

피판술 후 공여부결손에 적용한 가공된 무세포 동종진피(AlloDerm): 감성 측정

하태원 · 손대구 · 한기환

계명대학교 의과대학 성형외과학교실

Postoperative Sensibility Test in Patients Undergoing Reconstruction of Donor Defect of Flap Surgery with an Acellular Allograft Dermal Matrix (AlloDerm)

Taewon Ha, M.D., Daegu Son, M.D., Kihwan Han, M.D.

Department of Plastic Surgery, School of Medicine, Keimyung University, Taegu, Korea

Numerous choices exist for closing any wound, so the surgical challenge is that of selecting the optimal method. It is necessary to balance multiple factors, including recipient site requirements, donor site morbidity, operative complexity, and patient factors. Limiting the donor site morbidity is emphasized in the aphorism "Never rob Peter to pay Paul unless Peter can afford it".¹ Certainly, documented cases exist in which donor site morbidity exceeds the original recipient problem, necessitating a second procedure to reconstruct the donor site. The flap survived and the wound was closed, but the donor site was often worse than the original defect. Numerous donor site complications are often overlooked while one concentrates on the successful flap transfer. The standard method for grafting donor wound after harvesting of a flap uses thick split-thickness skin grafts. This method, however, creates an additional complication-prone wound at the donor sites. Donor sites for grafting can be painful and may develop infection, hypertrophic scarring, blistering. The problem of donor sites scar hypertrophy occurs most frequently when a graft is taken at more than 0.012 inch thick, leaving a residual dermal bed is too thin. AlloDerm processed allograft dermis was developed as a permanent dermal transplant for full thickness wounds.

Between 1997 and 1999, we have applied AlloDerm grafts and ultra-thin autografts on 11 patients with donor sites after harvesting flaps. All the composite AlloDerm/autograft were noted to be firmly adherent except 2 cases, which showed focal loss of the grafts and was healed after second graft. AlloDerm exhibited a high percentage "take" and supported an overlying ultra thin split-thickness skin autograft, applied simultaneously. By providing a dermal

replacement, the grafted dermal matrix permitted a thin autograft from the donor site. The ultra-thin autografts leave donor sites that heal faster and with fewer complication. AlloDerm dermal transplants exhibit excellent elasticity and good pigmentation with minimal scarring or wound contracture. Sensory reinnervation after the composite AlloDerm/autograft was not fully recovered. The reason was that these grafts were placed on the bone or tendon exposed sites which were not sufficiently well-innervated graft bed. The high reproducibility of excellent results with this composite graft, coupled with the reduced trauma and rapid healing of donor sites associated with ultra-thin autograft STSG, has made composite grafting with the use of AlloDerm dermal transplants our new method of choice for treatment of donor defects of flap surgery.

Key Words: AlloDerm, Donor defects, Sensory reinnervation after acellular dermal graft

I. 서 론

성형외과 영역에서 재건수술분야의 대부분의 수술은 피판술을 이용하는 수술이다. 따라서 피판을 얼마나 또 어떻게 잘 활용하느냐에 따라 수술의 성패가 좌우된다고 해도 과언이 아니다. 골, 건이 노출된 연부조직의 결손은 단순한 식피술로는 재건하기가 어려워 결손의 정도에 따라 다양한 국소 혹은 유리피판술이 요구되나, 이에 따른 피판술의 공여부는 흔히 또 다른 전충피부 및 연조직 결손을 초래하게 된다. 연조직 결손을 피판으로 덮어주고자 할 때 고려해야 할 점은 수용부의 기능과 외양, 공여부에 생기게 될 이환율(morbidity), 수술의 복잡성, 환자의 직업, 활동성, 연령 등이다. 이중 공여부에 생기게 될 이환율은 피판의 선택에 있어서 시술자로 하여금 가장 큰 제약을 주는 요소 중의 하나이다. 전완부 유리피판이나 족배부 유리피판 등의 예를 보면 이들 피판의 여러 가지 장점과 다양한 유용성에도 불구하고 공여부에 남게 되는 적지 않은 합병증 및 후유증으로 인해 이용이 꺼려져 왔다. 그리고 또, 피판술후 생긴 공여부 결손을 덮기 위해 비교적 넓은 부위에서 식피편을 채취할 경우 또 다른 이차적 창상을 만들어, 식피술의 공여부는 상피화 과정에서 수포가 형성되기도 하며, 비후

되어 피판술의 수혜부나 공여부보다 더 좋지 않은 결과를 초래하기도 한다. 이와 같은 피판술이나 식피술의 공여부에 대한 문제점을 극복하기 위한 일환으로 저자들은 무세포인체진피(acellular human dermis, AlloDerm[®])를 이용하였다. AlloDerm은 사체로부터 채취한 피부에서 상피층을 제거하고 탈세포화시킨 다음, 냉동 건조시킨 면역학적으로 비활성의 인체진피이다.² 저자들은 피판술 공여부에 AlloDerm과 그 위에 0.003-0.006 인치의 아주 얇은 자가식피편을 동시에 이식한 후 그 임상적 결과를 감각신경기능의 회복 정도와 함께 전측과 비교 분석해 보았다.

II. 재료 및 방법

1997년 11월부터 1999년 1월까지 전, 골의 노출 정도가 심하여 국소 혹은 유리피판술이 불가피했던 환자 11례에서 피판술후의 공여부에 AlloDerm과 아주 얇은 부분층 식피술을 동시에 시행하였다. 환자의 연령은 19세에서 73세까지 다양하였으며 평균 34세였다. 부위별로는 족배부 유리피판술 3례, 제 1족지간 유리피판술 2례, 손상된 무지재건을 위한 wrap-around 피판술 2례, 전완부 유리피판술 2례, 수지의 신경혈관도상피판술 2례 등에 의해서 생긴 족부의 피판공여부 7군데와 수부 및 전완부의 피판공여부 4군데였으며, 피판의 거상후 공여부들은 모두 부분적으로 골막이나 건막 등이 노출되어 있었다.

AlloDerm은 사체(cadaver)로부터 채취한 피부에서 상피 및 일부의 진피층을 제거하고 탈세포화 시킨 다음, 순간 살균 급속 냉동건조방식으로 만들어진 상품화된 무세포인체진피로, 세포성 면역 반응의 표적인 항원성을 제거하였으며, 면역학적으로 비활성이며, 진피 자체의 3차원적 구조를 그대로 유지하고 있어서 피부재생의 형판으로 작용한다.³

수술은, 먼저 생리식염수가 담긴 2개의 그릇에 AlloDerm을 각각 10분 정도 재수화(rehydration)시킨 후 적당한 크기로 잘라, 결손부위인 피판술후의 공여부 바닥에 AlloDerm의 기저막(basement membrane)층이 위쪽으로 향하도록 놓고 봉합사로 고정하였다. 그 위에 0.006 인치의 아주 얇은 부분층 식피술을 동시에 시행하였다. 이식한 AlloDerm과 식피편의 생착을 돋기 위해 petrolatum 충진거즈를 이식편 위에 얹고 습기가 유지되도록 드레싱 하였다. 수술후 12개월에서 27개월(평균 21개월)에 걸쳐 임상적 결과, 조직학적 변화 그리고 감각 기능의 회복 정도를 추적 관찰하였다. 저자들은 감각 기능의 평가를 위해서 2가지 방법을 이용하였는데, 우선 가벼운 촉감각을 느낄 수 있는 범위를 검사하기 위해 von Frey⁴가 고안한 붓을 저자들이 직접 제작하여 검사를 시행하였다. Von Frey hair는 3.0 prolene(Ethicon

Ltd. UK) 봉합사를 2cm 길이로 잘라 플라스틱 막대기에 붙인 기구로 일정한 강도로 피부의 촉각을 자극할 수 있어 촉각 회복부위를 객관적으로 나타낼 수 있다. 막대기를 손으로 잡고 봉합사의 끝부위를 측정하고자하는 피부에 수직으로 대고 prolene봉합사가 휘어질 때까지 눌렀을 때 피검자의 감각반응의 유무를 측정한다. 이렇게 해서 이식된 식피편의 총 넓이중 von Frey hair에 의해 감각을 보였던 부위를 백분율로 나타내었으며, 동시에 two point aesthesiometer로 industrial caliper를 이용하여,⁵ 동적 이점간 식별 검사를 각각 시행하였다. 모든 검사는 오차를 줄이기 위해 검사자 1인이 각각의 환자에게 세 차례의 검사를 행하여 그 평균값을 결과로 하였다. 검사의 결과는 각 부위별 계측치의 평균을 반대편 정상측 계측치의 평균값과 비교 분석하였으며, 이를 T-test와 paired T-test를 통하여 통계학적으로 검증하였다.

III. 결 과

수술후 2 내지 3주에 이식한 AlloDerm과 0.006 인치의 부분층 식피편은 11명의 환자중 9명에서 잘 생착하였으며, 제 1족지간 피판의 공여부 1례와 wrap-around 피판의 공여부 1례에서 이식한 AlloDerm이 부분적 손실을 보여 이차적인 부분층 식피술이 필요하였다. 술후 12개월에서 27개월 동안 평균 19개월에 추적관찰 결과 부분적으로 약간의 과색소침착을 보였으나 과각화증, 핵몰변형, 수포형성, 낭종형성 등은 볼 수 없었으며 전반적으로 색과 질감, 내구성 면에서 상당히 만족할 만하였다(Fig. 1). 식피술의 공여부에서도 반흔을 찾아보기가 어려웠다. 족부에서 피판을 가져온 경우 공여부 문제로 인한 입원기간의 연장을 줄일 수 있었으며, 신발을 신는데도 전혀 지장이 없었다. 부분층 식피술시 얇은 식피편이 하부구조와 유착되어 발생하는 운동장애도 많이 개선되었다. 기능적, 미용적으로 기존의 부분층 식피술에 비하여 AlloDerm을 이용한 공여부 재건은 환자 및 시술자 모두에게 만족할 만한 결과를 가져다 주었다. 조직학적 검사에서도 진피두께의 보강과 함께 AlloDerm 내로 신생혈관의 생성과 섬유모세포의 증식이 관찰되었다(Fig. 2). 감각 기능회복의 평가에서, von Frey hair test 결과 피판의 공여부였던 족배부는 평균 45%, 제 1족지간은 47.5%, 무지의 경우 50%, 전완부 60%, 수지는 65%의 감각 회복을 보였다. 주로 골이나 건의 노출이 심했던 부위에서 무감각을 나타낸 부분이 상대적으로 많았으며, 공여부의 크기가 조금 작았던 부분인, 수지 근위부의 척측 공여부는 거의 감각이 회복되었다. Two point aesthesiometer로 industrial caliper를 이용한 동적 이점간 식별검사에서 피판의 공여부였던 족배부는 평균 42mm,

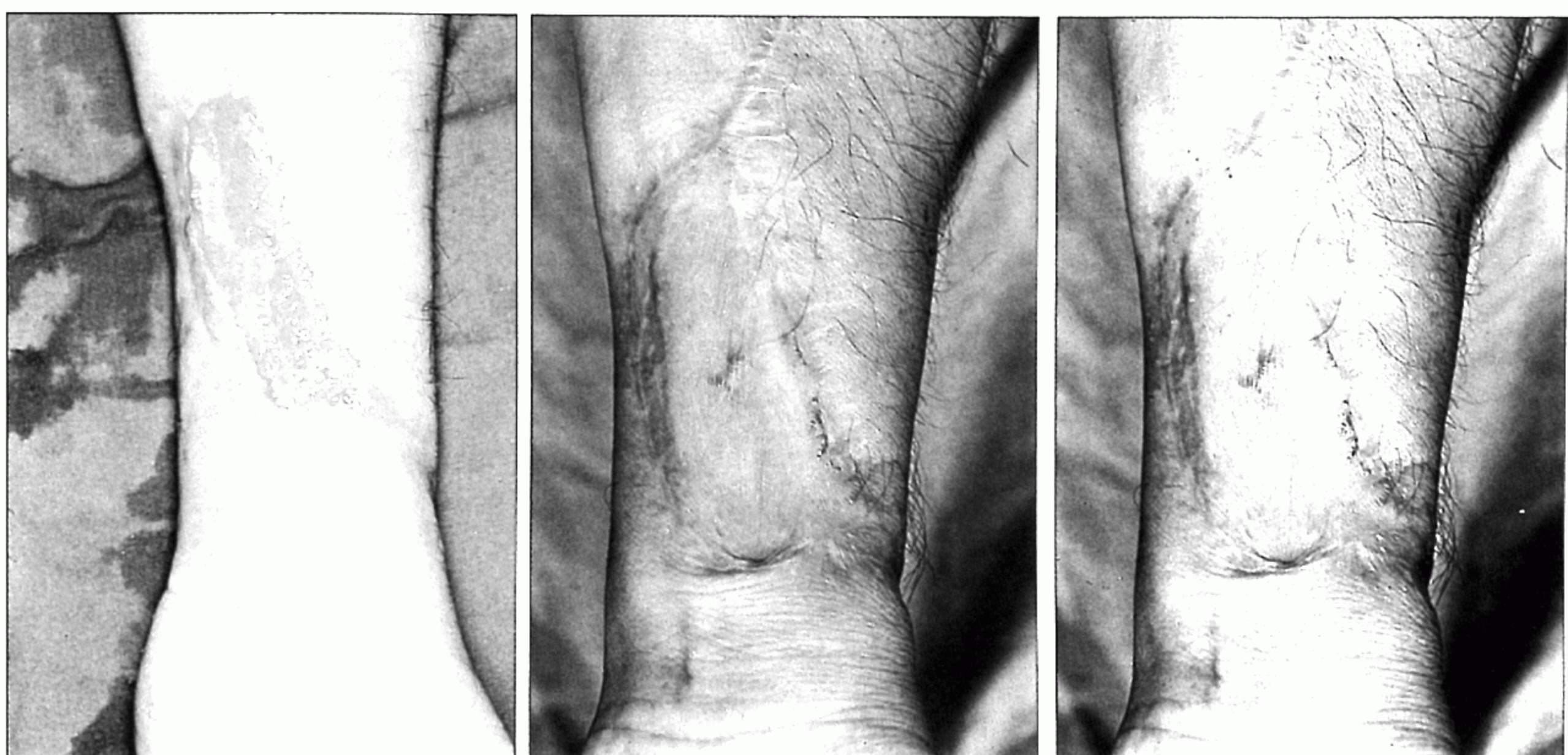


Fig. 1. (Left) Preoperative view of a 49-year-old male with a secondary defect resulting from a forearm free flap. (Center) One month after AlloDerm and an ultra-thin autograft (Right) twenty seven months following application of AlloDerm and an ultra-thin autograft, skin texture and color match are excellent.

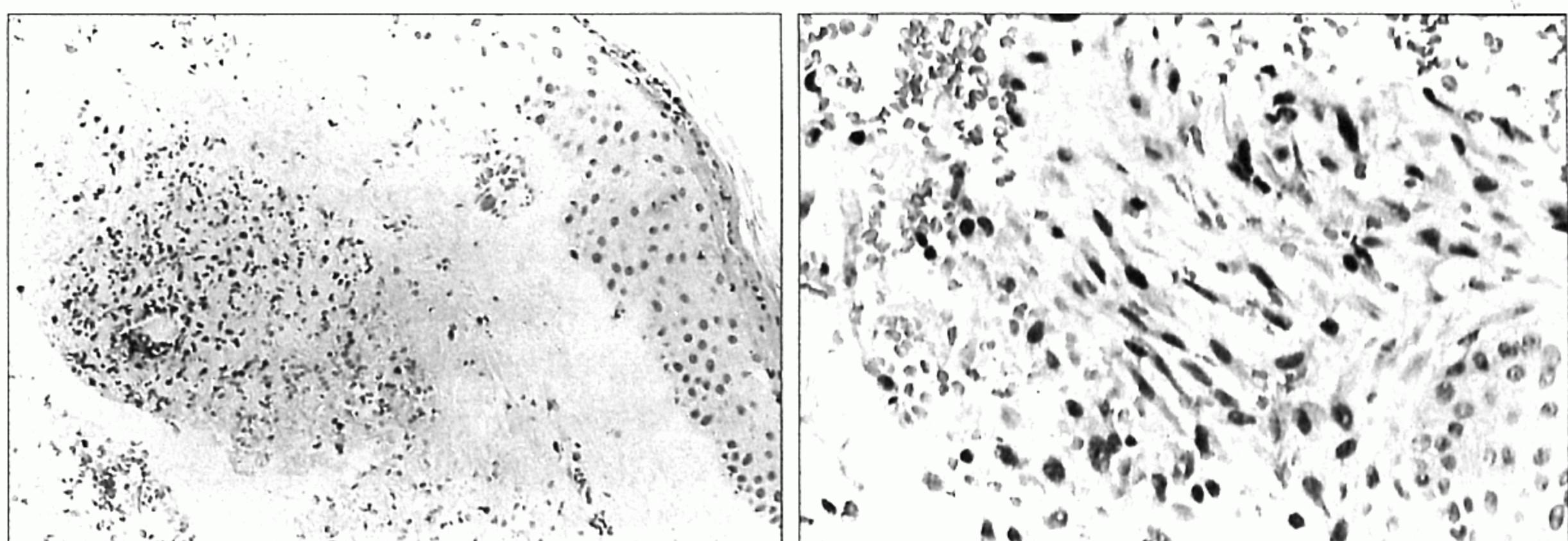


Fig. 2. Histologic features of AlloDerm dermal graft 4 weeks following grafting. (Left) A hematoxylin and eosin stained section from the dermal allograft site demonstrates repopulation of the transplant with host cell fibroblasts and endothelial cells ($\times 100$). (Right) Note fibroblast infiltration and neovascularization extending to basement membrane of the allograft dermal matrix ($\times 200$).

제 1족지간은 28.5 mm, 무지의 경우 31.5 mm, 전완부 28.5 mm, 수지는 13.5 mm의 결과가 나왔다. 반대편 정상측과의 결과 비교에서 AlloDerm 이식편이 덜 예민한 것으로 나와 통계학적으로 의의가 있었다($p < 0.05$) (Table I).

IV. 고 찰

골, 건이 노출된 연부조직의 결손상은, 손상부위의 기능적 및 미용적 측면을 고려할 때 단순한 식피술로는 재건하기가 어려워 결손의 정도에 따라 다양한 국소 혹은 유리피판술이 요구된다. 그리고, 연조직 결손을 피판으로 덮어 주고자 할 때는 여러 가지 점들을 고려해서 적합한 피

판을 선택하는 일이 중요하다. 그중에서도 공여부는 피판의 선택에 있어서 상당히 중요한 요소인데, 피판술의 공여부는 흔히 또 다른 전총피부 및 연조직 결손을 초래하기 때문이다. 일차봉합 할 수 있는 범위를 벗어나는 피판술의 공여부는 대부분 식피술로 치유시키게 되는데 0.012 - 0.018 인치 이상의 두꺼운 피부를 채취할 경우 공여부에 남은 얇은 진피는 치유과정에서 육아조직이 먼저 형성되고 이후 반흔조직으로 대치되며 이 반흔조직은 탄력소(elastin)가 부족하고 기저막이 서서히 형성되어 물집이 생기고, 과색소 혹은 저색소 침착을 일으킨다. 결국 치유된 피부는 비후성 반흔을 보이며, 환자들은 오랫동안 가려움과 통증을 호소하게 된다. 공여부자체의 치유가 지연될 경

Table I. Clinical Results

Case	Age/Sex	Donors of the flaps	von Frey hair test Recovery of sensation(%)	Two point discrimination test(mm)		Follow-up (months)
				Alloderm/autograft site	Contralateral normal site	
1	30/M	Left foot dorsum	55	36	27	15
2	21/M	Left foot dorsum	50	33	27	12
3	73/M	Left foot dorsum	30	57	33	12
4	31/M	Right foot first web space	50	30	24	20
5	45/M	Left foot first web space	45	33	24	16
6	29/M	Left great toe	50	30	21	22
7	32/M	Right great toe	50	30	18	19
8	49/M	Right forearm	65	30	24	27
9	62/M	Left forearm	55	27	21	20
10	19/M	Left middle finger-ulnar side	70	15	9	24
11	32/M	Left index finger-ulnar side	60	12	6	19

우 입원 기간이 길어지는 등의 또 다른 이차적인 문제점이 발생한다. 보다 나은 결과를 위해 두꺼운 부분층 식피편을 채취할수록 식피편의 공여부는 더욱 나쁜 결과를 초래하게 된다. 그 예로서, 전완부 유리피판술은 수술이 쉬운 장점이 있으나 대부분의 경우 공여부에 대한 피부이식이 필요하고, 술후 공여부의 비후성 반흔, 건 유착에 의한 운동 장애, 피부변색을 초래하는 단점이 있다.⁶ 족배부 유리피판술도 피판이 얇아서 다양하게 쓰일 수 있으나 발등에 식피술이 불가피한 넓은 결손을 초래하므로 미관상은 물론 보행과 신발을 신는데 지장을 주는 단점이 있다.⁷ 이와 같이 여러 가지 장점과 다양한 유용성에도 불구하고 공여부에 남게 되는 적지 않은 합병증 및 후유증으로 인해 이용이 꺼려지는 피판이 적지 않다. 따라서 보다 편리하면서도 공여부의 희생을 최소화할 수 있는 방법이 연구중인데 특히 인공진피의 이용이 활발하게 진행중이다. 인공진피의 하나인 AlloDerm은 주로 화상, 심부 손상, 건과 골이 노출된 창상이나 궤양 등에 대한 재건목적으로 혹은 안면부 연부조직 증강이 필요한 미용수술에도 다양하게 쓰이는데, 본 교실에서는 피판술후에 생긴 공여부를 재건하기 위해 간편하면서도 또 다른 희생을 최소화할 수 있는 인공진피를 이용하였다. 저자들이 인공진피와 아주 얇은 부분층 식피편으로 피판술후에 생긴 공여부를 덮어 주었을 때 색과 질감, 내구성 면에서 만족할 만한 결과를 얻었다. 그 이유는 기존의 부분층 식피술때보다 피부에서 내구성

과 탄력성 등의 기능적인 면뿐만 아니라 외형적인 면에 중요한 요소인 진피를 더해주었기 때문에 두께가 보강되어 거의 전층피부에 가깝게 복원되었기 때문이라 생각된다(Fig. 3). 더욱이 AlloDerm 위에 이용된 0.003 - 0.006 인치의 아주 얇은 부분층 식피술의 공여부는 거의 반흔을 남기지 않았다.

식피편의 신경재지배에 대한 많은 연구가 행해졌지만, 인체에서 감각기능의 회복 정도는 지금까지도 논란이 많으며, 동물 실험에서는 주로 조직학적 및 전기생리학적 측면에 국한된 연구가 이루어졌을 뿐이다.⁸ 인체에서 식피편의 신경재지배에 대한 많은 연구들은 각기 상이한 결과를 보고하여 많은 의문점이 풀리지 않은 채 남아 있다.^{8,9} 그 이유는 인체의 여러 가지 조건, 즉 성별, 나이, 유전적 및 인구통계학적 차이뿐만 아니라 식피편의 크기, 공여부, 수혜부 그리고 식피편의 채취, 고정, 드레싱 등의 식피술 자체의 기술적 차이와 술후 처치의 차이와 같은 다양한 변수에 따라 신경재지배의 결과가 달라지기 때문이다. 다만 Williams 등⁸은 백서의 등에서 1.2 × 1.2 cm 크기의 전층 식피편을 채취하고 180도 회전시켜 그 자리에 다시 식피술을 한 후 40일째에 pinprick device를 이용한 감각 회복 연구에서 전층 식피편 전체면적 중 94 %의 신경기능 회복율을 보고한 바 있다. 일반적으로, 피판술은 전층 식피술보다, 전층 식피술은 부분층 식피술보다 감각기능의 회복정도가 더 나은데 이는 신경재지배의 또 다른 중요한

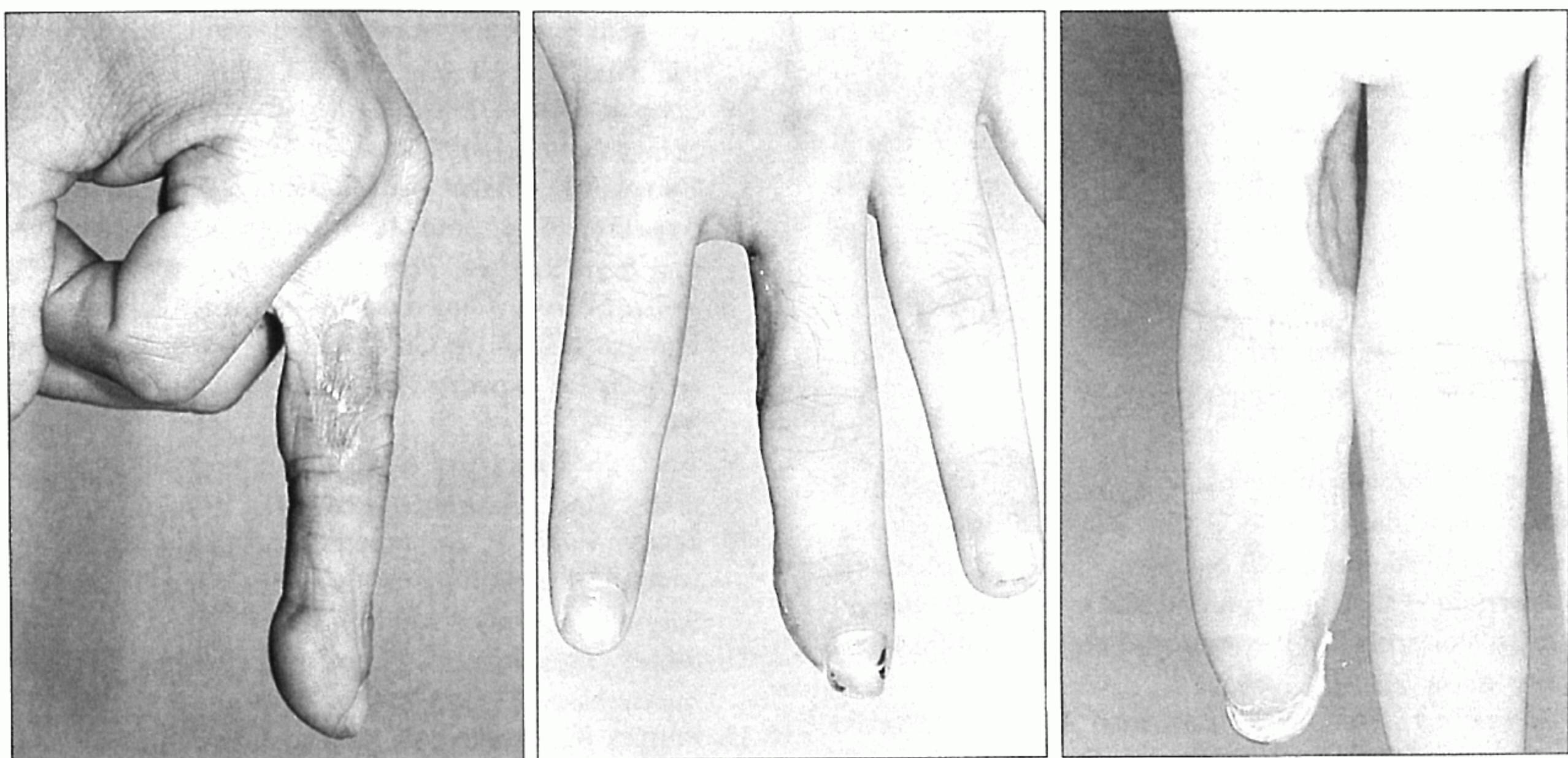


Fig. 3. Comparison of the thickness between an AlloDerm/ autograft composite graft and a full thickness skin graft. Each of them were applied separately to the donor sites of homodigital neurovascular island flap in two different patients. (Left) A case of an AlloDerm/autograft composite graft shows no hyperpigmentation and (Center) its profile demonstrates almost the same thickness as adjacent normal skin. (Right) Another case of the full thickness skin graft from the groin, which shows moderate depression compared with adjacent normal skin.

요소인 모낭, 피지선과 같은 피부부속기와 표적 세포 숫자의 차이에 기인한다고 볼 수 있다.^{10,11}

감각신경의 기능을 측정하는 방법은 4가지 정도인데, 정적 및 동적 이점간 식별검사는 신경분포 빈도를 알 수 있고, von Frey hair test는 천천히 적응하는 신경의 역치를 측정하며, vibratory test는 빠르게 반응하는 신경의 역치를 측정한다.¹² 본 교실에서는 감각기능의 평가를 위해서 동적 이점간 식별검사와 von Frey hair test를 이용하였다. 먼저 동적 이점간 식별검사에서 피판의 공여부였던 족배부는 평균 42 mm, 제 1족지간은 28.5 mm, 무지의 경우 31.5 mm, 전완부 28.5 mm, 수지는 13.5 mm의 결과가 나왔다. 이는 건측에서의 동적 이점간 식별검사 결과와 비교해 볼 때 식피편에서의 신경분포 빈도가 상대적으로 떨어져 나타난 결과이다. Von Frey hair를 이용한 감각 측정에서 피판의 공여부였던 족배부는 평균 50%, 제 1족지간은 57.5%, 무지의 경우 50%, 전완부 60%, 수지는 70%로 평균 52.7%의 감각회복율을 나타내었다. 저자들의 측정결과는, 동등한 조건과 측정방법에 의한 전총식피술후의 감성측정 자료가 없어 정확한 비교는 어렵지만, 이광석 등¹³의 유리피판 공여부로서 족부의 이병율에 대한 연구와 비교해 보면 전총식피술후의 감각회복에는 못 미칠 것으로 추정되었다. 그리고 본 임상 예에서 식피가 놓이게 될 바닥(graft bed)이 피판거상후에 골이나 건, 근육 등이 노출된 부위를 포함하고 있어 바닥 자체의 신경분포가 풍부하지 못했던 것이 신경재지배가 완전하지 못했던 또 다른

원인으로 생각되었다.

AlloDerm과 keratinocytes가 포함된 아주 얇은 부분총식피편의 신경 재지배는 일반적인 부분총식피술에서의 신경재지배와 크게 다를 바 없이 일어나는 것으로 생각된다. Kangsu 등¹⁴은 돼지의 진피이식편과 배양하여 얻은 자가상피세포로 이루어진 kerato-dermal graft가 정상피부의 이식 때와 마찬가지로 맥관 형성과 신경재지배가 일어나는 것을 면역조직화학법(immunohistochemical method)을 이용한 실험에서 보고하였다. 또한 이 실험에서, Kerato-dermal graft 군을 탈상피화한 진피이식편이나 육아조직에서의 신경재지배와 비교하였을 때 오직 Kerato-dermal graft 군에서만 신경재지배가 일어남을 밝혀내었으며, 이는 keratinocyte 자체가 맥관형성과 신경재지배에서 아주 중요한 요소로 작용함을 시사한다. 그러므로 인공진피와 keratinocyte가 포함된 아주 얇은 부분총식피편의 신경 재지배는 위의 실험결과에 비추어 볼 때 기존의 부분총식피술 때와 크게 다를 바 없이 일어나는 것으로 생각된다.

V. 요 약

저자들은 피판술후 생긴 공여부에 AlloDerm을 이용하여 외형적 및 기능적으로 만족한 결과를 얻을 수 있었다. 연조직의 결손상의 정도가 심하여 피판술이 불가피할 경우 여러 가지 점들을 고려해서 적합한 피판을 선택하는 일이 중요하며, 그중 공여부에 생기게 될 병적 상태는 아

무리 우수하고 다양한 쓰임새의 피판이라 하더라도 그 피판의 이용을 망설이게 하는데, AlloDerm의 이용은 감각기능의 회복 정도는 크게 만족스럽지 못하지만, 피판술의 공여부 결손상 문제를 해결할 수 있는 좋은 방법중의 하나이며, 다양한 조건의 전총피부 및 연조직 결손부에 폭넓게 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Taylor GI: The vascular territories of the body and their clinical applications. in McCarthy JG(ed): *Plastic Surgery*. 2nd ed., Philadelphia, WB Saunders Co., 1990, p 352
2. Wainwright DJ: Use of an acellular allograft dermal matrix(AlloDerm) in the management of full-thickness burns. *Burns* 21: 243, 1995
3. Wainwright D, Madden M, Luterman A, Hunt J, Monaflo W, Heinbch D, Kagan R, Sitting K, Dinik A, Herdon D: Clinical evaluation of an acellular allograft dermal matrix in full-thickness burns. *J Burn Care Rehabil* 17: 124, 1996
4. Robinson PP, Smith KG, Johnson FP, Coppins DA: Equipment and methods for simple sensory testing. *Br J Oral Maxillofacial Surg* 30: 387, 1992
5. Louis DS, Greene TL, Jacobson KE, Rasmussen C, Kolowich P, Goldstein SA: Evaluation of normal values for stationary and moving two-point discrimination in the hand. *J Hand Surg* 9A: 552, 1984
6. Song R, Gao Y, Song Y, Yu U: The forearm flap. *Clin Plast Surg* 9: 21, 1982
7. Daniel RK, Terzis J, Middiglery RD: Restoration of sensation to an aesthetic hand by a free neurovascular flap from the foot. *Plast Reconstr Surg* 57: 275, 1976
8. Williams WG, Cameron A, Robson MC, Herndon DN, Phillips LG: A model for the assessment of sensory recovery of experimental skin grafts. *Ann Plast Surg* 43: 397, 1999
9. Terzis JK: Functional aspects of reinnervation of free skin grafts. *Plast Reconstr Surg* 58: 142, 1976
10. Santoni-Rugiu P: An experimental study on the reinnervation of free skin grafts and pedicle flaps. *Plast Reconstr Surg* 38: 98, 1966
11. Seckel: Enhancement of peripheral nerve regeneration. *Muscle Nerve* 13: 785, 1990
12. Posnick JC, Zimbler AG, Grossman JA: Normal cutaneous sensibility of the face. *Plast Reconstr Surg* 86: 429, 1990
13. Lee KS, Wie DG, Han SW: Morbidity of the foot as a free-flap donor site. *J Korean Microsurg Soc* 6: 39, 1997
14. Kangesu T, Manek S, Terenghi G, Gu X-H, Navsaria HA, Polak JM, Green CJ, Leigh IM: Nerve and Blood vessel growth in response to grafted dermis and cultured keratinocytes. *Plast Reconstr Surg* 101: 1029, 1998