

Tuomas Tenkanen

**KENTTÄLÄÄKINNÄSSÄ KÄYTETTYJEN
KIRISTYSSIDEMALLIEN VERTAILU:
KIRJALLISUUSKATSAUS**

Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunta
Syventävä opinnäytetyö
Toukokuu 2021

TIIVISTELMÄ

Tuomas Tenkanen: Kenttälääkinnässä käytettyjen kiristyssidemallien vertailu: kirjallisuuskatsaus
Syventävä työ
Tampereen yliopisto
Lääketieteen lisensiaatin tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2021

Johdanto Kiristysside on taisteluensiavussa ja ensihoidossa käytetty lääkinnällinen laite, jolla pyritään tyrehdyttämään massiivinen raajaverenvuoto. Runsaaseen raajaverenvuotoon voi menehtyä minuuteissa, joten sen nopea ja tehokas hallinta on hengen pelastamiseksi ensisijaisen tärkeää. Taisteluoloissa yleisin estettävissä oleva kuolinsyy onkin massiivinen raajaverenvuoto. Kenttälääkinnässä on käytössä lukuisien eri valmistajien kiristyssidemalleja, joiden käyttötarkoitus on sama, mutta toiminnassa on eroja. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kiristyssidemallien eroavaisuuksia keskenään ja selvittää niiden toimivuutta ja tehokkuutta eri tilanteissa olemassa olevan tutkimustiedon perusteella. Tarkasteltavat kiristyssidemallit ovat CAT6, CAT7, SAM-XT, SOFTT, SOFTT-W, IEST ja MAT.

Menetelmät Tutkimus on toteutettu systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Aineistoa on haettu Pubmed-tietokannasta, josta on etsitty kiristyssidemalleja vertailevia tutkimuksia. Katsaukseen valikoituneet tutkimukset on kerätty RefWorks-aineistonhallintaohjelmaan. Kerätyn aineiston perusteella on pyritty vastaamaan seuraaviin kysymyksiin: Miten tehokkaita kiristyssidemallit ovat verenvuodon tyrehdyttämisessä? Miten olosuhteet ja taistelijan varustus vaikuttavat kiristyssiteen toimivuuteen? Millainen on kiristyssiteen toimivuus itselle ja toiselle asetettaessa? Millainen on kiristyssiteen koulutettavuus?

Tulokset Kirjallisuuskatsauksen perusteella tarkastelluista kiristyssidemalleista CAT6 ja CAT7 suoriutuvat parhaiten verenvuodon tyrehdyttämisestä eri tilanteissa. SAM-XT on myös osoittautunut tehokkaaksi vaihtoehdoksi. SOFTT-W on laajasti käytetty ja suositeltu, mutta sen kyvystä tuottaa verenvuodon tyrehdyttävä paine on havaittu haasteita tuoreen tutkimustiedon perusteella. IEST on tehokas luomaan ja ylläpitämään painetta, jonka seurauksena verenvuoto tyrehtyy, mutta siteestä saatavilla olevan rajallisen tutkimustiedon perusteella sitä ei voida pitää yhtä tehokkaana edellä mainittuihin kiristyssidemalleihin verrattuna. SOFTT ja MAT suoriutuvat heikosti verenvuodon tyrehdyttämisestä ja erityisesti MAT:sta saatavilla oleva tutkimustieto on hyvin rajallista.

Pohdinta Massiivisen raajaverenvuodon ollessa yleisin estettävissä oleva kuolinsyy taistelukentällä, on kiristyssiteen valinnalla mahdollista vaikuttaa merkittävästi näiden kuolemien estämiseen. Tämän katsauksen perusteella parhaat kiristyssiteet massiivisen raajaverenvuodon tyrehdyttämiseen ovat CAT7, CAT6 ja SAM-XT. Tehokkaimpien kiristyssiteiden tunnistamisen lisäksi merkittävä vaikutus niiden tehokkuuteen on monipuolisella ja runsaalla koulutuksella. Kiristyssiteellä, joka on teknisesti laadukas ja jonka käytön taistelija hallitsee, on parhaat edellytykset tyrehdyttää massiivinen raajaverenvuoto.

Avainsanat: kiristysside, tourniquet, ensihoito, taisteluensiapu, kenttälääkintä, verenvuoto, hemorragia, CAT7, CAT6, SAM-XT, SOFTT-W, SOFTT, IEST, MAT, kirjallisuuskatsaus, systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	3
2. KIRISTYSSITEEN KÄYTÖN PERUSTEET.....	5
2.1. Käytön indikaatio.....	5
2.2. Toimintaperiaate.....	6
2.2.1. Toiminnan testaus.....	7
2.2.2. Haittavaikutukset ja väärinkäyttö.....	7
2.3. Tactical Combat Casualty Care.....	8
2.4. Tarkasteltavat kiristyssidemallit.....	10
3. METODIKUVAUS.....	12
3.1. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus.....	12
3.2. Hakustrategia.....	12
4. KIRISTYSSIDEMALLIEN VERTAILU.....	14
4.1. Raajaverenvuodon tyrehtyttäminen.....	16
4.2. Olosuhteiden ja varustuksen vaikutus kiristyssiteen toimivuuteen.....	20
4.3. Kiristyssiteen tehokkuus itselle ja toiselle asetettaessa.....	22
4.4. Kiristyssiteen koulutettavuus.....	24
5. POHDINTA.....	27
5.1. Johtopäätökset.....	32
6. LÄHTEET.....	33
7. LIITTEET.....	38

1. JOHDANTO

Nykyaikaisella taistelukentällä olosuhteet ja tilanteet voivat muuttua nopeasti. Haasteita mahdollisen vihollisen lisäksi luovat ympäröivät olosuhteet vuoden- ja vuorokaudenajasta riippuen. Taistelutilanteet ja niistä mahdollisesti seuraavat haavoittumiset saattavat tulla yllättävissä tilanteissa ja yllättävän nopeasti. Tällöin toiminnan henkeä uhkaavasti haavoittuneen pelastamiseksi on oltava välitöntä ja tehokasta. Varusmieskoulutuksessa käytetyn Taistelijan oppaan mukaan taisteluolosuhteissa haavoittuvista taistelijoista jopa 80 %:lla ei ole välitöntä hengenvaaraa. Niistä haavoittuneista, joilla on välitön hengenvaara, jopa 70 % menehtyy ennen hätäkirurgiseen hoitoon pääsyä, eikä suurta osaa näistä kuolemista voida estää lääkinällisellä hoidolla. Osa näistä kuolemista on kuitenkin estettävissä ja yleisin estettävissä oleva kuolinsyy on massiivinen raajaverenvuoto. [1] Myös siviiliympäristössä on kyettävä reagoimaan muun muassa suuronnettomuuksien tai terrori-iskujen yhteydessä potilailla todettaviin massiivisiin raajaverenvuotoihin. Vaikka taistelukenttä ja siviiliympäristö eroavat toisistaan, on massiivisen raajaverenvuodon tyrehtyttämisessä samoja piirteitä. Molemmissa tapauksissa oleellista on saavuttaa raajaverenvuodon tyrehtyminen nopeasti ja tehokkaasti.

Raajaverenvuoto on mahdollista tyrehtyttää kenttälääkinnällisin toimin kiristys- ja/tai painesiteellä taistelijan itsensä, taistelijaparin tai taistelupelastajan toimesta. Haavoittuneen henkiin jääminen riippuu siitä, miten nopeasti ja tehokkaasti verenvuoto saadaan tyrehtytettyä. [1] Kiristysside on raajan ympärille asetettava hoitoväline, joka estää valtimo- ja laskimovirtauksen. Kiristyssiteen tuottama paine puristaa ihon alaisia kudoksia, joista paine välittyy verisuoniin saaden aikaan niiden sulkeutumisen. [2] Yksinkertaisimmallaan kiristyssiteen voi valmistaa hätätilanteessa esimerkiksi vyöstä, mutta moderneja kaupallisia kiristyssiteitä on kehitetty tähän tarkoitukseen pitkään.

Erilaisia kiristyssiteitä on käytetty tuhansia vuosia taistelussa syntyneiden raajaverenvuotojen tyrehtyttämiseen. Alkukantaiset kiristyssiteet olivat toiminnaltaan yksinkertaisia, eivätkä tehokkaita verrattuna moderneihin siteisiin. Toisen maailmansodan aikaan USA:n armeijan käyttämä heikkolaatuinen kiristysside vähensi luottamusta kiristyssiteiden tehokkuuteen ja niiden käyttö hetkellisesti väheni. Vietnamin sodan ja sen

jälkeisten sotien ja operaatioiden tuomat positiiviset kokemukset kiristyssiteen käytöstä vauhdittivat eri mallien kehitystä. [3] Nykyään saatavilla on useiden kymmenien valmistajien kiristyssidemalleja, joista kehitetään jatkuvasti uusia tuotesukupolvia taistelukentältä ja kokeellisista tutkimuksista saadun palautteen perusteella. Markkinoilla on myös tunnettuja kiristyssidemalleja jäljitteleviä kopioita, joiden tehokkuuteen ei voi luottaa.

Tutkimukset Yhdysvaltain armeijan operaatioista Lähi-idässä tulevat johdonmukaisesti tulokseen, että kiristyssiteet pelastavat massiivisesta raajaverenvuodosta kärsivien haavoittuneiden henkiä, eikä niiden oikeaoppiseen käyttöön liity merkittäviä pysyvien vaurioiden riskiä [4,5]. Mahdolliset haittavaikutukset kiristyssiteen käytöstä, kuten hermovauriot, syntyvät yleensä kiristyssiteen pitkittyneestä käyttöajasta, joka on käytön ohjeistuksen vastaista [3].

Suomen Puolustusvoimien taistelutavassa jokainen taistelija hallitsee henkilökohtaisella varustuksella annettavan taisteluensiavun. Varustukseen kuuluvat muun muassa paine- ja kiristysside, luokittelu- ja hoitokortti sekä vastalääkkeenantolaite. [2] Massiivisen raajaverenvuodon tyrehdyttämiseksi on haavoittuneen tai taistelijaparin onnistuttava kiristyssiteen käytössä tehokkaasti ja kiristyssiteen on oltava riittävän laadukas vallitseviin olosuhteisiin, jotta sillä voidaan suorittaa sille tarkoitettu tehtävä. Lähtökohtaisesti haavoittunut asettaa kiristyssiteen itselleen, jos hän siihen kykenee. Ensisijaisesti käytetään haavoittuneen omaa kiristyssidettä, jota taistelija taisteluliivissään kantaa. [6]

Kenttälääkinnässä on käytössä useiden eri valmistajien kiristyssiteitä, joista katsaukseen on valittu seuraavat yleisesti käytössä olevat mallit: CAT6, CAT7, SOFTT, SOFFT-W, SAM-XT, IEST, MAT. Näiden käyttötarkoitus on sama, mutta toimintaperiaate ja ominaisuudet eroavat toisistaan [7]. Näistä kiristyssidemalleista ei ole aikaisemmin tehty vertailevaa kirjallisuuskatsausta, joka keskittyy vertailemaan kiristyssidemalleja kenttälääkinnän kannalta merkittävimmissä aiheissa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ja vertailla eri valmistajien kiristyssidemallien toimivuutta raajaverenvuotoa tyrehdytettäessä huomioiden haastavat kenttäolosuhteet ja taistelijan varustuksen.

2. KIRISTYSSITEEN KÄYTÖN PERUSTEET

2.1 Käytön indikaatio

Verisuonen rakenteen rikkoutumisesta seuraavaa verenvuotoa kutsutaan hemorragiaksi. Valtimoverenvuodon tunnistaa kirkkaan punaisesta ja pulsoivasta vuodosta.

Laskimoverenvuoto on tasaista ja veren väri sinipunertavaa. Verenvuoto voi olla sisäistä, jolloin veri päätyy kudoksiin tai ruumiinonteloon, tai ulkoista, jolloin veri päätyy ruumiin ulkopuolelle. Molemmissa tapauksissa trauma on yleinen hemorragian aiheuttaja. [8]

Kiristyssidettä käytetään ulkoisen massiivisen raajaverenvuodon tyrehdyttämiseen. Taistelukentällä raajaverenvuoto on yleensä seurausta luodin tai kranaatinsirpaleen aiheuttamasta ulkoisesta hemorragiasta. Haavoittumistilanteessa verenvuodon massiivisuutta ja laatua ei tule lähteä erityisen tarkasti arvioimaan, vaan kiristysside asetetaan, jos sille katsotaan olevan mahdollinen tarve. Tilanteen salliessa verenvuodon laatu ja kiristyssiteen tarve arvioidaan uudelleen ja kiristysside korvataan painesiteellä tai hemostaateilla eli verta hyydyttävillä aineilla, jos niiden uskotaan kykenevän tyrehdyttämään verenvuoto. Kiristyssidettä vaativaa, henkeä uhkaavaa verenvuotoa voidaan kuvailla seuraavasti [9]:

- Vuoto on pulsoivaa ja jatkuvaa
- Verta kertyy maahan/ympäristöön
- Haavoittuneen varusteet ovat läpimärkiä verestä
- Haavoittunut on sokissa, tajuton tai sekava
- Raajassa on lukuisia vuotokohtia
- Raaja on kokonaan tai osittain irronnut

Runsaasta verivolyymin menetyksestä seuraa hypovoleeminen sokki, mikä on seurausta kehossa olevan verimäärän vähenemisestä. Tällöin kudosten ja elinten hapensaanti heikentyy. Noin 40 % menetys verivolyyymista saa aikaan sokin kehittymisen. Tämä tarkoittaa keskiverto aikuisella 2 litran menetystä verivolyyymista. Seurauksena sydämen

minuuttitilavuus pienenee ja verenpaine laskee. Elimistö pyrkii turvaamaan selviytymisen kannalta tärkeimpien elimien hapensaannin sydämen sykettä nostamalla ja keuhkotuuletusta lisäämällä. Verta ohjataan keskeisiin elimiin, kuten aivoihin, mistä seuraa raajojen verenkierron väheneminen ja niiden viileneminen. Vuodon jatkuessa kompensatiomekanismit eivät pysty ylläpitämään kudoksille suotuisia oloja. Seurauksena on hapenpuute ja elimistön happamuustila eli asidoosi, mikä on seurausta laktaatin ja hiilidioksidin kertymisestä kudoksiin. Asidoosi lamauttaa elinten toimintaa: seuraa monielinvaurio ja lopulta kuolema. [10] Verenvuodon jatkuessa haavoittunut voi menehtyä muutamassa minuutissa. Esimerkiksi reisivaltimovuodon seurauksena kuolema seuraa noin kolmessa minuutissa, ellei verenvuotoa tyrehdytetä. [9]

2.2 Toimintaperiaate

Kiristysiteen tehtävä on estää verenvirtaus raajassa tähän nähden distaalisesti eli raajan kärjen puolella. Verenvirtauksen esto perustuu kiristysiteen luomaan paineeseen, joka välittyy kiristysiteen ja raajan välissä olevan varustuksen kautta ihoon ja sen alaisiin kudoksiin, jossa paineen ollessa tarpeeksi suuri se saa aikaan laskimoiden ja valtimoiden painumisen kiinni. Tällöin verenvirtaus raajaan ja raajasta pois estyy. Jotta valtimot sulkeutuvat, tulee kiristysiteen aikaan saaman paineen olla vähintään 50–150 mmHg korkeampi kuin systolisen verenpaineen [11]. Mikäli paine jää tätä alhaisemmaksi, saattaa kiristysiteestä olla jopa haittaa. Tämä on seurausta siitä, että matala paine sulkee laskimot, mutta ei valtimoita: laskimoveri ei pääse palaamaan kohti sydäntä vaan vuotaa ulos kehosta ja lisäksi valtimoveren menetys jatkuu. [12]

Kiristysidemallista riippuen paine luodaan mekanismilla, joka perustuu pneumaattisissa kiristysiteissä paineistettuun ilmaan, elastisissa kiristysiteissä elastisen materiaalin aikaansaamaan jatkuvaan kiristykseen ja windlass-tyyppisissä siteissä kiristystangolla aikaansaatuun siteen lyhenemiseen ja kiristymiseen. Kenttälääkinnällisessä käytössä on kiristystangollisia ja elastisia kiristysiteitä. Windlass tarkoittaa kiristystankoa ja tätä termiä käytettäessä viitataan kiristystangollisiin kiristysiteisiin, joita tässä tutkimuksessa ovat CAT6, CAT7, SOFTT, SOFTT-W ja SAM-XT (Kuvat sivuilla 10–11).

2.2.1 Toiminnan testaus

Kiristysiteen toiminnan ja tehokkuuden testaamiseen käytetään useita keinoja, joita hyödynnetään sekä koulutuksessa että kokeellisessa tutkimuksessa. Yleinen menetelmä on simulaatiomannekiini, joka esittää ihmisen reittä. Mannekiinilla pystytään mittaamaan kiristysiteen asettamiseen kulunutta aikaa, menetettyä verimäärää, syntyvää painetta ja verenvuodon tyrehtyiskykyä. Toinen laadukkaana pidetty testaustapa on kiristysiteen asettaminen koehenkilölle, jolloin verenvirtauksen tyrehtyminen testataan distaalisen pulssin häviämällä sekä Doppler-ultraäänilaitteella, jolla pystytään varmistamaan virtauksen loppuminen käyttämällä ultraääniaaltoja. [7]

2.2.2 Haittavaikutukset ja väärinkäyttö

Kiristysiteen käyttöön liittyvistä riskeistä ja haittavaikutuksista ei olla täysin yksimielisiä [13]. Vakavammat kiristysiteen käyttöön liitetyt haitat ilmenevät epäasianmukaisen ja pitkittyneen käytön yhteydessä. Yleisesti maksimaalisena turvallisena kiristysiteen käyttöaikana pidetään 2–3 tuntia, jonka jälkeen kudosten hapenpuutteesta aiheutuvat haitat muuttuvat palautumattomiksi ja mahdollisesti hengenvaarallisiksi. Pitkittyneestä käytöstä seuraavia haittoja ovat muun muassa raajalle vaadittava amputointi, pysyvä hermovaurio, lihasaitio-oireyhtymä, lihasnekroosi ja tromboosit. [12] Tämän vuoksi kiristysiteen uudelleen arviointi etenkin sen käytön pitkittyessä on tärkeää: on mietittävä, onko kiristysiteestä hyötyä tämän vamman hoidossa ja voidaanko se korvata painesiteellä tai hemostaateilla.

Ohjeistuksen mukaiseen, alle kahden tunnin kiristysiteen käyttöön liittyy myös sivuvaikutuksia, kuten hermopareesi, jonka oireita saa noin 10 % henkilöistä kiristysiteen oltua asetettuna noin tunnin. Tromboembolisia tapahtumia seuraa noin 6 %:lle. [14] Asianmukainen kiristysiteen käyttö ei korreloi raajaan vaadittavan amputaatioon kanssa. [4,5] Vaikka kiristysiteen käytöstä voi seurata mahdollisia sivuvaikutuksia, on sen käyttämättä jättäminen sen käyttöä vaativassa tilanteessa henkeä uhkaava vaihtoehto.

2.3 Tactical Combat Casualty Care

Tactical Combat Casualty Care (TCCC) on Yhdysvaltain Puolustusministeriön (Department of Defense) alaisen yksikön (Joint Trauma System) tuottama ja arvioima ohjeistus kenttälääkinnän toteutuksesta taisteluolosuhteissa. Ohjeistuksen on laatinut ja sitä arvioi säännöllisesti aiheeseen perehtynyt komissio (Committee of Tactical Combat Casualty Care: CoTCCC), joka koostuu 42:sta aiheeseen perehtyneestä ammattilaisesta kuten erikoislääkäreistä, palveluntarjoajista ja lääkintähenkilökunnasta Yhdysvaltain asevoimien eri haaroista. [15] Myös Suomen Puolustusvoimat käyttää nykyisessä taistelustrategiassaan TCCC:n mukaista toimintaa [2].

Taisteluensiapu jaetaan TCCC:n periaatteen mukaan kolmeen vaiheeseen: 1) Care Under fire (Ensiapu/-hoito vihollisen vaikutuksen alla) 2) Tactical Field Care (Ensiapu/-hoito vihollisen vaikuttamiselta suojassa) ja 3) Tactical Evacuation Care (Ensiapu/-hoito evakuoinnin yhteydessä). Seuraavaksi käsitellään eri vaiheiden aikana tehtäviä toimenpiteitä. Tarkemmin käydään läpi ensimmäinen vaihe välittömästi haavoittumisen tapahtuessa sekä myöhemmät toimenpiteet koskien etenkin kiristysiteen käyttöä.

1) Care Under Fire (CUF)

Haavoittumishetkellä ensimmäinen tavoite on tuliyivoiman saavuttaminen, jonka luomiseen myös haavoittunut kyetessään osallistuu. Haavoittunut siirtyy suojaisaan paikkaan, jossa hän pyrkii hoitamaan vammansa itse. Tilanteen salliessa, ja sen ollessa tarpeellista, toinen taistelija avustaa haavoittuneen siirrossa suojaisaan paikkaan. Tilanteessa on pyrittävä välttämään uusia haavoittumisia. Henkeä uhkaava raajaverenvuoto tyrehdytetään kiristysiteellä haavoittuneen itsensä toimesta tämän omalla kiristysiteellä tai taistelijaparin toimesta, jos tilanne sen mahdollistaa: kiristyside asetetaan varustuksen päälle ja haavoittuneeseen kohtaan nähden selvästi proksimaalisesti eli raajan tyven puolelle. Jos haavoittumiskohta raajassa on epäselvä, tulee kiristyside asettaa raajan tyveen.

2) Tactical Field Care (TFC)

TFC on taistelupelastajan tai muun laajemman lääkinnällisen koulutuksen saaneen henkilön suorittamaa ensihoitoa suojaisassa paikassa edelleen vihollisen vaikutuksen alaisena. Haavoittunut tutkitaan järjestelmällisesti MARCH-menetelmällä, jossa käydään läpi massiiviset verenvuodot (Massive hemorrhage), ilmatiet (Airway), hengittäminen (Respiration), verenkierto (Circulation) ja hypotermia (Hypothermia) eli kehon kylmeneminen. Haavoittuneen henkisen mielentilan mukaan tulee harkita tämän aseiden haltuunottoa. Massiivinen raajaverenvuoto tutkitaan ensimmäisenä ja kiristysside asetetaan, jos niin ei ole jo tehty. Kiristysside asetetaan noin 5 cm proksimaalisesti vauriokohdasta. Jos kiristysside ei tyrehdytä verenvuotoa, asetetaan toinen kiristysside edelliseen nähden proksimaalisesti. Muualla kuin raajoissa ilmaantuva massiivinen verenvuoto pyritään tyrehdyttämään hemostaattisilla siteillä tai raajojen tyviin tarkoitetuilla kiristyssiteillä. Suoritetaan myös arvio verenvuotosokin kehittymisestä tutkimalla haavoittuneen tajunnantasoja sekä distaalisia pulsseja ranteista ja nilkoista. Sokin merkkejä tunnistettaessa tulee harkita välittömiä toimia haavoittuneen tilan kohentamiseksi.

3) Tactical Evacuation Care (TEC)

Evakuoinnin yhteydessä suoritettavassa hoidossa jatketaan mahdollisuuksien mukaan TFC:n aikaisia hoitotoimenpiteitä MARCH-menetelmän mukaan. Mikäli evakuointi tapahtuu ajoneuvossa ja paikalla on lääkinnällisen koulutuksen saanutta henkilöstöä, voidaan suorittaa enemmän invasiivisia hoitotoimenpiteitä haavoittuneen tilan niin vaatiessa. [6,15] Kiristyssiteen tarkkailu on tärkeää, sillä verenvuoto saattaa alkaa uudestaan, kun asettamisesta on kulunut jonkin aikaa [16]. Kiristyssidettä ei saa poistaa ilman perusteltua syytä. Päätöksen kiristyssiteen poistamisesta tai korvaamisesta tekee lääkinnällisen koulutuksen saanut henkilö [1].

2.4 Tarkasteltavat kiristyssidemallit

CAT6 (Combat Application Tourniquet, Generation 6)

CAT6 on yhdysvaltalaisen C•A•T Resources-yhtiön vuosina 2009–2015 valmistama windlass-tyyppinen kiristysside, jonka käytöstä on runsaasti kokemusta muun muassa Yhdysvaltain armeijan operaatioista. CAT6:sta on saatavilla runsaasti monipuolista tutkimustietoa. Vaikka CAT6 ei ole enää tuotannossa, on se edelleen sotilaskäytössä. [7]



Kuva 1 CAT6

CAT7 (Combat Application Tourniquet, Generation 7)

CAT7 on CAT6:ta seurannut kiristyssidemalli, joka on ollut tuotannossa vuodesta 2015. CAT7 on kehitetty CAT6- ja CAT5-mallien pohjalta kokeellisen tutkimustiedon ja kenttäkäytöstä tulleen palautteen pohjalta: kiristystanko on paksumpi ja kiristysjärjestelmää on yksinkertaistettu. [7]



Kuva 2 CAT7

SAM-XT (SAM Extremity Tourniquet)

SAM-XT on yhdysvaltalaisen SAM medical-yhtiön valmistama windlass-tyyppinen kiristysside [17]. Sidemallissa on automaattinen lukkiutumismekanismi, jonka tarkoitus on vakioida kiristystangolla tehtävän jälkikiristyksen määrää. SAM-XT on suhteellisen uusi tuote, eikä siitä ole yhtä paljon kokemusta sotilaskäytössä tai tutkimustietoa kuin CAT- ja SOFFT-mallisista kiristysseiteistä.



Kuva 3 SAM-XT

SOFTT (Special Operation Forces Tactical Tourniquet)

SOFTT on yhdysvaltalaisen Tactical Medical Solutions® -yhtiön valmistama windlass-tyyppinen kiristyside, jossa on metallinen kiristystanko ja kolmiokiinnike, johon kiristystanko lukitaan [18]. Mallista on uudempi versio, mutta SOFTT on edelleen sotilaskäytössä. Kiristyshihnan leveys on 2,5 cm.



Kuva 4 SOFTT

SOFTT-W (Special Operation Forces Tactical Tourniquet – Wide)

SOFTT-W on kehitetty SOFTT:n pohjalta havaittujen puutteiden perusteella. Mallista on poistettu toinen kolmiokiinnike ja kiristyshihnan on levennetty 3,8 cm leveäksi. Myös windlass-hakasilla varustettu versio on valmistettu. [18]



Kuva 5 SOFTT-W

MAT (Mechanical Advantage Tourniquet)

MAT on yhdysvaltalaisen Teleflex-yhtiön valmistama kiristyside malli, jonka toimintaperiaate poikkeaa edellä mainituista sidemalleista [19]. MAT:ssa on paksu, puolikaaren muotoinen tukiside, josta lähtee kiristysremmi. Tukisiteessä on pyöritettävä jälkikiristin, jossa on myös asettamisajan merkkämiselle varattu alue. MAT ei ole niin laajassa käytössä kuin windlass-tyyppiset kiristyssiteet, eikä siitä ole laajasti tutkimustietoa.



Kuva 6 MAT

IEST (Israeli Emergency Silicon Tourniquet)

IEST on silikoninauha, jonka toiminta perustuu silikonin elastisuuteen. Raajan ympärille kireästi käärittynä ja solmittuna IEST luo paineen, joka saa aikaan verenvuodon tyrehtymisen. [7] Kiristyssiteen on valmistanut elastisiin lääkintätarvikkeisiin erikoistunut Degania Silicone [20]. IEST on kaksi metriä pitkä ja 6,5 cm leveä.



Kuva 7 IEST

3. METODIKUVAUS

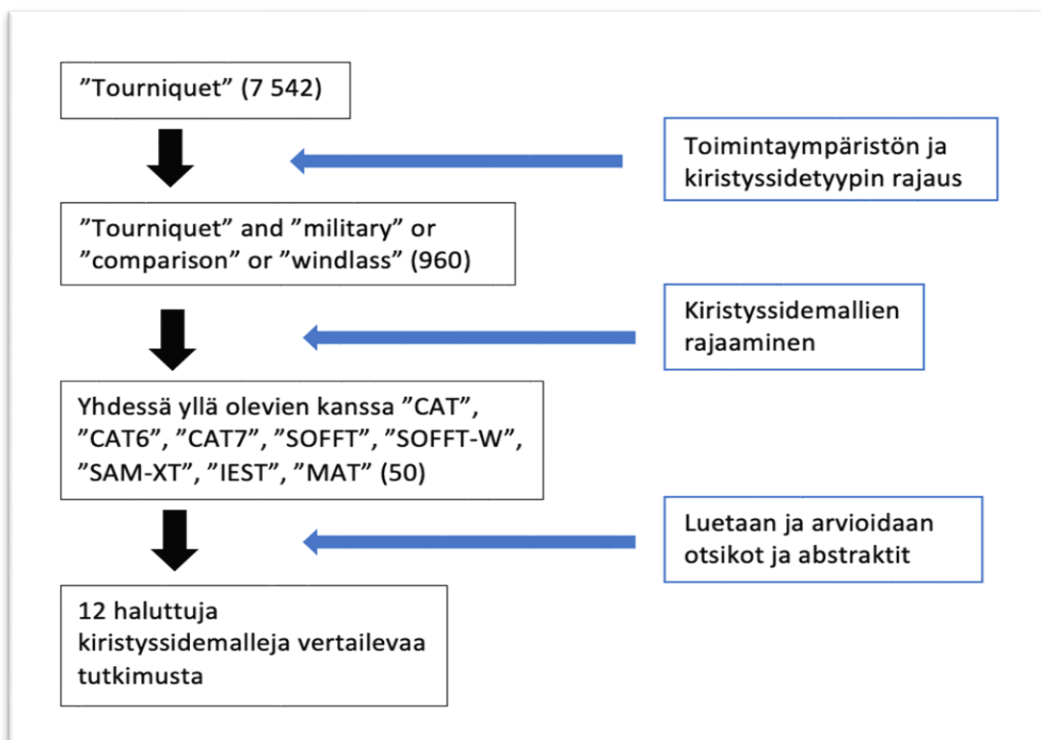
3.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kerätä tutkimustietoa kiristyssidemalleista määrättyjen tavoitteiden mukaan. Aineisto on rajattu arvioimalla artikkelien sisältöä ja luotettavuutta, jotta kirjallisuuskatsaukseen valikoituu paras saatavilla oleva tutkimustieto. Valitut julkaisut on kerätty RefWorks (ProQuest LCC 2021) -aineistohallintaohjelmaan. Työssä esiteltävät kuvaajat ja taulukot ovat tehty käyttämällä Microsoft office 365-palvelua (versio 16.45).

3.2 Hakustrategia

Systemaattista kirjallisuuskatsausta varten on kerätty aineistoa PubMed-palvelulla (PubMed® National Library of Medicine) Tampereen yliopiston lisenssillä. Tukena on käytetty Google Scholar-hakukonetta, josta löytyneet artikkelit on haettu kokonaisina PubMedistä.

Taulukko 1. PubMed- hakustrategia marraskuu 2020. Heittomerkeillä hakutermit ja suluisissa hakutulosten määrä.

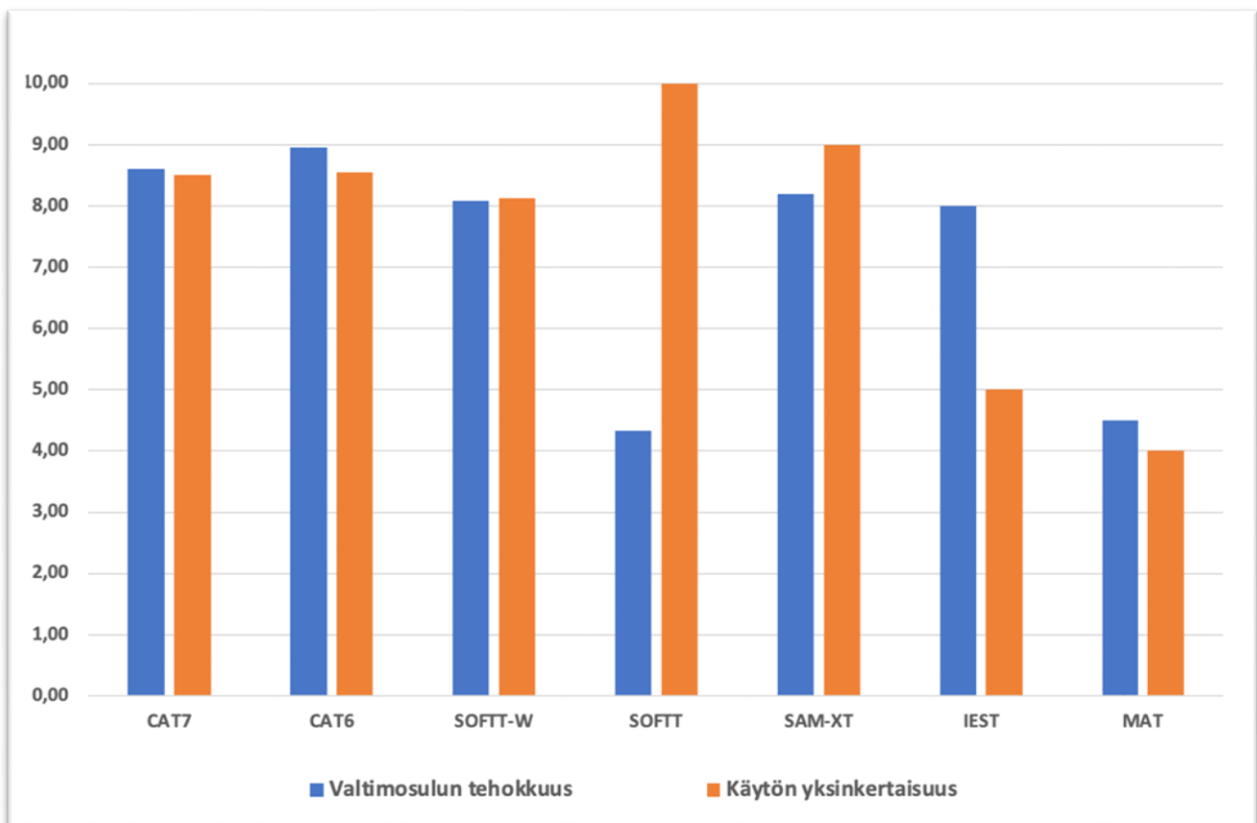


Hakusanalla "tourniquet", joka tarkoittaa suomeksi kiristyssidettä, löytyi PubMedistä 7 542 tutkimusta. Näistä suurin osa käsittelee kiristyssiteen käyttöä sairaalaympäristössä ja käytetty kiristysside on usein pneumaattinen eli ilmatäyttöinen. Tutkimuksen kannalta oleellisten artikkelien löytämiseksi on aineistosta rajattu ne tutkimukset, jotka liittyvät sotilasympäristöön ja kiristyssiteen käyttöön taistelukentällä sekä kiristyssidemallien vertailuun. Lisäksi on rajattu pois pneumaattisia kiristyssiteitä käsittelevät tutkimukset, jolloin jäljelle jää tarkasteltavaksi kiristystangolliset windlass-kiristyssiteet ja muut ei-pneumaattiset mallit. Käyttämällä hakutermejä "tourniquet", "windlass", "military", "comparison", yhdessä, ryhmissä ja erikseen, löytyi 960 tutkimusta. Näistä suurin osa käsitteli kiristyssiteen toimivuutta sinänsä henkeä pelastettaessa. Tutkimuksen kannalta oleellisia tutkimuksia ovat ne, joissa vertaillaan useamman mallin toimintaa keskenään.

Hakuun on lisätty vielä kiinnostuksen kohteena olevat kiristyssidemallit: "CAT", "CAT6", "CAT7", "SOFTT", "SOFTT-W", "SAM-XT", "IEST" ja "MAT". Näin löytyi PubMedistä 50 tutkimusta, joista on rajattu katsaukseen valitut tutkimukset lukemalla näiden otsikot ja tarvittaessa abstraktit. Pois on suljettu tutkimukset, jotka käsittelevät vanhoja kiristyssidemalleja, jotka eivät ole enää aktiivisessa käytössä, sekä tutkimukset, jotka eivät vertaile vähintään kahta kiinnostuksen kohteena olevaa kiristyssidemallia. Jäljelle jäi 12 artikkelia, jotka on otettu osaksi kirjallisuuskatsausta. Hakustrategia on esitelty taulukossa 1 ja kiristyssidemalleja vertailevat tutkimukset on esitelty liitteessä 1 sivulla 38.

4. KIRISTYSSIDEMALLIEN VERTAILU

CoTCCC arvioi kiristyssidemalleja olemassa olevan tutkimustiedon perusteella systemaattisella kirjallisuuskatsauksella. Komissio suosittelee tutkimuksissa parhaiksi todettuja kiristyssiteitä käytettäväksi taistelukentällä ja kehottaa välttämään kiristyssidemalleja, jotka eivät ole osoittautuneet riittävän tehokkaiksi tai niistä ei ole tarpeeksi tutkimustietoa suosituksen perustaksi. Tuorein CoTCCC:n suositus kiristyssiteistä on vuonna 2019 valmistunut Montgomeryn ym. katsaus. [7] Julkaisussa arvioidaan kaikkia tähän katsaukseen valittuja kiristyssidemalleja. Näistä malleista CoTCCC suosittelee taistelukentällä käytettäväksi CAT6, CAT7, SOFTT-W ja SAM-XT kiristyssiteitä. Tarkastelluista kiristyssiteistä ei suositella käytettäväksi SOFTT, MAT ja IEST malleja.



Kuvaaja 1. Tarkastellut kiristyssidemallit Montgomeryn ym. katsauksen pisteyttämänä valtimosulun tehokkuuden ja käytön yksinkertaisuuden perusteella [7].

Montgomery ym. vertailevat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan kiristyssiteitä laaja-alaisesti pisteyttäen kunkin mallin. Katsauksessa arvioidaan kiristyssiteen kykyä

tyrehdyttää raajaverenvuoto, asettamiseen kulunutta aikaa, yksinkertaisuutta, aikaansaamaa painetta, teknisiä tietoja, turvallisuutta, käyttäjämieltyymystä sekä logistiikkaa. Merkittävimpinä kohtina on katsottu olevan raajaverenvuodon tyrehtyminen sekä käytön yksinkertaisuus, joista kiristyssiteiden on ollut mahdollista saada kummastakin kategoriasta 10 pistettä. Mallien saamat pisteet näissä kategorioissa ovat nähtävillä kuvaajassa 1. Suurin mahdollinen kokonaispistemäärä katsauksessa on 50 pistettä ja suosituksen raja 40 pistettä. Parhaat pisteet saanut CAT7 on saanut 44 pistettä, mutta ero muihin suositeltaviin malleihin on vain muutamia pisteitä. Sidemallien katsauksessa saamia kategoriakohtaisia pisteitä tarkastellaan merkittävimiltä osin tämän tutkimuksen seuraavissa osissa muun tutkimustiedon tarkastelun ohella.

Montgomeryn ym. katsaus käsittelee kiristyssidemalleja monipuolisesti. Se on kuitenkin yleiskatsaus ja tehty yhdysvaltalaisen tutkijoiden ja sotilashenkilöiden näkökulmasta. Tämän vuoksi on ollut tärkeää tehdä kirjallisuuskatsaus aiheesta ja käydä läpi erityisesti kenttälääkinnän kannalta keskeisiä aiheita. Lisäksi on paljon tutkimustietoa, jota Montgomery ym. eivät ole käyneet läpi katsauksessaan, sekä vuoden 2019 jälkeen julkaistua laadukasta tutkimusta, josta saadaan hyödyllistä tietoa arvioitaessa kenttälääkinnän kannalta parhaita siteitä. Tässä katsauksessa on arvioitu kiristyssidemalleja kenttälääkinnän kannalta merkittävimpien aiheiden perusteella, joita on katsottu olevaksi:

1. Kiristyssiteen kyky tyrehdyttää raajaverenvuoto
2. Olosuhteiden ja varustuksen vaikutus verenvuodon tyrehtyttämiseen
3. Kiristyssiteen tehokkuus itselle ja toiselle asetettaessa
4. Kiristyssiteen koulutettavuus

Useat tähän katsaukseen valitut tutkimukset eivät CAT-mallia tarkastellessa tee eroa tai tarkalleen ilmoita, mikä CAT-tuotesukupolvi on kyseessä. Näihin tutkimuksiin viitattaessa tullaan myös tässä tekstissä käyttämään yleisesti termiä "CAT" puhuttaessa valmistajan kiristyssiteistä. Koska CAT7 ja CAT6 ovat ominaisuuksiltaan ja tehokkuudeltaan hyvin samanlaiset [21], ei mallien erottelematta jättämisellä ole suurta merkitystä. Huomattavaa on myös eri valmistajien mallien välinen ero tutkitun tiedon määrässä. Mikäli aihepiirin tutkimusta ei jostain kiristyssidemallista löydy, ei sen toimintaan tällä osa-alueella voida ottaa muuta kantaa, kuin tutkitun tiedon puute.

4.1 Raajaverenvuodon tyrehtyttäminen

Verenvuodon tehokas ja nopea tyrehtyttäminen on ensisijaisen tärkeää massiivisesta raajaverenvuodosta kärsivän haavoittuneen hengen pelastamiseksi. [1] Kiristyssidettä käytettäessä verenvuodon tyrehtyminen on seurausta siteen aiheuttamasta paineesta raajaan, joka saa valtimot sulkeutumaan. Aikaan saadun paineen on oltava 50–150 mmHg korkeampi kuin systolisen verenpaineen, jotta valtimot sulkeutuvat. [11] Kiristyssidemallien kyky tuottaa painetta vaihtelee [7]. Valtimosulun aikaan saavan paineen saavuttamisen ohella on tärkeää, että se saadaan luotua nopeasti, jotta verta menetettäisiin mahdollisimman vähän.

Montgomeryn ym. katsauksessa kiristyssidemallit saavat pisteitä valtimosulun saavuttamisesta (10–0), asettamisen nopeudesta (5–0) ja paineen luomisesta (5–0). Yhteensä näistä on ollut mahdollista saada puolet CoTCCC:n suositukseen tarvittavista pisteistä. Valtimosulkua arvioitaessa Montgomery ym. ovat tarkastelleet tutkimuksia, jotka on suoritettu koehenkilöillä ja verenvirtauksen loppuminen varmistettu doppler-ultraäänilaitteilla, tai laadukkailla stimulaatiomannekiineilla suoritettuja tutkimuksia. Näissä kategorioissa saadut kiristyssidemallikohtaiset pisteet ovat nähtävillä taulukossa 2.

Saadakseen valtimosulun tehokkuudesta täydet pisteet, on kiristyssiteellä saavutettava tämä vähintään 90 %:ssa asettamisista. Alle 70 %:n tehokkuudesta ei ole saanut pisteitä ja kiristysside hylättiin kokonaan, jos tehokkuus on alle 50 %. Montgomeryn ym. katsaus esittää, että CAT7, CAT6, SOFTT-W, SAM-XT ja IEST suoriutuvat hyvin valtimoiden sulkemisesta. SOFTT:n ja MAT:n tehokkuus on katsauksen mukaan heikko, eivätkä ne kriteerien perusteella saa CoTCCC:n suositusta.

Montgomeryn ym. katsaus pitää kiristyssiteen tuottamaa 180–500 mmHg:n painetta sopivana valtimoiden sulkemiseen. Tutkittavat kiristyssiteet saavuttavat katsauksen mukaan vaadittavan paineen luotettavasti, lukuun ottamatta SOFTT ja MAT kiristyssiteitä, joiden kyvystä tuottaa painetta ei ole tarpeeksi tutkittua tietoa. SAM-XT ja IEST tuottavat parhaiten painetta.

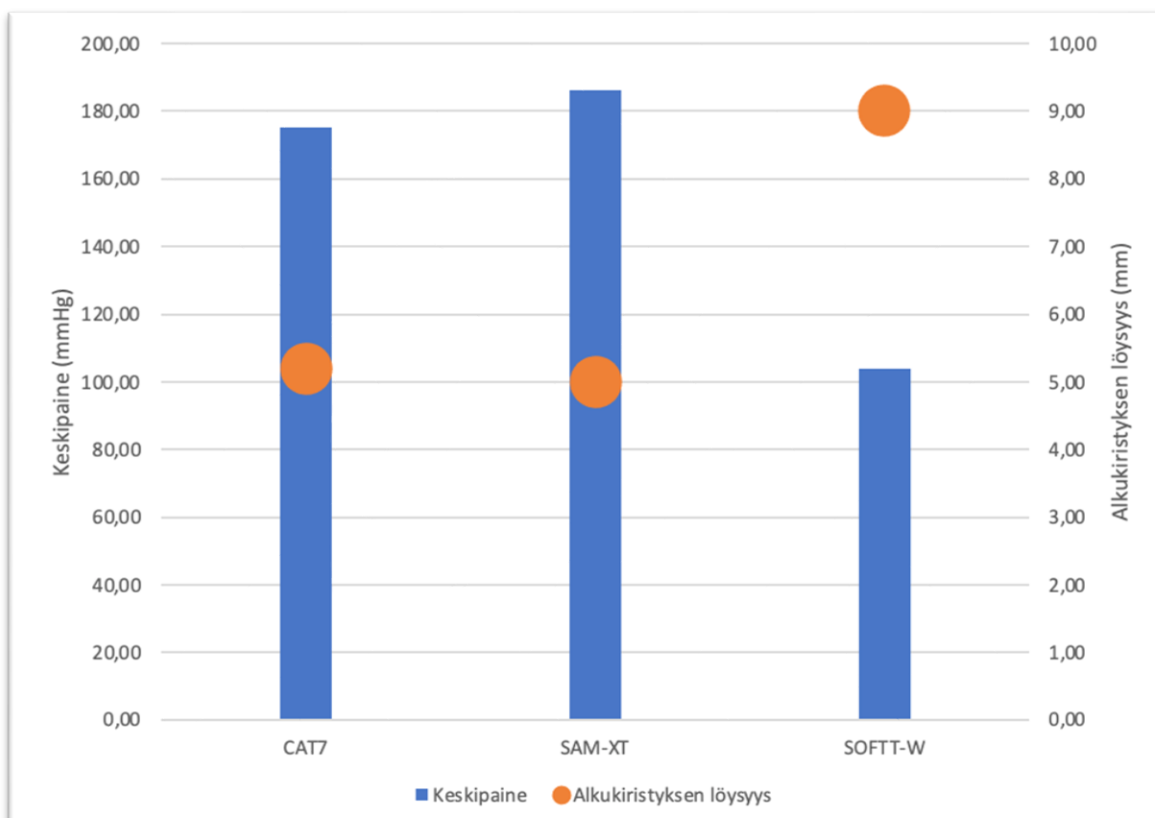
Montgomeryn ym. tutkimuksen mukaan kiristyssiteellä tulee saavuttaa verenvuodon tyrehtyminen 60 sekunnissa ja 90:n sekunnin kuluttua asettamisen on oltava valmis, jolloin kiristysside on lukittu ja asettamisaika merkattu. Tällöin kiristysside on saanut täydet 5 pistettä. Asettamisajan ollessa pidempi tai tutkimustiedon puuttuessa kiristysside on saanut vähemmän pisteitä. Katsauksen mukaan nopeimmat kiristyssiteet asettaa ovat IEST ja MAT. Nopeita asetettavia ovat myös CAT7, CAT6 ja SOFTT-W. Näin vahvaa näyttöä asettamisen nopeudesta ei ole SAM-XT ja SOFTT malleja käytettäessä. [7]

Taulukko 2. Montgomeryn ym. katsauksen antamat pisteet kiristyssiteiden kyvyille valtimosulun saavuttamiseen, paineen tuottoon ja asettamisnopeudelle. [7]

	Valtimosulku	Paineentuotto	Asettamisnopeus	Yhteensä
CAT7	8,60	4,71	4,86	18,17
CAT6	8,95	4,29	4,64	17,88
SAM-XT	8,20	5,00	3,60	16,80
SOFTT-W	8,09	4,33	4,50	16,92
SOFTT	4,33	1,00	4,00	9,33
IEST	8,00	5,00	5,00	18,00
MAT	4,50	1,00	5,00	10,50

Windlass-tyyppisissä kiristyssiteissä paineen ja kiristyksen luominen perustuu asettajan suorittamaan alkukiristykseen siteen vapaasta päästä vetämällä, jonka jälkeen lopullinen kiristys tapahtuu kiristystangolla, joka lukitaan windlass-hakasiin tai kiinnityskolmioon. Alkukiristuksen onnistuminen ja riittävän kireyden luominen tässä vaiheessa ovat tärkeitä seikkoja tehokkaan verenvuodon tyrehtyttämisen kannalta. [22,23] Alkukiristuksen löysyyden on havaittu olevan merkittävin syy kiristyssiteen asettamisen epäonnistumiselle [24]. Tutkimusten mukaan eri sidemallit jäivät toisia löysemmiksi alkukiristystä tehtäessä, jonka seurauksena asettaminen epäonnistuu todennäköisemmin. Katsnelson ym. vertailivat tutkimuksessaan CAT7, SAM-XT ja SOFTT-W kiristyssiteitä simulaatiomannekiinilla. Tutkimuksen mukaan löysyys alkukiristyksessä korreloi heikon verenvuodon kontrollin, matalan paineen ja menetetyin verimäärän kanssa. Löysyys mitattiin asettamisen jälkeen raajan ja kiristyssiteen väliin mahtuvalla mitalla millimetreinä, kun kiristystangon jälkikiristys poistettiin. Tutkimuksessa havaittua alkukiristuksen löysyyden ja kiristyssiteen aikaansaaman keskipaineen yhteyttä on esitelty kuvaajassa 2.

CAT7 ja SAM-XT aiheuttavat yhtäläistä löysyyttä ($5.2 \text{ mm} \pm 3.4$ vs. $5.0 \text{ mm} \pm 3.5$, $p > 0.05$). SOFTT-W jää merkitsevästi enemmän löysäksi kahteen edelliseen verrattuna ($9.0 \text{ mm} \pm 5.0$, $p < 0.017$). Tutkimuksen mukaan SOFTT-W on merkitsevästi heikoiten suoriutuva verenvuodon kontrollissa, joka myös yhdistetään alkukiristuksen löysyyteen (Tyrehdyttämisen onnistumisprosentit: CAT7 (67.7 %), SAM-XT (73.3 %) ja SOFTT-W (35.0 %)). [22]



Kuvaaja 2. Katsnelson ym. tutkimuksen havaitsema yhteys alkukiristuksen löysyyden ja keskipaineen välillä CAT7, SAM-XT ja SOFTT-W kiristysiteitä tarkasteltaessa. SOFTT-W on myös merkitsevästi heikoiten suoriutuva verenvuodon tyrehdyttäjä. [22]

Löysyyden ohella toinen haaste kiristysiteiden käytössä ja kyvyssä tyrehdyttää verenvuoto on siteen aiheuttaman paineen lasku hetken kuluttua kiristysiteen asettamisesta. Tämän seurauksena verenvuoto saattaa alkaa uudestaan. [16,25] Wall ym. mittasivat CAT, SOFTT-W ja elastisen SWATT (IEST:n tyyppinen kiristyside) kiristysiteen aiheuttamaa painetta asettamisen kolmessa eri vaiheessa: kun valtimot sulkeutuvat, asettamisen ollessa valmis ja kahden minuutin kuluttua asettamisesta. Kiristysidemallien aikaan saamat paineet ovat nähtävissä taulukossa 3.

Taulukko 3. Wall ym. tutkimuksen mitaamat paineet kiristysiteen asettamisen vaiheissa CAT, SOFTT-W ja SWATT kiristysiteillä. Paineen yksikkönä on elohopeamillimetri (mmHg). [16]

	Paine valtimoiden sulkeutuessa	Paine asettamisen ollessa valmis	Paine kahden minuutin kuluttua asettamisesta
CAT	382 ± 100	510 ± 108	424 ± 92
SOFTT-W	381 ± 81	457 ± 103	407 ± 88
SWATT	212 ± 46	294 ± 59	287 ± 57

Kiristysiteen aiheuttama paine on korkeimmillaan asettamisen ollessa valmis. Siteen kiristäminen siis vielä jonkin verran jatkuu valtimosulun saavuttamisesta huolimatta. Korkeimman paineen malleista saavuttaa CAT, mutta pelkkä kyky tuottaa korkeaa painetta ei tarkoita välttämättä tehokkainta kykyä sulkea valtimot: elastinen SWATT kykenee sulkemaan valtimot merkittävästi pienemmällä paineella kuin verratut windlass-kiristysiteet. Jokaisen kiristyssidemallin tuottama paine laskee asettamisen jälkeen. Eniten laskua tapahtuu CAT:lla ja vähiten elastisella SWATT:lla. Toisaalta CAT sai aikaan suurimman paineen ja sen aikaan saama paine on edelleen korkeampi kahden minuutin kuluttua asettamisesta, kuin SOFTT-W:n vastaavana ajankohtana tuottama paine. Jokaisella tutkitulla kiristyssidemallilla paine saattaa laskea alle valtimot sulkevan paineen, jolloin verenvuoto alkaa uudestaan. Riski uudelleen alkavalle vuodolle on pienin elastisella SWATT:lla, joka säilyttämään paineen tehokkaimmin. [16]

4.2 Olosuhteiden ja varustuksen vaikutus kiristysiteen toimivuuteen

Suuri osa kirityssidemalleja tarkastelevista tutkimuksista on tehty simulaatiomannekiineilla laboratorioympäristössä. Taistelukentän olosuhteet vaihtelevat suuresti vuodenajan, sään, ympäristön, vuorokaudenajan ja taistelutilanteen seurauksena. Tämän vuoksi on tärkeää arvioida kiristysiteiden tehokkuutta laboratorio-olosuhteiden lisäksi myös erilaisten ympäristövaikutusten alaisena. Näin voidaan valita vallitsevaan ympäristöön tehokkain kiristyside. Mahdollisia haasteita kiristysiteen asettamiseen tuovat muun muassa olosuhteiden vaatima varustus, märkyys ja valaistus.

Talviolosuhteissa taistelija käyttää paksumpia varusteita kuin lämpiminä vuodenaikoina. Erilaiset kerrastot ja toppavarusteet lisäävät raajan ja kiristysiteen välissä olevan materiaalin määrää. Kanadalaisen tutkimuksen mukaan tällainen varustus ei merkittävästi vaikuta kiristysiteen kykyyn tyrehtyttää verenvuotoa tai pidennä kiristysiteen asettamisaikaa. Kyseisen varustuksen vaikutusta on testattu CAT, SOFTT-W ja SOFFT kiristysiteillä, joista CAT koettiin miellyttävimmäksi käyttää ja oli kolmesta sidemallista nopein asettaa. Myös SOFTT-W:n ja SOFFT:n käyttö koettiin miellyttäväksi kyseisessä skenaariossa, mutta SOFTT:n asettamisaika oli merkittävästi muita malleja pidempi. [26]

Pimeässä ympäristössä olosuhteiden vaikutusta voidaan minimoida käyttämällä pimeänäkölaitteita. Jos kiristysiteen asettamista harjoitellaan pimeänäkölaitteiden kanssa, ei niiden tehokkuus heikkene valoisaan ympäristöön verrattuna. [27] CAT ja SOFTT-W ovat osoittautuneet tehokkaiksi verenvuodon tyrehtyttämisessä pimeässä ympäristössä myös ilman pimeänäkölaitteita, kun tilannetta on tutkittu asettamalla kiristysidettä simulaatiomannekiinille [28]. Tutkimustietoa kiristysiteiden toimivuudesta ja tehokkuudesta pimeässä ympäristössä on saatavilla rajallisesti.

Märän ympäristön vaikutusta kiristysiteen asettamiseen on tutkittu CAT- ja SOFFT-kiristysiteillä sekä elastisella SWATT:lla. Märkyys ei aiheuttanut CAT:n ja SOFFT:n asettamisen epäonnistumista, eikä pidentänyt asettamisaikaa. Elastisen SWATT-kiristysiteen asettamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota märissä olosuhteissa, koska elastisesta materiaalista tulee liukas. [11] IEST-kiristyside on elastista materiaalia, joten märkyys saattaa vaikeuttaa myös sen asettamiseen.

CBRN-varustuksen vaikutusta kiristyssiteen tehokkuuteen on tutkittu CAT- kiristyssiteellä. Brittiläisessä tutkimuksessa sekä asettajalla että asetettavalla henkilöllä oli CBRN:n mukainen varustus, johon kuuluu suojaavan vaatekerran lisäksi kaasunaamari ja hansikkaat. Tutkimuksen perusteella kiristyssiteen tehokkuus verenvuotoa tyrehdytettäessä ei heikkene, eikä asettamisaika merkitsevästi pitene. CBRN-varustus myös vähensi kiristyssiteen asettamisen aiheuttamaa kipua. [29]

Pitkään jatkuva ympäristön rasitus heikentää kiristyssiteen tehokkuutta. CAT- ja SOFFT-W-kiristyssiteitä altistettiin sääolosuhteille puolentoista vuoden ajan Yhdysvaltain Texasissa, joka merkitsevästi laski kiristyssiteen tehokkuutta henkeä pelastettaessa verrattuna rasittamattomiin kiristyssiteisiin. Tehokkuutta testattiin simulaatiomannekiinilla, jolloin tuloksiksi saatiin rasittamattomille siteille 100 % tehokkuus, eli jokainen asetus oli onnistunut, kun rasitetuille kiristyssiteille tehokkuus oli 89 %. Myös kiristyssiteiden aikaan saama paine laski, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä rasittamattomiin kiristyssiteisiin verrattuna. [30]

4.3 Kiristyssiteen tehokkuus itselle ja toiselle asetettaessa

Care under fire tilanteessa haavoittunut pyrkii lähtökohtaisesti asettamaan kiristyssiteen itselleen. Tilanteen salliessa tai sen vaatiessa esimerkiksi tajunnan menetyksen seurauksena tarvitaan asettamiseen taistelijaparin apua. [6] Kiristyssiteen tulee olla helppokäyttöinen ja nopeasti asetettava molemmissa tilanteissa, jotta verenvuoto saadaan tyrehtymään tehokkaasti. CAT-kiristyssidettä mainostetaan suositumpana henkilökohtaiseen käyttöön, kun taas SOFFT-W-mallia toisen avustamiseen [31]. Mutta onko väitteen tueksi tutkittua tietoa?

Kanadalaistutkimus arvioi CAT-, SOFFT- ja SOFFT-W-kiristyssiteiden toimintaa neljässä eri skenaariossa, joista yksi oli omaan yläraajaan asettaminen ja loput taistelijaparin alaraajaan eri tilanteissa. Tutkimuksen perusteella taistelijaparille reiteen asetettaessa CAT on nopein asetettava; Ero SOFFT-W:n kanssa oli kuitenkin vähäinen. SOFFT:n asettamisessa kesti tilastollisesti merkitsevästi pisimpään. Käyttäjät myös kokivat CAT:n olevan miellyttävien asettaa taistelijaparin reiteen. Itselle käsivarteen asetettaessa CAT oli tilastollisesti merkitsevästi nopein asettaa. SOFFT:n ja SOFFT-W:n asettaminen kesti yli kaksi kertaa kauemmin. CAT myös koettiin helpoksi asettaa omaan käteen, kun taas SOFFT ja SOFFT-W malleja ei. Asettamisaikojen keskiarvot taistelijaparin reiteen ja itselle käsivarteen asetettaessa ovat nähtävissä taulukossa 4. Tutkimuksessa kiristyssiteen asettamisen onnistuminen todennettiin distaalisen pulssin häviämällä sekä varmentamalla verenvirtauksen tyrehtyminen Doppler-menetelmällä. [26] Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että CAT on nopeampi ja miellyttävämpi sekä itselle että toiselle asetettaessa kuin SOFFT ja SOFFT-W.

Taulukko 4. CAT-, SOFFT-W- ja SOFFT-kiristyssiteiden asettamisaikojen keskiarvot taistelijaparille ja itselle asetettaessa. [26]

	Taistelijaparin reiteen	Omaan käsivarteen
CAT	33.2 s	24.1 s
SOFFT-W	37.2 s	61.7 s
SOFFT	45.0 s	51.6 s

Saman suuntaisia tuloksia on saatu myös Israelilaistutkimuksessa, jossa verrattiin CAT- ja SOFTT-malleja itselle ja taistelijaparille asetettaessa. CAT oli molemmissa tapauksissa nopeampi asettaa, mutta merkittävin ero mallien välillä oli omaan yläraajaan asetettaessa: SOFTT:n asettamisessa kesti keskimäärin yli kaksi kertaa kauemmin kuin CAT:n (54 ± 69 s vs. 21 ± 8 s). [11]

Kiristysiteiden tehokkuutta tutkitaan usein simulaatiomannekiineilla, jotka esittävät ihmisen reittä. [22,32,33] Käytetty mannekiini on usein HapMed Leg Tourniquet Trainer (CHI System). [22] Tilanne simuloi kiristysiteen asettamista taistelijaparin reiteen. Tilanteessa suoriutuvat hyvin CAT7 ja SAM-XT, jotka ovat merkitsevästi tehokkaampia verenvuodon tyrehtyksessä kuin SOFTT-W. Ne ovat myös noin kymmenen sekuntia nopeampia asettaa. [32]

CAT-mallia on verrattu IEST-malliin HapMed mannekiinilla, jolloin saatiin tulokseksi, että IEST on tehokkaampi valtimot sulkevan paineen tuottamisessa (91 % vs. 73 % $p < 0,007$), mutta sen asettamisessa kestää noin 5 sekuntia kauemmin. Asettamisajan ero mallien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä tulos ($p > 0,58$). Vaikka IEST oli tutkimuksen mukaan tehokkaampi valtimoiden sulkemisessa, koki käyttäjistä 69,2 % CAT:n paremmaksi kiristysiteeksi ja helpommaksi asettaa. [33]

Kiristysiteen asettaminen pediatrialle potilaalle on kenttälääkinnässä poikkeuksellinen tilanne. Rauhanturvaoperaatioissa ja siviiliympäristön ensihoidossa lapsipotilaiden hoito tulee ottaa tarkemmin huomioon. Kiristysidemallien toimivuutta lapsipotilailla on tutkittu lasten raajoja esittävillä simulaatiomannekiineilla CAT6-, CAT7-, SOFTT-, SOFTT-W- ja SWATT-kiristysiteillä. Alle yksivuotiaille lapsille mikään kiristysidemalleista ei ole tehokas verenvuodon tyrehtyttäjä. Tätä vanhemmilla lapsilla tehokkain kiristyside on elastinen SWATT. Windlass-kiristysiteet eivät luotettavasti hallitse verenvuotoa alle 5-vuotiailla lapsilla ja tätäkin vanhemmilla lapsilla elastinen SWATT on luotettavampi vaihtoehto. [34]

4.4 Kiristyssiteen koulutettavuus

Olemassa oleva tutkimustieto tulee yhdenmukaisesti tulokseen, että taistelijalle annettava koulutus ja harjoittelu nopeuttavat kiristyssiteen asettamista sekä lisäävät tämän onnistumisen todennäköisyyttä. [22,28,33,35] Arvioitaessa kiristyssidemallin soveltuvuutta koulutukseen, voidaan tarkastella koulutettavien ja tutkimuksiin osallistuneiden henkilöiden arvioita kiristyssidemallin helppokäyttöisyydestä ja asettamisen yksinkertaisuudesta. Kiristyssiteen asettamisen yksinkertaisuus sekä käyttäjän kokema asettamisen helppous ovat kiristyssiteelle positiivisia ja tärkeitä ominaisuuksia. Kiristyssidemallien väliset eroavaisuudet vaikuttavat käyttäjän kokemaan asettamisen helppouteen. [7]

Montgomery ym. painottavat katsauksessaan käytön yksinkertaisuutta toisena merkittävimmistä kiristyssiteen ominaisuuksista valtimosulun saavuttamisen ohella. Tätä on arvioitu asettamiseen vaadittavien vaiheiden määrän ja käyttäjien arvioiman asettamisen helppouden perusteella. Esimerkiksi windlass-kiristysside, jonka kiristystankoa tarvitsee kiertää vähemmän kuin toista, on saanut paremmat pisteet. Lisäksi katsaus on pisteyttänyt kiristyssiteitä käyttäjämielityksen mukaan, mutta painotus on vain puolet käytön yksinkertaisuudesta.

Montgomeryn ym. mukaan yksinkertaisin kiristysside käyttää on SOFFT, joka on saanut kategoriassa täydet pisteet. Myös CAT6, CAT7, SOFTT-W ja SAM-XT ovat saaneet yksinkertaisuudestaan hyvät pisteet. Heikoimpia kiristyssiteitä yksinkertaisuutensa puolesta ovat IEST ja MAT. [7] Kiristyssidemallien saamat pisteet ovat nähtävissä kuvaajassa 1, sivulla 14.

Käyttäjämielitystä on haasteellista arvioida katsauksessa, koska eri tutkimukset käyttävät erilaisia kriteerejä sen määrittämiseen. Montgomeryn ym. katsauksessa mikään kiristyssidemalli ei ole saanut käyttäjämielityksestä täysiä pisteitä (5) muun muassa edellä mainitun arvioinnin haasteen seurauksena. Parhaat pisteet ovat saaneet CAT6 (3,40), CAT7 (3) ja SOFTT-W (3). Heikoiten tässä kategoriassa ovat suoriutuneet SOFTT (2,50), IEST (1.33), MAT (1.33) ja SAM-XT (1.33).

Montgomeryn ym. katsauksen perusteella koulutettavuudeltaan parhaat kiristyssiteet ovat SOFTT, CAT6, CAT7 ja SOFTT-W näiden saaman kokonaistuloksen perusteella kahdessa edellä mainitussa kategoriassa. [7] Vanhemman sukupolven kiristyssidemallit näyttävät katsauksen mukaan olevan tässä suhteessa hieman parempia kuin uudemmat mallit.

Montgomeryn ym. katsaus on pisteyttänyt kiristyssiteet sen mukaan, miten helpoiksi ne on arvioitu tutkimuksissa. Se ei kuitenkaan kerro täysin, miten kiristyssidemallit vertautuvat keskenään, koska osassa katsaukseen valituista tutkimuksista ja lähteistä kiristyssiteitä ei ole vertailtu ollenkaan: tarkastellaan siis vain yhtä kiristyssidemallia, jota ei verrata mihinkään toiseen malliin. Tällaisista tutkimuksista saatu tieto on puutteellista arvioitaessa kiristyssidemallien toimintaa keskenään. Tarkastelemalla kiristyssidemalleja keskenään vertailevia tutkimuksia, joissa käyttäjämieltymystä ja asettamisen helppoutta on arvioitu, voidaan arvioida mallien välisiä eroavaisuuksia tarkemmin ja täydentää Montgomeryn ym. katsauksen tarjoamaa tietoa.

CAT6- ja CAT7- malleja on vertailtu keskenään valmistajan tuotesukupolvia tarkastelevassa tutkimuksessa, jonka perusteella CAT7 on miellyttävämpi käyttää kuin CAT6. Lisäksi CAT7 otettaisiin mieluummin mukaan taistelutilanteeseen. Muilta ominaisuuksiltaan ja tehokkuudeltaan mallit ovat hyvin samanlaiset. [21] Tutkimuksen havainto käyttäjämieltymyksestä ei ole täysin linjassa Montgomeryn ym. katsauksen havainnon kanssa.

CAT- ja SOFTT-kiristyssiteitä vertailevassa tutkimuksessa saatiin tulokseksi käyttäjien mieltymyksestä, että CAT on kahdesta mallista miellyttävämpi käyttää. Ero mallien välillä oli kuitenkin pieni: osallistujien pisteyttäessä mallit mieltymyksen mukaan pistein 5-1, sai CAT pisteiksi $4,6 \pm 0,6$ ja SOFTT $4,0 \pm 1,0$. [11] Tämäkään tulos ei ole Montgomeryn ym. katsauksen tuloksen kanssa yhdenmukainen.

CAT-kiristyssidettä on verrattu myös SAM-XT:n ja IEST:n kanssa. CAT koettiin hieman SAM-XT:tä helpommaksi käyttää, mutta suurta eroa mallien välillä asian suhteen ei ollut [32]. CAT koettiin IEST:tä helpommaksi ja oli näistä valittaessa suositumpi. Kokemattomien ja vähän koulutettujen henkilöiden saattaa kuitenkin olla helpompi asettaa elastinen IEST, kuin mekaaninen CAT. Kiristyssiteen asettamisen onnistumisen

todennäköisyys pienenee, kun asettamisen harjoittelusta ja koulutuksesta on kulunut aikaa. Tämä on havaittavissa jo viikon kuluttua mekaanisilla kiristyssiteillä. Merkittävin syy ilmiölle on kiristyssiteen käyttötavan unohtaminen. Samanlaista käyttötavan unohtamista ei ole havaittavissa elastisella IEST:llä. [33]

Tutkimuksista saatava tieto kiristyssiteiden helppokäyttöisyydestä ei ole täysin yhdenmukaista ja havaitut eroavaisuudet sidemallien välillä ovat yleensä pieniä. On kuitenkin havaittu, että kiristyssiteen asettamisen harjoittelu tehostaa merkittävästi verenvuodon tyrehtyttämisen todennäköisyyttä [22,28,35]. Suurempi merkitys kiristyssiteen koulutettavuutta arvioitaessa näyttäisi siis olevan itse koulutuksella, eikä kiristyssidemallin valinnalla.

5. POHDINTA

Kiristyssidemalleista löytyy vaihtelevasti tutkittua tietoa. Eniten tutkimusta on kiristysseiteiden tehosta tyrehtyttää raajaverenvuoto, jossa luotettavimmiksi malleiksi osoittautuvat CAT-kiristysseiteet ja SAM-XT; heikoiten suoriutuvat SOFTT ja MAT. Olosuhteiden vaikutusta kiristysseiteen toimivuuteen on tutkittu eniten CAT:lla, joka on osoittautunut tehokkaaksi myös paksummilla vaatekerroilla talvi- ja CBRN-varustuksessa sekä märässä ympäristössä. Lisäksi CAT-kiristysseiteet ovat tutkitusti tehokkaita itselle sekä taistelijaparille asetettaessa. Koulutettavuudeltaan parhaat mallit ovat CAT-kiristysseiteet sekä SOFTT ja SOFTT-W. Koulutuksessa merkittävämpää on kuitenkin itse koulutuksen määrä ja laatu kuin kiristysidemallien vertailu.

Tarkastellun tutkimustiedon perusteella CAT6 ja CAT7 ovat vertailluista kiristysseiteistä suositeltavimpia käytettäväksi kenttälääkinnässä. CAT-malleista on runsaasti tutkittua tietoa ja tulokset ovat positiivisia. Toinen malleista on mukana lähes kaikissa kiristysidemalleja vertailevissa tutkimuksissa. CAT-kiristysseiteet ovat myös saaneet kiristysidemalleista parhaat pisteet Montgomeryn ym. CoTCCC-suositusta arvioivassa katsauksessa. Toisaalta ei CAT-kiristysseiteitäkään voi täydellisinä pitää: esimerkiksi niiden kyvystä ylläpitää painetta ei ole niin vahvaa näyttöä kuin elastisten kiristysseiteiden.

SOFTT-W ja SAM-XT saavat Montgomeryn ym. katsauksessa lähes yhtä hyvät pisteet kuin CAT-mallit ja ovat myös CoTCCC:n suosittelomia. Toisaalta näitä malleja vertailevassa tutkimuksessa SOFTT-W:n todettiin jäävän alkukiristystä tehtäessä merkitsevästi löysimmäksi ja sen seurauksena luovan pienimmän paineen sekä epäonnistuvan verenvuodon tyrehtyttämisessä todennäköisimmin [22]. Katsnelson ym. tutkimus on niin tuore, että sen tuloksia ei ole Montgomeryn ym. katsauksessa otettu huomioon. Yksittäinen tutkimus ei välttämättä muuttaisi annettua suositusta kiristysidemallista, mutta tämän tutkimuksen havaitsema merkittävä SOFTT-W-mallin löysäksi jääminen alkukiristystä tehtäessä lisää epävarmuutta sen tehokkuudesta luotettavana verenvuodon tyrehtyttäjänä ja lisätutkimusta aiheesta tarvitaan. Lisäksi SOFTT-W on selvästi heikommin suoriutuva itselle asetettaessa verrattuna CAT-

kiristyssiteisiin. Myös taistelijaparille asetettaessa CAT ja SAM-XT ovat parempia vaihtoehtoja.

SAM-XT on verenvuodon tyrehtyttämiskyvyssä CAT-kiristyssiteiden luokkaa ja on siten suositeltava kenttälääkintään. SAM-XT:n lukitusmekanismi on suunniteltu niin, että alkukiristys ei jäisi löysäksi ja ratkaisu on ilmeisen tehokas. Lukitusmekanismin heikkoutena voidaan pitää sen aiheuttamaa mallin hintaa, joka on noin 50 % korkeampi muihin suositeltaviin malleihin verrattuna [7]. SAM-XT:stä ei ole niin runsaasti tutkittua tietoa ja kokemusta kenttälääkinnästä, kuin CAT-kiristyssiteistä. Tämän perusteella sitä ei voida tällä hetkellä pitää täysin CAT:n veroisena lääkinällisenä laitteena.

Alkukiristuksen löysyyden aiheuttama ongelma on havaittu useissa tutkimuksissa ja siihen on esitetty korjausehdotus. Alkukiristuksen löysyyden minimointia on testattu lisäämällä CAT6-kiristyssiteeseen lisärempi, jota vedetään alkukiristystä tehdessä vastakkaiseen suuntaan (Kuva 8). Ratkaisu lisäsi verenvuodon tyrehtymisen todennäköisyyttä merkittävästi (67.7 % vs. 86.6 %, $p < 0,05$). [23] Saman tyyppinen lisärempi saattaisi tehostaa myös SOFTT-W-mallin toimintaa, jossa alkukiristuksen löysyys on suurempi ongelma kuin CAT:ssa. Tutkimuksen ehdottamaa ratkaisua tulisi tutkia enemmän ja eri kiristyssidemalleilla. Mikäli ratkaisu osoittautuu edelleen tehokkaaksi, voisi sen laajamittaisella käyttöönotolla lisätä kiristyssiteiden tehokkuutta ja kilpailukykyä toisiin malleihin verrattuna.



Kuva 8 [23]. Modifioitu CAT6, jossa on lisätty remmi*, josta asetettaessa vedetään alkuperäiseen remmiin ** nähden vastakkaiseen suuntaan. Ratkaisu lisäsi kiristyssiteen tehokkuutta raajaverenvuotoa tyrehtytettäessä simulaatiomannekiineilla suoritettussa tutkimuksessa.

SOFTT ja MAT eivät ole CoTCCC:n suosittamia, eikä niiden käyttöä taistelukentällä ole syytä harkita kuin tehokkaampien kiristyssidemallien puuttuessa. Näistä malleista löytyvä tutkimustieto on rajallista ja etenkin MAT:n osalta vähäistä. Saatavilla olevan tiedon perusteella kumpikaan side ei tyrehdytä verenvuotoa tehokkaasti tai tuota riittävää painetta luotettavasti. SOFTT:n hyvänä puolena voidaan pitää sen käyttömekanismien yksinkertaisuutta. Tähän malliin kohdistuu kuitenkin vielä erityishuoli: laadukkaan kiristyssiteen hihnan tulee olla yli 1,5 tuumaa (3,81 cm) leveä. [7] Tätä kapeampi kiristysside aiheuttaa verenvuotoa tyrehdytettäessä suuremman paineen, mikä altistaa kudosis- ja hermovaurioille. SOFTT:n hihna on vain 2,5 cm leveä, eli vaara kudosisvaurioille sitä käytettäessä on muita malleja suurempi.

UEST on tehokas verenvuodon tyrehdyttäjä ja elastisen materiaalin on todettu tuottavan tehokkaasti valtimot sulkevaa painetta. Se on vähän kokeneille kiristyssiteiden käyttäjille mahdollisesti helpompi asettaa kuin windlass-tyyppiset siteet. UEST ei ole tällä hetkellä CoTCCC:n suosittama johtuen vähäisestä tutkimustiedon määrästä. UEST:n asettaminen vaatii muita tarkasteltuja malleja suuremman manipulaation raajaan, mikä saattaa hankaloittaa etenkin itselle asettamista. Tämänhetkisen tiedon perusteella UEST:n käyttö taistelukentällä henkilökohtaiseen käyttöön on järkevää vain tehokkaaksi todettujen windlass-kiristyssiteiden puuttuessa. Toiselle asetettaessa esimerkiksi taistelupelastajan toimesta UEST:n käyttö on suositeltavaa, sillä tässä tilanteessa sidemallin tehokkuudesta on näyttöä. Elastisten siteiden tehokkuudesta pediatrien potilaiden hoidossa on myös näyttöä, ja ne ovat tilanteessa tehokkaampia kuin mekaaniset windlass-kiristyssiteet. Tulevissa tutkimuksissa UEST:n toiminta erilaisissa toimintaympäristöissä ja -olosuhteissa on syytä varmistaa.

Tässä tutkimuksessa on käsitelty tuoreinta ja laadukkainta saatavilla olevaa tutkimustietoa tarkasteltavista kiristyssidemalleista. Aiheesta löytyvää tietoa on julkaistu viime vuosina entistä enemmän ja uusia kiristyssidemalleja on tullut markkinoille lisää. Malleista saatavilla olevan tutkimustiedon määrä vaihtelee suuresti: suositusta CAT kiristyssiteestä löytyy runsaasti tutkimusta, kun esimerkiksi MAT:sta ei löydy kuin muutamia artikkeleja. Monissa tutkimuksissa CAT:a verrataan toisiin malleihin ja CAT on osassa tutkimuksia tutkimukseen osallistuvilla henkilöillä jo ennestään tuttu. Koska koulutus ja harjoittelu lisäävät kiristyssiteiden asettamisen onnistumisen todennäköisyyttä, saattavat tutkimusten tulokset suosia CAT:a sen ollessa asettajalle ennestään tuttu, eikä sinänsä parempi

muihin siteisiin nähden. Tuleviin tutkimuksiin tulee valita osallistujia, joilla ei ole merkittävää aikaisempaa kokemusta tietystä tutkitusta kiristyssidemallista. Tällöin saadaan luotettavampaa tietoa mallien toimivuudesta toisiinsa verrattuna.

CoTCCC:n kiristyssidesuosituksen perustana toiminut Montgomeryn ym. katsaus on hyvä tietolähde tällä hetkellä käytössä olevista kiristyssidemalleista, mutta senkään antamien pisteiden perusteella ei voida kiristyssidemalleja asettaa täydelliseen paremmuusjärjestykseen: katsaus ei muun muassa käsittele ollenkaan useita kiristyssiteille tärkeitä ominaisuuksia, kuten paineen ylläpitämiskykyä ja olosuhteiden vaikutusta kiristyssidemallin toimintaa. Nyt tehdyssä katsauksessa on myös näihin aiheisiin vastattu ja sidemallien välillä on havaittu eroavaisuuksia. Montgomeryn ym. katsauksessa kiristyssiteelle annetut kokonaispisteet eivät myöskään anna kokonaiskuvaa sidemalleista olevan tutkimustiedon laajuudesta: esimerkiksi CAT6 ja SAM-XT saavat verenvuodon tyrehtyttämiskyvystä lähes yhtä hyvät pisteet, mutta CAT6:sta olevaa tutkimusta tästä aiheesta on neljä kertaa enemmän. Tämän perusteella voisi ajatella, että CAT6 on paljon luotettavampi kiristyssidemalli, koska sen teho on todennettu lukuisissa tutkimuksissa. Tätä seikkaa ei kuitenkaan oteta huomioon Montgomeryn katsauksessa pisteytystä ja suositusta annettaessa. Tästä syystä on tärkeää tarkastella kiristyssidemalleja keskenään vertailevia tutkimuksia, joista muun muassa Kastnelsonin ym. [22] ja Wallin ym. [16] tutkimukset ovat hyviä esimerkkejä. Näissä tutkimuksissa sidemallien eroavaisuudet havaitaan parhaiten, koska malleja tarkastellaan samanlaisessa tutkimusasetelmassa.

Kenttälääkinnän ohjeistuksen (TCCC) mukaan kiristysside asetetaan lähtökohtaisesti itselle, jos siihen pystytään. Tällaista tilannetta kuitenkin tutkitaan harvoin kiristyssidemalleja vertailtaessa. Tulevissa tutkimuksissa tulisi selvittää, miten eri kiristyssidemallit toimivat myös itselle asetettaessa ylä- ja alaraajaan. Haasteellisin asetuspaikka lienee useimmille oikea käsivarsi, jolloin kiristysside on asetettava vain vasemmalla kädellä. Tällaisesta tilanteesta ei löydy tutkittua tietoa, mutta ainakin elastisen IEST:n asettamisen uskon olevan tilanteessa erityisen haasteellista, sillä tämän kiristyssiteen asettaminen vaatii paljon manipulaatiota raajan ympärille kierrettäessä.

Kiristyssiteiden käytöstä on runsaasti kokemusta taistelukentältä ja niiden henkeä pelastava teho massiivista raajaverenvuotoa hoidettaessa on selvä. Kiristyssidemallien

välinen vertailu taistelutilanteessa on kuitenkin puutteellista ja vertailevat tutkimukset tehdään usein laboratorio-oloissa ja harvemmin maasto-olosuhteissa taisteluvälineissä tai simuloituissa taistelutilanteissa. Kiristyssiteiden käyttöolosuhteet todellisen tarpeen tullessa ovat kaukana siisteistä sisätiloista ja kiristysside asetetaan mannekiiniin sijasta haavoittuneelle ihmiselle. Voidaanko laboratorio-oloissa testatun kiristyssiteen uskoa toimivan samalla tavalla taistelutilanteessa? Kiristyssiteen asettamisajan on havaittu pitenevän kymmeniä sekunteja jo simuloituissa taistelutilanteissa [35]. Mahdolliset tutkimukset nykyisissä aseellisissa konflikteissa ja rauhanturvaoperaatioissa olisivat sinänsä toteutettavissa, mutta niiden eettisyydessä on ongelmia. Seuraavaksi paras vaihtoehto kiristyssiteitä vertailevalle tutkimukselle olisi sotaharjoitukset, joissa erilaisissa simuloituissa taisteluolosuhteissa testattaisiin kiristyssidemallien toimintaa. Asettamisen onnistuminen tulisi suorituskohtaisesti arvioida muun muassa varmentamalla distaalisen pulssin häviäminen ja mittaamalla asettamiseen kulunut aika. Oleellista olisi testata kiristyssiteen toimintaa taistelijaa stressaavassa ja haasteellisessa ympäristössä, jolloin kiristyssiteen tehokkuus ja asettamisen yksinkertaisuus joutuisivat todelliseen koetukseen.

Myös kiristyssidekoulutukseen voidaan suositella samanlaista monipuolisuutta kuin tutkimuksen tekoon. Kiristyssiteiden toimintaa koulutettaessa tulisi harjoitella kiristyssiteen asettamista simuloituissa taistelutilanteissa ja mahdollisimman monipuolisissa toimintaympäristöissä: esimerkiksi asettamista taistelutilanteessa pimeässä ja talviolosuhteissa voisi harjoitella säännöllisesti. Asettamisen oikeaoppisuus ja lopputuloksen tehokkuus tulee myös tarkistaa. Mikäli eri kiristyssidemalleja on saatavilla, voisivat koulutettavat kokeilla useamman mallin asettamista ja valita itselleen mieluisimman vaihtoehdon, sillä asettajien mieltymykset sidemallien välillä vaihtelevat. Koulutuksessa tulee painottaa myös kiristyssiteen tarkkailua asettamisen jälkeen, sillä verenvuoto saattaa alkaa uudestaan.

Hyvä kiristysside on paitsi tehokas verenvuodon tyrehtyttäjä, niin saattaa jo pelkästään sen olemassa olemisella ja mukana kantamisella olla positiivinen vaikutus taistelijan toimintaan, tapahtuu haavoittumisia tai ei. Olisi mielenkiintoista selvittää, miten taistelijan motivaatioon ja toimintaan vaikuttaa tieto olemassa olevasta kiristyssiteestä, luottamus sen toimintaan ja omiin kykyihin asettaa se. Toimiiko tehokkaampaa kiristyssidemallia kantava ja enemmän sen käyttöä harjoitellut sotilas taistelutilanteessa eri tavalla kuin

heikommin suoriutuvaa kiristyssidettä kantava ja vähemmän harjoitellut sotilas? Tilannetta voi verrata järven jäälle lähtevään pilkkijään: jos mukana ei ole naskaleita, ei jäälle uskalla mennä välttämättä ollenkaan. Jos mukana on vanhat, ruosteiset naskalit, joiden käyttämistä pilkkijä ei ole koskaan kokeillut, voi hän uskaltaa rannan tuntumaan pilkkimään. Jos taas mukana on uudet ja teroitettut naskalit, joiden käytön pilkkijä osaa, niin uskaltaa hän mennä kauemmas rannasta ja saa suurimman saaliin. Hyvän kiristyssiteen taisteluliivissä kantaminen ja sen käytön hallitseminen toimivat taistelukentällä teroitettuina naskaleina, jotka parhaassa tapauksessa lisäävät taistelijan suorituskykyä ja itsevarmuutta sekä pelastavat henkiä.

5.1 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tarkastelluista kiristyssidemalleista tehokkain tämänhetkisen tutkimustiedon perusteella on CAT, jonka tuotesukupolvien 7 ja 6 välillä ei ole merkittävää eroa. Myös SAM-XT on osoittautunut tutkitun tiedon perusteella soveltuvaksi taistelukentälle, mutta mallista tarvitaan lisää tutkimusta ja kokemusta, jotta sitä voidaan pitää CAT:n veroisena kiristyssiteenä. SOFTT-W on laajasti käytössä ja CoTCCC:n suosittelu, mutta sen käyttöön liittyy tuoreen tutkimustiedon perusteella epävarmuustekijöitä. Mallin asettaminen tehokkaasti itselle on haasteellista. Elastinen IEST on osoittautunut tehokkaaksi verenvuodon tyrehtyttäjäksi, mutta sen käytöstä ei ole tarpeeksi tutkittua tietoa, jotta sitä voitaisiin luotettavasti pitää yhtä tehokkaana kuin edellä mainittuja siteitä. Sen käyttöä voi suositella tehokkaammaksi todettujen sidemallien puuttuessa toiselle asetettaessa, mutta ei henkilökohtaiseen käyttöön etenkin yläraajavammoihin. SOFTT ja MAT eivät hallitse verenvuotoa tehokkaasti, eikä niitä voi suositella käytettäväksi verenvuodon hallintaan, jos saatavilla on tehokkaammaksi todettuja kiristyssidemalleja.

6. LÄHTEET

- [1] Maavoimien esikunta. *Taistelijan opas 2013*, 2013 Juvenes Prints Oy.
- [2] Holopainen P, ITCLAMP50 -välineiden soveltuvuus verenvuodon tyrehtyttämiseen Puolustusvoimien erikois- ja kriisinhallintajoukkojen käytössä, 2014
- [3] Honkavaara P, Lehesjoki M, Kirjallisuuskatsaus: kiristysside, *Sotilaslääketieteen aikakauslehti*, 2/2012, 3–7
- [4] Kragh JF Jr, Littrel ML, Jones JA, Walters TJ, Baer DG, Wade CE, Holcomb JB. Battle casualty survival with emergency tourniquet use to stop limb bleeding. *J Emerg Med* 2011 Dec;41(6):590-7. doi: 10.1016/j.jemermed.2009.07.022. Epub 2009 Aug 31. PMID: 19717268.
- [5] Kragh JF Jr, O'Neill ML, Walters TJ, Jones JA, Baer DG, Gershman LK, Wade CE, Holcomb JB. Minor morbidity with emergency tourniquet use to stop bleeding in severe limb trauma: research, history, and reconciling advocates and abolitionists. *Mil Med* 2011 Jul;176(7):817-23. doi: 10.7205/milmed-d-10-00417. PMID: 22128725.
- [6] Deployed medicine. (2020). *Tactical Combat Casualty Care (TCCC) Guidelines for medical*. Haettu osoitteesta <https://www.deployedmedicine.com/market/11>.
- [7] Montgomery HR, Hammesfahr R, Fisher AD, Cain J, Greydanus DJ, Butler FK Jr, Goolsby C, Eastman AL. 2019 Recommended limb tourniquets in tactical combat casualty care *J Spec Oper Med* 2019 Winter;19(4):27-50.
- [8] Mäkinen M. Patologia: verenvuoto, Kustannus Oy Duodecim 2021, 2.2.2012. Haettu osoitteesta https://www.oppiportti.fi/op/pat00176/do?p_haku=verenvuoto#q=verenvuoto. Artikkelin tunnus: pat00176 (008.020)

[9] Deployed medicine. *Tactical Combat Casualty Care (TCCC)* CUF Hemorrhage Control, 22.2.2018, [video] Haettu osoitteesta

<https://www.deployedmedicine.com/market/11/content/80>

[10] Guyton A, Hall J. *Textbook Of Medical Physiology*, Thirteenth edition. (2016). Elsevier

[11] Heldenberg E, Aharony S, Wolf T, & Vishne T. Evaluating new types of tourniquets by the israeli naval special warfare unit. *Disaster and Military Medicine* 2015, 1(1), 1.

doi:10.1186/2054-314X-1-1

[12] Lee, C., Porter, K. M., & Hodgetts, T. J. (2007). *Tourniquet use in the civilian prehospital setting* BMJ. doi:10.1136/emj.2007.046359

[13] Parker, P., & Clasper, J. (2007). The military tourniquet. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 153(1), 10–15. doi:10.1136/jramc-153–01–03

[14] Benítez, C. Y., Ottolino, P., Pereira, B. M., Lima, D. S., Guemes, A., Khan, M., & Ribeiro Junior, Marcelo Augusto Fontenelle. (2021). Tourniquet use for civilian extremity hemorrhage: Systematic review of the literature. *Revista do Colegio Brasileiro De Cirurgioes*, 48, e20202783. doi:10.1590/0100-6991e-20202783

[15] Puryear B, Roarty J, Knight C. *EMS Tactical Combat Casualty Care*. [Updated 2020 Oct 7]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532260/>

[16] Wall PL, Sahr SM, Buising CM. Different Width and Tightening System: Emergency Tourniquets on Distal Limb Segments. *J Spec Oper Med* 2015 Winter;15(4):28-38. PMID: 26630093.

[17] Sammedicalin verkkosivu. (15.2.2021) Haettu osoitteesta

<https://www.sammedical.com>

[18] Tacmedsolutionin verkkosivu. (15.2.2021) Haettu osoitteesta

<https://www.tacmedsolutions.com>

[19] Sähköinen aineisto, MAT. (15.2.2021) Haettu osoitteesta

<https://www.quadmed.com/product/matcombat-tourniquet>

[20] Deganian verkkosivu. (15.2.2021) Haettu osoitteesta <https://qco.net/qmd/degania/>

[21] Kragh JF Jr, Moore VK III, Aden JK 3rd, Parson DL, Dubick MA. Short report comparing generation 6 versus prototype generation 7 Combat application tourniquet® in a manikin hemorrhage model. *Journal of Special Operations Medicine* 2016, Spring 16(1) 14-17

[22] Katsnelson S, Oppenheimer J, Gerrasi R, Furer A, Wagnert-Avraham L, Eisenkraft A, Nachman D. Assessing the Current Generation of Tourniquets. *Mil Med* 2020 Mar 2;185(3-4):e377-e382. doi: 10.1093/milmed/usz392. PMID: 32091602.

[23] Nachman D, Benov A, Shovali A, Nirit Y, Nadler R, Avraham Y, & Glassberg E. Slack reducing band improves combat application tourniquet pressure profile and hemorrhage control rate. *Military Medicine* 2017 182(S1), 53-58. doi:10.7205/milmed-d-16-00126

[24] Baruch EN, Kragh JF, Berg AL, Aden JK, Benov A, Shina A, . . . Yitzhak A. Confidence–Competence mismatch and reasons for failure of non-medical tourniquet users. *Prehospital Emergency Care* 2016 21(1), 39-45. doi:10.1080/10903127.2016.1209261

- [25] Hay-David AGC, Herron JBT, Thurgood A, Whittle C, Mahmood A, Bodger O, Hodgetts TJ, Pallister I. A Comparison of Improvised and Commercially Available Point-of-Wounding Tourniquets in Simulated Traumatic Amputation with Catastrophic Hemorrhage. *Mil Med* 2020 Sep 18;185(9-10):e1536-e1541. doi: 10.1093/milmed/usaa085. PMID: 32426823.
- [26] Savage E, Pannell D, Payne E, O'Leary T & Tien H. Re-evaluating the field tourniquet for the canadian forces. *Military Medicine* 2013, 178(6), 669-675. doi:10.7205/MILMED-D-1300007
- [27] Derickson MJ, Kuckelman JP, Phillips CJ, Barron MR, Marko ST, Eckert MJ, Martin MJ, Cuadrado DG. Lifesaving interventions in blackout conditions using night vision technology: Come to the dark side. *J Trauma Acute Care Surg* 2019 Jul;87(1S Suppl 1): S191-S196. doi: 10.1097/TA.0000000000002190. PMID: 31246926.
- [28] Martinson J, Park H, Butler F, Hammesfahr R, DuBose J, Scalea T. Tourniquets USA: A review of the current literature for commercially available alternative tourniquets for use in the prehospital civilian environment. *Journal of Special Operations Medicine* 2020. 20(2), 116-122.
- [29] Beaven A, Sellon E, Ballard M, Parker P. Combat Application Tourniquet fares well in a chemical, biological, radiological or nuclear dress state. *BMJ Mil Health* 2020 Feb 20:jramc-2019-001261. doi: 10.1136/jramc-2019-001261. Epub ahead of print. PMID: 32086262.
- [30] O'Connor DK, Kragh JF Jr, Aden JK 3d, Dubick MA. Cat on a Hot Tin Roof: Mechanical Testing of Models of Tourniquets After Environmental Exposure. *J Spec Oper Med* 2017 Spring;17(1):27-35. PMID: 28285478.
- [31] Varusteleka [Internet], viitattu 30.1.2021, Haettu osoitteesta <https://www.varusteleka.fi/fi/product/cat-combat-application-tourniquet-kiristysside/35895>

[32] Kragh JF Jr, Newton NJ, Tan AR, Aden JK 3d, Dubick MA. New and Established Models of Limb Tourniquet Compared in Simulated First Aid. *J Spec Oper Med* 2018 Summer;18(2):36-41. PMID: 29889953.

[33] Glick CY, Furer MA, Glassberg CE, Sharon R, & Ankory MR. Comparison of two tourniquets on a mid-thigh model: The israeli silicone stretch and wrap tourniquet vs. the combat application tourniquet. *Military Medicine* 2018 183(suppl_1), 157-161. doi:10.1093/milmed/usx169 (2), 114-120. doi:10.7205/MILMED-D-13-00311

[34] El- Sherif N, Lowndes B, Franz W, Hallbeck MS, Belau S, & Sztajnkrzyer MD. Sweating the little things: Tourniquet application efficacy in two models of pediatric limb circumference. *Military Medicine* 2019 184(Supplement_1), 361-366. doi:10.1093/milmed/usy

[35] Schreckengaust R, Littlejohn L, & Zarow GJ. Effects of training and simulated combat stress on leg tourniquet application accuracy, time, and effectiveness. *Military Medicine* 2014, 179(2), 114-120. doi:10.7205/MILMED-D-13-00311

7. LIITE 1

Kiristyssidemalleja vertailevat tutkimukset

Tutkimus	Keskeinen sisältö
[7] Montgomery HR, Hammesfahr R, Fisher AD, Cain J, Greydanus DJ, Butler FK Jr, Goolsby C, Eastman AL. 2019 Recommended limb tourniquets in tactical combat casualty care <i>J Spec Oper Med</i> 2019 Winter;19(4):27-50.	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jossa arvioidaan yleisimmin käytössä olevia kiristyssidemalleja. Katsauksen pohjalta on annettu CoTCCC:n suositus taisteluensiapuun soveltuvista kiristysseiteistä.
[11] Heldenberg E, Aharony S, Wolf T, & Vishne T. Evaluating new types of tourniquets by the israeli naval special warfare unit. <i>Disaster and Military Medicine</i> 2015, 1(1), 1. doi:10.1186/2054-314X-1-1	Israelin armeijan suorittama tutkimus, jossa verrataan CAT-, SOFTT-, IEST- ja improvisoitua kiristyssidettä. Tutkimuksen perusteella CAT ja SOFTT ovat tehokkaimpia, mutta näiden välistä vertailevaa tutkimusta tarvitaan lisää.
[16] Wall PL, Sahr SM, Busing CM. Different Width and Tightening System: Emergency Tourniquets on Distal Limb Segments. <i>J Spec Oper Med</i> 2015 Winter;15(4):28-38. PMID: 26630093.	Vertailee CAT-, SOFTT- ja SWATT-kiristysseiteitä paineentuottamiskyvyn perusteella. Osoittaa, että elastinen SWATT ylläpitää painetta merkitsevästi windlass-kiristysseiteitä tehokkaammin.
[21] Kragh JF Jr, Moore VK III, Aden JK 3rd, Parson DL, Dubick MA. Short report comparing generation 6 versus prototype generation 7 Combat application tourniquet® in a manikin hemorrhage model. <i>Journal of Special Operations Medicine</i> 2016, Spring 16(1) 14-17	Raportissa verrataan CAT7- ja CAT6-mallia keskenään. Tutkimuksen perusteella CAT7 on miellyttävämpi käyttää ja näistä valittaessa suositumpi. Asettamisajassa ja paineentuottamiskyvyssä ei ollut eroa mallien välillä.
[22] Katsnelson S, Oppenheimer J, Gerrasi R, Furer A, Wagnert-Avraham L, Eisenkraft A, Nachman D. Assessing the Current Generation of Tourniquets. <i>Mil Med</i> 2020 Mar 2;185(3-4):e377-e382. doi: 10.1093/milmed/usz392. PMID: 32091602.	Tutkimuksessa vertaillaan CAT7-, SOFTT-W- ja SAM-XT-malleja. Tutkimuksen mukaan CAT7 ja SAM-XT ovat merkitsevästi tehokkaampia verenvuodon kontrollissa kuin SOFTT-W, joka jää alkukiristystä tehdessä enemmän löysäksi verrattaviin malleihin nähden.
[25] Hay-David AGC, Herron JBT, Thurgood A, Whittle C, Mahmood A, Bodger O, Hodgetts TJ, Pallister I. A Comparison of Improvised and Commercially Available Point-of-Wounding Tourniquets in Simulated Traumatic Amputation with Catastrophic Hemorrhage. <i>Mil Med</i> 2020 Sep 18;185(9-10):e1536-e1541. doi: 10.1093/milmed/usaa085. PMID: 32426823.	Tutkii CAT-, SOFTT-W- ja SWATT-malleja asettamisen nopeuden ja verenvuodon hallinnan perusteella. Tutkimuksen mukaan CAT ja SOFTT-W ovat nopeampia asettaa ja saavat valtimosulun aikaan tehokkaasti. Kaikkia sidemalleja on tarkkailtava uuden vuodon varalta, mutta SOFTT-W-mallissa vuodon uudelleen alkaminen on todennäköisintä.

<p>[26] Savage E, Pannell D, Payne E, O'Leary T & Tien H. Re-evaluating the field tourniquet for the canadian forces. <i>Military Medicine</i> 2013, 178(6), 669-675. doi:10.7205/MILMED-D-1300007</p>	<p>Selvittää CAT-, SOFTT- ja SOFTT-W-mallien toimintaa eri ympäristöissä ja varustuksessa. Tutkimuksen perusteella CAT on tehokkain ja nopein verenvuodon tyrehtyttäjä eri tilanteissa. CAT on myös miellyttävän asettaa. SOFTT- ja SOFTT-W-mallien välillä ei ole merkittävää eroa verenvuotoa tyrehtytettäessä.</p>
<p>[28] Martinson J, Park H, Butler F, Hammesfahr R, DuBose J, Scalea T. Tourniquets USA: A review of the current literature for commercially available alternative tourniquets for use in the prehospital civilian environment. <i>Journal of Special Operations Medicine</i> 2020. 20(2), 116-122.</p>	<p>Kirjallisuuskatsaus, jossa arvioidaan CAT-mallille korvaajaehdokkaita siviiliympäristön ensihoidossa. Korostaa mallin valinnan lisäksi harjoittelun merkitystä. CAT- ja SOFTT-malleilla ei tutkimuksen perusteella ole merkittävää eroa, mutta vuodon uudelleen alkua on SOFTT:lla ongelma. Elastiset siteet kestävät kauemmin asettaa ja niistä on rajallisesti tutkimustietoa.</p>
<p>[30] O'Connor DK, Kragh JF Jr, Aden JK 3d, Dubick MA. Cat on a Hot Tin Roof: Mechanical Testing of Models of Tourniquets After Environmental Exposure. <i>J Spec Oper Med</i> 2017 Spring;17(1):27-35. PMID: 28285478.</p>	<p>Tutkimuksessa altistettiin CAT- ja SOFTT-W-mallit ympäristön rasitukselle 18 kuukauden ajan. Altistetuilla kiristysiteillä havaittiin merkittävästi heikentynyt tehokkuus verenvuotoa tyrehtytettäessä altistamattomiin kiristysiteisiin verrattuna.</p>
<p>[32] Kragh JF Jr, Newton NJ, Tan AR, Aden JK 3d, Dubick MA. New and Established Models of Limb Tourniquet Compared in Simulated First Aid. <i>J Spec Oper Med</i> 2018 Summer;18(2):36-41. PMID: 29889953.</p>	<p>Tutkimuksessa verrataan CAT- ja SAM-XT-malleja keskenään verenvuodon tyrehtyttämiskyvyn ja käyttömukavuuden perusteella. CAT on molemmissa kategorioissa parempi, mutta ero SAM-XT:n kanssa on vähäinen.</p>
<p>[33] Glick CY, Furer MA, Glassberg CE, Sharon R, & Ankory MR. Comparison of two tourniquets on a mid-thigh model: The israeli silicone stretch and wrap tourniquet vs. the combat application tourniquet. <i>Military Medicine</i> 2018 183(suppl_1), 157-161. doi:10.1093/milmed/usx169</p>	<p>Tutkimuksessa verrataan CAT- ja IEST-kiristysiteitä. IEST saa tehokkaammin aikaan valtimot sulkevan paineen. Käyttäjät suosivat CAT-mallia, mutta kokemattomille kiristysiteiden käyttäjille IEST saattaa olla parempi vaihtoehto.</p>
<p>[34] El-Sherif N, Lowndes B, Franz W, Hallbeck MS, Belau S, & Sztajnkrzyer MD. Sweating the little things: Tourniquet application efficacy in two models of pediatric limb circumference. <i>Military Medicine</i> 2019 184(Supplement_1), 361-366. doi:10.1093/milmed/usy</p>	<p>Tutkimuksessa selvitettiin kiristyssidemallien soveltuvuutta lapsien raajoihin käytettäväksi massiivista raajaverenvuotoa tyrehtytettäessä. Tutkimus suoritettiin lasten raajoja esittävien simulaatiomannekiinien avulla. Tutkimuksen perusteella elastinen kiristysside on tehokkaampi lapsipotilaalle verenvuotoa tyrehtytettäessä kuin mekaaniset windlass-kiristysiteet.</p>