

るが¹³⁾、われわれはその必要性を感じていない。

- ・皮下ポケットは顔面神経の損傷を避けるためにSMAS上に作成する。移植床血管として顔面動脈が第2選択となることは先にも述べたが、HFMにおいては顔面動脈が低形成の場合があるので注意を要する¹⁴⁾。この場合は、下顎部の皮膚切開を少し広げれば上甲状腺動脈と、顔面総静脈や外頸静脈を利用することができる。
- ・選択する皮弁としては、多くの報告に見られるとおり¹⁵⁾¹⁶⁾、われわれも単径皮弁を第1選択としている。
- ・顔面神経麻痺を合併しており動的再建を行うのであれば、広背筋を用いる。もし広背筋を挿入する部位とは離れた位置に軟部組織の低形成があるのであれば、同時に前鋸筋皮弁などで再建を行う。最近、われわれは耳下腺癌切除後などの顔面神経麻痺に対して、胸背動脈が広背筋内で分枝することを利用して、1つのセグメントを広背筋として動的再建に利用し、もう1つのセグメントを広背筋皮弁として軟部組織充填に用いているが、この方法も有効である。
- ・皮弁はdenudeした真皮側を下床に向けて固定した方が術後の皮弁の下垂が少ないとされている¹⁷⁾。
- ・皮弁の固定はできればバイクリル® (Ethicon社製)などの吸収糸を用いて直接下床に縫着した方がよいが、一時的なボルスター固定でもさほど問題にはならないようである。これはロンバーグ病における軟部組織再建などと比較して、欠損範囲が複雑な形態でなく、顔面の下方が主たる再建部位なので皮弁が下方にずれて困ることが多くないためと思われる。

遊離真皮・脂肪移植

- ・遊離真皮・脂肪移植は、遊離皮弁が一般的となる以前には多用されてきた²⁾。
- ・欠損に対して挿入すべき組織の厚さが1cm程度以下であれば血行再建は行わずに遊離真皮・脂肪移植を行ってもよいであろう。
- ・遊離組織移植は術後に吸収されるのでそれを見越して少し大きめに移植するとされているが、大きな組織を移植しても壊死に陥るだけであり、移植する組織の厚さも1cm程度が限界であろうと思

われる。

- ・組織採取部位はやはり単径部が第1選択になる。
- ・組織の固定方法は、遊離皮弁と同様に真皮側を下方にすべきである。
- ・術後の血腫形成は移植組織の生着を左右するため、ある程度の圧迫固定は必要であろう。
- ・この方法の欠点は移植した組織がうまく生着したとしても堅くなってしまふことであり、修正術などにおける小範囲の軟部組織再建としての役割は、後述する脂肪注入術に取って代わられつつある。

脂肪注入術

脂肪注入術は過去にはその有効性が疑問視されていたが¹⁸⁾¹⁹⁾、注入する脂肪組織の採取方法や注入方法の進歩により、現在では特に美容外科領域での効果は明らかであり^{20)~22)}、組織学的にも注入した脂肪の生着が示されている。しかし、生着できる量は少ないものであるため、HFMに対して軟部組織再建を行う場合、脂肪注入のみで対応することは困難である。遊離皮弁などで再建を行った後、小範囲でボリュームアップを図りたいときなどにこの方法は有用であろう。

施術の注意点

- ・注入用の脂肪を採取する吸引用のカニューラは、脂肪細胞にダメージを与えないようにするためある程度の太さを持ったものを用いる。
- ・ポンプを用いた吸引では、1気圧近くの陰圧となるのに対して、シリンジを用いた吸引法では、0.5気圧を超えることはあまりないため、脂肪組織に損傷を与えないためにはシリンジによる吸引を用いるべきである²⁰⁾。われわれは、チューリップシリンジシステム® (The Tulip Company, San Diego, U.S.A)を用い、シリンジは60ccのものを使用することが多い。脂肪注入はピストル型の分割脂肪注入器 (Byron Med社, USA)が便利であるが、18ゲージ針を装着した1ccツベルクリンシリンジを用いても十分に対応できる。

修正術

遊離皮弁による再建を行う際、皮弁への血行などの点から分厚い皮弁を移植せざるを得ない場合があ

り、結果的に overvolume となってしまうことがある。このような場合、二次的に修正術を行うことになる。

- ・Overvolume の度合いが大きい場合は瘢痕部をもういちど切開し、通常の defatting を行う。
- ・その際、移植組織の血行を阻害しないようにすべきである。しかし、移植した皮弁の血管茎を分断することの是非と、そのタイミングに関しては、報告者によりまちまちであり、移植組織の種類、移植床の状態によって差が大きい²³⁾²⁴⁾。
- ・ある程度までの overvolume であれば、カニューラによる脂肪吸引術は非常に有効である²⁵⁾。移植する皮弁を薄くする技術が進歩した現在では、この方法で対応できることがほとんどであろうと思われる。

顔面神経麻痺に対する治療

顔面神経麻痺は高い頻度で HFM に見られる症状であるにもかかわらず⁴⁾⁵⁾、この疾患に見られる顔面神経麻痺に対する治療に関しては、ほとんど報告がない。Ysunza ら^{26)~28)} は、表情筋が萎縮する以前（2歳未満）に顔面交叉神経移植を数例に対して行っているが、不全麻痺が多いこの疾患に対して顔面交叉神経移植を行うのは現実的ではない。

われわれは陳旧性顔面神経麻痺に対して神経・血管柄付き遊離筋肉移植を行っているが、HFM における顔面神経麻痺に対してもこの方法は、確実に笑いの表情の再建ができる方法として第1選択であると考えている。また、遊離筋肉移植を行うことにより、頬部の低形成は修正することができるし、下顎部などさらに広い範囲における軟部組織の低形成に対しては、遊離筋肉移植による顔面神経麻痺の動的再建と同時に、肩甲回旋動脈を同一の茎として前鋸筋皮弁や肩甲皮弁などの軟部組織弁を同時に移植することもできる²⁹⁾。HFM においては、下顎縁枝のみの麻痺のために下口唇にだけ麻痺が見られる場合も多いが、このような時には移植筋を下顎部に移植することにより、下口唇の再建を行うことも可能である。神経麻痺に対する動的再建術の手術内容³⁰⁾ に関してはここでは詳述しないが、軟部組織欠損に対する遊離皮弁移植と同様に、顔面動脈など移植床血管の低形成に注意する必要がある。

術後管理

軟部組織再建における遊離皮弁は denude されて皮下に埋入されるため、直視下に皮弁の血行をモニターすることはできない。われわれは主にドップラー血流計を用いてモニターしている。患者の安静度は最近では頭頸部再建における遊離皮弁移植術後と同様に、翌日よりベッドアップ可、翌々日よりトイレ歩行可としている。皮弁の固定に用いたボルスタ一固定などは術後1週間で除去する。

症例

症例

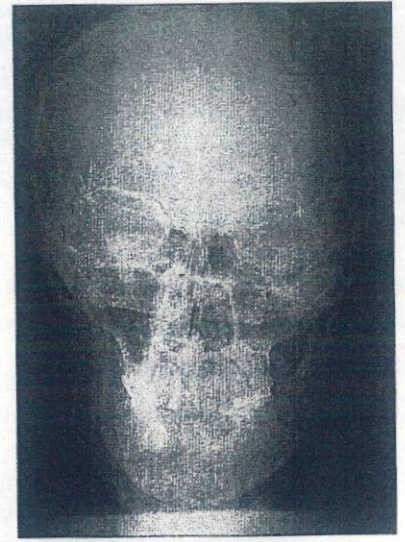
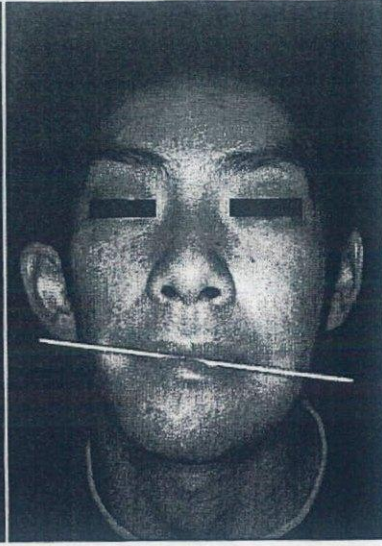
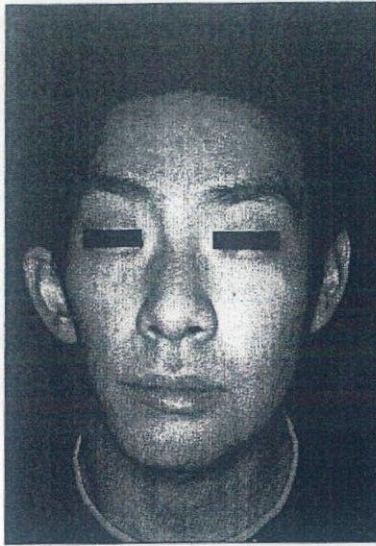
1 28歳、男性（図1）

右頬部から下顎部にかけての低形成による顔面非対称を主訴に来院した。咬合平面の傾斜が見られたがそのことに本人は気づいていなかった。骨切り術の適応はないと判断され、本人の希望もなかったため、軟部組織の再建のみを行った。皮弁は単径皮弁を選択し、浅側頭動脈を移植床血管とした。術後5カ月の時点で overvolume となっている部分に対してシリンジを用いた脂肪吸引術を施行した。術後1年では、左右の対称性が得られている。

症例

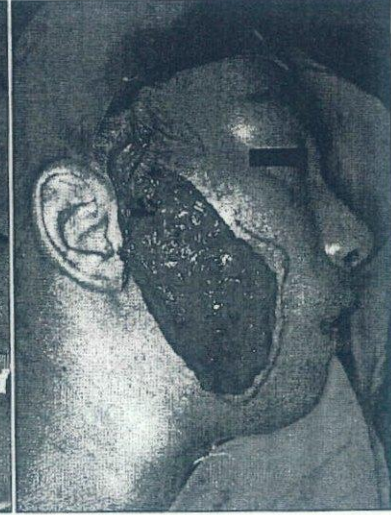
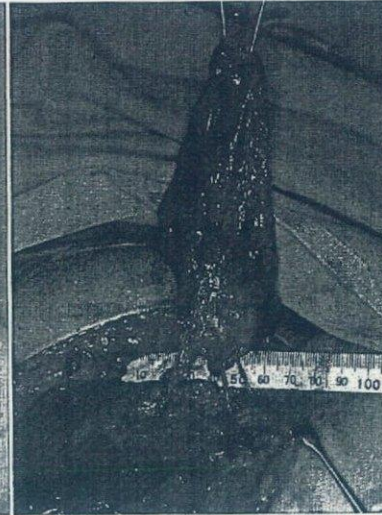
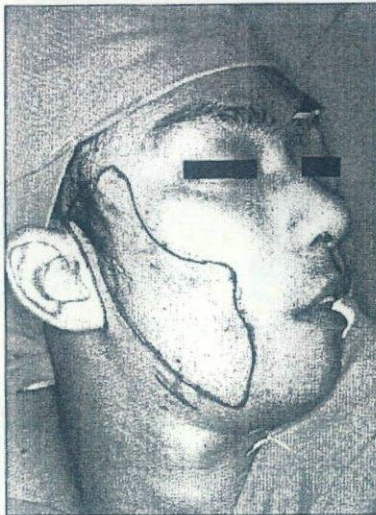
2 10歳、男児（図2）

4歳時に左小耳症、顔面神経麻痺を主訴に当科を受診した。硬組織の低形成はわずかであるため、小児期における骨切り術などは必要ないと考えられた。8歳時にまず、顔面神経麻痺に対して広背筋を用いた一期的手術を施行した。移植床血管としては顔面動脈が選択されたが、低形成は見られなかった。術後6カ月より移植筋の動きが見られはじめ、術後2年の状態では、自然な笑いが獲得できている。また、術前に患側頬部の軟部組織がわずかに低形成であったが、筋肉移植によって修正されている。



(a) 術前。咬合平面の傾斜が見られるが、本人は指摘されるまで気づかなかった。

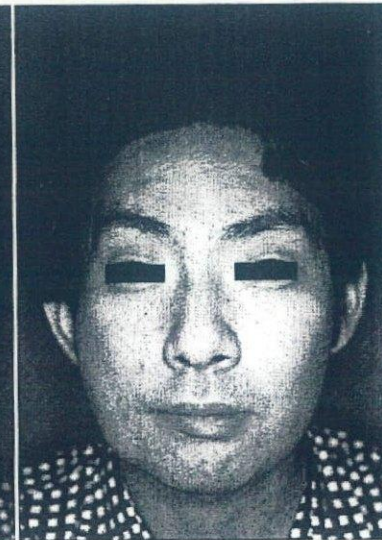
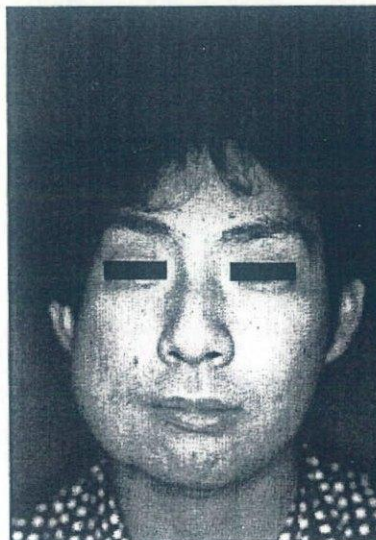
(b) 術前のX線像



(c) 陥凹変形部位を示す。

(d) 挙上された単径皮弁

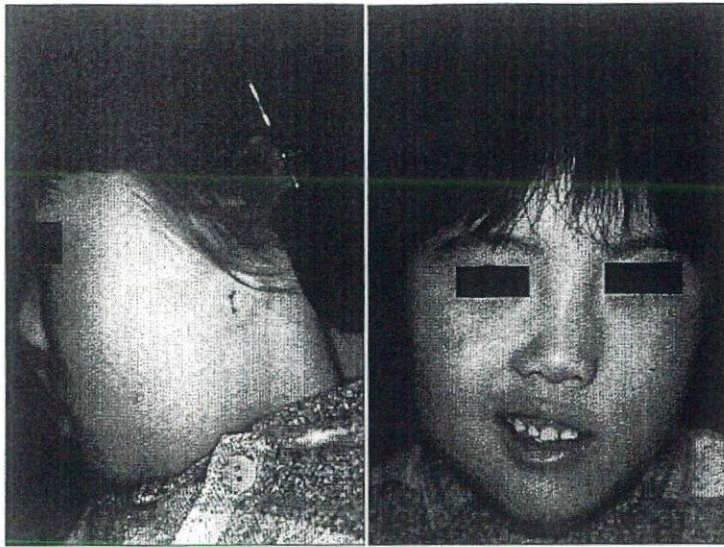
(e) 真皮側を下に皮弁を固定する。移植床血管は浅側頭動静脈を用いた。



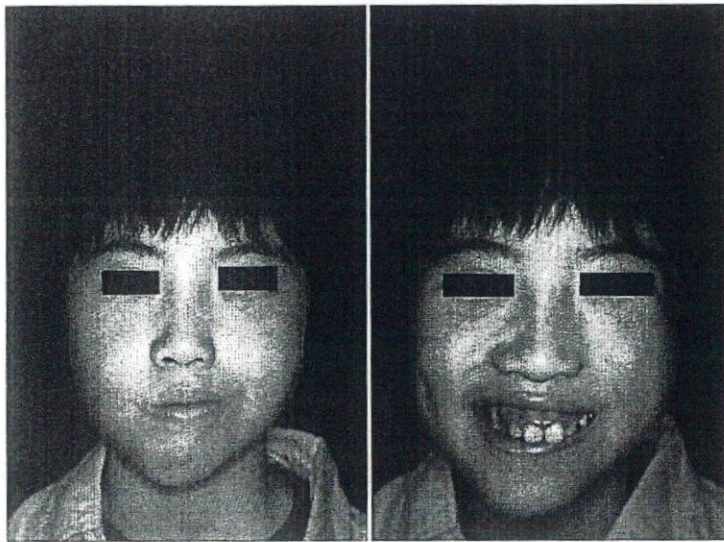
(f) 術後5カ月。Overvolume となっている部分に対して脂肪吸引を行った。

(g) 術後1年の状態

図1 症例1：28歳、男性



(a) 初診時の状態



(b) 術後2年の状態

図2 症例2: 10歳, 男児

(Takushima A, et al : Neurovascular free-muscle transfer to treat facial paralysis associated with hemifacial microsomia. Plast Reconstr Surg 109 : 1219-1227, 2002 より引用)

症例

3 15歳, 女児 (図3)

他院で小耳症に対する肋軟骨移植術を受けた後、下顎部軟部組織の低形成、下口唇麻痺を主訴に来院した。神経・血管柄付き遊離広背筋による下口唇の動的再建、および広背筋からの穿通枝を茎とする真皮・脂肪弁による下顎部の軟部組織の一次的再建を行った。移植床血管としては顔面静脈が細かったため、上甲状腺動脈および外頸静脈を用いた。術後1年6カ月、下口唇の動きは良好で、下顎部の左右対

称性も得られている。

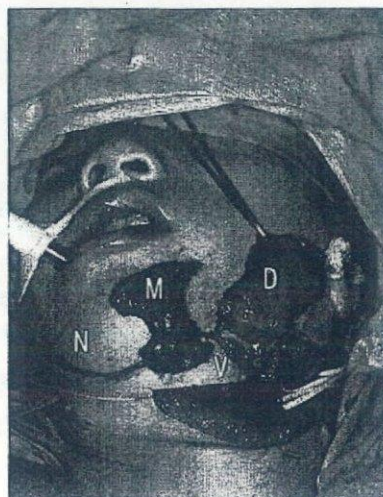
考 察

硬組織再建の必要性について

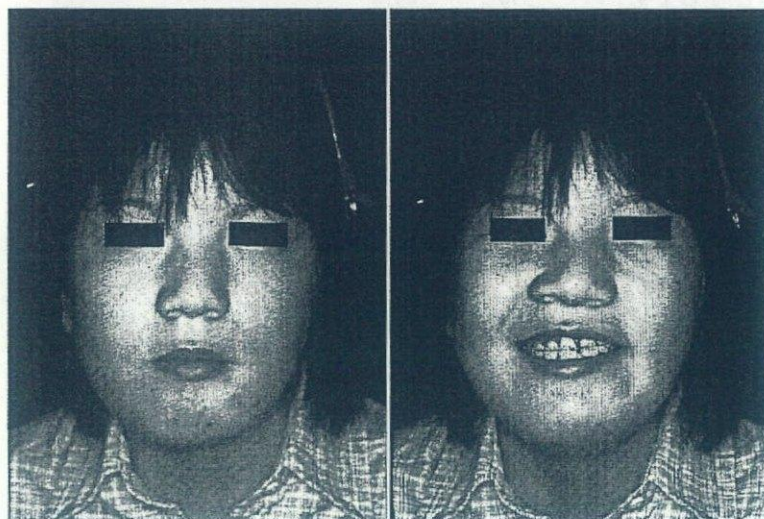
HFM に対する治療はまず土台からといった考えで、硬組織の低形成に対する治療が優先される傾向がある。もちろんそれは正論ではあるが、下顎骨の低形成が軽度な患者は、顔面の非対称を主訴とする



(a) 術前。左下口唇麻痺、下顎軟部組織の低形成が見られる。



(b) 術中。軟部組織皮弁を伴った神経・血管柄付き遊離広背筋移植による一期的再建を行った。
M: 広背筋 D: 真皮脂肪弁
N: 胸背神経 V: 胸背動静脈



(c) 術後1年6カ月の状態。麻痺に対しても改善が見られる。

図3 症例3:15歳, 女兒

(Takushima A, et al: Neurovascular free-muscle transfer to treat facial paralysis associated with hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg* 109: 1219-1227, 2002より引用)

ことも多く、咬合の少々の傾斜、あるいは咬合不全に対しては、患者が骨に対する複雑な手術を望まないことも多い。

このような患者に対して、顔面に決して小さくはない瘢痕を残すような骨延長術などを施すことが果たしてよい治療なのかどうかは、十分に考慮する必要がある。また、骨切り術などを行うと軟部組織の低形成が強調されかえって顔面の非対称が目立ってしまうことも報告されている³¹⁾。本来真皮脂肪移植のみで十分であったはずの非対称が、骨切り術をすることにより血管柄付きの遊離組織移植術を必要とすることになるのであれば不幸なことである。

骨切り術、骨延長術の手術侵襲の大きさ、合併症のこと、これと比較して軟部組織再建のみでできる

こと、これらを十分に患者に説明して実際の治療に取り組むべきであろう。

皮弁の選択

遊離皮弁による軟部組織再建を行う場合、現在われわれは単径皮弁を第1選択としている。単径皮弁と同様に肩甲皮弁を用いる報告は多く³⁾⁶⁾⁸⁾、われわれも過去にこの皮弁を第1選択として使用したこともある。しかし、肩甲皮弁は術後の萎縮程度が予想しにくいという印象を持っている。これは、おそらく皮下脂肪組織下の筋膜組織が移植時には腫脹しており、それが術後に萎縮するためではないか、と考えている。また、肩甲部の瘢痕は目立つことが多い

ため、現在は肩甲皮弁を第1選択とはしていない。

遊離皮弁以外の再建法

軽度の軟部組織低形成であれば遊離真皮・脂肪移植なども考慮されるが、術後の吸収の程度が予想が立ちにくく、移植部に硬結を触れる結果となりがちである。遊離皮弁移植術を行っても、血管剥離、血管吻合に必要な皮膚切開が多少増えるだけであるため、遊離真皮・脂肪移植よりも遊離皮弁を選択した方がより確実な治療を行うことができると思われる。

また、以前は脂肪組織の多い患者ではどうしても厚めの皮弁となってしまう、過矯正の結果、数度の

修正術を必要とすることもあった。しかし、最近では皮弁を薄くする技術も発達しており、従来の皮膚切開による除脂肪術を必要とすることが少なくなってきており、代わって脂肪吸引による除脂肪を行うことが多い。

最近では美容外科手技の発達が著しく、脂肪注入、脂肪吸引の技術や器具も非常に発展している。脂肪注入だけで顔面の低形成が改善されることは少ないと思われるが、皮弁移植後に脂肪注入を追加したり、過矯正部分に脂肪吸引を行うのは侵襲も少なく、細かな調整も効くため非常に有用である²⁵⁾。マイクロサージャリーを専門とする形成外科医も是非このような技術は身につけておくべきであろう。

文 献

- 1) Ortiz Monasterio F, Molina F, Andrade L, et al : Simultaneous mandibular and maxillary distraction in hemifacial microsomia in adults ; Avoiding occlusal disasters. *Plast Reconstr Surg* 100 : 852-861, 1997
- 2) Edgerton MT, Marsh JL : Surgical treatment of hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg* 59 : 653-666, 1977
- 3) Siebert JW, Anson G, Longaker MT : Microsurgical correction of facial asymmetry in 60 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 97 : 354-363, 1996
- 4) Murray JE, Kaban LB, Mulliken JB : Analysis and treatment of hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg* 74 : 186-199, 1984
- 5) Vento AR, LaBrie RA, Mulliken JB : The O.M.E.N.S. classification of hemifacial microsomia. *Cleft Palate Craniofac J* 28 : 68-76, 1991
- 6) Longaker MT, Siebert JW : Microsurgical correction of facial contour in congenital craniofacial malformations ; The marriage of hard and soft tissue. *Plast Reconstr Surg* 98 : 942-950, 1996

- 7) Kearns GJ, Padwa BL, Mulliken JB, et al : Progression of facial asymmetry in hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg* 105 : 492-498, 2000
- 8) Upton J, Albin RE, Mulliken JB, et al : The use of scapular and parascapular flaps for cheek reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 90 : 959-971, 1992
- 9) Poole MD : A composite flap for early treatment of hemifacial microsomia. *Br J Plast Surg* 42 : 163-172, 1989
- 10) 多久嶋亮彦, 百澤 明, 朝戸裕貴ほか : 先天性顔面神経麻痺の再建. *形成外科* 48 : 891-899, 2005
- 11) Nagata S : A new method of total reconstruction of the auricle for microtia. *Plast Reconstr Surg* 92 : 187-201, 1993
- 12) Nagata S : Secondary reconstruction for unfavorable microtia results utilizing temporoparietal and innominate fascia flaps. *Plast Reconstr Surg* 94 : 254-265, 1994
- 13) Koshima I : Short pedicle superficial inferior epigastric artery adiposal flap ; New anatomical findings and the use of this flap for reconstruction of facial contour. *Plast Reconstr Surg* 116 : 1091-1097, 2005
- 14) Huntsman WT, Lineaweaver W, Ousterhout DK, et al : Recipient vessels for microvascular transplants in patients with hemifacial microsomia. *J Craniofac Surg* 3 : 187-189, 1992
- 15) David DJ, Tan E : A de-epithelialized free groin flap for facial contour restoration. *J Maxillofac Surg* 6 : 249-252, 1978
- 16) Kamiji T, Ohmori K, Takada H : Clinical experiences with patients with facial bone deformities associated with hemifacial microsomia. *J Craniofac Surg* 2 : 181-189, 1992
- 17) Dunkley MP, Stevenson JH : Experience with the free "inverted" groin flap in facial soft tissue contouring ; A report on 6 flaps. *Br J Plast Surg* 43 : 154-158, 1990
- 18) Illouz YG : Present results of fat injection. *Aesthetic Plast Surg* 12 : 175-181, 1988
- 19) Billings EJr, May JWJr : Historical review and present status of free fat graft autotransplantation in plastic and reconstructive surgery. *Plast Reconstr Surg* 83 : 368-381, 1989
- 20) Glogau RG : Microlipoinjection. *Arch Dermatol* 124 : 1340-1343, 1988
- 21) Carraway JH, Mellow CG : Syringe aspiration and fat concentration ; A simple technique for autologous fat injection. *Ann Plast Surg* 24 : 293-296, 1990
- 22) Pinski KS, Coleman WP3rd : Microlipoinjection and autologous collagen. *Dermatol Clin* 13 : 339-351, 1995
- 23) Tsur H, Daniller A, Strauch B : Neovascularization of skin flaps ; Route and timing. *Plast Reconstr Surg* 66 : 85-90, 1980
- 24) Gatti JE, LaRossa D, Brousseau DA, et al : Assessment of neovascularization and timing of flap division. *Plast Reconstr Surg* 73 : 396-402, 1984
- 25) 多久嶋亮彦, 波利井清紀 : 再建外科における liposuction と lipoinjection. *形成外科* 44 : 485-493, 2001
- 26) Inigo F, Ysunza A, Ortiz-Monasterio F, et al : Early postnatal treatment of congenital facial palsy in patients with hemifacial microsomia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 26 : 57-66, 1993
- 27) Ysunza A, Inigo F, Ortiz-Monasterio F, et al : Recovery of congenital facial palsy in patients with hemifacial microsomia subjected to sural to facial nerve grafts is enhanced by electric field stimulation. *Arch Med Res* 27 : 7-13, 1996
- 28) Ysunza A, Inigo F, Rojo P, et al : Congenital facial palsy and crossed facial nerve grafts ; Age and outcome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 36 : 125-136, 1996
- 29) Takushima A, Harii K, Asato H, et al : Neurovascular free-muscle transfer to treat facial paralysis associated with hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg* 109 : 1219-1227, 2002
- 30) 多久嶋亮彦, 朝戸裕貴, 波利井清紀 : Hemifacial microsomia に合併する顔面神経麻痺に対する血管柄付き遊離筋肉移植術. *形成外科* 46 : 1293-1299, 2003
- 31) 川嶋邦裕, 横山統一郎, 皆川英彦ほか : Hemifacial microsomia の治療における facial contouring surgery に対する考え方. *形成外科* 41 : 239-249, 1998

リンパ浮腫患者におけるICG蛍光リンパ管造影のパターンと手術成績の比較検討

ICG lymphangiographic pattern and surgical effect classified by its patterns in the lymphedema limbs

Key Words リンパ浮腫 リンパ管細静脈吻合術 ICG蛍光造影法 ICG蛍光リンパ管造影法

岡山大学医学部形成再建外科

山田 潔 木股敬裕

はじめに

原発性あるいは続発性のリンパ浮腫の患者に対して、流れが悪くなっているリンパ管を静脈に繋いでリンパ液を還流し、浮腫の改善を図るリンパ管静脈吻合術 (lymphaticovenular anastomosis; LVA) という外科治療がある。これは1977年に、O'Brienらによって報告されたもので¹⁾、現在ではリンパ管を原法に比べてより浅層の皮下に存在する静脈に端々あるいは端側吻合する方法にリファインされ²⁾、当院においても年間60～80症例の手術を行っている。

この手術のキーポイントはいかに機能的な太いリンパ管を同定するかということであり、これについてはこれまでに色素法やリンパシンチグラフィ³⁾、MRリンフォグラフィ⁴⁾などが用いられてきた。しかしTable 1に示す如くいずれの方法も一長一短があり、LVAの手術に親和性の高いリンパ管同定方法というものが存在しない状況であった。吻合に利用するリンパ管の口径は通常1mm以下で非常に繊細なテクニックが要求されるということもあって、LVAは限られた施設でしか行われず、特殊な手術という位置づけにあった。

Table 1

	Blue dye	Lymphoscintigraphy	MR Lymphangiography	ICG Fluorescent Lymphangiography
advantage	<ul style="list-style-type: none"> Convenient Low cost Safe (some allergic reaction were reported) 	<ul style="list-style-type: none"> Ability for wide and deep examination Diagnosis and grading of the lymphedema is possible 	<ul style="list-style-type: none"> Ability for wide and deep examination Diagnosis and grading of the lymphedema is possible No Radiation exposure 	<ul style="list-style-type: none"> Clear and fine imaging Intraoperative use is possible Dynamic and functioning lymphatics are detectable No Radiation exposure
disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> Unsuitable for wide examination Poor sensitivity Not recordable 	<ul style="list-style-type: none"> Intraoperative use is impossible Radiation exposure Cost expense Not covered by the insurance 	<ul style="list-style-type: none"> Intraoperative use is impossible Cost expense Not covered by the insurance 	<ul style="list-style-type: none"> CCD camera is expensive Deep layer is undetectable Not covered by the insurance

しかしながら、インドシアニングリーン (ICG) 蛍光リンパ管造影法⁵⁾の開発によってLVAという術式が再び脚光を浴びてきた。この造影方法でリンパ管が描出されれば、皮膚切開を加えずとも確実にリンパ管が同定でき、かつ術中にダイナミックにその走行が確認できるからである。LVAにICG蛍光リンパ管造影法を導入するという手法(以下ICG-LVAと称す)は第49回日本形成外科学会総会・学術集会(2006年)において照喜納らが口演したのが初めてであるが、われわれはこれをヒントにして実施プロトコルを作成し、2008年7月現在までに150例のICG-LVAを施行している。

本稿においてはリンパ還流不全によって引き起こされる四肢のリンパ浮腫に対して蛍光リンパ管造影法を施行し、どのような造影パターンが得られるのか、またそれぞれの造影パターンにおけるLVAの治療効果にはどんな違いがあるのか、術後1年以上を経過した症例を対象に検討を行った。

1 健常者における四肢のリンパ管造影パターン

リンパ浮腫の四肢の造影パターンについて述べる前に、健常者の造影パターンについて理解しておく必要がある。

ヒトのリンパ管の解剖については1874年にフランスのSappey⁶⁾が水銀注入法を用いた研究を行い、体系的なリンパ管の解剖学書を刊行しており、現在多くの書物に掲載されているリンパ管の走行はこのSappeyの図(Fig.1)をもとにしているものと思われる。近年ではSuami⁷⁾が固定されていない新鮮死体を材料として、酸化鉛を注入してリンパ管の走行を研究しており、正常肢においては毛細リンパ管(lymph capillaries)を起点として前集合リンパ管(precollectors)を経て集合リンパ管(lymph collecting vessel)に至るというリンパ系の立体的な構造を示している(Fig.2)。

生体においては従来のパテントブルーなどを用いた色素法やリンパシンチグラフィ、MRリンフォグラフィなどによってもリンパ管の走行が確認可能であるが、われわれはICG蛍光リンパ管造影法を用いて健常者における四肢のリンパ管の走行を観察した。

健常者ボランティアの上肢3名、下肢5名に対して、それぞれ全指・趾間にICGを0.01~0.02mlずつ皮内に注入し、近赤外線観察カメラ(Photodynamic Eye;PDE(浜松ホトニクス社製))を使用してその造影パターンを観察した。

その結果、上肢では手背から数本のリンパ集合管がほぼ直線的に前腕を走り、肘関節を越えた辺りで上腕の内側へ向かい、腋窩へ至るという走行を示していた(Fig.3)。また、下肢においては、各趾間から足背を走るリンパ集合管は下腿を上行しながらしだいに内側寄りを走り、大腿においては大伏在静脈と平行しながら鼠径部へ至るという走

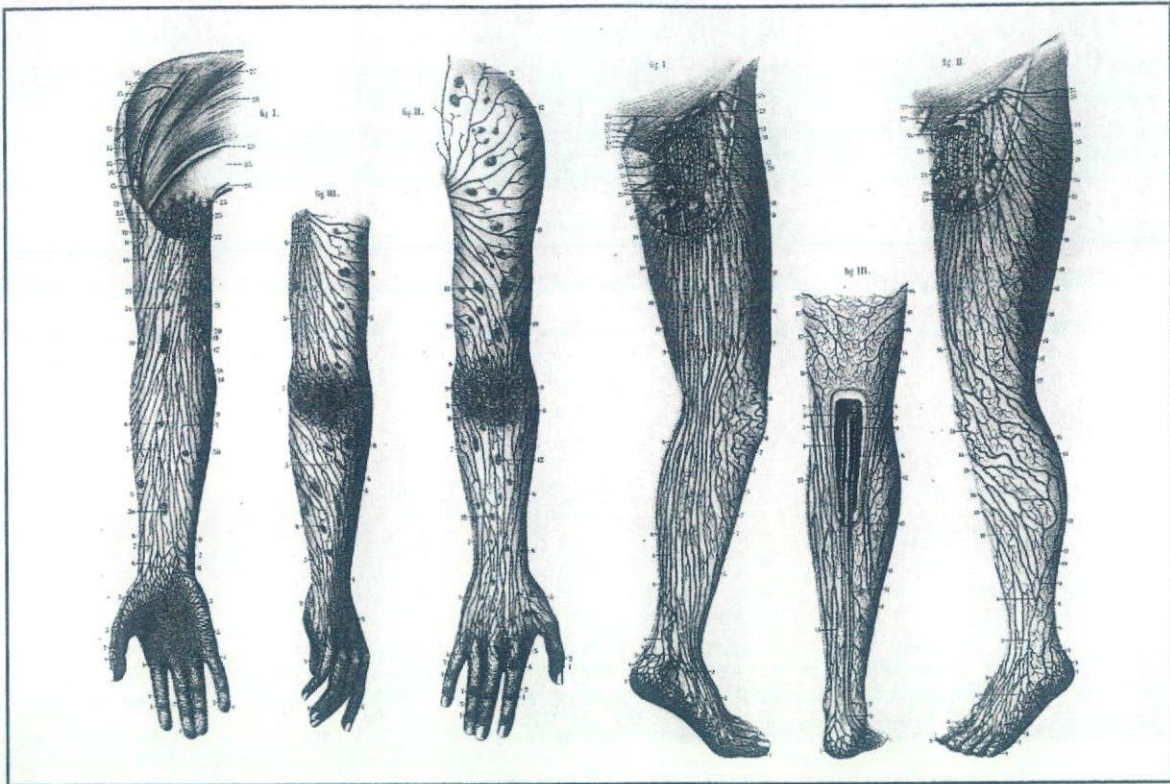


Fig. 1

Figure from Sappey's textbook (1874).

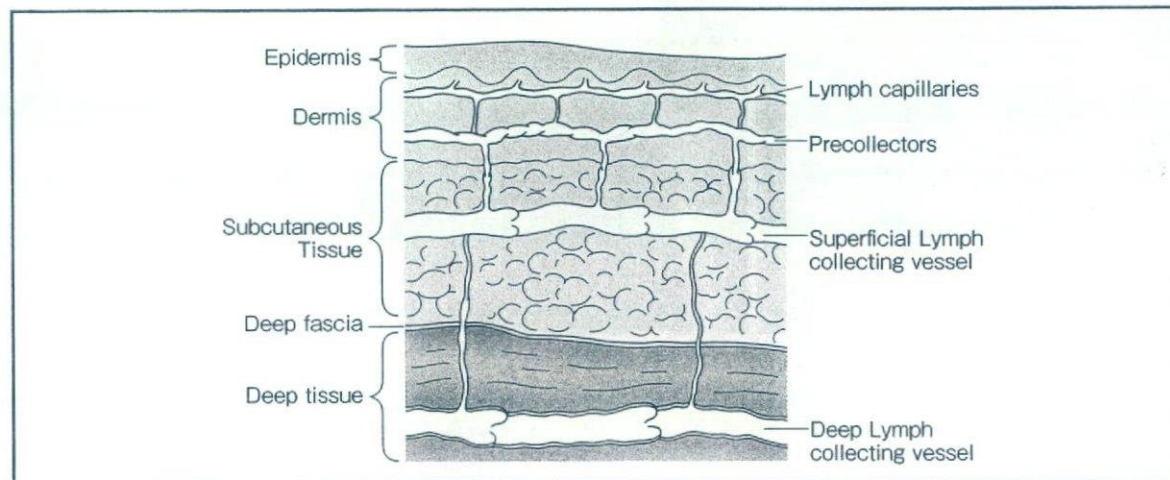


Fig.2

Structure of the lymphatic system.

行を示していた (Fig.4)。上肢、下肢ともにICG注入から腋窩あるいは鼠径部まで描出されるのに平均で6~7分、早いものでは3分ほどで趾間から鼠径部まで到達した例もあった。

PDEはその機器の特性から深部を走行する細いリンパ管の描出は苦手であり、大腿部など皮下脂肪の厚い部位においてはある程度太いリンパ集合管でないと観察が困難であった。反対に、手背や足背など、皮下脂肪の薄い部位においては0.2mm以下の非

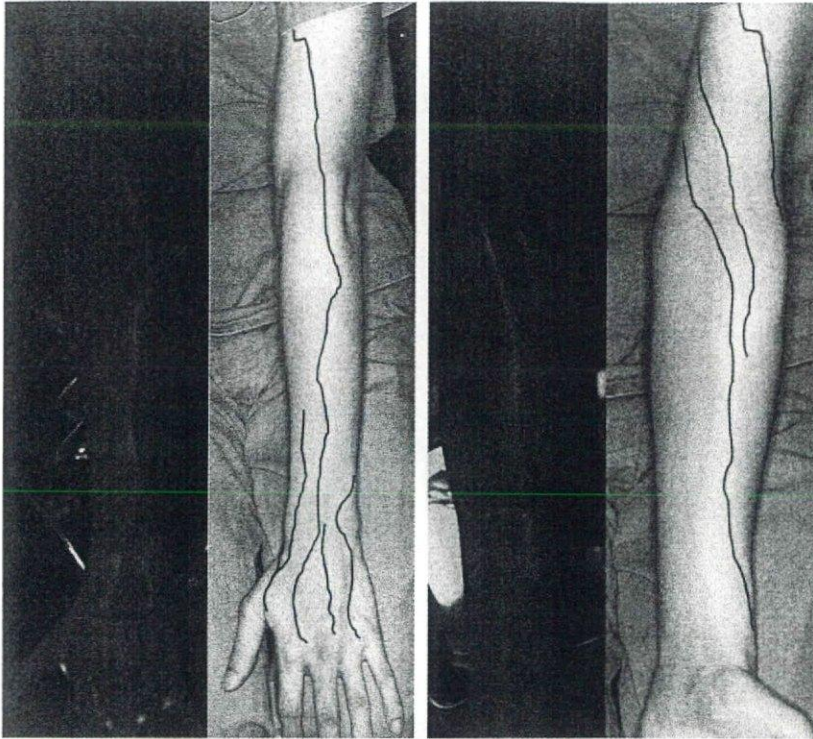


Fig.3

ICG fluorescence lymphangiography of the normal upper limb.

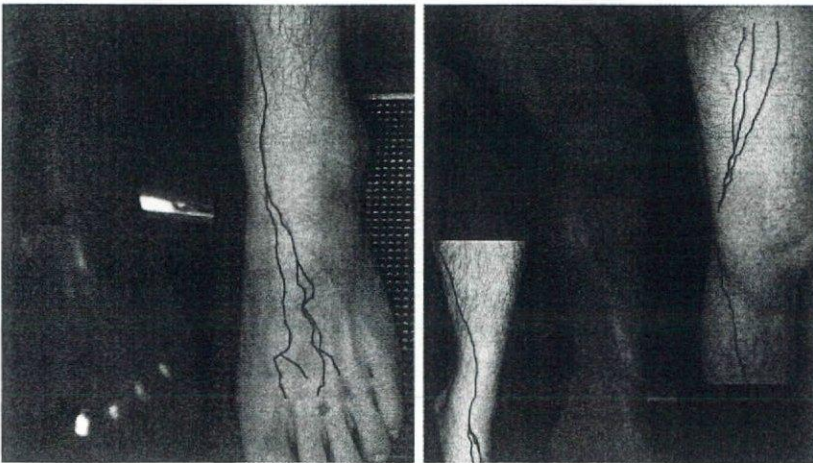


Fig.4

ICG fluorescence lymphangiography of the normal lower limb.

常に細い前集合リンパ管も観察可能であった。このことは、肢の部位によってリンパ管が走行する深さが異なるという解剖学的特徴を示しており、LVAでリンパ管を同定する際に非常に重要であると思われる。PDEの造影所見と、解剖学標本との照らし合わせが今後必要であると考ええる。

また、PDEによる検査記録は現在のところ動画で保存されているため、局所的なリンパの流れをダイナミックに観察するには優れているが、リンパシンチグラフィやMRリンフォグラフィのように静止画として全体像をとらえることが困難なため、検査結果の定量化が困難であると考えられた。

2 リンパ浮腫患者における四肢のリンパ管造影パターン

リンパ浮腫患者の四肢についても、健常者における手技と同様の方法でICG蛍光リンパ管造影を行った。その結果、リンパ浮腫患者においては健常者とは全く異なり多彩な造影パターンを示すことがわかった。

リンパ浮腫患者では総じてリンパ集合管の描出が遅延しており、中には全く描出されない症例も観察された。描出されるリンパ集合管の本数は減少しており、足背や膝蓋骨前面など皮下脂肪の薄い部分でのみ観察される例が多かった。また、真皮内に存在する0.2mm以下のごく細い前集合リンパ管が密なネットワークを形成していたり、真皮がびまん性に造影されたりしている部分が観察された。

われわれはこのリンパ浮腫患者でみられる造影パターンを4つに分類して検討を行った(Fig.5)。

L : linear……ICGが線状に描出されているもの。

P : subdermal plexus……ICGが皮下の浅い層で細かなネットワーク状に描出されるもの。

D : diffuse……ICGがびまん性に造影されるもの

S : static……ICG注入後10分たっても全く造影されないもの

linearパターンは皮下脂肪内の集合リンパ管を観察しているものと考えるが、浮腫の程度が軽度な場合、集合リンパ管は正常よりもむしろ拡張していることがあるため、この所



Fig.5

ICG fluorescence lymphangiographic patterns found in the lymphedema limbs.

L : linear

P : subdermal plexus

D : diffuse

S : static

見が得られたからといって安易にリンパ管の機能が良好であるという判断はできない。

subdermal plexusパターンは真皮内の細い前集合リンパ管を観察しているものと考ええる。健常者では皮内に注入したICGは表皮直下の毛細リンパ管に取り込まれ、これは真皮内の前集合リンパ管に流れ、その後皮下脂肪内の集合リンパ管へと流れていく。前集合リンパ管と集合リンパ管との間には弁が存在するため通常は逆流することはない。前集合リンパ管が広く描出されることはない。しかしながらリンパ還流不全の状態では弁の機能不全が起こり、集合リンパ管から前集合リンパ管への逆流現象 (dermal back flow) が認められるため、前集合リンパ管へ過度のリンパ液が流れ込み、真皮内のネットワークが描出されるものと思われる。

diffuseパターンもリンパ還流不全の結果、ICGが真皮内に拡散して描出されたものと考えている。

staticパターンではリンパ還流不全が長期にわたって続いた結果、中枢から末梢へ向かってリンパ管の閉塞が起こり²⁾、リンパ液の流れが途絶えてしまったためにICGが注入部位から広がらずに留まっているものと思われる。

実際のリンパ浮腫患者における造影所見では、これら4つのパターンが単独で観察されるのではなく複数のパターンが組み合わさっており、浮腫の程度や観察部位の特性などを反映しているものと思われた。また、ICG注入から観察までの時間によっても変化していくことが確認された。

3 症例の検討

1) 対象と検討方法

岡山大学病院形成外科において、2006年4月以降で下肢のリンパ浮腫患者に対してICG-LVAを行い、術後1年以上の経過観察が可能であった症例を対象としてICG蛍光リンパ管造影法の造影パターンの分析と治療効果の検討を行った。

ICG-LVAの術中にFig.6の如く全趾間と足関節、下腿、膝蓋、大腿などで全周性にICGを皮内に注射し、リンパ管の走行をPDEで確認した。その後、観察されたリンパ管の位置を目安に皮膚切開を加えて手術用顕微鏡下にリンパ管を同定し、皮下の細静脈に吻合してLVAを行った。LVAを行った部位でのICG造影パターンをL、P、D、Sの4つに分類して記録を行った。

治療効果の検討は、ICG-LVAを行った下肢全体の評価と、LVAを行った部位だけをピックアップした評価の2つを行った。下肢全体の評価は、足背/足関節/下腿(膝蓋骨下縁から下10cm)/膝蓋骨中央/大腿(膝蓋骨上縁から上10cm)の5か所(Fig.7)

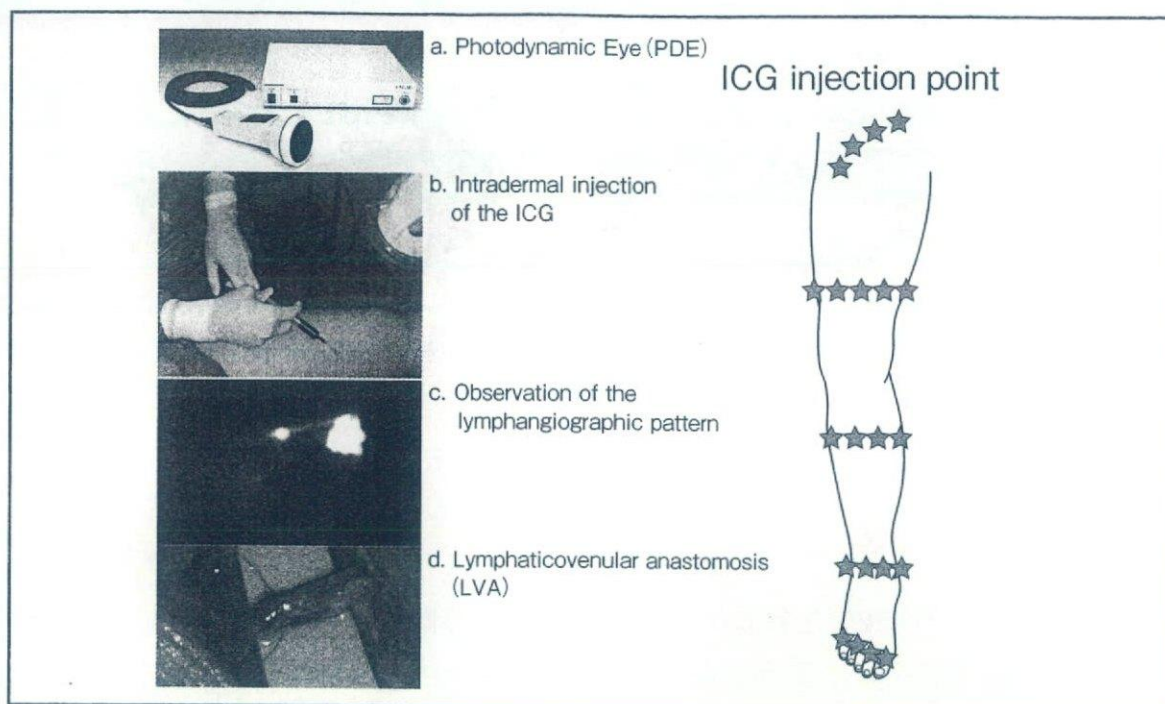


Fig.6

Flow chart of the ICG-LVA (a. to d.) and ICG injection point.

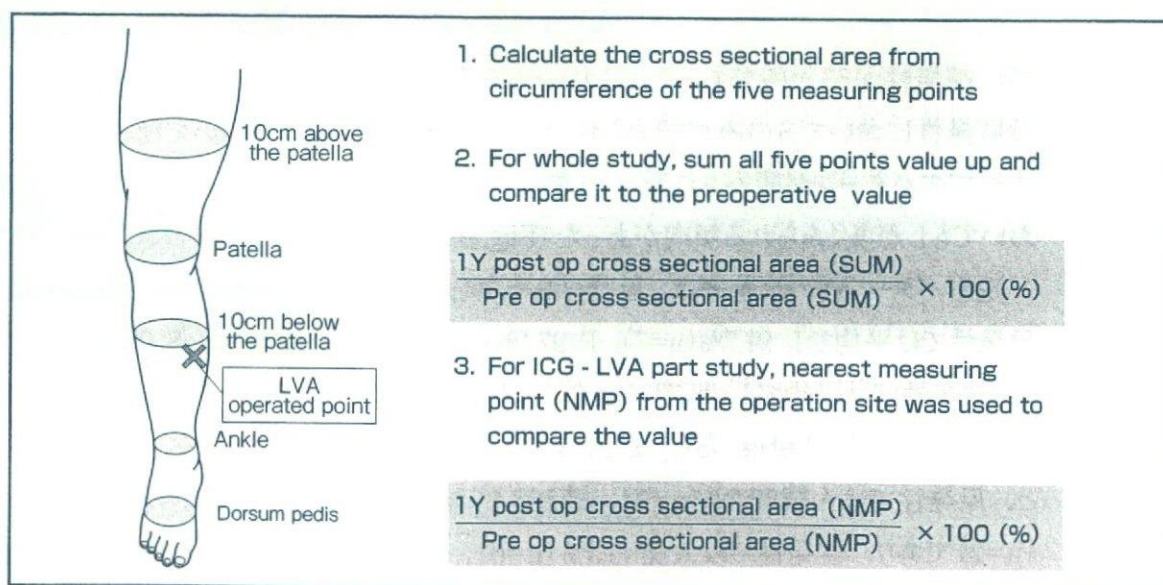


Fig. 7

Five measuring points for assessment and postoperative evaluating method.

の周径を測定し、この値から各部位を真円と仮定した断面積を求め、全5か所の総和を計算した。LVAを行った部位での評価は、前述の5か所の計測箇所のうちいちばん近いところの断面積を治療効果の指標として用いた。鼠径部でLVAを行うことも多いが、この部分は周径計測を行っていないため除外した。いずれの評価方法も、術後1年での値を術前の値と比較して、%表示で改善率を検討した。

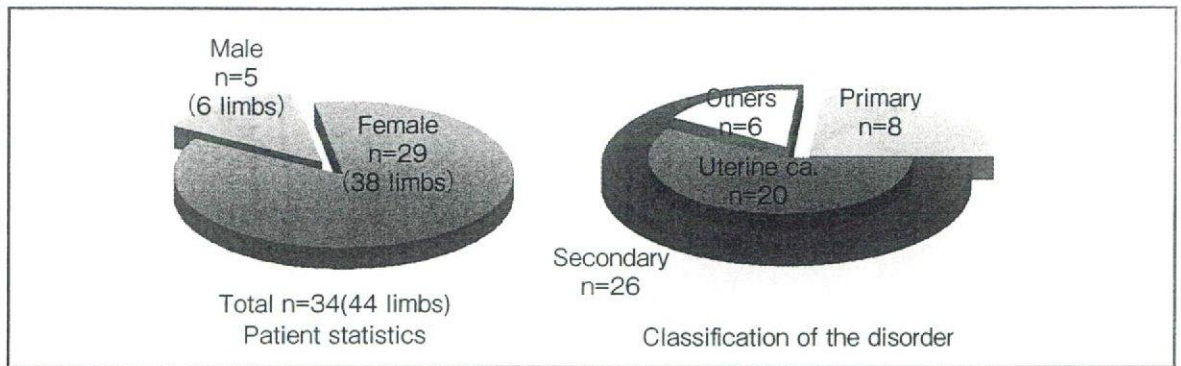


Fig. 8
Patient statistics and classification of the primary disease.

2) 結果

調査期間中の対象患者数は34人44肢で、男性5人6肢、女性29人38肢。症例の内訳は原発性が8人、続発性が26人で、続発性のうち20人が子宮癌術後であった(**Fig.8**)。

下肢全体の改善率をみると、術前の浮腫の状態を100%として術後1年で原発性が平均で94.4%、続発性が平均で97.0%に減少していた(**Table 2**)。

対象患者34人44肢に対して、LVAは全部で78か所に行っており、原発性が15か所、続発性が63か所であった。これらの部位でみた造影パターンの内訳は、鼠径部では原発性においてSのみが認められたのに対して、続発性においてはL、P、D、Sのすべてのパターンが観察された。一方で下腿以遠においては原発性・続発性いずれにおいてもLが多くみられる傾向があった(**Fig.9**)。

造影パターン別の改善率は、鼠径部を除外した57か所のLVAについて評価を行った。原発性では平均でL 91.7%(n=7)、P 97.1%(n=1)、D 94.0%(n=2)、S 90.8%(n=1)であり、続発性では平均でL 96.7%(n=35)、P 93.9%(n=5)、D 97.5%(n=5)、S 121.3%(n=1)であった(**Table 3**)。また、LVAを行った部位別に改善率の平均をみると、原発性では大腿92.5%(n=3)、膝102.4%(n=2)、下腿91.3%(n=4)、足関節95.5%(n=2)であり、続発性では大腿95.5%(n=8)、膝97.2%(n=10)、下腿99.4%(n=16)、足関節93.2%(n=4)、足背94.7%(n=8)であった(**Table 4**)。

3) 考察

これまでLVAを施行するに当たっては、いかに機能的なリンパ管を同定するかが最も大きな問題であり、手術成績を左右するクリティカルポイントであった。リンパシンチグラフィ、MRリンフォグラフィなどでおおまかなリンパ管の走行が把握できたとしても、手術中、皮切を加える際に、有効である検査とは言い難かった。しかしながら術中ICG蛍光リンパ管造影法の登場によって、LVAは格段に進化した。カメラで観察して、ICGが光っているところには必ずリンパ管があるという安心感があり、同時にICGの流れをみる

Table 2 List of the patient data and postoperative result at 1 year, primary lymphedema (above) and secondary lymphedema (below)

Primary lymphedema

Sex	Age	PD	RT	DE	whole result	LVA part 1	pattern 1	result 1	LVA part 2	pattern 2	result 2	LVA part 3	pattern 3	result 3
M	62	Primary	(-)	13	85.54%	AP	D	85.66%	P	L	92.73%			
F	45	Primary	(-)	48	98.49%	P	L	112.11%						
F	44	Primary	(-)	60	93.46%	G	S		BP	L	94.94%			
F	45	Primary	(-)	60	103.91%	G	S		A	L	90.91%			
M	44	Primary	(-)	73	98.48%	BP	P	97.12%						
F	48	Primary	(-)	90	90.78%	BP	L	82.20%						
F	56	Primary	(-)	96	103.72%	AP	D	102.42%	A	L	100.00%			
F	57	Primary	(-)	360	96.69%	G	S							
F	57	Primary	(-)	360	91.31%	G	S							
F	52	Primary	(-)	384	90.32%	AP	L	89.54%	BP	S	90.81%			
average					94.4%									

Secondary lymphedema

Sex	Age	PD	RT	DE	Whole result	LVA part 1	pattern 1	result 1	LVA part 2	pattern 2	result 2	LVA part 3	pattern 3	result 3
M	65	Prostatic ca	(-)	36	77.75%	G	L		BP	L	68.06%			
M	65	Prostatic ca	(-)	36	79.86%	A	L	73.47%						
F	33	Uterine ca	(-)	6	98.43%	G	D		DP	L	100.00%			
F	70	Uterine ca	(-)	21	98.35%	BP	L	91.73%						
F	70	Uterine ca	(-)	21	107.53%	BP	L	109.44%						
F	48	Uterine ca	(-)	28	103.54%	G	P		P	L	97.35%	BP	L	108.27%
F	43	Uterine ca	(+)	38	87.80%	G	D		DP	P	85.73%			
F	70	Uterine ca	(+)	39	91.67%	AP	P	86.46%	DP	P	92.31%			
F	70	Uterine ca	(-)	51	96.38%	G	D		DP	L	83.01%			
F	60	Uterine ca	(+)	69	94.26%	P	L	94.74%	BP	L	94.37%	BP	L	94.37%
F	68	Uterine ca	(+)	74	101.78%	AP	L	104.12%	P	L	100.00%	BP	L	100.00%
F	74	Uterine ca	(-)	76	92.58%	G	S							
F	66	Uterine ca	(+)	77	109.74%	BP	D	94.67%	DP	D	104.40%			
F	47	Uterine ca	(-)	80	95.44%	DP	L	91.31%						
F	47	Uterine ca	(-)	83	92.52%	P	L	97.28%						
F	48	Uterine ca	(-)	84	99.04%	G	P		DP	L	104.82%			
F	48	Uterine ca	(-)	84	98.94%	AP	P	105.06%						
F	54	Uterine ca	(+)	90	94.16%	AP	D	94.09%	P	L	94.74%			
F	74	Uterine ca	(-)	93	99.90%	P	L	97.66%	DP	L	95.96%			
F	73	Uterine ca	(+)	120	88.12%	G	S							
F	81	Uterine ca	(+)	120	90.53%	P	L	97.48%						
F	55	Uterine ca	(-)	132	89.16%	AP	P	100.00%	A	L	92.00%			
F	57	Uterine ca	(+)	144	111.03%	G	P		AP	L	101.69%	A	L	119.01%
F	78	Uterine ca	(+)	207	97.38%	AP	D	92.00%	BP	D	102.14%			
F	57	Uterine ca	(+)	232	97.51%	G	S		A	L	88.36%			
F	72	Uterine ca	(-)	240	96.49%	G	S		P	L	95.75%			
F	44	Trauma	(-)	240	102.25%	BP	L	100.00%	BP	L	100.00%	BP	L	100.00%
F	52	Others	(+)	5	109.12%	G	L		BP	L	109.91%			
F	52	Others	(+)	5	108.97%	G	L		BP	L	113.78%			
F	53	Others	(+)	8	101.72%	G	L		BP	L	103.20%			
F	53	Others	(+)	8	103.93%	G	L		BP	L	100.00%			
F	44	Others	(-)	36	97.13%	G	S							
M	64	Others	(+)	360	103.98%	G	S		P	S	121.25%			
M	63	Others	(+)	15	75.39%	AP	L	87.32%	P	L	76.10%			
average					97.0%									

PD: primary disease, RT: radiation therapy, DE: duration of the lymphedema (month), LVA part: G: groin, AP: 10cm above the patella, P: Patella, BP: 10cm below the patella, A: ankle, DP: dorsum pedis, pattern: L: linear, P: subdermal plexus, D: diffuse, S: static

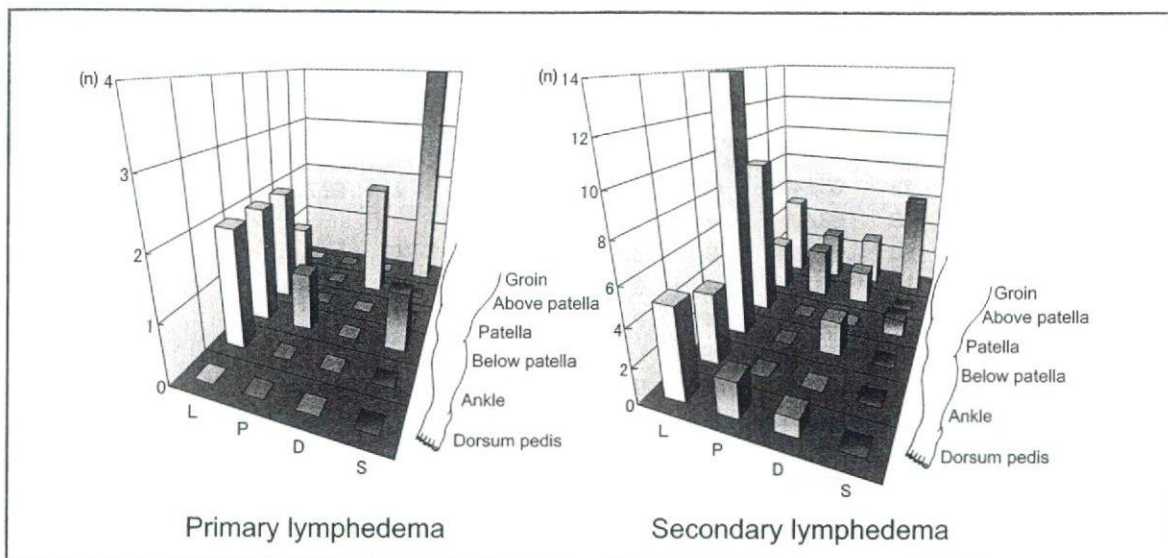


Fig.9 Distribution of the lymphangiographic pattern classified by the ICG-LVA site

Table 3 ICG-LVA postoperative improvement rate at one year after surgery classified by the lymphangiographic patterns

Primary lymphedema		Secondary lymphedema	
Linear (n=7)	91.72%	Linear (n=35)	96.72%
Plexus (n=1)	97.12%	Plexus (n=5)	93.91%
Diffuse (n=2)	94.04%	Diffuse (n=5)	97.46%
Static (n=1)	90.81%	Static (n=1)	121.25%
(average)		(average)	

Table 4 ICG-LVA postoperative improvement rate at one year after surgery classified by the surgical site

Primary lymphedema		Secondary lymphedema	
Above patella (n=3)	92.54%	Above patella (n=8)	95.47%
Patella (n=2)	102.42%	Patella (n=10)	97.23%
Below patella (n=4)	91.27%	Below patella (n=16)	99.37%
Ankle (n=2)	95.46%	Ankle (n=4)	93.21%
Dorsum Pedis (n=0)		Dorsum Pedis (n=8)	94.69%
(average)		(average)	

ことで機能的なリンパ管の同定も可能となった。ただし、この造影方法も皮膚表面からリンパ管までの距離が10mmを超えてくると描出能力が低下してくるため、リンパシンチグラフィ、MRリンフォグラフィなどでおおまかなリンパ管の走行をつかんだうえで皮膚切開を加え、その後ICG蛍光リンパ管造影を行うことでより深部の検索が可能となるものと思われる。

下肢リンパ浮腫のICG造影パターンを検討から、膝よりも遠位ではLが最も多くみられ、膝から近位ではDあるいはSが最も多くみられるという結果となった。これは、リンパ還流不全となった四肢においても、末梢部は皮下脂肪が薄く、比較的長期にわたってリンパ集合管が温存されていることからLが観察されやすく、反対に中枢側はリンパ管の閉

塞が先行すること、PDEの機械的な限界のため皮下脂肪が厚いところは深部の観察がしづらいため、DあるいはSが多くを占めるものと思われた。

原発性リンパ浮腫の場合は、リンパシンチグラフィの所見から末梢に正常なリンパ組織が存在しない症例があることが報告されている⁸⁾。われわれの原発性の症例におけるICGの造影所見では、鼠径部においては全例がSであったことより正常なリンパ組織の欠落が示唆されたが、膝から遠位においてはLが多く観察され、必ずしもリンパ組織の欠落があるわけではないと考えている。原発性の場合は続発性と比べて異なったリンパ管解剖を示していることが考えられ、今後これらICGの造影所見を解剖学的所見と照らし合わせていく必要があると思われた。

造影パターンでLは最もリンパ管機能がよく、Sが最も悪いと予測されたが、造影パターン別の改善率をみると原発性ではSが、続発性ではPが最もよい結果となった。症例数がまだ少ないために十分な検討ができていないが、この結果には2つの要素が関係していると思われる。1つは、造影パターンの分類の要素で、Lと分類しても、実際のリンパ管の口径が細かったりリンパ管機能が低下している場合には、LVAを行っても十分な効果が得られない可能性があるということである。またもう1つは改善率の求め方による要素で、ICG-LVAを行ったところを評価しているのではなく、手術部位に最も近い計測ポイントを評価しているため実際の改善率と乖離がある可能性があること、計測時間や部位のばらつき、弾性ストッキングやマッサージなどの保存的治療の併用や生活スタイルの変化など様々なバリエーションが存在するということである。今後の検討課題として、一定した、再現性のある評価方法を研究する必要があると思われる。また、LVAを受けた患者から手足が軽くなった、歩きやすくなった、蜂窩織炎の頻度が減ったなどの感想が出ており、自覚症状の改善を含めた聞き取り調査も併せて行っていく必要があると感じた。

4 まとめ

下肢のリンパ還流不全(リンパ浮腫)に対してICG蛍光リンパ管造影を行い、その造影パターンをlinear(L)、subdermal plexus(P)、diffuse(D)、static(S)の4つに分類し、造影パターンの分布およびパターン別のLVAの手術改善度の検討を行った。造影パターンの割合は、原発性・続発性ともに膝よりも遠位ではLが多くみられ、鼠径部ではSが多い傾向にあった。造影パターン別の改善率は原発性ではSが、続発性ではPが最もよい結果となった。今後さらに詳しい造影パターンの規定方法や手術成績の評価方法について検討する必要があると思われた。

Summary

ICG lymphangiographic pattern and surgical effect classified by its patterns in the lymphedema limbs

Kiyoshi Yamada and Yoshihiro Kimata

Dept. of the Plastic and Reconstructive Surgery, Okayama University Hospital, Okayama, Japan

Key Words : Lymphedema, Lymphaticovenular anastomosis, Indocyanine green fluorescence imaging, Indocyanine green fluorescence lymphangiography

A series of 34 lower limb lymphedema patients who underwent lymphaticovenular anastomosis (LVA) were investigated their lymphangiographic patterns and therapeutic results. The Indocyanine green (ICG) fluorescence lymphangiography was performed by intradermally injecting the ICG (0.01-0.02ml) into the each digital web space of the foot and observing the limb with a near-infrared ray CCD camera (Photodynamic Eye®: PDE, Hamamatsu Photonics, Japan). Their lymphangiographic patterns were classified into 4 of linear (L), subdermal plexus (P), diffuse (D), and static (S). Five points of cross sectional area of the lower limb were evaluated at the point of 1Y after surgery and compared with the preoperative value.

As for the distribution of the ICG lymphangiographic pattern, the L pattern was most frequently observed distal to the knee in both primary and secondary lymphedema. At the groin region, only the S pattern was observed in primary lymphedema while every L, P, D, and S patterns were observed in secondary lymphedema.

The improvement rate (reduction rate) of the cross sectional area of the lymphedema limbs classified by the ICG lymphangiographic patterns was L 91.7% (n=7), P 97.1% (n=1), D 94.0% (n=2), or S 90.8% (n=1) on average in primary lymphedema, versus L 96.7% (n=35), P 93.9% (n=5), D 97.5% (n=5), or S 121.3% (n=1) on average in secondary lymphedema.

ICG lymphangiography navigated LVA is a far easier and much reliable way in finding the functional lymphatics than the conventional methods. However, more detailed classification of the lymphangiographic patterns and the evaluation method of the surgical outcomes are seemed to be needed for the future lymphedema treatment.

文 献

- 1) O'Brien BM, Sykes P, Threlfall GN, et al: Microlymphaticovenous anastomoses for obstructive lymphedema. *Plast Reconstr Surg* 60: 197-211, 1977.
- 2) Koshima I, Kawada S, Moriguchi T, et al: Ultrastructural Observations of Lymphatic Vessels Lymphedema in Human Extremities. *Plast Reconstr Surg* 97: 397-405, 1996.
- 3) Hollander W, Reilly P, Burrows BA: Lymphatic flow in human subjects as indicated by the disappearance of 1-131-labeled albumin from the subcutaneous tissue. *J Clin Invest* 40: 222-233, 1961.
- 4) Ruehm SG, Schroeder T, Debatin JF: Interstitial MR lymphography with gadoterate meglumine: initial experience in humans. *Radiology* 220: 816-821, 2001.
- 5) Ogata F, Narushima M, Mihara M, et al: Intraoperative lymphography using indocyanine green dye for near-infrared fluorescence labeling in lymphedema. *Ann Plast Surg* 59: 180-184, 2007.
- 6) Sappey PC: Anatomie, Physiologie, Pathologie des vaisseaux lymphatiques. Adrien Delahaye, Paris, 1874.
- 7) Suami H, Taylor GI, Pan WR: A New Radiographic Cadaver Injection Technique for Investigating the Lymphatic System. *Plast Reconstr Surg* 115: 2007-2013, 2005.
- 8) 前川二郎, 鮑智伸, 佐武利彦: リンパシンチグラフィによるリンパ浮腫の評価. *PEPARS* 22: 29-34, 2008.