas vai internās medicīnas nodaļās. Pētījumā izvērtēja rokas perioperatīvo pozīciju ietekmi uz nervu-asinsvadu kūlīša 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 galda. 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 hipoehogēns audu 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.

Pētījums notika trīs Latvijas slimnīcās: Rīgas 2. slimnīcā, Liepājas un Jelgavas reģionālajās slimnīcās. Dažādās rokas abdukcijas pozīcijās tika noteikts *arteria subclavia* un *arteria axillaris* maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums četros potenciālajos kompresijas punktos (infraklavikulāri, subkorakoīdajā tunelī, pret *humerus* galviņu un *fossa axillaris* mediālajā stūrī), mērīts artērijas diametrs un reģistrēts pacienta komforta līmenis. Pētījumu

pabeidza 36 pacienti, jo 1 pacientam pozīcija uz izmeklējuma galda bija ļoti neērta un izmeklējums tika pārtraukts.

**Ceturto pētījuma daļu** veido atklāts pētījums anketēšanas veidā, lai noskaidrotu pacienta un ārsta komforta līmeni rokas pozicionēšanas un reģionālās anestēzijas veikšanas laikā. Kopumā speciāli sagatavotu anketu aizpildīja 31 pieredzējis anesteziologs no Latvijas (7), Francijas (23) un Apvienotās Karalistes (1), kuri pārstāvēja 18 privātās vai valsts slimnīcas un kuri reģionālo anestēziju veic regulāri ar 3 līdz 39 gadu stāžu (7 sievietes un 24 vīrieši). Anketā, kas sastāvēja no 15 jautājumiem, anesteziologi tika lūgti analizēt parametrus, kas varētu ietekmēt RA norisi un efektivitāti, sevišķi pievēršot uzmanību pacienta un ārsta pozīcijas un komforta novērtējumam RA laikā.

**Piektajā pētījuma daļā**, kas turpinājās visā darba izstrādes laikā, tika veikta tehnisko palīgierīču izstrāde rokas pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā.

**Sestajā daļā** pēc literatūras datiem veica ekstremitāšu pozicionēšanas neiroloģiskā riska faktoru identificēšanu un izstrādāja praktiskās rekomendācijas roku pozicionēšanai ķirurģiskās operācijas un anestēzijas manipulāciju laikā.

## 2.2. Pētījuma uzbūve

### 2.2.1. Nervu–asinsvadu kūlīša stiepes un kompresijas pētījums

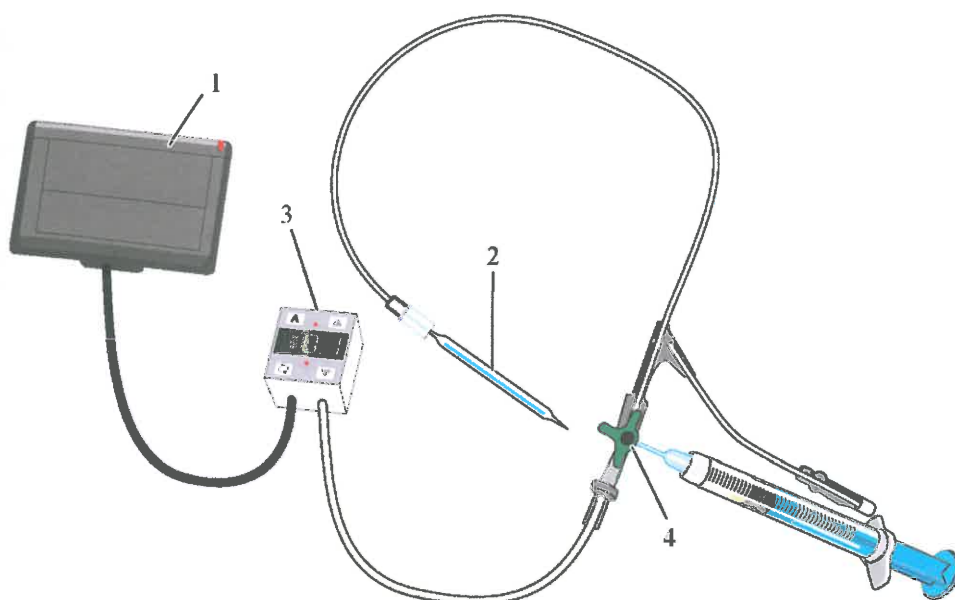
Pētījumā tika pētīta *plexus brachialis* un tā veidoto perifēro nervu stiepes deformācija, kā arī nervu - asinsvadu kūlīša apkārtējo struktūru izraisītā spiediena deformācija, novietojot roku anestēzijas laikā raksturīgajās abdukcijas pozīcijās 45, 90, 120, 150 un 180 grādu leņķos.

Pētījums tika veikts Valsts tiesu medicīnas ekspertīzes centrā. Pētījumā izmantoja liķa materiālu pirms autopsijas veikšanas. Nāves iestāšanās laiks pirms autopsijas uzsākšanas bija no 7-24 stundām. Pētījumam bija trīs daļas.

**Pirmajā pētījuma daļā** tika mērīta *plexus brachialis* perifēro nervu stiepes deformācija *sulcus bicipitalis* līmenī. Vispirms abpusēji tika izpreparēti nervu – asinsvadu kūlītis *humerus* vidējā trešdaļā un atdalīti *nervus medianus*, *nervus ulnaris* un vienā gadījumā arī *nervus cutaneus brachii superficialis*. Katrs no atdalītajiem nerviem tika transfiksēts ar adatām divos punktos apmēram 20-30 mm attālumā, atkarībā no piekļūšanas vietas. Pēc nerva transfiksācijas rokas stāvoklis tika mainīts abdukcijas pozīcijās 45, 90, 120, 150 un

180 grādu leņķī. Katrā abdukcijas pozīcijā nerva segmenta garuma izmaiņu noteikšanai starp transfixējošajām adatām tika izmantota fotografēšanas metode. Attāluma precīzai noteikšanai izmantoja etalona lineālu, ko novietoja stingri paralēli mērāmajam nervam. Izdarītie uzņēmumi tika apstrādāti ar AutoCad datorprogrammu, kas ļauj noteikt mērogu pret etalonlineālu un precīzi izmērīt mērāmā nerva segmenta garumu. Nerva segmenta garuma izmaiņas pozīcijas laikā tika analizētas.

**Otrajā pētījuma daļā** nervu - asinsvadu kūlīša deformācijas spiediena mērīšanai tika izmantota jauna audu spiediena mērīšanas metode. Pētījuma gaitā ir izdevies modelēt un patentēt jaunu nervu-asinsvadu kūlīša deformējošā iekšējā spiediena tiešo mērīšanas metodi. Šo patentēto metodi ir iespējams pielietot arī citās situācijās, piemēram, spiediena reģistrēšanai izgulējumu rašanās riska zonās pacientam operācijas laikā vai arī ilgstoši gulošiem pacientiem. Audu spiediens tika noteikts, pielietojot angioplastijas katetru un mērot spiediena izmaiņas tā dilatācijas balonā. Par pielietoto metodi 15.07.2010 Latvijas Republikas patentu valdē ir iesniegts patenta pieprasījums par „Ierīci audu spiediena mērīšanai” (17. attēls). Mērījumu veikšanai izmantoja angioplastijas balonkatetru, kas ar plastmasas cauruli savienots ar manometru. Spiediena radīšanai sistēmā tiek izmantots trejzaris un šļirce. Lai veiktu mērījumus sākotnēji *sulcus bicipitalis* atsegumā tika katetrizēta *vena brachialis*. Gadījumos, kad katetrizācija būtu neveiksmīga, bija izlemts veikt *arteria brachialis* katetrizāciju. Tika izmantots angioplastijas dilatācijas balonkatetrs (*Fox plus, Abbott*) ar dilatācijas cilindra garumu 40 mm un diametru uzpildītā stāvoklī 12 mm. Izvēlētais balona diametrs atbilst vidējai distancei starp pirmo ribu un atslēgas kaulu un arī *vena subclavia* diametram ieelpas fāzes laikā (Matsumura et al., 1997, Remy-Jardin 1997). Katetrs sākotnēji tika ievadīts līdz *musculi scaleni* piestiprināšanās punktam pie atslēgas kaula. Šo attālumu pirms mērījumu uzsākšanas noteica rokas 90 grādu abdukcijas stāvoklī izmērot attālumu no paredzētās katetra ievadīšanas vietas vēnā līdz punktam virs atslēgas kaula savienošanās vietas ar *mm. scaleni*. Iegūtais attālums pirms mērījumu uzsākšanas tika atlikts no atzīmes punkta uz katetra līdz balona proksimālajam galam. Vēl precīzāku balona pozīcijas kontroli neatļāva fluoroskopijas rentgena iekārtas trūkums sekciju zālē. Tika izmēģināta arī katetra gala pozicionēšana ar magnēta palīdzību, bet neefektīvi.

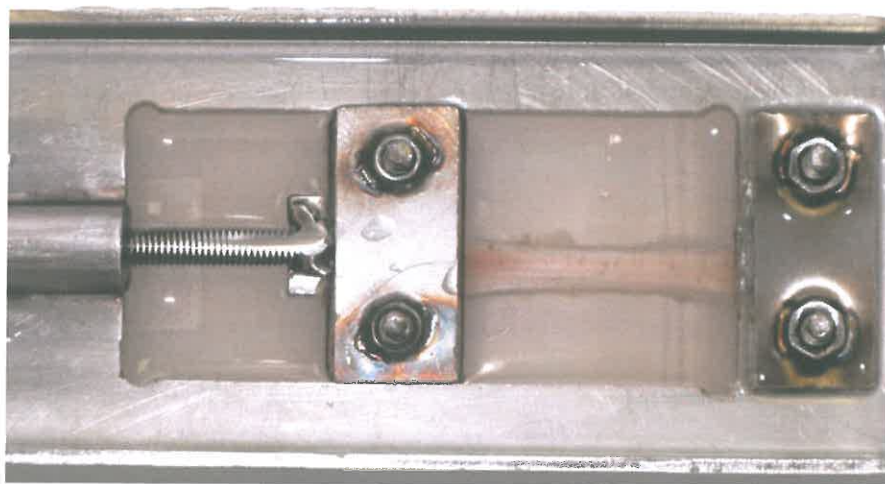


**17. attēls. Ierīce audu spiediena mērīšanai. Angioplastijas balonkatetrs (Fox plus, Abbott), kas ar plastmasas cauruli savienots ar manometru un izmantots audu spiediena mērījumam (1 – barošanas bloks, 2 – angioplastijas balonkatetrs, 3 – manometrs, 4 – trejzaris ar pievienotu šļirci)**

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) līmenim, jeb iniciālo diametru 12 mm. Tālāk tika reģistrētas 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 tika mērītas absolūtajos skaitļos, bet analizētas tika relatīvās spiediena izmaiņas dilatācijas balonā, mainot rokas pozīciju. Spiediena izmaiņas atspoguļo apkārtējo audu spiedienu uz nervu asinsvadu kūlīti rokas abdukcijas laikā. Katrā rokā mērījumi tika izdarīti 5 reizes, katru reizi balonu atvelkot 3 cm, līdz ir atvilkti 15 cm un tiek sasniegts *humerus* galvas līmenis. Maksimālā spiediena izmaiņa tika uzskatīta par nozīmīgāko potenciālā nervu – asinsvadu kūlīša kompresijā un tika izmantota analizē.

**Trešajā pētījuma daļā,** izmantojot gaismas un EM, tika novērtētas nervu šķiedru un kolagēno struktūru izmaiņas provocētās stiepes deformācijas laikā uz stenda. No līķa pēc stiepes testu veikšanas tika papildus atpreparēts 7 cm garš *n. medianus* fragments, kurš netika traumēts stiepes testos transfiksācijas laikā. 2 cm no paņemtā parauga tika izmantoti kā salīdzinošais materiāls. 5 cm tika ievietoti stendā, kura iekšējais attālums bija 30 mm. Pēc nerva piefiksēšanas stenda žokļos, ar skrūves palīdzību nerva fragments tika izstiepts par 15 procentiem, jeb 4,5 mm, attālumu fiksējot ar bīdmēru. Tika izvēlēta 15% slodzes pakāpe, jo tā atbilda vairākiem mūsu klīniskā eksperimenta novērojumiem un arī literatūrā

aprakstītajam sliekšnim, pie kura sāk reģistrēt funkcionālās izmaiņas (Brown et al., 1993). Gala izmērs tādejādi tika fiksēts 34.5 mm. Šādā nostiepumā nerva paraugs kopā ar stendu tika iegremdēts šūnu stabilizējošajā *Custodiol* šķīdumā un atstāts 3 stundu ekspozīcijā (18. attēls). Pēc 3 stundām viena nerva daļa tika ievietota aldehīda šķīdumā tālākai analīzei elektronu mikroskopā, bet otra daļa vēl 24h fiksēta formaldehīda šķīdumā apskatei gaismas mikroskopijā.



18. attēls. Izmantotais stends nerva stiepes deformācijas modelēšanai

#### 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 priekšmetstikliem *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 1 mm<sup>3</sup> 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 1 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 griezumam 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)**

Materiāls 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.

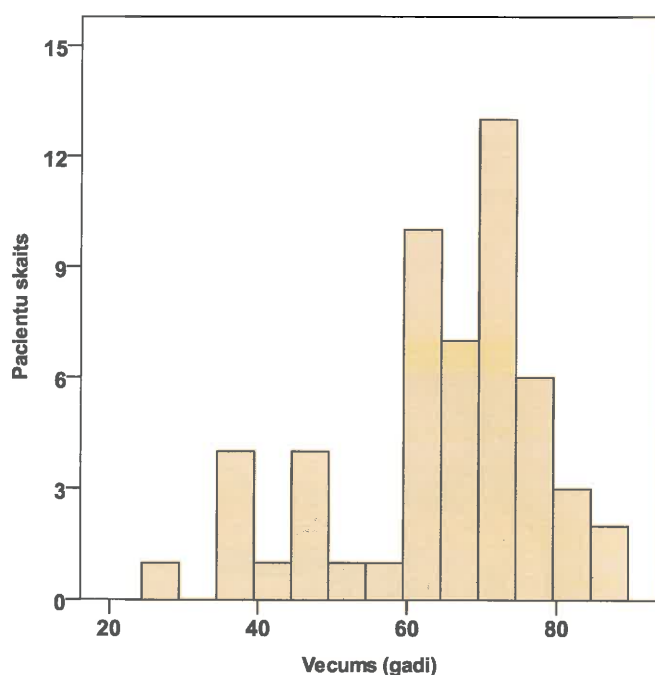
### **2.2.2. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un horizontālu fleksiju**

**Darba uzdevums** bija noskaidrot pleca nervu-asinsvadu kūlīša kompresijas saistību ar rokas abdukciju un pleca pacelšanu ar rokas horizontālu fleksiju, kā arī noteikt galvenos kūlīša kompresijas punktus. Šim nolūkam tika izmantotas arteriālās sistoliskās plūsmas rādītāju izmaiņas dažādās rokas pozīcijās.

Klīniskajā praksē ir novērots, ka veciem cilvēkiem un it sevišķi izteiktas kifozes gadījumā, rokas novietošana uz paliktna, kurš ir operāciju galda līmenī, ir ļoti apgrūtināša. Ir arī veikti pētījumi, kas apstiprina, ka rokas fleksija horizontālā plaknē, pacientam guļot uz muguras, samazina nervu-asinsvadu kūlīša iestiepumu (*Jackson, Keats, 1964*). Tāpat no

publicētajiem pētījumiem ir zināms, ka pleca nolaišana un rokas ekstenzija pieder pie provokācijas testiem, lai novērtētu nervu-asinsvadu kūlīša kompresiju *thoracic outlet* sindroma gadījumā (Rayan et al., 1995, Stapleton et al., 2008). Tā, balstoties uz šiem faktiem, tika pieņemta klīniskā hipotēze, ka normāla indivīda gadījumā, pleca pacelšana varētu uzlabot asinsriti *arteria subclavia* un *arteria axillaris* baseinos un uzlabot pacienta komfortu rocai esot hiperabdukcijas pozīcijās.

**Pētījumā piedalījās** 38 pacienti, tai skaitā 21 (55.3%) sieviete un 17 (44.7%) vīrieši. Pētījumā iesaistīto pacientu vecums bija robežās no 27 līdz 86 gadiem, vidējais vecums  $64,2 \pm 13,5$  gadi. No 38 pacientiem 2 tika izslēgti no pētījuma, jo doplerogrāfijas laikā tika konstatēta mirdzaritmija. Pacientu vecuma sadalījuma histogramma parādīta 19. attēlā. Datu apstrādei tika iekļauti dati no 36 pacientiem un tika iegūtas 45 analizējamas mērījumu sērijas.



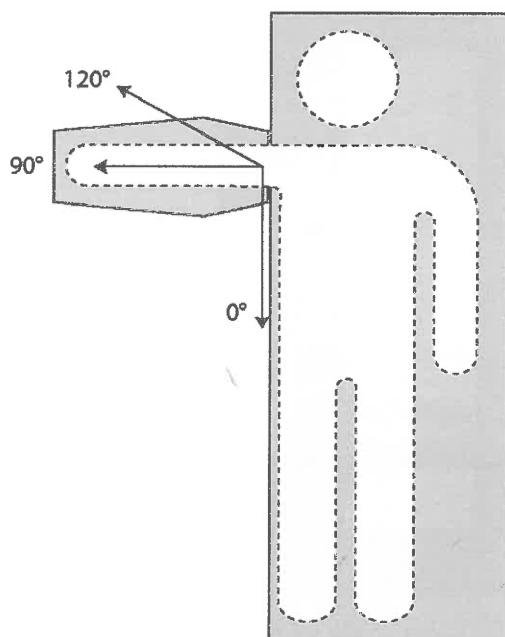
**19. attēls. Pacientu vecuma sadalījuma histogramma plūsmas mērījuma pētījumā ar salīdzinošām rokas hiperabdukcijas pozīcijām**

Redzams, ka pacientu vecuma sadalījums ir ar izteiktu negatīvu asimetriju un tas nepakļaujas normālajam (Gausa) varbūtību sadalījumam. Tāpēc izlasi labāk raksturo tās mediāna – 68 gadi un starpkvartīļu izkliede – 12 gadi. Sieviešu vecuma mediāna bija 70 (9<sup>1</sup>) gadi un vīriešu – 63 (24) gadi. Pēc neparametriskā Manna-Vitnija (*Mann-Whitney*) testa sieviešu un vīriešu vecumu vidējie rangi statistiski ticami neatšķīrās ( $Z = 1,752$ ;  $p = 0,080$ ).

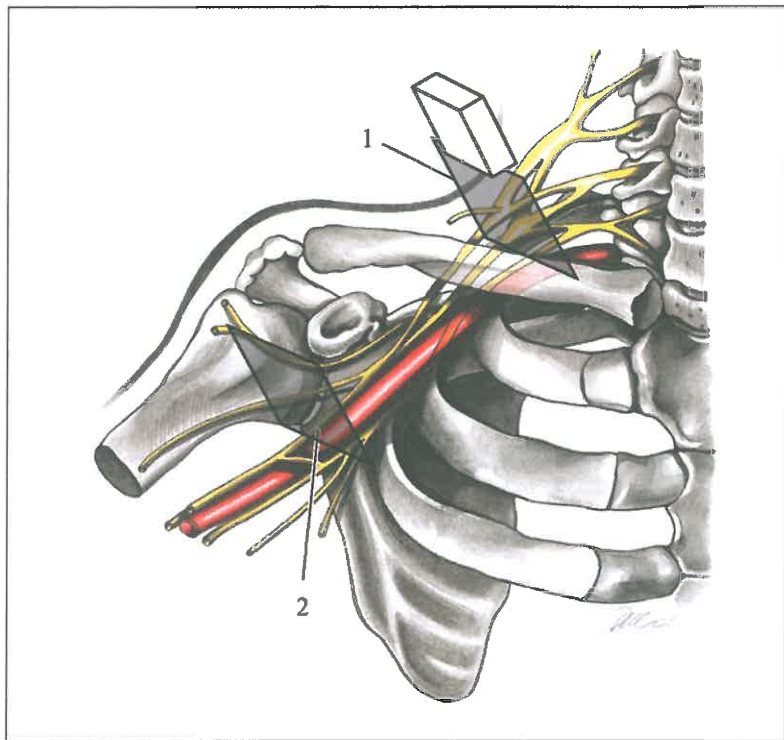
## Aparatūra un protokols

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 plaknē.

Tika izvēlētas divas anestēzijas laikā lietojamās rokas abdukcijas pozīcijas:  $90^\circ$  un  $120^\circ$ . Rezultāti tika salīdzināti ar asinsplūsmu standarta pozīcijā ar rokas  $0^\circ$  abdukciju (20. attēls). 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 (21. attēls). Mērījumus veica, pirmkārt, plecam esot horizontālā plaknē 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 (22., 23. attēls) un kas nodrošina pacienta un ārsta komfortu manipulāciju vai izmeklējumu veikšanas laikā (Vasiļevskis et al, 2004–2007).



**20. attēls. Rokas abdukcijas pozīcijas un leņķi arteriālās plūsmas noteikšanai rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un horizontālu fleksiju**



21. attēls. Artērijas maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) mērījumi *arteria subclavia* (1) un *arteria axillaris* (2)



22. Attēls. Rokas paliktņa augstuma regulēšana +6 vai +8 cm pozīcijai



**23. attēls. Doplerogrāfijas mērījumi rokas pozicionēšanai izmantojot reģionālās anestēzijas staciju „Locoflex4E”**

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 arteriālās plūsmas mērījuma darbs, kas pēc savas uzbūves un pacienta pozīcijas bija ļoti tuvs mūsu darba profilam. Stapleton un līdzautoru 2009. gadā publicētais vaskulārā *thoracic outlet* sindroma diagnostisko pozīcijas testu pētījums pielietoja arteriālās plūsmas ultrasonogrāfiskus mērījumus. Pētījumā piedalījās 31 brīvprātīgais, no tiem 21 sieviete un 10 vīrieši, vecumā no 19 - 35 gadiem, vidējais vecums  $25 \pm 4$  gadi. 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 pētītajiem rokas stāvokļiem.

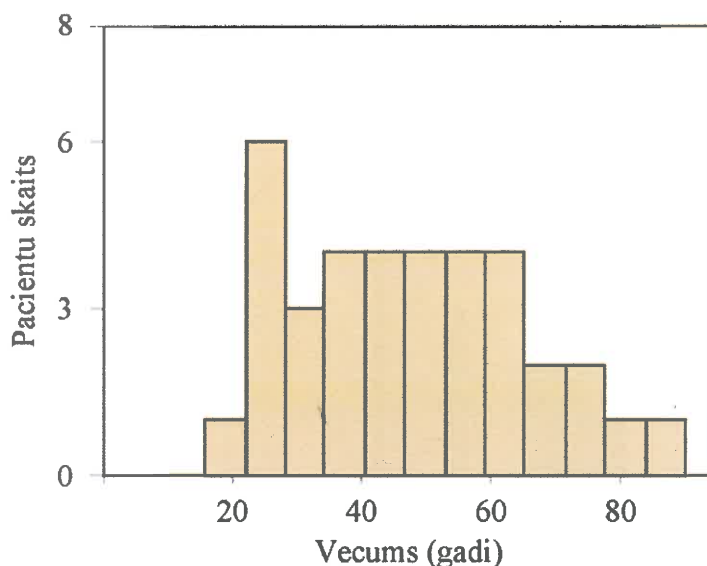
**Izslēgšanas kritēriji** bija personas ar vaskulāru vai neirogānu kompresijas sindromu un neiekļāva personas ar pleca traumām vai operācijām anamnēzē. Visi izmeklējumi notika sēdus pozīcijā, kas ir būtiskākā atšķirība no mūsu pētījuma un visi mērījumi veikti labajai rokai. Izmeklēta tika *arteria subclavia* ar goniometru standartizētās 12 dažādās pozīcijās, no kurām 5 pozīcijas atbilda vai bija ļoti tuvas salīdzinājumam ar mūsu pētījumā izmantotajām. Tādas bija rokas pozīcijas ar  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  un  $120^\circ$  abdukciju plecam esot horizontālā plaknē un  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  abdukciju rokas  $30^\circ$  fleksijā. Stapleton pētījuma lietotā izejas pozīcija  $45^\circ$  tika

nosacīti pielīdzināta mūsu  $0^\circ$  un rokas  $30^\circ$  fleksija savukārt pleca 8 cm pacelšanai, kas arī roku pozicionējot, empīriski noved pie  $30^\circ$  fleksijas. Tika novērtēts *arteria subclavia* maksimālais arteriālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) cm/s un diametrs diastolē cm.

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

**Darba uzdevums** bija noskaidrot pleca nervu-asinsvadu kūlīša kompresijas saistību ar rokas abdukciju un pleca nolaišanu ar horizontālu ekstenziju, kā arī noteikt galvenos kūlīša kompresijas punktus. Šim nolūkam tika izmantota arteriālās sistoliskās plūsmas rādītāju un artērijas diametra izmaiņas dažādās rokas pozīcijās.

**Pētījumā iekļāva pacientus**, kas stacionēti traumatoloģijas un ortopēdijas, vispārīgās ķirurģijas vai internās medicīnas nodaļās. Pētījumā piedalījās 37 pacienti, tai skaitā 16 sievietes un 21 vīrietis. Pētījumā iesaistīto pacientu vecums bija robežās no 24 līdz 86 gadiem, vidējais vecums  $62,5 \pm 14,6$  gadi. 1 paciente no pētījuma tika izslēgts, jo konstatēja izteikti hipoehogēnu audu tipu, kas neļāva precīzi veikt asins plūsmas mērījumus. Pacientu vecuma sadalījuma histogramma parādīta 24. attēlā.

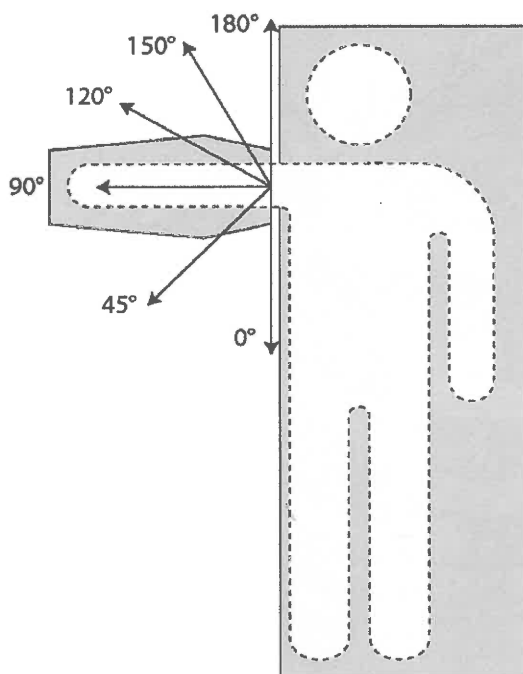


24. attēls. Pacientu vecuma datu histogramma *a. axillaris* baseina plūsmas mērījuma pētījumā ar salīdzinošām rokas hiperabdukcijas pozīcijām

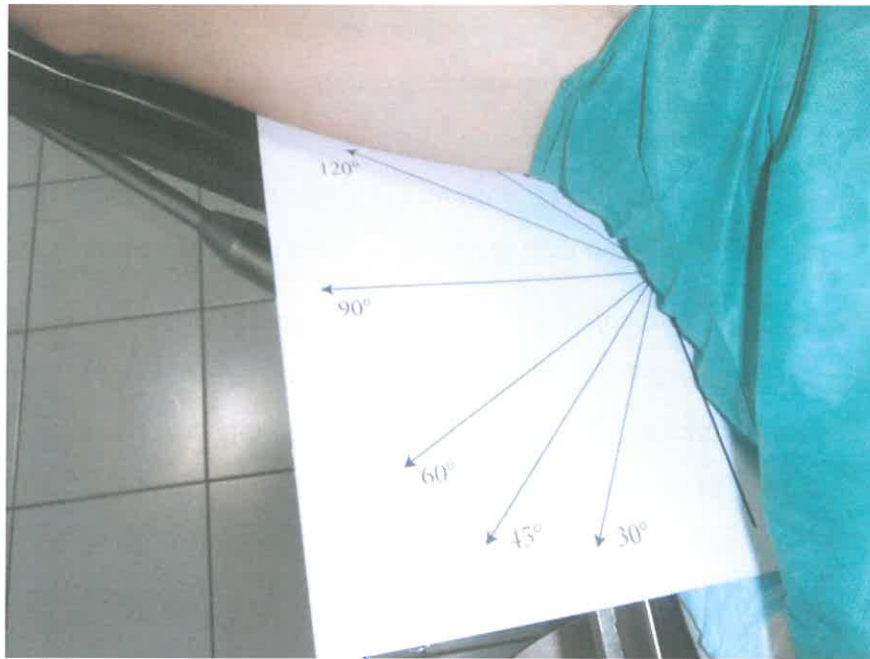
Darbs tika veikts ar portatīvo ultrasonogrāfu „Sonosite MICROMAXX“ ar 6-13 MHz lineāro zondi. Artērijas maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) un artērijas diametra

izmaiņas tika fiksētas speciālā protokolā. Izmeklējumi bija standartizēti un tos veica iepriekš precīzi noteiktās rokas pozīcijās.

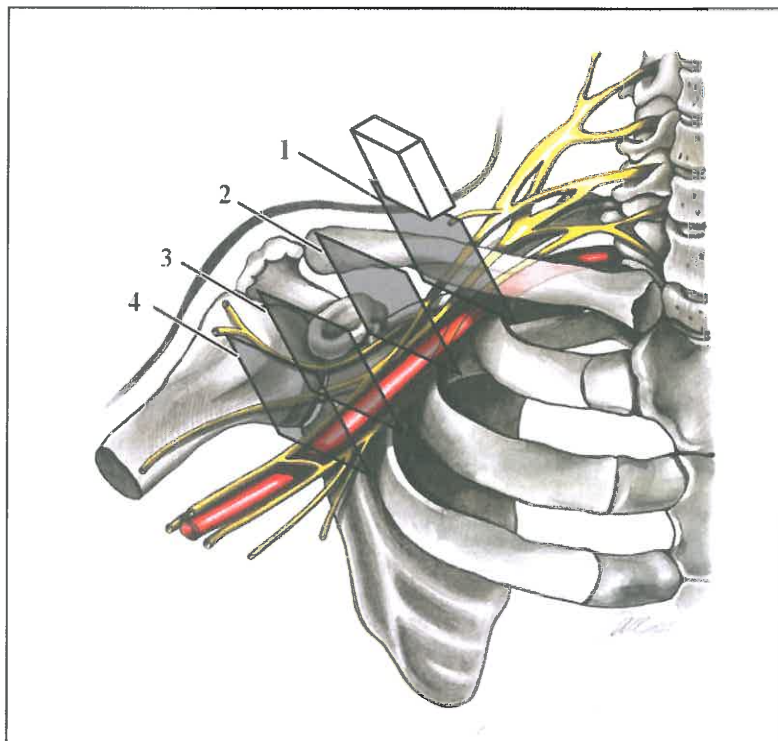
Tika izvēlētas anestēzijas laikā lietojamās rokas abdukcijas pozīcijas: 45°, 90°, 120°, 150° un 180° (25. attēls). Precīzu rokas abdukcijas leņķi nodrošināja ar speciālu zem ķermeņa paliekamu šablonu (26. attēls). Pētījumu sāka ar 45° pozīciju, jo 0° nebija iespējams veikt visus ultrasonogrāfijas mērījumus. 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) (27. attēls). Izdarīja divas izmeklējumu sērijas: vienā no tām roka un plecs atradās izmeklējuma galdā līmenī, bet otrā pleca un augšdelma atbalsts tika nolaists 6 cm zemāk, tādējādi iegūstot empīriski novēroto 30° rokas ekstenziju. Rokas pozicionēšanai un augstuma regulēšanai izmantoja reģionālās anestēzijas staciju „Locoflex 4E” (Latvija), kas ir paredzēta pacienta rokas novietošanai izvēlētajā abdukcijas, fleksijas un rotācijas leņķī anestēzijas manipulāciju vai izmeklējumu veikšanas laikā (23. attēls).



**25. attēls. Rokas abdukcijas pozīcijas un leņķi arteriālās plūsmas noteikšanai rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca nolaišanu un rokas ekstenziju**



26. attēls. Rokas abdukcijas leņķa noteikšana ar šablona palīdzību



27. attēls. *Arteria axillaris* maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) un artērijas diametra mērījumi infraklavikulāri (1), zem *m. pectoralis minor* cīpslas jeb subkorakoīdajā kanālā (2), punktā pret *caput humeri* (3) un fossa axillaris mediālajā stūītī (4)



Pirmkārt izvēlētajās abdukcijas pozīcijās un asinsvadu potenciālajos kompresijas punktos izmērīja arteriālo maksimālo sistolisko plūsmas ātrumu ( $V_{smax}$ ) un artērijas diametru diastoles laikā. Atsevišķos gadījumos neizdevās iegūt mērījumus  $180^\circ$  abdukcijā, ja pacientam šī pozīcija bija ļoti neērta. 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 skrupulozi izstrādātais 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). Izmeklējumos piedalījās 31 brīvprātīgais, no tiem 21 sieviete un 10 vīrieši, vecumā no 19 - 35 gadiem, vidējais vecums  $25 \pm 4$  gadi. *Stapleton* pētījumā izmantotās rokas pozīcijas atbilda mūsu pētījumiem rokas stāvokļiem.

**Izslēgšanas kritēriji** bija personas ar pleca traumām vai neirovaskulārām saslimšanām anamnēzē. Visi izmeklējumi notika sēdus pozīcijā, kas ir būtiskākā atšķirība no mūsu pētījuma un visi mērījumi veikti labajai rokai. Izmeklēta tika *arteria axilaris* ar goniometru standartizētās 12 dažādās pozīcijās, no kurām 6 pozīcijas atbilda mūsu pētījumā izmantotajām:  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  un  $180^\circ$  abdukcija plecam esot horizontālā plaknē un  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  abdukcija rokas  $30^\circ$  ekstenzijā. Tika novērtēts maksimālais arteriālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) cm/s, *arteria axillaris* diameters diastolē mm un pozīcijas pavadošie neiroloģiskie simptomi.

#### 2.2.4. Pacienta pozīcijas ērtības novērtēšanas anketēšana

Anketēšanas pētījuma **darba uzdevums** bija noteikt pacienta komforta līmeni saistībā ar rokas pozīciju reģionālās anestēzijas (RA) izpildes laikā.

**Citi darba uzdevumi** bija sekojoši:

1. Novērtēt ārsta komforta līmeni reģionālās anestēzijas izpildes laikā un analizēt reģionālās anestēzijas (RA) ietekmējošos faktoros.
2. Noskaidrot dažādu RA ietekmējošo parametru nozīmi tās veiksmīgā norisē un efektivitātē un apstiprināt pozīcijas un komforta lomu RA.
3. Izvērtēt pacienta pozīciju dažādu RA tehniku laikā.
4. Izvērtēt ārsta komforta līmeni dažādu RA manipulāciju laikā.
5. Noskaidrot parametrus, kas visvairāk traucē RA izpildi.
6. Noskaidrot faktoros, kuru uzlabošana varētu paaugstināt RA efektivitāti.

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 kas reģionālo anestēziju veic regulāri kopš 3 līdz 39 gadiem (7 sievietes un 24 vīrieši). Anketā, kas sastāvēja no 15 jautājumiem, anesteziologi tika lūgti analizēt parametrus, kas varētu ietekmēt 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, statisku pacienta pozīciju, asistenta vai māsas klātbūtni un to pieredzi RA veikšanā, topogrāfiskās anatomijas pārzināšanu, RA rokasgrāmatu, anesteziologa komfortu RA laikā pieklūstot 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 izmanto 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 ir ļoti ērti, 3-4 vidēji ērti, 5-6, traucējoši, 7-8 vidēji neērti, bet 9-10 – ļoti neērti.

Ceturtkārt, 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.

### **2.2.5. 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*. Kopumā modelim „Locoflex 1” un „Locoflex 2” tika izstrādāti un aprobēti apmēram 10, bet „Locoflex 4E” 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.

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

Ekstremitāšu pozicionēšanas neiroloģiskā riska skala tika izstrādāta, balstoties uz mūsu pētījumu un literatūras datiem (4. tabula). 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 neiropātijas 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. Žņauga 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 neiropātiju risku. Uz šo izvēlēto riska faktoru bāzes tika izveidota riska skala, riskam pieaugot, ja summējās pacienta paša (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.

### **2.3 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 10.04.1008 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 Ventspilī un 19.01.2010 Jelgavā).

## 2.4. Datu statistiskās apstrādes metodes

Datu ievadišanai 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 standartkļūdu) 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.

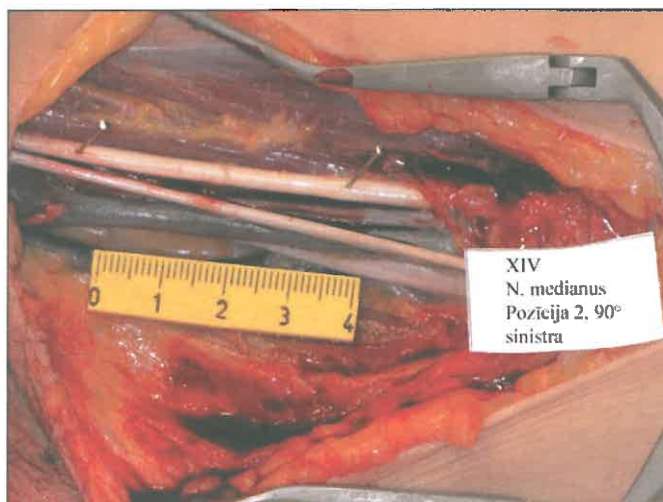
**Autopsijas materiālu** statistiskajai apstrādei tika izmantots pāru izlašu t-tests vidējiem lielumiem. Pētījumā tika statistiski apstrādāti dati, kas iegūti tikai no septiņu mirušo autopsijas datiem, jo vairāk materiāla pētījuma periodā nebija pieejami un jau iegūtie rezultāti uzrādīja skaidri interpretējamu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

### 3. REZULTĀTI

#### 3.1. Nervu–asinsvadu kūlīša stiepes un kompresijas pētījuma dati

##### 3.1.1. Stiepes deformācija

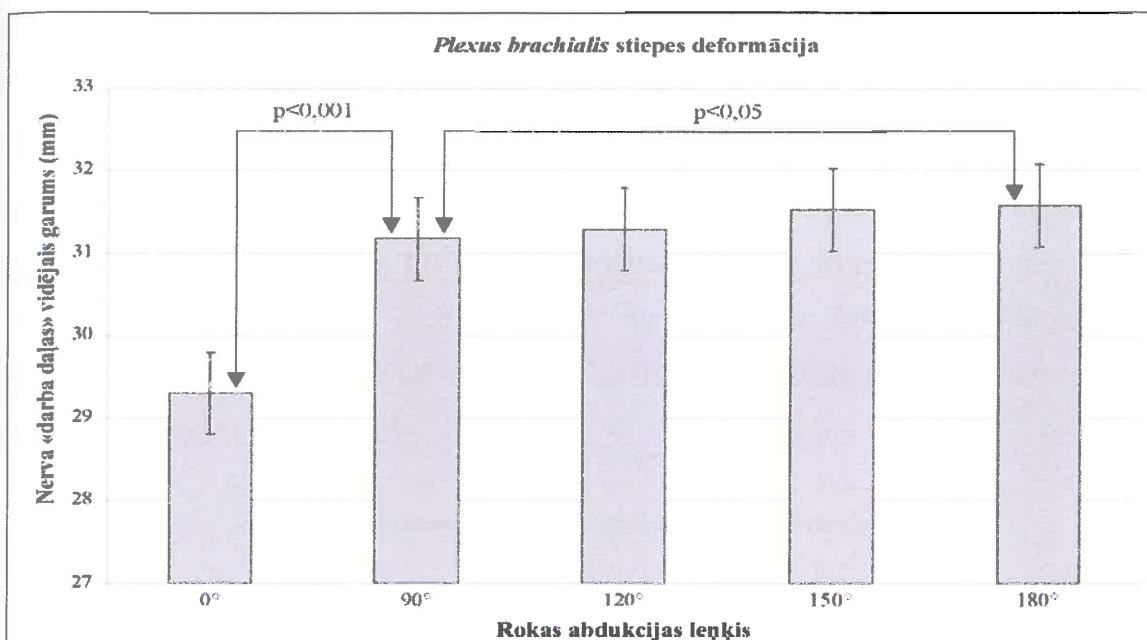
Stiepes deformācijas pētījumā pēc liķa *sulcus bicipitalis* abpusēja atseguma, tika veikti 23 nervu (*nervus medianus*, *nervus ulnaris* vai *nervus cutaneus brachii*) „darba daļas” stiepes izmeklējumi (28. attēls).



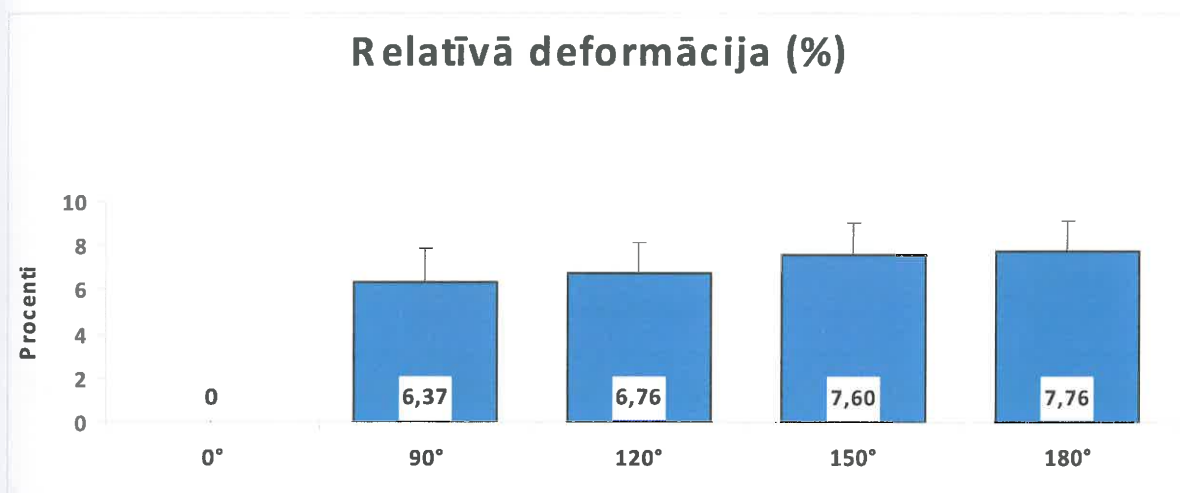
**28. attēls.** Nervu stiepes deformācijas reģistrācijas metode rokas abdukcijas laikā. Nervā redzami iedurti marķieri. Starp tiem pētāmā „darba daļa”

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 ( $p < 0,05$ ) (29. attēls).

Savukārt relatīvā stiepes deformācija abdukcijas testu laikā no  $0$  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 (30. attēls).



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



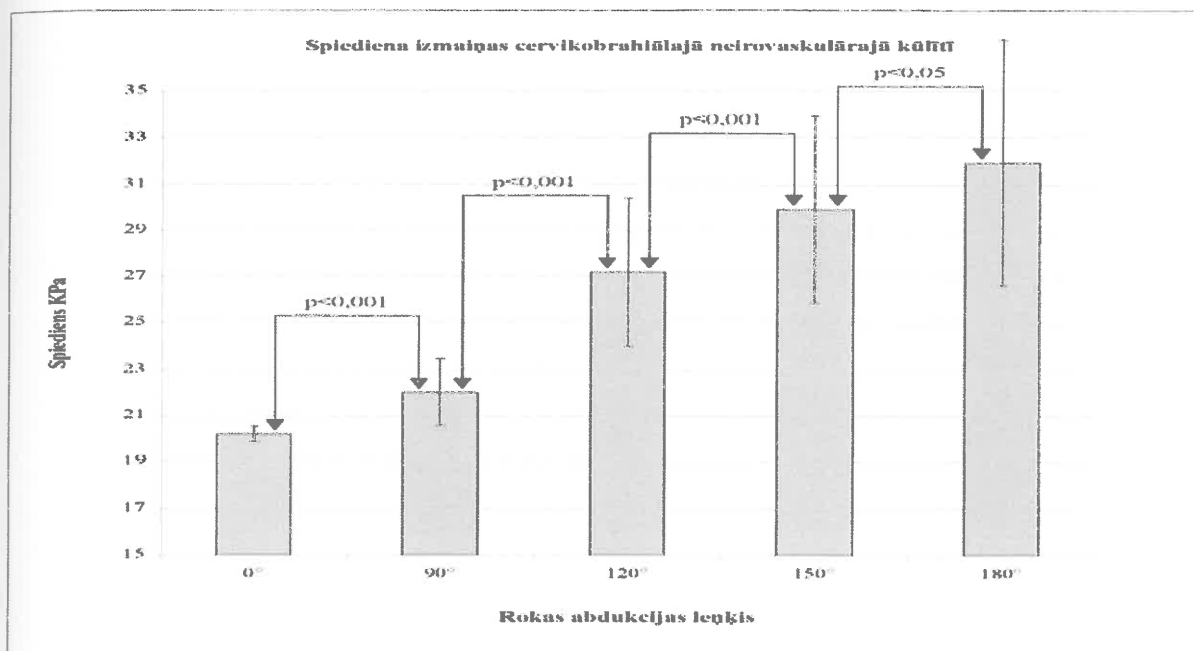
30. attēls. Nervu relatīvā stiepes deformācija (%) rokas abdukcijas testu laikā

### 3.1.2. Kompresijas deformācija

Pētījumā 12 reizes tika 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±0,33 kPa (153,7±2,5 mm Hg) izejas pozīcijā 0° līdz 22,01±1,45 kPa (167,3±11,0 mmHg) 90° abdukcijā, 27,19±3,17 kPa (206,7±24,1 mmHg) 120° abdukcijā, 29,88±4,03 kPa (227,1±30,6 mmHg) 150° abdukcijā un 31,94±5,29 kPa

(242,7±40,2 mmHg) 180° abdukcijā (31. attēls). Absolūtajos skaitļos balonā ģenerētais spiediens, kas atspoguļo spiedienu nervu-asinsvadu kūlītī rokas abdukcijas laikā, vidēji ir 1,79 kPa (13,6±1,8 mmHg) 90°, 7,07 kPa (53,7±9,1 mmHg) 120°, 9,66 kPa (73,4±12,4 mmHg) 150° un 11,72 kPa (89,0±21,3 mmHg) 180° rokas abdukcijā.. Pētījumā konstatēts, ka rokas abdukcijas pozīcijās virs 120° audu spiediens pārsniedz 50 mmHg, kas tiek uzskatīts par pietiekamu, lai izraisītu lokālu audu un nerva išēmiju. Spiediena pieaugums bija statistiski ticams intervālā no 0-90° ( $p<0,001$ ), no 91-120° ( $p<0,001$ ), no 121-150° ( $p<0,001$ ) un arī no 151-180° ( $p<0,05$ ).



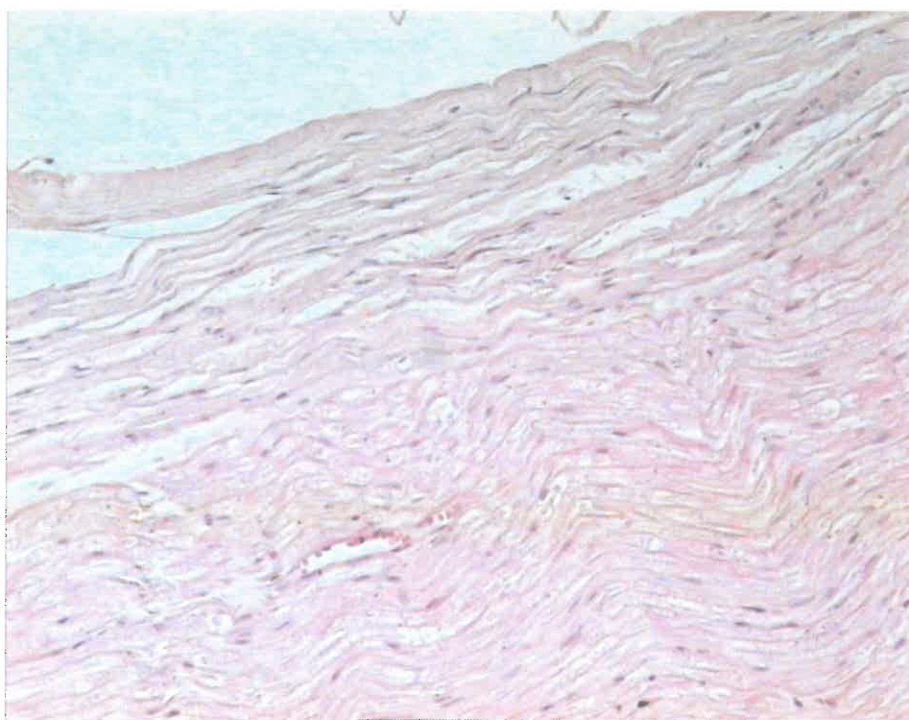
31. attēls. Spiediena izmaiņas (kPa) nervu-asinsvadu kūlītī cerviko-brahiālajā posmā

### 3.1.3. Nerva parauga gaismas mikroskopijas dati pēc stiepes noslogojuma

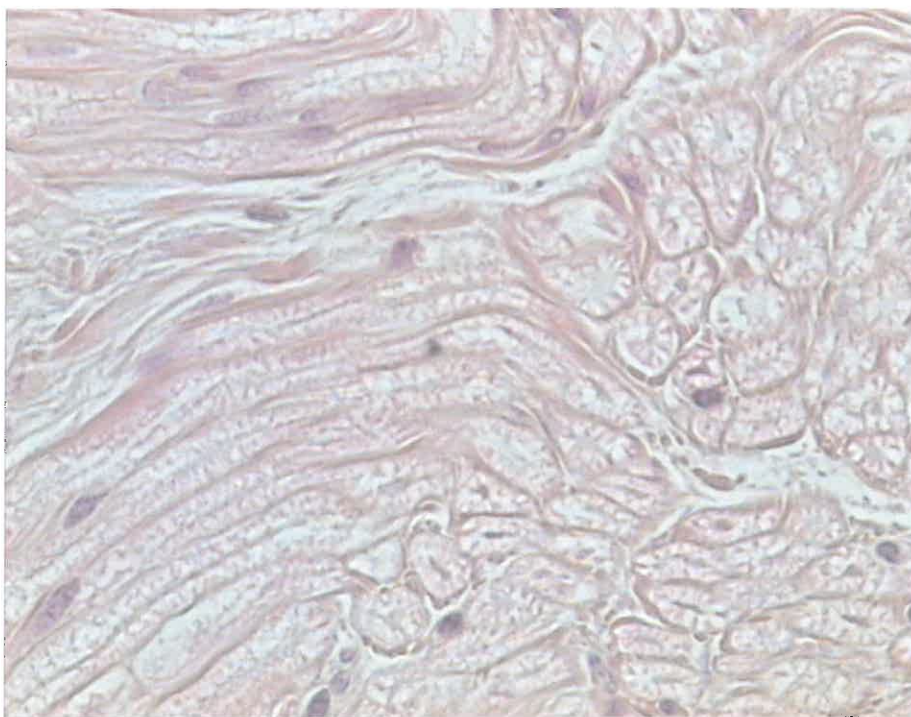
Stiepei nepakļautajos nerva griezumos šķērsgriezumā un garengriezumā labi redzama nerva struktūra ar brīvu kapilāra lūmenu (32. attēls), mielīna cilindri un aksons to centrā (33. attēls). Stiepei pakļauto nerva griezumū morfoloģiskā uzbūve izmainīta (34. attēls). Nerva kopējā kontūra garengriezumā izteikti iztaisnota. Mielīna cilindri vizuāli atdalījušies no centrālā aksona, veidojot optiski tukšus daudzstūrus, kuru centrā redzams aksons bez saiknes ar mielīna cilindru (35. attēls). Jāatzīmē, ka pēc stiepes tomēr saglabāti brīvi kapilāru lūmeni ar labi konturētiem atsevišķiem eritrocītiem tajos. Trombozi izmeklējamā materiāla robežās nenovēro. Kopumā, salīdzinot stiepei pakļauto nerva audu morfoloģisko uzbūvi ar kontroles nerva audu paraugiem, morfoloģiskā aina pārlicinoši apstiprina nerva audu bojājumus. Jādomā par mehāniskas ietekmes izraisītu kontakta zudumu starp mielīna cilindriem un



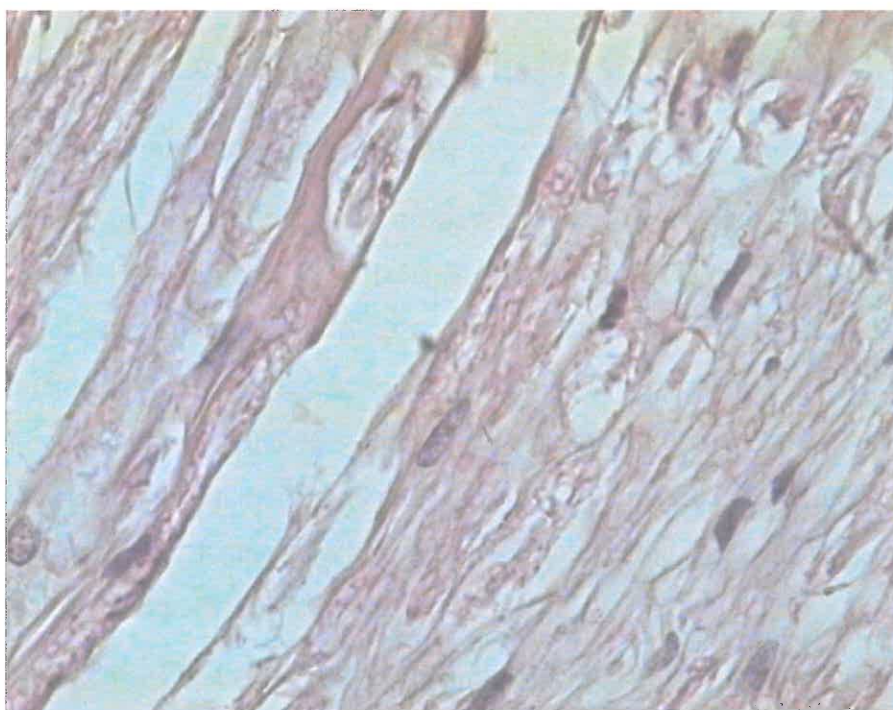
aksoniem. Nevar izslēgt pašu mielīna cilindru un aksonu strukturālās integritātes zudumu, kas būtu jāpēta elektronmikroskopijas līmenī. Izmeklējamā materiāla robežās negūst norādes uz mikrocirkulācijas traucējumiem stiepta nerva bojājumu patoģenēzē, kas varētu būt skaidrojams ar eksperimenta plānojumu (*post mortem* audu izmantojumu) vai arī atspoguļo patiesu bioloģisku norisi. Hipotētiskā iekaisuma reakcijas veidošanās uz radīto audu bojājumu *post mortem* materiālā nevar tikt ne pierādīta, nedz izslēgta, jo nedzīvos audos attiecīgās norises pārtrauktas jau pirms eksperimenta uzsākšanas.



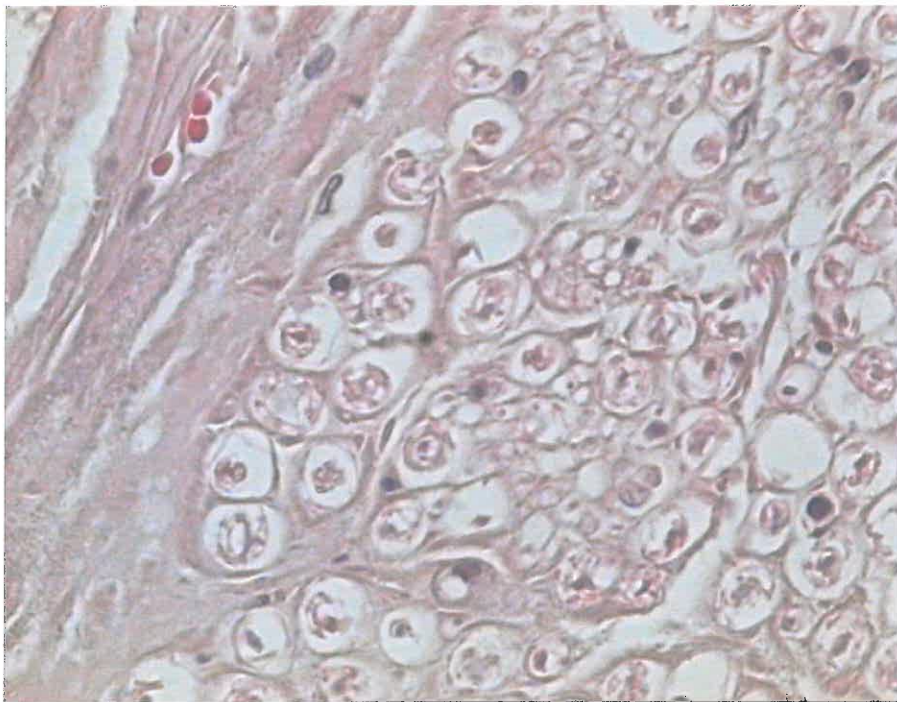
**32.attēls. Stiepei nepakļauta nerva (kontroles izmeklējums) morfoloģiskā uzbūve garengriezumā. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 100x**



**33.attēls. Stiepei nepakļauta nerva (kontroles izmeklējums) morfoloģiskā uzbūve.  
Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 400x**



**34.attēls. Stiepei pakļauta nerva morfoloģiskā uzbūve garengriezumā. Redzama izteiktas audu fragmentācijas aina. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 400x**



**35. attēls. Stiepei pakļauta nerva morfoloģiskā uzbūve. Redzama izteikta mielīna apvalku atdalīšanās no centrālā aksona. Kapilāra lūmens brīvs un satur nedaudzus labi konturētus eritrocītus. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 400x**

### **3.1.4. Stiepes testa elektronu mikroskopijas (EM) dati**

#### **Caurstarojošā elektronmikroskopija (TEM)**

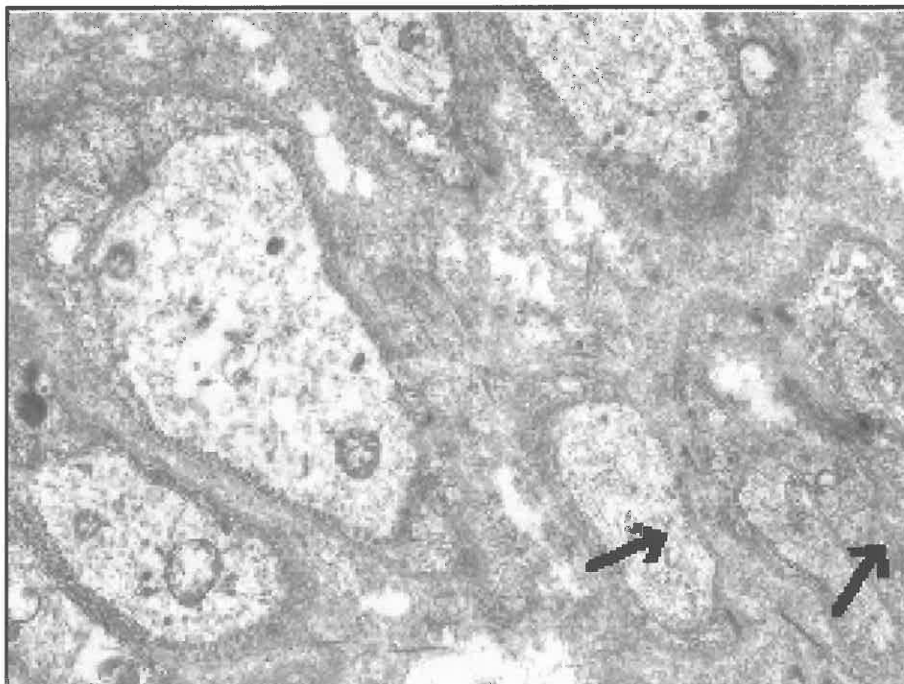
Mielinizēto un nemielinizēto nervu šķiedru ultrastruktūra tika analizēta pirms un pēc stiepes testa. Pirms testa vairākās mielinizētajās šķiedrās novēroja paplašinātas spraugas starp mielīnu un mielīna membrānām, pildītas ar homogēnu citosolu, kurš satur mitohondrijus. Citoskeleta elementi bija *labi 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 (36. un 37. attēls).

Pēc stiepes testa novēroja mielīna membrānu plīsumus. EM atklāja mielinizēto un nemielinizēto nervu šķiedru, kā arī apkārtējo kolagēno šķiedru iztaisnošanos. Nemielinizēto nervu šķiedru šķērsgriezumā redzams, ka to forma pieņem elipses formu un samazinājās citoskeleta elementu skaits (38. un 39. attēls).

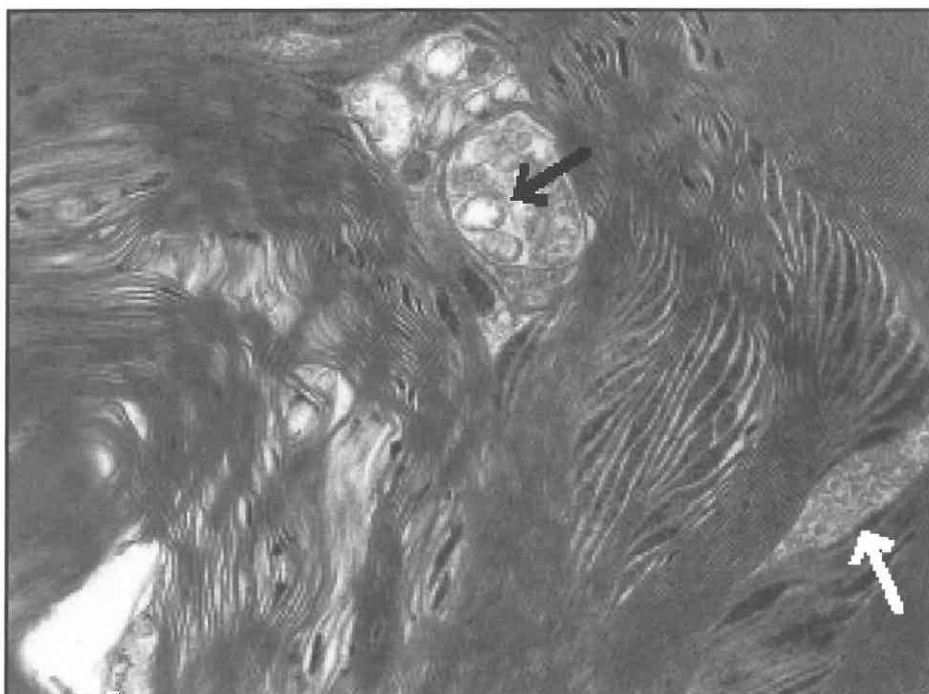
### Skenējošā elektronmikroskopija (SEM)

Pirms SEM novēroja liela un maza izmēra nervu šķiedru organizāciju kompaktos kūlīšos. Šos kūlīšus aptvēra kolagēnās šķiedras. Lielākā izmēra šķiedras aptvēra blīvāki kolagēnie audi (40. attēls).

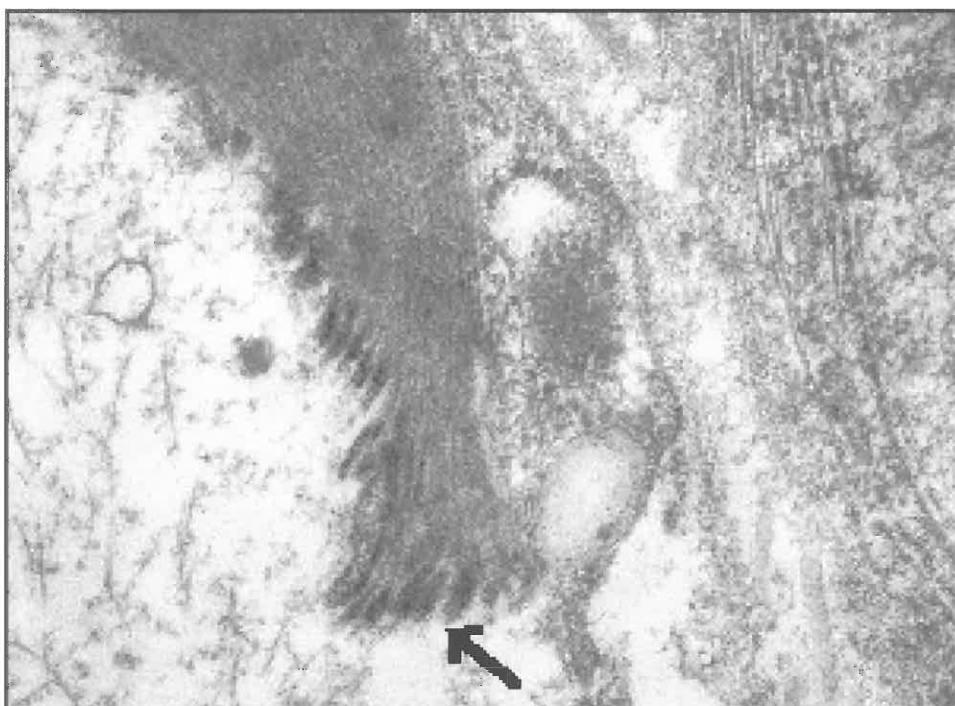
Šķiedras pēc stiepes kļuva platākas un bieži ieņēma saplacinātu vai lentveida formu. Liels skaits nervu šķiedru pārrauts un saistaudu apvalks vietām bija bojāts (41. attēls).



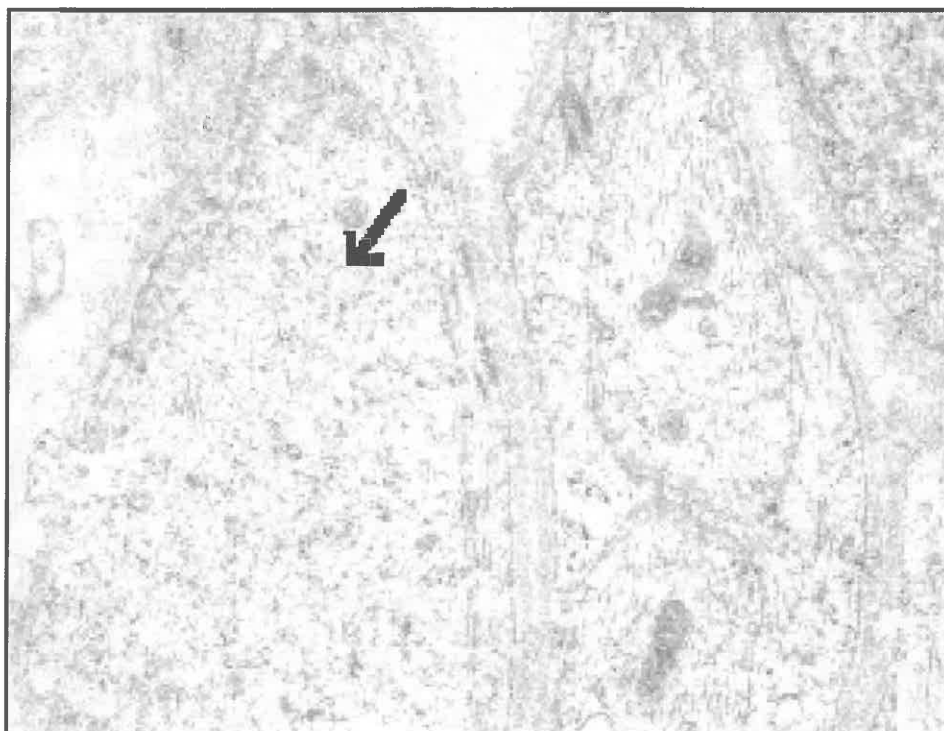
**36. attēls. Nervu šķiedru struktūra pirms stiepes testa. Caurstarojošā elektronmikroskopija (TEM) parāda nervu šķiedras, kas pildītas ar homogēniem citoskeleta elementiem (bultiņas). Kontroles izmeklējums (palielinājums x25 000)**



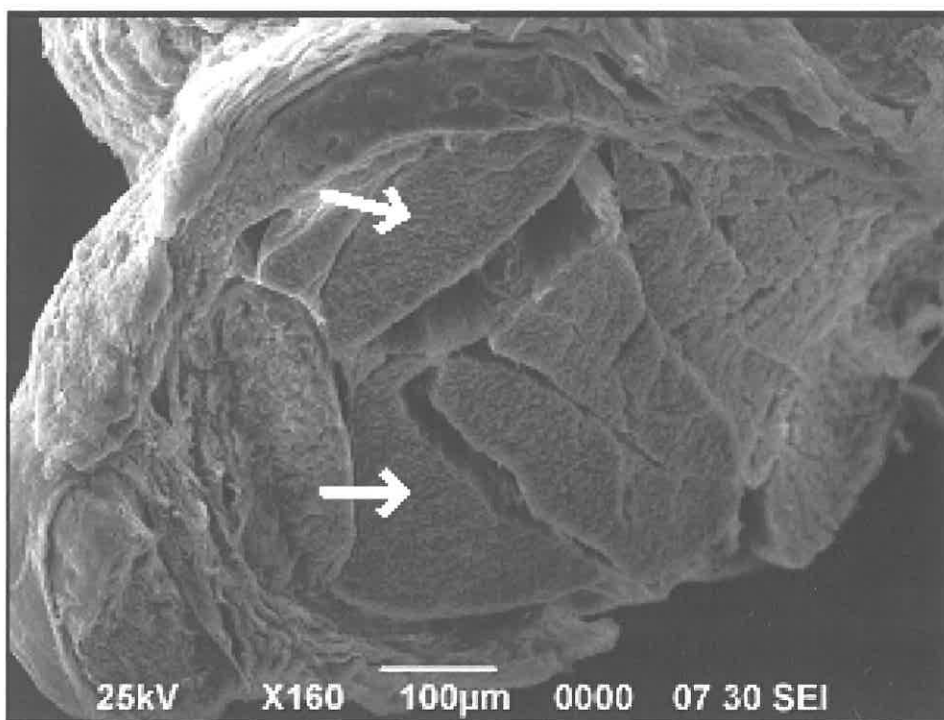
**37. attēls.** Vairākās nervu šķiedrās novēro paplašinātas spraugas starp mielīnu un mielīna membrānām, kuras pildītas ar citosolu un tūskainiem mitohondrijiem (bultiņas). Kontroles izmeklējums (palielinājums x10 000)



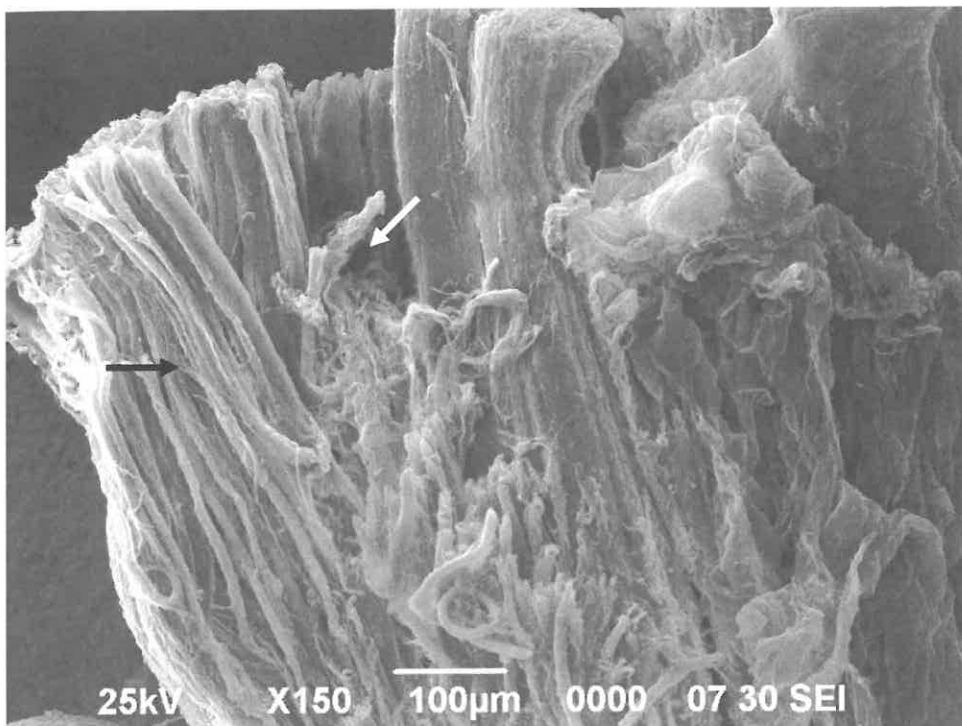
**38. attēls.** Caurstarojošā elektronmikroskopija pēc 3 stundu stiepes testa uzrāda mielinizēto nervu šķiedru plīsumus (bultiņa) (palielinājums x40 00)



39. attēls. Nemielinizētā nervu šķiedra ar citoplazmas tūsku pēc 3 stundu stiepes testa (bultiņa) (palielinājums x20 000)



40. attēls. Perifērās nerva šķiedras šķērsriezums skenējošajā elektronmikroskopijā (SEM) pirms stiepes testa ar kompaktu šķiedru organizāciju (bultiņas). Kontroles izmeklējums (palielinājums x160)



41. attēls. Pēc stiepes testa redzama nervu šķiedras izmainīta virsma (melnā bultiņa) ar kolagēno šķiedru pārrāvumu (baltā bultiņa) (palielinājums x150)

### 3.1.5. Stiepes un kompresijas pētījuma datu kopsavilkums

#### Stiepes testi

Izdarītajos nerva stiepes testos tika konstatēta statistiski ticama absolūtā nerva deformācija veicot rokas abdukciju no 0-90° ( $p < 0,001$ ) un no 90-180° ( $p < 0,05$ ).

Relatīvā deformācija tika novērota vidēji 90° abdukcijā 6,37%  $\pm$  1,21, 120° abdukcijā – 6,76%  $\pm$  1,23, 150° - 7,6%  $\pm$  1,32 un 180° - 7,76%  $\pm$  1,33, salīdzinot ar nerva izejas garumu 0° abdukcijā.

#### Audu kompresijas testi

Nervu asinsvadu kūlīša tieši izmērītā vidējā kompresija testu laikā absolūtajos skaitļos bija 1,79 kPa (13,6 mmHg) 90°, 7,07 kPa (53,7 mmHg) 120°, 9,66 kPa (73,4 mmHg) 150° un 11,72 kPa (89,0 mmHg) 180° rokas abdukcijās. Spiediena pieaugums bija statistiski ticams intervālā no 0-90° ( $p < 0,001$ ), no 90-120° ( $p < 0,001$ ), no 120-150° ( $p < 0,001$ ) un arī no 150-180° ( $p < 0,05$ ). Rokas abdukcijas pozīcijās virs 120° audu spiediens pārsniedza 50 mmHg, kas tiek uzskatīts par pietiekamu, lai izraisītu lokālu audu išēmiju.

## Gaismas mikroskopija

Gaismas mikroskopija pārlicinoši apstiprināja 3 stundu stiepes testu ar 15% deformāciju izraisītās nervu struktūras morfoloģiskos bojājumus. Nerva kopējā kontūra pēc stiepes garengriezumā ieguva iztaisnotu formu. Vislielākās izmaiņas tika konstatētas mielīna cilindru līmenī, kur vizuāli varēja vērot to atdalījušos no centrālā aksona, un kas izraisa nozīmīgus nerva funkcijas traucējumus.

## Ultrastruktūras izmeklējumi ar TEM un SEM

Izdarītie izmeklējumi apstiprināja būtiskas ultrastruktūras izmaiņas nervu šķiedrās pēc 3 stundu 15% stiepes deformācijas uz stenda, salīdzinot ar kontroles izmeklējumu.

Sākotnēji konstatētās mitohondriju un citoskeleta izmaiņas pirms stiepes testa varētu būt izskaidrojamas ar parauga paņemšanu jau no mirušiem audiem.

TEM pēc stiepes testa novēroja mielīna membrānu plīsumus un atklāja mielinizēto un nemielinizēto nervu šķiedru, kā arī apkārtējo kolagēno šķiedru iztaisnošanos. Nemielinizēto nervu šķiedras šķērsgriezumā pieņēma elipses formu un samazinājās citoskeleta elementu skaits. SEM konstatēja šķiedru formas izmaiņas, kuras ieņēma saplacinātu vai lentveida formu. Bieži tās tika pārrautas un saistaudu apvalks vietām bija bojāts.

Ultrastruktūras nervu izmeklējumi tika veikti pēc stiepes testa, kas ir salīdzināms ar slodzi, ko nervs saņem operācijas laikā, rokai esot fiksētai nekustīgi hiperabdukcijas pozīcijā. Iegūtie rezultāti ar nervu šķiedru mielīna un kolagēna plīsumiem pierāda ilgstošas abdukcijas risku. Izraisītās izmaiņas atbilst *neuropraxia* izmaiņām, kas izsauc klīnisku nerva bojājumu ar dažāda ilguma pēcoperācijas rehabilitācijas periodu.

## 3.2. Plūsmas mērījumi salīdzināmās rokas hiperabdukcijas pozīcijās

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

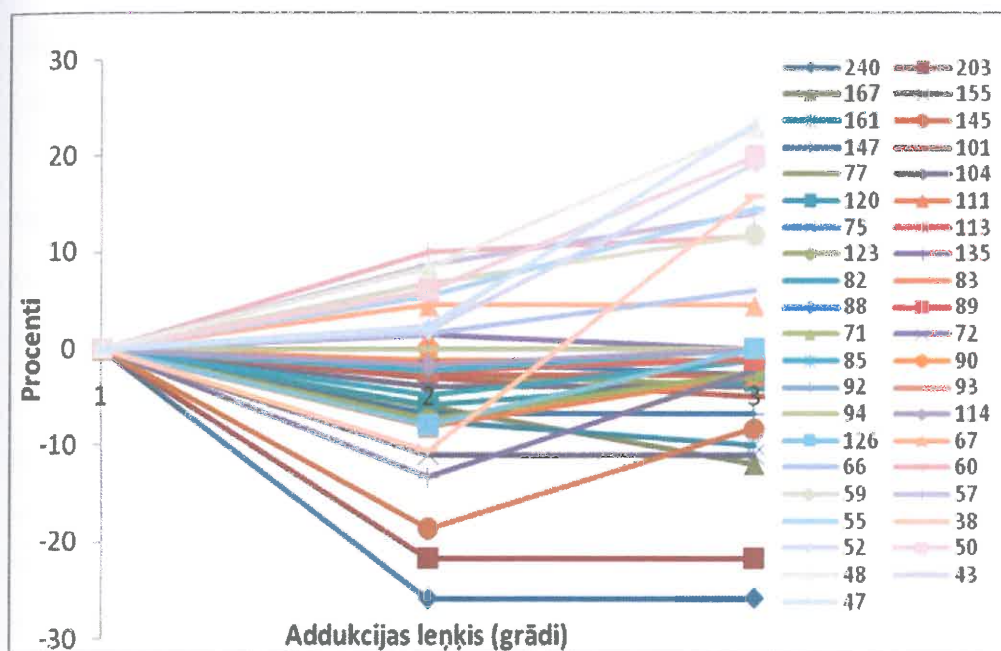
Pirmajā pētījuma daļā noteica maksimālās sistoliskās plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) rādītājus pleca asinsvadu kūlīša potenciālajos kompresijas punktos, rokai atrodoties horizontālā plaknē (44. attēls).

Konstatētais maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums (cm/s) *arteria subclavia* 0° rokas abdukcijā bija  $92,62 \pm 41,3$ , 90° abdukcijā  $90,38 \pm 30,8$  un 120° abdukcijā  $90,6 \pm 30,8$  cm/s. Izmaiņas starp 0° un 120° netika novērtētas kā statistiski nozīmīgas ( $p=0,935$ ).

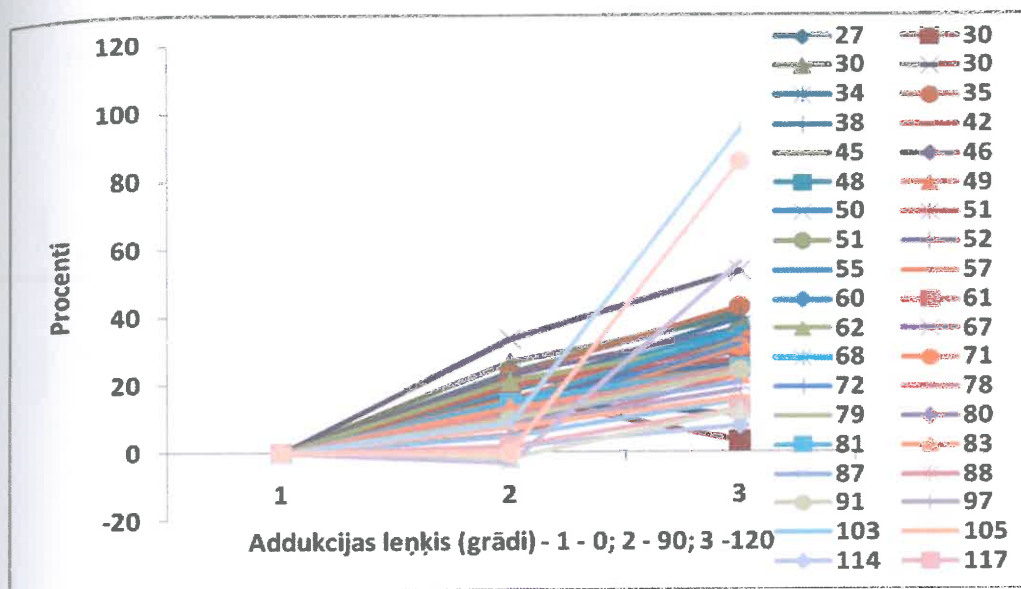


*Arteria axillaris* savukārt plūsma pieauga no 0° rokas abdukcijas  $70,19 \pm 28,9$ , 90° pozīcijā uz  $76,56 \pm 29,4$  līdz  $91,65 \pm 46,4$  cm/s. Arteriālās plūsmas izmaiņas starp 0° un 120° tika novērtētas kā statistiski nozīmīgas ( $p=0,008$ ).

Pētījumā novēroja plašu datu heterogenitāti, sevišķi *a. subclavia* grupā, kas ir uzskatāmi redzams attēlā (42. attēls). *A. subclavia* konstatētās divas nosacītās apakšgrupas ar plūsmas pieaugumu vai samazināšanos testu laikā tika izskaidrotas ar grūtu piekļūšanu supraklavikulārajā apvidū un iespējamiem mērījumiem gan stenozes zonā pret *mm. scaleni*, gan poststenotiskā plūsmas pazeminājuma zonā. *A. axillaris* gadījumā novēroja homogēnus mērījumu rezultātus (43. attēls).



42. attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{max}$ ) *a. subclavia* (cm/s) rokas 0° (pozīcija 1), 90° (pozīcija 2) un 120° (pozīcija 3) abdukcijā pleca un rokas horizontālā stāvoklī



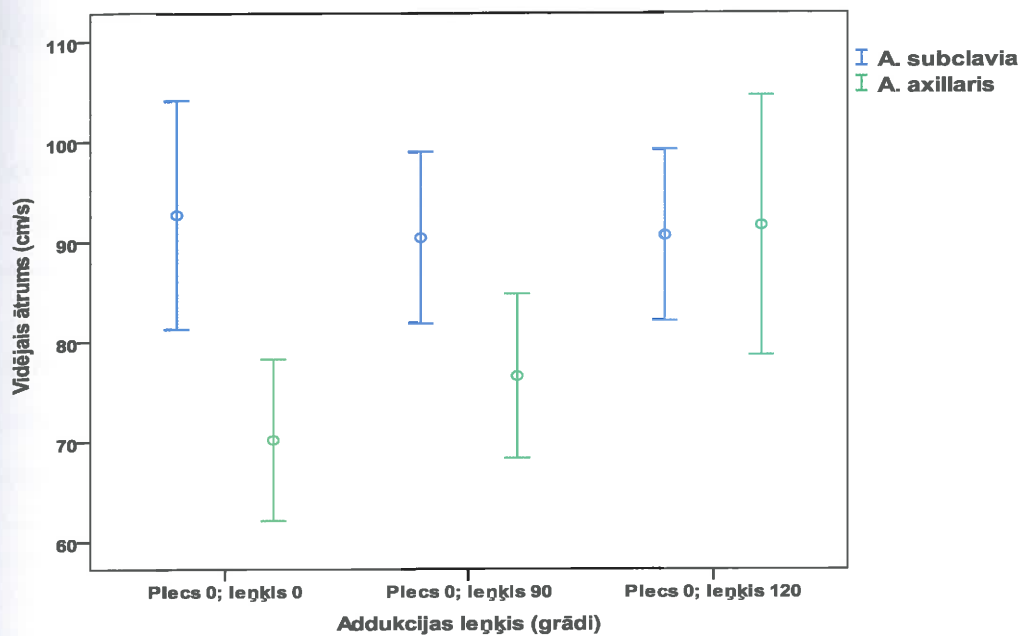
43. attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. axillaris* (cm/s) rokas 0° (pozīcija 1), 90° (pozīcija 2) un 120° (pozīcija 3) abdukcijā pleca un rokas horizontālā stāvoklī

Otrajā pētījuma daļā  $V_{smax}$  atkārtoti noteica *a. subclavia* un *a. axillaris* trīs rokas pozīcijās, papildus paceļot plecu par 8 cm un roku novietojot 30° fleksijas pozīcijā (45. attēls).

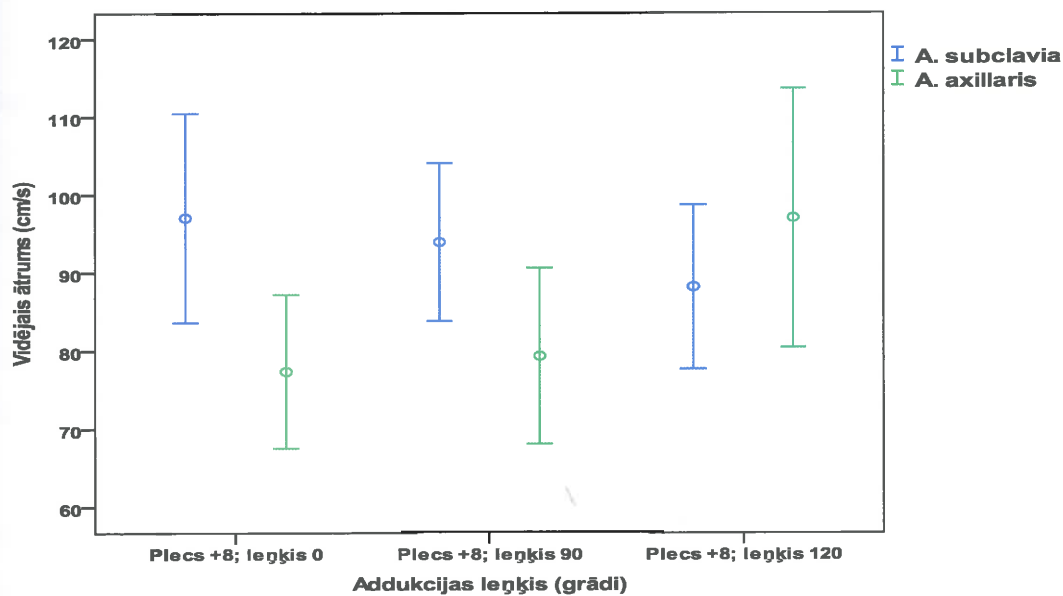
*Arteria subclavia* šajā gadījumā uzrādīja plūsmas samazināšanās tendenci, kaut arī tā nebija statistiski būtiska, galvenokārt lielās individuālās datu izkliedes dēļ. Plūsma 0° rokas abdukcijā tika reģistrēta  $96,98 \pm 47,6$ , 90° leņķī –  $93,86 \pm 36,0$  un 120° pozīcijā fiksēja  $92,98 \pm 40,5$  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  $77,18 \pm 34,5$ , 90° leņķī  $79,2 \pm 39,3$  un 120° rokas atvērumā  $88,10 \pm 37,2$  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 ( $p=0,058$ ).

Pētījumā pirmajā un otrajā daļā kopējie iegūtie rezultāti ir atspoguļoti tabulā pielikumā.



44. 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



45. 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

## Pētījuma datu salīdzinājums ar kontroles grupu

Kontroles grupā izvēlētajā *Stapleton* pētījumā piedalījās 31 vesels brīvprātīgais, 21 sieviete, 10 vīrieši, vecumā no 19-35 gadiem, vidējais vecums  $25 \pm 4$  gadi. Pētījumā ieguva sekojošus plūsmas ātruma un artērijas diametra mērījumus (5. tabula).

5. tabula.

**Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* (cm/s) dažādās rokas abdukcijas un ekstenzijas pozīcijās pacienta sēdus stāvoklī. Kontroles grupa (pēc C. Stapleton et al., 2009)**

Pozīcija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_{sMax}$ (cm/s)	88,4 $\pm 10,4$	89,0 $\pm 10,9$	92,4 $\pm 14,2$	52,0 $\pm 16,0$	87,1 $\pm 10,2$	85,3 $\pm 10,0$	84,5 $\pm 8,2$	70,3 $\pm 11,2$	89,7 $\pm 13,8$	73,9 $\pm 9,1$	88,0 $\pm 15,2$	68,9 $\pm 12,2$
Vid. D (mm)	49,3 $\pm 3,5$	48,8 $\pm 3,8$	50,8 $\pm 3,3$	50,6 $\pm 4,1$	51,0 $\pm 3,3$	49,8 $\pm 3,8$	50,3 $\pm 3,0$	50,1 $\pm 3,0$	52,5 $\pm 2,7$	50,1 $\pm 2,8$	50,9 $\pm 3,6$	50,1 $\pm 2,9$

### Salīdzinājums plūsmas mērījumiem *a. subclavia*

*Stapleton* darbā starp atsevišķām pozīcijām *arteria subclavia* reģistrēja būtiskas plūsmas izmaiņas.

Pirmkārt, arteriālajai plūsmai rokas abdukcijā  $45^\circ$  ( $88,4 \pm 10,4$  cm/s) un  $90^\circ$  ( $89,0 \pm 10,9$  cm/s), to novietojot  $90^\circ$  ar  $30^\circ$  ekstenziju un  $90^\circ$  ārēju rotāciju novēroja būtisku plūsmas samazināšanos ( $68,9 \pm 12,2$  cm/s) ( $p < 0,001$  un  $p < 0,0005$ ).

Otrkārt, plūsma būtiski samazinājās no abdukcijas pozīcijām  $45^\circ$  ( $88,4 \pm 10,4$  cm/s),  $90^\circ$  ( $89,0 \pm 10,9$  cm/s) un  $120^\circ$  ( $92,4 \pm 14,2$  cm/s) roku novietojot  $180^\circ$  ( $52,0 \pm 16,0$  cm/s), jeb paaugstinot abdukcijas leņķi (visiem  $p < 0,001$ ).

Treškārt, plūsma pazeminājās, pastiprinoties rokas ekstenzijai no  $120^\circ$  ( $92,4 \pm 14,2$  cm/s) uz  $120^\circ$  abdukciju kopā ar  $30^\circ$  ekstenziju un  $90^\circ$  ārēju rotāciju ( $68,9 \pm 12,2$  cm/s) ( $p = 0,08$ ).

Vēl jāatzīmē, ka divās pozīcijās novēroja plašu datu heterogenitāti. 6 indivīdiem  $180^\circ$  abdukcijā un 2 personām  $120^\circ$  abdukcijā kopā ar  $30^\circ$  ekstenziju un  $90^\circ$  ārēju rotāciju

novēroja pilnīgu arteriālās plūsmas pārtraukšanos, kaut arī šie brīvprātīgie tika uzskatīti par veselīgiem indivīdiem bez vaskulārā *thoracic outlet* sindroma simptomātikas.

**Atsevišķi jāatzīmē, ka** rocai esot 90° (izejas plūsma 89,0±10,9 cm/s) un 120° (izejas plūsma 92,4±14,2 cm/s) ekstenzijā, tās novietošana papildus 30° fleksijā būtiski neizmainīja plūsmas ātrumu 90° ekstenzijā (87,1±10,2 cm/s) un 120° ekstenzijā (89,7±13,8 cm/s). Līdzīgs novērojums tika izdarīts arī mūsu pētījumā.

### **Salīdzinājums *a. subclavia* diametram pētījuma pozīcijās**

Salīdzinot *arteria subclavia* diametru eksperimenta pozīcijās, netika novērotas nozīmīgas atšķirības, lai arī plūsmas izmaiņas bija būtiskas.

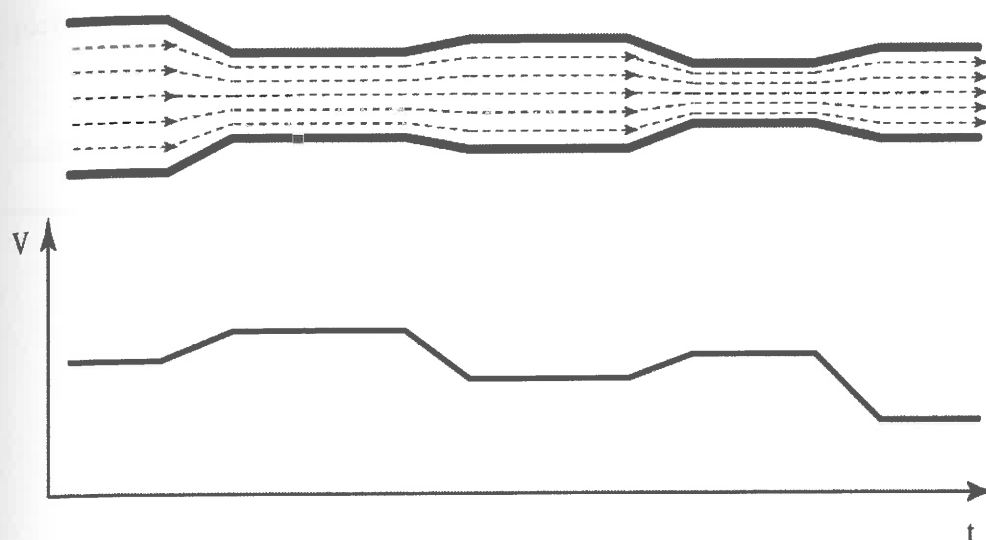
### **Secinājumi**

Salīdzinot mūsu pētījuma datus ar *Stapleton* publikāciju var secināt, ka vaskulārā *thoracic outlet* sindroma diagnostiskie testi uzrāda plūsmas samazināšanos. Tendenci, bet ne būtiskas izmaiņas konstatēja mūsu pētījumā, bet *Stapleton* dati parāda būtiskas izmaiņas trīs situācijās:

1. 180° abdukcijā salīdzinot ar 45°, 90° un 120° abdukciju;
2. 90° abdukcijā kopā ar 30° ekstenziju un 90° ārēju rotāciju salīdzinot ar 45° un 90° abdukciju;
3. 120° abdukcijā salīdzinot ar 120° abdukciju kopā ar 30° ekstenziju un 90° ārēju rotāciju.

Vēl ir svarīgi, ka abi pētījumi noliedz korelāciju starp rokas izolētu fleksiju vai pleca pacelšanu un plūsmas paaugstināšanos *arteria subclavia* un *arteria axillaris* baseinos.

*A. subclavia* un *a. axillaris* baseinā tika konstatēts poststenotiskais plūsmas kritums, kam var sekot atkārtots plūsmas pieaugums kompresijas punktā, bet ar zemāku plūsmas izejas lielumu. Šīs izmaiņas pamato *Hagen-Poiseuille* likums (46. attēls). Šajā asinsvadu baseinā var novērot artērijas multistenozes plūsmas modeli. 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, subkorakoīdajā kanālā vai pret *humerus* galvu *arteria axillaris* projekcijas vietā.



46. attēls. *Hagen-Poiseuille* likuma piemērošana plūsmas krituma un pieauguma izskaidrojumam *a. subclavia* un *a. axillaris* baseinā rokas abdukcijas un ekstenzijas testu laikā

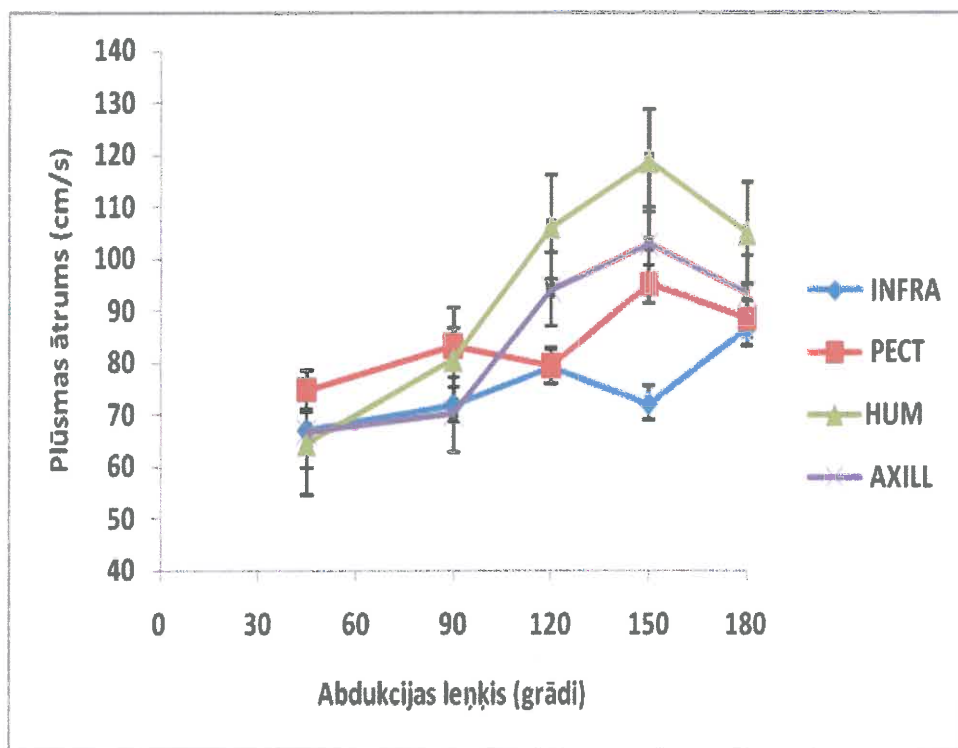
### 3.2.2. Arteriālās plūsmas mērījumi rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca nolaišanu un rokas horizontālu ekstensiju

Pētījuma gaitā tika apstiprināta hipotēze par rokas fleksijas un ekstenzijas horizontālā plaknē un pleca nolaišanas būtisko ietekmi uz nervu – asinsvadu kūlīti to komprimējot. Šādas rokas pozīcijas var novērot rokas hiperabdukcijas laikā operācijas laikā (Drizenko, Scherpereel, 1997). Pētījumā kompresija tika reģistrēta novērojot sistolisko maksimālo plūsmas pieaugumu un artērijas diametra samazināšanos. Mērījumi notika potenciālajos aprakstītajos pleca nervu-aisnsvadu kūlīša kompresijas punktos un tādi bija četri: infraklavikulāri (INFRA), zem *musculus pectoralis minor* cīpslas un *procesus coracoideus* (PECT), punktā pret humerus galvu (HUM) un aksillārajā bedrē (AXIL).

**Pirmajā mērījumu daļā** noteica arteriālā maksimālā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) rādītājus 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° (no 45° līdz 150°:  $67,1 \pm 20,6$  līdz  $72,2 \pm 27,8$  cm/s ar ticamību  $p=0,4$ ) (47. attēls).

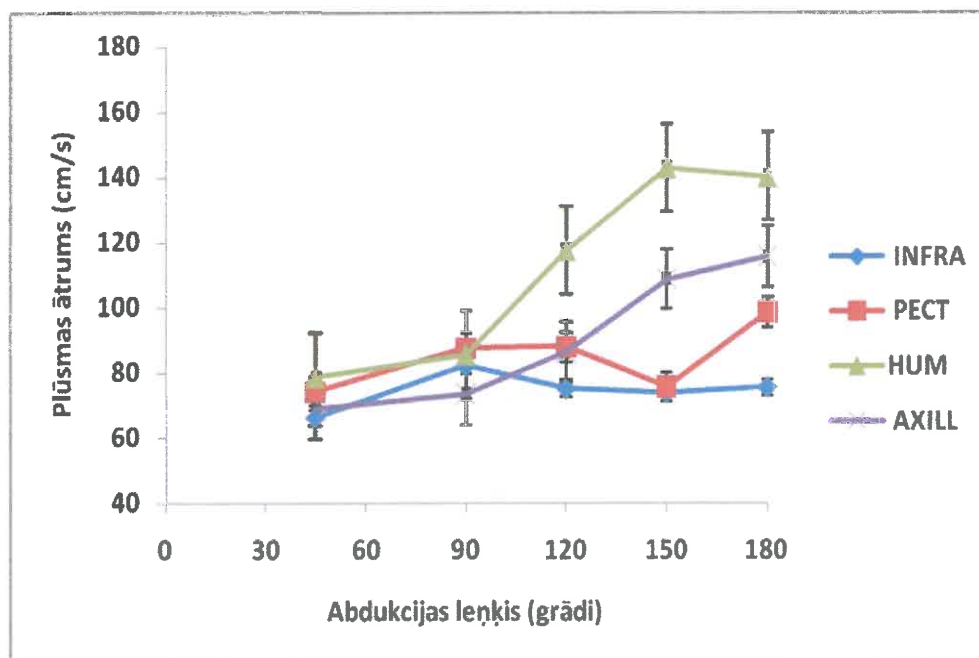
Pirmajā mērījumu daļā, kura pacientam bija visvieglāk izpildāma, pozīcijas līdz 120° abdukcijai veica visi 36 pacienti, 150° abdukciju veica 35, bet 180° jau tikai 30 pacienti.



47. 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° ekstenzijā. Šajā sērijā konstatēja, ka, mainot rokas pozīciju diapazonā no 45° līdz 150°, statistiski ticami plūsma pieauga tikai punktos HUM un AXILL (HUM: no  $78,6 \pm 32,0$  līdz  $142,9 \pm 69,4$  cm/s ar  $p < 0,001$  un AXILL: no  $69,1 \pm 21,2$  līdz  $108,7 \pm 43,2$  cm/s ar  $p < 0,05$ ), bet punktos INFRA un PECT pieaugums nebija nozīmīgs (INFRA: no  $66,2 \pm 22,5$  līdz  $73,9 \pm 35,9$  cm/s ar  $p = 0,64$  un PECT: no  $74,1 \pm 28,7$  līdz  $75,7 \pm 27,3$  cm/s ar  $p = 0,52$ ) (48. attēls). Salīdzinot mērījumus rokai horizontāli un ar 30° ekstenziju, konstatēja, ka punktā HUM ekstenzijas stāvoklī plūsmas pieauguma izmaiņas bija nozīmīgas ar  $p = 0,039$ .

Šajā sērijā pilns izmeklējumu skaits statistiskai apstrādei tika iegūts no mazāka pacientu skaita, jo pozīcijas visumā bija daudz neērtākas. 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.



48. 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

#### Korelācija starp V<sub>max</sub> datiem plecs horizontāli un plecs -6 cm pozīcijā

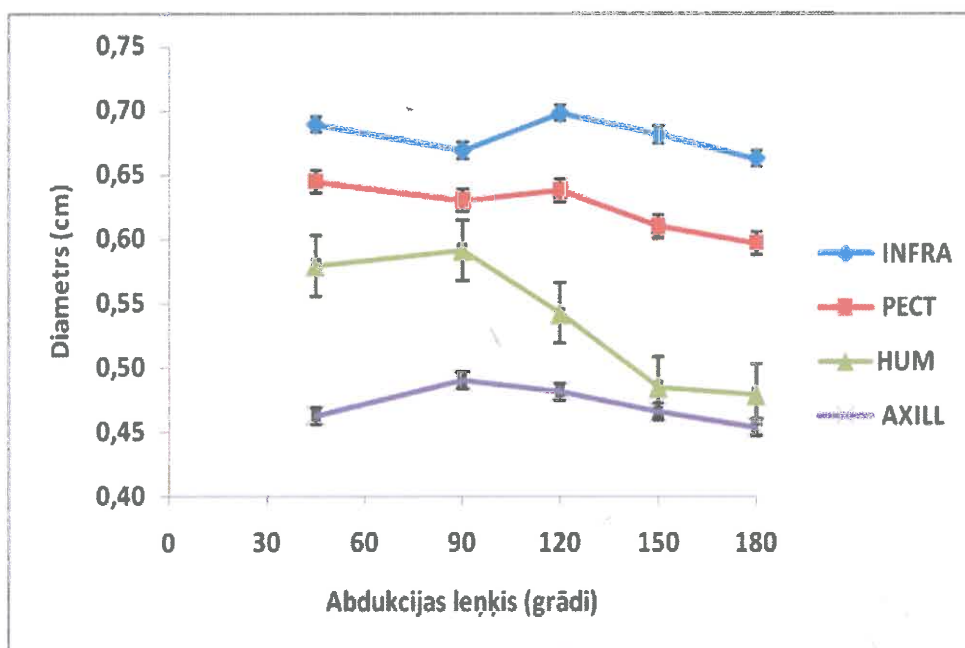
Mūsu pētījumā neapstiprinājās hipotēze par arteriālās plūsmas visos potenciālajos kompresijas punktos pasliktināšanos, nolaižot plecu iniciāli normālas plūsmas gadījumā. Salīdzinot vidējos plūsmas rādītājus potenciālajos pleca artērijas kompresijas punktos 150° abdukcijā zem atslēgas kaula INFRA, PECT un AXILL, netika novērota statistiski ticama plūsmas atšķirība rocai esot horizontālā plaknē un ar 6 cm nolaiestu plecu. Savukārt plūsmas pieauguma izmaiņas bija nozīmīgas punktā HUM ekstenzijas stāvoklī ar  $p=0,039$ , salīdzinot mērījumus rocai un plecam esot horizontāli ar mērījumiem ar pleca 6 cm nolaišanu un vienlaicīgu 30° rokas ekstenziju.



Var secināt, ka rokas hiperabdukcijas stāvoklī abdukcija spēlē galveno lomu nervu – asinsvadu kūlīša kompresijai un plūsmas izmaiņām. 150° abdukcijā tikai punktā HUM pleca nolaišana un rokas ekstenzija pastiprina asinsvadu kūlīša kompresiju.

**Trešajā mērījumu daļā** tika noteiktas artērijas diametra izmaiņas potenciālajos kompresijas punktos abdukcijas testu laikā, rokai atrodoties horizontālā plaknē. Tika konstatēts, ka 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 nenožīmīga 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) (49. 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 nenožīmīgi vai pat palielinājās (INFRA: no 0,69±0,16 uz 0,68±0,14 cm ar p=0,15, PECT : no 0,64±0,13 uz 0,61±0,15 cm ar p=0,025 un AXILL: no 0,46±0,08 uz 0,47±0,1 cm ar p=0,42).

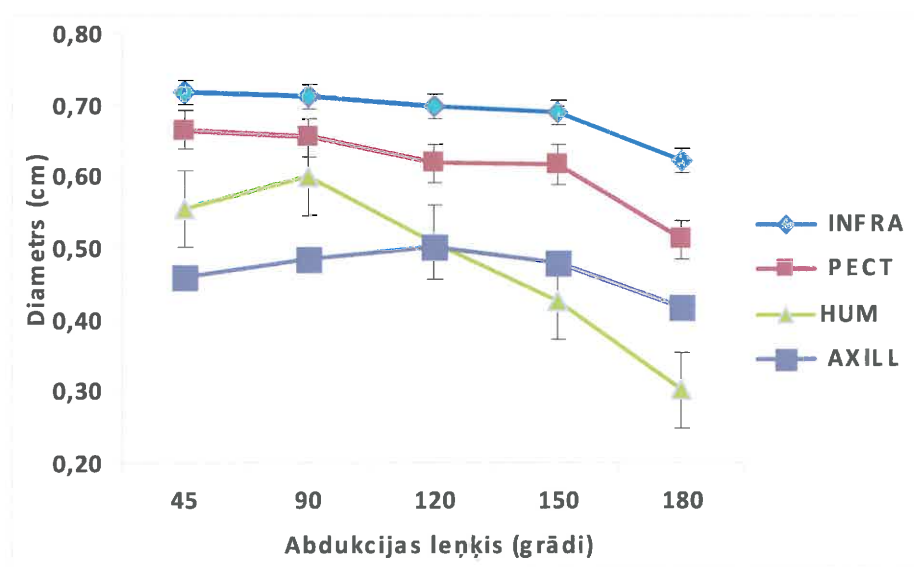
Šajā mērījumu daļā, kura pacientam bija viegli izpildāma, pozīcijas līdz 120° abdukcijai veica visi 36 pacienti, 150° abdukciju veica 34, bet 180° jau tikai 28 pacienti.



49. 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 nolaištā stāvoklī un rokai 30° ekstenzijā. Tika konstatēts, ka tikai punktā HUM asinsvada diametra samazināšanās izmaiņas starp pozīcijām 45° un 150° bija statistiski nozīmīgas (HUM: no 0,55±0,12 uz 0,42±0,15 cm ar  $p<0,001$ ). Citos punktos tika novērota diametra sašaurināšanās tendence, kas tomēr nebija statistiski nozīmīga (INFRA: no 0,72±0,18 uz 0,69±0,13 cm ar  $p=0,23$ ; PECT: no 0,66±0,16 uz 0,61±0,19 cm ar  $p=0,077$ ) vai pat palielināšanās (AXILL: no 0,46±0,09 uz 0,48±0,1 cm ar  $p=0,16$ ) (50. attēls). Salīdzinot mērījumus rokai horizontāli un ar 30° ekstenziju, konstatēja, ka punktā HUM ekstenzijas stāvoklī diametra samazināšanās izmaiņas bija nozīmīgas ar  $p=0,011$ .

Ņemot vērā neērto pozīciju 180° abdukcijā, mērījumi pietiekamā skaitā statistiskai apstrādei bija iegūti līdz 150° abdukcijai. 120° abdukciju veica 23 pacienti, bet 150° - 20 izmeklējamie. Izmeklējumus 180° pozīcijā varēja veikt tikai 2 pacientiem un kopējā statistiskajā aprēķinā neizmantoja.



50. 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

#### Korelācija starp asinsvadu diametra datiem plecs horizontāli un plecs -6 cm

Pētījumā neapstiprinājās hipotēze par artērijas diametra sašaurināšanos visās pozīcijās nolaižot plecu, salīdzinot ar artērijas diametru plecam esot horizontālā pozīcijā. Salīdzinot

vidējo artērijas diametru visos potenciālajos pleca artērijas kompresijas punktos zem atslēgas kaula 150° abdukcijā, INFRA, PECT, un AXILL punktos netika novērota statistiski ticama diametra atšķirība rokai esot ar plecu horizontālā plaknē un ar 6 cm nolaistu plecu.

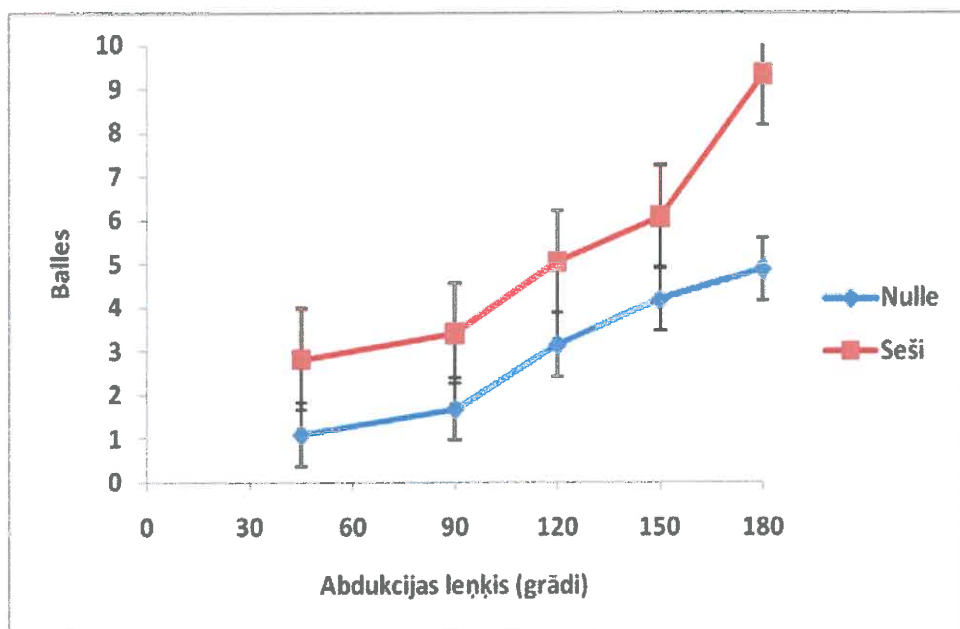
Savukārt artērijas diametra samazināšanās bija nozīmīga punktā HUM 150° abdukcijā ar  $p=0,011$ , salīdzinot mērījumus rokai un plecam esot horizontāli ar mērījumiem ar pleca 6 cm nolaišanu un vienlaicīgu 30° rokas ekstenziju.

Var secināt, ka rokas hiperabdukcijas stāvoklī abdukcija spēlē galveno lomu nervu – asinsvadu kūlīša kompresijai un plūsmas izmaiņām. 150° abdukcijā tikai punktā HUM pleca nolaišana un rokas ekstenzija pastiprina asinsvadu kūlīša kompresiju ar konstatēto artērijas sašaurinājumu.

**Piektajā daļā** tika analizēta pacienta ērtība. Kā jau tas tika prognozēts, tā bija labāka pozīcijās ar roku horizontālā līmenī, salīdzinot ar pozīcijām ar pleca nolaišanu 6 cm un rokas ekstenziju 30°. Pozīcijas 45, 90, 120 un 150° abdukcijā rokai esot horizontāli pacienti vidēji novērtēja ar  $1,08\pm 0,28$ ,  $1,67\pm 0,89$ ,  $3,14\pm 1,83$  un  $4,19\pm 2,4$  ballēm, savukārt roku novietojot ekstenzijā rādītāji izteikti pasliktinājās uz vidēji  $2,81\pm 1,83$ ,  $3,40\pm 1,96$ ,  $5,04\pm 2,44$  un  $6,08\pm 1,88$  ballēm. 180° ērtību statistiski ticamai grupai varēja novērtēt tikai rokai esot horizontāli un tas sasniedza  $4,88\pm 3,25$  bales. 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 nolaistu plecu 6 cm) (51. attēls).

Pacienta ērtību varēja novērtēt pleca pozīcijās 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 un neērtākā pozīcijā, 90° un 120° analizēja 25 pacientiem, 150° - 20 personām un 180° tikai 3 pētījuma dalībniekiem.

Pētījumā kopējie iegūtie rezultāti ir atspoguļoti tabulā pielikumā.



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

### Neiroloģiskie simptomi

Neiroloģiskā simptomātika izdarīto izmeklējumu laikā sīkāk tika izanalizēta 20 pacientu apakšgrupai.

**Pirmkārt**, tika novērtēts, pie cik grādu abdukcijas pacientam parādās sūdzības vai arī viņš pats apraksta neērtību raksturu pozīcijas novērtēšanas laikā (6. tabula). Kā redzams visbiežāk pirmās sūdzības parādījās pie 120° rokas abdukcijas, bet to reizām 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.

6. tabula.

Rokas abdukcija, pie kuras novēro pirmās pacienta sūdzības

Abdukcijas leņķis	Pacientu skaits	Pacientu procents
45°	2	10
90°	4	20
120°	7	35
150°	5	25
180°	2	10

**Otrkārt**, tika noteikts, kāds neērtības novērtējuma skaitlis visbiežāk atbilda pirmajām pacienta sūdzībām. Šie dati bija interesanti, jo daļa pacientu sāk sūdzēties pie vismazākās neērtības, bet daļa tikai pie izteiktas rokas, pleca vai nervu nospieduma un pie izteikta diskomforta. Tādejādi mediāna tiek novērota pie ērtības novērojuma ar 2 un 6 ballēm (7. tabula).

**7. tabula.**

**Ērtības novērtējums ballēs, pie kuras novēro pirmās pacienta sūdzības**

Ērtības novērtējums ballēs, pie kura parādās pirmās sūdzības	Pacientu skaits	Pacientu procents
1	2	10
2	5	25
3	3	15
4	0	0
5	2	10
6	5	25
7	2	10
8	2	10

**Treškārt**, tika uzskaitītas visa veida sūdzības, ko novēroja pacienta rokas pozicionēšanas laikā. Jāatceras, ka izmeklējumu sērija rokai esot horizontāli vai pleca nolaistā pozīcijā ir apmēram 15 minūšu gara, bet katrā abdukcijas leņķī, izdarot mērījumus, roka tiek turēta tikai apmēram 3 minūtes. Starp divām sērijām, mainot rokas atbalsta augstumu, pacients roku atpūtināja elkoņa fleksijas pozīcijā uz vēdera. Sūdzības, ko novēroja, bija ļoti dažādas un ir norādītas pēc to sastopamības biežuma vienam vai vairākiem pacientiem (8. tabula). Pārsvarā prevalē dažādas lokalizācijas tirpšanas sajūta, kas norāda uz nervu kūlīšu vai perifēro nervu kompresiju dažādos punktos rokas abdukcijas laikā.

## Novērotās sūdzības rokas dažādu abdukcijas pozīciju laikā

Sūdzības raksturs	Novērojuma biežums
Tirpšanas sajūta visā rokā	3
Tirpšanas sajūta plecā	2
Tirpšanas sajūta plaukstā	5
Tirpšanas sajūta pirkstos	1
Tirpšanas sajūta elkonī	2
Tirpšanas sajūta augšdelmā	3
Tirpšanas sajūta apakšdelmā	2
Tirpšanas sajūta pirkstos, pirkstu galos	3
Smaguma sajūta pirkstos	4
Tirpšana I pirkstā	1
Tirpšana I+II pirkstā	2
Tirpšana II+III pirkstā	1
Tirpšana I+II+III pirkstā	5
Tirpšanas sajūta II+III+IV pirkstā	3
Tirpšanas sajūta III+IV+V pirkstā	1
Tirpšana III+IV pirkstā	1
Tirpšana IV+V pirkstā	1
Nogurums visā rokā un plecā	4
Nogurums vai diskomforts lāpstiņā	2
Tirpšanas izzušana roku novietojot 180° abdukcijā	1
Nogurums elkonī	1
Sāpes plecā	5
Sāpes elkonī	1
Plaukstas anestēzija	1
Smagums un nogurums plaukstā	2
Nepatīkama sajūta rokā un izstiepuma sajūta	4
Asins pieplūduma sajūta rokā un plaukstā	2
<b>Kopā</b>	<b>63</b>

Kopā tika reģistrētas 63 sūdzības. 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.

## pētījuma datu salīdzinājums ar kontroles grupu

Kontroles grupā *Stapleton* pētījumā piedalījās 31 vesels indivīds, 21 sieviete, 10 vīrieši, vecumā no 19-35 gadiem, vidējais vecums  $25 \pm 4$  gadi. Pētījumā ieguva sekojošus plūsmas ātruma mērījumus (9. tabula).

### 9. tabula.

**Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. axillaris* (cm/s) dažādās rokas abdukcijas un ekstenzijas pozīcijās pacienta sēdus stāvoklī. Kontroles grupa (pēc C. Stapleton et al., 2009) (\*  $p < 0,0005$ , \*\*  $p < 0,001$ )**

Rokas pozīcijas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A.axill. DØ (mm)	4,2 $\pm 0,2$	4,3 $\pm 0,2$	3,6 $\pm 0,3$ *	3,4 $\pm 0,3$ *	4,3 $\pm 0,2$	4,2 $\pm 0,2$	4,2 $\pm 0,2$	4,1 $\pm 0,2$	4,3 $\pm 0,2$	4,1 $\pm 0,3$	3,7 $\pm 0,3$ *	3,4 $\pm 0,3$ *
$V_{smax}$ (cm/s)	77 (64-92)	75 (64-86)	99 (84-118) **	89 (50-110)	78 (67-95)	80 (71-98)	76 (67-99)	74 (59-89)	82 (69-98)	86 (65-98)	94 (81-121) **	87 (61-111)

### Salīdzinājums plūsmas mērījumiem

*Stapleton* darbā plūsmas izmaiņas *arteria axillaris* salīdzināja ar plūsmu  $45^\circ$  abdukcijā, kas tika reģistrēta vidēji  $77 (64-92)$  cm/s. Būtisks pieaugums bija pierādīts  $120^\circ$  abdukcijā ar  $99 (84-118)$  cm/s,  $p < 0,001$  un  $120^\circ$  abdukcijā ar rokas  $30^\circ$  ekstenziju ar  $94 (81-121)$  cm/s,  $p < 0,005$ . Pētījumā tika konstatēta plaša populācijas datu heterogenitāte. Tā, piemēram, rokas  $120^\circ$  abdukcijā 13% indivīdu reģistrēja plūsmas ātruma dubultošanos, kaut arī 26% no izmeklēto plūsmas ātrums samazinājās.

Mūsu pētījumā tika iegūti līdzīgi dati. Salīdzinot plūsmas mērījumus  $45^\circ$  un  $150^\circ$  abdukcijā, būtiski pieauga plūsma punktos HUM un AXILL ( $p < 0,001$ ). Salīdzinot plūsmas mērījumus  $45^\circ$  un  $150^\circ$  abdukcijā ar papildus rokas  $30^\circ$  akstenziju, arī šoreiz punktos HUM un AXILL plūsma pieauga statistiski nozīmīgi ( $p < 0,05$ ).

### Salīdzinājums diametram

Vidējie artērijas diametra dati (mm), salīdzinot ar diametru  $45^\circ$  abdukcijā ( $4,2 \pm 0,2$  cm), parādīja statistiski būtisku izmēra samazināšanos  $120^\circ$  ( $3,6 \pm 0,3$  cm),  $180^\circ$  abdukcijā

( $3,4 \pm 0,3$  cm) un  $120^\circ$  abdukcijā ar rokas  $30^\circ$  ekstenziju ( $3,7 \pm 0,3$  cm). Papildus pozīcijām, kuras sakrita mūsu pētījumos, artērijas diametrs būtiski samazinājās arī  $120^\circ$  abdukcijā ar rokas  $30^\circ$  ekstenziju un  $90^\circ$  ārēju rotāciju ( $3,4 \pm 0,3$  cm). Līdzīgi kā artērijas diametra mērījumos, tika konstatēta plaša datu heterogenitāte. Pozīcijās ar  $120^\circ$  un  $180^\circ$  ekstenziju un  $120^\circ$  abdukcijā ar rokas  $30^\circ$  ekstenziju un  $90^\circ$  ārēju rotāciju 10% indivīdu artērijas diametrs samazinājās vairāk kā par 50%, bet 16% gadījumu diametrs būtiski neizmainījās.

Mūsu pētījumā *arteria axillaris* diametrs tika analizēts vairākos potenciālajos kompresijas punktos. Būtiskas izmaiņas pleca asinsvadu baseinā mēs konstatējām starp  $45^\circ$  un  $180^\circ$  punktos HUM un PECT, bet punktā AXILL izmaiņas nebija nozīmīgas. Savukārt gadījumos ar rokas ekstenziju, būtiskas izmaiņas vēroja tikai punktā HUM, bet punktā AXILL bez izmaiņām. Vēl mazāk ievērojamas izmaiņas novēroja starp rokas abdukciju  $45^\circ$  un  $150^\circ$ , kur nozīmīgas izmaiņas bija tikai punktā HUM.

### Salīdzinājums klīniskajiem simptomiem

Tāpat kā promocijas darba pētījumā, *Stapleton* novēroja ļoti dažādas klīniskās nervu kompresijas izpausmes un visbiežāk simptomus konstatēja  $180^\circ$  abdukcijā (52% pacientu) un  $120^\circ$  abdukcijā ar rokas  $30^\circ$  ekstenziju un  $90^\circ$  ārēju rotāciju (42% pacientu). Ļoti interesants ir fakts, ka netika konstatēta korelācija starp Vsmax un asinsvada diametra izmaiņām un simptomu biežumu.

Mūsu pētījumā salīdzinot ar *Stapleton* datiem, tika reģistrēta sūdzību parādīšanās saistībā ar rokas abdukcijas leņķi. Tas visbiežāk notika  $120^\circ$  abdukcijā (35% pacientu) un  $150^\circ$  (25% pacientu).

### 3.2.3. Pleca artēriju doplerogrāfijas izmeklējumu rezultātu kopsavilkums.

No izdarītajiem plūsmas un diametra pētījumiem *arteria subclavia* un *arteria axillaris* baseinos var izdarīt vairākus svarīgus secinājumus:

1. Pētījumos ar **pleca pacelšanu un rokas fleksiju** *a. axillaris* un *a. subclavia* baseinos, neapstiprinājās hipotēze par plūsmas uzlabošanos *arteria axillaris*. Tāpat arī kontroles grupā pie rokas fleksijas  $90^\circ$  un  $120^\circ$  abdukcijā būtiski nemainījās plūsma *arteria subclavia*.

2. Pētījumos ar **pleca nolaišanu un rokas ekstenziju** varēja konstatēt plūsmas pieaugumu vairākos potenciālajos stenozes punktos gan plecam esot horizontālā stāvoklī, gan ar nolaistu plecu (punktos HUM un AXILL). Arī salīdzinot savā starpā mērījumus rokai



abdukcijā horizontāli un ar 30° ekstenziju, konstatēja, ka punktā HUM ekstenzijas stāvoklī plūsmas pieauguma izmaiņas bija nozīmīgas ar  $p=0,039$ . Kontroles grupā *arteria axillaris* plūsmas būtisks pieaugums bija pierādīts 120° abdukcijā un 120° abdukcijā ar rokas 30° ekstenziju, salīdzinot ar 45° rokas abdukciju.

Savukārt *arteria subclavia* hiperabdukcijas un ekstenzijas testu laikā novēroja plūsmas samazināšanos, kas tiek skaidrots ar poststenotisko plūsmas palēnināšanos. Mūsu pētījumā novēroja *arteria subclavia* plūsmas samazināšanās tendenci, bet kontroles pētījumā vēroja plūsmas samazināšanos 90° abdukcijā kopā ar 30° ekstenziju un 90° ārēju rotāciju un 120° un 180° abdukcijā, salīdzinot ar 45° rokas abdukciju.

3. Asinsvadu diametrs rokas ekstenzijas un abdukcijas laikā būtiski samazinājās *a. axillaris* baseinā punktos HUM un PECT salīdzinot 45° un 180° plecam esot horizontāli un punktā HUM salīdzinot 15° uz 150° ar nolaistu plecu. Pētījumā neapstiprinājās hipotēze par artērijas diametra sašaurināšanos visās pozīcijās nolaižot plecu, salīdzinot ar artērijas diametru plecam esot horizontālā pozīcijā.

Kontroles grupā vidējie artērijas diametra dati dažādos abdukcijas leņķos, salīdzinot ar diametru 45° abdukcijā, parādīja statistiski būtisku izmēra samazināšanos 120° un 180° abdukcijā, kā arī 120° abdukcijā ar rokas 30° ekstenziju.

4. Salīdzinot datus par *arteria subclavia* un *arteria axillaris* diametra un maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma izmaiņām dažādās pozīcijās, tika secināts, ka rokas ekstenzijas pozīcijās ne vienmēr var konstatēt asinsvada diametra sašaurināšanos, lai arī ir pierādīts būtisks plūsmas pieaugums.

5. Pacienta ērtība globāli strauji pasliktinās, pieaugot rokas abdukcijai. 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 nolaistu plecu 6 cm.

6. Klīniskie simptomi pavadīja provokācijas testus un 35 % gadījumu mūsu pētījumā pirmo reizi parādījās 120° abdukcijā. Tāpat vēroja lielu sūdzību heterogenitāti. Kontroles pētījumā 52% pacientu 180° abdukcijā un 42% pacientu 120° abdukcijā ar rokas 30° ekstenziju un 90° ārēju rotāciju novēroja dažādus neiroloģiskos simptomus. Ļoti interesants ir fakts, ka netika konstatēta korelācija starp  $V_{max}$  un asinsvada diametra izmaiņām un simptomu biežumu.

### **3.3. Pacienta pozīcijas ērtības novērtējums**

#### **3.3.1. Pacienta augšējās ekstremitātes ērtības novērtēšanas anketēšana**

Veiktā anketēšana uzskatāmi apliecināja, ka pacienta pozicionēšanai ir ļoti liela nozīme veiksmīgai reģionālās anestēzijas (RA) izpildei un pacienta kā arī ārsta komforta nodrošināšanai. Iegūtie dati ļauj klasificēt dažādus anestēzijas un komfortu ietekmējošos faktorus un ļauj vēlāk izdarīt secinājumus par prioritātēm pacienta pozicionēšanas laikā un vēlamo palīgierīču pielietošanu.

Tāpat anketēšanas laikā tika noskaidrota palīglīdzekļu veidu lietošana pacienta un ekstremitāšu novietošanai gan perifēro nervu bloku, gan perimedullārās anestēzijas veikšanai. Šie dati bija ļoti svarīgi tālāk izstrādājot anesteziologam un pacientam pieņemamas un ērtas palīgierīces rokas un kājas pozicionēšanai RA laikā.

#### **Reģionālo anestēziju ietekmējošie parametri**

No piecpadsmit RA ietekmējošajiem parametriem pieci tika atzīti kā ļoti svarīgi: tie bija topogrāfiskās anatomijas zināšanas (9,58±0,9 balles), neirostimulators (9,06±2,0), pacienta komforts (8,35±2,0), ārsta komforts ar ērtu piekļuvi darba zonai (8,17±2,0) un ārsta komforts, manipulējot ar instrumentiem un ar ērtu pieeju tiem (8,16±2,1). Seši parametri tika atzīti kā svarīgi: laika ierobežojums metodes veikšanai (6,77±2,6), RA rokasgrāmata (6,52±2,5), pacienta statiska pozīcija RA laikā (7,60±2,0), lokālā anestētiķa izvēle (6,26±2,9), adatas kvalitāte (7,87±2,2) un ultrasonogrāfija (6,61±3,3). Trīs parametri tika atzīti kā vidēji svarīgi: asistenta vai māsas klātbūtne (4,97±2,8), asistenta vai māsas pieredze RA veikšanā (4,80±2,9) un adatas ražotājs (5,53±2,4). Visbeidzot viens parametrs tika atzīts kā mazsvarīgs un tā bija diennakts stunda (4,00±2,9). Dati ir apkopoti 52. attēlā.

#### **Pozīcijas un komforta loma reģionālās anestēzijas norisē**

Novērtējot pacienta pozīcijas un komforta lomu RA norisē, lielākā uzmanība anketā tika veltīta pozicionēšanas metodēm, jo tieši tās lielā mērā nosaka pacienta komforta līmeni. Kā redzams 53. attēlā, rokas pozicionēšanas metodes var būt ļoti dažādas.

#### **Rokas pozicionēšana**

53. attēlā redzamas metodes, ko ārsti visbiežāk pielieto rokas pozicionēšanai RA laikā: visbiežāk tie ir pamošanās zāles galdiņi (25% gadījumu), operāciju zāles galdiņi, spilveni un mīkstie atbalsti un RA bez īpašas rokas fiksācijas, kad roka ir vienkārši uz gultas

– abiem (18%), operāciju zāles rokas atbalsti un fiksatori (10%), roku tur asistents (7%) un citi varianti (4%).

### **Pacienta pozīcijas komforta līmenis**

Novērtējot pacienta pozīcijas komforta līmeni, anketējot tika iegūti sekojoši rezultāti. Pirmkārt, neviena no pozīcijām metodes realizācijai netika novērtēta kā ļoti ērta. Otrkārt, sešas no pozīcijām tika novērtētas kā vidēji ērtas: spināli ( $7,04 \pm 1,5$  balles), epidurāli ( $6,70 \pm 1,4$ ), RA kājai pozīcijā uz sāniem ( $6,91 \pm 1,6$ ), RA kājai dorsālā pozīcijā ( $7,95 \pm 1,5$ ), RA rokai distāli ( $7,38 \pm 1,4$ ) un RA rokai proksimāli ( $7,32 \pm 1,1$ ). Kā tikai apmierinoši tika novērtēta pozīcija RA kājai, guļot uz vēdera ( $5,85 \pm 1,9$ ). Rezultāti ir atspoguļoti 54. attēlā.

### **Ārsta komforts RA laikā**

Savukārt analizējot ārsta komfortu RA laikā, varam konstatēt, ka komforta līmenis ir salīdzinoši augstāks (55. attēls). Anesteziologi atzīst, ka viņu komforta līmenis ir ļoti ērts strādājot ar neirostimulatoru ( $8,37 \pm 1,3$  balles) un veicot RA rokai ( $8,41 \pm 1,6$ ). Kā tikai vidēji ērts komforta līmenis tika novērtēts lokālā anestētiķa injekcijas laikā un manipulējot ar šļircēm ( $7,77 \pm 1,6$ ) un strādājot ar ultrasonogrāfu ( $6,75 \pm 2,0$ ).

### **Traucējošie un uzlabojamie faktori RA laikā**

Papildus tika noskaidroti arī visvairāk traucējošie faktori RA laikā. Tie bija šādi pēc sniegto atbilžu skaita: grūtības pareizi pozicionēt pacientu tā vecuma, locītavu artrozes un sāpju dēļ (8 atbildes), pacienta uztraukums, nemierīgums (6 atbildes), nemedicīniska rakstura sarunas fonā un nepiederošu personu klātbūtne (5 atbildes), adipozitāte (4 atbildes), nevajadzīgi trokšņi un monitoru trauksmes signāli (3 atbildes) un vēl 13 dažādi individuāli faktori, kas pētījumā nosaukti katrs pa vienai reizei.

Tika noskaidroti arī faktori, kuri varētu uzlabot RA norisi. Biežāk minētie bija ultrasonogrāfa un neirostimulatora uzlabojumi (4 atbildes), adatu un katetru uzlabojumi (2 atbildes), ultrasonogrāfijas apgūšana (2 atbildes) un septiņi citi dažādi individuāli faktori, minēti katrs vienu reizi.

### **3.3.2. Anketēšanas datu kopsavilkums**

Anketēšanas dati ļāva izvērēt pacienta pozīcijas nozīmīgumu pacienta pozicionēšanas laikā RA izpildei ārsta un pacienta komforta uzlabošanai.

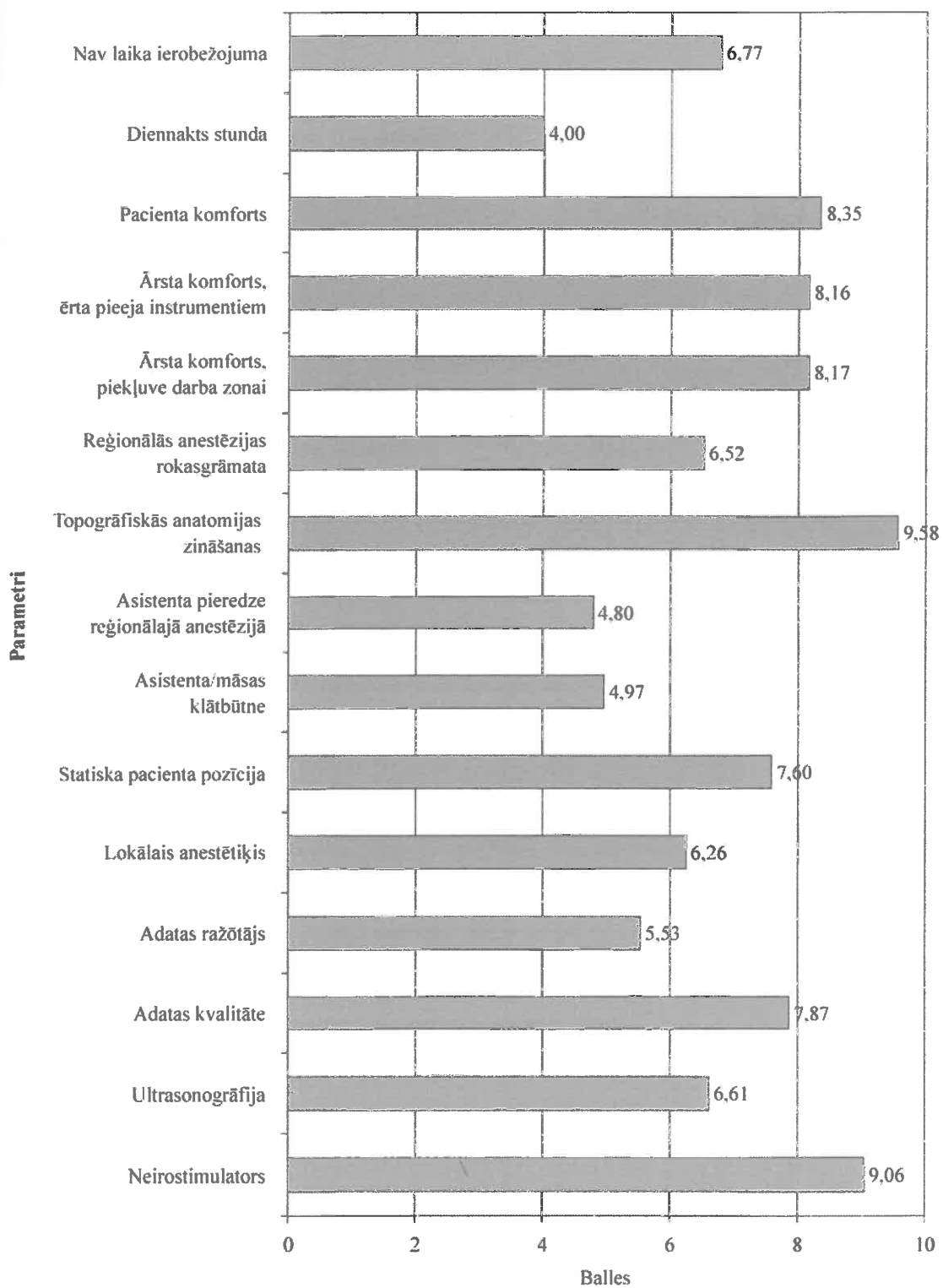
Anketēšanas gaitā atklājās, ka rokas novietošanai tiek izmantoti ļoti dažādi palīgīdzekļi. Visbiežāk rokas novietošanai izmanto pamošanās zāles galdiņus - 25%

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%.

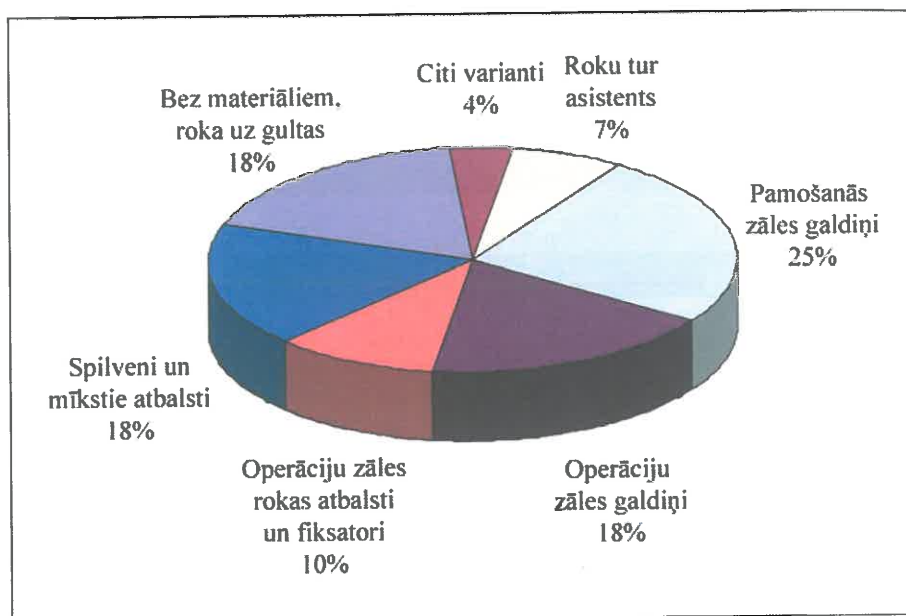
No pacienta ērtības viedokļa neviena no lietotajām pozīcijām RA realizācijai netika novērtēta kā ļoti ērta. Kā vidēji ērtas tika novērtētas pozīcijas RA veikšanai rokai distāli - 7,38, un RA rokai proksimāli 7,32 balles.

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.

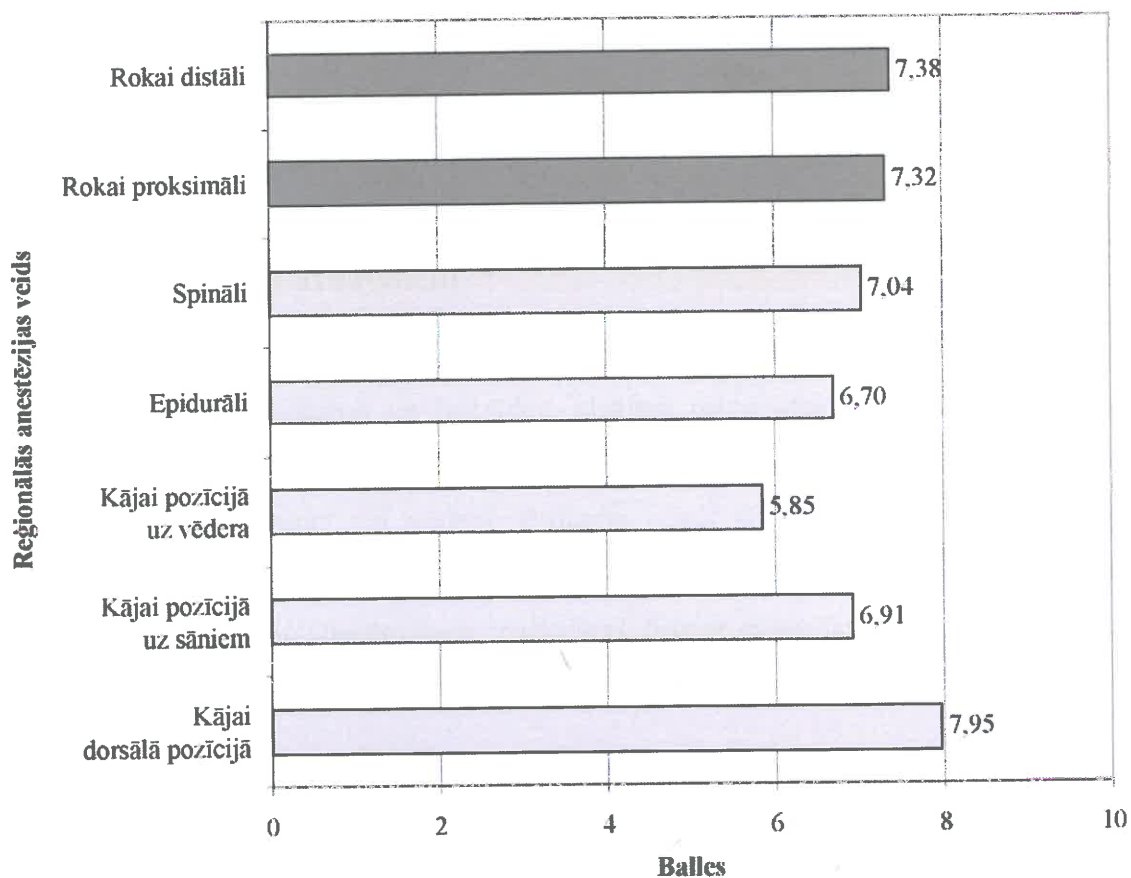
Iegūtie rezultāti vedina uzlabot pacienta pozicionēšanu veicot RA rokai, kā arī piedāvāt universālus rokas fiksatorus, lai izvairītos no operāciju zālē esošo materiālu adaptēšanas rokas novietošanai darba pozīcijā.



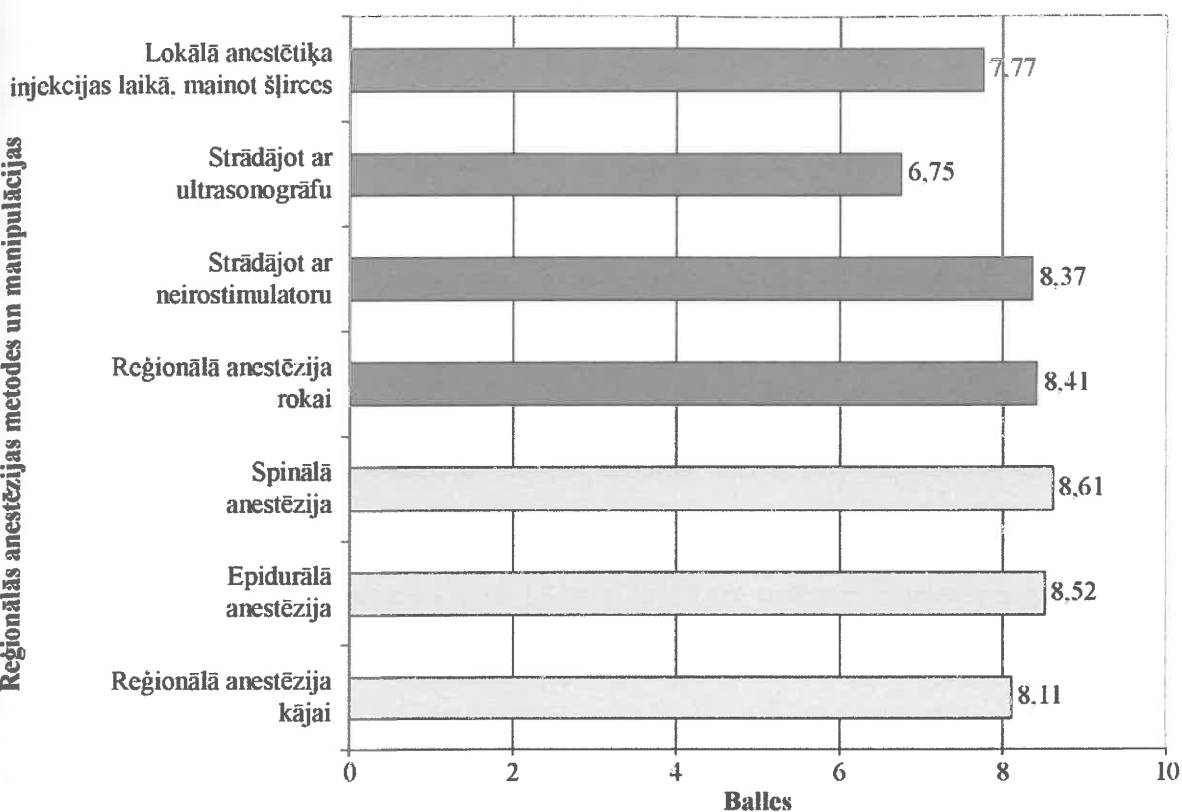
52. attēls. Dažādu parametru nozīme sekmīgas reģionālās anestēzijas izpildē



53. attēls. Izmantojamās metodes rokas pozicionēšanai reģionālās anestēzijas izpildei



54. attēls. Pacienta pozīcijas komforta novērtējums reģionālās anestēzijas izpildes laikā



55. attēls. Ārsta komforta līmenis reģionālās anestēzijas izpildes laikā

### 3.4. Izstrādātie rokas pozicionēšanas speciālie aparāti

#### 3.4.1. Prasības roku atbalstiem

Atsaucoties uz autora klīnisko pieredzi, kā arī uz novērojumiem, strādājot pie rokas fiksācijas aparātu uzlabošanas un izstrādes, ideālam rokas atbalstam operācijas laikā, ir jānodrošina vairākas funkcijas un jāatbilst vairākām prasībām. Šīs prasības attiecas uz pacienta guļu uz muguras vai vēdera. Protams, visas šīs prasības tehniski vienlaicīgi nodrošināt nav iespējams. Tāpat jāatzīmē, ka modernie atbalsti ir pieskaņoti konkrētas konstrukcijas galdiem un sliecēm un ir īpaši dārgi, līdz ar to nav iespēju tos pielietot katrā operāciju zālē.

#### Ieteicamās prasības rokas atbalstiem :

1. Rokas atbalstam jābūt piestiprināmam visā operāciju galda daļā, kur paredzēts atrasties pacienta ķermeņa augšdaļai ;
2. To fiksē uz tam paredzētajām universālajām sliecēm;
3. Ir iespējams mainīt atbalsta abdukcijas leņķi plašā amplitūdā no 0-180° ;

4. Ir iespējams 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. Atbalsta augstuma un leņķa regulēšanu ir iespējams veikt no atbalsta distālā gala. Tas nepieciešams rokas pozīcijas uzlabošanai pacientam, kurš jau ir apklāts 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 svaram atbilstoša nestspēja (2-5 kg) un stingums nofiksētajā pozīcijā.

**Ieteicamie noteikumi, kuri jāievēro, pozicionējot roku:**

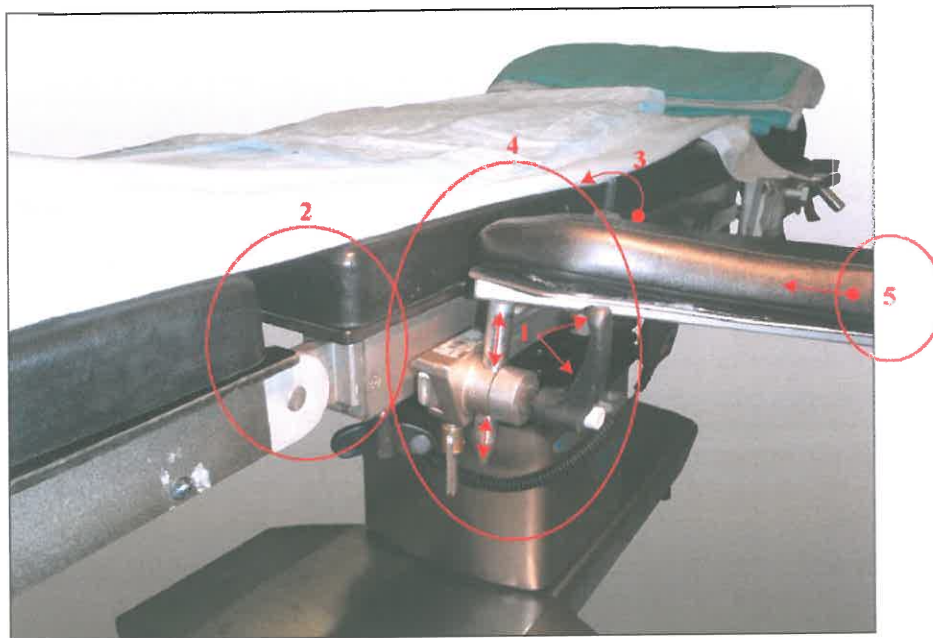
1. Novērst rokas trakciju pret ķermeni;
2. Nodrošināt rokas stāvokli supinācijas pozīcijā, lai izvairītos no *nervus ulnaris* kompresijas;
3. Pēc novietošanas pozīcijā jāparedz rokas fiksācija ar platām, netraumatiskām auduma lentām;
4. Ir jānovērš mīksto audu un nervu kompresija starp atbalstu un potenciālajiem kompresijas punktiem;
5. Ir jāpanāk rokas imobilizācija, it sevišķi, ja uz konkrētās rokas ir jānodrošina venozā perfūzija vai/un pacienta monitorēšanas mērījumi;
6. Pozīcijai jābūt komfortablai, sevišķi, ja pacients ir pie samaņas;
7. Vēlama rokas atrašanās augstāk par labo priekškambari labākai venozai attecei un limfas drenāžai.

**Biežāk sastopamās grūtības roku atbalstu lietošanā (51. attēls):**

1. Augstuma regulēšanas grūtības;
2. Atbalsta novietošanas grūtības pret plecu vietās, kur ir universālās slieces pārtraukums vai nostiprināta arka operācijas lauka norobežošanai;



3. Atbalsta abdukcijas leņķa regulēšanas grūtības;
4. Apgrūtināta piekļūšana atbalsta regulēšanai operācijas laikā pie galda (zem palagiem) ;
5. Nav iespējama regulēšana no atbalsta distālā gala.



56. attēls. Biežāk sastopamās grūtības rokas pozicionēšanas laikā (1-5)

### 3.4.2. Izstrādātie patenti

Darba gaitā tika izstrādātas uzlabotas rokas pozicionēšanas metodes reģionālās un vispārējās anestēzijas laikā. Izstrādātās idejas tika formulētas un apstiprinātas Latvijas Republikā reģistrētu patentu veidā. Viens no patentiem tika reģistrēts kā starptautisks.

Darba gaitā tika iesniegti un reģistrēti kopumā **deviņi** patenti, no kuriem septiņi attiecās uz rokas pozicionēšanas uzlabošanu :

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.

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.

### 3.4.3. Izstrādātie rokas fiksācijas aparāti

Uz izstrādāto patentu bāzes tika radīti vairāki ierīču prototipi un beigās izveidotas klīnikā ieviestas iekārtas, kuras šodien anesteziologi lieto rokas pozicionēšanai reģionālās anestēzijas laikā. Pirmā klīnikas apstākļos tika lietota ierīce «Locoflex 1», kuras konstrukcija ļauj rokas atbalstu piestiprināt pie speciāla paliktņa, kas tiek nostiprināts zem pacienta. Tādējādi tiek atvieglota rokas atbalsta piestiprināšana pretī pleca locītavai un rokas atbalstu var pielietot arī pacientam esot uz galda vai stumjamiem ratiem bez universālajām sliecēm (57. attēls).



57. attēls. Rokas pozicionēšanas iekārta «Locoflex 1»

Nākošais, uzlabotais modelis ir reģionālās anestēzijas stacija «Locoflex 4E», kuras izstrāde notika kopā Latvijas un Francijas kolēģiem anesteziologiem, kuri specializējušies galvenokārt reģionālajā anestēzijā (58. attēls).



**58. attēls. Reģionālās anestēzijas stacija «Locoflex 4E»**

Šīs stacijas izstrāde notika, sadarbojoties ar Traumatoloģijas un Ortopēdijas slimnīcu Latvijā (Dr. Aleksejs Miščuks, Dr. Juris Stīpiņš, Dr. Inga Misāne) kā arī ar Francijas kolēģiem. Francijā ierīces izstrādē piedalījās ārsti no dažādām pilsētām un klīnikām: no Klermon-Ferānas (Dr. Eric Eisenberg un Dr. Vincent Tubert, *Clinique Le Pôle Santé République*), Tulūzas (Dr. Alain Delbos, *Clinique Du Cours Dillon*), Šamberī (Dr. Louis-Jean Dupré, *Clinique Générale Du Docteur Cléret*), Parīzes (Dr. François Biechler, *Clinique des Montagnes*) un Quency sur Senart (Dr. Luc Mercadal, Dr. Sebastien Bloc, *Clinique Claude Galien*). Reģionālās anestēzijas stacija ir apstiprināta gan ar tehnisko, gan ar dizaina

patentu (Vasilevskis et al., 2007, 2008). Šī iekārta ļauj pozicionēt izvēlētajā pozīcijā gan roku, gan kāju un ir neatkarīga no operāciju galda 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. Šī ierīces ražošana ir jau uzsākta un to praksē lieto anesteziologi Latvijā, Francijā un Beļģijā (10. tabula).

10. tabula.

**Locoflex 4E pielietojums dažādās klīnikās Latvijā un Francijā no 2008. – 2010. gadam**

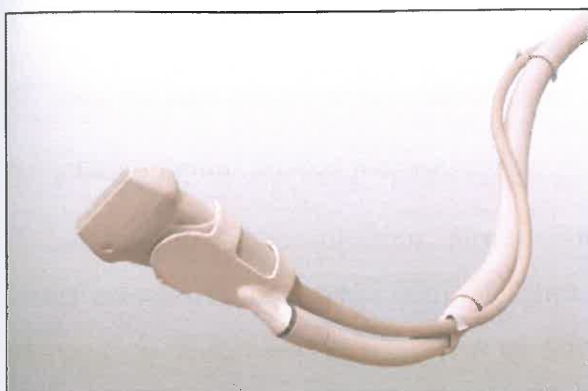
Slimnīca	Pielietojums (anestēziju skaits)	Sarežģījumi
Rīgas 2. slimnīca	250	0
<i>Clinique Saint Charles, Roussillon</i>	210	0
<i>Clinique de la Montagne, Parīze</i>	5300	0

**3.4.4. Papildus izstrādes anesteziologa un pacienta komfortam**

Vienlaicīgi ar darbu pie rokas atbalstu uzlabošanas un pie neiroloģisko komplikāciju samazināšanas ķirurģisko operāciju laikā, tika veikti pasākumi pacienta un ārsta - anesteziologa ērtības uzlabošanai, veicot reģionālo anestēziju ultrasonogrāfijas kontrolē. Viena no galvenajām grūtībām ir sonogrāfa zondes nekustīguma nodrošināšana laikā, kad pēc veiksmīgi lokalizēta nerva vai nervu pinuma, nepieciešama asistenta palīdzība fiksējot zondi, lai ārsts varētu ievadīt medikamentu vai ievadīt perineirālo katetru. Iztiēkot bez asistenta palīdzības un samazinot procedūras ilgumu, ir iespējams uzlabot pacienta un ārsta komfortu un paaugstināt manipulācijas efektivitāti un precizitāti. Šim nolūkam tika izstrādāts un patentēts sonogrāfa zondes turētājs «Echosupport » (Vasilevskis et al., 2009), kurš ir jau ieviests ražošanā un to jau pielieto anesteziologi Latvijā, Francijā, Beļģijā un Zviedrijā (59., 60. attēls; 11. tabula).

*Echosupport* pielietojums dažādās klīnikās Latvijā un Francijā no 2009. – 2010. gadam

Slimnīca	Pielietojums (anestēziju skaits)
Rīgas 2. slimnīca	100
Clinique <i>Claude Galien, Quency sur Senart</i> , Francija	2000
Montpellier Universitātes slimnīca, Francija	100



59., 60. attēls. Ultrasonogrāfa zondes turētājs "Echosupport"

### 3.5. Rekomendācijas

Neiroloģisko ievainojumu profilaksei nepieciešama patstāvīga anestēzijas un ķirurģijas personāla uzmanība, novietojot pacientu dažādās operācijas pozīcijās. Rūpīga pacienta pozicionēšana, atbalsta punktiem lietojot mīksta materiāla polsterējumu, samazina, bet pilnībā tomēr nenovērš perifēro nervu potenciālos ievainojumus.

#### 3.5.1. Neiroloģisko komplikāciju riska faktori pirmsoperācijas novērtējumam

Lai pēc iespējas samazinātu pēcooperācijas neiropātiju risku, uz plašas literatūras bāzes tika izveidots neiroloģisko komplikāciju riska faktoru apkopojums (4. tabula literatūras apskatā).

Praktiskajā darbā tiem būtu sevišķi jāpievērš uzmanība anesteziologiem un anestēzijas māsām pacienta pozicionēšanas laikā anestēzijai un ķirurģiskajai operācijai. Būtu ieteicams

šo riska faktoru sarakstu pievienot anestēzijas kartei un aizpildīt anestēzijas konsultācijas laikā vai arī tieši pirms pacienta novietošanas uz operāciju galda. Ja ķirurģiskajā blokā tiek lietots kāds no ķirurģiskā riska novērtēšanas kontrolesarakstiem (Haynes, 2010), tad neiroloģiskos riska faktorus noteikti vajadzētu novērtēt vienlaicīgi. Galvenie šā riska faktori pēc literatūras datiem ir sekojoši:

1. Pozīcijas ilgums uz operāciju galda >2h (kompresijas un stiepes izsaukti sindromi pēc 2h iedarbības);
2. perifēras neiropātijas anamnēzē;
3. metabolas slimības, pazemināta audu trofika, nesena trauma vai iepriekšēja ilgstoša imobilizācija;
4. vecums > 80 gadi;
5. roku vai kāju novietošana uz atbalstiem;
6. jebkura ilguma žņauga pielietošana.

Anestēzijas konsultācijas, pirmsanestēzijas vizītes laikā vai vēlākais operācijas zālē pirms anestēzijas uzsākšanas būtu ieteicams izvērtēt visus pacientam vai operācijas veidam un pozīcijai atbilstošos riska faktorus un atzīmēt tos anestēzijas kartē. Riska faktoru skaitam pieaugot, pieaug arī pēcoperācijas neiropātijas 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.

### **3.5.2. Praktiskās rekomendācijas rokas pozicionēšanai**

Pozicionējot pacientu operācijai vēlams ievērot šādus sekojošus noteikumus:

#### **Pozīcija uz muguras**

Roku pozicionēšana un *plexus brachialis* aizsardzība

1. Novietojot roku uz atbalsta:

A. Nepārsniegt 90° abdukcijas leņķi, kaut arī nervu ievainojumi ir aprakstīti jau sākot no 60° abdukcijas (Kwaan et al., 1970, Raffan, 1950).

B. Pilnībā neiztaisnot elkoni, bet arī izvairīties no tā fleksijas > 90° , jo tas var provocēt *nervus ulnaris* kompresiju ar blakusesošajām saitēm (Wright et al., 1996, Sawyer, 2000). Optimālā elkoņa fleksija ir robežās no 160° - 90°.

C. Nedaudz pacelt elkoņus, novietojot roku 30° fleksijā, tādējādi samazinot plexus brachialis trakciju (Jackson, Keats, 1964).

D. Izvairīties no augšdelma ārējas rotācijas.

E. Izvairīties no rokas ekstenzijas.

F. Roka uz atbalsta jānovieto pronācijas stāvoklī, lai izvairītos no *nervus ulnaris* kompresijas. (Perreault, 1992)

2. Izvairīties no galvas rotācijas un pagriešanas uz pretējo pusi no rokas, kura ir abdukcijas pozīcijā. Vislabāk saglabāt galvas stāvokli pa vidu, neitrālā pozīcijā.

3. Visdrošākā rokas pozīcija ir pacientam gar sāniem un aizsargāta ar mīkstu polsterējumu. Tas gan apgrūtina i/v perfūzijas un potenciālā ievadītā šķidruma ekstravazācijas kontroli (Britt et al., 1983).

#### **Pozīcija uz vēdera**

1. Visdrošākā pozīcija ir roku novietošana paralēli ķermenim, rokas ievīstot mīkstā posterējumā.

2. Ja rokas novieto virs pacienta galvas, tas var izraisīt *truncus inferior* trakciju. Lai to novērstu, pleca abdukcija nedrīkst pārsniegt 90°, elkoņiem jābūt saliektiem un plaukstām vīrstām uz leju.

#### **Sānu / laterālā pozīcija**

1. Visbiežāk pret galda malu tiek nospiests apakšējās kājas n. peroneus communis (Sullivan, 1985). Kājas atbalsta punkti ir jāpolsterē.

2. Ja roka ir suspensijā, pleca abdukcija nedrīkst pārsniegt 90°.

3. Apakšējā roka jānovieto thorax priekšpusē, lai izvairītos no plexus brachialis kompresijas (Raffan, 1950).

4. Galvai jābūt novietotai simetriski mugurkaula gareniskajai asij, lai neizraisītu plexus brachialis trakciju (Raffan, 1950).

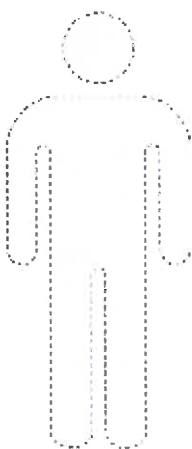
#### **Vispārīgie ieteikumi anesteziologam, ķirurgam un anestēzijas māsai:**

1. Operācijas laikā, it sevišķi pie paaugstināta neiroloģiskā riska, iespēju robežās jācenšas izvairīties no kontrolējamiem risku pastiprinošiem apstākļiem: hipovolēmijas

(Stoelting, 1993), dehidratācijas, hipotensijas (Garrique, 1897), hipoksijas un elektrolītu disbalansa (Bartholomew, 1956) un hipotermijas (Delorme, 1956, Swan et al., 1953).

2. Praktiskajā darbā par rokas pozicionēšanu vairāk ir atbildīgs anesteziologs un anestēzijas māsa, savukārt kāju pozicionēšanu vienlaicīgi novēro gan ķirurgs, gan anesteziologs. Juridiskā atbildība par nervu ievainojumiem pozīcijas laikā būtu jānes abiem speciālistiem.

3. Visas pozicionēšanas darbības būtu jāfiksē anestēzijas lapā. Tādejādi 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 (61. Attēls). Tabulu ar piktogrammu ir iespējams arī ielīmēt jau gatavā anestēzijas kartē. Jāpievērš uzmanība, ka pacienta pozicionēšanas laiks uz operāciju galda un operācijas sākums un beigas var būtiski atšķirties.

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

**61. 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



## 4. DISKUSIJA

Lai arī rokas pozīcijas izsaukto neiropātiju tiešie cēloņi ir identificēti, tomēr joprojām ir daudz neatbildētu jautājumu par to patofizioloģijas mehānismiem un iespējām mazināt ārējo faktoru kaitīgo iedarbību.

Perifēro nervu stiepes un kompresijas deformācija, kā arī tās ilguma un pakāpes ietekme uz neiropātiju attīstību, ir padziļināti pētīta klīniskajos eksperimentos. Pētījumos dati ir iegūti gan izmantojot laboratorijas dzīvniekus, gan veicot klīniskos novērojumus pacientiem vai pētot nervu izmaiņas liķa materiālam (Kwan et al., 1992, Kitamura et al., 1995, Trojaborg, 1977, Prielipp et al., 1999, Wilgis, Murphy, 1986). Dzīvam organismam pēc pielietotās mehāniskās iedarbības parasti novēro motorus vai sensorus perifēro nervu funkciju traucējumus un sāpju sindromu (Seddon, 1972, Sunderland, 1978, Lundborg 1988).

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, piemēram, ar žņaugu pielietotais spiediens (Ochoa et al., 1972). Tāpat ir maz pētījumu par cilvēka nerva izmaiņām stiepes rezultātā. Pārsvarā ir pētītas laboratorijas dzīvnieku nerva parauga stiepes īpašības (Kitamura et al., 1995) vai dzīvnieku un liķa materiāla nerva pagarinājuma amplitūda ekstremitātes kustību laikā (Wilgis, Murphy, 1986, McLellan, 1975, McLellan, Swash, 1976).

Veiktajā darbā, pētot patofizioloģiskos nerva stiepes un kompresijas aspektus, tika izmantota jauna pieeja. Pirmkārt, ar pilnīgi jaunu metodi izdevās noteikt spiedienu nervu – asinsvadu kūlītī. Izmantotā un patentētā metode audu spiediena mērīšanai (Vasiļevskis, Vanags, 2010) ir piemērojama tālākos eksperimentos, lai, izmantojot laboratorijas dzīvniekus, iegūtu papildus datus par spiediena maiņu nervu – asinsvadu kūlītī gan mainot ekstremitātes un pleca pozīciju, gan arī mainot paša ķermeņa novietojumu, piemēram uz vēdera vai sāniem. Šādi dati ir 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. Otrkārt, tika mērīta nerva stiepes deformācija tiešā veidā uz liķa rokas abdukcijas laikā, kas sniedz informāciju par stiepes pakāpi un ļauj netiešā veidā salīdzināt mūsu datus ar nerva vadīšanas un audu izmaiņām pie līdzīgas stiepes pakāpes. Tālākais izpētes process koncentrējās uz nervu-asinsvadu kūlīša nospieduma un kompresijas punktu precizēšanu.

## 4.1. Nervu stiepes deformācijas pētījumi

### Relatīvā deformācija un slodzes ilgums.

Veiktajos pētījumos, veicot rokas abdukciju no 0 līdz 180°, novēroja nerva relatīvo deformāciju ļoti plašā diapzonā - no 3-23%. Tikpat plašs diapazons konstatēts 90°, 120° un 150° abdukcijā. Tas liek domāt, ka pastāv lielas individuālas nervu audu stiepes īpatnības un fizioloģiskā nerva stiepes rezerve, kuru jāpārsniedz, lai sāktos nerva trakcija, un tā nemaz nav zināma. Arī makroskopiski pēc kūlīša atpreparēšanas, rokai esot addukcijas stāvoklī, bija redzams dažādas pakāpes nervu-asinsvadu kūlīša nospriegojums, kurš izskaidro dažos mēģinājumos zemo nerva relatīvo deformāciju.

Nerva elastības sliekšnis tiek sasniegts pie 20% un kļūst kritisks pie 30% pēc *Sunderland* un *Bradley* datiem (Sunderland, Bradley 1961). Šodienas pieredze rāda, ka, pieaugot pētījumu precizitātei, novērotais sliekšnis, pie kura sākam reģistrēt dažādas fizioloģiskas perifērā nerva izmaiņas, tuvojas 8-10% (Lundborg, 1973, Singh, 2008). Vēl noteikti šo sliekšni ietekmē arī ekspozīcijas laiks. Tā *Hida* ziņotajā abpusējā *plexus brachialis* bojājumā pinuma stiepe saistīta ar 90° abdukciju, kas kombinēta ar 14 h ekspozīcijas laiku (Hida et al, 2008). Neskatoties uz salīdzinoši nelielo abdukcijas leņķi, ilga ekspozīcija arī ar nelielu relatīvo deformāciju, kas pēc mūsu datiem 90° bija 6,37%, var izraisīt nervu pinuma bojājumu.

Veiktā pētījuma kontekstā ir interesanti aplūkot *Singh* darbu, kas pierāda, ka nervu struktūru mazas amplitūdas, bet ātri veikta deformācija var dot vienādus rezultātus ar lielas amplitūdas, bet lēni izdarītām deformācijām. Pētījumos ar žurku dorsālo nervu saknīšu stiepi 9% ar noslogojumu 15 mm/s ieguva vienādu vadīšanas un motoro izsaukto darbības potenciālu (MIDP) samazinājumu kā veicot stiepi 16%, bet ātrumu tikai 0,01 mm/s (Singh et al., 2008). Šajā sakarā var uzskatīt rokas un pakārtoti arī nervu abdukciju ar ilgstošu ekspozīciju tikpat bīstamu kā abdukciju ar lielu amplitūdu, bet veiktu īslaicīgi. To pierāda jau pieminētā *Hida* publikācija, kurā noskaidrota ilgstošas zemas stiepes izsauktā smaga neiropātija (Hida et al., 2008).

### Autopsijas dati

Vidējie nerva deformācijas lielumi pētījumā bija daudz zemāki par maksimāli novērotajiem un sasniedza 6,37% 90° abdukcijā, 6,76 - 120° un 7,6% 150% pozīcijā, bet novērojama arī ļoti plaša datu dažādība. Arī makroskopiski redzējām, ka atsevišķos gadījumos bija izteiktāks līķa stingums, kurš varētu samazināt stiepes deformācijas amplitūdu. Tātad datu interpretāciju apgrūtina fakts, ka stiepes testi tika izdarīti jau mirušos audos, kuru

mehāniskās īpašības jau varētu būt izmainītas, neskatoties uz to, ka testi tika veikti tikai 7-20 stundas pēc nāves iestāšanās.

Dati tika iegūti uz svaiga liķa materiāla, kam daļā gadījumu novēroja liķa stinguma iestāšanos un 3 gadījumos no 23 stiepes sērijām nevarēja veikt maksimālo rokas abdukciju 180°. Tiek pieņemts, ka liķa stingums visvairāk skar muskuļus

(<http://emedicine.medscape.com/article/1680032-overview>) un pētījumi ar daudz kompleksākām anatomiskām struktūrām kā artērijām 24 stundas pēc nāves iestāšanās neuzrāda būtiskas mehānisko īpašību izmaiņas (Bergel, 1961, Patel, 1970). Bet precīzu salīdzinošo datu par perifēro nervu mehāniskajām izmaiņām pēcnāves periodā diemžēl nav mūsu rīcībā.

Pētījumā tika veiktas 23 stiepes sērijas, kas uzskatāms par statistiski pietiekamu grupu, lai veiktu aprēķinus. Lielāka grupa netika izveidota, jo pētījumam atvēlētajā laika periodā vairāk autopsijas materiāla nebija pieejama. Ņemot vērā plašo novēroto diapazonu, stiepes testam standā mēs izvēlējāmies vidējo lielumu 15%. Šī deformācija standā tika izvēlēta arī pamatojoties uz *Brown* pētījuma datiem, kas šādu stiepes pakāpi 2 stundu garumā saista ar būtisku motoro izsaukto darbības potenciālu (MIDP) kritumu līdz pat 99%, kas vēlāk noved pie audu paliekošām izmaiņām *neiropraxia* formā (Brown 1993). Ņemot vērā iegūtos rezultātus, liela praktiska vērtība nākotnē varētu būt nervu mehānisko īpašību izpētei uz stenda stiepes diapazonā 6-8%, kas visvairāk atbilst nerva vidējai stiepes deformācijai no 90-150° abdukcijai un kas atbilst klīniski sastopamajiem rokas stāvokļiem operācijas laikā. Turklāt būtu interesanti iegūt datus par audu izmaiņām dažāda ekspozīcijas laika rezultātā, piemēram, no 1-4 stundām. Tāpat būtu nākotnē izpētāmas salīdzinošās perifēro nervu mehāniskās īpašības dzīvos un mirušos audos laboratorijas dzīvniekiem, kas ļautu labāk interpretēt pētījumu rezultātus, kas veikti autopsijas laikā.

### **Gaismas un elektronu mikroskopijas dati**

Veicot stiepes testu 3 stundu garumā, izdevās iegūt mikroskopijas datu apliecinājumu par 15% stiepes deformācijas destruktīvo iedarbību uz perifērā nerva audiem.

Elektronu mikroskopijas (EM) pētījums demonstrēja, ka perifērā nerva izstiepšana var izraisīt ievērojamas ultrastrukturālas izmaiņas, izmainot nerva integritāti. Arī literatūrā nerva garuma izmaiņas, ko izraisa stiepes slodze, saista ar ultrastrukturālām izmaiņām (Miyakawa et al., 1981, Topp, Boyd, 2006). Atrastās audu izmaiņas pēc stiepes slodzes izpaudās kā nemielinizēto šķiedru tūska, mitohondriju tūska un kroku dezorganizācija. Rezultāti parāda, ka stiepes deformācija ātrāk izraisa nemielinizēto šķiedru bojājumu, salīdzinot ar mielinizētajām šķiedrām (Dyck et al., 1990). Iegūtie dati neliecināja par mielīna slāņa

biezuma samazināšanos, bet varēja novērot mielīna bojājumus, tajā skaitā atsevišķus pārrāvumus. Šāda veida mehānisko spēku iedarbība var novest pie neurodeģeneratīviem procesiem, ko aprakstījuši *Burnett* un *Pham* (Burnett et al., 2004, Pham, Gupta, 2009).

### **Nerva asinsapgāde**

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 dara ļoti uzmanīgu, novietojot pacienta roku potenciālā trakcijas pozīcijā sākot no 90° abdukcijas. Interesanti, ka detalizēti pētot arsevišķu *plexus brachialis* daļu izmaiņas, 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. Iespējams, tas arī izskaidro variablu neiroloģisko klīniku abdukcijas pozīcijās, kas ir saistīts ar individuāli pinumā centrāli novietotajiem nerviem, kas var atšķirties (Kitamura, 1995). Jāatzīmē, ka veiktajā darbā neiroloģiskā klīnika bija ļoti variabla un 20 pacientu grupā novēroja 63 dažādas īslaicīgas sūdzības, no kurām lielākā daļa atbilda nerva mehāniska kairinājuma klīnikai.

### **Nervu ekskursija un mobilitāte**

Pētījuma datu interpretācijā liela nozīme ir anatomijas īpatnībām nervu pinumu uzbūvē un attiecībās ar blakus esošajām struktūrām. *Plexus brachialis* ir fiksēts kakla zonā pie paravertebrālās fascijas un padusē pie aksilārās fascijas (Britt 1964). Tālāk nervi sadalās un vairs nedarbojas kā viens veselums. Pētījumā rokas abdukcijā mērija perifēro nervu izstiepumu augšdelmā, bet ir noteikts, ka tas neatspoguļo vienādu deformāciju visā nervu aksonu garumā un uzskata, ka nervu pinums tiek deformēts vairāk kā perifērie izolētie nervi (Wilgis 1986). *Wilgis* savā pētījumā konstatēja *plexus brachialis* vidējo ekskursiju 15 mm frontālā plaknē ar pilnu rokas abdukciju, kas ir vairāk kā atsevišķu nervu amplitūda (Wilgis 1986). Promocijas pētījuma darbā tiek apskatīta tikai stiepe, bez slīdes deformācijas, bet jāņem vērā, ka, ja nervs ir fiksēts adhezīva vai iekaisīga procesa dēļ, tā vienīgā iespēja ir izstiepties, lai kompensētu attāluma pieaugumu (McLellan, Swash, 1976).

Vēl ir aprakstīti citi faktori, kas ietekmē stiepes deformācijas pakāpi (Topp, 2006). Lielāku stiepi konstatē nervos, kas atrodas locītavu rajonā (Philipps et al., 2004) un lielāku pārvietojamību reģistrē stiepei, kas notiek lēnām, salīdzinot ar strauju nerva izstiepšanu (Rydevik et al., 1990, Singh 2008). Līdz ar to analizējot perifērā nerva stiepes īpašības

kopumā, jāņem vērā gan stiepe, gan tā mobilitāte un slīdamība, tāpat kā kustības amplitūda, ātrums un nerva novietojums attiecībā pret locītavām.

## 4.2. Nerva kompresijas izmaiņas

Patofizioloģiski nerva ievainojumi var būt saistīti vai nu ar tiešu spiediena iedarbību vai ar mikrocirkulācijas traucējumiem un išēmiju (Rydevik, Nordborg, 1980, Rydevik et al., 1981)

### Kompresijas izraisīta nerva išēmija

Par nervu kompresijas agrīnām un vēlīnām sekām ir daudz pētījumu (Nitz et al., 1989, Paletta et al., 1960, Gupta et al., 2004). Lielākā daļa no tiem analizē žņauga iespaidu uz perifērajiem nerviem (Seddon 1943, Nitz et al., 89), bet nav datu par spiedienu uz veselu nervu pinumu virs paduses bedres.

Veiktajā pētījumā tika iegūti jauni dati par spiediena izmaiņām nervu-asinsvadu kūlītī pleca zonā. Svarīgi, ka šie dati apskata spiedienu, kas darbojas uz visu pleca pinumu līdz tā dalīšanās vietai, pretēji agrāk veiktajiem mērījumiem ekstremitātes līmenī. Šajā gadījumā rezultāti dod tikai vispārējo informāciju par spiediena paaugstināšanos zonā no *mm.scaleni* līdz *caput humeri*. Pētījumā pielietotā metodika sekciju zālē nedeva iespēju pilnīgi precīzi noteikt balonkatetra atrašanās vietu, līdz ar to mēs nevaram spriest par precīziem spiedieniem katrā no aprakstītajām kompresijas riska zonām. Var secināt, ka iegūtie rezultāti ir vidējie maksimālie spiedieni zonā no *mm. scaleni* līdz *fossa axillaris*. Lai reģistrētu spiedienus konkrēti interskalēnajā spraugā, kostoklavikulārajā, subpektorālajā punktā un punktā pret *humerus* galvu, būtu jāveic papildus pētījums, vislabāk rentgena arkas kontrolē.

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). Viens no pētījuma uzdevumiem bija noskaidrot, kādi ir kompresijas spēki nervu-asinsvadu kūlītī dažādo rokas pozīciju laikā un vai tie pārsniedz spiedienus, kuri izraisa mikrocirkulācijas traucējumus. Tika meklēta arī atbilde uz jautājumu, vai pati pozīcija var būt iemesls pēcooperācijas neiropātijas attīstībai.

Meklējot metodi, kā iegūt precīzus datus par kompresijas spiedieniem, kuri lokāli darbojas uz nervu-asinsvadu kūlītī rokas abdukcijas laikā un kurā vietā to mērīt, tika veiktas interesējošās zonas disekcijas. Izdarot nervu – asinsvadu kūlīša izmēģinājuma atpreparēšanu,

digitāli atklājās būtisks spiediena pieaugums kostoklavikulārā spraugā, veicot rokas abdukciju. Vēlāk, zinot izmeklējamu zonu, tika atrasta oriģināla metode kā, izmantojot asinsvadu dilatācijas balonkatetru un manometru, iespējams izmērīt spiedienu nervu-asinsvadu kūlītī no *mm.scaleni* līdz *caput humeri* rokas abdukcijas laikā. Dati apstiprināja hipotēzi, ka abdukcijā vairāk par 90° strauji pieaug spiediens kūlītī 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 venozā kompresija, bet 150° un 180° abdukcijā izteikti mikrocirkulācijas traucējumi. Kritika, kas varētu tikt izvirzīta šiem datiem visvairāk attiecas uz līķa stinguma daļēju iestāšanos izmeklēšanas laikā. Ja uz nervu stiepes mehāniskajām īpašībām tam būtu jāatstāj minimāls iespaids, tad uz spiediena mērījumu muskuļaudu klātbūtne varētu dot zināmu ietekmi. Sevišķi tas attiektos uz interskalēnās spraugas mērījumu, kur muskuļu stingums varētu palielināt spiedienu uz balonkatetru.

Papildus būtu jāapspriež mikrocirkulācijas parametri dažādās situācijās. Pacientam ar normālu arteriālo spiedienu un vidējo arteriālo spiedienu robežās no 70-105 mmHg rokas abdukcija, iespējams, izraisītu mazāk izteiktus asinsrites traucējumus lokāla spiediena paaugstināšanās laikā, salīdzinot ar pacientu, kura sistoliskais un vidējais arteriālais spiediens ir pazemināts anestēzijas laikā. Iespējams vēl izteiktāka riska grupa ir pacienti ar vadāmo hipotensiju, kuras laikā acīmredzot nerva mikrocirkulācijas traucējumi ir vieglāk izraisāmi un nerva ievainojamība varētu stipri pieaugt.

Vienlaicīgi ar spiediena ietekmi uz nervu noteikti jāņem vērā arī tā **ekspozīcijas ilgums**. Virknē pētījumu, pielietojot dažādus spiedienus, tika pārlicinoši konstatēti, ka klīniski konstatējamie un histoloģiski pierādītie nerva ievainojumi ir pārlicinoši ilgākas iedarbības gadījumā (Saunders et al., 1979, Ochoa et al., 1972, Nitz et al., 1989). Visbiežāk tiek izvēlēti laika intervāli no 1-3 stundām, kā *Ochoa* un *Nitz* darbos, bet reizām intervāli ir īsāki, sevišķi, ja tiek izdarīts klīniskais simptomu novērtējums pacientiem, kā tas bija *Saunders* darbā ar laika intervāliem 15, 30 un 60 minūtes (Ochoa et al., 1972, Nitz et al., 1989, Saunders et al., 1979). Visbiežākais standarts, kas tiek lietots žņauga pielietošanai uz ekstremitātēm, ir saistīts ar novēroto nervu bojājumu straujo pieaugumu pēc 2 stundu išēmijas (Rydevik, Nordborg, 1980, Nitz, Matulionis, 1982, Nitz et al., 1989, Mohler et al., 1999). Bet atsevišķi eksperimenti ar īsāku žņauga uzlikšanas laiku (Saunders et al., 1979) tomēr brīdina, ka arī pēc 1 stundas 350-450 mmHg žņauga pielietošanas 85% pacientu pēc 3 nedēļām vēl novēroja elektromiogrāfijas mērījumu izmaiņas. Promocijas darba nerva ultrastruktūras

pētījumā tika izvēlēts trīs stundu iedarbības laiks nerva stiepei uz stenda, bet nākošajos stiepes pētījumos būtu ieteicams salīdzināt dažāda ilguma iedarbības izraisītās audu izmaiņas. Tas palīdzētu vēlreiz izvērtēt klīnikā droši lietojamo metodes laika intervālu. Vēl viens pierādījums ekspozīcijas laika nozīmei ir nesens publicētais klīniskais gadījums (Hida, 2008), kur pacientam abpusējs *plexus brachialis* bojājums tika izskaidrots vienīgi ar 12 stundu roku abdukciju 90 grādu leņķī.

### **Intermitējoša kompresijas iedarbība**

Reizēm žņauga lietošanu cenšas pagarināt, to intermitējoši atslābinot. Diemžēl kontrolētie pētījumi neapstiprina distālo simptomu būtisku mazināšanos žņauga lietošanas 2 stundu robežās, ja tiek veikta īslaicīga žņauga atslābināšana, kaut arī mazinās bojājumi paša žņauga rajonā (Pedowitz et al., 1992, Mohler et al., 1999). Vadoties pēc šiem datiem būtu jāatceras, ka rokas pozīcijas izraisītā kompresija var būt pietiekami agresīva, pat ik pa laikam nedaudz pamainot tās pozīciju. Pierādītie faktori, kas var mazināt žņauga kaitīgo iedarbību ir aukstums un heparinizācija (Paletta et al., 1960), ko gan nav iespējams lokāli pielietot izolēti ekstremitātēm.

### **Klīniskie simptomi**

Novērtējot kompresijas klīniskās izpausmes, aizvien biežāk pievērš uzmanību subklīniskajām formām, ko var konstatēt ar elektrofizioloģiskajiem izmeklējumiem. Pētījumā iegūtie kompresijas lielumi ir salīdzināmi ar kompresijas spiedieniem *nervus ulnaris* rajonā, kas brīvprātīgajiem izraisīja būtisku SSIP samazināšanos pie vidēji pielietotā 59 (14-167) mmHg spiediena *sulcus ulnaris* rajonā (Prielipp et al., 1999). Līdzīgu spiedienu darbā novēroja 150° rokas abdukcijas pozīcijā, kas varētu līdzīgi izraisīt subklīniskas izmaiņas un SSIP samazināšanos. Pētījumā arī konstatēts, ka rokas pozīcija abdukcijā var izsaukt ļoti variablu nervu nospieduma ainu, ko apstiprināja klīniskie simptomi. Tas acīmredzot ir atkarīgs no anatomiskajām īpatnībām un no *plexus brachialis* kūlīša (*fasciculus lateralis, medialis, posterior*), kurš uzņem spiedienu.

### **Predispozīcija nervu bojājumam**

Jautājumā, vai daži pacienti ir vairāk predisponēti neiropātijas attīstībai, atbildi daļēji sniedz “*double crush*” un “*reverse double crush*” teorijas. Gadījumos, ja nerva aksons ir izmainīts jau iepriekš, vai, ja nervu vispārējais trofikas stāvoklis ir traucēts, piemēram, diabēta, hroniskas nieru mazspējas (HNM) vai malnutrīcijas gadījumā, tad risks var būtiski pieaugt (Upton, McComas 1973, Lundborg, Dahlin 1996). Pēc Upton teorijas izriet, ka, pieaugot faktoru skaitam, pieaug nerva ievainojuma risks. Pētījumā tika iegūti pierādījumi, ka uz nervu kūlīti rokas abdukcijas pozīcijā vienlaicīgi iedarbojas stiepes un kompresijas

mehānismi, kas kombinācijā ar citiem riska faktoriem paaugstina pēcooperācijas neiropātijas risku.

### **Tiešā spiediena trauma**

Pētījumā mazāk pievērsts uzmanības tiešajai spiediena ietekmei uz nervu kūlīti, kas tiešās iedarbības rezultātā izraisa raksturīgu paranodālu demielinizāciju saspieduma vietā (Ochoa 1972). Šādai iedarbībai uz nervu, lai izraisītu topisku nerva ievainojumu, ir nepieciešams vismaz 200 mmHg spiediens (Rydevik, Nordborg, 1980, Nitz et al., 1989). Šādi spiedieni tiek ģenerēti visbiežāk žņauga rezultātā, bet acīmredzot reti tiek izraisīti izolēti rokas pozīcijas rezultātā. Tomēr katra žņauga uzlikšana ir papildus nerva aksona kairinājums un potenciāls bojājums, kas kombinācijā ar citiem faktoriem var sekmēt neiropātijas attīstību (Upton, McComas 1973).

## **4.2. A. subclavia un a. axillaris kompresijas punkti saistībā ar pacienta rokas pozīciju**

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, it sevišķi ar izstieptu roku, un angiogrāfiju grūti lietot brīvprātīgajiem izraisītās staru 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 vairāk salīdzināt arī ar CT, MR un angiogrāfijas datiem. Iegūtie rezultāti ir jāanalizē ņemot vērā *Hagen-Poiseuille* šķidruma plūsmas likumus un pie tam artērijas kompresija ne vienmēr nozīmē arī nerva kūlīša nospiedumu, jo tie pleca zonā ir novietoti anatomiski variabli pret asinsvadu un kopējā kūlīša kompresijas punktiem.

Interesējošās zonas anatomija dinamikā visvairāk pētīta sakarā ar *Thoracic outlet* sindromu. Virknē pētījumu ir noteiktas anatomiski šaurākās vietas nervu-asinsvadu kūlīša gaitā. Ar CT un MR ir noteikti arī vidējie parametri normālai populācijai (Matsumura 1997, Remy-Jardin 1997). Tāpat ir noteikti galvenie kompresijas punkti, kas ir trīs: *mm. scaleni* piestiprināšanās vieta pie pirmās ribas, zona starp pirmo riba un *clavicula* un kanāls zem *m. pectoralis* cīpslas. Šajos punktos spiediens pieaug vēl vairāk provokācijas testu laikā (Gillard 2001, Rayan 1995). Svarīgi ir atcerēties, ka rokas abdukcija un pleca nolaišana pieder pie šiem provokācijas testiem. Jāpiebilst, ka veciem cilvēkiem izteikta kifoze kombinācijā ar



horizontālā virsmā novietotu roku pati par sevi var būt ievērojams provokācijas faktors, jo izraisa pleca nolaišanu. Šajā sakarā, rokas pozīcijas uzlabošanai reģionālās anestēzijas laikā ir patentēta reģionālās anestēzijas stacija, kas optimizē rokas un pleca stāvokli (Vasilevskis et al., 2004-2008). Daudz retāk un izolēti no *Thoracic outlet* sindroma literatūrā piemin ceturto kompresijas punktu, kas ir *humerus* galva (Parks 1973, Britt 1964, Samii 1995, Drizenko, Scherpereel 1997), bet kas nav dokumentēts pētījumos ar angiogrāfijas, MR vai CT izmeklējumiem. Ir arī zināms, ka veicot standarta provokācijas testus pacientam bez *Thoracic outlet* sindroma, arī var konstatēt zināmas pakāpes asinsvada un nervu kompresiju (Rayan 1995). Promocijas darba divos ultrasonogrāfijas pētījumos kopā tika izmeklēti visi četri aprakstītie potenciālie kompresijas punkti, pie kam tika izvēlētas piecas abdukcijas pozīcijas kombinācijā ar pleca pacelšanu vai nolaišanu.

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 vietai 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* četros punktos zonā zem atslēgas kaula un *Stapleton* kontroles grupā punktā distāli no *humerus* galvas. Šajā zonā novērotās izmaiņas ir tieši saistāmas ar asinsvada stenozes punktiem, jo iztrūkst kaula aizēnojuma. 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 pieauga punktā, ko mērīja aksillārajā bedrē, kas atbilst vēl stenozes zonai pēc kompresijas pret *humerus* galvu, jo pretējā gadījumā būtu jau jānovēro poststenotiskais plūsmas kritums. Promocijas darba grupā līdzīgas izmaiņas vēroja arī *humerus* galvas punktā, kas korelē ar plūsmas izmaiņām aksillārajā bedrē. Artērijas diametra samazināšanās bija būtiska *Stapleton* kontroles grupā ar 120° abdukciju ar un bez 30° ekstenzijas un 180° abdukcijā. Darba pētījumā tikai 180° abdukcijā diametrs būtiski

samazinājās subkorakoīdajā kanālā un pret *humerus* galvu, bet rokas 30° ekstenzijā diametrs būtiski samazinājās 150° abdukcijā.

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, saistīti ar plūsmas pieaugumu. *Spencer* un *Reid* modelī kritiskais sliekšnis tiek sasniegts pie 20% diametra samazināšanās. Saistībā ar darba uzdevumiem svarīgs ir 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.

Iegūtie dati izceļ pirmajā plānā abdukcijas lomu nervu-asinsvadu kūlīša kompresijā, jo ekstenzija tikai 120° un 150° abdukcijā pastiprināja kompresijas pazīmes. Vēl pētījums parādīja, ka rokas fleksija kombinācijā ar vai bez rokas abdukciju neuzlabo arteriālās plūsmas rādītājus pleca zonā.

Pētījuma laikā iegūtie neiroloģiskie klīniskie simptomi korelēja ar kontroles grupu un *Rayan* veiktajiem pētījumiem par veselu 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. Joprojām aktuāls ir jautājums, vai var likt vienlīdzības zīmi starp pacienta ērtību un nervu asinsvadu kompresiju, vai arī ērtību vairāk nosaka pleca locītavas labs funkcionālais stāvoklis un saišu elastība. Cik lielu daļu no neērtas pozīcijas sastāda locītavas un cik nervu patoloģija? Un līdz cik grādiem un cik ilgi rokas novietošana nekustīgā stāvoklī ir uzskatāma par fizioloģisku? Rūpīgi iztaujājot pacientu, šādus datus ir izdevies iegūt. Pētot asins plūsmas izmaiņas un pacienta komfortu, rokas pozīcija abdukcijā virs 90° apmēram 70% gadījumu ir saistīta ar nervu kompresiju un tikai 30% gadījumu ar pleca ierobežotu kustīgumu.

#### **4.4. Pacienta komforta uzlabošana**

Pacienta komforta izvērtēšanai anestēzijas laikā tika veltītas divas pētījuma daļas. Pirmkārt, pozīcijas ērtību dažādu rokas abdukcijas un ekstenzijas pozīciju laikā, kā arī pavadošos simptomus, novērtēja vienā no ultrasonogrāfiski veiktajiem pleca zonas arteriālās

plūsmas pētījumiem. Otrkārt, pacienta komfortu novērtēja no ārsta anesteziologa redzes punkta un tas tika izdarīts anketēšanas pētījuma formā.

Vēlreiz apstiprinot jau agrāk definētos rokas pozicionēšanas ieteikumus (Sawyer et al., 2000, Ullrich et al., 1997), pacienti daudz labāk jutās roku pozicionējot dažādos abdukcijas leņķos rokas horizontālā plaknē. Ērtību, 45°, 90°, 120° un 150° abdukcijā rocai esot horizontāli pacienti vidēji novērtēja ar 1,08±0,28, 1,67±0,89, 3,14±1,83 un 4,19±2,4 ballēm, kas atbilst mutiskam pacienta novērtējumam no ļoti ērtas līdz vidēji ērtai pozīcijai. Ekstenzijā rādītāji izteikti pasliktinājās līdz vidēji 2,81±1,83, 3,40±1,96, 5,04±2,44 un 6,08±1,88 ballēm, ko pacienti mutiski novērtēja kā vidēji ērti un traucējoši. Klīniskajā praksē acīmredzot vispārējās anestēzijas laikā ir stingri jāizvairās no rokas pozīcijām, kuras pacients esot pie samaņas apraksta kā vidēji ērtas, traucējošas un, protams, arī neērtas, jo ilgstošas ekspozīcijas laikā tās izraisīs rokas notirpumu un arī pleca un elkoņa locītavu saišu un kapsulas pārslodzi. Pēc pētījuma datiem rokas pozīcijas, no kurām ir jāizvairās, ir rokas abdukcija sākot no 120°, bet kombinācijā ar 30° ekstenziju, sākot no 90° abdukcijas. Kā atskaites punkts 120° abdukcija ir arī saistībā ar pirmo klīnisko simptomu parādīšanos, ko novēroja 35% gadījumos. Sūdzības, kuras tika saistītas ar neērto pozīciju, bija ļoti dažādas. Kopumā tika uzskaitītas 27 dažādas sūdzības. Līdzīga datu daudzveidība tika atzīmēta arī kontroles grupā. Ļoti vērtīga ir informācija, ka gan pētījumā, gan kontroles grupā simptomu biežums nekorelē ar sistoliskās plūsmas ātruma un artērijas diametra izmaiņām. Tātad, iespējams, jāmeklē vēl citas izmeklēšanas metodes, kuras varētu piemērot, lai noteiktu nervu-asinsvada kūlīša kompresiju. Perioperatīvas nerva kompresijas konstatēšanai, sevišķi subklīniskos gadījumos, atsevišķi autori ir piemērojuši sensoro izsaukto darbības potenciālu (SSIP) un nerva vadīšanas ātruma mērījumus operācijas un pēcoperācijas laikā. Eksperimentālie pētījumi ir izdarīti sirds aortokoronārās šuntēšanas laikā, novērojot perioperatīvus nerva vadīšanas traucējumus (Casscells et al., 1993, Watson et al., 1992) vai somatosensoro izsaukto potenciālu (SSIP) izmaiņas pēc ortopēdijas operācijām (Jou et al., 2000). Tā *Casscells* pētījuma rezultāti atklāj salīdzinoši biežus (26% pacientu) ulnārā nerva vadīšanas traucējumus agrīnā aortokoronārās šuntēšanas pēcoperācijas periodā, kas apstiprinās ar klīniskiem simptomiem, kuri pārsvarā strauji regresē un reizēm netiek nemaz konstatēti, ja tiem speciāli nepievērš pacienta uzmanību. Savukārt nerva blokādes noteikšanai interesanta diagnostikas metode ir izstrādāta Latvijā. Pamatojoties uz nerva simpātiskās daļas vazokonstriktīvajām īpašībām, nerva blokādi ir iespējams noteikt pēc ādas temperatūras paaugstināšanās. Metodei varētu būt ļoti plašs pielietojums reģionālās anestēzijas efekta novērtējumam un varbūt arī perioperatīvam nervu kompresijas netiešam izmeklējumam (Miščuks et al., 2009).

## 4.5. Rokas pozicionēšanas iekārtas

Viens no darba uzdevumiem bija saistīts ar rokas pozicionēšanas iekārtu izstrādi un operācijas galda roku atbalstu lietošanas uzlabošanu. Darba laikā tika noskaidrots, ka ikdienā lietojamajiem operāciju galda atbalstiem un rokas atbalstiem rokas reģionālās anestēzijas laikā ir daudz nepilnību, raugoties gan no pacienta drošības, gan ārsta ērtības viedokļa. Pacienta drošības galvenie noteikumi ir saistīti ar fizioloģisku rokas pozīciju operācijas laikā, kas nepārsniedz 90° abdukciju un nav saistīta ar rokas ekstenziju (Desmots, 1994, Samii, 1995, Sawyer et al., 2000). Vienlaicīga prasība ir nodrošināt rokas atbalstu ar pacientam komfortablu, mīkstu, polsterētu un viegli kopjamu virsmu. Savukārt no medicīnas personāla viedokļa vēl ir svarīga ērta rokas atbalsta pievienošana operāciju galdam, tā augstuma un abdukcijas leņķa regulēšana, kā arī piekļūšana atbalsta regulēšanas mehānismiem visas operācijas laikā. Diemžēl visas šīs prasības ir neiespējami klīniskajā praksē nodrošināt vienlaicīgi. Daži rokas atbalsti, kā, piemēram, *Air Liquide Medicale* (ALM) pēc patenta gatavotais atbalsts būtu tuvs šīm prasībām (16. attēls), bet tā dārdzība ir nopietns ierobežojums ieviešanai visās darba vietās. Viens no risinājumiem, ko piedāvā darba autors ir rokas atbalstu izveide, kas vajadzības gadījumā var tikt pārvietoti un autonomi nostiprināti nesaistīti ar operācijas galdu, kā radītā ierīce „LOCOFLEX 4E” (58. attēls). Papildus ieguvums tādejādi ir vēl vienas darba virsmas izvietošana ap ekstremitāti anestēzijas aparatūras un monitorēšanas ierīču novietošanai. Šādai ierīcei tomēr piemīt vairāki trūkumi. Tās uzstādīšana prasa nedaudz laika un tā var ierobežot brīvu piekļūšanu pacientam no visām pusēm. Visbiežāk tā būtu jānovieto katrā ķermeņa pusē, kas aizņemtu daudz vietas, bez tam ierīce ir jāuzglabā operāciju zālē, kur vieta ir stipri ierobežota. Šādu apsvērumu dēļ patentētā ierīce ir ieviesta virknē klīniku Latvijā un Francijā tieši reģionālās anestēzijas veikšanai (Rīgas 2. slimnīca, Francijas klīnikas *Saint Charles, Clinique des Montagnes* u.c.), jo šīs manipulācijas bieži tiek veiktas ārpus operāciju zāles un šāda anestēzijas stacija papildus ērtajai rokas pozicionēšanai ļauj kompakti pārvietot uz tās jau stacionāri uzglabāto neirostimulatoru, ultrasonogrāfu un reģionālajai anestēzijai paredzētos instrumentus. Acīmredzot pārvietojamiem rokas atbalstiem nākotnē ir sava pielietojuma vieta, bet tā vairāk saistīta ar lietošanu vienā ķermeņa pusē un it sevišķi rekomendējama, ja ārsta ērtībai ir jāparedz darba virsma papildus anestēzijas vai ķirurģiskajam aprīkojumam.

## 4.6. Pacienta drošība un neiroloģiskā perioperatīvā riska noteikšana

Aizvien pieaugot ikdienas darba apjomam anestezioloģijā un ķirurģijā un palielinoties lietojamās aparatūras skaitam, ir grūtāk paturēt prātā visus ikdienā pārbaudāmos aparatūras mezglus jeb riska tehniskos elementus. Šim nolūkam, līdzīgi kā tādās precīzajās tehniskajās un augsta riska nozarēs kā aviācijā un kosmonautikā, ir ieviesti tā saucamie *checklist* jeb kontrolesaraksti. No literatūras ir zināms, ka, anesteziologiem veicot līdzīgu testu kā aviācijas pilotu izpildītais tehnikas kontroles saraksts, pirms ķeizargrieziena operācijas, izdodas precīzāk pārbaudīt aparatūru un uzlabot pacientes drošību, pie kam izrādās, ka daļa ārstu dod priekšroku rakstiskai, bet citi verbālai kontrolesaraksta pārbaudei (Hart, Owen, 2005). Šādu pārbaudes sarakstu ieviešana anestezioloģijā ir uzsākta jau pirms ilgāka laika. ASV anestēzijas aparatūras kontrolesarakstus 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). Pēc galveno neiroloģiskā riska faktoru apzināšanas radās doma pacienta pozicionēšanu un riska faktoru novērtēšanu integrēt perioperatīvajā kontrolesarakstā. Uzdevumu atvieglo fakts, ka pēdējos gados Pasaules veselības aizsardzības organizācija ir uzsākusi „*surgical safety checklist*” jeb ķirurģijas drošības kontrolesaraksta ieviešanu un pašam autoram kopš 2010. gada sākuma ir iespēja to lietot ikdienā un novērtēt tā lietošanas priekšrocības. Darbs pie globālās pacienta drošības programmas un ķirurģijas kontrolesaraksta veidošanas sākās 2007. gadā un vainagojās ar tā ieviešanu 2009. gadā (Haynas et al., 2009). Šī pacienta ķirurģiskās drošības programma ietver četrus virzienus: informācijas nodrošināšana speciālistiem un pacientiem, minimālo drošības pasākumu noteikšana jeb „ķirurģiski vitālās statistikas” ieviešana, operāciju zālē lietojamo un pārbaudāmo ķirurģijas drošības kopējo sarakstu ieviešana un šī saraksta novērtēšana un tālāka izplatīšana visos pasaules reģionos (Pasaules veselības aizsardzības organizācija, 2009). Ļoti svarīgi, ka Pasaules veselības aizsardzības organizācija neuzskata darbu pie kontrolesaraksta par pilnīgi pabeigtu un aicina pielikt pūles, lai to uzlabotu un papildinātu. Tāda iespēja paveras saistībā ar pacienta pozicionēšanu un neiroloģisko komplikāciju profilaksi.

Līdzīgi kontrolsarakstiem, klīniskajā praksē ir pieņemts anestēzijas lapā atzīmēt arī citus parametrus, kuru sākuma laiks un beigas ir vitāli svarīgas pacientam. Tā var minēt žņauga uzlikšanas un noņemšanas laiku, ko daudzos pētījumos pārbaudītu pēcooperācijas bojājumu dēļ 60. - 70. gados pieņēma kā normu (Martin, Paletta, 1966, Paletta et al., 1960, Ochoa et al., 1972, Saunders et al., 1979, Rydevik, Nordborg, 1980, Nitz, Matulionis, 1982, Nitz et al., 1989, Mohler et al., 1999). Tāpat anestēzijas kartē tiek precīzi atzīmēta antibiotiku ievadīšana, operācijas etapi, cementa vai kontrasta ievadīšana un citas manipulācijas. Lai novērtētu potenciālo perifēro neiropātiju risku, autors iesaka līdzīgi jau klīniskajā praksē ieviestajām procedūrām, anestēzijas kartē iekļaut neiropātiju riska skalu un perioperatīvās pozīcijas un laika dokumentēšanu. Neiropātiju riska skalu būtu nepieciešams aizpildīt anestēzijas konsultācijas laikā, bet pacienta pozīcijas un imobilizācijas laiku varētu atzīmēt operācijas zālē. Neiropātiju riska novērtējums būtu jāiekļauj perioperatīvajā ķirurģiskajā kontrolsarakstā un par to ir jāinformē ķirurgs un zāles personāls (perioperatīvā riska skala, pielikums). Šāda saraksta pielietojums vienlaicīgi ar kopējā ķirurģiskā kontrolsaraksta aizpildīšanu pilota pētījuma ietvaros sekmīgi noritēja *Saint Charles* klīnikā, Rusijonā, 2010 gadā. Pētījumā, kurā neiroloģiskā riska skalu novērtēja 30 pacientiem, tika secināts, ka no riska faktoriem anamnēzē pirms narkozes sākuma jānoskaidro tikai perifēro neiropātiju klātbūtne, jo pārējos faktorus var aizpildīt arī narkozes laikā. Tātad ekonomējot anesteziologa konsultācijas laiku, arī riska skalu var aizpildīt verbālā ķirurģijas kontrolsaraksta aizpildīšanas brīdī. Attiecībā uz pozīcijas un laika fiksēšanu, personāls, ārsti un anestēzijas māsas to novērtēja kā viegli izdarāmu un tas aizņēma tikai dažas minūtes. Tātad, vispārējais ieteikums ir: atzīmēt anestēzijas lapā speciāli tam paredzētajā vietā perioperatīvo neiroloģisko risku (1-6 punkti), ekstremitāšu pozīciju, ekstremitātes abdukcijas leņķi un anestēzijas sākumu un beigas, kas atbilst iespējamajam nervu kompresijas sākuma un beigu brīdim pacienta potenciāli nekustīgā stāvokļa dēļ.

#### **4.7. Diskusijas kopsavilkums**

Promocijas darba laikā iegūtie rezultāti apstiprina jau iepriekš aprakstītos pacienta pozicionēšanas un novērošanas noteikumus, kas aprakstīti literatūrā (Desmonts, 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 dažādu rokas kustību laikā, kuri izraisa nervu stiepes un kompresijas deformāciju un ilgstošas

iedarbības un predisponējošo faktoru klātbūtnē var novest pie pēcooperācijas neiropātijām. Oriģinālā pielietotā metode audu spiediena mērīšanai ļauj noteikt audu spiedienu *in situ* un pētījuma laikā ir devusi jaunus datus par kompresijas spiedieniem nervu-asinsvadu kūlīša kosto-klavikulāri-aksillārajā zonā. Kopā ar relatīvās stiepes deformācijas datiem tika iegūti galvenie parametri, kas ir atbildīgi par nerva deformāciju rokas hiperabdukcijas un ekstenzijas stāvokļos. Tāpat tika noskaidroti galvenie kūlīša kompresijas punkti rokas pozīciju laikā. Ar iegūtajiem lielumiem turpmāk būtu iespējams veikt eksperimentālos pētījumus ar laboratorijas dzīvniekiem, lai padziļinātu pētītu perifēro nervu atbildi uz stiepes un kompresijas slodzi, kāda tiek pielietota *plexus brachialis* operācijas pozīciju laikā.

Lai mazinātu neiropātiju risku, ir izstrādāta jauna perioperatīvā neiropātiju riska skala. Kopā ar jau lietoto Pasaules veselības aizsardzības organizācijas ķirurģijas drošības kontrolesarakstu (Haynes, 2009) tā būtu lietojama neiropātiju riska novērtēšanai un profilaksei. Tās praktiskā pielietošana ir jau uzsākta pilota pētījumā un tās plašāka ieviešana būtu iespējama tuvākajā nākotnē.

Otrs praktiskais darba ieguldījums ir saistīts ar rokas pozicionēšanas ierīču „Locoflex 1” un „Locoflex 4A” ieviešanu, kuras sevišķi noderīgas ir reģionālās anestēzijas lietošanas laikā. Tāpat 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.

## SECINĀJUMI

1. Pēcoperācijas *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 punktos 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; žņauga pielietošana.
6. Neiroloģiskā riska mazināšanai tika izveidota perioperatīvā neiroloģiskā riska skala un izstrādātas pacienta pozicionēšanas vispārējās praktiskās rekomendācijas operācijām pozīcijā uz muguras, vēdera un uz sāniem.



## LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Aguayo A, Nair CP, Midgley R. Experimental progressive compression neuropathy in the rabbit. Histologic and electrophysiologic studies // *Arch Neurol.* 1971 Apr;24(4):358-64.
2. Allieu Y., Mackinnon S.E. *Nerve Compression syndromes of the Upper Limb.* London; Martin Dunitz. – 2002: 206 pp.
3. Altman DG. Statistics in medical journals: some recent trends // *Stat Med.* 2000 Dec 15;19(23):3275-89.
4. Alvine FG, Schurrer ME. Postoperative ulnar-nerve palsy. Are there predisposing factors? // *J Bone Joint Surg Am.* 1987 Feb;69(2):255-9.
5. Anderson MH, Fullerton PM, Gilliatt RW, Hern JE. Changes in the forearm associated with median nerve compression at the wrist in the guinea-pig // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1970 Feb;33(1):70-9.
6. Aralasmak A, Karaali K, Cevikol C, Uysal H, Senol U. MR imaging findings in brachial plexopathy with thoracic outlet syndrome // *AJNR Am J Neuroradiol.* 2010 Mar;31(3):410-7. Epub 2009 Oct 8.
7. Bain AC, Meaney DF. Tissue-level thresholds for axonal damage in an experimental model of central nervous system white matter injury // *J Biomech Eng.* 2000 Dec;122(6):615-22.
8. Bain AC, Raghupathi R, Meaney DF. Dynamic stretch correlates to both morphological abnormalities and electrophysiological impairment in a model of traumatic axonal injury // *J Neurotrauma.* 2001 May;18(5):499-511.
9. Balster SM, Jull GA. Upper trapezius muscle activity during the brachial plexus tension test in asymptomatic subjects // *Man Ther.* 1997 Aug;2(3):144-149.
10. Barron KD. Comparative observations on the cytologic reactions of central and peripheral nerve cells to axotomy // In: Kau CC., Bunge RP., Reier PJ. New York: Raven Press, 1983. – 7-40.
11. Bartholomew LG., Scholz DA. Reversible Post Operative Neurological Symptoms. A report of Five Cases of secondary to Water intoxication and Water Depletion // *Jama* 1956. – 162: 22.
12. Bauerfind H. Limb rest. US Patent 988923, Patented Apr. 4, 1911.
13. Bauman TD, Gelberman RH, Mubarak SJ, Garfin SR. The acute carpal tunnel syndrome // *Clin Orthop Relat Res.* 1981 May;(156):151-6.
14. Beek AL, eds. *Management of peripheral nerve problems*, 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1998:319-327.
15. Ben-David B, Stahl S. Prognosis of intraoperative brachial plexus injury: a review of 22 cases // *Br J Anaesth.* 1997 Oct;79(4):440-5.
16. Bennett GJ, Ochoa JL. Thermographic observations on rats with experimental neuropathic pain // *Pain.* 1991 Apr;45(1):61-7.

17. Bentley FH, Schlapp W. Experiments on the blood supply of nerves // *J Physiol*. 1943 Jun 30;102(1):62-71.
18. Bergel DH. The static elastic properties of the arterial wall. *J Physiol* 1961; May;156(3):445-57.
19. Bērzins J., Dumbere R. Lokālās neiropātijas. Rīga; Nacionālais apgāds. – 2005: 213. lpp.
20. Bērziņš J., Dumbere R., Kalvelis G., Kravale I. Perifērās nervu sistēmas slimības. Rīga: Zvaigzne, 1990, 133-136. lpp.
21. Bērziņš J., Dumbere R., Kalvelis G., Kravale I. Perifērās nervu sistēmas slimības. Rīga: Zvaigzne. 1990: 300 lpp.
22. Bērziņš, Dumbere. Lokālas neiropātijas. Rīga: Nacionālais apgāds, 1985. -213. lpp.
23. Bickler PE, Schapera A, Bainton CR. Acute radial nerve injury from use of an automatic blood pressure monitor // *Anesthesiology*. 1990 Jul;73(1):186-8.
24. Bickler SW, Sanno-Duanda B. Epidemiology of paediatric surgical admissions to a government referral hospital in the Gambia // *Bull World Health Organ*. 2000;78(11):1330-6.
25. Black MM, Lasek RJ. Slow components of axonal transport: two cytoskeletal networks // *J Cell Biol*. 1980 Aug;86(2):616-23.
26. Blike G, Biddle C. Preanesthesia detection of equipment faults by anesthesia providers at an academic hospital: comparison of standard practice and a new electronic checklist // *AANA J*. 2000 Dec;68(6):497-505.
27. Bolton CF, McFarlane RM. Human pneumatic tourniquet paralysis. // *Neurology*.-1978. - Aug;28(8):787-93.
28. Bora FW Jr, Richardson S, Black J. The biomechanical responses to tension in a peripheral nerve // *J Hand Surg Am*. 1980 Jan;5(1):21-5.
29. Bortolussi ME, Hunter JG, Handal AG. Forearm compartment syndrome after diazepam administration // *Anesthesiology*. 1991 Jul;75(1):159-60.
30. Bouche P, Cattelin F, Saint-Jean O, Léger JM, Queslati S, Guez D, Moulonguet A, Brault Y, Aquino JP, Simunek P. Clinical and electrophysiological study of the peripheral nervous system in the elderly // *J Neurol*. 1993 May;240(5):263-8.
31. Britt BA, Joy N, McKay MD. In: Orkins FK, Cooperman LH, eds. Positioning Trauma, Complications in Anaesthesiology. Philadelphia: JB Lippincott, 1983: 646-70.
32. Bromage PR. Epidural analgesia. Philadelphia: WB Saunders, 1978: 144.
33. Brown MC, Hardman VJ. A reassessment of the accuracy of reinnervation by motoneurons following crushing or freezing of the sciatic or lumbar spinal nerves of rats // *Brain*. – 1987. - Jun;110 ( Pt 3):695-705.
34. Brown MJ, Sumner AJ, Greene DA, Diamond SM, Asbury AK. Distal neuropathy in experimental diabetes mellitus // *Ann Neurol*. 1980 Aug;8(2):168-78.
35. Brushart TM. Central course of digital axons within the median nerve of *Macaca mulatta* // *J Comp Neurol*.- 1991. - Sep 8;311(2):197-209.
36. Budinger K., Ueber Lahmungen nach Chloroform-narkosen // *Arch f klin Chir*. - 1894. - 47:121.

37. Burnett MG, Zager EL. Pathophysiology of Peripheral Nerve Injury: A Brief Review. *Neurosurg Focus* 2004; 16(5):E1.
38. Casscells CD, Lindsey RW, Ebersole J, Li B. Ulnar neuropathy after median sternotomy // *Clin Orthop Relat Res.* 1993 Jun;(291):259-65.
39. Classen DC, Evans RS, Pestotnik SL, Horn SD, Menlove RL, Burke JP. The timing of prophylactic administration of antibiotics and the risk of surgical-wound infection // *N Engl J Med.* 1992 Jan 30;326(5):281-6.
40. Claussen E.G. Postoperative palsy in the brachial plexus // *Surgery.* – 1942. – 12 :933.
41. Coleman P, Finch C, Joseph J. The need for multiple time points in aging studies // *Neurobiol Aging.* 1990 Jan-Feb;11(1):1-2.
42. Contreras MG, Warner MA, Charboneau WJ, Cahill DR. Anatomy of the ulnar nerve at the elbow: potential relationship of acute ulnar neuropathy to gender differences // *Clin Anat.* 1998;11(6):372-8.
43. Coppieters MW, Van de Velde M, Stappaerts KH. Positioning in anesthesia: toward a better understanding of stretch-induced perioperative neuropathies // *Anesthesiology.* 2002 Jul;97(1):75-81.
44. Cragg BG, Thomas PK. The conduction velocity of regenerated peripheral nerve fibres // *J Physiol.* - 1964. - May;171:164-75.
45. Dahlin LB, McLean WG. Effects of graded experimental compression on slow and fast axonal transport in rabbit vagus nerve // *J Neurol Sci.* 1986 Jan;72(1):19-30.
46. Dahlin LB, Nordborg C, Lundborg G. Morphologic changes in nerve cell bodies induced by experimental graded nerve compression // *Exp Neurol.* 1987 Mar;95(3):611-21.
47. Dahlin LB, Rydevik B, McLean WG, Sjöstrand J. Changes in fast axonal transport during experimental nerve compression at low pressures // *Exp Neurol.* 1984 Apr;84(1):29-36.
48. Dahlin LB, Shyu BC, Danielsen N, Andersson SA. Effects of nerve compression or ischaemia on conduction properties of myelinated and non-myelinated nerve fibres. An experimental study in the rabbit common peroneal nerve // *Acta Physiol Scand.* 1989 May;136(1):97-105.
49. Dahlin LB., Danielsen N., Lundborg G. Chronic nerve compression can act as a “conditioning” lesion // *Satellite symposium of the XXXI International Congress of Physiological Sciences: Regulators of Peripheral Nerve Regeneration* // 1989. - Ysta, Sweden, 1989. 6-8 July.
50. Davidović LB, Lotina SI, Vojnović BR, Kostić DM, Colić MM, Stanić MI, Djorić PD. [Treatment of the thoracic outlet vascular syndrome] [Article in Serbian] // *Srp Arh Celok Lek.* 1998 Jan-Feb;126(1-2):23-30.
51. Dawson DM, Krarup C. Perioperative nerve lesions // *Arch Neurol.* 1989 Dec;46(12):1355-60.
52. Declaration of Helsinki. Recommendations guiding doctors in clinical research. Adopted by the World Medical Association in 1964 // *Wis Med J.* 1967 Jan;66(1):25-6.
53. Delamarre Jacques, *Dictionnaire des termes de Medecine.* Paris: Edition Maloine, 2002.

54. Dellinger EP, Hausmann SM, Bratzler DW, Johnson RM, Daniel DM, Bunt KM, Baumgardner GA, Sugarman JR. Hospitals collaborate to decrease surgical site infections // *Am J Surg*. 2005 Jul;190(1):9-15.
55. Dellon AL, Mackinnon SE, Seiler WA 4th. Susceptibility of the diabetic nerve to chronic compression // *Ann Plast Surg*. 1988 Feb;20(2):117-9.
56. Dellon AL. Clinical use of vibratory stimuli to evaluate peripheral nerve injury and compression neuropathy // *Plast Reconstr Surg*. 1980 Apr;65(4):466-76.
57. Demirbag D, Unlu E, Ozdemir F, Genchellac H, Temizoz O, Ozdemir H, Demir MK. The relationship between magnetic resonance imaging findings and postural maneuver and physical examination tests in patients with thoracic outlet syndrome: results of a double-blind, controlled study // *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 Jul;88(7):844-51.
58. Demondion X, Vidal C, Herbinet P, Gautier C, Duquesnoy B, Cotten A. Ultrasonographic assessment of arterial cross-sectional area in the thoracic outlet on postural maneuvers measured with power Doppler ultrasonography in both asymptomatic and symptomatic populations // *J Ultrasound Med*. 2006 Feb;25(2):217-24.
59. Dennis M, Miledi R. Lack of correspondence between the amplitudes of spontaneous potentials and unit potentials evoked by nerve impulses at regenerating neuromuscular junctions // *Nat New Biol*.-1971. - Jul 28;232(30):126-8.
60. Denny-Brown D., Brenner C. Lesion in Peripheral Nerve Resulting From Compression by Spring Clip // *Arch Neurol Psychiat*. - 1944. - 52: 1.
61. Denny-Brown D., Doherty. Effects of Transient Stretching of Peripheral Nerves // *Arch Neurol Psychiat*. - 1945. - 54: 116.
62. Desmots JM. Complications liées à l'installation de l'opéré. *Encycl. Méd. Chir. Anesthésie - Réanimation*. Paris: Editions techniques, 1994, - 36-400-A-10, 9 p.
63. Dhuner KG. Nerve injuries following operation: a survey of cases occurring during a six years period. *Anesthesiology* 1950; 11:289-293.
64. Dijkstra PF, Westra D. Angiographic features of compression of the axillary artery by the musculus pectoralis minor and the head of the humerus in the thoracic outlet compression syndrome. Case report // *Radiol Clin (Basel)*. 1978;47(6):423-7.
65. Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 30. Edit. Philadelphia: Saunders, 2003.
66. Driscoll PJ, Glasby MA, Lawson GM. An in vivo study of peripheral nerves in continuity: biomechanical and physiological responses to elongation // *J Orthop Res*. 2002 Mar;20(2):370-5.
67. Drizenko A., Scherpereel Ph. Manuel des positions opératoires en anesthésie. Editions Pradel 1997: 20-23.
68. Duncand D. Alterations in the structure of nerves caused by restricting their growth with ligatures // *J Neuropathol Exp Neurol*. 1948 Jul;7(3):261-73.
69. Duyer K.R., Duncan I.D. The intraneural distribution of myelinated fibers in the equine recurrent laryngeal nerve // *Brain*. - 1978. - 110:1531-1543.
70. Dyck PJ, Lais AC, Giannini C, Engelstad JK. Structural alterations of nerve during cuff compression // *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1990 Dec;87(24):9828-32.
71. Emara MK, Saadah AM. The carpal tunnel syndrome in hypertensive patients treated with beta-blockers // *Postgrad Med J*. 1988 Mar;64(749):191-2.

72. Erb WH. Diseases of the peripheral cerebro-spinal nerves // In: Cyclopedia of the practice of medicine // New York: Von Ziemssen H. ed., 1876.
73. Eubanks W.E. Adjustable arm and leg rest. US Patent 2630288, Patented Oct. 16, 1950.
74. Eversmann WW Jr, Ritsick JA. Intraoperative changes in motor nerve conduction latency in carpal tunnel syndrome // *J Hand Surg Am.* 1978 Jan;3(1):77-81.
75. Ewig M. Postoperative Paralysis in the Upper Extremity // *Lancet.* - 1950. - 258: 99.
76. Ewig M.R. Postoperative paralysis in the upper extremity: report of five cases // *The Lancet* - 1950. - January 21: Volume 255, Issue 6595, Pages 99-103.
77. Finkelstein JA, Johnston KW. Thrombosis of the axillary artery secondary to compression by the pectoralis minor muscle // *Ann Vasc Surg.* 1993 May;7(3):287-90.
78. Foerster O. The Dermatomes in Man // *Brain.* 1933; 56: 1-39.
79. Fowler TJ., Ochoa J. Unmyelinated fibers in normal and compressed peripheral nerves of the baboon: a quantitative electron microscopic study // *Neuropathol.* - 1975. - 1:247-265.
80. Fuchs PC, Nathan PA, Myers LD. Synovial histology in carpal tunnel syndrome // *J Hand Surg Am.* 1991 Jul;16(4):753-8.
81. Fullerton PM, Gilliatt RW. Median and ulnar neuropathy in the guinea-pig // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1967 Oct;30(5):393-402.
82. Garcia F. Rosa. Arm/leg board. US Patent 4945925, Patented Aug. 7, 1990.
83. Garrigues H. Anaesthesia-Paralysis // *Am J Med Sc* - 1897. - 113:81.
84. Gasser HS., Erlanger J. The role of fiber size in the establishment of a nerve block by pressure or cocaine // *Am J Physiol.* - 1929. - 88:581-91.
85. Gawande AA, Thomas EJ, Zinner MJ, Brennan TA. The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992 // *Surgery.* 1999 Jul;126(1):66-75.
86. Gelberman RH, Hergenroeder PT, Hargens AR, Lundborg GN, Akeson WH The carpal tunnel syndrome. A study of carpal canal pressures // *J Bone Joint Surg Am.* 1981 Mar;63(3):380-3.
87. Gelberman RH, Szabo RM, Williamson RV, Dimick MP. Sensibility testing in peripheral-nerve compression syndromes. An experimental study in humans // *J Bone Joint Surg Am.* 1983 Jun;65(5):632-8.
88. Gerard RW. The Oxygen consumption of nerve during activity // *Science.* 1930 Aug 22;72(1860):195-6.
89. Gillard J, Pérez-Cousin M, Hachulla E, Remy J, Hurtevent JF, Vinckier L, Thévenon A, Duquesnoy B. Diagnosing thoracic outlet syndrome: contribution of provocative tests, ultrasonography, electrophysiology, and helical computed tomography in 48 patients // *Joint Bone Spine.* 2001 Oct;68(5):416-24.
90. Gilliatt RW, Westgaard RH. Nerve--muscle interactions: some clinical aspects // *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl.* - 1978. - (34):547-53.
91. Goodman HV, Gilliatt RW. The effect of treatment on median nerve conduction in patients with the carpal tunnel syndrome // *Ann Phys Med.* 1961 Nov;6:137-55.
92. Grabenkort W., Carey M.M., Vurek Gerald G. Armboard useable with a medical device. US Patent 5263497, Patented Nov. 23, 1993.

93. Grafstein B, Forman D.S. Intracellular transport in neurons // *Physiol Rev.* – 1980. – Oct;60(4):1167-283.
94. Grunfest H., Catell M. Some effects of hydrostatic pressure on nerve action potentials // *Am J Physiol* - 1935. -113:56-7.
95. Gupta R, Rowshan K, Chao T, Mozaffar T, Steward O. Chronic nerve compression induces local demyelination and remyelination in a rat model of carpal tunnel syndrome // *Exp Neurol.* 2004 Jun;187(2):500-8.
96. Guth L. "Trophic" influences of nerve on muscle // *Physiol Rev.* 1968 Oct;48(4):645-87.
97. Haftek J, Thomas PK. Electron-microscope observations on the effects of localized crush injuries on the connective tissues of peripheral nerve. // *J Anat.*- 1968. - Sep;103(Pt 2):233-43.
98. Hallin RG, Ekedahl R, Frank O. Segregation by modality of myelinated and unmyelinated fibers in human sensory nerve fascicles // *Muscle Nerve.* 1991 Feb;14(2):157-65.
99. Halsted A.E. Anaesthesia paralysis // *Surg. Gynecol.* – 1908. – 6:201.
100. Harryman DT 2nd, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA 3rd. Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion // *J Bone Joint Surg Am.* 1990 Oct;72(9):1334-43.
101. Hart EM, Owen H. Errors and omissions in anesthesia: a pilot study using a pilot's checklist *Anesth Analg.* 2005 Jul;101(1):246-50.
102. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, Lipsitz SR, Breizat AH, Dellinger EP, Herbosa T, Joseph S, Kibatala PL, Lapitan MC, Merry AF, Moorthy K, Reznick RK, Taylor B, Gawande AA; Safe Surgery Saves Lives Study Group. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population // *N Engl J Med.* 2009 Jan 29;360(5):491-9. Epub 2009 Jan 14.
103. Hedenstierna G. Gas exchange during anaesthesia // *Br J Anaesth.* 1990 Apr;64(4):507-14.
104. Heimbrock Richars H., Simpkins Terry J. Sr., Simpkins Terry J. Jr., Simpkins Kelly R., Harris David P. Pivoting Hand Table. US Patent 6195820, Patented Mar. 6, 2001.
105. Hodes R. Electromyographic study of defects of neuromuscular transmission in human poliomyelitis. // *Arch Neurol Psychiatry.* - 1948. - Nov;60(5):457-73.
106. Hollenhorst RW, Svien HJ, Benoit CF. Unilateral blindness occurring during anesthesia for neurosurgical operations // *AMA Arch Ophthalmol.* 1954 Dec;52(6):819-30.
107. Hongell A, Mattsson HS. Neurographic studies before, after, and during operation for median nerve compression in the carpal tunnel // *Scand J Plast Reconstr Surg.* - 1971. - 5(2):103-9.
108. Horiuchi Y. Experimental study on peripheral nerve lesions--compression neuropathy (Japānu val.) // *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1983 Aug;57(8):789-803. Japanese.
109. Horsley V. On injuries to peripheral nerves // *Practitioner.* – 1899. – 63:131.
110. <http://www.neurologychannel.com/neuropathy/symptoms.shtml> (skat. 27.06.2010).
111. Jackson L., Keats AS. Mechanism of brachial plexus palsy following anesthesia // *Anesthesiology.* 1965 Mar-Apr;26:190-4.

112. Jacobs JM, Love S. Qualitative and quantitative morphology of human sural nerve at different ages // *Brain*. 1985 Dec;108 ( Pt 4):897-924.
113. Jefferson D, Eames RA. Subclinical entrapment of the lateral femoral cutaneous nerve: an autopsy study // *Muscle Nerve*. 1979 Mar-Apr;2(2):145-54.
114. Jou IM, Lai KA, Shen CL, Yamano Y. Changes in conduction, blood flow, histology, and neurological status following acute nerve-stretch injury induced by femoral lengthening // *J Orthop Res*. 2000 Jan;18(1):149-55.
115. Kable AK, Gibberd RW, Spigelman AD. Adverse events in surgical patients in Australia // *Int J Qual Health Care*. 2002 Aug;14(4):269-76.
116. Kamina P. Précis d'anatomie clinique. Tome I, 4e tirage corrigé. - 2005. - Paris:Maloine. - 569.lpp.
117. Kerr CD, Sybert DR, Albarracin NS. An analysis of the flexor synovium in idiopathic carpal tunnel syndrome: report of 625 cases // *J Hand Surg Am*. 1992 Nov;17(6):1028-30.
118. Kiloh L G. Brachial plexus lesions after Cholecystectomy // *Lancet*. - 1950. - 258: 103.
119. Kimura J. Elektrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice, 2nd ed. Philadelphia: FA Davis, 1989.
120. Kirn David S. Arm support. US Patent D518894, Patented Apr. 11, 2006.
121. Kitamura T, Takagi K, Yamaga M, Morisawa K. Brachial plexus stretching injuries: microcirculation of the brachial plexus // *J Shoulder Elbow Surg*. 1995 Mar-Apr;4(2):118-23.
122. Kline DG, Hudson AR. Nerve injuries. Philadelphia: WB Saunders, 1995.
123. Kraft GH, Aminoff MJ, Baran EM, Litchy WJ, Stolov WC. Somatosensory evoked potentials: clinical uses. AAEM Somatosensory Evoked Potentials Subcommittee. American Association of Electrodiagnostic Medicine // *Muscle Nerve*. 1998 Feb;21(2):252-8.
124. Krastiņš O. Ekonometrija. Mācību līdzeklis augstskolām. - 2003. - Rīga: LR Centrālās statistikas pārvalde, 207. lpp.
125. Krastiņš O., Ciemiņa I. Statistika. Mācību līdzeklis augstskolām. - 2003. - Rīga: LR Centrālās statistikas pārvalde. 267. lpp.
126. Krumm F. Ueber Narkosenlahmungen // *Samml klin Vortr*. - 1894. - No 139.
127. Kwan MK, Wall EJ, Massie J, Garfin SR. Strain, stress and stretch of peripheral nerve. Rabbit experiments in vitro and in vivo // *Acta Orthop Scand*. 1992 Jun;63(3):267-72.
128. Leffert RD, Seddon H. Infraclavicular brachial plexus injuries // *J Bone Joint Surg Br*. 1965 Feb;47:9-22.
129. Lieberman AR. The axon reaction: a review of the principal features of perikaryal responses to axon injury // *Int Rev Neurobiol*. 1971;14:49-124.
130. Lincoln J R., Sawyer H P Jr. Complications Related to Body Positions in Surgical Procedures // *Anesthesiology*. - 1961. - 22: 800.
131. Lingard L, Regehr G, Orser B, Reznick R, Baker GR, Doran D, Espin S, Bohnen J, Whyte S. Evaluation of a preoperative checklist and team briefing among surgeons, nurses, and anesthesiologists to reduce failures in communication // *Arch Surg*. 2008 Jan;143(1):12-7; discussion 18.

132. Longley DG, Yedlicka JW, Molina EJ, Schwabacher S, Hunter DW, Letourneau JG. Thoracic outlet syndrome: evaluation of the subclavian vessels by color duplex sonography // *AJR Am J Roentgenol*. 1992 Mar;158(3):623-30.
133. Loomis H.T. Arm support. US Patent 541863, Patented July 2, 1895.
134. Lundborg G, Dahlin LB. The pathophysiology of nerve compression // *Hand Clin*. 1992 May;8(2):215-27.
135. Lundborg G, Myers R, Powell H. Nerve compression injury and increased endoneurial fluid pressure: a "miniature compartment syndrome" // *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1983 Dec;46(12):1119-24.
136. Lundborg G, Rydevik B. Effects of stretching the tibial nerve of the rabbit. A preliminary study of the intraneural circulation and the barrier function of the perineurium // *J Bone Joint Surg Br*. 1973 May;55(2):390-401.
137. Lundborg G. Nerve injury and repair. New York: Churchill Livingstone, 1988.
138. Lundborg G. Structure and function of the intraneural microvessels as related to trauma, edema formation, and nerve function. // *J Bone Joint Surg Am*. - 1975. - Oct;57(7):938-48.
139. Lundborg G. The reversed double crush lesion // *ASSH Correspondence Newsletter No.8*. - 1986.
140. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson AR, Hunter DA. A primate model for chronic nerve compression // *J Reconstr Microsurg*. 1985 Jan;1(3):185-95.
141. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson AR, Hunter DA. Chronic human nerve compression--a histological assessment // *Neuropathol Appl Neurobiol*. 1986 Nov-Dec;12(6):547-65.
142. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson AR, Hunter DA. Chronic nerve compression - an experimental model in the rat // *Ann Plast Surg*. 1984 Aug;13(2):112-20.
143. Mackinnon SE, Dellon AL. Surgery of the peripheral nerve. New York: Thieme Medical Publishers: 1988.
144. Mackinnon SE. Double and multiple "crush" syndromes. Double and multiple entrapment neuropathies // *Hand Clin*. 1992 May;8(2):369-90.
145. Magendie J., Bergouignan, Royere, Pouche. Troubles sensitive-moteurs du plexus brachial dus à certains positions sur table d'opération // *Bordeaux chir*. - 1949. - 133.
146. Mäkitie J, Teräväinen H. Peripheral nerve injury and recovery after temporary ischemia // *Acta Neuropathol*. 1977 Jan 31;37(1):55-63.
147. Manley R, Cuddeford JD. An assessment of the effectiveness of the revised FDA checklist // *AANA J*. 1996 Jun; 64(3):277-82.
148. Marie P., Foix C. Atrophie isolé de l'éminence thénar d'origine névritique : rôle du ligament annulaire antérieur dans la localisation de la lésion // *Rev Neurol (Paris)* - 1913. - 26 :647-649.
149. Marinacci, Rand, 1959, Nicholson, Eversole, 1957, Raffan, 1950, Slocum et al., 1948
150. Marotte LR. An electron microscope study of chronic median nerve compression in the guinea pig // *Acta Neuropathol*. 1974 Feb 7;27(1):69-82.



151. Marrinacci AA, Rand CW. Electromyogram in peripheral nerve complications following general surgical procedures // *West J Surg Obstet Gynecol.* 1959 Jul-Aug;67(4):199-204.
152. Martin FR, Paletta FX. Tourniquet paralysis: a primary vascular phenomenon // *South Med J.* 1966 Aug;59(8):951-3.
153. Martin JT. Compartment syndromes: concepts and perspectives for the anaesthesiologist // *Anesth Analg.* 1992 Aug;75(2):275-83.
154. Martin JT. Patient positioning. In: Barach PG, Cullen BF, Stoelting RK eds. *Clinical Anesthesia* (2nd ed). Philadelphia: Lippincott. 1992; pp 709-736.
155. Matsumoto N. Experimental study on compression neuropathy--determination of blood flow by a hydrogen washout technic (Japānu val.) // *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1983 Aug;57(8):805-16.
156. Matsumura JS, Rilling WS, Pearce WH, Nemcek AA Jr, Vogelzang RL, Yao JS. Helical computed tomography of the normal thoracic outlet. *J Vasc Surg* 1997; Nov;26(5):776-83
157. Mazzocco K, Petitti DB, Fong KT, Bonacum D, Brookey J, Graham S, Lasky RE, Sexton JB, Thomas EJ. Surgical team behaviors and patient outcomes // *Am J Surg.* 2009 May;197(5):678-85. Epub 2008 Sep 11.
158. McComas AJ, Sica RE, Campbell MJ, Upton AR. Functional compensation in partially denervated muscles // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1971 Aug;34(4):453-60.
159. McConkey SJ. Case series of acute abdominal surgery in rural Sierra Leone // *World J Surg.* 2002 Apr;26(4):509-13. Epub 2002 Feb 4.
160. McLellan DL, Swash M. Longitudinal sliding of the median nerve during movements of the upper limb. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976; Jun; 39(6):566-70.
161. McLellan DL. Letter: Longitudinal sliding of median nerve during hand movements: a contributory factor in entrapment neuropathy? *Lancet* 1975; Mar 15;1(7907):633-4.
162. Mellin-Olsen J, Staender S, Whitaker DK, Smith AF. The Helsinki Declaration on Patient Safety in Anaesthesiology // *Eur J Anaesthesiol.* 2010 Jul;27(7):592-7.
163. Merchant RN, Brown WF, Watson BV. Peripheral nerve injuries in cardiac anaesthesia // *Can J Anaesth.* 1990 May;37(4 Pt 2):S152.
164. Miller RG. AAEE minimonograph #28: injury to peripheral motor nerves // *Muscle Nerve.* - 1987. - Oct;10(8):698-710.
165. Minami A, Ogino T. Carpal tunnel syndrome in patients undergoing hemodialysis // *J Hand Surg Am.* 1987 Jan;12(1):93-7.
166. Miščuks A., Kauliņš T., Vasiļevskis E., Mihelsons M. Reģionālās anestēzijas kvalitātes monitorings un tā optimizācija // *LU vēstis.* - 2009. - 750: 88-93.
167. Mitchell S.W. *Injuries of nerves and their Consequences.* Philadelphia: J.C. Lippincott. - 1872.
168. Miyakawa T, Shimoji A, Kuramoto R, Higuchi Y, Kubota T. Morphological observations of peripheral nerves by the scanning electron microscope. *Folia Psychiatr Neurol Jpn* 1981; 35(4):501-506.
169. Mohler LR, Pedowitz RA, Myers RR, Ohara WM, Lopez MA, Gershuni DH. Intermittent reperfusion fails to prevent posttourniquet neurapraxia // *J Hand Surg Am.* 1999 Jul;24(4):687-93.

170. Moore SA, Peterson RG, Felten DL, O'Connor BL. Glycogen accumulation in tibial nerves of experimentally diabetic and aging control rats // *J Neurol Sci.* 1981 Nov-Dec;52(2-3):289-303.
171. Moore SA, Peterson RG, Felten DL, O'Connor BL. Ultrastructural axonal pathology in experimentally diabetic and aging control rats // *Brain Res Bull.* 1982 Mar;8(3):317-23.
172. Morgan G, Wilbourn AJ. Cervical radiculopathy and coexisting distal entrapment neuropathies: double-crush syndromes? // *Neurology.* 1998 Jan;50(1):78-83.
173. Mulder DW, Lambert EH, Bastron JA, Sprague RG. The neuropathies associated with diabetes mellitus. A clinical and electromyographic study of 103 unselected diabetic patients // *Neurology.* 1961 Apr;11(4)Pt 1:275-84.
174. Myers RR, Powell HC, Costello ML, Lampert PW, Zweifach BW. Endoneurial fluid pressure: direct measurement with micropipettes // *Brain Res.* 1978 Jun 16;148(2):510-5.
175. Napoli V, Vignali C, Braccini G, Bagnolesi P, Cioni R, Russo R, Bartolozzi C. [Echography and echo-Doppler in the study of thoracic outlet syndrome. Correlation with angiographic data] [Article in Italian] // *Radiol Med.* 1993 Jun;85(6):733-40.
176. Neal NC, McManners J, Stirling GA. Pathology of the flexor tendon sheath in the spontaneous carpal tunnel syndrome // *J Hand Surg Br.* 1987 Jun;12(2):229-32.
177. Neary D, Eames RA. The pathology of ulnar nerve compression in man // *Neuropathol Appl Neurobiol.* - 1975. - 1:69-88.
178. Neary D., Ochoa J., Gilliatt RW. Sub-clinical entrapment neuropathy in man // *J Neurol Sci.* - 1975. - 24:283-98.
179. Nemoto K. Experimental study on the vulnerability of the peripheral nerve (Raksts japāņu val.) // *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1983 Nov;57(11):1773-86.
180. Nicholson MJ, Eversole UH. Nerve injuries incident to anesthesia and operation // *Anesth Analg.* 1957 Jul-Aug;36(4):19-32.
181. Nielsen VK, Kardel T. Decremental conduction in normal human nerves subjected to ischemia? // *Acta Physiol Scand.* 1974 Oct;92(2):249-62.
182. Nilsson L, Lindberget O, Gupta A, Vegfors M. Implementing a pre-operative checklist to increase patient safety: a 1-year follow-up of personnel attitudes // *Acta Anaesthesiol Scand.* 2010 Feb;54(2):176-82. Epub 2009 Aug 31.
183. O'Brien SJ, Neves MC, Arnoczky SP, Rozbruch SR, Dicarlo EF, Warren RF, Schwartz R, Wickiewicz TL. The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder // *Am J Sports Med.* 1990 Sep-Oct;18(5):449-56.
184. Ochoa J, Fowler TJ, Gilliatt RW. Anatomical changes in peripheral nerves compressed by a pneumatic tourniquet // *J Anat.* 1972 Dec;113(Pt 3):433-55.
185. Ochoa J, Marotte L. The nature of the nerve lesion caused by chronic entrapment in the guinea-pig // *J Neurol Sci.* 1973 Aug;19(4):491-5.
186. Oh SH. *Clinical electromyography: nerve conduction studies*, 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1993.
187. Paletta FX, Willman V, Ship AG. Prolonged Tourniquet Ischemia of extremities: an Experimental Study on Dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1960; 42:945-950.
188. Parks BJ. Postoperative neuropathies. *Surgery* 1993; 71: 348-357.

189. Pasaules veselības aizsardzības organizācija, 2009.
190. Patel DJ, Tucker WK, Janicki JS. Dynamic elastic properties of the aorta in radial direction. *J Appl Physiol* 1970; May;28(5):578-82.
191. Pauley James H. Universal arm support. US Patent 4241731, Patented Dec. 30, 1980.
192. Pedowitz RA, Gershuni DH, Fridén J, Garfin SR, Rydevik BL, Hargens AR. Effects of reperfusion intervals on skeletal muscle injury beneath and distal to a pneumatic tourniquet // *J Hand Surg Am.* 1992 Mar;17(2):245-55.
193. Pedowitz RA, Nordborg C, Rosenqvist AL, Rydevik BL. Nerve function and structure beneath and distal to a pneumatic tourniquet applied to rabbit hindlimbs // *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 1991;25(2):109-20.
194. Peet RM, Henriksen JD, Anderson TP, Martin GM. Thoracic-outlet syndrome: evaluation of a therapeutic exercise program // *Proc Staff Meet Mayo Clin.* 1956 May 2;31(9):281-7.
195. Perreault L, Drolet P, Farny J. Ulnar nerve palsy at the elbow after general anaesthesia // *Can J Anaesth.* 1992 May;39(5 Pt 1):499-503.
196. Phalen GS. The carpal-tunnel syndrome. Clinical evaluation of 598 hands // *Clin Orthop Relat Res.* 1972 Mar-Apr;83:29-40.
197. Pham K, Gupta R. Understanding the mechanisms of entrapment neuropathies. *Neurosurg Focus* 2009; 26(2):E7.
198. Phillips JB, Smit X, De Zoysa N, Afoke A, Brown RA. Peripheral nerves in the rat exhibit localized heterogeneity of tensile properties during limb movement // *J Physiol.* 2004 Jun 15;557(Pt 3):879-87. Epub 2004 Apr 2.
199. Plewa MC, Delinger M. The false-positive rate of thoracic outlet syndrome shoulder maneuvers in healthy subjects // *Acad Emerg Med.* 1998 Apr;5(4):337-42.
200. Porter EL, Wharton PS. Irritability of mammalian nerve following ischemia // *J Neurophysiol.* 1949 Mar;12(2):109-16.
201. Powell HC, Myers RR. Pathology of experimental nerve compression // *Lab Invest.* 1986 Jul;55(1):91-100.
202. Prielipp RC, Morell RC, Walker FO, Santos CC, Bennett J, Butterworth J. Ulnar nerve pressure: influence of arm position and relationship to somatosensory evoked potentials // *Anesthesiology.* 1999 Aug;91(2):345-54.
203. Raffan AW. Post-operative paralysis of the brachial plexus // *Br Med J.* 1950 Jul 15;2(4671):149.
204. Raffan AW. Post-operative paralysis of the brachial plexus // *Br Med J.* 1950 Jul 15;2(4671):149.
205. Rayan GM, Jensen C. Thoracic outlet syndrome: provocative examination maneuvers in a typical population. *J Shoulder Elbow Surg* 1995; Mar-Apr; 4(2):113-7.
206. Recovery of nerve conduction after a pneumatic tourniquet: observations on the hind-limb of the baboon. Fowler TJ, Danta G, Gilliatt RW. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1972 Oct;35(5):638-47.
207. Reeves Thomas C. Disposable sterile cover and restraint for surgical arm support. US Patent 5291903, Patented Mar. 8, 1994.

208. Rempel D, Dahlin L, Lundborg G. Pathophysiology of nerve compression syndromes: response of peripheral nerves to loading // *J Bone Joint Surg Am.* 1999 Nov;81(11):1600-10.
209. Remy-Jardin M, Doyen J, Remy J, Artaud D, Fribourg M, Duhamel A. Functional anatomy of the thoracic outlet: evaluation with spiral CT. *Radiology* 1997; Dec;205(3):843-51.
210. Rhodes JM, Graham-Brown RA, Sarkany I. Reversible renal failure in an obese patient: hazard of sitting with feet continuously elevated // *Lancet.* 1979 Jul 14;2(8133):96.
211. Richardson JK, Forman GM, Riley B. An electrophysiological exploration of the double crush hypothesis // *Muscle Nerve.* 1999 Jan;22(1):71-7.
212. Rogers Walter L. Foldable Stretcher arm support. US Patent 5864902, Patented Feb., 1999 .
213. Romney Russel H. Arm and instrument holding apparatus. US Patent 3540719, Patented Nov. 17, 1970.
214. Ronsmans C, Graham WJ; Lancet Maternal Survival Series steering group. Maternal mortality: who, when, where, and why // *Lancet.* 2006 Sep 30;368(9542):1189-200.
215. Rosner B. Fundamentals of biostatistics. 5th ed. - 2000. - New York: Duxbury, 792. pp.
216. Runciman WB. Iatrogenic harm and anaesthesia in Australia // *Anaesth Intensive Care.* 2005 Jun;33(3):297-300.
217. Rydevik B, Brown MD, Lundborg G. Pathoanatomy and pathophysiology of nerve root compression // *Spine (Phila Pa 1976).* - 1984. - Jan-Feb;9(1):7-15.
218. Rydevik B, Lundborg G, Bagge U. Effects of graded compression on intraneural blood flow. An in vivo study on rabbit tibial nerve // *J Hand Surg Am.* 1981 Jan;6(1):3-12.
219. Rydevik B, Lundborg G. Permeability of intraneural microvessels and perineurium following acute, graded experimental nerve compression // *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1977;11(3):179-87.
220. Rydevik BL, Kwan MK, Myers RR, Brown RA, Triggs KJ, Woo SL, Garfin SR. An in vitro mechanical and histological study of acute stretching on rabbit tibial nerve // *J Orthop Res.* 1990 Sep;8(5):694-701.
221. Samii K. *Anesthésie Réanimation Chirurgicale*, 2. edition; 492-500; Médecine-Sciences Flammarion; 1995: 492-500.
222. Saunders KC, Louis DL, Weingarden SI, Waylonis GW. Effect of tourniquet time on postoperative quadriceps function // *Clin Orthop Relat Res.* 1979 Sep;(143):194-9.
223. Sawyer RJ, Richmond MN, Hickey JD, Jarratt JA. Peripheral nerve injuries associated with anaesthesia // *Anaesthesia.* 2000 Oct;55(10):980-91.
224. Scelsi R, Zanlungo M, Tenti P. Carpal tunnel syndrome. Anatomical and clinical correlations and morphological and ultrastructural aspects of the tenosynovial sheath // *Ital J Orthop Traumatol.* 1989 Mar;15(1):75-80.
225. Schuind F, Ventura M, Pasteels JL. Idiopathic carpal tunnel syndrome: histologic study of flexor tendon synovium // *J Hand Surg Am.* 1990 May;15(3):497-503.
226. Seddon H. *Surgical disorders of the peripheral nerves.* Edinburgh: Churchill Livingstone: 1972.
227. Seddon HJ. Three types of nerve injury // *Brain.* - 1943. - 66:236-288.

228. Seiler WA., Schelgel R., Mackinnon S., Dellon AL. Double crush syndrome: experimental model in the rat // *Surg Forum.* – 1983. – 34:596-8.
229. Shi R, Pryor JD. Pathological changes of isolated spinal cord axons in response to mechanical stretch // *Neuroscience.* 2002;110(4):765-77.
230. Shields RW Jr. Alcoholic polyneuropathy // *Muscle Nerve.* 1985 Mar-Apr;8(3):183-7.
231. Singer A.J., Starr A. Support for extended arms of a person lying on their side. US Patent Nr. 7017215, Patented Mar. 28, 2006.
232. Singh A, Kallakuri S, Chen C, Cavanaugh JM. Structural and functional changes in nerve roots due to tension at various strains and strain rates: an in-vivo study // *J Neurotrauma.* 2009 Apr;26(4):627-40.
233. Slocum HC, O'Neal KC, Allen CR. Neurovascular complications from malposition on the operating table // *Surg Gynecol Obstet.* 1948 Jun;86(6):729-34.
234. Slocum HC., O'Neal KC., Allan CR. Neurovascular Complication from Malposition on the Operating Table // *Surg Gynec Obst.* - 1948. - Jun;86(6):729-34.
235. Slocum HC., O'Neal KC., Allan CR. Neurovascular Complications from Malposition on the Operating Table // *Surg Gynec and Obst.* – 1948. – 86: 729.
236. Smart Kenneth Thomas. Limb-positioning and traction device. US Patent 6629944, Patented Okt. 7, 2003.
237. Spencer MP, Reid JM. Quantitation of carotid stenosis with continuous-wave (C-W) Doppler ultrasound // *Stroke.* 1979 May-Jun;10(3):326-30.
238. Spinner M, Spencer PS. Nerve compression lesions of the upper extremity. A clinical and experimental review // *Clin Orthop Relat Res.* 1974 Oct;(104):46-67.
239. St Jude Children's Research Hospital website // [http://www.stjude.org/stjude/hospital/med\\_terms.jsp](http://www.stjude.org/stjude/hospital/med_terms.jsp) (sk. 22.06.2010)
240. Stapleton C, Herrington L, George K. Sonographic evaluation of the subclavian artery during thoracic outlet syndrome shoulder manoeuvres // *Man Ther.* 2009 Feb;14(1):19-27. Epub 2007 Oct 24.
241. Stapleton C, Herrington L, George K. Sonographic evaluation of the axillary artery during simulated overhead throwing arm positions // *Phys Ther Sport.* 2008 Aug;9(3):126-35. Epub 2008 Jul 26
242. Stevens JC, Sun S, Beard CM, O'Fallon WM, Kurland LT. Carpal tunnel syndrome in Rochester, Minnesota, 1961 to 1980 // *Neurology.* 1988 Jan;38(1):134-8.
243. Stewart John D. Focal peripheral neuropathies. Third edition. – Philadelphia: Lippinkott, Williams and Wilkinss, 2000. – 579 lpp.
244. Stoelting RK. Postoperative ulnar nerve palsy – is it a preventable complication? // *Anesth Analg.* 1993 Jan; 76(1):7-9.
245. Streeter T. Arm rest for corpses. US Patent 473200, Patented Apr. 19, 1892.
246. Sullivan D. Complications from intraoperative positioning // *Orthop Nurs.* 1985 Jul-Aug;4(4):56-7.
247. Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function // *Brain.* - 1951. - 74:491-516.

248. Sunderland S. Blood supply of the Nerves of the Upper Limb in Man // *Arch Neurol and Psychiat.* – 1945. -53: 91.
249. Sunderland S. *Nerves and nerve injuries*, 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1978.
250. Sunderland S. *Nerves and nerve Injuries*. Edinburgh, London: E,S Livingstone Ltd. – 1986.
251. Sunderland S. Stretch-compression neuropathy // *Clin Exp Neurol.* 1981;18:1-13.
252. Szabo RM, Gelberman RH, Williamson RV, Hargens AR. Effects of increased systemic blood pressure on the tissue fluid pressure threshold of peripheral nerve // *J Orthop Res.* 1983;1(2):172-8.
253. Tanaka S, Wild DK, Seligman PJ, Halperin WE, Behrens VJ, Putz-Anderson V. Prevalence and work-relatedness of self-reported carpal tunnel syndrome among U.S. workers: analysis of the Occupational Health Supplement data of 1988 National Health Interview Survey // *Am J Ind Med.* 1995 Apr;27(4):451-70.
254. Tegnèr R, Brismar T. Experimental uremic neuropathy. Part 1. Decreased nerve conduction velocity in rats // *J Neurol Sci.* 1984 Jul;65(1):29-36.
255. Teibe U. *Bioloģiskā statistika: mācību materiāls.* - 2007. - Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
256. Teibe U., Berķis U. *Varbūtību teorijas un matemātiskās statistikas elementi medicīnas studentiem.* – 2001. - Rīga: AML/RSU, 87. lpp.
257. *Theory and practice of histological techniques*, 5th ed., 2002. Bancroft JD, Gamble M. Churchill Livingstone, International ed., (Edinburgh), 793 pp.
258. Thomas PK, Fullerton PM. Nerve fibre size in the carpal tunnel syndrome // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1963 Dec;26:520-7.
259. Todd R. Olson, *Atlas d'anatomie humaine.* – Barcelone: Groupes Liaisons, 2002. – 490 lpp.
260. Topp KS, Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: nerve responses to physical stresses and implications for physical therapist practice // *Phys Ther.* 2006 Jan;86(1):92-109.
261. Topp KS, Boyd BS. Structure and Biomechanics of Peripheral Nerves: Nerve Responses to Physical Stresses and Implications for Physical Therapist Practice. *Physical Therapy* 2006; 86(1): 92-109.
262. Trojaborg W. Electrophysiological findings in pressure palsy of the brachial plexus // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1977 Dec; 40(12):1160-7.
263. Trojaborg W. Rate of recovery in motor and sensory fibres of the radial nerve: clinical and electrophysiological aspects // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* – 1970. - Oct;33(5):625-38.
264. Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M. Quantification of thermal asymmetry. Part 1: Normal values and reproducibility // *J Neurosurg.* 1988 Oct;69(4):552-5.
265. Ueyama T. The topography of root fibres within the sciatic nerve trunk of the dog // *J Anat.* - 1978. - Oct;127(Pt 2):277-90.

266. Ullrich W, Biermann E, Kienzle F, Krier C. Damage due to patient positioning in anesthesia and surgical medicine // *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1997
267. Upton AR, McComas AJ. The double crush in nerve entrapment syndromes // *Lancet.* 1973 Aug 18;2(7825):359-62.
268. Uruchidani, The funicular pattern of the sciatic nerve in Japanese adults (author's transl) // *Nippon Geka Hokan.* – 1974. - Jul 1;43(4):254-75.
269. Vasiļevskis E, Miščuks A, Vanags I. Reģionālās anestēzijas efektivitāti ietekmējošo faktoru analīze // *RSU zinātniskie raksti.* - 2007. - 111-117.
270. Vasiļevskis E. Reģionālās anestēzijas ABC. Rīga: Nacionālais Medicīnas apgāds.2008.
271. 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.
272. Vasiļevskis E., Ierīce lokoreģionālai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. augusts 2006, patents LV 13375 B, pieteikuma datums: 23.08.2005.
273. Vasiļevskis E., Ramanis M., Eglītis A., Ierīce lokoreģionālajai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2007; patents LV 13652 B, pieteikuma datums: 21.09.2007.
274. Vasiļevskis E., Ramanis M., Eglītis A., Ierīces lokoreģionālajai anestēzijai dizainparauga reģistrācija. // Latvijas Republikas patentu valde, 20. janvāris 2009; reģistrācijas apliecība D 15 229, pieteikuma datums: 24.10.2008.
275. Vasiļevskis E., Ramanis M., Ierīce lokoreģionālajai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. maijs 2007; patents LV 13563 A, pieteikuma datums: 22.11.2006.
276. Vasiļevskis E., Vanags I., Ierīce augšējās ekstremitātes operācijām, // Latvijas Republikas patentu valde, 20. oktobris 2004, patents LV 13204 B.
277. Vasiļevskis E., Vasiļevskis L. Ierīce lokoreģionālai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2004, patents LV 13224 B, pieteikuma datums: 09.07.2004.
278. Vinci Vincent A. Surgical arm suport. US Patent 5549121, Patented Aug. 27, 1996.
279. Vlychou M, Spanomichos G, Chatziioannou A, Georganas M, Zavras GM. Embolisation of a traumatic aneurysm of the posterior circumflex humeral artery in a volleyball player // *Br J Sports Med.* 2001 Apr;35(2):136-7.
280. Wall EJ, Massie JB, Kwan MK, Rydevik BL, Myers RR, Garfin SR. Experimental stretch neuropathy. Changes in nerve conduction under tension // *J Bone Joint Surg Br.* 1992 Jan;74(1):126-9.
281. Walton C.E. Gynecological stirrup. US Patent 358513, Patented Mar. 1, 1887.
282. Ward RJ, Danziger F, Bonica JJ, Allen GD, Tolas AG. Cardiovascular effects of change of posture // *Aerosp Med.* 1966 Mar;37(3):257-9.
283. Warner MA, Warner ME, Martin JT. Ulnar neuropathy. Incidence, outcome, and risk factors in sedated or anesthetized patients // *Anesthesiology.* 1994 Dec;81(6):1332-40.

284. Watson BV, Merchant RN, Brown WF. Early postoperative ulnar neuropathies following coronary artery bypass surgery // *Muscle Nerve*. 1992 Jun;15(6):701-5.
285. Weinberg HJ, Spencer PS. The fate of Schwann cells isolated from axonal contact // *J Neurocytol*. 1978 Oct;7(5):555-69.
286. Weingarden SI, Louis DL, Waylonis GW. Electromyographic changes in postmeniscectomy patients. Role of the pneumatic tourniquet // *JAMA*. 1979 Mar 23;241(12):1248-50.
287. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR, Gawande AA. An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data // *Lancet*. 2008 Jul 12;372(9633):139-44. Epub 2008 Jun 24.
288. Weisl H, Osborne GV. The pathological changes in rats nerves subject to moderate compression // *J Bone Joint Surg Br*. 1964 May;46:297-306.
289. Weisl H., Osborne GV. The pathological changes in Rats nerves subject to moderate compression // *J Bone Joint Surg Br*. 1964 May;46:297-306.
290. Weiss P, Hiscoe HB. Experiments on the mechanism of nerve growth // *J Exp Zool*. 1948 Apr;107(3):315-95.
291. Westin B. Prevention of Upper Limb Nerve Injuries in Trendelenburg Position // *Acta chir Scandinav*. - 1954. - 108: 61.
292. Wilbourn AJ, Gilliatt RW. Double-crush syndrome: a critical analysis // *Neurology*. 1997 Jul;49(1):21-9.
293. Wilgis EF, Murphy R. The significance of longitudinal excursion in peripheral nerves. *Hand Clin* 1986; Nov;2(4):761-6.
294. Wood VE, Twito R, Verska JM. Thoracic outlet syndrome. The results of first rib resection in 100 patients // *Orthop Clin North Am*. 1988 Jan;19(1):131-46.
295. Wood-Smith. Postoperative Brachial Plexus paralysis // *Brit Med J* - 1952. - 1115.
296. World Alliance for Patient Safety. WHO guidelines for safe surgery. Geneva: World Health Organisation, 2008.
297. Yii MK, Ng KJ. Risk-adjusted surgical audit with the POSSUM scoring system in a developing country. Physiological and Operative Severity Score for the en Umeration of Mortality and morbidity // *Br J Surg*. 2002 Jan;89(1):110-3.
298. Timeklis <http://emedicine.medscape.com/article/1680032-overview//> skatīts  
01.09.2010.



## Autora publikācijas

### Monogrāfijas

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

### Sadaļa grāmatā

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

### Publikācijas par pētījuma tēmu

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

## Ziņojumi kongresos un stenda referāti

- 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.
- 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.
- 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 conference, 2010. gada aprīlī.
- 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. Vasilevskis E., Vanags I., Ierīce augšējās ekstremitātes operācijām, // Latvijas Republikas patentu valde, 20. oktobris 2004, patents LV 13204 B.
2. Vasilevskis E., Vasilevskis L. Ierīce lokoreģionālai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2004, patents LV 13224 B, pieteikuma datums: 09.07.2004.
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, pieteikuma datums: 23.08.2005.
5. Vasiļevskis E., Ramanis M. Ierīce lokoreģionālajai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. maijs 2007; patents LV 13563 A, pieteikuma datums: 22.11.2006.
6. Vasiļevskis E., Ramanis M., Eglītis A. Ierīce lokoreģionālajai anestēzijai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2007; patents LV 13652 B, pieteikuma datums: 21.09.2007.
7. Vasiļevskis E., Ramanis M., Eglītis A. Ierīces lokoreģionālajai anestēzijai dizainparauga reģistrācija // Latvijas Republikas patentu valde, 20. janvāris 2009; reģistrācijas apliecība D 15 229, pieteikuma datums: 24.10.2008.
8. Vasiļevskis E., Ramanis M. Ultrasonogrāfa zondes fiksators // Latvijas Republikas patentu valde, 20. jūlijs 2010; patents LV 14151 B, pieteikuma datums: 19.11.2009.
9. Vasiļevskis E., Vanags I. Ierīce audu spiediena mērīšanai // Latvijas Republikas patentu valde, 20. decembris 2010; patents LV 1412 B.

### **Atbalsts**

Darbs tapis pateicoties Eiropas Sociālā fonda atbalstam.



# PIELIKUMI

## 1. pielikums.

### Darba attēlu saraksts

1. attēls. Somatiskā perifērā nervu sistēma ar saknīšu, spinālo nervu, nervu zaru un gangliju veidošanās shēmu (Pēc J.D. Stewart, Focal Peripheral Neuropathies, 2000).
2. attēls. *Plexus brachialis* anatomija. (Pēc E. Vasiļevska, Reģionālās anestēzijas ABC, 2008).
3. attēls Vallera reģenerācija (Pēc J. Bērziņš, Lokālās neiropatijas, 2005).
4. attēls. Nerva šķiedras demielinizācija pēc kompresijas (Pēc J. Ochoa, 1973).
5. attēls. *Double crush* teorija (A.R. Upton un A.J. McComas, 1973).
6. attēls. Rokas novietošana abdukcijā 60° un vairāk grādu. *Plexus brachialis* trakciju pastiprina ārēja rotācija un rokas dorzāla ekstensija. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).
7. attēls. Galvas pagriešana uz rokai pretējo pusi paplašina kakla – humerus leņķi un papildus iestiep nervu pinumu. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).
8. attēls. Pinuma iestiepumu pastiprina saglabājot roku iztaisnotu un ķermeņa plaknē. Stiepe mazinās, ja elkoņi tiek pacelti 10-15 cm virs galda virsmas.
9. attēls. Rokas pārāk augsta fiksācija pie arkas pacientam esot laterālā pozīcijā iestiep nervu pinumu. (Adaptēts pēc A. Drizenko un Ph. Scherpereel, 1994).
10. attēls. Pinuma kompresija starp pirmo ribu un atslēgas kaulu, tam atspiežoties pret pārāk mediāli novietotu atbalstu, kurš kavē ķermeņa noslīdēšanu Trendelenburga pozīcijas laikā. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).
11. attēls. *Pinums* var tikt saspīests pret *humerus* galvu, ja Trendelenburga pozīcijas laikā pleca atbalsts ir pārāk laterāli un kavē lāpstiņas cefālisko kustību rokas abdukcijas laikā. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).
12. attēls. Pinuma kompresija ar *m. pectoralis minor* cīpslu, gadījumā, ja valnītis novietots zem labā sāna vai zem lāpstiņām un roku atstāj galda līmenī ekstenzijas pozīcijā. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).

13. attēls. *Nervus ulnaris* kompresija, ko provocē rokas novietojums uz atbalsta pronācijas stāvoklī. A Roka pronācijas stāvoklī. B Roka supinācijā. (Adaptēts pēc A. Drizenko un Ph. Scherpereel, 1994).
14. attēls. *Nervus radialis* kompresija pret *humerus* diafīzi, rokai atspiežoties pret vertikālu arku vai citu atbalstu. (Adaptēts pēc A. Britt un R.A. Gordon, 1964).
15. attēls. *Nervus suprascapularis* var tikt ievainots pacienta rotācijas laikā, to novietojot ventrālā pozīcijā. Vienlaicīgi iespējama *nervus thoracodorsalis* trauma. (Adaptēts pēc A. Drizenko un Ph. Scherpereel, 1994).
16. attēls. Moderns polifunkcionāls, no rokas distālā gala regulējams rokas atbalsts.
17. attēls. Ierīce audu spiediena mērīšanai. Angioplastijas balonkatetrs (Fox plus, Abbott), kas ar plastmasas cauruli savienots ar manometru un izmantots audu spiediena mērījumam.
18. attēls. Izmantotais stends nerva stiepes deformācijas modelēšanai.
19. attēls. Pacientu vecuma sadalījuma histogramma plūsmas mērījuma pētījumā ar salīdzinošām rokas hiperabdukcijas pozīcijām.
20. attēls. Rokas abdukcijas pozīcijas un leņķi arteriālās plūsmas noteikšanai *a. subclavia* un *a. axillaris* baseinos rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca pacelšanu un horizontālu fleksiju.
21. attēls. Artērijas maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) mērījumi *a. subclavia* (1) un *a. axillaris* (2).
22. Attēls. Rokas paliktņa augstuma regulēšana +6 vai +8 cm pozīcijai.
23. attēls. Doplerogrāfijas mērījumi rokas pozicionēšanai izmantojot reģionālās anestēzijas staciju „Locoflex4E”.
24. attēls. Pacientu vecuma datu histogramma *a. axillaris* baseina plūsmas mērījuma pētījumā ar salīdzinošām rokas hiperabdukcijas pozīcijām.
25. attēls. Rokas abdukcijas pozīcijas un leņķi arteriālās plūsmas noteikšanai *a. axillaris* baseinā rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar pleca nolaišanu un rokas ekstenziju.
26. attēls. Rokas abdukcijas leņķa noteikšana ar šablona palīdzību.
27. attēls. *A. axillaris* maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) un artērijas diametra mērījumi infraklavikulāri (1), zem m. pectoralis minor cīpslas jeb subkorakoīdajā kanālā (2), punktā pret *caput humeri* (3) un fossa axillaris mediālajā stūtī (4).

28. attēls. Nervu stiepes deformācijas reģistrācijas metode rokas abdukcijas laikā.
29. attēls. Nervu absolūtā stiepes deformācija (mm) rokas abdukcijas testu laikā.
30. attēls. Nervu relatīvā stiepes deformācija (%) rokas abdukcijas testu laikā.
31. attēls. Spiediena izmaiņas nervu-asinsvadu kūlītī cerviko-brahiālajā posmā.
32. attēls. Stiepei nepakļauta nerva (kontroles izmeklējums) morfoloģiskā uzbūve garengriezumā. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 100x.
33. attēls. Stiepei nepakļauta nerva (kontroles izmeklējums) morfoloģiskā uzbūve. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 400x.
34. attēls. Stiepei pakļauta nerva morfoloģiskā uzbūve garengriezumā. Redzama izteiktas audu fragmentācijas aina. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 400x.
35. attēls. Stiepei pakļauta nerva morfoloģiskā uzbūve. Redzama izteikta mielīna apvalku atdalīšanās no centrālā aksona. Kapilāra lūmens brīvs un satur nedaudzus labi konturētus eritrocītus. Hematoksilīna-eozīna krāsojums, palielinājums 400x.
36. attēls. Nervu šķiedru struktūra pirms stiepes testa. Caurstarojošā elektronmikroskopija (TEM) parāda nervu šķiedras, kas pildītas ar homogēniem citoskeleta elementiem (kontroles izmeklējums), palielinājums 25 000x.
37. attēls. Vairākās nervu šķiedrās novēro paplašinātas spraugas starp mielīnu un mielīna membrānām, kuras pildītas ar citosolu un tūskainiem mitohondrijiem (kontroles izmeklējums), palielinājums 10 000x.
38. attēls. Caurstarojošā elektronmikroskopija pēc 3 stundu stiepes testa uzrāda mielinizēto nervu šķiedru plīsumus, palielinājums 40 000x.
39. attēls. Nemielinizētā nervu šķiedra ar citoplazmas tūsku (kontroles izmeklējums), palielinājums 20 000x.
40. attēls. Perifērās nerva šķiedras šķērsriezums skenējošajā elektronmikroskopijā (SEM) pirms stiepes testa ar kompaktu šķiedru organizāciju (kontroles izmeklējums), palielinājums 160x.
41. attēls. Pēc stiepes testa redzama redzama nervu šķiedras izmainīta virsma ar kologēno šķiedru pārrāvumu, palielinājums 150x.

42. attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* (cm/s) rokas  $0^\circ$  (pozīcija 1),  $90^\circ$  (pozīcija 2) un  $120^\circ$  (pozīcija 3) abdukcijā pleca un rokas horizontālā stāvoklī.
43. attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. axillaris* (cm/s) rokas  $0^\circ$  (pozīcija 1),  $90^\circ$  (pozīcija 2) un  $120^\circ$  (pozīcija 3) abdukcijā pleca un rokas horizontālā stāvoklī.
44. attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* un *a. axillaris* (cm/s) rokas  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  un  $120^\circ$  abdukcijā pleca un rokas horizontālā stāvoklī.
45. attēls. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* un *a. axillaris* (cm/s) rokas  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  un  $120^\circ$  abdukcijā ar plecu paceltu +8 cm un roku  $30^\circ$  fleksijā.
46. attēls. Hagen-Poiseuille likuma piemērošana plūsmas krituma un pieauguma izskaidrojumam *a. subclavia* un *a. axillaris* baseinā rokas abdukcijas un ekstenzijas testu laikā.
47. attēls. Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais plūsmas ātrums cm/s potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē.
48. 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  $30^\circ$  ekstenziju.
49. Attēls. Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais artēriju diameters cm potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē.
50. Attēls. Pleca artēriju doplerogrāfiski noteiktais artēriju diameters (cm) potenciālajos kompresijas punktos INFRA, PECT, HUM un AXILL rokas pozīcijām abdukcijā horizontālā plaknē ar pleca nolaišanu 6 cm un rokas  $30^\circ$  ekstenziju.
51. attēls. Pacienta ērtības novērtējums no 0-10 ballēm rokas abdukcijas laikā pozīcijās ar plecu horizontālā plaknē vai ar plecu nolaistu -6 cm.
52. attēls. Dažādu parametru nozīme sekmīgas reģionālās anestēzijas izpildē.
53. attēls. Izmantojamās metodes rokas pozicionēšanai reģionālās anestēzijas izpildei.

54. attēls. Pacienta pozīcijas komforta novērtējums reģionālās anestēzijas izpildes laikā.
55. attēls. Ārsta komforta līmenis reģionālās anestēzijas izpildes laikā.
51. attēls. Biežāk sastopamās grūtības rokas pozicionēšanas laikā. 1-5
57. attēls. Rokas pozicionēšanas iekārta «Locoflex 1».
58. attēls. Reģionālās anestēzijas stacija «Locoflex 4E».
- 59., 60. attēls. Ultrasonogrāfa zondes turētājs "Echosupport".
61. Attēls. Pacienta neiroloģiskā riska novērtējums un pacienta pozīcijas attēlojums operācijas laikā. 1-2: Perifēro neiroloģisko komplikāciju risks zems. 3-4: Risks paaugstināts. 5-6: Risks augsts.

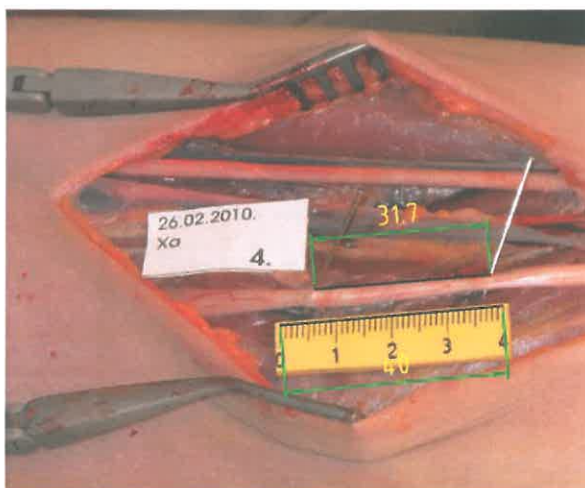
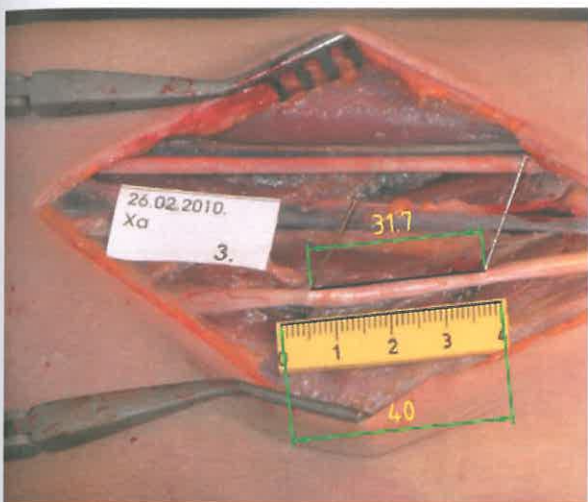
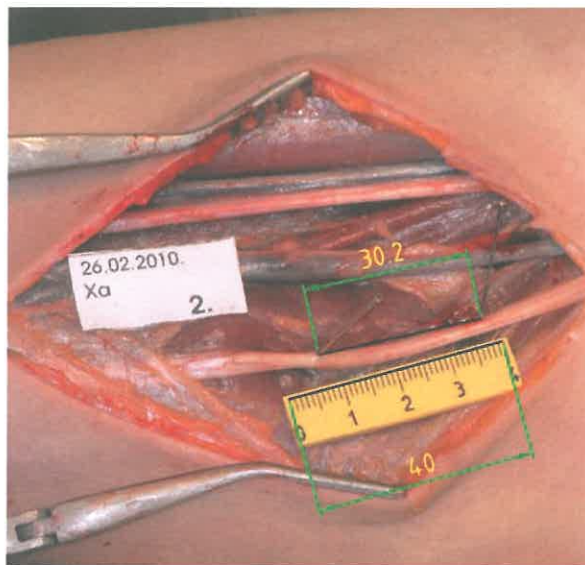


**Darba tabulu saraksts**

1. tabula. Dažādu nervu iedalījums pēc to funkcijas un histoloģiskā tipa (Pēc J.D. Stewart, *Focal Peripheral Neuropathies*, 2000).
2. tabula. Nerva ievainojuma etioloģija (Pēc J.D. Stewart, *Focal Peripheral Neuropathies*, 2000).
3. tabula. Nervu ievainojumu klasifikācija (Pēc J.H. Seddon, 1943 un S. Sunderland, 1951).
4. tabula. Neirolōģisko perioperatīvo komplikāciju riska faktori.
5. tabula. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. subclavia* (cm/s) dažādās rokas abdukcijas un ekstenzijas pozīcijās pacienta sēdus pozīcijā (pēc Stapleton et al., 2009).
6. tabula. Rokas abdukcija, pie kuras novēro pirmās pacienta sūdzības.
7. tabula. Ērtības novērtējums ballēs, pie kuras novēro pirmās pacienta sūdzības.
8. tabula. Novērotās sūdzības rokas dažādu abdukcijas pozīciju laikā.
9. tabula. Maksimālais sistoliskais plūsmas ātrums ( $V_{smax}$ ) *a. axillaris* (cm/s) dažādās rokas abdukcijas un ekstenzijas pozīcijās pacienta sēdus pozīcijā (pēc Stapleton et al., 2008).
10. tabula. *Locoflex 4E* pielietojums dažādās klīnikās Latvijā un Francijā.
11. tabula. *Echosupport* pielietojums dažādās klīnikās Latvijā un Francijā.

### 3. pielikums.

#### Nervu stiepes mērījumu fotometodes datu paraugsērija.



## Doplerogrāfijas pētījuma protokols Nr.1

Augšējās ekstremitātes asinsvadu doplerogrāfija

- Pacients: \_\_\_\_\_ Datums: \_\_\_\_\_
- Vecums: \_\_\_\_\_ ASA: \_\_\_\_\_
  
- Svars: \_\_\_\_\_ Augums: \_\_\_\_\_ ĶMI: \_\_\_\_\_
- Mugurkaula vai plecu daļas patoloģija: \_\_\_\_\_
  
- Kakla un plecu mobilitāte: \_\_\_\_\_

- Operācija / trauma: \_\_\_\_\_

	<u>Labā roka</u>				<u>Kreisā roka</u>			
	1 Subcl	2 Axill	1 Subcl +8cm	2 Axill +8cm	1 Subcl	2 Axill	1 Subcl +8 cm	2 Axill + 8cm
DD Roka gar sāniem								
<u>Abdukcija</u> 90°								
<u>Roka aiz</u> <u>galvas,</u> <u>abdukcija</u> 120°								

Komentāri :

## Doplerogrāfijas pētījuma protokols Nr.2

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				

## 6. pielikums.

## Nerva stiepes mērijumu rezultāti

<b>nos1</b>	<b>s0</b>	<b>s90</b>	<b>s120</b>	<b>s150</b>	<b>s180</b>
Cad1 IIIdex	34,70	38,90	37,90	38,80	
Cad1 ISin	29,50	32,80	33,00	36,30	
Cad2 IIIIdex	34,54	39,88	39,09	38,14	40,37
Cad2 IVSin	49,68	51,02	49,90	50,81	51,39
Cad3 VIDex	26,90	28,30	28,20	28,20	28,40
Cad3 Vsin	27,90	29,20	28,90	28,80	28,90
Cad4 VIISUln	26,50	27,60	27,40	27,10	26,90
Cad4VIIprimM	22,70	22,50	22,70	23,00	23,00
Cad4VIIID	29,28	32,87	32,56	32,55	33,60
Cad5 IXS M	23,60	24,10	24,60	25,10	25,80
Cad5 IXaS U	21,60	22,10	22,40	22,30	22,40
Cad5 XD M	21,50	22,90	22,80	23,50	
Cad5XprimDM	22,10	24,00	24,50	24,40	24,80
Cad5 XaD U	25,70	26,90	28,10	28,20	28,50
Cad6 XIID M	33,80	35,30	35,60	36,00	35,80
Cad6 XIIa DU	28,50	30,20	31,70	31,70	31,60
Cad6 XI SM	24,30	25,00	25,20	25,40	25,30
Cad6 XIa SU	25,90	28,20	27,80	27,70	27,70
Cad6 XSada	27,80	29,00	29,20	29,20	29,40
Cad7 XIII D,M	36,50	37,09	36,96	36,96	37,00
Cad7 XIIIaDU	29,01	30,34	30,68	30,81	30,53
Cad7 XIV S,M	41,33	42,43	43,84	43,94	43,35
Cad7 XIVaSU	30,49	36,13	36,35	36,12	36,69

## Spiediena mērījumu nervu-asinsvadu kūlītī rezultāti

nos2	s0	s90	s120	s150	s180
Cad1 Dextra	20,00	22,40	24,20	26,80	-
Cad1 Dextra	20,40	20,90	24,00	28,00	-
Cad1 Dextra	20,40	20,80	24,00	29,00	-
Cad1 Dextra	20,30	20,90	26,00	30,00	-
Cad1 Sinistra	20,30	20,70	23,00	22,20	-
Cad1 Sinistra	20,30	23,00	29,00	32,00	-
Cad2 Dextra	20,00	21,30	22,90	24,20	27,70
Cad2 Dextra	20,60	19,80	22,00	23,90	28,80
Cad2 Dextra	20,20	23,10	31,00	33,00	34,40
Cad2 Dextra	20,10	21,10	23,40	22,60	22,30
Cad2 Dextra	20,40	21,40	22,90	22,80	23,90
Cad2 Dextra	19,80	20,40	21,70	22,40	23,00
Cad2 Sinistra	20,40	20,40	22,40	24,10	-
Cad2 Sinistra	20,20	21,00	28,00	31,00	33,50
Cad2 Sinistra	20,20	21,00	27,80	30,20	32,50

Cad2 Sinistra	20,70	22,60	25,50	25,60	25,10
Cad2 Sinistra	20,40	22,60	25,80	27,00	28,20
Cad2 Sinistra	20,40	20,80	24,00	25,00	25,50
Cad3 Dextra	20,40	21,30	22,90	22,80	23,20
Cad3 Dextra	20,40	21,60	23,50	26,40	28,40
Cad3 Dextra	20,00	21,60	23,20	23,70	26,30
Cad3 Dextra	20,30	21,00	22,00	24,20	25,00
Cad3 Dextra	20,00	20,50	20,70	20,60	20,60
Cad3 Sinistra	20,70	21,30	23,00	23,40	23,80
Cad3 Sinistra	20,00	21,00	21,90	22,30	22,30
Cad3 Sinistra	20,40	20,70	21,90	22,50	23,20
Cad3 Sinistra	20,40	21,00	23,80	26,00	27,60
Cad4 Dextra	20,00	21,00	25,40	27,00	27,30
Cad4 Dextra	19,40	20,40	27,80	28,30	29,60
Cad4 Dextra	19,40	21,90	26,10	28,00	29,70
Cad4 Dextra	20,40	21,80	21,60	21,20	21,00
Cad4 Sinistra	-	-	-	-	-

Cad5 Dextra	20,40	20,30	20,40	22,40	26,10
Cad5 Dextra	20,00	21,30	26,60	32,80	40,20
Cad5 Dextra	20,40	20,80	24,40	30,60	34,70
Cad5 Dextra	20,00	20,40	23,50	24,80	26,40
Cad5 Dextra	20,00	20,40	23,00	24,50	25,50
Cad5 Sinistra	20,90	21,60	23,60	25,80	27,60
Cad5 Sinistra	20,40	22,20	28,30	34,40	35,30
Cad5 Sinistra	20,40	21,00	24,70	28,60	28,60
Cad5 Sinistra	20,00	20,40	23,60	25,80	27,20
Cad5 Sinistra	20,40	20,40	22,30	24,00	24,80
Cad6 Dextra	19,80	19,20	19,90	20,40	21,40
Cad6 Dextra	20,30	26,50	27,00	28,20	29,90
Cad6 Dextra	20,00	26,00	34,60	37,60	40,30
Cad6 Dextra	20,30	21,90	22,90	24,20	27,40
Cad6 Dextra	19,80	20,40	21,60	22,50	24,40
Cad6 Sinistra	19,70	20,30	21,10	21,30	22,30
Cad6 Sinistra	20,50	21,30	21,90	22,00	22,60
Cad6 Sinistra	20,00	22,30	26,10	26,90	28,40



Cad6 Sinistra	20,40	20,60	17,00	17,00	17,00
Cad7 Dextra	19,40	20,40	23,20	25,00	27,40
Cad7 Dextra	20,60	22,00	25,00	26,90	30,20
Cad7 Dextra	20,40	21,70	23,20	25,50	26,30
Cad7 Dextra	20,30	20,40	22,50	25,00	27,00
Cad7 Sinistra	20,50	22,30	24,00	24,90	26,60
Cad7 Sinistra	20,40	22,60	23,02	23,70	24,90
Cad7 Sinistra	20,00	19,40	19,60	20,00	22,30
Cad7 Sinistra	20,30	22,00	24,20	25,00	28,60
Cad7 Sinistra	20,50	21,60	24,00	25,50	26,00
Cad7 Sinistra	20,30	21,00	24,60	25,80	27,20
Cad7 Sinistra	20,70	20,50	23,40	24,00	25,40

## 8. pielikums.

Artērijas maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) mērījumi *a. subclavia* (1) un *a. axillaris* baseinos rokas hiperabdukcijas pozīcijās ar plecu horizontālā plaknē un ar pleca pacelšanu un rokas horizontālu fleksiju.

### A. Subclavia mērījumi

V1 - 0° V2-90° V3 - 120°

Arteria subclavia					
0 cm			+8 cm'		
0gr	90gr	120gr	0gr	90gr	120gr
V1	V2	V3	V4	V5	V6
50	73	62	50	70	40
75	114	71	50	68	55
55	75	58	77	92	90
83	73	120	70	116	78
57	71	71	57	60	78
82	87	60	89	76	89
82	74	60	60	90	89
60	52	81	85	89	79
147	138	147	184	154	101
120	78	108	129	90	62
93	83	65	90	120	71
59	86	70	30	86	40
43	48	71	60	48	53
77	53	63	99	54	82
60	62	62	103	94	99
167	157	133	167	184	157
123	137	126	138	93	72

85	118	132	148	108	134
113	159	159	129	83	83
89	112	114	105	75	75
52	66	66	79	52	52
71	75	73	75	100	100
52	110	110	53	65	65
88	44	44	81	56	56
89	110	110	179	149	140
126	74	74	77	72	72
155	100	100	117	79	79
145	116	116	222	217	217
135	93	93	131	77	77
161	53	53	109	80	80
111	63	63	75	83	83
240	178	178	252	146	146
38	58	58	78	67	67
72	87	66	59	50	64
203	92	82	147	128	101
101	94		143	125	71
90	113	96	101	105	98
119	82	87	106	87	70
53	47	49	41	56	41
67	34	96	83	103	77
60	98	85	66	94	81
85	102	90	67	93	85
94	92	67	63	56	53
92	92	92	-	-	-
77	98	70	-	-	-

*A. axillaris* mērijumu sērija

W1 - 0° W2 - 90° W3 - 120°

2 asinsvads					
0 cm			+8 cm'		
0gr	90gr	120gr	0gr	90gr	120gr
W1	W2	W3	W4	W5	W6
49	86	93	43	68	92
30	60	65	60	70	60
50	54	80	55	64	95
45	60	90	25	45	90
42	40	42	40	60	54
42	38	50	40	43	42
27	40	110	50	60	70
61	80	60	65	60	70
42	65	42	169	49	70
71	82	82	89	74	90
30	31	30	65	38	31
30	35	31	111	35	30
46	42	55	42	53	40
34	40	46	35	26	35
35	53	53	62	47	63
128	105	113	109	137	133
72	66	122	75	76	87
80	77	115	94	80	77
79	73	53	58	77	70
78	78	115	80	80	81

51	43	71	52	43	52
38	50	101	78	86	92
91	87	59	55	43	38
105	96	96	52	87	112
147	100	250	77	143	370
60	45	92	71	59	119
57	64	61	59	75	59
87	93	102	130	112	270
103	94	115	87	87	117
68	38	62	46	37	90
78	98	78	59	54	111
81	79	273	129	149	187
71	56	67	64	62	101
122	113	105	111	75	134
67	105	123	58	172	123
88	108	132	133	84	101
62	75	82	75	92	162
127	119	105	85	93	135
68	64	105	61	66	91
79	108	119	64	67	103
81	116	103	63	60	110
55	100	78	61	86	72
34	68	80	36	73	83
80	120	137			
81	123	149			

9. pielikums.

*A. axillaris* baseina maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ) un artērijas diametra mērījumu aprakstošie statistiskie lielumi.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
45 VO INFRA	36	32	116	67,11	20,637
45 VO PECT	36	28	121	74,75	22,632
45 VO HUM	36	17	127	64,44	23,353
45 VO AXILL	36	36	103	66,78	18,329
90 VO INFRA	36	38	117	71,89	20,950
90VOPECT	36	28	137	83,22	26,197
90 VO HUM	36	34	158	80,58	29,602
90 VO AXILL	36	44	138	70,19	18,981
120 VO INFRA	36	26	474	79,25	71,586
120 VO PECT	36	33	148	79,33	28,217
120 VO HUM	36	41	254	106,22	48,565
120 VO AXILL	36	42	232	94,06	41,094
150 VO INFRA	35	25	143	72,23	27,830
150 VO PECT	35	32	711	95,14	110,293
150 VO HUM	35	36	300	118,83	62,103
150 VO AXILL	35	42	193	102,74	41,302
180 VO INFRA	30	42	174	86,47	29,979
180 VO PECT	30	26	157	88,50	32,864
180 VO HUM	30	28	242	104,97	39,790
180 VO AXILL	30	32	184	93,47	39,952
Valid N (listwise)	30				

**Descriptive Statistics**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
45 V6 INFRA	26	37	142	66,19	22,457
45 V6 PECT	26	32	132	74,12	28,678
45 V6 HUM	26	23	150	78,62	31,961
45 V6 AXILL	26	39	132	69,08	21,206
90 V6 INFRA	25	37	135	82,12	22,968
90 V6 PECT	25	33	153	87,48	31,647
90 V6 HUM	25	31	177	85,56	35,823
90 V6 AXILL	25	42	124	73,36	19,177
120 V6 INFRA	24	41	130	75,08	22,660
120 V6 PECT	24	43	150	87,88	27,946
120 V6 HUM	24	49	227	117,50	58,338
120 V6 AXILL	24	32	162	86,25	39,042
150 V6 INFRA	20	21	185	73,85	35,905
150 V6 PECT	20	28	142	75,70	27,329
150 V6 HUM	20	42	285	142,90	69,425
150 V6 AXILL	20	41	179	108,70	43,200
180 V6 INFRA	2	67	84	75,50	12,021
180 V6 PECT	2	92	105	98,50	9,192
180 V6 HUM	2	106	174	140,00	48,083
180 V6 AXILL	2	68	163	115,50	67,175
Valid N (listwise)	2				

**Descriptive Statistics**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ERT 45 0	36	1	2	1,08	,280
ERT 90 0	36	1	5	1,67	,894
ERT 120 0	35	1	8	3,14	1,829
ERT 150 0	35	1	8	4,19	2,407
ERT 180 0	30	1	10	4,88	3,248
ERT 45 6	26	1	7	2,81	1,833
ERT 90 6	25	1	7	3,40	1,958
ERT 120 6	25	1	10	5,04	2,441
ERT 150 6	20	2	10	6,08	1,880
ERT 180 6	3	8	10	9,33	1,155
Valid N (listwise)	3				

**Descriptive Statistics**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
45 DO INFRA	36	,25	1,07	,6894	,15589
45 DO PECT	35	,40	,98	,6449	,12980
45 DO HUM	36	,4	,9	,579	,1167
45 DO AXILL	35	,3	,7	,463	,0811
90 DO INFRA	36	,40	1,00	,6689	,13145
90 DO PECT	35	,38	1,04	,6303	,15221
90 DO HUM	35	,4	,9	,591	,1237
90 DO AXILL	35	,33	,69	,4900	,09324
120 DO INFRA	36	,42	1,06	,6983	,14945
120 DO PECT	36	,40	1,05	,6378	,14898
120 DO HUM	36	,29	1,00	,5419	,16379
120 DO AXILL	35	,33	,85	,4817	,10722
150 DO INFRA	34	,45	1,03	,6812	,13508
150 DO PECT	34	,41	1,01	,6103	,14561



150 DO HUM	33	,21	,78	,4848	,13904
150 DO AXILL	34	,28	,72	,4653	,09976
180 DO INFRA	28	,49	1,05	,6629	,14606
180 DO PECT	28	,37	1,05	,5971	,14329
180 DO HUM	28	,21	,83	,4789	,14818
180 DO AXILL	28	,24	,62	,4539	,08543
Valid N (listwise)	28				

#### Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
45 DO INFRA	36	,25	1,07	,6894	,15589
45 DO PECT	35	,40	,98	,6449	,12980
45 DO HUM	36	,4	,9	,579	,1167
45 DO AXILL	35	,3	,7	,463	,0811
90 DO INFRA	36	,40	1,00	,6689	,13145
90 DO PECT	35	,38	1,04	,6303	,15221
90 DO HUM	35	,4	,9	,591	,1237
90 DO AXILL	35	,33	,69	,4900	,09324
120 DO INFRA	36	,42	1,06	,6983	,14945
120 DO PECT	36	,40	1,05	,6378	,14898
120 DO HUM	36	,29	1,00	,5419	,16379
120 DO AXILL	35	,33	,85	,4817	,10722
150 DO INFRA	34	,45	1,03	,6812	,13508
150 DO PECT	34	,41	1,01	,6103	,14561
150 DO HUM	33	,21	,78	,4848	,13904
150 DO AXILL	34	,28	,72	,4653	,09976
180 DO INFRA	28	,49	1,05	,6629	,14606
180 DO PECT	28	,37	1,05	,5971	,14329
180 DO HUM	28	,21	,83	,4789	,14818
180 DO AXILL	28	,24	,62	,4539	,08543

Valid N (listwise)	28				
--------------------	----	--	--	--	--

**Descriptive Statistics**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
45 D6 INFRA	25	,37	1,03	,7156	,15610
45 D6 PECT	25	,39	1,04	,6632	,15521
45 D6 HUM	25	,35	,74	,5532	,11842
45 D6 AXILL	25	,32	,67	,4580	,08789
90 D6 INFRA	24	,38	1,23	,7108	,17577
90 D6 PECT	24	,42	1,00	,6529	,13848
90 D6 HUM	24	,39	,94	,5971	,14196
90 D6 AXILL	24	,30	,77	,4821	,10994
120 D6 INFRA	23	,47	1,02	,6965	,13402
120 D6 PECT	23	,4	1,0	,617	,1512
120 D6 HUM	23	,22	,80	,5065	,16264
120 D6 AXILL	23	,3	,7	,501	,1029
150 D6 INFRA	20	,48	,93	,6875	,13901
150 D6 PECT	20	,4	1,1	,615	,1870
150 D6 HUM	20	,22	,68	,4235	,14769
150 D6 AXILL	20	,35	,66	,4765	,09343
180 D6 INFRA	2	,50	,74	,6200	,16971
180 D6 PECT	2	,49	,53	,5100	,02828
180 D6 HUM	2	,3	,3	,300	,0000
180 D6 AXILL	2	,36	,47	,4150	,07778
Valid N (listwise)	2				

**10. pielikums.**

***A. axillaris* baseina maksimālā sistoliskā plūsmas ātruma ( $V_{smax}$ ),  
artērijas diametra un pacienta ērtības novērtējuma pētījuma dati**

Pac Nr.	Vec	Svars	Augums	KMI	45 VO INFRA	45 VO PECT	45 VO HUM	45 VO AXILL	90 VO INFRA	90VOPECT	90 VO HUM	90 VO AXILL	120 VO INFRA	120 VO PECT
1 LC 301109	41	50	156	20,55	49	87	59	86	48	57	46	54	474	47
2 AS 301109	62	80	178	25,25	32	28	17	59	38	28	34	47	32	40
3 DS 301109	40	45	164	16,73	50	84	81	74	92	78	100	78	93	112
4 OK 301109	44	75	178	23,67	75	59	59	67	65	50	66	54	60	80
5 VR 301109	47	85	188	24,05	65	64	74	65	108	103	88	77	45	80
6 MK 141209	62	120	169	42,02	61	77	71	92	75	82	61	86	66	67
7 TV 191209	79	70	161	27,01	70	48	51	36	47	58	62	48	40	39
8 TS 191209	86	50	153	21,36	44	41	35	42	52	57	61	44	65	33
9 EL 281209	33	63	168	22,32	79	92	95	103	114	77	158	98	69	116
10 JLN281209	29	100	187	28,60	106	98	61	74	117	117	59	65	84	91
11 GB281209	62	75	168	26,57	64	61	50	53	46	64	51	47	30	40
12 EU281209	28	74	164	27,51	100	96	95	95	74	101	67	77	26	113
13 AJ281209	25	65	187	18,59	95	121	61	67	98	135	84	72	88	111
14 LP281209	71	60	162	22,86	94	89	77	94	66	79	101	90	95	82
15 VV281209	59	80	165	29,38	63	52	61	51	47	77	53	58	52	72
16 IH281209	44	70	160	27,34	75	77	49	67	51	89	70	61	47	62
17 AK050110	34	55	180	16,98	95	64	55	37	63	53	49	56	61	44
18 HC050110	71	72	180	22,22	36	66	55	85	59	61	71	64	43	80

19 IP050110	76	68	168	24,09	39	58	54	72	57	60	58	64	103	36
20 JG050110	59	70	171	23,94	59	57	39	52	110	52	40	48	65	60
21 JZ050110	51	52	158	20,83	87	113	127	79	87	90	130	92	87	106
22 AZ190110	36	74	174	24,44	58	66	41	63	52	74	58	53	61	56
23 OB190110	39	84	159	33,23	54	77	80	59	64	73	79	66	75	103
24 NŠ190110	56	85	198	21,68	47	76	64	81	54	83	114	86	54	65
25 EC190110	26	75	183	22,40	116	121	59	52	88	127	91	69	68	148
26 ES020210	52	69	172	23,32	56	65	45	42	64	72	58	60	96	111
27 EZ020210	43	86	183	25,68	48	65	41	47	64	86	106	78	62	70
28 AP020210	77	68	149	30,63	67	69	74	67	69	76	69	76	75	70
29 AK020210	49	54	172	18,25	54	51	47	38	57	67	80	60	140	64
30 RV020210	64	72	165	26,45	47	41	48	58	84	100	79	64	67	96
31 VL240210	42	85	182	25,66	84	88	89	82	90	114	111	80	109	109
32 EE240210	24	75	175	24,49	79	116	112	74	68	126	132	79	72	85
33 NV240210	49	80	168	28,34	58	75	45	77	80	90	90	93	64	75
34 AV230210	56	75	170	25,95	61	66	54	53	67	84	72	56	66	80
35 AK230210	28	75	182	22,64	87	88	95	100	92	137	121	138	59	92
36 MB230210	27	73	182	22,04	62	95	100	61	81	119	132	89	60	121

Pac Nr.	120 VO HUM	120 VO AXILL	150 VO INFRA	150 VO PECT	150 VO HUM	150 VO AXILL	180 VO INFRA	180 VO PECT	180 VO HUM	180 VO AXILL	45 V6 INFRA	45 V6 PECT	45 V6 HUM
1 LC 301109	96	81	39	84	148	95	75	124	111	50	45	70	67
2 AS 301109	41	42	143	32	58	58	174	48	95	53	37	32	23
3 DS 301109	88	73	69	98	100	84					142	126	93
4 OK 301109	74	58	50	61	68	60					66	59	96
5 VR 301109	109	72	58	91	116	72					84	85	79
6 MK 141209	72	74	63	69	64	77							
7 TV 191209	49	42	50	37	36	45	42	57	88	42			
8 TS 191209	76	53	66	52	62	47							
9 EL 281209	220	124	64	87	109	78	99	42	132	75	95	132	93
10 JLN281209	74	62	60	60	280	95	56	26	41	32			
11 GB281209	52	62											
12 EU281209	77	114	58	84	69	87	92	61	100	105			
13 AJ281209	158	84	87	39	248	84	52	69	130	84			
14 LP281209	80	79	87	711	92	109	92	66	84	74			
15 VV281209	71	88	46	41	114	140	69	74	85	143			
16 IH281209	72	65	68	51	67	57	126	102	97	102			
17 AK050110	121	116	95	105	75	129	64	80	121	127	53	38	55

18 HC050110	70	70	58	59	68	96	93	79	82	114	54	69	44
19 IP050110	67	87	25	66	73	76	55	84	101	95	38	64	61
20 JG050110	84	90	65	48	82	124	69	60	71	90	55	53	41
21 JZ050110	176	167	138	98	156	135	140	130	169	159	88	74	106
22 AZ190110	72	43	52	40	72	42	77	76	86	58	45	55	43
23 OB190110	99	80	33	113	114	179	114	103	101	114	59	96	88
24 NŠ190110	87	73	89	98	114	63	71	73	73	73	58	60	94
25 EC190110	192	100	54	98	177	164	65	142	150	176	66	105	142
26 ES020210	132	87	96	129	121	77	93	95	100	79	59	56	49
27 EZ020210	150	232	52	48	191	143	48	40	28	36	59	40	59
28 AP020210	113	89	84	83	86	93	91	81	83	91	88	52	71
29 AK020210	68	70	138	129	100	100	142	157	130	47	58	61	54
30 RV020210	103	80	92	85	90	84	98	105	109	79	43	42	66
31 VL240210	143	143	93	101	158	193	96	132	137	120	82	114	105
32 EE240210	254	164	71	87	300	151	59	135	242	184	77	130	150
33 NV240210	132	103	93	93	105	90	75	95	97	82	55	78	59
34 AV230210	93	109	72	69	130	143	87	92	103	79	66	61	87
35 AK230210	104	157	45	82	187	184	84	127	138	148	87	93	137
36 MB230210	155	153	75	102	129	142	96	100	65	93	62	82	82

Pac Nr.	45 V6 AXILL	90 V6 INFRA	90 V6 PECT	90 V6 HUM	90 V6 AXILL	120 V6 INFRA	120 V6 PECT	120 V6 HUM	120 V6 AXILL	150 V6 INFRA	150 V6 PECT	150 V6 HUM	150 V6 AXILL	180 V6 INFRA
1 LC 301109	48	57	39	72	80	41	49	50	47	40	67	186	130	67
2 AS 301109	63	37	33	31	49	111	48	52	42	185	37	59	47	
3 DS 301109	66	114	114	80	74	88	77	98	74	69	85	100	74	
4 OK 301109	57	78	86	68	67	43	83	72	54	50	74	65	52	
5 VR 301109	71	100	72	101	64	72	115	164	64	64	87	111	72	
6 MK 141209														
7 TV 191209														
8 TS 191209														
9 EL 281209	95	135	85	147	80	67	71	227	64	61	75	234	63	84
10 JLN281209														
11 GB281209														
12 EU281209														
13 AJ281209														
14 LP281209														
15 VV281209														
16 IH281209														
17 AK050110	39	93	49	47	64	79	96	92	155	74	77	124	172	

18 HC050110	87	72	62	83	61	56	87	81	58	91	79	70	130
19 IP050110	83	44	70	58	62	54	70	53	73				
20 JG050110	65	105	63	49	42	116	80	59	50	90	59	95	87
21 JZ050110	80	90	113	95	72	96	140	184	152	116	142	227	140
22 AZ190110	48	64	79	53	60	69	54	49	49	63	68	42	41
23 OB190110	96	74	114	94	77	82	103	185	97	21	91	91	106
24 NŠ190110	66	54	81	85	84	58	110	68	93	45	66	112	94
25 EC190110	61	79	111	132	85	80	150	132	84	66	121	196	157
26 ES020210	51	76	85	40	44	71	101	142	127				
27 EZ020210	54	73	60	52	69	74	100	79	71				
28 AP020210	68												
29 AK020210	47	62	55	63	77	130	76	60	70				
30 RV020210	48	82	88	87	53	86	105	111	84	103	93	108	90
31 VL240210	96	82	117	105	95	84	75	160	106	109	105	171	164
32 EE240210	72	108	153	177	109	79	124	210	156	38	28	285	179
33 NV240210	91	101	106	77	85								
34 AV230210	48	72	75	85	64	66	88	109	162	55	66	147	123
35 AK230210	132	95	135	132	124	59	64	199	32	58	54	232	103
36 MB230210	64	106	142	126	93	41	43	184	106	79	40	203	150



Pac Nr.	180 V6 PECT	180 V6 HUM	180 V6 AXILL	ERT 45 0	ERT 90 0	ERT 120 0	ERT 150 0	ERT 180 0	ERT 45 6	ERT 90 6	ERT 120 6	ERT 150 6	ERT 180 6	45 D0 INFRA
1 LC 301109	92	106	163	1	1	6	6	8	1	1	1	6	8	0,61
2 AS 301109				1	1	1	1	4	4	4	4	6	10	0,98
3 DS 301109				1	2		8		1	1	1	8		0,25
4 OK 301109				1	2	2	3		1	3	4	3		0,78
5 VR 301109				1	2	4	5		6	5	5	5		0,88
6 MK 141209				1	1	1	2							0,6
7 TV 191209				1	1	1	1	1						0,83
8 TS 191209				1	1	3	2							0,56
9 EL 281209	105	174	68	1	1	5	7	10	2	2	5	6	10	0,6
10 JLN281209				1	2	5	5	7						0,6
11 GB281209				1	1	4								0,6
12 EU281209				1	3	4	8	10						0,59
13 AJ281209				1	3	6	8	10						0,58
14 LP281209				1	1	3	8	10						0,7
15 VV281209				1	1	1	1	1						0,63
16 IH281209				2	1	5	6	8						0,48
17 AK050110				1	1	3	5	9	2	1	5	8		0,6



Pac Nr.	45		45		90		90		120		120		150		150		
	DO	PECT	DO	HUM	DO	AXILL	DO	HUM	DO	INFRA	DO	PECT	DO	AXILL	DO	PECT	
1 LC 301109	0,47		0,5	0,5	0,38	0,49	0,59	0,41	0,43	0,69	0,41	0,43	0,41	0,49	0,69	0,41	0,27
2 AS 301109	0,9		0,87	0,7	0,96	0,53	1,06	1,03	0,69	1,03	1,03	0,69	1,01	0,75	1,03	1,01	0,51
3 DS 301109			0,42				0,48	0,4					0,44	0,41	0,54	0,44	0,34
4 OK 301109	0,74		0,8	0,47	0,79	0,56	0,83	0,76	0,64	0,86	0,76	0,64	0,78	0,8	0,86	0,78	0,61
5 VR 301109	0,8		0,57	0,5	0,69	0,46	0,86	0,71	0,49	0,72	0,71	0,49	0,74	0,62	0,72	0,74	0,61
6 MK 141209	0,6		0,7	0,5	0,65	0,53	0,7	0,73	0,53	0,7	0,73	0,53	0,72	0,74	0,79	0,72	0,67
7 TV 191209	0,66		0,63	0,56	0,61	0,58	0,91	0,66	0,58	0,91	0,66	0,58	0,66	0,62	0,84	0,66	0,66
8 TS 191209	0,53		0,61	0,45	0,46	0,36	0,53	0,58	0,46	0,53	0,58	0,46	0,45	0,46	0,45	0,56	0,33
9 EL 281209	0,55		0,52	0,35	0,52	0,33	0,59	0,52	0,45	0,59	0,52	0,45	0,47	0,49	0,61	0,47	0,43
10 JLN281209	0,58		0,57	0,47	0,63	0,46	0,71	0,53	0,5	0,71	0,53	0,5	0,53	0,54	0,72	0,53	0,36
11 GB281209	0,5		0,56	0,44	0,63	0,45	0,64	0,58	0,41	0,64	0,58	0,41		0,44			
12 EU281209	0,49		0,41	0,41	0,45	0,39	0,62	0,56	0,41	0,62	0,56	0,41	0,54	0,45	0,63	0,54	0,48
13 AJ281209	0,72		0,65	0,45	0,44	0,45	0,64	0,66	0,47	0,64	0,66	0,47	0,5	0,38	0,61	0,5	0,4
14 LP281209	0,62		0,56	0,39	0,62	0,44	0,66	0,69	0,47	0,66	0,69	0,47	0,58	0,38	0,55	0,58	0,41
15 VV281209	0,64		0,52	0,58	0,63	0,53	0,71	0,61	0,36	0,71	0,61	0,36	0,61	0,55	0,63	0,61	0,5
16 IH281209	0,49		0,53	0,32	0,49	0,43	0,52	0,44	0,33	0,52	0,44	0,33	0,54	0,41	0,54	0,49	0,42
17 AK050110	0,75		0,53	0,44	0,67	0,52	0,68	0,73	0,45	0,68	0,73	0,45	0,65	0,33	0,65	0,65	0,5

18 HC050110	0,85	0,75	0,52	0,91	0,96	0,92	0,69	0,99	0,92	1	0,57	0,97	0,98	0,78
19 IP050110	0,98	0,74	0,46	0,87	1,04	0,76	0,67	0,94	1,05	0,76	0,55			
20 JG050110	0,69	0,5	0,5	0,67	0,66	0,53	0,45	0,67	0,65	0,62	0,36	0,68	0,69	0,71
21 JZ050110	0,4	0,43	0,3	0,47	0,41	0,44	0,33	0,42	0,42	0,34	0,41	0,47	0,48	0,36
22 AZ190110	0,61	0,4	0,43	0,68	0,58	0,48	0,51	0,65	0,62	0,57	0,53	0,59	0,5	0,46
23 OB190110	0,51	0,49	0,44	0,5	0,55	0,44	0,36	0,56	0,59	0,29	0,34	0,5	0,42	0,52
24 NŠ190110	0,79	0,82	0,45	0,83	0,76	0,81	0,67	0,88	0,86	0,86	0,85	0,83	0,88	0,74
25 EC190110	0,53	0,52	0,48	0,61	0,51	0,43	0,47	0,61	0,55	0,48	0,45	0,67	0,64	0,38
26 ES020210	0,82	0,63	0,49	0,83	0,82	0,83	0,6	0,74	0,62	0,42	0,61	0,74	0,59	0,53
27 EZ020210	0,63	0,59	0,51	0,8	0,68	0,61	0,57	0,57	0,57	0,45	0,37	0,54	0,55	0,36
28 AP020210	0,63	0,68	0,5	0,72	0,68	0,5	0,49	0,75	0,63	0,51	0,47	0,75	0,68	0,48
29 AK020210	0,59	0,6	0,55	0,69	0,58	0,55	0,55	0,69	0,57	0,57	0,46	0,58	0,53	0,47
30 RV020210	0,68	0,43	0,56	0,68	0,68	0,6	0,56	0,79	0,68	0,7	0,56	0,71	0,58	0,65
31 VL240210	0,63	0,51	0,45	0,67	0,6	0,64	0,47	0,72	0,66	0,48	0,52	0,66	0,66	0,44
32 EE240210	0,59	0,52	0,48	0,61	0,6	0,49	0,49	0,67	0,53	0,37	0,41	0,69	0,49	0,21
33 NV240210	0,56	0,54	0,35	0,5	0,44	0,6	0,34	0,42	0,56	0,36	0,43	0,57	0,58	0,46
34 AV230210	0,72	0,57	0,44	0,78	0,68	0,6	0,48	0,83	0,66	0,64	0,42	0,85	0,72	0,6
35 AK230210	0,6	0,5	0,44	0,66	0,63	0,57	0,39	0,74	0,55	0,66	0,36	0,75	0,47	0,41
36 MB230210	0,72	0,68	0,52	0,66	0,58	0,68	0,55	0,77	0,67	0,57	0,52	0,75	0,62	0,28

Pac Nr.	150 DO AXILL	180 DO INFRA	180 DO PECT	180 DO HUM	180 DO AXILL	45 D6 INFRA	45 D6 PECT	45 D6 HUM	45 D6 AXILL	90 D6 INFRA	90 D6 PECT	90 D6 HUM	90 D6 AXILL	120 D6 INFRA
1 LC 301109	0,41	0,55	0,46	0,41	0,49	0,73	0,51	0,45	0,37	0,58	0,67	0,46	0,39	0,71
2 AS 301109	0,72	1,02	1,05	0,32	0,47	1,03	1,04	0,35	0,67	1,23	1	0,8	0,64	1,02
3 DS 301109	0,42					0,37	0,39	0,41	0,37	0,38	0,43	0,42	0,43	0,5
4 OK 301109	0,56					0,75	0,74	0,69	0,53	0,85	0,76	0,79	0,56	0,86
5 VR 301109	0,56					0,85	0,81	0,71	0,59	0,78	0,68	0,39	0,45	0,74
6 MK 141209	0,53													
7 TV 191209	0,47	0,57	0,51	0,38	0,45									
8 TS 191209	0,48													
9 EL 281209	0,41	0,55	0,47	0,37	0,34	0,55	0,53	0,51	0,33	0,56	0,52	0,44	0,36	0,52
10 JLN281209	0,49	0,83	0,54	0,5	0,44									
11 GB281209														
12 EU281209	0,3													
13 AJ281209	0,39	0,63	0,56	0,21	0,45									
14 LP281209	0,5	0,63	0,56	0,5	0,44									
15 VV281209	0,56	0,61	0,55	0,47	0,44									
16 IH281209	0,39	0,49	0,48	0,39	0,24									
17 AK050110	0,34	0,62	0,52	0,26	0,4	0,67	0,77	0,52	0,46	0,7	0,65	0,64	0,48	0,66

18 HC050110	0,6	1,05	0,88	0,72	0,58	0,99	1,04	0,69	0,5	0,99	0,93	0,94	0,77	0,83
19 IP050110														
20 JG050110	0,28	0,6	0,67	0,57	0,45	0,58	0,59	0,52	0,41	0,68	0,62	0,61	0,46	0,73
21 JZ050110	0,34	0,53	0,37	0,37	0,35	0,49	0,48	0,37	0,32	0,52	0,42	0,54	0,3	0,47
22 AZ190110	0,55	0,58	0,51	0,61	0,4	0,63	0,6	0,57	0,41	0,69	0,65	0,55	0,43	0,61
23 OB190110	0,29	0,5	0,58	0,37	0,36	0,91	0,58	0,46	0,38	0,64	0,5	0,44	0,41	0,47
24 NŠ190110	0,63	0,89	0,87	0,83	0,56	0,86	0,71	0,74	0,48	0,91	0,83	0,8	0,66	0,88
25 EC190110	0,45	0,49	0,52	0,4	0,46	0,7	0,52	0,4	0,44	0,7	0,58	0,45	0,41	0,61
26 ES020210	0,6	0,73	0,7	0,52	0,6	0,78	0,78	0,7	0,49	0,76	0,79	0,66	0,56	0,69
27 EZ020210	0,52	0,75	0,61	0,54	0,54	0,87	0,63	0,67	0,46	0,79	0,66	0,55	0,56	0,7
28 AP020210	0,49	0,71	0,57	0,52	0,48	0,61	0,79	0,61	0,52					
29 AK020210	0,43	0,6	0,51	0,56	0,34	0,63	0,59	0,6	0,56	0,61	0,64	0,62	0,49	0,66
30 RV020210	0,44	0,61	0,63	0,52	0,45	0,62	0,7	0,64	0,59	0,5	0,61	0,66	0,57	0,7
31 VL240210	0,45	0,58	0,6	0,56	0,44	0,64	0,67	0,6	0,45	0,63	0,67	0,7	0,49	0,66
32 EE240210	0,45	0,63	0,46	0,29	0,44	0,74	0,51	0,55	0,43	0,72	0,56	0,64	0,41	0,75
33 NV240210	0,44	0,58	0,58	0,47	0,43	0,55	0,6	0,58	0,36	0,58	0,56	0,58	0,33	
34 AV230210	0,47	0,78	0,71	0,56	0,62	0,83	0,7	0,5	0,45	0,85	0,71	0,67	0,39	0,81
35 AK230210	0,37	0,78	0,62	0,39	0,49	0,73	0,64	0,36	0,51	0,72	0,66	0,53	0,52	0,7
36 MB230210	0,49	0,67	0,63	0,8	0,56	0,78	0,66	0,63	0,37	0,69	0,57	0,45	0,5	0,74

Pac Nr.	120 D6 PECT	120 D6 HUM	120 D6 AXILL	150 D6 INFRA	150 D6 PECT	150 D6 HUM	150 D6 AXILL	180 D6 INFRA	180 D6 PECT	180 D6 HUM	180 D6 AXILL
1 LC 301109	0,5	0,55	0,5	0,68	0,4	0,23	0,43	0,74	0,53	0,3	0,47
2 AS 301109	0,91	0,47	0,61	0,93	1,11	0,45	0,66				
3 DS 301109	0,42	0,36	0,36	0,48	0,37	0,36	0,41				
4 OK 301109	0,73	0,75	0,53	0,87	0,8	0,55	0,64				
5 VR 301109	0,69	0,61	0,45	0,67	0,68	0,68	0,52				
6 MK 141209											
7 TV 191209											
8 TS 191209											
9 EL 281209	0,5	0,32	0,34	0,61	0,42	0,22	0,38	0,5	0,49	0,3	0,36
10 JLN281209											
11 GB281209											
12 EU281209											
13 AJ281209											
14 LP281209											
15 VV281209											
16 IH281209											
17 AK050110	0,63	0,4	0,46	0,63	0,58	0,28	0,46				

18 HC050110	0,99	0,8	0,72	0,9	0,94	0,6	0,4														
19 IP050110																					
20 JG050110	0,61	0,62	0,6	0,77	0,65	0,57	0,38														
21 JZ050110	0,45	0,22	0,3	0,51	0,43	0,27	0,36														
22 AZ190110	0,6	0,48	0,5	0,56	0,55	0,52	0,5														
23 OB190110	0,48	0,35	0,39	0,5	0,46	0,42	0,45														
24 NŠ190110	0,88	0,78	0,63	0,91	0,72	0,58	0,59														
25 EC190110	0,59	0,46	0,42	0,74	0,63	0,31	0,49														
26 ES020210	0,47	0,36	0,63																		
27 EZ020210	0,57	0,52	0,54																		
28 AP020210																					
29 AK020210	0,68	0,57	0,48																		
30 RV020210	0,67	0,74	0,55	0,64	0,6	0,64	0,59														
31 VL240210	0,58	0,43	0,52	0,57	0,6	0,46	0,53														
32 EE240210	0,49	0,44	0,52	0,62	0,45	0,3	0,44														
33 NV240210																					
34 AV230210	0,69	0,68	0,58	0,8	0,75	0,4	0,55														
35 AK230210	0,58	0,37	0,41	0,65	0,52	0,41	0,35														
36 MB230210	0,47	0,37	0,49	0,71	0,63	0,22	0,4														



LOCOFLEX

**Dr Alain Delbos** *Clinique des Cèdres, Toulouse, France*

This invention in the field of locoregional anaesthesia in 2005 makes it easier to locate the nerves with the help of both neurostimulator and echograph.

Now, after reviewing of the anatomical landmarks, the hand remains in a static position during the whole period of the locoregional anaesthesia with a better anatomic orientation and improved comfort for the anaesthetist.

**Dr Alain Benichou** *Centre Clinicaï, Soyaux, France*

Do your work alone, yet more comfortably and accurately!

Do the nerve block without getting the nerves!

**Dr Luis-Jean Dupré** *Clinique Cleret, Chambéry, France*

Patient comfort and precise positioning is one the keys to locoregional anaesthesia.

It is exactly this which can be accomplished utilizing the Vaiskaskis fixator "Locoflex". Applicable to all patients, it is especially irreplaceable in cases where pain or insufficient mobility inhibits traditional positioning.

Undoubtedly a technological asset for the performance of locoregional anaesthesia.

GSM: +336 77856111  
+371 26088071  
+371 79471617  
Fax: +371 7919576  
<http://www.locoflex.com>  
e-mail: [info@locoflex.com](mailto:info@locoflex.com)

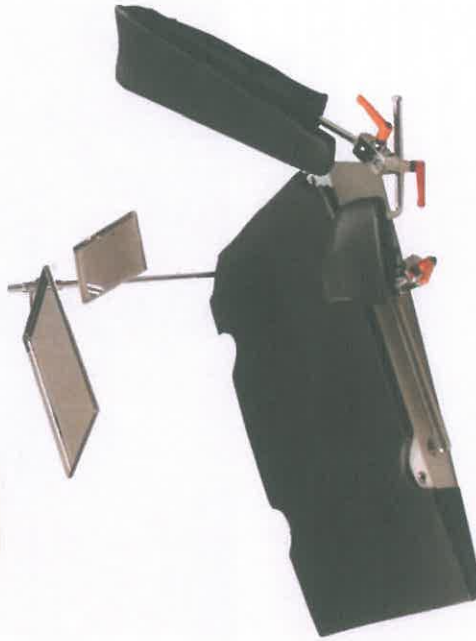
LOCOFLEX

Kozu 5-6  
Babite, Jūga Region  
LV-2101  
Latvia

## „Locoflex 1” lietošanas instrukcija

# LOCOFLEX

Fixator  
**LOCOFLEX**  
Hand fixator for locoregional anaesthesia



CE

I class Later free

## „Locoflex 4E” lietošanas instrukcija

12. pielikums.

# LOCOFLEX

**Dr Alain Delbos** *Clinique des Cèdres, Toulouse, France*

This invention in the field of regional anesthesia makes it easier to locate the nerves with the help of both neurostimulator and echograph. Now, after reviving of the anatomical landmarks, the hand remains in static position during the whole period of the regional anesthesia with better anatomic orientation and improved comfort for the anesthesiologist.

**Dr Luis-Jean Dupré** *Clinique Cleret, Chambéry, France*

Patient comfort and precise positioning is one of the keys to regional anesthesia. It is exactly this which can be accomplished utilizing "Locoflex". Applicable to all patients, it is especially irreplaceable in cases where pain or insufficient mobility inhibits traditional positioning. Undoubtedly a technological asset for the performance of regional anesthesia.

+33-(6)77856111  
+371-26086071  
+371-29471617  
Fax: +371-7919576  
www.locoflex.com  
info@locoflex.com

# LOCOFLEX

Rožu 6-8  
Bēnīte, Rīga Reģions  
LV-2101  
Latvija

© XI 2008

# LOCOFLEX

## Fixator LOGOFLEX

Regional anesthesia station

### Regional anesthesia station

With comfort in mind, the design works for both anesthesiologist and the patient

# „Echosupport” lietošanas instrukcija



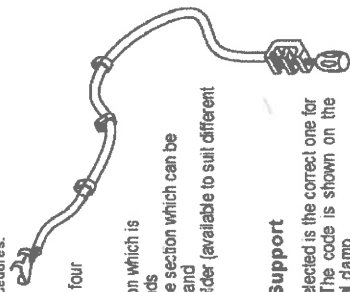
## ECHO SUPPORT

### Instructions for use

**Indications**  
Supporting arm designed to hold an ultrasound probe during regional anaesthesia procedures.

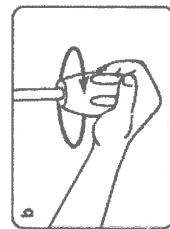
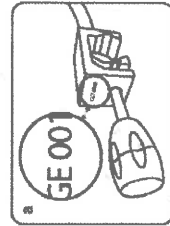
### Description

Echo Support comprises four main elements:  
 - A universal clamp  
 - A primary flexible section which is positioned using two hands  
 - A second thinner flexible section which can be manipulated using one hand  
 - An ultrasound probe holder (available to suit different brands of probe)

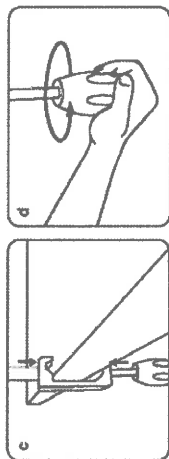


### Setting up Echo Support

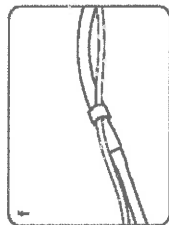
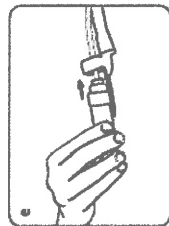
- Check that the arm selected is the correct one for your ultrasound probe. The code is shown on the underside of the universal clamp
  - GE: for GE probes
  - SNS: for Sonosite probes
  - KT: for Kontron probes
  - PHS: for Philips probes
- Open the universal clamp by turning the black handle anti-clockwise. Choose an area near the patient to install Echo Support. This must be a horizontal surface with a square or rectangular edge.



- Position the arm as close as possible to the patient.
- Tighten the universal clamp by turning the black handle clockwise.

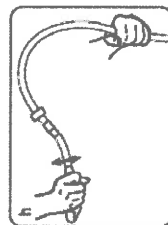
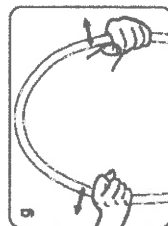


- Place the ultrasound probe into the probe holder.
- Slide the ultrasound probe cables into the cable clips.



Put on sterile gloves and protect the probe and Echo Support with a sterile probe cover.

- Using two hands bend the thicker flexible section into position.
- Bend the second, thinner flexible section into position. This can be done using one hand.



### Contraindications

There are no known contraindications for this device.

### Precautions

Pressing too hard with the probe could compress the veins and make them difficult to visualise under ultrasound. This could lead to injection into a vessel. Decontaminate with an product excluding chlorine and oxidant (SURFASAFE, ANIOS DDSH, ANIOSURF, SURFANIOS)

Cleaning: wash with soap and water, decontaminate with a suitable disinfectant.  
 Not to fold the flexible support in sharp angle, it can lead to a loss of flexibility of the support.  
 The maximum weight of the US probe can not exceed 300 gr.

**Echo Support must only be attached to horizontal surfaces.**

### Références

- 7507.511 : Echo Support for use with GE probes
- 7507.512 : Echo Support for use with Sonosite probes
- 7507.513 : Echo Support for use with Kontron probes
- 7507.514 : Echo Support for use with Philips probes

Manufactured by **LOC FLEX**

Distribute by **VYGON**

Laboratoires pharmaceutiques Vygon  
 5, rue Adeline  
 95440 ECOUEN - FRANCE  
 Tél. : +33 (0)1.39.92.63.63  
 Fax. : +33 (0)1.39.90.29.37  
 E-mail : questions@vygon.com  
 www.vygon.com

BELGIUM - BULGARIA - COLOMBIA - CZECH REPUBLIC - DENMARK - GERMANY - INDIA - IRELAND - ITALY - NETHERLANDS - POLAND - PORTUGAL - SPAIN - SWEDEN - SWITZERLAND - UNITED KINGDOM - UNITED STATES - URUGUAY



## PATEICĪBAS

Visdziļāko pateicību autors izsaka zinātniskā darba vadītājiem Dr. habil. med. prof. Indulim Vanagam un Dr. habil. med. prof. Haraldam Jansonam par nenovērtējamu palīdzību un atbalstu darba tapšanā.

Pateicos savai skolotājai prof. Antoņinai Sondorei par iedrošinājumu darba uzsākšanai.

Paldies par atbalstu un vērtīgajiem padomiem RSU zinātņu prorektorei, prof. Ivetai Ozolantei un zinātniskajai sekretārei Ingrīdai Kreilei.

Vēlos pateikties Rīgas 2. slimnīcas, Ventspils un Jelgavas reģionālo slimnīcu vadībai, ārstiem un māsām par ieguldījumu darba tapšanā.

Liels paldies RSU prof. Uldim Teibem un Jānim Laizānam par palīdzību datu apkopošanā un apstrādē.

Pateicos prof. Valērijai Gromai, doc. Ilzei Štrumfai un Dr. Sandrai Skujai par vērtīgo palīdzību datu histoloģiskajā apstrādē.

Pateicība Dr. med. Jānim Jušinskim, Dr. Grigorijam Vabelam un rezidentēm Dr. Evai Šteinai un Dr. Annai Sondorei - Pīlipai par neatsveramo palīdzību datu vākšanā.

Pateicība patentvedei Dr. Ludmilai Ivanovai un ražotājiem un inženieriem Mārtiņam Ramanim, Andrim Eglītīm un Ivaram Vasiļevskim par palīdzību daudzu gadu garumā, izstrādājot jaunās iekārtas.

Pateicība kolēģim Dr. Kārlim Ozoliņam, kolēģim Dr. Aleksejam Miščukam un Francijas reģionālās anestēzijas entuziastiem par ieguldījumu izgudrojumu aprobācijā un ieviešanā dzīvē.

Pateicos par finansiālo atbalstu darba tapšanā Eiropas sociālajam fondam (ESF).

Pateicos savai Alma Mater, Rīgas Stradiņa Universitātei, un visiem maniem skolotājiem.

Sirsniņgs paldies manai ģimenei par atbalstu un izturību darba tapšanas gaitā.