

การเติมไขมันตนเองเพื่อแก้ไขแผลเป็นจากไฟไหม้ และการดิ่งรั้ง

พูนพิศมัย สุวะใจ*
ภีรเดช ทัศนะบรรจง**

Suwajo P, Thasanabanchong P. Autologous lipofilling for the burn scar and contracture improvement. Chula Med J 2018 Nov – Dec;62(6): 1049 - 65

Lipofilling or fat grafting is increasingly performed in plastic and reconstructive surgery. Lipofilling gives a natural therapeutic result and the grafted fat can remain in the long term as if it is the tissue of the area. The significant disadvantage of lipofilling is the unpredictable volume of the fat that is going to be reabsorbed, which varies between 25 to 80%. There have been several attempts to use different techniques; for example, centrifugation, in order to increase the number of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells (ASC) which may improve the therapeutic result via increasing the number of vessels supplying the grafted adipose tissue and decrease the reabsorbed fat. A burn scar creates a lesion that often has poor cosmetic outcome, and causes contraction. This decreases the quality of life of the patient. The conventional surgical treatments for contraction are, namely, Z plasties, skin grafting, and flaps that possibly cause scars again and inevitably prone to contraction once again. Lipofilling is one of the alternative treatments for contracture improvement. Understanding, the cellular and histologic mechanisms that changes the clinical outcomes is important for the therapeutic process which include fat harvesting, fat preparation, and reinjection. This understanding will endorse lipofilling for burn scar and contraction.

Keywords: Lipofilling, fat grafting, scar, burn scar, contraction.

Correspondence to: Suwajo P. Department of Plastic and Reconstructive Surgery,
King Chulalongkorn Memorial Hospital, The Thai Red Cross Society,
Bangkok 10330, Thailand.

Received: March 9, 2018

Revised: April 28, 2018

Accepted: June 10, 2018

* ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** นิสิตแพทย์ชั้นปีที่ 3 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พนพิศมัย สุวะใจ, ภีรเดช ทศนะบรรจง. การเติมไขมันตนเองเพื่อแก้ไขแผลเป็นจากไฟไหม้และการดิงรั้ง. จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2561 พ.ย. – ธ.ค.; 62(6): 1049 – 65

การเติมไขมัน (lipofilling) หรือการปลูกถ่ายไขมัน (fat grafting) เป็นเทคนิคที่แพร่หลายมากขึ้นในทางศัลยกรรมตกแต่ง การเติมไขมันได้ผลการรักษาที่เป็นธรรมชาติ ไขมันที่ได้รับการปลูกถ่ายสามารถคงอยู่ในระยะยาวเสมือนว่าเป็นเนื้อเยื่อบริเวณนั้น ข้อเสียที่สำคัญของการเติมไขมัน คือ การไม่สามารถคาดคะเนปริมาณของไขมันที่จะสลายไปได้ ซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 25 – 80 จึงมีความพยายามในการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การปั่นเหวี่ยง และเทคนิคอื่น ๆ ที่พยายามเพิ่มปริมาณของ adipose tissue-derived mesenchymal stem cells (ASC) ที่ช่วยให้ผลลัพธ์ของการรักษาดีขึ้นโดยเพิ่มหลอดเลือดที่มาเลี้ยงเนื้อเยื่อไขมันหลังการปลูกถ่าย ซึ่งทำให้เนื้อเยื่อไขมันสามารถคงอยู่ได้ในบริเวณที่ได้รับการปลูกถ่ายและลดไขมันที่จะสลายไป แผลเป็นที่เกิดจากไฟไหม้ทำให้อาการของรอยโรคไม่สวยงามและยังทำให้เกิดการดิงรั้ง ซึ่งทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยด้อยลง การรักษาดังเดิมทางศัลยกรรมในการแก้ไขการดิงรั้ง คือ Z plasty หรือการทำ graft ผิวหนัง และ flap ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดแผลเป็นและมีความเสี่ยงต่อการเกิดการดิงรั้งขึ้นอีกครั้ง การรักษาโดยการเติมไขมันจึงเป็นการรักษาทางเลือกหนึ่งในแก้ไขการดิงรั้ง ความเข้าใจตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงหลังการรักษาตั้งแต่ระดับเซลล์และจุลกายวิภาค จนถึงการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ ในผลลัพธ์ทางคลินิกมีความสำคัญต่อขั้นตอนการรักษาทั้งการเก็บไขมัน การเตรียมไขมัน การปลูกถ่าย และจะทำให้การรักษาด้วยการเติมไขมันสำหรับแผลเป็นจากไฟไหม้และการดิงรั้งประสบความสำเร็จ

คำสำคัญ : การเติมไขมัน, การปลูกถ่ายไขมัน, แผลเป็น, แผลเป็นไฟไหม้, แผลดิงรั้ง.

การเติมไขมัน (lipofilling) หรือการปลูกถ่ายไขมัน (fat grafting) เป็นการรักษาเพื่อเติมเต็มเนื้อเยื่อซึ่งใช้อย่างแพร่หลายในศัลยกรรมตกแต่งและเสริมสร้างจากการสำรวจในสมาชิกของสมาคมศัลยแพทย์ตกแต่งในสหรัฐอเมริกา พบว่ามีศัลยแพทย์ตกแต่งที่เคยทำการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขมันมากถึงร้อยละ 86⁽¹⁾ มีการสันนิษฐานว่าเมื่อ 1,000 ปีก่อนคริสตกาลได้มีศัลยแพทย์ชาวอินเดียได้รักษาความผิดปกติของจมูกด้วยวิธีการนี้เมื่อ พ.ศ. 2436 Neuber รายงานความสำเร็จในการปลูกถ่ายไขมันจากแขนเพื่อเติมรอยยวบ (depression) บนใบหน้า ซึ่งเกิดจากการติดเชื้อวัณโรคได้สำเร็จ⁽²⁾ ต่อมา ในปี พ.ศ. 2455 Eugene Hollander ได้เสนอการปลูกถ่ายไขมันโดยใช้เข็มฉีดยาเป็นครั้งแรก⁽³⁾ จากนั้นเทคนิคการปลูกถ่ายไขมันได้ถูกพัฒนาโดยตลอดจนถึงปัจจุบันการเติมไขมันได้ใช้อย่างแพร่หลายเพื่อเสริมความเป็นหนุ่มสาวที่บริเวณใบหน้า (facial rejuvenation) เนื่องจากให้ผลการรักษาที่เป็นธรรมชาติ และได้ผลในระยะยาว นอกจากนี้การเติมไขมันถูกใช้ในการรักษาอื่น ๆ อีก เช่น การตกแต่งและเสริมสร้างเต้านมในผู้ป่วยที่ถูกตัดเต้านมเพื่อการรักษามะเร็ง⁽⁴⁾ การตกแต่งใบหน้าเพื่อรักษาผู้ป่วยติดเชื้อ human immunodeficiency virus (HIV) ที่มีการผ่อของไขมัน (lipoatrophy)⁽⁵⁾ และการป้องกันการเกิดแผลกดทับ⁽⁶⁾ ที่สำคัญการเติมไขมันสามารถใช้รักษาแผลและแผลเป็นจากไฟไหม้รวมถึงการดิ่งรั้งได้เช่นกัน⁽⁷⁻¹³⁾ ซึ่งไม่เพียงแต่สามารถแก้ไขให้โครงสร้างของร่างกายกลับมาใช้งานได้มากขึ้น แต่ยังให้ผลลัพธ์ในการปรับปรุงด้านความสวยงามอีกด้วย การปลูกถ่ายไขมันสามารถใช้เพื่อปรับโครงสร้าง (contour) อย่างเป็นที่น่าพึงพอใจ เนื้อเยื่อไขมันที่ถูกปลูกถ่ายส่วนหนึ่งจะอยู่บริเวณนั้นเป็นระยะยาวเสมือนว่าเป็นเนื้อเยื่อบริเวณนั้น แต่ข้อเสียของการปลูกถ่ายไขมัน คือ การไม่สามารถคาดคะเนปริมาณไขมันที่ถูกปลูกถ่ายว่าจะสามารถอยู่บริเวณนั้นได้ปริมาณเท่าใดเนื่องจากมีไขมันจำนวนหนึ่งสลายไปในภายหลัง⁽³⁾ ความสำเร็จในการปลูกถ่ายไขมันจึงขึ้นอยู่กับวิธีและเครื่องมือการเก็บไขมัน การเตรียมไขมัน วิธีการปลูกถ่ายไขมัน และ

อื่น ๆ ซึ่งรวมไปถึงเทคนิคและวิธีการของแพทย์ โดยได้กล่าวถึงในบทความนี้

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเติมไขมัน

เนื้อเยื่อไขมันเป็นเนื้อเยื่อที่มีเลือดไปเลี้ยงมาก และมีคุณสมบัติในการสร้างหลอดเลือด (angiogenic properties) การขาดเลือดและไม่มีการสร้างหลอดเลือดใหม่เกิดขึ้นหลังการปลูกถ่าย ทำให้เกิดการสลายของเนื้อเยื่อไขมันได้ร้อยละ 25 - 80⁽¹⁴⁾ ดังนั้นมิติและรูปร่างของเนื้อไขมันที่เติมจะมีการเปลี่ยนแปลงไป และทำให้ผลลัพธ์ของการรักษาในระยะยาวไม่ได้ผลดีนัก ในขณะที่ผลลัพธ์ในระยะสั้นเป็นไปอย่างดี⁽¹⁵⁾ จึงแนะนำให้มีการเติมไขมันทุก ๆ 7 เดือน สำหรับการตกแต่งเสริมสวย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการรักษาเพื่อเติมเต็มในรูปแบบอื่น ๆ พบว่าจุดเด่นของการเติมไขมันของตนเอง (autologous) คือ การไม่เกิดการกระตุ้นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันอย่างแน่นอน (biocompatible) จึงไม่ทำให้เกิดอาการแพ้

หลักการของการเติมไขมันเพื่อทำให้นเนื้อเยื่อไขมันคงอยู่หลังการปลูกถ่ายมากที่สุด คือ การลดความเสียหายของเนื้อเยื่อไขมันระหว่างการทำหัตถการ และการเพิ่มหลอดเลือดที่มาเลี้ยงเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งนำเลือดที่มีสารอาหารและออกซิเจน ในการเก็บเนื้อเยื่อไขมันอาจทำได้โดยการดูดด้วยเครื่อง (vacuum extraction or liposuction) การใช้เข็มฉีดยา (syringe lipoaspiration) หรือการผ่าตัดเพื่อนำเนื้อเยื่อไขมันออกมา (surgical excision) และในช่วงกระบวนการจัดการกับเนื้อเยื่อไขมันที่ได้มา เช่น การปั่นเหวี่ยง (centrifugation) การกรอง (filtration) และการตกตะกอน (sedimentation) รวมถึงขั้นตอนการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขมันเข้าไปในบริเวณที่ต้องการ ล้วนมีผลชักนำให้เกิดการอักเสบ และส่งผลให้เนื้อเยื่อไขมันสลายไปหลังจากการปลูกถ่าย ดังเช่น มีการศึกษาพบว่าการทำเนื้อเยื่อไขมันสัมผัสต่อบรรยากาศในระหว่างการปั่นอาจมีผลในการทำลายเนื้อเยื่อไขมันระดับเซลล์แบบถาวร⁽¹⁶⁾ cytokine ต่าง ๆ เช่น hepatocyte growth factor, vascular

endothelial growth factor (VEGF), transforming growth factor-beta (TGF-beta), angiopoietin1, stromal cell-derived factor1 และ fibroblast growth factor2 (FGF-2)⁽¹⁷⁾ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการเติมไขมันเช่นกัน จึงไม่แนะนำให้แช่แข็งเนื้อเยื่อไขมันที่เก็บได้เพื่อใช้ในครั้งถัดไป ถึงแม้ว่าการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า การเก็บรักษาไขมันไว้มีผลเสียต่อเนื้อเยื่อไขมันเพียงเล็กน้อย^(18, 19) เนื่องจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องของเซลล์ไขมันมีประสิทธิภาพลดลง แม้อัตราทางจุลกายวิภาคและปริมาณของเซลล์ไขมันไม่เปลี่ยนแปลงไปก็ตาม⁽²⁰⁾

พบว่ามีการศึกษาจำนวนมากที่ ต้องการแก้ปัญหาการฟ่อของไขมันหลังได้รับการปลูกถ่าย มีการศึกษาอยู่จำนวนหนึ่งที่แก้ปัญหานี้ด้วยการเพิ่มจำนวนของ adipose tissue-derived mesenchymal stem cells (ASC) ในไขมันที่จะทำการปลูกถ่าย ASC เป็นเซลล์ที่มีลักษณะคล้าย fibroblasts และจัดอยู่ในกลุ่มของ mesenchymal stem cells (MSC) โดย MSC ซึ่งถูกค้นพบครั้งแรกในไขกระดูก มีความสามารถในการแบ่งตัวสูง และสามารถเปลี่ยนแปลงพัฒนา (differentiate) ไปเป็นเนื้อเยื่อไขมัน กระดูก กระดูกอ่อน เอ็น และกล้ามเนื้อได้ ASC ได้มาจากการเก็บเนื้อเยื่อไขมันโดยมีปริมาณมากกว่า multipotent cells ในไขกระดูกถึง 1,000 เท่า ในสัตว์ทดลองมีการศึกษาว่า ASC สามารถป้องกันการเกิด graft-versus-host disease ได้⁽²¹⁾ และเพิ่มการมีชีวิตรอดของไขมันที่ได้รับการปลูกถ่ายโดยการสร้างหลอดเลือดมาเลี้ยง ในการสร้างเสริมเต้านมพบว่าเนื้อเยื่อไขมันที่มีการเพิ่ม ASC สามารถรักษาปริมาตรของไขมันที่คงไว้หลังการปลูกถ่ายได้^(22, 23) ในสัตว์ทดลองพบว่า การเติมไขมันที่มี ASC มากกว่าจะมีหลอดเลือดฝอยในไขมันที่ถูกปลูกถ่ายมากกว่า โดย ASC มีการแสดงออกของ pro-angiogenic factors และปริมาณไขมันที่คงเหลืออยู่ในระยะยาวก็มีปริมาตรที่มากกว่า รวมถึงคุณภาพของเนื้อเยื่อไขมันก็ดีกว่าเช่นกัน กล่าวคือมีปริมาณของเนื้อเยื่อพังผืด (fibrous tissue) และถุงน้ำ (cyst) น้อยกว่า⁽²⁴⁾ การเพิ่มความเข้มข้นของ ASC ที่สำคัญทางคลินิกวิธีหนึ่ง

คือการปั่นเหวี่ยง (centrifugation) ซึ่งนอกจากจะเพิ่มความเข้มข้นของ ASC ได้แล้ว ยังสามารถลดจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดที่เสริมการอักเสบ (proinflammatory blood cell) ได้อีกด้วย⁽²⁵⁾ การปั่นเหวี่ยงเป็นขั้นตอนหนึ่งของ Coleman technique ที่เป็นวิธีการปลูกถ่ายไขมันที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน

การเก็บไขมัน

บริเวณที่จะทำการเก็บเนื้อเยื่อไขมัน (donor site) นิยมเก็บในบริเวณที่มีเนื้อเยื่อไขมันมากเกินกว่าความจำเป็นอยู่แล้ว เช่น บริเวณหน้าท้อง บริเวณบั้นท้าย บริเวณขาหนีบด้านใน บริเวณหัวเข่าด้านในบริเวณคอ ด้านหลัง (dorsocervical fat pad) และบริเวณต้นแขน ต้นขา ไม่ว่าจะเก็บเนื้อเยื่อไขมันจากบริเวณใดก็พบว่ามีผลต่อความสำเร็จในการปลูกถ่ายไม่แตกต่างกัน การเลือกบริเวณจึงขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ป่วยแต่ละราย

วิธีการเก็บไขมันสามารถทำได้โดยการดูดด้วยเครื่องสูญญากาศ (vacuum extraction or liposuction) การดูดด้วยเข็มฉีดยา (syringe aspiration) หรือการผ่าตัดนำออกมา (surgical excision) วิธีดั้งเดิมคือการดูดด้วยเครื่องเป็นวิธีที่ไม่ได้ผลดี เนื่องจากทำให้เซลล์ไขมันแตกได้ถึงร้อยละ 90 ในสัตว์ทดลอง โดยใช้ความดันในการดูด 1 atm⁽²⁶⁾ การใช้เข็มฉีดยาและการผ่าตัดนำเนื้อเยื่อไขมันออกมายังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดว่าวิธีใดให้ผลดีกว่า แต่ก็พบว่า การใช้เข็มฉีดยาเป็นที่ยอมรับมากกว่าในทางคลินิก

Tumescent technique เป็นวิธีหนึ่งของขั้นตอนที่ใช้ในการเก็บเนื้อเยื่อไขมัน โดยการใช้สารละลายซึ่งประกอบด้วยยาชาเฉพาะที่ เช่น lidocaine และ epinephrine ความเข้มข้นต่ำ ฉีดเข้าไปในเนื้อเยื่อไขมันที่ต้องการจะเก็บ ประโยชน์ของการใช้ tumescent technique ได้แก่ ลดความรู้สึกรู้เจ็บ ลดการเสียเลือดจากผลของ epinephrine ที่ทำให้หลอดเลือดหดตัว (vasoconstriction) และทำให้นำเนื้อเยื่อไขมันออกมาได้ง่ายขึ้นจากการศึกษาพบว่า lidocaine มีผลขัดขวางการเจริญเติบโตของเซลล์ไขมัน แต่เมื่อล้าง lidocaine ออกแล้ว จะ

ทำให้การทำงานของเซลล์ไขมันสามารถกลับมาเป็นปกติได้⁽²⁷⁾ และการศึกษาโดยเปรียบเทียบการใช้ tumescent technique (wet technique) กับกลุ่มควบคุม (dry technique) พบว่าการมีชีวิตรอดของเซลล์ไขมัน (viability) ไม่แตกต่างกัน⁽²⁸⁾ นอกจากนี้การใช้ tumescent technique ไม่ส่งผลเสียที่ชัดเจนต่อเนื้อเยื่อไขมัน อย่างไรก็ตามข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาของ tumescent technique ยังไม่เป็นที่แน่ชัด⁽²⁹⁾

ขนาดของเข็มฉีดยา (cannula) ที่ใช้มีผลต่อคุณภาพเนื้อเยื่อไขมันที่เก็บได้เช่นกัน โดยพบว่าการใช้เข็มฉีดยาขนาดใหญ่จะได้คุณภาพเนื้อเยื่อไขมันที่ดี กล่าวคือได้ปริมาณของเซลล์ไขมันมากกว่า มีการศึกษาโดยใช้เข็มขนาดต่าง ๆ ในการเก็บเนื้อเยื่อไขมัน พบว่าการใช้เข็มขนาด 4 มิลลิเมตร ให้จำนวนของเซลล์ไขมันมากที่สุด นอกจากนี้การใช้เข็มในขั้นตอนการเก็บเนื้อเยื่อไขมันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ส่งผลให้มีเนื้อเยื่อไขมันคงอยู่ได้ดีกว่าและมีการเกิดพังผืด (fibrosis) ในเนื้อเยื่อน้อยกว่า⁽³⁰⁾ การใช้เข็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก อัตราเร็วของการดูดสูง และการใช้แรงดึงมากจะเป็นการทำลายเซลล์ไขมัน⁽³¹⁾ นอกจากนี้การใช้เข็มฉีดยาที่มีปลายคมส่งผลให้จำนวน ASC ในเนื้อเยื่อไขมันที่แยกได้มากกว่าการใช้เข็มปลายทู่ภายหลังการปั่นเหวี่ยงอีกด้วย⁽³²⁾

การเก็บเนื้อเยื่อไขมันให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการอาจมีความจำเป็นต้องใช้กระบอกเข็มฉีดยาหลายอันในสัตว์ทดลองพบว่าเนื้อเยื่อไขมันที่เก็บได้ในกระบอกแรกมีคุณภาพดีกว่ากระบอกถัด ๆ ไป ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่ากระบอกแรกมีปริมาณและประสิทธิภาพของเซลล์ไขมันมากที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อนำไปปลูกถ่ายกลับเข้า ในสัตว์ทดลอง ก็พบว่าปริมาณของเนื้อเยื่อไขมันที่คงไว้ได้มากที่สุด มีหลอดเลือดมาเลี้ยง (vascularity) ดีกว่า รวมทั้งมีการตายของเซลล์ในรูปแบบถุงน้ำ (cystic necrosis) น้อยกว่าเช่นกัน⁽³³⁾ ดังนั้นจึงควรพิจารณาผลกระทบของการเก็บเนื้อเยื่อไขมันโดยใช้กระบอกฉีดยาหลายอันในมนุษย์เช่นกัน

กระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อไขมันที่เก็บได้ก่อนการปลูกถ่าย

เนื้อเยื่อไขมันที่เก็บมาได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การปั่นเหวี่ยง (centrifugation) การตกตะกอน (gravity separation) การล้าง (washing) การกรอง (filtration) จากการสำรวจในสมาชิกรัฐสภา คัลยแพทย์ตกแต่งของสหรัฐอเมริกา พบว่ามีศัลยแพทย์ตกแต่งที่ใช้การปั่นเหวี่ยงร้อยละ 34 การตกตะกอนร้อยละ 45 การกรองร้อยละ 34 การกลิ้งบนผ้ากอซสำลี (gauze rolling) ร้อยละ 11 และอีกร้อยละ 3 ไม่ได้นำเนื้อเยื่อไขมันไปผ่านกระบวนการใด ๆ⁽¹⁾ มีการศึกษาจำนวนมากที่เปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อเยื่อไขมันที่ได้มาในวิธีต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการปั่นเหวี่ยงกับการกลิ้งเนื้อเยื่อไขมันบนผ้ากอซสำลี พบว่าเนื้อเยื่อไขมันของผู้ป่วยที่ได้จากการกลิ้งบนผ้ากอซสำลีมีปริมาณ ASC มากกว่าเนื้อเยื่อไขมันที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง⁽³⁴⁾ นอกจากนี้การศึกษาในสัตว์ทดลองยังพบว่าการกลิ้งเนื้อเยื่อไขมันบนสำลีช่วยแยกไขมันและของเหลวอื่น ๆ ได้มีอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการปั่นเหวี่ยง อีกทั้งยังมีเซลล์ไขมันมากกว่าอีกด้วย⁽³⁵⁾ การเปรียบเทียบเนื้อเยื่อไขมันที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง การกรอง และการตกตะกอน พบว่าทั้ง 3 วิธีนี้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคพบว่าเนื้อเยื่อไขมันที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรงโลหะ (metal sieve) พบปริมาณเซลล์ไขมันน้อยกว่าและมีการอักเสบมากกว่า ในทางตรงข้าม การศึกษาในผู้ป่วยกลับพบว่าผลลัพธ์ของการรักษาโดยใช้การปั่นเหวี่ยงทำให้มีความนุ่มและการเติมเต็มมากกว่าการตกตะกอน⁽³⁶⁾ ส่วนการล้างด้วยน้ำเกลือและกรองทำให้เกิดก้อน (nodule formation) ในขณะที่ไม่เกิดในการปั่นเหวี่ยง⁽³⁷⁾ โดยสรุปยังไม่สามารถหาข้อสรุปที่แน่ชัดได้ว่ากระบวนการใดดีกว่าอย่างชัดเจน⁽²⁹⁾

สำหรับการปั่นเหวี่ยงซึ่งเป็นที่ยอมรับในกระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อไขมันก่อนฉีด ความเร็วและความแรงในการปั่นเหวี่ยงส่งผลต่อประสิทธิภาพเนื้อเยื่อไขมันเช่นกัน การเก็บเนื้อเยื่อไขมันด้วยเครื่องดูดและนำไปปั่นเหวี่ยง

ด้วยแรง ที่มากกว่า 50 g มีผลให้โครงสร้างของเนื้อเยื่อไขมันถูกทำลาย เพิ่มจำนวนเซลล์ไขมันที่ตาย และความสามารถในการเปลี่ยนแปลงพัฒนาเป็นไขมัน (adipogenic differentiation) ลดลง⁽³⁸⁾ ความเร็วในการบั่นเหวี่ยงยังสัมพันธ์กับส่วนของของเหลวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ส่วนที่จะนำไปใช้ได้มีปริมาตรลดลง และเพิ่มส่วนที่เป็นไขมันอันสัมพันธ์ต่อการทำลายเซลล์ไขมัน⁽³⁹⁾ แต่เมื่อเทียบกับการเก็บเนื้อเยื่อไขมันด้วยเข็มฉีดยาโดยใช้มือ (hand-held lipoaspirate) ไม่พบความแตกต่างของปริมาณเซลล์ไขมันในทุกความเร็วการบั่น⁽⁴⁰⁾ จากผลการศึกษาเหล่านี้บ่งชี้ได้ว่า การเก็บไขมันโดยใช้เข็มฉีดยาและดูดด้วยมือสร้างความเสียหายต่อเนื้อเยื่อไขมันน้อยกว่าการเก็บไขมันโดยใช้เครื่องดูด และทำให้เนื้อเยื่อไขมันทนต่อแรงการบั่นเหวี่ยงได้โดยไม่เกิดการทำลายในระดับเซลล์

การสับเนื้อเยื่อไขมัน (shuffling) ให้มีขนาดเล็ก อาจทำเพื่อความสะดวกในการปลูกถ่าย ภายหลังการสับ เนื้อเยื่อไขมันจะมีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาค ส่วนปริมาณของเซลล์ไขมัน ลักษณะหลอดเลือด อัตราส่วนของเซลล์ความสามารถในการเพิ่มจำนวนและเปลี่ยนแปลงพัฒนาเป็นไขมัน (adipogenic differentiation) ก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน การสับเนื้อเยื่อไขมันจึงอาจทำได้ในมนุษย์กรณีที่มีความจำเป็นทางศัลยกรรม⁽⁴¹⁾ แต่อย่างไรก็ไม่แนะนำให้สับเนื้อเยื่อไขมันให้มีขนาดเล็กลง⁽³⁾

ไขมันที่เก็บได้อาจถูกนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสเพื่อเก็บไว้ใช้ในครั้งถัดไป หลังนำเนื้อเยื่อไขมันไปเก็บรักษา เซลล์ไขมันมีลักษณะทางจุลกายวิภาคและปริมาณใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อไขมันสด แต่การทำงานของเอนไซม์ที่จำเพาะกับเซลล์ไขมันลดลง⁽²⁰⁾ ภายหลังไปปลูกถ่ายในสัตว์ทดลองปริมาตรและน้ำหนักของเนื้อเยื่อไขมันหลังการปลูกถ่ายไม่แตกต่างกัน⁽¹⁹⁾ แต่ก็ยังไม่ดีเท่ากับการใช้เนื้อเยื่อไขมันสด ในทางตรงกันข้าม มีรายงานว่าเนื้อเยื่อไขมันที่ผ่านการแช่แข็งทำให้เซลล์ไขมันส่วนใหญ่ตายไประหว่างกระบวนการแช่แข็งและการละลาย (thawing) การทำหน้าที่ของ ASC ก็ถูกจำกัด

ลง เมื่อนำไปปลูกถ่ายในสัตว์ทดลองก็ทำให้ไขมันตาย และมีการเกิดเนื้อเยื่อพังผืด (fibrous tissue) ขึ้นอีก⁽⁴²⁾ ผลลัพธ์ที่ต่างกันอาจเกิดจากกระบวนการจัดเก็บและแช่แข็งที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงควรระวังผลแทรกซ้อนของการปลูกถ่ายไขมันที่ผ่านการแช่แข็งในมนุษย์ เช่น การเกิดถุงไขมัน (oil cyst)

การปลูกถ่ายกลับเข้าสู่ร่างกาย

ในการฉีดไขมันกลับเข้าสู่ร่างกายในบริเวณที่ต้องการมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้เกิดผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ ระหว่างที่ฉีดไขมันมีการแนะนำให้ฉีดในขณะที่กำลังดึงเข็มออกเท่านั้น เพื่อให้เนื้อเยื่อไขมันตกลงสู่ระดับชั้นของเนื้อเยื่อบริเวณนั้นอย่างเป็นธรรมชาติ⁽⁴³⁾ ในสัตว์ทดลองการฉีดด้วยอัตราเร็วต่ำ (0.5 - 1.0 มิลลิลิตรต่อวินาที) ให้ปริมาตรของไขมันที่ปลูกถ่ายสำเร็จมากกว่าการฉีดด้วยอัตราเร็วสูง (3.0 - 5.0 มิลลิลิตรต่อวินาที) การเพิ่มอัตราเร็วในการฉีดทำให้เกิดการทำลายในระดับเซลล์ การสะสมของคอลลาเจน (collagen) และการอักเสบมากกว่า⁽⁴⁴⁾

การปลูกถ่ายติดต่อกัน (serial transplantation) ทำให้ผลการรักษาดีขึ้น เช่น การปลูกถ่ายไขมันติดต่อกันเพื่อรักษา Treacher Collins syndrome ทำให้ประสิทธิภาพของการรักษาดีขึ้น และเพิ่มความสมมาตรของใบหน้า การลดระยะเวลาระหว่างการปลูกถ่ายในแต่ละครั้งทำให้รักษาความสมมาตรของใบหน้าได้ดีกว่าเช่นกัน และยังพบว่า การปลูกถ่ายติดต่อกันไม่บ่อยนักที่จะเกิดการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขมันที่มากเกินไป⁽⁴⁵⁾ เพราะในระหว่างการปลูกถ่ายไขมันในครั้งต่อไป เนื้อเยื่อไขมันเดิมต้องถูกทำลายระหว่างหัตถการไปบางส่วนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เทคนิคใหม่ที่น่าสนใจสำหรับการปลูกถ่ายไขมันคือ microfat grafting และ nanofat grafting⁽⁴⁶⁾ สามารถทำได้โดยใช้เข็มหลายรูขนาด 3 มิลลิเมตร โดยมีรูคมขนาด 1 มิลลิเมตรอยู่ด้านข้าง จะได้ microfat จากนั้น microfat ถูกทำให้ละเอียดขึ้นโดยใส่เข้ากระบอกล้างขนาด 10 มิลลิลิตร ใช้ตัวเชื่อม female-to-female Luer-Lok เชื่อมเข้า

กับกระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตรอีกอันหนึ่ง และเมื่อฉีดกลับไปมา 30 ครั้ง ไขมันจะเปลี่ยนเป็น emulsion จนในที่สุดไขมันจะเปลี่ยนเป็นของเหลวที่มีสีขาว เมื่อผ่านกระบวนการ emulsification แล้วให้นำไขมันไปกรองผ่าน nylon cloth ของเหลวที่กรองผ่าน (effluent) เรียกว่า nanofat ผลการศึกษาพบว่าไม่มีเซลล์ไขมันที่มีชีวิตอยู่ใน nanofat แต่พบ ASC อยู่จำนวนมาก ผลการเพาะเลี้ยงเซลล์พบว่าในการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงเซลล์ (differentiation) ของ ASC ระหว่าง microfat และ nanofat ไม่แตกต่างกัน ผลการฉีด nanofat เพื่อฟื้นฟูความหนุ่มสาว (rejuvenation) ได้ผลดีและผลลัพธ์ที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 4 - 6 เดือน nanofat จึงอาจกลายเป็นแนวคิดใหม่ในศาสตร์ของการเติมไขมัน⁽⁴⁷⁾

Coleman technique⁽³⁾

นายแพทย์ Sydney R. Coleman ศัลยแพทย์ตกแต่งในสหรัฐอเมริกาเป็นผู้คิดค้นเทคนิคนี้ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับอย่างสูงในการปลูกถ่ายไขมัน เทคนิคนี้ทำโดยการเปิดเนื้อเยื่อไขมันด้วยใบมีดเบอร์ 11 ยาว 3 - 4 มิลลิเมตร และใช้ blunt Lamis infiltrator ในการกระจาย tumescent solution การเก็บเนื้อเยื่อไขมัน ปริมาณน้อยจะใช้ tumescent solution ซึ่งมี lidocaine ร้อยละ 0.5 และ epinephrine 1:200,000 สำหรับการเก็บเนื้อเยื่อไขมันปริมาณมากจะใช้ tumescent solution ที่มียาชาเฉพาะที่กับสารกดประสาท ร้อยละ 0.25 ร่วมกับ epinephrine 1:400,000 ในกรณีที่ทำกรดมยา (general anesthesia) จะใช้ Ringer's lactate ร่วมกับ epinephrine 1:400,000 กระจายเข้าสู่บริเวณที่จะทำการเก็บเนื้อเยื่อไขมันเพื่อช่วยควบคุมการเสียเลือด ควรใช้สารละลาย 1 มิลลิลิตรต่อทุกมิลลิลิตรของไขมันที่ต้องการเก็บ การใช้ tumescent solution ที่มากเกินไปจะทำให้ไขมันที่เก็บได้เคลื่อนที่ในของเหลวจำนวนมาก ซึ่งอาจจะเป็นการทำลายเนื้อเยื่อไขมัน และส่งผลให้เซลล์ไขมันมีชีวิตรอดภายหลังการปลูกถ่ายลดลง ในการเก็บไขมันจะใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร และเข็มปลายตันซึ่งมีรูเปิดอยู่ด้านข้าง (two-holed Coleman harvesting cannula) ต่อเข้ากับ

ปลายกระบอกฉีดยา ถ้าใช้กระบอกฉีดยาขนาดใหญ่กว่านี้ จะไม่สะดวกในการทำหัตถการ และอาจทำให้เกิดแรงดูดที่สามารถทำลายเนื้อเยื่อไขมันได้

หลังจากเก็บไขมันได้แล้วให้ถอดเข็มออกจากกระบอกฉีดยา และแทนที่ด้วยตัวอุด Luer-Lok เพื่อป้องกันการรั่วระหว่างการปั่นเหวี่ยง จากนั้นให้ถอดตัวสูบ (plunger) ออกและนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที เทชั้นของน้ำมันออก และระบายส่วนที่เป็นของเหลวออก สามารถใช้กระดาษกรอง (porous paper) เพื่อเขี่ยน้ำมันที่หลงเหลืออยู่ออกได้ด้วยควมระมัดระวัง ไขมันที่ได้ให้ถ่ายใส่กระบอกฉีดยาเพื่อเตรียมปลูกถ่ายกลับต่อไป

ในการปลูกถ่ายกลับสู่ร่างกายสามารถใช้ได้ทั้งการดมยาสลบหรือการใช้ยาชาเฉพาะที่ก็ได้ เข็มฉีดยาชนิดที่เป็นที่นิยมคือเข็มฉีดยาปลายทื่อ (blunt) ขนาด 17 - 18 gauge รูปร่างของปลายเข็มและความยาว รวมทั้งความโค้งของเข็มสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความจำเป็น ใช้เข็มฉีดยาปลายทื่อ (blunt type I Coleman infiltration cannula) และกระบอกฉีดยาขนาด 3 มิลลิลิตรกระจายยาชาเฉพาะที่เข้าไปในบริเวณที่ต้องการทำการปลูกถ่ายไขมัน การใช้ epinephrine ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้หลอดเลือดหดตัว (vasoconstriction) ช่วยลดการบวม การเกิดก้อนเลือด (hematoma) และการอุดตันในหลอดเลือดของไขมันที่ทำการปลูกถ่ายได้⁽⁴⁸⁾ หลีกเลี่ยงการใช้เข็มคมทั้งในการฉีดยา และการฉีดไขมัน การใช้เข็มปลายทื่อจะไม่ได้ตัดของของไขมันที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ แต่จะทำให้ไขมันไปตามระดับของเนื้อเยื่อซึ่งเป็นธรรมชาติมากขึ้น ให้ฉีดไขมันในขณะที่กำลังดึงเข็มออก ห้ามฉีดไขมันขณะแทงเข็มเพื่อหลีกเลี่ยงการรวมกลุ่มของไขมัน (fat in clumps) และส่งเสริมให้มีสารอาหารมาเลี้ยงโดยการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อเป็นส่วน ๆ ที่มีขนาดเล็ก การปลูกถ่ายเนื้อเยื่อเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กจะส่งผลให้เนื้อเยื่อไขมันมีหลอดเลือดมาเลี้ยงมากขึ้นเพิ่มโอกาสที่จะอยู่ในบริเวณที่ปลูกถ่ายในระยะยาว และลดโอกาสการเกิดความผิดปกติที่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ แต่วิธีนี้ต้องใช้ความอดทนและเวลามาก อีกทั้งมีผลให้บวมขนาดน้อยอย่างเห็นได้ชัด

การปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขมันสำหรับแผลเป็นจากไฟไหม้และการดัดรั้ง

แผลเป็นจากไฟไหม้และการดัดรั้งเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในทางศัลยกรรมตกแต่งและเสริมสร้าง ซึ่งทำให้เกิดรอยแผลเป็นที่ทำให้ไม่สวยงามและยังทำให้เกิดการดัดรั้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของผู้ป่วย สำหรับแผลไฟไหม้ขั้นที่สองที่ลึก และแผลไฟไหม้ที่ครบทุกชั้นมีวิธีการรักษาดั้งเดิมคือการทำ graft⁽⁴⁹⁾ และการดัดรั้งเกิดที่แผลเป็นสามารถบรรเทาด้วยการทำ graft ตั้งแต่แรก อย่างไรก็ตาม การดัดรั้งยังเกิดอยู่บ้าง⁽⁵⁰⁾ ปัจจุบัน

การแก้ไขแผลเป็นที่มีการดัดรั้งสามารถทำได้โดยการฉีด corticosteroids บริเวณแผลเป็น การใช้ silicone gel การทำ pressure dressing การทำกายภาพบำบัด และการรักษาด้วยเลเซอร์^(51, 52) การรักษาทางศัลยกรรมจะทำการจัดเรียงเนื้อเยื่อใหม่ เช่น การทำ Z plasty การทำ flap และ graft^(53, 54) ซึ่งการทำศัลยกรรมทั้งหมดล้วนทำให้เกิดแผลเป็นซ้ำบนแผลเป็นนั้นอีกครั้ง ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดการดัดรั้งขึ้นอีก การเติมไขมันจึงเป็นการรักษาทางเลือกอีกวิธีหนึ่งสำหรับการแก้ไขการดัดรั้งจากแผลไฟไหม้^(7, 9-13) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. ตารางแสดงรายละเอียดและผลของการศึกษาเกี่ยวกับการเติมไขมันตนเองเพื่อแก้ไขแผลเป็นจากไฟไหม้และการดัดรั้ง

แหล่งอ้างอิง	รูปแบบการศึกษา	จำนวนผู้ป่วย	อายุเฉลี่ย	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	รายละเอียดของหัตถการ	ผลการรักษา
Klinger N, et al., 2008 ⁽¹¹⁾	Prospective study	3	28 ปี	ตรวจสอบผลของการปลูกถ่ายไขมันในแผลไฟไหม้ ด้วยผลจุลกายวิภาคและ MRI	ใช้ Coleman technique เก็บไขมันที่ท้อง ปลูกถ่ายไขมัน 2 ครั้ง ห่างกัน 3 เดือน	พบคอลลาเจนใหม่ มาสะสม และมีหลอดเลือดมาเลี้ยงมาก ผล MRI พบเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) ต่างจากด้านที่ไม่มีรอยโรค
Viard R, et al., 2011 ⁽¹²⁾	Prospective study	15	38 ปี	ศึกษาผลการปลูกถ่ายไขมันของแผลเป็นที่เกิดจากไฟไหม้บนใบหน้า	ปลูกถ่ายไขมันโดย Coleman technique และติดตามผล 6 เดือน หลังการรักษา	ลักษณะผิวหนังและความหนาของแผลเปลี่ยนแปลงดีขึ้น ร้อยละ 86 ได้ผลลัพธ์ที่ดี
Bruno A, et al., 2013 ⁽⁷⁾	Prospective study	93	43 ปี	ศึกษาจุลกายวิภาคของแผลเป็นจากไฟไหม้ภายหลังการปลูกถ่ายไขมัน	ใช้สารละลาย tumescent เป็น Ringer-lactate ร่วมกับ ropivacaine ร้อยละ 2 และ epinephrine 1:500,000 นำไปปั่นเหวี่ยง 1,250 J เป็นเวลา 3 นาที	การเติมไขมันทำให้เนื้อเยื่อมีลักษณะทางจุลกายวิภาคกลับไปเหมือนเนื้อเยื่อปกติเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1. (ต่อ) ตารางแสดงรายละเอียดและผลของการศึกษาเกี่ยวกับการเติมไขมันตนเองเพื่อแก้ไขแผลเป็นจากไฟไหม้และการดิ่งรั้ง

แหล่งอ้างอิง	รูปแบบการศึกษา	จำนวนผู้ป่วย	อายุเฉลี่ย	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	รายละเอียดของหัตถการ	ผลการรักษา
Klinger M, et al., 2013 ⁽¹⁰⁾	Prospective study	20	-	ศึกษาผลการเติมไขมันในแผลเป็นดิ่งรั้งที่เจ็บ โดยใช้ POSAS และ Durometer เทียบกลุ่มที่ฉีดน้ำเกลือ	เติมไขมันตาม Coleman technique โดยใช้ไขมัน 3.5 มิลลิเมตรต่อพื้นที่ผิวของแผลเป็น 1 ตารางเซนติเมตร	3 เดือนต่อมา ความแข็งของผิวหนังจาก Durometer และ POSAS score ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ได้รับการรักษา
Guerrissi JO, et al., 2015 ⁽¹³⁾	Case series	4	22 ปี	ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังเติมไขมันในแผลเป็นดิ่งรั้ง	เก็บไขมันจากท้อง และดำเนินการตาม Coleman technique	ความยืดหยุ่นของผิวหนัง และข้อเคลื่อนไหวดีขึ้น ใน 15 - 30 วันหลังการรักษา
Fredman R, et al., 2015 ⁽⁵⁵⁾	Retrospective case review	7	34 ปี	เปรียบเทียบความรู้สึกเจ็บปวด ก่อนและหลังการปลูกถ่ายไขมันโดยใช้แบบสอบถาม	ผู้ป่วยผ่านการปลูกถ่ายไขมัน 2 ครั้ง โดยฉีดไขมัน 1 มิลลิเมตรต่อพื้นที่แผลเป็น 1 ตารางเซนติเมตร ลงในชั้นใต้แผลเป็น	ผู้ป่วยเจ็บที่แผลเป็นน้อยลง แผลเป็นยืดหยุ่นมากขึ้น PROMIS score เฉลี่ยลดลง 1.45 อย่างมีนัยสำคัญ
Jaspers M, et al., 2016 ⁽⁹⁾	Prospective study	40	45 ปี	สังเกตการเปลี่ยนแปลงหลังเติมไขมันในผู้ป่วยที่มีแผลเป็นดิ่งรั้ง	ใช้สารละลาย tumescent 500 ml ที่มี xylocaine ร้อยละ 0.04 และ epinephrine 1:200,000 นำไปปั่นเหวี่ยง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที	POSAS score ลดลง 1.3 และ 0.7 จากการประเมินโดยผู้ป่วยและแพทย์ตามลำดับ ความยืดหยุ่นของแผลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ
Gargano F, et al., 2016 ⁽⁸⁾	Prospective study	9	46 ปี	ประเมินผลการปลูกถ่ายไขมันในแผลเป็นจากไฟไหม้ที่มีการดิ่งรั้งและพิสัยการเคลื่อนไหวจำกัด	เก็บไขมันบริเวณท้อง ล้างไขมันด้วย Ringer lactate และนำไปกลิ้งบนผ้ากอซ ปลูกถ่ายโดยใช้เข็มขนาด 2.5 มิลลิเมตร	Vancouver scale ลดลง พิสัยการเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ คอลลาเจนมีการจัดเรียงตัวใหม่ แต่ไขมันผ่องไปเฉลี่ยร้อยละ 40

การปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขมันนิยมเตรียมไขมันโดยการปั่นเหวี่ยง^(7, 9 - 13) และใช้ Coleman technique โดยการปลูกถ่ายไขมันสามารถทำได้มากกว่า 1 ครั้ง ผลที่เปลี่ยนแปลงไปในทางบวกภายหลังจากการปลูกถ่ายไขมัน คือ ปริมาณหลอดเลือดที่มาเลี้ยง (vascularization) สีของรอยโรค (pigmentation) ความหนา(thickness) ความรู้สึก (relief) ความยืดหยุ่น (pliability) ความเจ็บปวด (pain) อาการคัน (itching) การเคลื่อนที่ (movement) ความแข็ง (hardness) รูปร่าง (shape) ซึ่งสามารถประเมินได้จาก Patient and observer scar assessment scale (POSAS)^(9, 10) โดยอาศัยการประเมินจากผู้ป่วยและแพทย์ ผลลัพธ์ทำให้สมรรถภาพดีขึ้น โดยเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหว (range of motion) และผลทางความสวยงาม (cosmetic outcome)^(7, 8, 10 - 13, 55) การใช้งานในด้านของความยืดหยุ่นและพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อพบได้ 15 - 30 วันภายหลังจากการปลูกถ่ายไขมัน⁽¹³⁾ ไขมันที่ได้รับการปลูกถ่ายสามารถสลายไปได้ โดยมีการศึกษาซึ่งใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเพื่อตรวจการสลายของไขมัน (fat reabsorption) พบว่ามีไขมันสลายไปถึงร้อยละ 40⁽¹⁵⁾ มีการตรวจสอบโดยใช้ magnetic resonance imaging (MRI) ภายหลังจากการปลูกถ่ายไขมันพบว่ามีความไม่สมมาตรของเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) เมื่อเทียบกับด้านตรงข้ามที่ไม่มีรอยโรค นอกจากนี้ยังไม่พบการศึกษาใดที่ติดตามผลการรักษาด้วยการเติมไขมันเพื่อรักษาแผลเป็นที่มีการดึงรั้งไปมากกว่า 1 ปี

การเติมไขมันสามารถบรรเทาความเจ็บปวดที่เกิดจากความผิดปกติของระบบประสาท (neuropathic pain) ในผู้ป่วยซึ่งมีแผลเป็นจากไฟไหม้ที่รุนแรงได้⁽⁵⁵⁾ จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง เมื่อปลูกถ่ายไขมันลงในแผลเป็นที่เกิดสร้างขึ้นและติดตามสารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการปลูกถ่ายไขมันมีระดับของ COX-2, nNOS, iNOS, IL-1beta และ TNF-alpha ลดลงทั้งที่ผิวหนังและปมประสาทด้านหลังของไขสันหลัง นอกจากนี้จำนวนเซลล์ตาย (apoptotic cell) ยังลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ได้รับการปลูกถ่ายไขมันอีกด้วย⁽⁵⁶⁾

ในส่วนของจุลกายวิภาค (histology) ภายหลังจากการปลูกถ่ายไขมันในแผลเป็นที่เกิดจากไฟไหม้พบว่า มีรูปแบบของการสร้างคอลลาเจนใหม่ กล่าวคือ มีการเรียงตัวเป็นเส้นใยที่ขนานกันและแน่นมากขึ้น พบมีหลอดเลือดมาเลี้ยงบริเวณนั้นมาก (local hypervascularity) โดยเฉพาะส่วนของชั้นหนังแท้ที่ยื่นเข้าไปในชั้นผิวหนัง (dermal papillae) และมีเซลล์หนังแท้เพิ่มขึ้น (dermal hyperplasia) ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น จำนวนของเซลล์เม็ดสี (melanocyte) ลดลงเมื่อเทียบกับบริเวณแผลเป็นที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายไขมัน Langerhans cells หรือ Dendritic cells ซึ่งอยู่ในชั้นผิวหนัง (epidermis) ก็มีจำนวนลดลงด้วยเช่นกัน โปรตีนอื่นๆ คือ vascular endothelial growth factor (VEGF) transforming growth factor-beta (TGF-beta) และ beta-catenin ก็มีการแสดงออกลดลง^(7, 11)

การเติมไขมันสามารถทำร่วมกับ percutaneous aponeurotomy เพื่อรักษาโรค Dupuytren ได้ โรค Dupuytren เป็นความผิดปกติของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เกี่ยวข้องกับการสร้างของคอลลาเจน ทำให้เกิดพังผืดเรื้อรังบนฝ่ามือ คอลลาเจนประเภทที่ 3 จะมาแทนที่คอลลาเจนประเภทที่ 1 ซึ่งพบในเนื้อเยื่อของมือปกติ อาการของโรค Dupuytren คือการเกิดพังผืดที่ไปจำกัดพิสัยการเคลื่อนไหวที่มือและนิ้ว ส่งผลต่อการใช้ชีวิตของผู้ป่วย การรักษาตั้งเดิมทางศัลยกรรม คือ การทำ aponeurotomy โดยใช้เข็ม⁽⁵⁷⁾ การรักษาโดย percutaneous aponeurotomy ร่วมกับการปลูกถ่ายไขมันจะไม่เพิ่มรอยแผลขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการฉีดไขมันจะฉีดไปตามรอยเปิดจากการทำ aponeurotomy อยู่แล้ว ไขมันที่ใช้ถูกเก็บด้วย tumescent technique และไม่ผ่านการปั่นเหวี่ยงเพราะต้องการให้ไขมันสามารถกระจายตัวได้ดี อาจใช้เป็นการกรองด้วยผ้ากอซและล้าง⁽⁵⁸⁾ หรือการตกตะกอน⁽⁵⁹⁾ ฉีดไขมันปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อนิ้วมือ^(59, 60) หรือต่อมือ⁽⁵⁸⁾ ผลการศึกษาพบว่าเทคนิคนี้รักษาผู้ป่วยให้มีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมากขึ้น และลดระยะเวลาการพักฟื้นได้เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการผ่าตัดเพื่อรักษา (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2. แสดงรายละเอียดและผลของการศึกษาเกี่ยวกับการรักษาโรค Dupuytren โดย Aponeurotomy ร่วมกับการเติมไขมันตนเอง

แหล่งอ้างอิง	รูปแบบการศึกษา	จำนวนผู้ป่วย	อายุเฉลี่ย	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	รายละเอียดของหัตถการ	ผลการรักษา
Hovius SE, et al., 2011 ⁽⁶⁰⁾	Prospective study	50	-	ผลการรักษาด้วย aponeurotomy ร่วมกับการเติมไขมันในผู้ป่วยโรค Dupuytren	ฉีดไขมันที่เก็บจากท้องและตักตะกอนฉีดไขมัน 10 มิลลิลิตรต่อนิ้ว หลังจากทำ aponeurotomy	พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเพิ่มขึ้น ผู้ป่วย ร้อยละ 94 ไขมันได้ปกติใน 2 - 4 สัปดาห์
Kan H, et al., 2015 ⁽⁵⁹⁾	Prospective randomized controlled trial	80	63 ปี	ผลการรักษาโรค Dupuytren ด้วย aponeurotomy ร่วมกับการเติมไขมันในผู้ป่วยโรค Dupuytren เทียบกับกลุ่มที่ได้รับการผ่าตัดเท่านั้น	ฉีดไขมันที่เก็บจากท้องโดยไม่ผ่านการปั่นเหวี่ยง ฉีดไขมัน ปริมาตร 8 - 10 มิลลิลิตรต่อนิ้ว หลังจากการทำ aponeurotomy	ผู้ป่วยที่ได้รับการเติมไขมันมีระยะเวลาพักฟื้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญและมีผลแทรกซ้อนในระยะยาวน้อยกว่า
Tuncel U, et al., 2017 ⁽⁵⁸⁾	Retrospective study	17	56 ปี	ผลลัพธ์ของการรักษาด้วย aponeurotomy ร่วมกับการเติมไขมันในผู้ป่วยโรค Dupuytren	เก็บไขมันจากท้อง โดย tumescent technique นำไขมันไปกรองด้วยผ้ากอซ ล้าง ฉีดไขมัน 10 มิลลิลิตรต่อมือ ภายหลังจากทำ aponeurotomy	ผู้ป่วยส่วนใหญ่สามารถเคลื่อนไหวข้อได้สุดตั้งแต่ระหว่างหัตถการ พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อดีขึ้นในการติดตามผลการรักษา 3 เดือน

การปลูกถ่ายไขมันใช้ในการรักษาแผลเป็นดิ่งรั้ง ภายหลังจากผ่าตัดรักษาผู้ป่วยสภาพแคระ (dwarfism) ในเด็ก การปลูกถ่ายไขมันดำเนินไปตาม Coleman technique โดยฉีดไขมันไปทั่วทิศทางเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดถุงน้ำไขมันและการจับกลุ่มของไขมัน ผลการรักษาพบว่าความแข็งของแผลเป็นลดลงจากการประเมินด้วย durometer ส่วน POSAS score ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่อาการคันไม่ลดลง และพิสัยการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยก็ดีขึ้นเช่นกัน⁽⁶¹⁾

มีการรายงานการปลูกถ่ายไขมันในผู้ป่วยที่มีแผลเป็นในเอ็น หลังจากเก็บไขมันและผ่านการปั่นเหวี่ยงหรือตักตะกอนแล้ว ทำการฉีดไขมันตลอดแผลเป็นรวมไปถึงส่วนบนและล่างของเอ็นที่ยึดติดด้วย ผลการรักษาพบว่าความเจ็บปวดและความไม่สบายที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวลดลง และมีพิสัยของการเคลื่อนไหวดีขึ้นเช่นกัน⁽⁶²⁾

การเติมไขมันสามารถใช้รักษา ร่วมกับการทำ Z plasty ได้ มีรายงานการรักษาในเด็กที่มีแผลเป็นจาก

ไฟไหม้ที่รุนแรงและมีการตั้งรังบริเวณมือ ภายหลังการทำ Z plasty ร่วมกับการปลูกถ่ายไขมันปริมาตร 5 มิลลิลิตร ซึ่งเก็บจากบริเวณต้นขาคนใน พบว่าผู้ป่วยมีแผลเป็นนุ่มลงและยืดหยุ่นมากขึ้นพิสัยการเคลื่อนไหวของนิ้วหัวแม่มือสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มที่ในการติดตามการรักษาเป็นระยะเวลา 1 ปี⁽⁶³⁾

การใช้ platelet-rich plasma (PRP) แพร่หลายมากขึ้นในทางศัลยกรรมตกแต่ง โดยใช้ในการส่งสารเร่งการเจริญเติบโต (growth factor) โดยตรงเข้าสู่เนื้อเยื่อเพื่อส่งเสริมการฟื้นตัวหลังการผ่าตัดและช่วยในการรักษาแผล การศึกษาภายนอกร่างกายพบว่า PRP มีผลต่อการทำงานของเซลล์ และที่สำคัญมีการศึกษาว่า PRP ช่วยส่งเสริมการมีชีวิตรอดของไขมันเมื่อได้รับการปลูกถ่ายด้วย⁽⁶⁴⁾ ในสัตว์ทดลองพบว่าผลลัพธ์ของแผลในด้านความสวยงามบริเวณพื้นที่ที่ได้รับการรักษาโดยการปลูกถ่ายไขมันร่วมกับ PRP ได้ผลดีกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ได้รับการปลูกถ่ายไขมันร่วมกับ platelet-poor plasma (PPP) หรือพื้นที่ที่ได้รับ PRP เพียงอย่างเดียว⁽⁶⁵⁾ การศึกษาในมนุษย์พบว่า การเติมไขมันบนใบหน้าร่วมกับการฉีด PRP ทันทีในระนาบเดียวกับที่ได้รับการเติมไขมัน มีระยะเวลาในการพักฟื้นน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการเติมไขมันเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ⁽⁶⁶⁾ การศึกษาในผู้ป่วยซึ่งมีแผลเป็นที่เคยได้รับบาดเจ็บและไฟไหม้บนใบหน้า พบว่ากลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการปลูกถ่ายไขมันร่วมกับ PRP มีไขมันสลายไปน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาโดยการปลูกถ่ายไขมันเพียงอย่างเดียว⁽⁶⁷⁾

การเติมไขมันในผู้ป่วยที่มีแผลเป็นจากการได้รับบาดเจ็บและไฟไหม้ยังสามารถทำร่วมกับการรักษาด้วยเลเซอร์อีกด้วย โดยใช้ non-ablative fractional Erbium: glass 1,540 nm และ fractional ablative CO₂ laser ซึ่งช่วยแก้ไขแผลเป็นในด้านของการใช้งานและความสวยงาม อีกทั้งยังช่วยแก้ไขผลลัพธ์ในขั้นสุดท้ายอีกด้วย⁽⁶⁸⁾

การดูแลภายหลังการเติมไขมัน⁽³⁾

ผลกระทบหลังการปลูกถ่ายไขมัน คือ การบวมอย่างเห็นได้ชัด ให้ใช้เทปพลาสติกติดภายหลังการทำหัตถการเป็นเวลา 3 - 4 วัน จนกระทั่งการบวมลดลง ช่วง 72 ชั่วโมงหลังการทำหัตถการให้ทำการประคบเย็นบริเวณที่ผ่านการทำหัตถการทั้งหมดควรยกสูงขึ้น การใช้อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงสามารถลดการบวมโดยเสริมการระบายน้ำเหลือง การนวดช่วงหนึ่งสัปดาห์หลังการปลูกถ่ายไขมันควรทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากแรงดันภายนอกสามารถทำให้เนื้อเยื่อไขมันเคลื่อนที่ได้ การรักษาอื่น ๆ เช่น การใช้เลเซอร์ระดับต่ำ⁽⁶⁹⁾ และการรักษาด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า⁽⁷⁰⁾ อาจเร่งให้หายจากการบวมด้วยเช่นกัน ผู้ป่วยที่ทำการปลูกถ่ายไขมันควรหลีกเลี่ยงการสูบบุหรี่ เนื่องจากมีการรายงานในกลุ่มผู้สูบบุหรี่ที่ทำการปลูกถ่ายไขมันว่าเกิดการตายของไขมัน เกิดถุงน้ำมัน (oil cyst) และการติดเชื้อ ซึ่งจำเป็นต้องทำการรักษาและแก้ไข จึงจะได้ผลลัพธ์ที่ดี⁽⁷¹⁾

ภาวะแทรกซ้อนจากการปลูกถ่ายไขมัน⁽³⁾

ภาวะแทรกซ้อนจากการปลูกถ่ายไขมัน สามารถแบ่งออกเป็นภาวะแทรกซ้อนระหว่างการทำหัตถการและภาวะแทรกซ้อนภายหลังการทำหัตถการ เข็มฉีดยาที่ใช้ทำหัตถการสามารถทำลายโครงสร้าง เช่น เส้นประสาท⁽⁶⁰⁾ หลอดเลือด กล้ามเนื้อ และต่อมต่าง ๆ ได้ ภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงในขณะที่ทำการปลูกถ่ายไขมันคือการเกิดลิ่มอุดตันในหลอดเลือด^(46, 52) หากมีแรงกระทำที่มากเกินไประหว่างการปลูกถ่ายและหลังการปลูกถ่าย สามารถทำให้ไขมันเคลื่อนที่ไปยังบริเวณอื่น ๆ ได้ ไขมันที่ถูกปลูกถ่ายมีคุณสมบัติเสมือนว่าเป็นเนื้อเยื่อบริเวณนั้นจริง ๆ หากกล้ามเนื้อบริเวณนั้นเคลื่อนไหวมากก็จะทำให้ไขมันที่ปลูกถ่ายมีขนาดเล็กลงไปได้ และไขมันยังสามารถเพิ่มลดขนาดได้ตามน้ำหนักของร่างกายที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการติดเชื้อได้เช่นกัน⁽⁶⁰⁾

เอกสารอ้างอิง

1. Kling RE, Mehrara BJ, Pusic AL, Young VL, Hume KM, Crotty CA, et al. Trends in autologous fat grafting to the breast: a national survey of the american society of plastic surgeons. *Plast Reconstr Surg* 2013;132:35-46.
2. Tran TT, Kahn CR. Transplantation of adipose tissue and stem cells: role in metabolism and disease. *Nat Rev Endocrinol* 2010;6:195-213.
3. Coleman SR. Facial augmentation with structural fat grafting. *Clin Plast Surg* 2006;33:567-77.
4. Ito S, Kai Y, Masuda T, Tanaka F, Matsumoto T, Kamohara Y, et al. Long-term outcome of adipose-derived regenerative cell-enriched autologous fat transplantation for reconstruction after breast-conserving surgery for Japanese women with breast cancer. *Surg Today* 2017;47:1500-11.
5. Rauso R, Curinga G, Santillo V, Corvo G, Tartaro G. Comparison between lipofilling and a nonabsorbable filler for facial wasting rehabilitation in HIV-positive patients. *J Craniofac Surg* 2011;22:1684-8.
6. Previnaire JG, Fontet P, Opsomer C, Simon M, Ducrocq T. Lipofilling (fat grafting) in the secondary prevention of ischial tuberosity and pelvic pressure ulcers. *Spinal Cord* 2016;54:39-45.
7. Bruno A, Delli Santi G, Fasciani L, Cimpanari M, Palombo M, Palombo P. Burn scar lipofilling: immunohistochemical and clinical outcomes. *J Craniofac Surg* 2013;24:1806-14.
8. Gargano F, Guo Y, Schmidt S, Zienowicz R, Evangelista P, Robinson-Bostom L, et al. Burn scar regeneration with the sufa (subcision and fat grafting) technique: A prospective clinical study. *Wound Repair Regen* 2014;22:A81-A.
9. Jaspers ME, Brouwer KM, van Trier AJ, Groot ML, Middelkoop E, van Zuijlen PP. Effectiveness of autologous fat grafting in adherent scars: Results Obtained by a comprehensive scar evaluation protocol. *Plast Reconstr Surg* 2017;139:212-9.
10. Klinger M, Caviglioli F, Klinger FM, Giannasi S, Bandi V, Banzatti B, et al. Autologous fat graft in scar treatment. *J Craniofac Surg* 2013;24:1610-5.
11. Patel N. Fat injection in severe burn outcomes: a new perspective of scar remodeling and reduction. *Aesthetic Plast Surg* 2008;32:470-2.
12. Viard R, Bouguila J, Voulliaume D, Comparin JP, Dionyssopoulos A, Foyatier JL. Fat grafting in facial burns sequelae. *Ann Chir Plast Esthet* 2012;57:217-29.
13. Guerrissi JO, Sinniger T, Band Di Lisio MG. Retraction scar treatment with fat injection. *Aust J Surg* 2015;2:1068.
14. Trojahn Kolle SF, Oliveri RS, Glovinski PV, Elberg JJ, Fischer-Nielsen A, Drzewiecki KT. Importance of mesenchymal stem cells in autologous fat grafting: a systematic review of existing studies. *J Plast Surg Hand Surg* 2012;46:59-68.
15. Eremia S, Newman N. Long-term follow-up after autologous fat grafting: analysis of results from 116 patients followed at least 12 months after receiving the last of a minimum of two

- treatments. *Dermatol Surg* 2000;26:1150-8.
16. Yuksel E, Weinfeld AB, Cleek R, Wamsley S, Jensen J, Boutros S, et al. Increased free fat-graft survival with the long-term, local delivery of insulin, insulin-like growth factor-I, and basic fibroblast growth factor by PLGA/PEG microspheres. *Plast Reconstr Surg* 2000;105:1712-20.
 17. Rehman J, Traktuev D, Li JL, Merfeld-Clauss S, Temm-Grove CJ, Bovenkerk JE, et al. Secretion of angiogenic and antiapoptotic factors by human adipose stromal cells. *Circulation* 2004;109:1292-8.
 18. MacRae JW, Tholpady SS, Ogle RC, Morgan RF. Ex vivo fat graft preservation: effects and implications of cryopreservation. *Ann Plast Surg* 2004;52:281-2.
 19. Shoshani O, Ullmann Y, Shupak A, Ramon Y, Gilhar A, Kehat I, et al. The role of frozen storage in preserving adipose tissue obtained by suction-assisted lipectomy for repeated fat injection procedures. *Dermatol Surg* 2001; 27:645-7.
 20. Pu LL, Coleman SR, Cui X, Ferguson RE, Jr., Vasconez HC. Cryopreservation of autologous fat grafts harvested with the Coleman technique. *Ann Plast Surg* 2010;64:333-7.
 21. Yanez R1, Lamana ML, Garcia-Castro J, Colmenero I, Ramirez M, Bueren JA. Adipose tissue-derived mesenchymal stem cells have in vivo immunosuppressive properties applicable for the control of the graft-versus-host disease. *Stem Cells* 2006;24:2582-91.
 22. Yoshimura K, Asano Y, Aoi N, Kurita M, Oshima Y, Sato K, et al. Progenitor-enriched adipose tissue transplantation as rescue for breast implant complications. *Breast J* 2010;16: 169-75.
 23. Calabrese C, Orzalesi L, Casella D, Cataliotti L. Breast reconstruction after nipple/areola-sparing mastectomy using cell-enhanced fat grafting. *Ecancermedicalscience* 2009;3: 116.
 24. Zhu M, Zhou ZY, Chen Y, Schreiber R, Ransom JT, Fraser JK, et al. Supplementation of fat grafts with adipose-derived regenerative cells improves long-term graft retention. *Ann Plast Surg* 2010;64:222-8.
 25. Ibatici A, Cavaggioli F, Valeriano V, Quirici N, Sessarego N, Lisa A, et al. Comparison of cell number, viability, phenotypic profile, clonogenic, and proliferative potential of adipose-derived stem cell populations between centrifuged and noncentrifuged fat. *Aesthetic Plast Surg* 2014;38:985-93.
 26. Nguyen A, Pasyk KA, Bouvier TN, Hassett CA, Argenta LC. Comparative study of survival of autologous adipose tissue taken and transplanted by different techniques. *Plast Reconstr Surg* 1990;85:378-86
 27. Moore JH, Kolaczynski JW, Morales LM, Considine RV, Pietrzkowski Z, Noto PF, et al. Viability of fat obtained by syringe suction lipectomy - effects of focal anesthesia with lidocaine. *Aesthetic Plast Surg* 1995;19: 335-9.
 28. Klein JA. Tumescent technique for local-anesthesia improves safety in large-volume liposuction. *Plast Reconstr Surg* 1993;92:1085-98.
 29. Strong AL, Cederna PS, Rubin JP, Coleman SR,

- Levi B. The current state of fat grafting: A review of harvesting, processing, and injection techniques. *Plast Reconstr Surg* 2015;136:897-912.
30. Kirkham JC, Lee JH, Medina MA, McCormack MC, Randolph MA, Austen WG. The impact of liposuction cannula size on adipocyte viability. *Ann Plast Surg* 2012;69:479-81.
31. Gonzalez AM, Loboeki C, Kelly CP, Jackson IT. An alternative method for harvest and processing fat grafts: an in vitro study of cell viability and survival. *Plast Reconstr Surg* 2007;120:285-94.
32. Caggiati A, Germani A, Di Carlo A, Borsellino G, Capogrossi MC, Picozza M. Naturally adipose stromal cell-enriched fat graft: Comparative polychromatic flow cytometry study of fat harvested by barbed or blunt multihole cannula. *Aesthet Surg J* 2017;37:591-602.
33. Wang RR, Sun JM, Xiong LY, Yang J. Influence of repeated aspiration on viability of fat grafts: a comparative study. *Aesthet Surg J* 2015;35:NP248-60.
34. Pfaff M, Wu W, Zellner E, Steinbacher DM. Processing technique for lipofilling influences adipose-derived stem cell concentration and cell viability in lipoaspirate. *Aesthetic Plast Surg* 2014;38:224-9.
35. Fisher C, Grahovac TL, Schafer ME, Shippert RD, Marra KG, Rubin JP. Comparison of harvest and processing techniques for fat grafting and adipose stem cell isolation. *Plast Reconstr Surg* 2013;132:351-61.
36. Butterwick KJ. Lipoaugmentation for aging hands: a comparison of the longevity and aesthetic results of centrifuged versus noncentrifuged fat. *Dermatol Surg* 2002;28:987-91.
37. Botti G, Pascali M, Botti C, Bodog F, Cervelli V. A clinical trial in facial fat grafting: filtered and washed versus centrifuged fat. *Plast Reconstr Surg* 2011;127:2464-73.
38. Ferraro GA, De Francesco F, Tirino V, Cataldo C, Rossano F, Nicoletti G, et al. Effects of a new centrifugation method on adipose cell viability for autologous fat grafting. *Aesthetic Plast Surg* 2011;35:341-8.
39. Kurita M, Matsumoto D, Shigeura T, Sato K, Gonda K, Harii K, et al. Influences of centrifugation on cells and tissues in liposuction aspirates: optimized centrifugation for lipotransfer and cell isolation. *Plast Reconstr Surg* 2008;121:1033-41.
40. Pulsfort AK, Wolter TP, Pallua N. The effect of centrifugal forces on viability of adipocytes in centrifuged lipoaspirates. *Ann Plast Surg* 2011;66:292-5.
41. Osinga R, Menzi NR, Tchang LA, Caviezel D, Kalbermatten DF, Martin I, et al. Effects of intersyringe processing on adipose tissue and its cellular components: implications in autologous fat grafting. *Plast Reconstr Surg* 2015;135:1618-28.
42. Mashiko T, Wu SH, Kanayama K, Asahi R, Shirado T, Mori M, et al. Biological properties and therapeutic value of cryopreserved fat tissue. *Plast Reconstr Surg* 2018;141:104-15.
43. Coleman SR. Structural fat grafting: More than a permanent filler. *Plast Reconstr Surg* 2006;118:108S-20S.
44. Lee JH, Kirkham JC, McCormack MC, Nicholls

- AM, Randolph MA, Austen WG. The effect of pressure and shear on autologous fat grafting. *Plast Reconstr Surg* 2013;131:1125-36.
45. Mojallal A, Shipkov C, Braye F, Breton P, Foyatier JL. Influence of the recipient site on the outcomes of fat grafting in facial reconstructive surgery. *Plast Reconstr Surg* 2009;124:471-83.
46. Gause TM, 2nd, Kling RE, Sivak WN, Marra KG, Rubin JP, Kokai LE. Particle size in fat graft retention: A review on the impact of harvesting technique in lipofilling surgical outcomes. *Adipocyte* 2014;3:273-9.
47. Tonnard P, Verpaele A, Peeters G, Hamdi M, Cornelissen M, Declercq H. Nanofat grafting: Basic research and clinical applications. *Plast Reconstr Surg* 2013;132:1017-26.
48. Coleman SR. Avoidance of arterial occlusion from injection of soft tissue fillers. *Aesthet Surg J* 2002;22:555-7.
49. Cope O, Langohr JL, Moore FD, Webster RC. Expedient care of full-thickness burn wounds by surgical excision and grafting. *Ann Surg* 1947;125:1-22.
50. Burke JF, Bondoc CC, Quinby WC. Primary burn excision and immediate grafting: a method shortening illness. *J Trauma* 1974;14:389-95.
51. Waibel J, Beer K. Ablative fractional laser resurfacing for the treatment of a third-degree burn. *J Drugs Dermatol* 2009;8:294-7.
52. Waibel J, Beer K. Fractional laser resurfacing for thermal burns. *J Drugs Dermatol* 2008;7:59-61.
53. Larson DL, Abston S, Evans EB, Dobrkovsky M, Linares HA. Techniques for decreasing scar formation and contractures in the burned patient. *J Trauma* 1971;11:807-23.
54. Ahn ST, Monafo WW, Mustoe TA. Topical silicone gel for the prevention and treatment of hypertrophic scar. *Arch Surg* 1991;126:499-504.
55. Fredman R, Edkins RE, Hultman CS. Fat grafting for neuropathic pain after severe burns. *Ann Plast Surg* 2016;76 Suppl 4:S298-303.
56. Huang SH, Wu SH, Lee SS, Chang KP, Chai CY, Yeh JL, et al. Fat grafting in burn scar alleviates neuropathic pain via anti-inflammation effect in scar and spinal cord. *PLoS One* 2015;10:e0137563.
57. Lurati AR. Dupuytren's contracture. *Workplace Health Saf* 2017;65:96-9.
58. Tuncel U, Kurt A, Gumus M, Aydogdu O, Guzel N, Demir O. Preliminary results with non-centrifuged autologous fat graft and percutaneous aponeurotomy for treating Dupuytren's disease. *Hand Surg Rehabil* 2017;36:350-4.
59. Kan HJ, Selles RW, van Nieuwenhoven CA, Zhou C, Khouri RK, Hovius SE. Percutaneous aponeurotomy and lipofilling (PALF) versus limited fasciectomy in patients with primary Dupuytren's contracture: A prospective, randomized, controlled trial. *Plast Reconstr Surg* 2016;137:1800-12.
60. Hovius SE, Kan HJ, Smit X, Selles RW, Cardoso E, Khouri RK. Extensive percutaneous aponeurotomy and lipografting: a new treatment for Dupuytren disease. *Plast Reconstr Surg* 2011;128:221-8.

61. Maione L, Memeo A, Pedretti L, Verdoni F, Lisa A, Bandi V, et al. Autologous fat graft as treatment of post short stature surgical correction scars. *Injury* 2014;45 Suppl 6: S126-S32.
62. Colonna MR, Scarcella MC, Stagno dF, Delia G, Lupo F. Should fat graft be recommended in tendon scar treatment? Considerations on three cases (two feet and a severe burned hand). *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2014;18: 753-9.
63. Al-Hayder S, Gramkow C, Trojahn Kollle SF. Use of autologous fat grafting for the correction of burn scar contracture in the hand: a case report. *Case Reports Plast Surg Hand Surg* 2017;4:81-3.
64. Sclafani AP, Azzi J. Platelet preparations for use in facial rejuvenation and wound healing: A critical review of current literature. *Aesthetic Plast Surg* 2015;39:495-505.
65. Blanton MW, Hadad I, Johnstone BH, Mund JA, Rogers PI, Eppley BL, et al. Adipose stromal cells and platelet-rich plasma therapies synergistically increase revascularization during wound healing. *Plast Reconstr Surg* 2009;123:56S-64S.
66. Willemsen JC, van der Lei B, Vermeulen KM, Stevens HP. The effects of platelet-rich plasma on recovery time and aesthetic outcome in facial rejuvenation: preliminary retrospective observations. *Aesthetic Plast Surg* 2014;38:1057-63.
67. Gentile P, De Angelis B, Pasin M, Cervelli G, Curcio CB, Floris M, et al. Adipose-derived stromal vascular fraction cells and platelet-rich plasma: basic and clinical evaluation for cell-based therapies in patients with scars on the face. *J Craniofac Surg* 2014;25: 267-72.
68. Palombo M, Fasciani L, delli Santi G, Schirosi M, Pagliarini T, Bronco I, et al. Burn and post traumatic scars treatment. *P&R Public* 63. *Prevent Res [Internet]*. 2014 [cited 2017 Dec 29]. Available from: <http://www.preventionandresearch.com/>.
69. Posten W, Wrone DA, Dover JS, Arndt KA, Silapunt S, Alam M. Low-level laser therapy for wound healing: mechanism and efficacy. *Dermatol Surg* 2005;31:334-40.
70. Kinney BM. Pulsed electromagnetic field therapy in plastic surgery. *Aesthet Surg J* 2005;25: 87-91.
71. Ozalp B, Cakmakoglu C. The effect of smoking on facial fat grafting surgery. *J Craniofac Surg* 2017;28:449-53.