
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Considerații experimentale și clinice privind lambourile keystone

Doctorand **Virág Tímea Helga**

Conducător de doctorat Prof.dr. **Georgescu Alexandru V.**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINS

Contribuția personală	
1. Ipoteză	3
2. Scopul principal al tezei	3
3. Originalitate și inovație	3
4. Impact	4
5. Metodologie generală	4
Studiul 1. Investigarea eficacității reducerii tensiunii tisulare a lambourilor keystone	5
1. Introducere	5
2. Material și metodă	5
2.1. Tehnica chirurgicală	6
2.2. Tehnica de măsurare a tensiunii tisulare	6
3. Rezultate	8
4. Concluzii	9
Studiul 2. Fiabilitatea și rezultatele lambourilor keystone în reconstrucția defectelor de părți moi	11
1. Introducere	11
2. Material și metodă	11
2.1. Tehnica chirurgicală	12
3. Rezultate	13
4. Concluzii	14
Studiul 3. Evaluarea morbidității zonei donatoare în cazul lambourilor keystone	15
1. Introducere	15
2. Material și metodă	15
3. Rezultate	16
4. Concluzii	17
Bibliografie	18

Cuvinte cheie: chirurgie plastică, lambouri keystone, studiu experimental in-vivo, studiu clinic

Contribuția personală

1. Ipoteză

Lamboul keystone a fost publicat pentru prima dată în 2003 de către Behan.¹ Acesta este frecvent ales ca opțiune primară în departamentul nostru de chirurgie plastică pentru acoperirea defectelor tisulare complexe și mari, în special în regiunile anatomice cu laxitate tisulară limitată sau aport sanguin compromis, predominant la pacienții vârstnici.

În literatura actuală este acceptat faptul că lamboul keystone este adecvat pentru utilizarea clinică în chirurgie reconstructivă. Nu există un consens cu privire la eligibilitatea acestuia pentru închiderea defectelor tisulare care nu pot fi închise prin închiderea plăgii primare. De asemenea, nu există nicio măsură care să demonstreze că închiderea defectelor cu lambou keystone duce la o scădere semnificativă a tensiunii tisulare.

2. Scopul principal al tezei

Investigarea eficacității lambourilor keystone în timpul procedurilor chirurgicale reconstructive clinice și experimentale.

3. Originalitate și inovație

În chirurgia plastică nu există un consens cu privire la adevărata eficacitate a lamboului keystone. Nu există un consens cu privire la faptul dacă acesta reduce semnificativ tensiunea tisulară în timpul reconstrucției. Nu există un consens cu privire la faptul dacă acesta ajută semnificativ la închiderea defectelor tisulare în cazurile în care închiderea plăgii primare a eșuat. De asemenea, nu există un consens clar cu privire la efectul de reducere a morbidității la nivelul zonei donatoare. Iar rezultatul cercetărilor privind tratamentul chirurgical al bolilor cronice cutanate, rezecțiile oncologice și complicațiile postoperatorii ale

plăgilor contribuie la un rezultat pozitiv în cazurile clinice și la o rată ridicată de succes. În general, toate cele trei studii oferă dovezi care susțin utilizarea clinică a lamboului keystone. Acest lucru extinde cunoștințele existente publicate pe această temă cu o perspectivă pozitivă.

4. Impact

Reducerea tensiunii tisulare contribuie la prevenirea complicațiilor postoperatorii și îmbunătățește timpul de recuperare.

Examinarea versatilității lamboului perforant insular keystone în diferite regiuni anatomice și publicarea acestor rezultate va crește rata de încredere în lambou.

Utilizarea unui număr mai mare de lambouri perforante insulare keystone în cazurile prezentate contribuie la o gestionare mai eficientă a bolii și la o reducere a recurențelor după operație.

Evaluarea aspectului tehnic al recoltării lambourilor perforante insulare keystone poate reduce complicațiile postoperatorii.

În chirurgia reconstructivă, principalul considerent este selectarea unui lambou care să reducă morbiditatea zonei donatoare și să faciliteze recuperarea postoperatorie. Analiza și comunicarea rezultatelor ajută la luarea deciziei corecte.

5. Metodologie generală

Teza este alcătuită din trei componente: un studiu experimental și două studii clinice. Studiile clinice s-au desfășurat la Secția de Chirurgie Plastică a Spitalului Clinic de Recuperare Cluj-Napoca. Locația procedurilor experimentale a fost sala de operație a Departamentului de Chirurgie al Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca și sala de operație a Centrului Experimental al Universității de Medicină și Farmacie Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca - Biobaza. Cercetarea experimentală a fost aprobată de Comisia de etică medicală a Direcțiilor Sanitare Veterinare și pentru Siguranța Alimentelor Cluj-Napoca, cu numărul de aprobare 345/19122022, iar studiile clinice au fost aprobate de Comisia de etică medicală a Universității de Medicină și Farmacie "Iuliu Hațieganu" Cluj-Napoca, cu numărul de aprobare DEP48/22022023.

Studiul 1. Investigarea eficacității reducerii tensiunii tisulare a lambourilor keystone

1. Introducere

Simularea tehnicilor chirurgicale pe modele experimentale de porci in vivo în sălile de operație oferă o oportunitate practică și reală care facilitează reproducerea exactă a procedurilor chirurgicale pas cu pas.

Studiul de față a fost efectuat pe modele de porci pentru a investiga capacitatea de a reduce tensiunea tisulară în timpul reconstrucțiilor cu lambouri keystone de tip I, tip IIA și tip SMU I și tip SMU II. Scopul principal al acestui studiu este de a clarifica efectul și capacitatea de reducere a tensiunii tisulare a lambourilor keystone, care poate contribui la înțelegerea beneficiilor biomecanice ale lambourilor keystone.¹

2. Material și metodă

Studiul experimental a fost efectuat pe 12 modele de porci rasă albă cu o greutate medie de 40 kg. Alegerea rasei a fost determinată de caracteristicile sale favorabile, inclusiv stratul adipos moderat, pigmentarea roz deschis a tegumentului, rezistența crescută la infecții și adaptabilitatea la modificările mediului în timpul fazei experimentale. Stratul adipos moderat seamănă cu cel întâlnit în practica clinică, ceea ce îl face un eșantion ideal pentru disecția lambourilor. Culoarea deschisă a pielii facilitează monitorizarea clinică a lambourilor în timpul perioadei postoperatorii. Modelul experimental porcine este ideal pentru cercetarea lambourilor datorită similitudinii sale ridicate cu anatomia umană, procesului de vindecare și caracteristicilor acestuia.

Procedurile chirurgicale au fost efectuate sub anestezie generală. După inducerea anesteziei, animalul experimental a fost bărbierit și așezat pe o masă chirurgicală veterinară în poziție laterală.

Acest studiu experimental a fost efectuat pe modele de porci pentru a investiga efectul de reducere a tensiunii tisulare al lambourilor

keystone de tip I, KPIF de tip IIA și SMU de tip I Sidney Melanoma Unit și SMU de tip II.

Analiza statistică a fost efectuată utilizând software-ul SPSS Statistics. Colectarea datelor a fost implementată în Microsoft Excel.

2.1. Tehnica chirurgicală

Lățimea plăgii necesare pentru închidere a fost determinată prin ciupirea pielii înainte de excizie și după ce defectul primar și lamboul au fost planificate și desenate. În cazul în care închiderea primară a defectului tisular cu o singură sutură pe linia mediană eșuează din cauza ruperii suturii sau a deteriorării marginii plăgii, defectul este considerat ca fiind un defect care nu se poate închide cu sutură primară și este reconstruit cu ajutorul unui lambou keystone.

În timpul procedurii chirurgicale, a fost creat un defect eliptic. După excizie, a fost creată o incizie de 90° la ambele capete ale defectului, care unește arcul de lambou mai mare. Atât în cazul lamboului keystone de tip I, cât și în cel de tip IIA, pielea a fost incizată pe întreaga lungime a lamboului. În cazul lambourilor keystone de tip SMU I și de tip SMU II, o punte cutanată a fost lăsată intactă pe arcul superior alcătuind un lambou pediculat cutanat. Dimensiunea acestuia a fost egală cu o treime din lungimea arcului mare. Fascia profundă a fost divizată de-a lungul arcului mai mare în cazul lamboului keystone tip IIA și sub pediculul cutanat în cazul lamboului tip SMU II. Marginile lambourilor keystone au fost subminate minim pentru a obține o mobilitate suplimentară, păstrând în același timp zona centrală a lambourilor ca zonă hotspot.²

Primele suturi au fost plasate la jumătatea distanței dintre marginile laterale ale lamboului, în punctul cel mai tensionat și cel mai lat al defectului primar. Extremitățile lambourilor keystone au fost apoi închise în V-Y, iar arcul mare care a devenit defectul secundar al lamboului a fost aproximat la final. În zona donatoare, închiderea plăgii a fost finalizată cu o sutură întreruptă simplă. Defectele au fost acoperite cu patru tipuri diferite de lambouri keystone folosind aceleași tehnici chirurgicale.

2.2. Tehnica de măsurare a tensiunii tisulare

Tensiunea intraoperatorie a țesuturilor a fost măsurată cu un tensiometru AXIS FB50, 50 N. Au fost efectuate măsurători ale defectului primar. După aceea a fost măsurată tensiunea tisulară la nivelul defectului după disecția lamboului keystone. Apoi a fost măsurată tensiunea din zona donatoare. Măsurătorile au fost repetate de trei ori și a fost calculată o valoare medie.

Tensiunea tisulară a fost evaluată prin plasarea a două suturi chirurgicale multifilament USP 0 prin straturile de epiderm și derm, în cel mai larg punct al defectului primar. Firele de sutură au fost poziționate longitudinal, una în fața celeilalte, și fixate la 0,5 cm de-a lungul marginii plăgii, întinzând pielea în direcție longitudinală, în timp ce la fiecare sutură chirurgicală a fost atașat o pensă pean. Tensiometrul a fost conectat la pensa pean de pe partea lamboului și tras treptat spre pensa pean de pe partea fără lambou până când cele două margini ale plăgii au fost complet apropiate. Între timp, pensa pean care nu se află pe partea cu lambou a fost fixată în linia mediană a defectului. Măsurătorile au fost repetate de trei ori și a fost calculată o valoare medie. Metoda utilizată pentru măsurarea tensiunii a fost aceeași, variind doar regiunea anatomică, dimensiunea defectului și dimensiunea lamboului. Măsurarea tensiunii tisulare a fost efectuată pe partea lamboului fiecărui defect.

În primul grup (grupul A), a fost creat un defect eliptic, tensiunea tisulară a fost măsurată în cel mai larg punct al defectului primar și datele au fost înregistrate ca poziția 1 (defect primar, N). Pielea a fost apoi incizată pentru a crea un lambou keystone de tip I, fără a secționa fascia profundă. Odată ce lamboul keystone tip I a fost creat, tensiunea a fost măsurată în punctul cel mai larg al plăgii și a fost înregistrată ca poziția 2 (tip I, N). Tensiunea tisulară în zona donatoare a fost măsurată și înregistrată ca poziția 3 (zona donatoare tip I, N). După crearea unui defect eliptic, tensiunea tisulară a fost măsurată în punctul cel mai lat al defectului primar și datele au fost înregistrate ca poziția 1 (defect primar, N). Fascia profundă care înconjoară întregul lambou a fost secționată pentru lamboul keystone tip IIA. Tensiunea tisulară a fost măsurată în punctul cel mai larg al defectului primar după pregătirea lamboului keystone tip IIA, iar poziția 2 (tip IIA, N) a fost înregistrată. În cele din

urmă, tensiunea a fost măsurată în punctul cel mai larg al zonei donatoare după închiderea în V-Y a ambelor capete ale lamboului keystone tip IIA și a fost înregistrată ca poziția 3 (zona donatoare tip IIA, N).

În al doilea grup (grupul B), defectul primar eliptic a fost închis cu lamboul keystone tip SMU I. Tensiunea tisulară a fost măsurată în trei etape: măsurători ale tensiunii în punctul cel mai lat al defectului înainte de reconstrucțiile de tip SMU I și de tip SMU II, înregistrate ca poziția 1 (defect primar, N); măsurători ale tensiunii în punctul cel mai lat al defectului după pregătirea lambourilor keystone de tip SMU I fără secționarea fasciei profunde sub pediculul cutanat, înregistrate ca poziția 2 (tip SMU I, N); și măsurători ale tensiunii în punctul cel mai lat al defectului după secționarea fasciei profunde sub pediculul cutanat al lamboului keystone tip SMU II, înregistrate ca poziția 3 (tip SMU II, N).

La sfârșitul intervenției chirurgicale, defectele au fost examinate și pansate. Animalele au fost ținute în viață timp de două săptămâni pentru a evalua vindecarea plăgilor. Bandajele au fost schimbate zilnic și au fost făcute fotografii în timpul perioadei de urmărire. La sfârșitul experimentelor, eutanasia a fost efectuată sub anestezie completă cu 6ml/50kg T61, iar animalele experimentale au fost eliminate ca deșeuri medicale.

3. Rezultate

Din decembrie 2022 până în aprilie 2023 au fost efectuate 62 de proceduri de chirurgie reconstructivă experimentală utilizând lambouri keystone. Douăsprezece modele porcine au fost utilizate în prezentul studiu experimental in vivo.

În total, în timpul experimentului au fost efectuate 62 de lambouri keystone, folosind patru tipuri diferite de lambouri: tipul I, tipul IIA și Sydney Melanoma Unit I și II.

Studiul a clasificat reconstrucțiile cu lambouri keystone în două grupuri, și anume grupul A, care include reconstrucțiile cu lambouri keystone tip I și tip IIA, respectiv grupul B, care include reconstrucțiile cu tipuri SMU I și SMU II asociate cu măsurători de tensiune.

Toate defectele eliptice au fost reconstruite cu lambouri keystone cu dimensiuni diferite cuprinse între 2x4 cm și 8x20 cm. A fost observată supraviețuirea completă a lambourilor, fără a exista nici o complicație.

Nivelurile de tensiune tisulară în zonele cu defect primar după recoltarea lamboului keystone tip I ($-7,04 \pm 4,93$ N) au scăzut semnificativ în comparație cu valorile inițiale ale tensiunii tisulare măsurate la nivelul defectului primar înainte de ridicarea lamboului keystone tip I ($24,51 \pm 10,73$ N). În cazul recoltării lamboului keystone tip IIA, s-a observat, de asemenea, o reducere semnificativă a defectului primar ($-12,43 \pm 5,63$ N).

Valoarea medie a modificărilor tensiunii între reconstrucția cu lambouri de tip I și tip IIA a fost de $-5,39 \pm 3,90$ N și ($P < 0,001$). Indicatorii de tensiune după secționarea fasciei profunde au fost semnificativ mai mici comparativ cu indicatorii măsurăți anterior secționării în cazul lamboului keystone tip I și tip IIA. În consecință, indicatorii de tensiune ai defectului secundar la nivelul zonelor donatoare au prezentat o scădere semnificativă comparativ cu indicatorii de tensiune ai defectului primar pentru ambele tipuri de lambouri (tip I și tip IIA).

După disecarea lamboului keystone tip IIA a existat o schimbare medie a tensiunii defectului de $-5,39 \pm 3,90$ N ($P < 0,001$). Indicatorii de tensiune au scăzut semnificativ după incizarea fasciei profunde comparativ cu valorile obținute înaintea incizării. Modificarea medie a tensiunii la nivelul defectului secundar a fost de $-21,52$ N \pm $9,16$ N ($P < 0,001$).

Măsurătorile tensiunii tisulare în cazul lamboului keystone tip SMU II după divizarea fasciei profunde au indicat o reducere semnificativă ($-3,14 \pm 3,15$ N) comparativ cu tipul SMU I.

Tensiunea tisulară la nivelul defectului primar a fost redusă cu toate cele patru tipuri de lambouri, făcând ca defectul primar să poată fi închis cu ajutorul lamboului keystone, dar tipul IIA KPIF a redus cel mai mult tensiunea tisulară studiată aici. În ambele cazuri (tip IIA și SMU II), secționarea fasciei profunde a contribuit semnificativ la reducerea tensiunii tisulare. Nu s-au obținut date semnificative cu privire la efectul benefic al pediculului cutanat asupra tensiunii pentru lambourile keystone tip SMU I și SMU II.

4. Concluzii

Scopul principal al acestui studiu a fost de a clarifica efectul de reducere a tensiunii tisulare cu lambouri keystone, care poate contribui la înțelegerea beneficiilor biomecanice ale lambourilor keystone. Considerăm că rezultatele cercetării noastre experimentale sporesc gradul de conștientizare cu privire la beneficiile lamboului. Acestea confirmă eficacitatea lamboului și abordează obstacolele biomecanice care nu au fost clarificate până în prezent.

Acestea vor încuraja mai mulți chirurghi plasticieni să utilizeze lamboul keystone, în special având în vedere beneficiile sale dovedite. Credem că această metodă servește ca instrument eficient în reducerea tensiunii în timpul închiderii plăgii și în gestionarea defectelor tisulare care pot părea dificile doar cu închiderea primară a plăgii.

Studiul 2. Fiabilitatea și rezultatele lambourilor keystone în reconstrucția defectelor de părți moi

1. Introducere

Există numeroase soluții de reconstrucție în urma exciziei unei tumori, dar în cazul pacienților vârstnici se recomandă să se țină seama de timpul operator și de factorii care indică o posibilă pierdere postoperatorie a lambourilor. Defectele țesuturilor moi după chirurgia toracică, cardiotoracică și dehiscenta plăgilor după chirurgia coloanei vertebrale reprezintă o provocare pentru toți chirurgii plasticieni. Închiderea secundară a plăgilor în cazul plăgilor dehiscente este o sarcină foarte dificilă din cauza marginilor deja compromise și a stării generale precare.^{4,5}

Scopul acestui studiu este de a investiga rata de succes a lambourilor keystone pentru reconstrucția defectelor de părți moi după excizia locală largă a regiunii afectate a trunchiului și a membrilor în departamentul nostru de chirurgie plastică.

2. Material și metodă

Un număr de 66 de pacienți cu defecte ale țesuturilor moi în diferite regiuni ale corpului au fost tratați în departamentul nostru de chirurgie plastică în perioada ianuarie 2014 - noiembrie 2019. Etiologia defectelor a inclus tumori, boli cronice de piele, complicații postoperatorii cu dehiscentă a plăgii sau necroză a lamboului.

Pentru tumori, criteriile de includere au fost carcinomul bazocelular, carcinomul spinocelular și dermatofibrosarcomul. Complicațiile postoperatorii cu dehiscentă a plăgii au inclus chirurgia toracică, cardiotoracică și spinală. Pentru boala de piele cronică, criteriile de includere au fost diagnosticul de hidrosadenită supurativă avansată.

Au fost înregistrate următoarele date: vârsta, sexul, indicele de masă corporală, statutul de fumător, insuficiența cardiacă, diabetul zaharat, etiologia, stadiul Hurley pentru hidrosadenită supurativă, tipul de tumoră, topografia, tipul și dimensiunea defectelor și a lambourilor,

rezultatul intervențiilor chirurgicale, perioada de urmărire și recidiva. Monitorizarea a înregistrat complicațiile minore și majore apărute după operație.

Defectele au fost reconstruite cu patru tipuri de lambou keystone: tipul I, tipul IIA, tipul III și tipul omega.

2.1. Tehnica chirurgicală

A fost efectuată o excizie eliptică largă a țesutului afectat. Axa lungă a defectului eliptic a fost orientată paralel cu elementele vasculo-nervoase. A fost utilizat un lambou keystone pentru a reconstrui defectul, folosind aceeași tehnică chirurgicală.

Disecția și ridicarea lambourilor au fost efectuate după excizia adecvată a regiunii afectate. Lungimea lamboului a fost calculată astfel încât să se obțină o avansare V-Y bilaterală pentru ambele părți. Lambourile keystone au fost proiectate folosind un raport de 1:1 între dimensiunea defectului și lățimea lamboului. O incizie de 90 de grade la toate capetele defectului întâlnește arcul mare al lamboului. Inciziile au fost efectuate de-a lungul întregii lungimi a lamboului, așa cum a fost marcată anterior.

Incizia radicală a lamboului keystone tip I a fost efectuată până la nivelul fasciei profunde. Incizia în cazul lamboului keystone tip IIA, tip III și tip omega, incizia radicală a pătruns adânc în fascia profundă. Tipul III de lambou keystone este un lambou dublu opozant. În timpul închiderii plăgii, avansarea în V-Y a fiecărui capăt al lamboului dublu în axa longitudinală creează redundanță în porțiunea centrală a lamboului și reduce tensiunea orizontală.

Ridicarea unui capăt al lamboului omega permite fie rotația, fie transpunerea în defect. Aceasta poate fi efectuată până în punctul în care un capăt al lamboului keystone se unește cu celălalt capăt, asemenea simbolului omega. Marginile plăgii se suturează împreună de pe partea interioară, unde se întâlnesc cele două margini interioare ale lamboului.

În cazul lambourilor tip I și IIA, prima sutură a fost plasată în mijlocul lamboului, care este mai predispusă la tensiune maximă. Membrile lambourilor keystone au fost apoi închise folosind o abordare V-Y, iar arcul mare al lamboului a fost apoi aproximat. Închiderea plăgii s-

a realizat utilizând suturi simple întrerupte sau suturi cutanate continue. Dimensiunea lambourilor a fost măsurată intraoperator. În unele cazuri, au fost proiectate două lambouri keystone înainte de intervenție, unul ca opțiune de rezervă, alegându-se cel mai potrivit în timpul procedurii chirurgicale.

3. Rezultate

Prezentul studiu retrospectiv a inclus 66 de pacienți: 23 de pacienți diagnosticați cu tumori, 22 cu hidrosadenită supurativă avansată și 21 de pacienți cu alte complicații postoperatorii tratați în cadrul departamentului nostru de chirurgie plastică. Pacienții au avut vârste cuprinse între 21 și 87 de ani (vârsta medie 55,43 ani), dintre care 37 bărbați și 29 femei. Cea mai frecventă comorbiditate a fost fumatul (36 pacienți, 54,5 %), iar 40 de pacienți aveau un IMC mai mare de 25 kg/m². Douăzeci și unu de pacienți au fost tratați anterior în alt departament chirurgical.

În total, au fost efectuate 66 de reconstrucții cu lambouri keystone după excizia largă a regiunilor afectate. Chirurgia a fost efectuată în două etape pentru un pacient cu afectare bilaterală, cu un interval de 4 luni în cazul hidrosadenitei supurative. Dimensiunea medie a lambourilor keystone evaluate prin măsurare macroscopică în urma inciziei și a ridicării lambourilor a fost de 155,05 cm² (tumori: 132,82 cm², HS: 107,95 cm², complicații postoperatorii: 226,45 cm²), variind între 1,15-784 cm².

Reconstrucția cu lambouri keystone tip I a fost efectuată în 12 cazuri, cu tip IIA în 51 de cazuri, cu tip III în 2 cazuri și cu tip omega într-un singur caz. Plăgile au fost inspectate în a doua zi după operație. 66 de reconstrucții au fost complet reușite. Evoluția postoperatorie a fost lipsită de evenimente, fără complicații majore sau recidive. Într-un caz a fost observată o necroză superficială parțială de 2%, în regiunea liniei mediane a lamboului de tip III, în regiunea toracică, care a fost vindecată prin epitelizare secundară după tratamentul local al plăgii în timpul urmăririi.

Niciunul dintre pacienți nu a prezentat dureri postoperatorii. Toate lambourile keystone au supraviețuit. Suturele au fost îndepărtate la 14 zile după operație. Toți pacienții au fost incluși în evaluarea din cadrul

perioadei de urmărire postoperatorie. A existat o perioadă medie de urmărire de 25,42 luni (intervalul 3-69 luni). Nu a existat nicio recidivă în timpul perioadei de urmărire. Toți pacienții și-au reluat activitățile zilnice la 14-19 zile după intervenția chirurgicală.

4. Concluzii

În concluzie, considerăm că lamboul keystone ar trebui luat în considerare pentru închiderea imediată a defectelor după excizia locală largă a tumorilor, boala cronică a pielii și dehiscența plăgii postoperatorii. Reconstrucția cu lambouri keystone este o opțiune chirurgicală bună în toate regiunile corpului, deoarece oferă o acoperire fiabilă, versatilă și durabilă a regiunilor afectate, cu un aport vascular robust. Nu este necesară detectarea cu ultrasunete Color Doppler a perforantelor, tehnica de ridicare a lamboului este relativ simplă, ceea ce conduce la un timp operator scurt. Complicațiile sunt rare datorită designului lamboului. Tensiunea scăzută asupra plăgii reduce riscul de dehiscență și necroză, asigură o morbiditate minimă a locului donatorului, cu o morbiditate scăzută a pacientului, ceea ce conduce la un timp scurt de reabilitare postoperatorie.

În cele din urmă, lamboul keystone are aproape întotdeauna ca rezultat o mai bună potrivire estetică, o bună potrivire a culorii și a conturului și ar trebui să fie considerat ca o opțiune fiabilă în reconstrucția trunchiului și a membrelor, cu o rată de succes crescută.

Studiul 3. Evaluarea morbidității zonei donatoare în cazul lambourilor keystone

1. Introducere

Lucrarea de față descrie utilizarea lamboului keystone ca o tehnică pentru reconstrucția defectelor de părți moi în urma leziunilor membrelor, oferind o calitate similară țesutului. Lucrarea se concentrează pe cele mai importante aspecte tehnice ale recoltării lambourilor care ar putea reduce la minim morbiditatea zonei donatoare, subliniind principalele indicații, avantajele și dezavantajele, precum și posibilele complicații.^{6,7}

2. Materiale și metode

Douăzeci și opt de cazuri de defecte tisulare simple sau complexe ale membrelor, cu/fără leziuni osoase sau tendinoase sau os sau tendon expus, au fost tratate în departamentul de chirurgie plastică în perioada ianuarie 2014 - iunie 2020. La toți acești pacienți a fost efectuată reconstrucția imediată cu lambouri keystone. Toate procedurile au fost efectuate într-o singură etapă. Datele înregistrate au inclus datele demografice ale pacienților, comorbiditățile, etiologia, caracteristicile lambourilor, alte tratamente anterioare, intervalul de timp dintre traumatism și tratamentul chirurgical, prezența infecției, factorii chirurgicali, tipul de anestezie, perioada de imobilizare după intervenție, durata spitalizării, perioada de urmărire. Rezultatele și complicațiile au fost analizate în timpul perioadei de urmărire.

Tehnica chirurgicală aplicată în acest studiu a fost similară cu cea din studiul 2. Raportul lamboului keystone depinde de dimensiunea defectului și de regiunea anatomică. Din experiența noastră, ar trebui să existe un raport de 1:1 între lățimea defectului și lățimea lamboului în cazul defectelor mici. Pentru defectele mai mari, se recomandă adăugarea a 0,5-1 centimetri la lățimea lamboului pentru a preveni complicațiile postoperatorii locale. Conservarea nervului cutanat și a venei superficiale este recomandată pentru a îmbunătăți drenajul venos postoperator și

pentru a menține sensibilitatea lamboului keystone. Adâncimea inciziei depinde de tipul de lambou. Pentru lamboul keystone tip I, incizia lasă intactă fascia profundă. Pentru lambou keystone tip IIA, lambouri mai mari și regiunile anatomice cu laxitate tisulară mai slabă (de exemplu, partea inferioară a gambei), fascia profundă este incizată. În cazul defectelor mari, țesutul este insuficient de moale și un singur lambou nu este suficient, fiind recomandată utilizarea unui lambou dublu (KPIF de tip III), cu un lambou pe partea opusă a defectului sau cu lambou de tip IV KPIF rotit până la 30 de grade. În plus, au existat cazuri clinice care indică faptul că spațiul mort dintre lambou și defect poate fi redus prin dezepitelizarea părții distale a lamboului keystone, prevenind complicațiile postoperatorii locale.^{8,9}

3. Rezultate

Douăzeci și opt de pacienți cu o vârstă medie de 40,57 ani (interval 19-78 ani) au suferit reconstrucții ale părților moi ale membrilor în perioada ianuarie 2014 - iunie 2020. Dintre aceștia, 16 pacienți au fost de sex masculin și 12 pacienți de sex feminin. Nouăsprezece pacienți au avut comorbidități asociate, cea mai frecventă fiind fumatul, cu glicemie și tensiune arterială slab controlate.

Trauma a fost principala cauză a defectelor țesuturilor moi, urmată de ulcerele cronice. Topografia leziunilor a fost următoarea: 22 de cazuri (78,57%) în membrul inferior, dintre care două cu expunere osoasă, și 6 cazuri (21,43%) în membrul superior, dintre care două cu expunere a tendonului extensor. Au fost efectuate 28 de reconstrucții cu lambouri keystone: tipul I KPIF în 14 cazuri, tipul IIA KPIF în 12 cazuri, tipul III KPIF într-un caz și tipul IV KPIF într-un caz. Dimensiunea medie a lamboului keystone a fost de 82,41 cm², variind de la 1,25 cm² la 318 cm². Treisprezece proceduri au fost efectuate sub anestezie generală, 11 proceduri cu anestezie spinală, 2 proceduri bloc Bier și 2 proceduri de anestezie brahială au fost induse. Nu a existat niciun tratament chirurgical în istoricul anterior și nicio intervenție chirurgicală de revizuire. Timpul mediu de la traumatism până la intervenția chirurgicală a fost de 21,8 luni (interval 0,5-72 luni).

Durata medie a intervenției chirurgicale a fost de 60,41 min (interval 15-135 min). Au fost utilizate drenuri pasive în 14 cazuri și drenuri active în 4 cazuri. Timpul mediu până la îndepărtarea drenurilor pasive a fost de 2 zile după operație, iar în cazul drenurilor active, de 4,5 zile. După intervenția chirurgicală, în 6 cazuri (21,43%) a fost aplicată imobilizare cu atelă pentru perioade diferite de timp, în funcție de patologia primară. Toți pacienții au primit profilaxie împotriva trombozei venoase profunde. Durata medie de spitalizare a fost de 9,42 zile (interval 1-27 zile). Durata medie de urmărire a fost de 33,25 luni (interval 5-74 luni).

În timpul perioadei de urmărire, un lambou a prezentat necroză superficială parțială (4%) și toate celelalte lambouri rămase au supraviețuit complet. Lamboul deteriorat a fost vindecat prin epitelizare secundară după tratamentul local al plăgii în timpul urmăririi. Toți pacienții au avut o evoluție postoperatorie fără incidente. Toate zonele donatoare s-au vindecat fără evenimente adverse, fără deficite senzoriale și fără disfuncții musculoscheletale. În general, pacienții au fost mulțumiți de rezultatele funcționale și estetice.

4. Concluzii

Morbiditatea zonei donatoare poate juca un rol major în calitatea vieții în urma reconstrucției membrului. Dehiscenta plăgii sau necroza duc la o vindecare deficitară care duce în cele din urmă la deficite cosmetice și funcționale pe termen lung. Rezultatele noastre evidențiază faptul că lambourile keystone ar trebui luate în considerare ca metodă alternativă pentru reconstrucția defectelor de părți moi ale membrului. Aceste lambouri oferă o metodă simplă și eficientă de închidere a plăgii, realizând reconstrucția prin înlocuirea 'like with like', folosind țesuturi cu textură, grosime, flexibilitate și culoare similare. Prin conservarea arterei principale și a mușchiului subiacent, lamboul keystone reduce drastic morbiditatea zonei donatoare și prezintă timpi operatori mai scurți. Această procedură chirurgicală oferă numeroase beneficii în cazul pacienților răniți, oncologici, vârstnici sau imunocompromiși, cu o perioadă de spitalizare mai scurtă. Această tehnică chirurgicală este relativ simplă și accesibilă pentru toți chirurșii plasticieni.

Bibliografie

1. Behan, F. C. The Keystone Design Perforator Island Flap in reconstructive surgery. *ANZ J Surg* 73, 112–120 (2003).
2. Moncrieff, M. D. et al. Keystone flap reconstruction of primary melanoma excision defects of the leg-the end of the skin graft? *Ann Surg Oncol* 15, 2867–2873 (2008).
3. Behan, F. et al. Use of the keystone island flap for advanced head and neck cancer in the elderly--a principle of amelioration. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, 739–745 (2010).
4. Shah, A. A. & D'Amico, T. A. Primary chest wall tumors. *J Am Coll Surg* 210, 360–366 (2010).
5. Bergeron, E. J., Meguid, R. A. & Mitchell, J. D. Chronic Infections of the Chest Wall. *Thorac Surg Clin* 27, 87–97 (2017).
6. Menderes, A., Sunay, O., Vayvada, H. & Yilmaz, M. Surgical management of hidradenitis suppurativa. *Int J Med Sci* 7, 240–247 (2010).
7. Abraham, J. T. & Saint-Cyr, M. Keystone and Pedicle Perforator Flaps in Reconstructive Surgery: New Modifications and Applications. *Clin Plast Surg* 44, 385–402 (2017).
8. Behan, F. C., Findlay, M. (Michael W. & Lo, C. Hean. The keystone perforator island flap concept. 118–120 (2012).
9. Rao, A. L. & Janna, R. K. Keystone Flap: Versatile Flap for Reconstruction of Limb Defects. *J Clin Diagn Res* 9, PC05 (2015).

SUMMARY OF DOCTORAL THESIS

Experimental and clinical considerations of keystone perforator island flaps

PhD student **Virág Tímea Helga**

Supervisor Prof.dr. **Georgescu Alexandru Valentin**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

Content

Personal contribution	
1. Hypothesis and objectives	4
2. Main purpose of the thesis	4
3. Originality and innovation	5
4. Impact	5
Study 1. Investigation of tension-reducing effectiveness of keystone perforator island flaps	6
1. Introduction	6
2. Materials and methods	6
2.1. Surgical technique	7
2.2. Technique of tissue tension measurements	
3. Results	8
4. Conclusion	9
Study 2. Reliability and outcomes of keystone perforator island flaps in the reconstruction of soft tissue defects	11
1. Introduction	11
2. Materials and methods	11
2.1. Surgical technique	12
3. Results	13
4. Conclusion	14
Study 3. Assessment of donor-site morbidity for keystone perforator island flaps	15
1. Introduction	15
2. Materials and methods	15
3. Results	16
4. Conclusion	17
Bibliography	18

Keywords: plastic surgery, reconstruction, keystone flap, experimental study, clinical study

Personal contribution

1. Hypothesis and Objectives

The keystone perforator island flap was first published in 2003 by Behan. It is frequently chosen as the primary option in our Plastic Surgery Department for covering complex, large tissue defects, particularly in anatomical regions with limited tissue laxity or compromised blood supply, predominantly in elderly patients. There is a universally accepted evidence that the keystone perforator island flap is actually suitable for clinical use. There is no consensus on its suitability for closing tissue defects that cannot be closed by primary wound closure. Nor is there any measurement that flap closure results in a significant decrease in tissue tension.

2. Main purpose of the thesis

Investigation of the effectiveness of keystone perforator island flaps during clinical and experimental reconstruction procedures.

3. Originality and innovation

In plastic surgery, there is no consensus on the true effectiveness of the keystone perforator island flap. There is no consensus on whether it really reduces tissue tension during reconstruction. There is no consensus on whether it really helps to close tissue defects in cases where primary wound closure failed. There is also no clear consensus on the reducing effect on donor site morbidity. And the outcome of research on the management of chronic skin disease, oncological resections and postoperative wound complications, contributes to a positive outcome in clinical cases and a high success rate. Overall, all three studies provide evidence that supports the clinical use of the keystone perforator island

flap. This expands the existing knowledge published on topic with a positive outlook.

4. Impact

The reduction of tissue tension helps to prevent postoperative complications and improves recovery time.

The examination of the versatility of the keystone perforator island flap in different anatomical regions and the publication of these results will increase the rate of flap confidence.

The use of a larger number of keystone perforator island flaps in the presented cases contributes to a more effective management of the disease and a reduction in recurrences after surgery.

The evaluation of the technical aspect of keystone perforator island flap harvesting may reduce postoperative complications.

In reconstructive surgery, the main consideration is to select a flap that reduces donor site morbidity and facilitates postoperative recovery. Analysis and communication of the results help to make the right decision.

Study 1. Investigation of tension-reducing effectiveness of keystone perforator island flaps

1. Introduction

The simulation of surgical techniques on experimental swine models in vivo in operating theatres offers a practical and realistic opportunity that facilitates the accurate replication of surgical procedures step by step.

2. Materials and methods

The experimental study was performed on twelve white breed swine models with an average weight of 40 kg.

This experimental study was performed on swine models to investigate the wound closure tension-reducing effect of type I KPIF, type IIA KPIF and type I Sidney Melanoma Unit and type II SMU.

Intraoperative tissue tension was measured by an AXIS FB50, 50 N force gauge tensiometer. We performed measurements on the primary defect. Then we measured how the tension changed after we dissected the flap. Then we measured the tension of the donor zone. Measurements were repeated three times and an average value was calculated.

At the end of surgery, wounds were inspected and dressed. The animals were kept alive for two weeks to assess wound healing. The bandages were changed daily and photographs were taken during the follow-up period. At the end of the experiments, euthanasia was conducted under full anesthesia with 6ml/50kg T61 and experimental animals were disposed as medical waste.

2.1. Surgical technique

The width of the wound required for closure was determined by pinch of the skin prior to excision and after the primary defect and flap

had been designed and drawn. If primary closure with a single midline suture fails due to suture breakage or wound edge damage, the wound is considered non-closable and it is reconstructed using a keystone perforator island flap.

During the surgical procedure, a wide elliptical defect was created. Following excision, a 90° incision was created at both ends of the defect, meeting the greater flap arc. In both type I and type IIA KPIF cases, the skin was incised along the entire length of the flap margin. In type SMU I and type SMU II flaps, a skin bridge was left intact on the greater arc. Its size was equal to one third of the length of the greater arc. Deep fascia was divided along the greater arc in type IIA flap, and below the skin bridge in type SMU II flap, with blunt dissection of the surrounding tissue. KPIF margins were minimally undermined to obtain further flap movement while preserving the central hot spot area.

The first sutures were placed midway between the flap-side margins, at the most tensioned and widest point of the primary defect. The limbs of the KPIF were then closed in a V-Y manner and the greater curvature of the flap was finally approximated. At the donor site, wound closure was completed with a simple interrupted suture.¹ Defects were covered with four different types of keystone perforator island flaps (type I, type IIA, type SMU I, type SMU II) using the same surgical procedure.²

2.2. Technique of tissue tension measurements

In first group (group A), a wide elliptical defect was created, tissue tension was measured over the widest point of the primary defect and data were recorded as position 1 (primary defect, N). The skin was then incised to create a Type I KPIF without dividing the deep fascia. Once type I KPIF was created, tension was measured at the widest point of the wound and recorded as position 2 (type I, N). Tissue tension at the donor site was measured and recorded as position 3 (type I donor-site, N). Furthermore, after creation of wide elliptical defect, tissue tension was measured over the widest point of the primary defect and data were recorded as position 1 (primary defect, N). Deep fascia surrounding the

entire flap was divided for type IIA KPIF. Tissue tension was measured across the widest point of the primary defect after preparing type IIA KPIF, and position 2 (type IIA, N) was recorded. Finally, tension was measured across the widest point of the donor site after closure of the flap on the defect side and V-Y closure of both ends of the KPIF and recorded as position 3 (type IIA donor-site, N).

In second group (group B), the elliptical primary defect was closed with type SMU I KPIF. Tissue tension was measured in three steps: tension measurements across the widest point of the defect before type SMU I and type SMU II reconstructions, recorded as position 1 (primary defect, N); tension measurement across the widest point of the defect after preparing type SMU I KPIF without division of the deep fascia under the skin bridge, recorded as position 2 (type SMU I, N); and tension measurement across the widest point of the defect after division of deep fascia under the skin bridge of type SMU II KPIF, recorded as position 3 (type SMU II, N).

3. Results

Overall, 62 keystone perforator island flaps were performed during the experiment, using four different types of flaps: type I, type IIA and the Sydney Melanoma Unit I and II. A total of twelve porcine models were used in the present in vivo experimental study.

All elliptical defects were non-closable, with different sizes ranging between 2x4 cm and 8x20 cm. Complete flap survival was observed without any flap-related complications in all cases.

The mean value of tension changes between reconstruction with type I and type IIA flaps was $- 5.39 \pm 3.90$ N and ($P < 0.001$). Tension indicators after division of deep fascia were significantly lower compared to prior division indicators in case of type I and type IIA KPIFs. Accordingly, secondary defect tension indicators at the donor sites showed a significant decrease compared with primary defect tension

indicators at the defect site for both types of flaps (type I and type IIA KPIF).

After type IIA KPIF elevation, there was a mean defect tension change of $- 5.39 \pm 3.90$ N ($P < 0.001$). Tension indicators significantly decreased after division of deep fascia compared to prior division indicators. The mean tension change in the secondary defect was $- 21.52$ N ± 9.16 N ($P < 0.001$). Accordingly, the secondary defect tension indicators at the donor sites showed a significant decrease compared with the levels of primary defect tension at the defect site.

Tension measurements in case of type SMU II KPIF, after division of the deep fascia showed a significant reduction ($- 3.14 \pm 3.15$ N) compared to levels before division.

Tension in the primary defect was reduced with all four flap types, making the primary wound closable using the keystone perforator island flap, but type IIA KPIF reduced tissue defects studied here the most. In both cases (type IIA and SMU II KPIF), the division of the deep fascia contributed significantly to the reduction in tissue tension. No significant data were obtained regarding the beneficial effect of the skin bridge on tension for type SMU I and SMU II KPIFs.

4. Conclusion

The main purpose of this study was to clarify the tension-reducing effect of the KPIF technique, which can contribute to the understanding of the biomechanical benefits of KPIFs. We believe that the results of our experimental research raise awareness on the benefits of the flap. They confirm the effectiveness of the flap and address the biomechanical doubts that have not been cleared up so far. It will encourage more young surgeons to use the flap, especially given its proven benefits. We believe this method serves as an effective tool in reducing tension during wound closure and in the management of tissue defects that may appear challenging with primary wound closure alone.

Study 2. Reliability and outcomes of keystone perforator island flaps in the reconstruction of soft tissue defects

1. Introduction

There are many solutions for reconstruction following tumor removal, but in the case of elderly patients it is recommended to take into account the operative time and the factors indicating possible postoperative flap loss.³ Soft tissue defects after thoracic surgery, cardiothoracic surgery and wound dehiscence following spinal surgery are a challenge for all plastic surgeons. Secondary wound closure in dehisced wounds is a very difficult task due to the already compromised edges and poor general health.^{4,5}

The purpose of this study is to investigate the success rate of the keystone perforator island flap for the reconstruction of soft tissue defects following wide local excision of the affected region of the trunk and limbs in our department.

2. Materials and Methods

A number of 66 patients with soft tissue defects in various regions of the body were treated in our plastic surgery department between January 2014 and November 2019. The etiology of the defects included tumors, chronic skin disease, postoperative complications with wound dehiscence or flap necrosis.

For tumors, inclusion criteria were basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma and dermatofibrosarcoma as a really complex case. Postoperative complications with wound dehiscence included thoracic, cardiothoracic and spinal surgery. For chronic skin disease, inclusion criteria were the diagnosis of an advanced hidradenitis.

The following data were recorded: age, gender, body mass index (BMI), smoking status, heart failure, diabetes mellitus, etiology, Hurley scoring system for HS, type of tumors, topography, type and size of

defects and flaps, flap outcome, follow-up period and recurrence. The follow-up recorded the minor and major complications occurring after surgery.

Defects were reconstructed with four type of keystone perforator island flap: type I, type IIA, type III and type omega.

2.1. Surgical Technique

Wide local elliptical excision of the involved skin was performed along with a 1 cm margin of clinically normal skin.⁶ The long axis of the elliptical defect was oriented parallel to the vascular-nervous elements.⁷ A keystone perforator island flap was used to cover the resulting defect, employing the same surgical procedure.

The dissection and elevation of the KPIF was performed after adequate excision of the affected region. The length of the flap was calculated so as to achieve bilateral V-Y advancement for both sides. KPIF flaps were designed using a 1:1 ratio of defect size to flap width. A 90-degree incision at all defect ends meets the curvilinear line of the flap marking. Incisions were made along the entire length of the flap boundary as previously marked. The radical incision of type I KPIF was performed down to the deep fascia. The incision of type IIA, type III and type omega KPIFs was deepened as far as the deep fascia, also divided along the entire length of the outer border, with minimum undermining on the inner side of the defect. Type III of KPIF is a double opposing keystone flap. It was performed as a symmetric opposing double flap. During wound closure, V-Y advancement of each end of the double flap in the longitudinal axis creates redundancy in the central portion of the flap and reduces the horizontal tension.

Elevation of one end of the omega flap permits either rotation or transposition into the defect. This can be undertaken to the point where one limb of the flap is transposed to meet the other as an omega symbol. The wound edges are sutured together from the inner side, where the two inner flap-side edges meet.

In case of type I and IIA flaps, the first suture was placed in the middle of the flap, which is more prone to maximum tension. KPIF limbs were then closed using a V-Y approach, and the greater curvature of the flap was then approximated. Wound closure was done using simple interrupted suture or continuous skin suture.¹ Flap size was measured intraoperatively. In some cases, two KPIFs were designed before surgery, one as a back-up option⁷, choosing the most suitable one during the surgical procedure.

3. Results

The present retrospective study included 66 patients: 23 patients diagnosed with tumors, 22 with advanced HS lesions, and 21 patients with other post-surgical complications treated within our department. Patients were aged between 21 and 87 years (mean age 55.43 years), of which 37 men and 29 women (Fig. 29.). The most common comorbidity was smoking (36 patients, 54.5 %) and 40 patients had a BMI over 25 kg/m². Twenty-one patients had previously been treated in other surgical department.

A total of 66 keystone perforator island flap reconstructions were performed following wide local excision of the affected regions. Surgery was performed in two stages for a patient with bilateral involvement, with a 4-month gap in case of HS. Average KPIF size evaluated by macroscopic measurement following blunt dissection and flap elevation was 155.05 cm² (tumors:132.82 cm², HS: 107.95 cm², postoperative complications: 226.45 cm²), ranging between 1.15-784 cm². Type I KPIF reconstruction was performed in 12 cases, type IIA KPIF in 51 cases, type III in 2 cases and type omega in 1 case. Wounds were inspected on the second day after surgery. 66 KPIF reconstructions were fully successful. The postoperative course was uneventful, without major complications or recurrences. A 2% partial superficial necrosis was observed in one case, on the midline region of the type III flap, in the thoracic region, which was healed by secondary epithelialization after treatment with

local wound care during follow-up.

None of the patients experienced postoperative pain. All keystone perforator island flaps survived. All patients were given postoperative antibiotics based on their individual antibiogram. Sutures were removed 14 days after surgery. All patients were included in the postoperative follow-up assessment. There was a 25.42 month (3-69 months range) mean follow-up period. There was no recurrence during the follow-up period. All patients resumed their daily activities 14-19 days following the surgical procedure.

4. Conclusion

To conclude, we consider that the KPIF should be considered for immediate defect closure after wide local excision of tumors, chronic skin disease and postoperative wound dehiscence. KPIF reconstruction is a good surgical option in all regions of the body, as the KPIF provides a reliable, versatile and durable cover to the affected regions, with robust vascular supply. There is no need for Ultrasonic Color Doppler detection of perforators, the flap elevation technique is relatively simple, leading to short operative time. Complications are infrequent because of the flap design. The low tension over the wound reduces the risk of dehiscence and necrosis, provides minimal donor site morbidity, with low patient morbidity, leading to short postoperative rehabilitation time.

Finally, KPIF almost always results in better aesthetic match, good color and contour match and it should be considered as an option in trunk and limbs reconstruction with an increased success rate.

Study 3. Assessment of donor-site morbidity for keystone perforator island flaps

1. Introduction

The present paper describes the use of the keystone perforator island flap as a technique that can replace soft tissue defects following limb injuries, providing similar tissue quality. It focuses on the most important technical aspects of flap harvesting that could equally minimize donor-site morbidity, pointing out the main indications, advantages and disadvantages, and possible complications.

2. Materials and Methods

Twenty-eight cases of simple or complex tissue defects of the limbs, with/without bone or tendon injuries or exposed bone or tendon were treated in the Department of Plastic Surgery between January 2014 and June 2020. Immediate reconstruction with KPIF was performed in all these patients. All procedures were done in a single stage. Data recorded included patient demographics (age and gender), comorbidities (body mass index, smoking status, heart disease, diabetes mellitus), etiology, characteristics of the flap (type, size and topography), other previous treatments, the time interval between injury and surgical treatment, presence of infection, surgical factors (type and characteristics of reconstruction, type of drain, duration of surgery), type of anesthesia, immobilization period after surgery, length of hospital stay, follow-up period. Flap outcomes and complications were analyzed during the follow-up period.

2.1. Surgical Technique

The KPIF ratio depends on the size of the defect and the anatomical region. In our experience, there should be a 1:1 ratio of defect width to flap width in case of small defects. For larger defects it is recommended to add 0.5-1 centimeters to the width of the flap in order to reduce

tension. Moreover, in case of very large defects, the undermining of the central part of the flap facilitates its advancement and significantly reduces tension.^{1,3,8,9} The flap is elevated while preserving the “hot spot area” including the multiperforators.¹

Cutaneous nerve and superficial vein preservation is recommended to improve postoperative venous drainage and to maintain flap sensitivity.

The incision depth depends on the flap type. For type I KPIF the incision leaves the deep fascia intact. For type IIA KPIF larger lobes and anatomical regions with poorer tissue laxity (e.g. lower leg), the deep fascia is also incised. In case of large defects, the tissue is insufficiently lax and a single flap is not enough, being recommended to use a double flap (type III KPIF), with a flap on the opposite side of the defect, or with the flap type IV KPIF rotated up to 30 degrees. In addition, there have been clinical cases indicating that the dead space between the flap and the defect can be reduced with the de-epithelialization of the distal part of the flap.

3. Results

Twenty-eight patients with an average age of 40.57 years (range, 19-78 years) underwent soft-tissue reconstructions in the limbs between January 2014 and June 2020.

Trauma was the major cause of the soft-tissue defects followed by chronic ulcers. The topography of the injuries was as follows: 22 cases (78.57%) in the lower limb, two of which with bone exposure, and 6 cases (21.43%) in the upper limb, two of which with extensor tendon exposure. There were 28 KPIF procedures: Type I KPIF in 14 cases, type IIA KPIF in 12 cases, type III KPIF in one case, and type IV KPIF in one case. The average KPIF size was 82.41 cm², ranging from 1.25 cm² to 318 cm². 13 procedures were performed under general anesthesia, 11 procedure with spinal anesthesia, 2 Bier's block, and 2 brachial anesthesia were induced. There was no surgical treatment in prior history and no revision surgery. The average time from injury to surgery was 21.8 months (range, 0.5-72

months). Average duration of surgery was 60.41 min (range, 15-135 min). Passive drains were used in 14 cases and active drains in 4 cases. The average time until the removal of passive drains was 2 days after surgery, and in the case of active drains, 4.5 days. After surgery, 6 cases (21.43%) were splinted for different periods of time, depending on primary pathology. All patients received deep vein thrombosis prophylaxis. The average length of hospital stay was 9.42 days (range, 1-27 days). The mean follow-up time was 33.25 months (range, 5-74 months).

During the follow-up period, one flap showed partial (4%) superficial necrosis and all the other remaining flaps survived completely. The damaged flap was healed by secondary epithelialization after treatment with local wound care during follow-up. All patients had an uneventful postoperative course. All flaps showed good texture matches and contour. All donor sites healed without any adverse events, no sensory deficits and no musculoskeletal dysfunction. Overall, the patients were satisfied with both functional and aesthetic results.

4. Conclusion

Donor site morbidity can play a major role in the quality of life following limb reconstruction. Wound breakdown leads to poor healing that ultimately leads to long-term cosmetic and functional deficits. Our results emphasize that keystone perforator island flaps should be considered as an alternative method for the reconstruction of soft-tissue defects in the limbs. These flaps provide a simple and effective method for wound closure, achieving reconstruction by replacing like with like, using tissues of similar texture, thickness, pliability and color. By preserving the main artery and the underlying muscle, KPIF drastically reduces donor site morbidity and shows shorter operating times. This surgical procedure offers a lot of benefits in injured patients, oncological patients, in the elderly or in immunocompromised patients, with shorter hospital stay. This surgical technique is relatively simple and accessible to young surgeons.

Bibliography

1. Behan, F. C. The Keystone Design Perforator Island Flap in reconstructive surgery. *ANZ J Surg* 73, 112–120 (2003).
2. Moncrieff, M. D. et al. Keystone flap reconstruction of primary melanoma excision defects of the leg-the end of the skin graft? *Ann Surg Oncol* 15, 2867–2873 (2008).
3. Behan, F. et al. Use of the keystone island flap for advanced head and neck cancer in the elderly--a principle of amelioration. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 63, 739–745 (2010).
4. Shah, A. A. & D'Amico, T. A. Primary chest wall tumors. *J Am Coll Surg* 210, 360–366 (2010).
5. Bergeron, E. J., Meguid, R. A. & Mitchell, J. D. Chronic Infections of the Chest Wall. *Thorac Surg Clin* 27, 87–97 (2017).
6. Menderes, A., Sunay, O., Vayvada, H. & Yilmaz, M. Surgical management of hidradenitis suppurativa. *Int J Med Sci* 7, 240–247 (2010).
7. Abraham, J. T. & Saint-Cyr, M. Keystone and Pedicle Perforator Flaps in Reconstructive Surgery: New Modifications and Applications. *Clin Plast Surg* 44, 385–402 (2017).
8. Behan, F. C., Findlay, M. (Michael W. & Lo, C. Hean. The keystone perforator island flap concept. 118–120 (2012).
9. Rao, A. L. & Janna, R. K. Keystone Flap: Versatile Flap for Reconstruction of Limb Defects. *J Clin Diagn Res* 9, PC05 (2015).