

개정 3판

탈모와 모발 복원

Hair Loss and Restoration

저자 Jerry Shapiro, Kristen Lo Sicco, Nina Otberg,
Donna Cummins, Hsiao-Han Tuan

역자 최현용, 구민제, 유동희 (압구정모비앙의원)



CRC Press

Taylor & Francis Group
Boca Raton London New York

CRC Press is an imprint of the
Taylor & Francis Group, an **informa** business



GABON MEDICAL BOOK

탈모와 모발 복원 개정 3판

Hair Loss and Restoration Third Edition

2025년 5월 11일 제 3판 발행

저 자 Jerry Shapiro, Kristen Lo Sicco, Nina Otberg,
Donna Cummins, Hsiao-Han Tuan

역 자 최현용, 구민제, 유동희 (압구정모비앙의원)

발 행 자 이유나

발 행 처 가본의학서적

편집디자인 윤봉현

등록번호 제 2017-000032호, 2017.05.02

주 소 (02873) 서울시 성북구 보문로 17길 33, 1층 (보문동6가 99)

주문전화 (02) 923-0992

팩 스 (02) 923-0995

이 메 일 gabon0992@daum.net

홈페이지 www.gabon.co.kr

I S B N 979-11-92111-09-4 (93510)

정 가 90,000원

CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, LLC

© 2024 Taylor & Francis Group, LLC

Copyright: The Publisher shall promptly take all steps as may be necessary or appropriate to protect the copyright in the Translation throughout the Territory and to secure in the name of the Publisher the benefits of copyright protection in the Translation under all international copyright conventions and agreement that may be available in the Territory. The entire copyright in the Work shall be and remain in the Proprietor, subject only to the rights herein granted.

※ 이 책의 판권은 저작권자와 독점 계약한 가본의학서적에 있습니다.

※ 저작권법에 의해 보호를 받는 저작물이므로 출판사의 사전 서면 허가 없이 복제, 재생산, 전송, 또는 현재 존재하거나 추후 개발될 전자적, 기계적 혹은 기타 방식으로 어떠한 형태로든 사용할 수 없습니다. 이는 복사, 마이크로필름 제작, 녹음뿐만 아니라 정보 저장 및 검색 시스템을 통한 사용도 포함됩니다.

개정 3판

탈모와 모발 복원

Hair Loss and Restoration

최현용 「압구정모비앙의원 원장」

- 대한모발이식학회(KSHRS) 회원
- 대한레이저피부모발학회(KALDAT) 정회원
- 원광대학교 의과대학 졸업
- 아주대학교병원 전공의 수료
- 전) 모제림성형외과 원장
- tvN “몸의 대화” 출연
- 전주 MBC “건강지킴이” 출연

구민제 「압구정모비앙의원 원장」

- 한국미용성형학회(KACS)
- 대한모발이식학회(KSHRS) 회원
- 대한레이저피부모발학회(KALDAT) 회원
- 가톨릭대학교 카톨릭중앙의료원 인턴
- 의학석사 및 전문의
- 전) 모제림성형외과 원장
- 탈모인 최대 커뮤니티 ‘이마반’ 유튜브 출연

유동희 「압구정모비앙의원 원장」

- 대한모발이식학회(KSHRS) 회원
- 대한레이저피부모발학회(KALDAT) 정회원
- 충남의대 의학석사
- 가톨릭성모병원 전문의수료
- 전) 바노바기성형외과 모발이식센터 센터장
- 전) 모제림성형외과 원장
- MBN “모내기클럽” 출연



“탈모와 모발 복원 - 개정3판”은

다양한 형태의 탈모를 포괄적으로 다루며,

의학적 및 외과적 관리에 관한 심층적이고 체계적인 지침을 제공합니다.

특히 탈모환자를 대상으로 한 정확한 진단 절차와 검사 방법이 세부적으로 논의되며, 탈모의 가장 흔한 원인 중 하나인 안드로겐성 탈모증에 대해서도 상세히 분석합니다.

또한 자가면역 질환으로 분류되는 원형탈모증에 대한 병인, 임상 양상, 감별진단, 그리고 치료 방안 등이 종합적으로 제시됩니다.

개정 3판은 모발 복원 수술을 포함한 탈모질환의 진단 및 치료와 관련된 최신 발전 사항에 대해서도 깊이 있게 다루고 있습니다.

간결하면서도 이해하기 쉬운 서술 방식으로, 여전히 전문 교육 및 임상 실무에서 필수적인 참고자료로 자리잡고 있습니다.

또한 탈모치료와 관련된 임상적 통찰과 지식을 강화하며, 의료 현장에서 환자들에게 더욱 효과적인 서비스를 제공하는 데 기여할 것입니다.

주요 내용

- 질병의 진단과 치료를 위한 권위 있는 지침서 제공
- 피부과 및 성형외과 전문의를 대상으로 가능한 치료 옵션과 결과에 대한 총체적 검토 제공
- 해당 분야에서 견고한 전문성을 유지, 신뢰할 수 있는 학술 자료로 기능





역자 서문



모발이식 분야는 지난 수십 년 동안 주목할 만한 발전을 이루며, 단순한 탈모치료를 넘어선 고도의 의학적/미학적 전문 영역으로 자리매김하였습니다. 이는 단지 모발 복원을 목표로 하는 것이 아니라, 자연스러운 결과와 함께 환자의 삶의 질을 향상시키는 데 중점을 둔 현대 의학의 중요한 분야로 확장되고 있습니다. 이러한 배경 속에서 체계적이고 종합적인 지침서의 필요성은 그 어느 때보다도 절실하며, 본 서적은 그러한 요구에 부응하기 위해 제작된 모발이식 전문 교과서입니다. 책의 내용은 기초 해부학부터 최신 수술 기법에 이르기까지 폭넓고 심도 있는 내용을 담아, 관련 분야의 전문가들에게 실질적인 도움을 제공합니다.

특히, 이 교과서는 세계적으로 권위 있는 Dr. Jerry Shapiro를 비롯한 다수의 저명한 전문가들이 집필에 참여하여 신뢰성을 더하고 있으며, 임상 현장에서 즉각적으로 활용할 수 있는 실천적 지식과 실행 가능한 노하우를 풍부하게 포함하고 있습니다. 최신 장비와 기술을 기반으로 한 상세한 수술 절차와 실제 사례를 통해 얻은 임상 통찰은 모발이식 경험이 풍부한 의료진에게도 유용한 길잡이가 될 것입니다.

번역 과정에서는 원문의 전문성과 의도를 최대한 충실히 반영하고자 하였으며, 국내 독자가 쉽게 이해할 수 있도록 서술 방식을 세심히 다듬는 데 중점을 두었습니다. 특히 의학 용어와 수술 기법과 관련된 내용에서는 문장의 명확성을 유지하면서도 국내 의료 환경에 적합하도록 일부 설명을 보완하였습니다. 이를 통해 독자들이 모발이식 분야의 최신 동향과 치료 방법을 보다 효과적으로 이해할 수 있도록 노력하였습니다.

결론적으로, 이 책이 국내 모발이식 전문의를 포함하여 관련 분야에 종사하거나 관심을 가진 의료인들에게 유익한 학술적 참고자료가 되기를 바라며, 더 나아가 이를 통해 많은 환자들이 보다 안전하고 효과적인 치료를 받을 수 있기를 기대합니다. 끝으로, 이처럼 탁월한 교과서를 국내 독자들과 공유할 수 있도록 허락해 주신 저자들에게 깊은 감사의 마음을 전하며, 번역 및 출판을 위해 애써주신 모든 분들께도 진심으로 감사드립니다.

2025년 봄

역자 일동 (압구정모비앙의원)



목차



1 장

수술환자에서 영양공급의 중요성

3

A. 모발의 기본 내용 / 1

1. 인구 통계 ... 1
2. 전문 용어 ... 3
3. 모발의 해부학 ... 3
4. 모발 주기 ... 11
5. 성장기모발의 예시 ... 13

B. 환자 접근 / 15

1. 병력청취 ... 15
2. 현재병력 (HPI) ... 16

3. 과거병력 (PMH) ... 19

4. 가족력 ... 21
5. 사회력 ... 21
6. 기타 고려 사항 ... 21

C. 시진과 촉진 / 22

1. 당김검사 ... 22
2. 컨트라스트 페이퍼 (Contrast paper) ... 24
3. 모발 개수 검사 ... 24

D. 결론 / 37

2 장

안드로겐성 탈모 (패턴이 있는 탈모질환): 발병기전, 임상적 특징, 진단, 치료

43

A. 개요 / 43

B. 발병기전 / 44

1. 안드로겐성 탈모에서 모발 주기의 변화 ... 44
2. 여성형 탈모(FPHL)에서 안드로겐의 역할 ... 49
3. 위험요인 및 다른 질환과의 관련성 ... 50
4. 남성형 탈모 (MPHL) ... 51
5. 안드로겐성 탈모의 임상적 특징 ... 51
6. 남성의 안드로겐성 탈모 진단 ... 55
7. 검사실 검사 ... 55
8. 여성형 탈모 (FPHL) ... 55
9. 임상적 특징 ... 56

C. 여성형 탈모(FPHL)의 진단 / 60

1. 검사실 검사 ... 61

D. 안드로겐성 탈모환자의 치료 / 61

1. 미녹시딜의 배경지식 ... 61

2. 미녹시딜의 작용기전 ... 61

3. 국소 미녹시딜의 남성형 탈모에서의 효과 ... 62
4. 국소 미녹시딜의 여성형 탈모에서의 효과 ... 62
5. 국소 미녹시딜의 부작용 및 안전성 ... 64
6. 저용량 경구 미녹시딜 (LDOM) :
남성형 탈모에서의 효과 ... 64
7. LDOM : 여성형 탈모에서의 효과 ... 65
8. LDOM : 부작용 및 안전성 ... 67
9. LDOM : 부작용 관리 ... 68
10. 피나스테리드(Finasteride) :
남성 안드로겐성 탈모의 효과적인 치료 ... 70
11. 피나스테리드와 여성형 탈모 ... 74
12. 남성형 탈모에서 두타스테리드 ... 76
13. 여성형 탈모에서 두타스테리드 ... 77
14. 안드로겐성 탈모에서 스피로놀락톤 ... 77

E. 2차 치료법 / 79

1. 케토코나졸 : 안드로겐성 탈모에서 잠재적 효과 ... 79
2. 안드로겐성 탈모치료에서 프로스타글란딘 F2α 유사체 ... 80

F. 비약물적인 치료법 / 81

1. 안드로겐성 탈모에서 광선요법 ... 81
2. 모발이식수술 ... 82
3. 가발, 부분가발, 두피 삽입물 : 대체 치료법 ... 83

G. 여성을 위한 치료법 / 83

1. 시프로테론 아세테이트(CPA) ... 83
2. 17α- 및 17β-에스트라디올 ... 84

H. 최근 발전된 치료법과 업데이트 / 85

1. 메조테라피 : 안드로겐성 탈모치료를 위한 새로운 접근법 ... 85
2. 안드로겐성 탈모치료에서 메조테라피의 효과 ... 87
3. 안드로겐성 탈모에서 국소 피나스테리드 ... 87
4. 설포트랜스퍼라제(SULT1A1) 미녹시딜 부스터 : 안드로겐성 탈모치료에서의 영향 ... 88
5. 안드로겐성 탈모에서의 혈소판 풍부 혈장(PRP) 적용 : 최신 리뷰 ... 90
6. 조직병리 ... 91
7. 감별진단 ... 95

A. 성장기탈모 (AE) / 112

B. 급성 휴지기탈모 / 113

1. 발생기전 ... 113
2. 임상적 특징 ... 119
3. 진단 ... 120
4. 치료 ... 121

C. 만성 휴지기탈모 / 124

1. 발생기전 ... 124
2. 진단 ... 125
3. 치료 ... 126

A. 탈모를 유발하는 약물 / 131

B. 성장기탈모 (AE) / 133

1. 세포증식 억제약물 ... 133
2. 콜히친 (Colchicine) ... 136

C. 바소프레신 (Vasopressin) / 136

D. 금속 / 136

E. 휴지기탈모 / 137

F. 항응고제 / 145

G. 항갑상샘제 / 145

H. 정신과 약물 / 145

1. 리튬 (Lithium) ... 145
2. 발프로에이트 (Valproate) ... 146
3. 카바마제핀 (Carbamazepine) ... 146
4. 삼/사환계 항우울제 (Tricyclic/Tetracyclic Antidepressants) ... 146
5. 세로토닌 재흡수 억제제 ... 147
6. 그 외 항정신병제/항불안제 ... 147

- I. 경구 피임제 / 147
- J. 고혈압 치료제 / 147
- K. 점안용 베타차단제 / 148
- L. 인터페론 (Interferons) / 148
- M. 케라틴 생성 간섭 / 148
 - 1. 탈륨 (Thallium) ... 148
 - 2. 레티노이드 (Retinoids) ... 149
 - 3. 콜레스테롤 수치 강화 약물 ... 149
- N. 항에스트로겐 내분비요법 / 149
 - 1. 표적 치료 ... 150
- O. 원형탈모 / 151
- P. 흉터성 탈모 / 151
- Q. 약물유발모발 변화 / 153
- R. 약물유발탈모의 치료 / 153
- S. 약물유발탈모의 치료 / 154
- T. 방사선 치료 후 탈모 / 157

- A. 원형탈모의 소개 / 165
- B. 원형탈모의 병리학 / 167
 - 1. 유전 인자 ... 169
 - 2. 면역학적 요인 ... 172
 - 3. 자가면역의 직접적 단서 ... 172
 - 4. 사이토카인 ... 175
 - 5. 환경적 인자 ... 177
 - 6. 비정상적 멜라닌세포, 케라틴세포 ... 178
 - 7. 원형탈모 동물 모델 ... 179
 - 8. 비원형탈모 동물 모델 ... 179
- C. 임상적 특징 / 180
- D. 진단 / 185
 - 1. 검사실 검사 ... 186
 - 2. 감별진단 ... 186
- E. 예후 / 188
- F. 치료 / 188
 - 1. 표면 치료 ... 189
 - 2. 전신적 치료 (Systemic therapy) ... 206
 - 3. 새로운 치료방법 ... 213
 - 4. 원형탈모에서 리틀레시티닙(Ritlecitinib) :
종합적인 임상 분석 ... 217
- G. 치료 계획 / 221

- A. 소개 / 243
- B. 원발성 반흔탈모 / 244
 - 1. 발병기전 ... 244
 - 2. 분류 ... 244
 - 3. 임상적 특징 및 진단 ... 245
 - 4. 반흔성 탈모 생검 ... 246
- C. 림프구성 원발성 반흔탈모 / 247
 - 1. 만성 피부 홍반루푸스(CCLE)
[원반모양 홍반루푸스 (DLE)] ... 247
 - 2. 모공 편평 태선 (LPP) ... 251
 - 3. 패턴 분포를 보이는 섬유화성 탈모증 ... 256
 - 4. Classic Pseudopelade of Brocq (PPB) ... 256

- 5. 중앙 원심성 반흔탈모 (CCCA) ... 260
- 6. 점액성 탈모 (AM) ... 262
- 7. 가시모양 탈모 털집 각화증 (KFSD) ... 263
- D. 증성구성 원발반흔탈모 / 264**
 - 1. 탈모 모낭염 (FD) ... 264
 - 2. 박리성 모낭염 (DF) ... 268
- E. 혼합성 원발반흔탈모 / 270**
 - 1. 목덜미 흉터종 여드름 (AKN) ... 270
 - 2. 괴사성 여드름 (Varioliformis) ... 271
- 3. 미란성 농포 피부병 ... 272
- 4. 감별진단 ... 272
- 5. 속발성 반흔탈모 ... 273
- 6. 발달 결함 ... 274
- 7. 물리적 및 화학적 손상 ... 274
- 8. 감염 및 염증성 질환 ... 278
- 9. 악성 신생물 ... 281
- 10. 반흔성 탈모에서의 모발이식수술 ... 282

7 장

모발이식수술

- A. 모발이식수술의 역사 / 291
- B. 모낭단위 이식 (FUT) / 294
- C. 공여부 채취 / 297
 - 1. Strip Harvesting ... 297
 - 2. 모낭단위 추출 (FUE) ... 300
- D. 긴 머리 추출 / 307
- E. 이식부위 디자인과 테크닉 / 309
 - 1. 디자인 ... 309
 - 2. 남성 ... 309
 - 3. 여성 ... 314
- 4. 성전환자 ... 315
- 5. 흉터 ... 315
- 6. 이식부위 수술 전 준비 ... 317
- 7. 이식편 삽입 ... 320
- F. 두피 외 부위에서의 모발이식 / 322
- G. 마취 / 323
- H. 부작용과 합병증 / 325
- I. 상담과 동의 / 329
- J. 결론 / 330
- K. 수술 전/후 사진 / 330

8 장

탈모에 대한 비의료적 접근

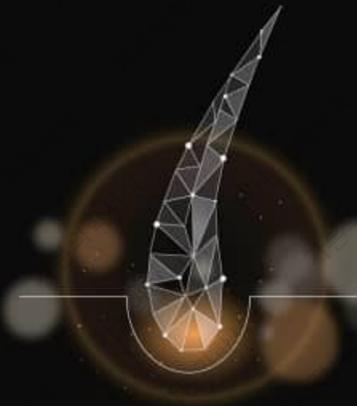
- A. 무엇이 가능한가? / 337
- B. 전체가발, 부분가발 / 337
 - 1. 가발의 기본 틀 ... 338
 - 2. 가발에 사용되는 섬유 ... 340
 - 3. 부분가발 (헤어피스) ... 340
 - 4. 모발 연장 ... 346
- C. 두피 위장의 다른 방법들 / 346
 - 1. 흑채 ... 346
 - 2. 색소 파우더 ... 348
 - 3. 문신 ... 350
- D. 두피 보형물 지원 정책 / 352
- E. E. 결론 / 352

- 원칙 / 355
- 1. 이슬람 히잡 (Islamic Hijab) ... 357
- 2. 유대교 (Judaism) ... 357
- 3. 시크교 (Sikhism) ... 359
- 4. 기독교 (Christianity) ... 360
- 5. 아프리카 머리랩 (African Headwraps) ... 360



탈모환자의 진단

How to Diagnose the Patient with Hair Loss



탈모와 두피 문제는 피부클리닉에서 흔히 접하는 환자들의 주요 고민 중 하나이다. 탈모는 의학적으로 “Alopecia”라고 불리며, 불안과 우울증을 포함한 상당한 정서적 고통을 초래할 수 있다.¹⁻³⁾ 탈모와 두피 문제를 겪는 환자들은 여러 의사를 찾아가 자신의 문제를 상담하지만 그들의 우려는 묵살되거나 현 상태를 받아들이라는 조언을 듣는 경우가 흔하다. 많은 모발 질환의 병태생리가 제한적으로 밝혀져 있지만, 다양한 치료 옵션이 존재한다. 그러므로 탈모 관리는 인내심과 장기적인 치료 과정이 필요하다는 점을 환자에게 알리는 것이 중요하다.

A. 모발의 기본 내용

1. 인구 통계

인체에는 약 500만 개의 털이 있으며, 대부분은 짧고 색소가 없는 솜털이다. 하지만 두피에는 약 10만 개의 털이 있으며, 이는 솜털보다 훨씬 두껍고 색소가 있다^{4,5)}. 이러한 두껍고 색소가 있는 털을 성모^{terminal hair}라 하며, 성모의 수는 머리카락 색상과 피부 타입에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 금발 머리의 경우 두피에 약 12만 개의 모낭이 존재하지만, 빨간 머리를 가진 사람은 약 8만 개의 모낭을 가지고 있다.^{4,5)} 또한 인종적 모발 밀도에 영향을 주는데 백인계 미국 및 유럽인의 평균 모발 밀도는 177~299개/cm²⁶⁻¹⁶⁾, 아프리카계 미국인의 경우 125~215개/cm²^{6-9, 17)} 중국인은 102~182개/cm²로 보고되고 있다(표 1.1).^{8, 18-21)}

모간^{hair shaft}의 형태도 다양한 인종 그룹에 따라 뚜렷한 차이를 보인다. 유럽인의 모발은 타원형 단면을 가지며, 평균 직경은 약 59~77 μm에 이른다.^{6-22, 23)} 직경이 50 μm 이하인 매우 가는 모발은 주로 스칸디나비아와 북서 유럽인에게서 흔히 관찰된다.^{22, 23)} 반면, 중국인의 모



표 1.1 인종/국적별 모발 특성에 대한 데이터.

특징	군의 지름 ± 1 STDEV // 평균 밀도 ± 1 STDEV
작은 직경, 높은 밀도	이탈리아인 72 ± 11 // 282 ± 79
큰 직경, 중간 밀도	멕시코인 100 ± 14 // 215 ± 68
큰 모발 직경, 낮은 모발 밀도	중국인 90 ± 16 // 142 ± 40 대만인 // 170 ± 38 타이인 79 ± 9 // 163 ± 32 한국인 78 ± 10 // 153 ± 54 일본인 85 ± 12 // 202 ± 63 북아프리카인 78 ± 8 // 203 ± 66
중간 직경, 중간 밀도	백인 호주 백인 225 ± 69 브라질인 77 ± 8 // 221 ± 72 덴마크인 74 ± 8 // 214 ± 65 프랑스인 68 ± 8 // 233 ± 74 폴란드인 72 ± 8 // 210 ± 65 스코틀랜드인 72 ± 11 // 211 ± 69
중간 직경, 낮은 밀도	아프리카계 미국인 71 ± 10 // 170 ± 45 남아프리카인 68 ± 9 // 173 ± 59 서아프리카인 78 ± 8 // 165 ± 34 카리브인 (Caribbean) 73 ± 6 // 178 ± 63
밀도 수치만	히스패닉계 미국인 // 174 ± 32 라틴계 미국인 // 208 ± 66 러시아인 // 201 ± 69 인도인 // 202 ± 57 뉴칼레도니아인 (Kanak) // 216 ± 41 스페인인 // 214 ± 47 레바논인 // 218 ± 59 페루인 // 202 ± 61

간은 곧고 모발 축을 따라 휘어짐이 거의 없거나 아주 적으며, 일반적으로 $74 \sim 106 \mu\text{m}$ 의 가장 두꺼운 모발을 가지고 있다.^{8, 18, 19-21)} 아프리카계 미국인의 모발은 상당히 납작하고 흠이 있는 형태로, 하나의 모발 축 안에서 직경이 다르게 나타나는 경우가 일반적이다.²⁴⁾

인종 그룹 간에는 몇 가지 공통적인 특성이 있다. 동아시아계 인종 및 언어 그룹(중국, 대만, 태국, 한국, 일본 등)은 모발 직경이 높은 범위에 속하며, 상대적으로 낮은 밀도를 보인다.^{6-14, 17-21, 25-45)} 반면, 인도-유럽 인종 그룹(예; 백인종의 덴마크인, 프랑스인, 폴란드인, 스코

틀랜드인 등)은 증상 범위의 모발 밀도와 직경을 가지는 경향이 있다.^{6-10, 12-14, 17-21, 25-45)}

마지막으로, 아프리카 디아스포라 그룹(아프리카계 미국인, 남아프리카인, 서아프리카인, 카리브해 사람)은 중간 범위의 모발 밀도와 낮은 범위의 직경을 보인다.^{6-10, 12-14, 17-45)}

2. 전문용어

표 1.2는 기본 전문용어를 보여준다.

3. 모발의 해부학

탈모의 체계적인 프로토콜을 이해하려면 우선 모발의 기본적인 해부학적 구조를 숙지하는 것이 중요하다. 모낭(hair follicle)은 피부에 존재하는 해부학적 구성 요소 중 하나로, 피부 부속기관(skin appendage)으로 분류된다. 모낭은 모발을 생성하고 그 성장 과정을 지원하는 역할을 담당하며, 상피, 근육, 진피, 줄기세포 등 여러 구성 요소가 상호작용하여 피부 내부에 원통형 구조를 형성한다. 모낭은 태아 발생 16주경에 발달하며, 크게 네 가지 부분으로 나눌 수 있다: 누두부(infundibulum), 협부(isthmus), 털망을 상부(suprabulbar area), 그리고 털망을 bulb(그림 1.1과 1.2, 표 1.3).

모낭의 바닥에는 피하지방층 안에 위치한 털망을(hair bulb)이 있으며, 그 내부에는 진피유두와 멜라닌세포가 혼합된 기질이 포함되어 있다.

진피유두(dermal papilla)는 혈관이 풍부한 연조직으로, 모낭의 하부에 함입된 형태를 띠고 있다. 진피유두의 섬유모세포(dermal papilla fibroblasts)는 다른 일반적인 섬유모세포들과는 본질적으로 다르며, 진피유두에는 많은 양의 산성점액다당류(acid-mucopolysaccharides) 물질이 있어 알시안블루(alcian Blue)에는 양성으로 염색이 되고 톨루이딘 블루(toluidine blue)에 이염색성(metachromatic)을 보인다. 바탕질(ground substance)은 히알루론산(hyaluronic acid)과 같은 비황화다당류(non-sulfated polysaccharides)뿐만 아니라 황산 콘드로이틴(chondroitin sulfate) 같은 황화 점액다당류(sulfated mucopolysaccharides)로도 구성되어 있다. 또한 알칼리성 분해효소(alkaline phosphatase)의 활성 증가는 성장기 동안 관찰될 수 있다.

진피유두 위에 위치한 모발 기질(hair matrix)은 모간(hair shaft)의 형성과 성장에 중요한 역할을 하며, 호르몬과 환경 변화에 특히 민감하게 반응한다.



표 1.2 기본 전문용어.

용어	정의	기원위치/영역
피부 (skin)	신체의 외부 층으로, 보호 장벽을 제공하며 체온 조절을 돕는다.	해당 없음
모낭 (hair follicle)	피부에 존재하며 모발을 생성하고 성장을 지원하는 해부학적 구조이다.	피부
모구 (hair bulb)	모낭의 기저부에 있으며, 모발성장을 담당하는 매트릭스 세포를 포함한다.	피하지방층 내에 위치한 모낭
모발 기질 (hair matrix)	모발 줄기를 생성하기 위해 세포가 분열하고 분화하는 매우 활발한 부위이다.	모구
진피유두 (dermal papilla)	모낭 기저부에 위치하며 기질세포를 영양공급하고 모발 성장을 위한 신호를 제공하는 구조이다.	모낭의 기저부에서 모구를 함입하는 모낭
모간 (hair shaft)	모구에서 자라 피부 표면으로 나가는 동안 피지선과 입모근을 통과하는 눈에 보이는 모발 부분이다.	모낭
피질 (cortex)	모발의 색을 제공하는 색소를 포함하는 모간의 중간 층이다.	모간
수질 (medulla)	느슨하게 밀집된 세포로 이루어진 모간의 가장 안쪽 층으로, 모발에 유연성을 제공한다.	모간
큐티클 (cuticle)	모발을 손상으로부터 보호하는 겹겹의 스케일로 이루어진 모간의 가장 바깥층이다.	모간
피지선 (sebaceous gland)	모구 근처에 위치하며 모발과 두피를 윤활하고 보습하는 피지를 생성하는 선이다.	모구 근처에 위치한 모낭
입모근 (arrector pili muscle)	모낭 기저부에 붙어 있으며 자극에 반응해 모발을 세우고 소위 "Goosebumps(닭살)"을 생성하는 작은 근육이다.	모낭
바깥뿌리집 (ORS)	기질세포에서 피지관 입구까지 이어지는 바깥뿌리집이다.	모낭
안뿌리집 (IRS)	세 층으로 구성되어 모간을 둘러싸는 안뿌리집이다.	모낭, 안뿌리집
헨레 층 (Henle's layer)	안뿌리집에서 평평하고 길게 늘어진 단층 세포로 구성된다.	안뿌리집
헉슬리 층 (Huxley's layer)	헨레 층과 큐티클 사이에 있는 평평한 세포로 구성된 층이다.	안뿌리집
모낭 줄기세포 (hair follicle stem cells)	모낭의 털망울에 위치하며, 재생 및 다른 세포 유형으로 분화할 수 있는 미분화 세포이다.	털망울
협부 (isthmus)	입모근에서 피지선 관 입구까지 이어지는 구간이다.	모낭
누두부 (infundibulum)	피지선 관 입구 위쪽의 모낭 부분으로, 케라틴세포와 피지가 채워진 깔때기 모양의 구조로 간주된다.	모낭
ORS 유리막 (ORS glassy or vitreous membrane)	ORS의 주변부에 있는 균질한 호산성대이며, 모낭 하부의 두꺼운 부위에 위치한다.	바깥뿌리집
섬유뿌리집 (fibrous root sheath)	두꺼운 콜라겐 다발로 구성되어 있다.	모낭

표 1.2 (계속) 기본 전문용어.

용어	정의	기원위치/영역
털망울 (bulge area)	줄기세포가 위치한 모낭 부위이다.	모낭
털망울 상부 (suprabulbar area)	털망울 위에 위치한 모낭 부위이다.	모낭
진피유두 섬유아세포 (dermal papilla fibroblasts)	진피유두에 존재하며 모발성장과 재생에 관여하는 섬유아세포이다.	진피유두
멜라닌 (melanin)	모발과 피부에 색을 부여하는 색소이다.	모발 기질
유멜라닌 (eumelanin)	갈색 또는 검정색 멜라닌 색소이다.	모발 기질
페오멜라닌 (pheomelanin)	시스테인(cysteine) 결합으로 인해 생성되는 노란색 또는 빨간색 멜라닌 색소이다.	모발 기질
케라틴 섬유 (keratin fibrils)	모간을 구성하는 단백질 케라틴으로 이루어진 길고 가느다란 필라멘트이다.	모발 기질
모발각화 (trichilemmal keratinization)	모발 줄기에서 발생하는 각질화 과정으로, 큐티클과 피질 층의 형성을 유도한다.	모간

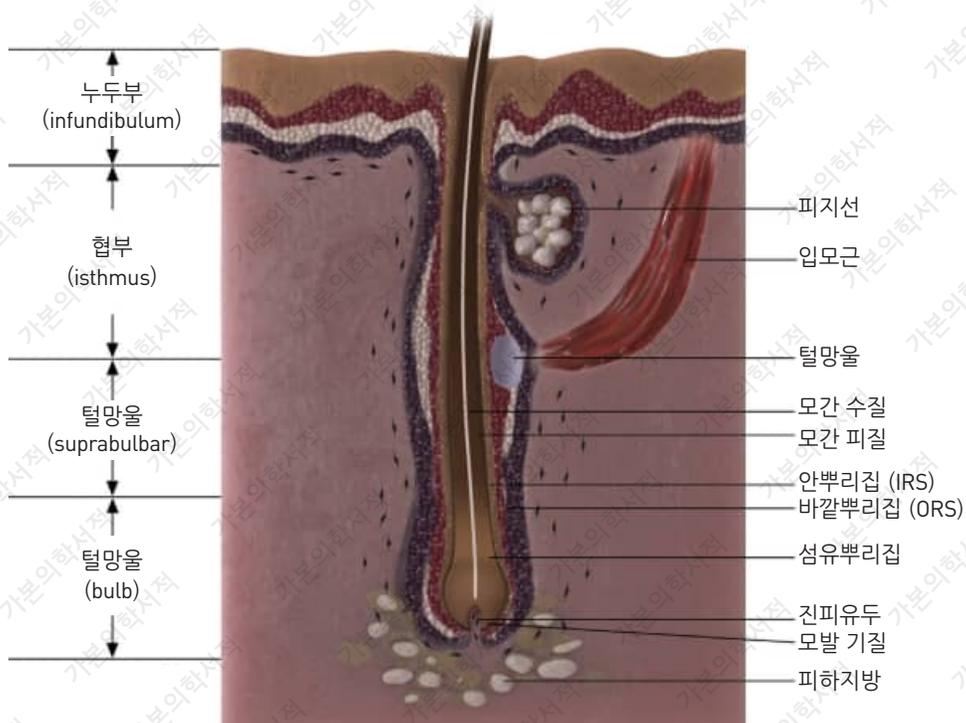


그림 1-1. 모발의 해부학적 구조. 모낭은 4개의 부분으로 구성되어 있다: 털망울(bulb), 털망울 상부(suprabulbar area), 협부(isthmus), 누두부(infundibulum).

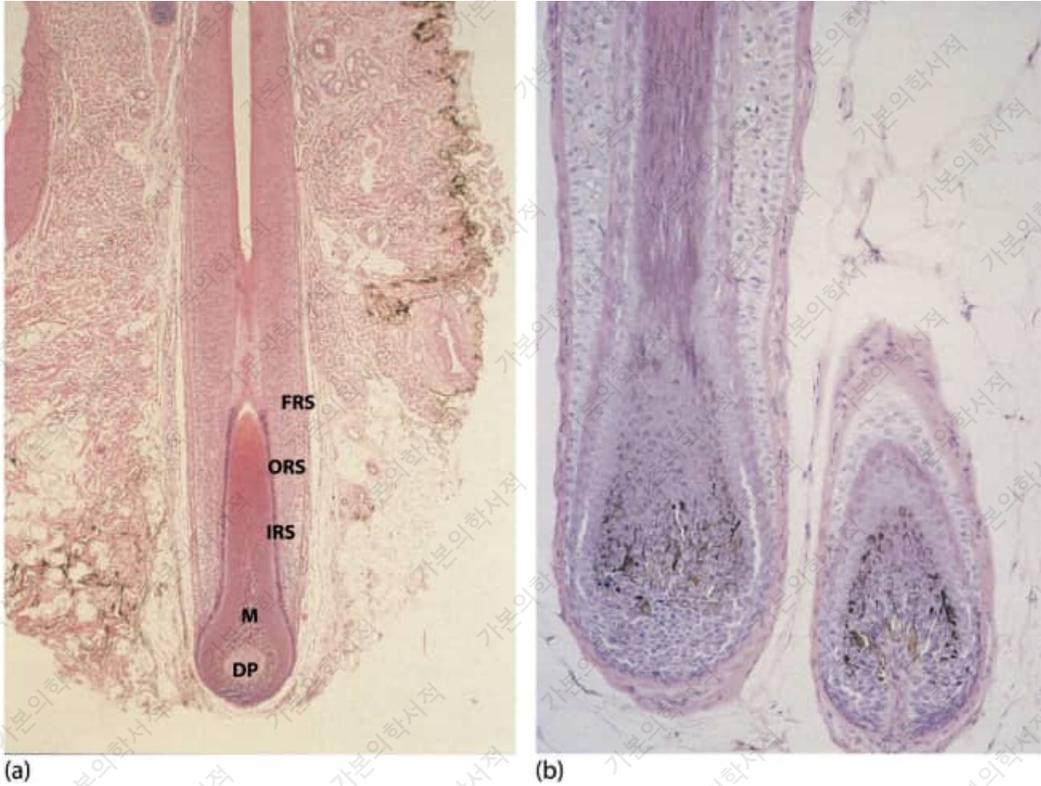


그림 1-2. (a) 진피유두(dermal papilla; DP), 기질(matrix; M), 안뿌리집(inner root sheath; IRS), 바깥뿌리 집(outer root sheath; ORS), 섬유뿌리집(fibrous root sheath; FRS)이 보이는 모낭의 종단면 조직 소견. (b) 지방층에서 나란히 보이는 두 개의 성장기모낭. 기질 내의 멜라닌세포에 의해 색소가 침착되는 것을 확인할 수 있다. (Dr. Magdalena Martinka, Dr. David Shum 제공)

표 1.3 모낭의 구조.

모낭의 구조	설명
누두부 (infundibulum)	모낭의 상부에 위치하며, 모낭 구멍(follicular orifice)에서 피지선(sebaceous gland)까지 확장된다.
협부 (isthmus)	모낭의 중간 부분에 위치하며, 피지선에서 입모근(arrector pili muscle)이 부착되는 지점까지 확장된다.
털망울 상부 (suprabulbar area)	모낭의 하부에 위치하며, 입모근 삽입 지점에서 기질(matrix)까지 확장된다.
털망울 (bulb) (그림 1.3)	모낭의 하부에 위치하며, 진피유두(dermal papilla)와 멜라닌세포(melanocytes)와 섞여 있는 기질을 포함한다.

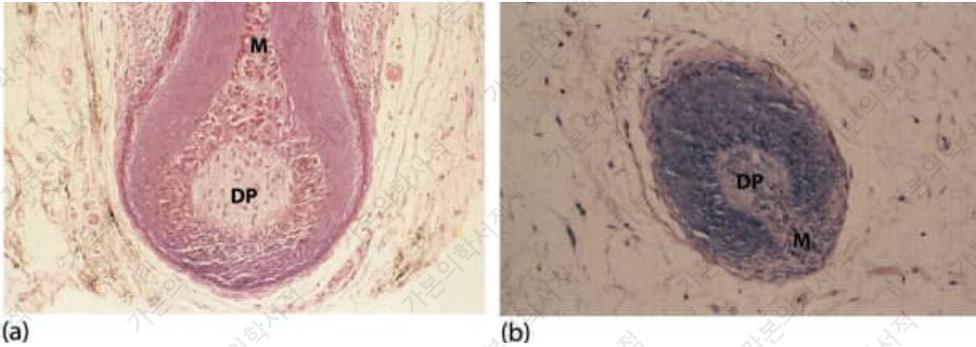


그림 1-3. (a) 기질(M) 내로 진피가 함입되어 형성되는 진피유두(DP)의 종방향 단면 확대 그림. 진피유두를 통해 모세혈관이 기질의 세포로 들어갈 수 있다. 진피유두와 기질 간의 신호 전달 및 통신에 따라 머리카락이 얼마나 오래 자라고 모간이 얼마나 두꺼운지가 결정된다. 멜라닌세포는 기질을 채우고 모발의 색소를 생성한다.(b) 진피유두 레벨에서의 모낭의 단면그림. (Dr. Magdalena Martinka 제공).

모발 기질(hair matrix)은 큰 거품핵(vesicular nuclei)과 호염기성 세포질(basophilic cytoplasm)을 가지고 있으며, DOPA-양성의 멜라닌세포는 기질의 기저세포(basal cells) 사이에 위치하고 있다. 멜라닌세포는 수상돌기 신경능선에서 유래한 세포이며 발생 1/3분기에 표피(epidermis)로 이동한다. 멜라닌은 티로신(tyrosine)을 이용하여 멜라닌세포에서 생성되는 퀴논-인돌퀴논 유래의 생체고분자(biopolymer) 혼합체이다.⁴⁶⁾ 멜라닌은 수상돌기 멜라닌세포(dendritic melanocyte) 원위부의 포식작용에 의해 모낭의 미래 세포들에 통합된다(그림 1.4). 모낭의 멜라닌소체(melanosome)는 표피의 멜라닌 소체보다 크기가 크며, 주로 세포내부의 원섬유 사이 기질(interfibrillary matrix)에 위치해 있고 드물게 모발 기질의 세포 사이 공간(intercellular space)에 위치한다. 멜라닌소체는 단독 또는 그룹을 지어 존재하며, 리소좀(lisosome) 내부에는 존재하지 않는다. 유멜라닌(eumelanin)은 갈색 또는 검은색이고, 시스테인(cysteine)과 결합하여 생성되는 페오멜라닌(pheomelanin)은 노란색 혹은 빨간색이다.⁴⁷⁻⁵¹⁾ 유멜라닌이 포함된 모낭에서 멜라닌세포는 층상내부구조(lamellar internal structure)를 갖는 타원형 멜라닌소체(eumelanosome)를 포함한다. 페오멜라닌 생성(pheomelanogenesis)에는 멜라닌세포 내 구형 멜라닌소체와 관련이 있으며, 이는 과립(granule)과 수포(vesicle)를 내포하고 있는 잘 정의되지 않은 내부구조를 가지고 있다. 유멜라닌 생성 및 페오멜라닌 생성은 한 멜라닌세포에서 동시에 일어날 수 있지만 각기 다른 경로를 통해 만들어진다.⁵²⁻⁵⁴⁾ 유멜라닌이 우세하면 갈색이나 검은색 모발과 관련이 있고 페오멜라닌이 우세하면 금발 또는 붉은색 모발과 관련이 있다. 두 가지 멜라닌이 모두 없거나 부족하게 되면 하얀색 모발이 된다.

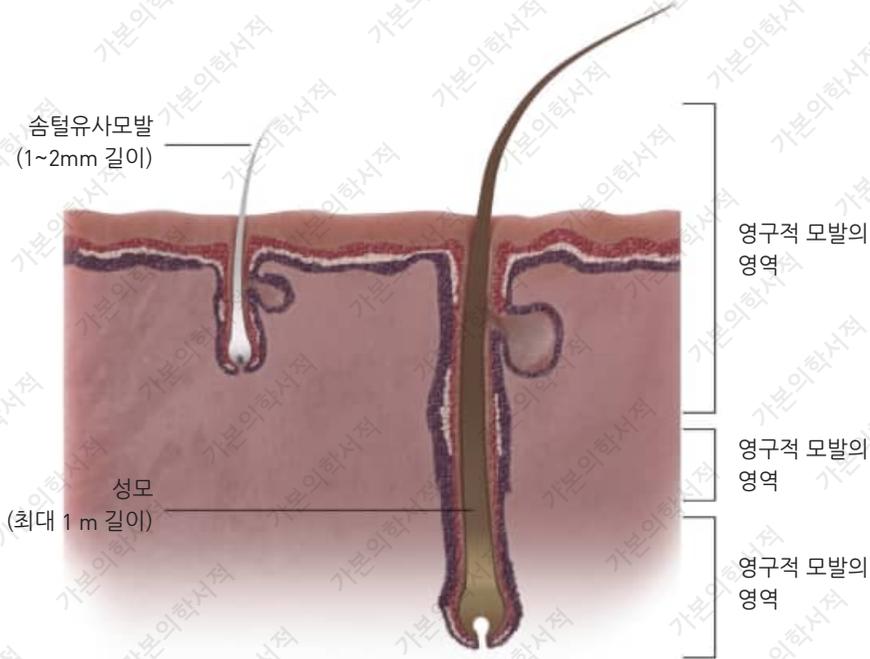


그림1-4. 유멜라닌(eumelanin), 페오멜라닌(pheomelanin) 종류의 멜라닌소체(melanosome)는 모발의 성장기에 수상돌기 말단(dendritic end)을 통해 멜라닌세포에서 기질세포(matricial cortex cell)로 이전된다.

모발 기질matrix의 세포는 여섯 가지 다른 유형의 세포로 분화되며, 각 세포는 각질화keratinization 과정을 서로 다른 단계에서 거친다. 가장 먼저 각질화가 진행되는 부분은 헨레층(IRS의 외층)으로, 이 과정에서 모낭의 부드러운 중앙부를 둘러싸는 단단한 코팅이 형성된다. 이후, IRS의 내부와 이에 맞닿아 있는 큐티클 구조가 각질화되며 모간을 감싸게 된다. 다음으로는 IRS의 중앙부, 핵슬리층, 모발 피질hair cortex 순으로 각질화가 일어난다. 마지막으로 수질medulla이 각질화되는데, 수질은 종종 뚜렷한 형태로 보이지 않을 수도 있는데 이는 부분적으로 각질화가 이루어지기 때문이다.

모간 피질hair shaft cortex은 기질세포matrix cell로부터 위쪽으로 성장하는 동안 세포핵을 잃고 케라틴 섬유keratin fibril로 채워지면서 점차적으로 각질화된다. 비-각질유리과립no-keratohyalin granule (i.e., keratinizing epidermis) 또는 모발유리질과립trichohyaline granule (i.e., keratinizing IRS)은 피질의 각질화가 일어날 때 형성된다. 모간 피질은 단단한 케라틴으로 구성되어있는 반면, 안부리집과 표피는 부드러운 케라틴이다.

모간 큐티클(*hair shaft cuticle*)은 모간(*hair shaft*)에서 가장 바깥층에 해당하며, 큐티클을 구성하는 세포는 지붕형 형태로 겹쳐져 배열되어 있다. 이 큐티클세포는 안뿌리집 큐티클(*IRS cuticle*) 세포와 협부 부위까지 서로 견고하게 결합되어 있어 모발이 IRS에 단단히 부착된 상태를 유지한다. 이러한 결합으로 인해 모간과 IRS는 지속적으로 결합을 유지하며 위쪽 방향으로 함께 이동한다.

안뿌리집(IRS)은 3개의 층으로 이루어져 있고(그림 1.5), 어느 층도 멜라닌을 내포하고 있지는 않으며 모발유리질과립(*trichohyaline granule*)형성을 하며 각질화된다. 이 과립은 호산성으로 염색되며, 표피의 과립은 호염기성으로 염색된다. IRS 큐티클은 털망을 방향으로 아래로 향하는 납작하고 겹쳐진 세포 한층으로 구성되어 있다. 모간의 큐티클세포가 위를 향하고 있기 때문에, 이 두 다른 세포의 배열로 인해 서로 강하게 맞물려 있을 수 있게 된다. IRS 큐티클에는 모발유리질과립이 거의 내포되어 있지 않다. 핵슬리층은 세포 두 층 두께이며, 수많은 모발유리질과립을 발달시킨다. 헨레층은 세포 한층 두께이며, 기질에서부터 기원하기 때문에 이미 많은 모발유리질과립을 가지고 있다. 협부로 이행되기 직전 부분에서 IRS는 완전히 각질화된다. 그러나 협부 수준에서 IRS는 조직이 분해되며 모간과 이루었던 단단한 결합을 잃게 된다. 이로 인해 IRS 큐티클세포는 새로 생겨나는 모발에 역할을 하지 않고 입모근까지의 단단한 지지대 역할을 하게 된다.

바깥뿌리집(*outer root sheath; ORS*)은 기질세포에서 피지샘(*sebaceous duct*) 입구 범위까지 확장되어 그 상방에서부터는 누두부 표피(*infundibular epidermis*)로 변하게 된다. 바깥뿌리집(ORS)은 털망을 레벨에서는 가장 얇은 층이었다가 점차 두꺼워지며, 모낭의 중간 부분과 누두부에서는 가장 두꺼운 층이 된다. 모낭의 하층부인 누두부 이하에서의 ORS는 안뿌리집에 의해 덮여 있고 각질화를 겪지 않는다. ORS에는 풍부한 글리코젠으로 인해 공포성 세포질이 풍부하다.

입모근(*arrector pili muscle*)이 삽입되는 부분인 팽대부(*bulge area*)는 모낭의 줄기세포(*stem cell*)가 위치하는 곳이다.⁵⁴⁾ 팽대부에서 나온 줄기세포는 모낭의 다른 부분으로 이동하며 다양한 특수 층으로 분화하게 된다.

협부(*isthmus*)는 입모근에서부터 피지샘 입구까지의 뻗어있는 부분이다. 협부에서부터 IRS 큐티클은 사라진다. ORS이 각질화 역할을 하게 되며, 각질유리과립(*keratohyalin granule*) 형성 없이 크고 균일한 각질세포를 생성한다.

피지샘(*sebaceous gland*) 입구부터는 누두부(*infundibulum*)이며, 이는 모낭의 상층부이고 축소된 케라틴세포와 피지(*sebum*)로 채워진 깔때기 모양의 구조이다. 피지의 흐름과 모간의 움직임은 죽



은 케라틴세포를 피부 표면으로 밀어내는 역할을 한다. 누두부 표피(*infundibular epidermis*)는 모낭 간 표피(*interfollicular epidermis*)와 유사한 방식으로 각질유리과립을 형성하며, 이를 통해 각질화 과정을 거치게 된다.

유리체막(*vitreous membrane*)은 호산성의 균질한 구조를 형성하며, periodic acid-Schiff(PAS) 반응에서 양성을 나타내고, 녹말 효소에 대해 저항성을 갖는다. 모낭간 기저막 영역(*interfollicular basement zone*)과 달리 훨씬 두껍고, 특히 털망을 상부영역(*suprabulbar area*)인 모낭 하부 1/3 부분에서 가장 두꺼운 층이다. 섬유뿌리집(*fibrous root sheath; FRS*)은 두꺼운 콜라겐 다발로 구성되어 있다.



그림1-5. 모낭을 형성하는 여러 층.

4. 모발 주기

각 모낭 *hair follicle*은 고유한 주기적 사이클을 거치며, 네 가지 뚜렷한 단계로 구성된다: ① 성장기 *anagen*, ② 퇴행기 *catagen*, ③ 휴지기 *telogen*, ④ 탈락기 *exogen* (그림 1.6). 모낭의 구조와 내용물은 매우 역동적이며 모낭이 어느 단계에 있는지에 따라서 달라지는데, 이는 추후에 언급 될 것이다. 임상적으로, 두피 생검 *biopsies of the scalp*을 통해 모발 주기 장애 *hair cycling disorder*에서 모낭이 정확히 어떤 단계에 있는지를 확인할 수 있다.

모낭은 모발 주기 동안 변화하면서 하부 *lower portion*, 중간부 *middle portion*, 그리고 상부 *upper portion*의 세 가지 뚜렷한 영역으로 나눌 수 있다(그림 1.7). 이러한 영역은 모발 주기 전체 기간 동안 존재 여부에 따라 영구적 *permanent* 또는 비영구적 *non-permanent*으로 정의할 수 있다. 중간부와 상부는 영구적인 구조로 간주되는 반면, 하부는 비영구적인 구조로 간주된다.



그림1-6. 모발 주기.



그림1-7. 모발의 주기에 있어 모낭의 중간과 상층부분은 영구적인 부분이며 하층부분은 비영구적인 부분이다. (a) 성장기모발은 피하지방층 깊숙이 고정되어 있으며 쉽게 빠지지 않는다. 휴지기모발은 그보다 상층인 진 피층에 위치해 있으며 비교적 쉽게 빠진다. 정상두피에는 90%의 성장기, 1%의 퇴행기, 10%의 휴지기모발이 존재하고 있다. 성장기는 2~6년, 휴지기는 3개월, 퇴행기는 3주 가량 지속된다. 이 비율은 두피 전체에서 대체로 일정한 비율을 유지하고 있다. 진피유두(DP)는 휴지기에 상부로 끌려 올라오는 부분으로 팽대부의 줄기세포(stem cell)와 밀접한 연관이 있다. 진피유두와 줄기세포간의 신호가 성장기 길이와 다음 모발 주기의 기질 둘레를 결정할 것이다. (b) 새로 생성된 성장기모발이 휴지기모발을 밀어낸다.

5. 성장기모발의 예시

모낭의 하부는 비영구적인 부분으로, 모낭 줄기세포와 기질세포가 위치한 팽대부를 포함하고 있다. 이 세포들은 다음 모발 주기동안 모낭을 재생하고 새로운 모발을 생성할 수 있다. 또한 성장기(*anagen phase*) 동안에 모낭의 하부에는 진피유두, 모간, 안뿌리집(IRS), 그리고 바깥뿌리집(ORS)을 찾아볼 수 있다.

모낭의 중간(영구적) 부분에는 모간을 둘러싸는 IRS과 ORS이 있다. IRS은 큐티클(*cuticle*), 핵슬리층(*Huxley layer*), 그리고 헨레층(*Henle layer*)의 세 층으로 구성되어 있다. ORS은 여러 층의 세포로 구성되어 있다.

모낭의 상부(영구적) 부분에는 피지선(*sebaceous gland*)과 입모근(*arrector pili muscle*)이 위치한다. 피지선은 피지(*sebum*)를 분비하여 모발과 피부를 윤활하게 한다. 입모근은 추위나 감정적인 상태에 반응하여 모발을 세우고 소위 “Goosebumps(닭살)” 현상을 일으키는 역할을 한다.

· 모발 주기의 단계와 그 특징

성장기(*anagen*) 동안 모발은 한 달에 1 cm, 하루에 0.35 mm 정도 자라며, 이 성장은 개인에 따라 2년에서 8년 가량 지속된다. 성장기 동안 성장 모낭(*anagen terminal follicle*)의 뿌리 또는 팽대부(*bulb area*)는 피하지방층(*subcutaneous fat tissue*) 깊숙이 도달하며, 이 부분은 영구적인 구간으로 간주된다(그림 1.7). 성장기 이후에 퇴행기(*catagen*)는 약 2주간 지속되며, 이 시기에 모낭의 아랫부분(비영구적)은 프로그램된 세포자멸(*programmed apoptosis*)을 하게 된다. 그다음에는 모발의 휴식단계인 휴지기(*telogen*)가 약 3개월간 지속된다. 휴지기에는 모발이 더 이상 자라지 않고, 성장기모발에선 모간이 피하지방층에 고정되는 것과 달리 모간이 진피 중간층(*mid-deep dermis*)에만 고정되게 된다.

모발 주기가 동시에 진행되는 대부분의 모피 동물들과 달리 사람의 모발은 제각기 다른 주기로 성장(성장기)과 휴식(휴지기)을 반복한다. 건강한 두피에서 80~90%의 모낭은 성장기에 있다.⁵⁵⁾ 계절적으로 변동이 있을 수는 있으나 정상적인 성장기대 휴지기 비율은 9:1이다.^{56, 57)} 두피는 하루에 약 100개의 휴지기모발을 잃는다. 또한 정상적인 두피 피부에는 손바닥과 발바닥을 제외한 전신에 분포하는 다양한 양의 솜털(*vellus hair*) 모낭이 있다. 이러한 솜털의 밀도는 신체 부위에 따라 다르며, 솜털의 모간 두께는 30 μ m 미만이고 색소가 거의 없으며 중간-상부 진피층(*mid-upper dermis*)에 위치해 있다(그림 1.8).

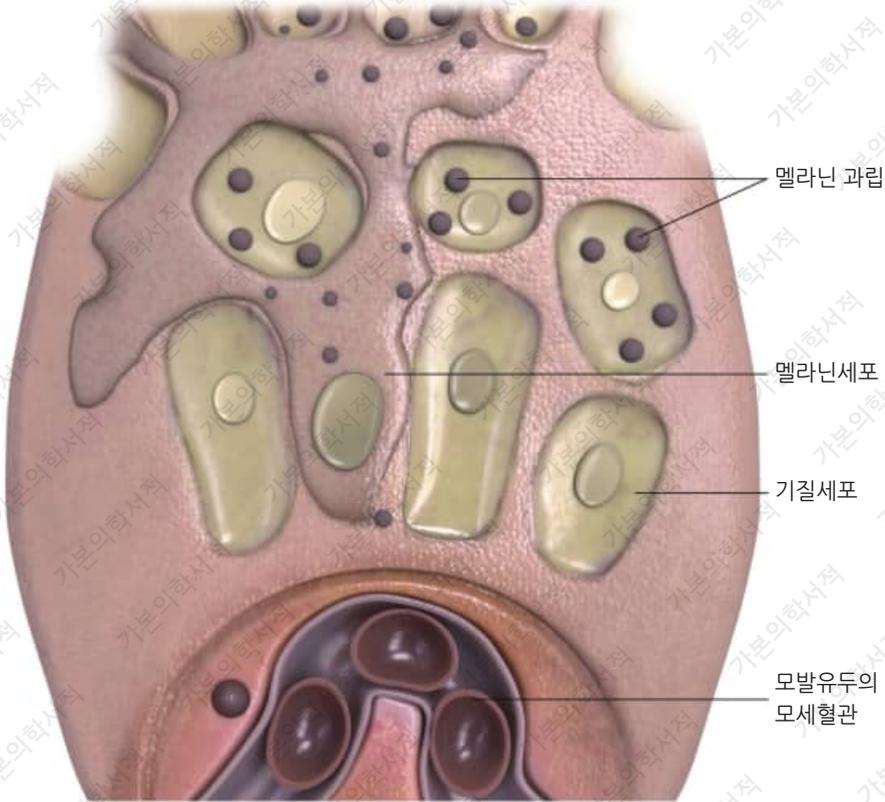
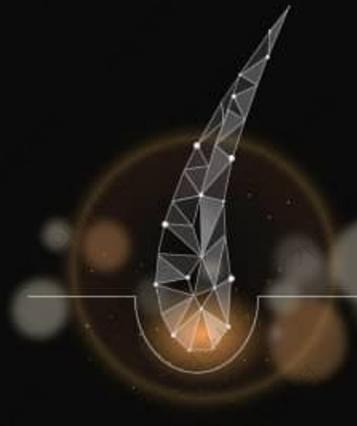


그림1-8. 솜털 유사모발(vellus-like hair)은 0.03 mm 미만의 두께를 가지며, 1~2 mm 이상으로는 거의 자라지 않는다. 성모(terminal hair)는 직경 0.06 mm 이상으로 두꺼우며 1 m까지 자랄 수 있다. 진정한 솜털(vellus hair)에는 부착된 입모근(arrector pili muscle)이 없다. 그러나 안드로겐 탈모증(androgenetic alopecia)에서 나타나는 소형화된 솜털과 같은 모발만이 입모근을 가지고 있다.

모발이식수술

Hair Restoration Surgery



A. 모발이식수술의 역사

모발이식수술은 지난 수십 년간 큰 발전을 이루었다. 그러나 모발을 이식에 대한 아이디어는 오랫동안 존재해 왔다. 모발 복원에 대한 시도는 기원전 1500년경에 쓰여진 가장 오래된 고대 이집트 의학 문서인 에버스 파피루스(Ebers Papyrus)에서 발견되었다.¹⁾

19세기에 이르러 독일인 대학교수 Dom Unger와 그의 제자인 Johann Friedrich Dieffenbach가 사람과 동물에 대한 모발이식수술에 관해 연구하기 시작했다. 1822년에 Dieffenbach는 본인의 학위논문에서 두피에 있는 6개의 모발을 자신의 팔에 이식하여 2개의 모발이 지속적으로 자라나는 결과를 보고하였다. 1908년에는 Tilghman이 탈모치료를 목적으로 하는 회전 피판술을 보고 하였으며,¹⁾ 1919년에 Passot은 흉터 치료를 위한 피판술을 발표한바 있다.¹⁾ 두부에 발생한 탈모에 대해 본격적인 수술적 방법을 제안하고 발전시킨 첫 연구는 1930년 Sasagawa에 의해 시작되었다고 평가된다.²⁾ 1939년 일본인 피부과 의사 Okuda는 두피, 눈썹, 수염에 발생한 탈모를 교정하기 위한 수술법으로 원통형 펀치(cylindrical punch)를 이용하는 내용에 대해 발표하였다.³⁾ 1943년 Tamura는 단일모(single hair)를 이용하여 치골부위(pubic area)에 모발을 이식하였으며, 1953년 Fujita는 나병환자의 눈썹에 단일 모를 이식하였고, 여러 곳에 있는 병변을 교정하기 위한 유리피판술(free skin graft)과 2~4 중모를 이식한 결과를 발표하였다.³⁾ 이러한 술기는 현재 사용되고 있는 모발이식수술 방법과 매우 흡사하다.

안타깝게도 일본에서 발전된 이러한 모발이식 연구는 국제적으로 한동안 알려지지 않았으며, 1976년 Fujita가 자신의 연구 내용을 영문 서적으로 출판한 후에야 알려지게 되었다. 두피에 발생한 흉터를 가리기 위한 수술로 1950년 Barsky가 소량 모발이식을 시행하고, 1957년



Lamont가 피관술을 시행한 바 있다. 뉴욕의 피부과 의사 Norman Orentreich는 1952년에 남성형 탈모치료를 위한 모발이식수술을 처음 시행하였다. 처음엔 의료 사회에서 그의 연구를 인정하지 않았고 1959년이 되어서야 그 결과를 정식으로 발표할 수 있었다.⁸⁾ Orentreich는 처음으로 “공여부 우세성 *donor dominance*”이라는 용어를 만들었고, 이식 후라 할지라도 모발은 채취된 기존 영역의 성격을 유지한다는 의미로 사용하였다. 즉, 후두부나 측두부에서 얻은 모발이 탈모영역에 이식되어도 원래의 성장 패턴을 유지하며 자라난다는 뜻이다. Orentreich는 4 mm 사이즈의 펀치를 이용한 수술을 시행하였다. 1970년대에는 “plug” 방식으로 모발이식이 이루어진 때였고,⁹⁻¹²⁾ 인형 외모와 같은 결과가 나타나거나 머릿결 방향 조절이 원하는 대로 잘되지 않는 경우가 있어 환자들의 만족감이 꼭 좋지만은 않았다(그림 7.1).

다양한 방식의 피관술 역시 1970년대와 1980년대에 유행하였다. 아르헨티나 의사인 Jose Juri는 두 줄의(모발이 존재하는) 긴 피관을 이용하여 새로운 헤어라인을 만드는 수술방법을 사용하였다.¹³⁾ Ohmori, Stough 등과 Bouhanna, Nordstrom, Frechet 등의 많은 의사들은 유리피관을 이용하여 미세접합을 하는 등의 다양한 수술법을 제시하였다.¹⁴⁻¹⁸⁾ 스트립 방식으로 얻은 공여부 두피로부터 모발을 얻고, 2 mm 펀치, 3 mm 슬릿 방식으로 이식하는 수술법은 1980년대 중반에 많이 시행되었다.¹⁹⁻²²⁾ 단일 또는 이중모를 이용한 미니 이식법 *minigraft*은 전두부 헤어라인을 자연스럽게 만들기 위해 처음 시행되었다.^{20, 23)}

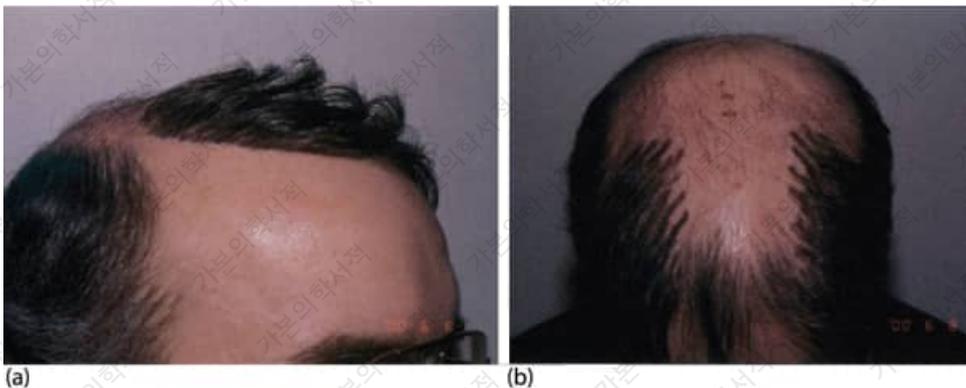


그림 7-1. (a, b) 1960년대, 1970년대 시행된 모발이식수술 사진. 모발이 부자연스럽게 밀집된 모양으로 이식되어 있다.

이러한 미니 이식법은 점차적으로 플러그 방식 수술을 대체하면서 모발이식수술의 주요 형태로 자리 잡게 되었다. 1983년, 브라질의 의사 Carlos Uebel은 미니 이식법을 활용하여 한 세션당 최대 1,000개의 이식편^{graft}을 이식하기 시작하였으며, 이는 흔히 “메가세션”이라 불리는 기법의 시초가 되었다. 1990년대 초에는 1,000개의 이식편을 이식하는 데 약 12시간이 소요되었다. 1992년에는 오스트리아의 Moser 그룹이 대량 모발이식수술에 대한 시연 영상을 제작하였고, 이 영상에는 William Rassmann이 단일 세션에서 3,600개 이상의 이식편을 이식하는 장면이 포함되어 있다.

Rober Limmer는 이식 편을 박리하는데 최초로 입체현미경^{stereoscopic microscope}을 이용하여 박리과정에서 발생할 수 있는 모낭손상을 최소화하도록 했다.²⁴⁾ 또한 이식모낭손상과 생착률을 저하의 주요 원인으로서 모낭 건조^{dessication}의 개념을 도입했으며, 이를 해결하기 위해 보존액^{holding solution}과 냉각 장치^{cooling devices}가 과거에 제안되었다.

Limmer는 모낭단위 이식^{follicular unit transplantation; FUT} 방식의 수술을 개발하였고, 정상 두피에서 모발이 1개에서 4개까지 함께 자라나는 모낭단위^{follicular unit}를 인지하여 모낭 분리가 확대 시야에서 이식 편을 미세박리^{microdissect}하는 방법을 고안했다.²⁴⁾ 이는 미니 이식법을 한 단계 더 발전시키며, 현재 시행되고 있는 모낭단위 모발이식의 기초를 마련하였다. 이러한 모낭단위 이식(FUT)은 곧 최신 모발이식수술법으로 자리잡았다..²⁵⁻²⁹⁾

2002년, Rassman 등은 모낭단위 추출^{follicular unit extraction; FUE}에 관한 최초의 연구 논문을 발표하였다.³⁰⁾ 이어서 2004년에는 Harris가 모낭단위 추출(FUE)에 관한 연구를 발표하며, 둔한 해부법^{blunt dissection}을 활용하여 주변 조직에서 단일 모낭 단위를 분리하는 SAFE 시스템을 소개하였다.³¹⁾ 현재는 모낭단위 절제^{follicular unit excision}로 알려진 FUE은 공여부위에서 단일 모낭 단위를 절제하는 최소 침습적 시술로, 시술 후 작은 점 모양의 흉터만 남아 스트립수술에서 발생하는 선형 흉터를 방지할 수 있다. 지난 20년간 회전 및 진동 기능을 가진 새로운 모터 장치와 매우 소형의 절제 펀치가 개발되면서, 곱슬곱슬하거나 긴 모발의 추출도 가능해졌다. 오늘날 모낭 단위 미세 해부를 이용한 스트립수술과 FUE는 모발복원수술의 최첨단 기술로 간주된다.

그러나 최소 침습적 FUE 기술의 발전은 시장의 불법화된 “블랙 마켓 클리닉^{black market clinic}”의 급증을 초래하였다. 이러한 클리닉에서는 시술의 일부 혹은 전부를 기술자에게 위임하거나, 공식적으로 허가받지 않은 의료 환경에서 수술이 이루어지기도 한다.



B. 모낭단위 이식 (Follicular unit transplantation; FUT)

모발이식수술은 본질적으로 한 개인의 모발을 원래 위치에서 필요한 부위로 옮겨 재배치하는 수술이다. 이 과정에서는 안드로겐성 탈모로 인해 모낭이 위축되지 않는 부위(일반적으로 두피)에서 모발을 채취한다. 주로 후두부에서 온전한 모낭을 포함하고 있는 피부 스트립(strip)을 채취하여, 이를 확대한 시야에서 작은 조각으로 나누고, 다시 모낭단위(follicular unit; FU)로 박리한다(그림 7.2). 또한 필요에 따라 단일 모낭 단위를 작은 펀치를 사용하여 개별적으로 채취하기도 한다(FUE)(그림 7.3).

모낭단위 절편(follicular unit graft)은 습윤하고 냉각된 상태를 유지해야 하며, 이는 모낭이 건조해질 경우 손상되어 재생되지 않을 위험이 있기 때문이다.

이러한 절편은 확대 시야를 활용하여 슬릿(slit) 내부에 정확하게 위치시킴으로써 이식이 가능하다. 모든 슬릿은 이식 전에 준비될 수 있으며, 또는 스틱 앤 플레이스(stick-and-place) 기술을 사용하여 슬릿을 형성한 후 즉각적으로 이식편을 삽입할 수 있다. 이식편은 핀셋(1개 또는 2개)을 통해 신중하게 다루거나 임플랜터(implanter)를 사용한다. 둔한 임플랜터(dull implanter)의 경우 미리 형성된 슬릿이 필요하지만, 날카로운 임플랜터(sharp implanter)는 슬릿 형성과 이식편 삽입을 동시에 수행할 수 있다. 이식된 모낭은 대개 시술 후 휴지기에 들어가며, 이는 이식된 모간이 탈락하고 약 3개월 후 첫 번째 모발 성장이 시작됨을 의미한다. 최종 결과는 9개월에서 12개월 사이에 나타나게 된다.

모발이식수술은 국소마취 하에 시행된다. 이식편의 개수와 사용된 방법에 따라 수술 시간은 몇 시간에서 하루 종일 걸릴 수도 있을 정도로 변동적이다.

FUE 수술의 경우, 작은 종이 조각(confetti-like)과 같은 형태의 흉터가 남으며, 스트립 절제 방식에서는 선형 흉터가 발생한다. 따라서 매우 짧은 헤어스타일을 선호하는 환자에게는 FUE 방식이 유리하다. 일반적으로 FUE 방식은 스트립 방식보다 시간이 오래 걸리지만, 이는 수술에 투입되는 스텝의 수가 상대적으로 적어도 가능하고, 수행 전문의와 스텝의 요구되는 훈련곡선(training curve)이 비교적 완만하기 때문이다.



그림7-2. 스트립 절제 방식으로 시행하는 FUT의 원리.



그림7-3. FUE 방식으로 공여 받아 시행하는 FUT의 원리.

C. 공여부 채취 (Donor harvesting)

1. Strip harvesting

첫 번째 단계는 적절한 공여부 영역을 선정하는 것이다. 이 과정에서는 두피의 이완 정도 *scalp laxity*를 확인하여 이상적인 스트립 폭을 설정한다. 공여부 흉터를 최소화하기 위해서는 피부 봉합 시 장력이 없는 상태를 유지해야 한다. 두피 이완 정도는 주로 검지와 중지를 이용하고 나 양손을 모두 사용하여 확인하고, 보다 객관적인 판단을 위해 두피 이완도 측정기 *scalp laxometer*를 사용할 수 있다. 정상적인 이완 정도의 두피를 가진 환자의 경우, 스트립 폭을 1 cm으로 설정하면 일반적으로 안전하게 절제할 수 있다. 스트립 폭을 결정된 후, 이식하려는 모발 수에 따라 스트립의 길이를 선정해야 한다. 공여부 모발의 밀도를 확대하여 관찰하고 나서 결정하게 되는데, 휴대식 자조 확대경 *handheld illuminated magnifier*, 모발경, Rassman 밀도 측정계, 디지털 영상 장치 등을 사용하여 제곱 센티미터 당 모낭단위(FU)의 숫자를 확인할 수 있다. 최종적으로 스트립의 면적은 다음과 같은 수식으로 결정한다.³²⁾

$$\text{원하는 FU의 숫자} / \text{공여부 밀도 (FU/cm}^2\text{)} = \text{스트립 면적 (cm}^2\text{)}$$

결정된 공여부 영역의 모발을 수술하기 편하도록 정리하고, 튜메센트 *tumescent* 테크닉을 이용하여 마취를 시행한다(그림 7.4). 국소마취제와 에피네프린을 희석시키고 용액의 농도를 매우 낮게 만들어 다량을 주사하게 되는데, 이렇게 되면 절개 시 굵은 신경과 혈관을 수술용 칼날로부터 비교적 멀리 떨어뜨릴 수 있다. 튜메센트 용액이 제 역할을 다하기 위해서는 20분 가량의 시간이 필요하며 그렇게 되면 작은 혈관에서의 출혈은 거의 생기지 않게 된다. 경계 부위 모양의 횡절단 *transection*을 최소화하기 위해서 칼날이 여러 개인 것보다는 단일 칼날(No. 10 또는 15)을 이용하여 타원형으로 공여부를 절제하는 것이 더 적절하다. 절개는 모발에 평행한 방향으로 시행하며 피하지방층에 존재하는 모낭보다 더 깊이 들어가지는 않는다. 피부 절개 후에는 피하지방부착을 박리하여 스트립을 절제하는데 피하박리용 가위 또는 수술용 칼을 이용하여 스트립의 부착을 느슨하게 만들며 진행한다(그림 7.5).³²⁾ 일부 의사들은 절개 경계면 *wound edge* 하부를 잠식 *undermining*하는 것을 선호하기도 하지만, 두피 이완 정도를 확인하여 계산된 면적을 절제하는 경우 이러한 과정을 거칠 필요는 없다. 비교적 넓은 면적을 수술하거나 연속적인 수술로 인하여 두피 이완도가 감소되어 있는 경우에는 유용한 수술 방법이다.



(a) 공여부에 수술이 준비된 모습. (b) 공여부 마취.

그림7-4. (a) 공여부에 수술이 준비된 모습. (b) 공여부 마취.



(a) (b) (c)



(d)

그림7-5. (a-c) 공여부 스트립 절개 과정. 털망울이 있는 곳까지의 깊이를 유지하며 모낭 방향에 평행하게 절개한다. (d) 수술용 칼을 이용하여 피하조직 부착을 제거하는 모습.

공여부를 봉합하기 전, 작고 날카로운 가위로 포개어지는 절개 경계면의 상부를 1~2 mm 가량 제거해 주는 방법을 “trichophytic wound closure”라고 한다. 이 기법은 한 줄 또는 두 줄의 모발을 흉터 내부에서 자라나게 하여 시각적으로 반흔이 덜 보이도록 하는 효과를 지닌다(그림 7.6 및 7.7). 절제부위 봉합은 단층 또는 이중층 *one or double layer*으로 시행할 수 있다. 본원 클리닉에서는 이중 봉합법을 사용하는데, 3-0 또는 4-0 monocryl 흡수 봉합사를 사용하여 심부를 매몰 방식으로 일차 봉합하고, 표면부는 3-0 prolene을 이용하여 표면부를 연속 봉합 *continuous suture*으로 마무리한다. Prolene 봉합사는 7~14일 후에 제거한다. 추가적인 수술이 필요할 경우 기존에 있던 흉터를 제거하여 단일 흉터만 남도록 한다. 기존 흉터가 스트립에 포함되어 있는 경우, 모발의 밀도가 감소하고 두피의 이완 능력이 저하되므로 새로운 스트립은 더 좁게 디자인해야 한다. 연속적인 수술은 이전 세션 완료 후 8~12개월 이후에 시행하는 것이 바람직하다.



그림7-6. Trichophytic wound closure. 작고 날카로운 가위로 포개어지는 경계면의 상부를 제거한다.



그림7-7. Trichophytic wound closure.



스트립 절제방식으로 최대 2,000 graft까지 시행할 경우, 너비를 1 cm 이내로 디자인하고, trichophytic wound closure 방식으로 봉합하여 흉터가 거의 보이지 않도록 할 수 있다. 대량의 이식이 필요한 경우에는 더 넓고 긴 스트립을 얻어야 하며, 이때 흉터가 양쪽 측두부에 까지 도달할 수도 있다.³²⁾

공여부 소독은 수술 직후 1회 시행하며, 이식부위 소독은 필요 없다. 본원 클리닉에서는 수술 다음날 환자환자가 공여 부위의 드레싱 거즈를 제거하도록 하고 있으며, 첫 3일 동안 낮에는 면 소재의 반다나(bandana)를 착용하고 가벼운 수술용 모자를 착용하도록 한다.

2. 모낭단위 추출 (Follicular unit extraction; FUE)

모낭단위 추출(FUE)은 2002년에 처음 도입된 이후 점차 널리 인정받으며 대중적인 수술 방법으로 정착하였다.^{3, 10, 11)} 이는 공여부에서 피부 전 층을 제거하지 않고 각각의 모낭단위를 곧바로 이식할 수 있는 상태로 얻는 방법이다.

FUE 수술의 첫 번째 단계는 공여부 모발을 약 2mm 길이로 면도하게 된다. 이는 모발의 자라나는 방향을 정확하게 관찰하기 위한 필수 절차이다. 일반적으로 공여부의 전체 모발을 자르는 방식이 선호되지만, 스트립 방식이나 전체 삭발을 원하지 않으며 수술 직후 공여부가 상대적으로 잘 보이지 않기를 원하는 환자의 경우, 줄 모양으로(3~5mm 길이) 머리를 자르면 서 긴 머리로 추출 부위를 가릴 수 있도록 한다. 또한 특수 펀치를 사용하는 새로운 FUE 장치를 통해 긴 모발을 추출할 수 있다.

공여부를 투메센트 용액으로 마취하며, 신경차단법도 효과적으로 사용할 수 있다. 출혈을 최소화하기 위해 마취가 최소 20분 동안 지속되도록 하는 것이 요구된다. 환자를 편안한 자세로 마사지 의자나 침대에 두고, 의사는 환자의 머리 쪽에 위치한다. 횡절단을 최소화하기 위해, 펀치 사용은 의사의 방향으로 진행된다. 또한 FUE 시술 시에는 2.5~7배 확대경을 사용하고 적절한 조명이 필요하므로, 천장 조명과 함께 헤드라이트를 활용하여 더욱 효과적인 시술이 가능하다(그림 7.8, 7.9).³³⁾

자동 회전 펀치뿐만 아니라 수동 manual 펀치, 로봇 FUE 장치 모두 사용이 가능하다. 세션이 클수록 의사의 손목에 가해지는 부담이 크므로 자동 회전 펀치를 사용하는 것이 좋다. 펀치의 사이즈는 통상적으로 0.9~0.7 mm이다. 펀치 크기와 모양은 모낭단위의 크기, 밀도, 그리고 형태를 기준으로 선택된다.



그림7-8. Follicular unit extraction (FUE). 회전 펀치를 이용하여 2단계 과정으로 진행한다.



그림7-9. FUE 직후의 공여부 모습.

FUE 펀치는 날카로운 펀치 *sharp punches*와 둔한 펀치 *blunt punches*로 나뉜다. 날카로운 펀치는 예리한 절단 가장자리를 가지고 있으며, 보통 직모를 가진 환자에게 적합하다. 둔한 펀치는 둥글거나 뾰족한 팁을 가지고 있으며, 곱슬머리, 가는 머리카락, 또는 약한 머리카락을 가진 환자에게 사용된다. 둔한 펀치는 모낭에 더 부드럽게 작용하며, 특히 까다로운 모발 특성을



가진 환자에서 절단(*transsection*) (추출 중 모낭이 손상되는 것)의 위험을 줄일 수 있다. 또한 하이브리드 펀치(*hybrid punches*)는 날카로운 펀치와 둔한 펀치의 장점을 결합한 형태로 제공된다.

펀치 유형의 선택은 성공적인 FUE 시술에 매우 중요하며, 이는 절단률(추출 중 손상된 모낭 비율)과 전체 이식 결과에 직접적인 영향을 미친다. 숙련된 외과의는 환자의 모발 및 피부 유형을 평가하여 환자에게 가장 적합한 펀치를 선택한다. 그림 7.10~13에서는 다양한 FUE 장치의 예시를 보여준다.

FU는 특별히 제작된 작고 구부러진 포셉을 사용해 채취낸다(그림 7.14). 경우에 따라 FU를 얻기 위해 바늘을 사용하는 것이 유용할 때도 있다. 채취한 이식편은 이식수술 직전까지 생리식염수나 모낭 보존액(*holding solution*)에 담가 시원하고 습윤하게 보관한다.

FUE가 끝나면 비점착성(*nonstick*) 거즈와 항생 연고를 사용하여 드레싱을 한다. 이후 환자들은 수술 다음날 드레싱 거즈를 제거하고 조심스럽게 씻는게 좋다.

▪ 이식 준비 (*Graft preparation and handling*)

절제된 스트립은 즉시 멸균된 냉장된 생리식염수에 담는다. 모든 이식 준비 과정에서는 4~10배 확대 양안 현미경(*binocular microscope*)을 사용하여 불필요한 횡절단이 발생하지 않도록 한다(그림 7.15). 스트립은 1~2줄의 모발 두께로 작은 조각으로 나누어지며, 이 단계에서는 높은 수준의 훈련과 섬세한 기술을 지닌 모낭 분리사의 역량이 요구된다. 이러한 작은 조각들은 jeweler's 포셉과 함께 No.10 Personna 블레이드 혹은 No.10 수술용 블레이드를 사용하여 개별 FU 단위로 다시 분리된다. 분리 과정에서 과도한 지방조직과 모발 기질이 부족한 부분, 그리고 이전 흉터의 조직 등은 제거된다.

FUE 이식편은 채취 후 즉시 멸균된 차가운 생리식염수에 보관한다. 이식편은 이상적으로 확대 양안 현미경이나 확대경을 사용해 부분적 또는 완전한 절단 여부를 확인하고 분류해야 한다. 절단이 발견되면 절제 각도와 펀치 유형 또는 크기를 조정해야 한다. 준비 과정에서, 이식편은 크기와 밀도에 따라 분류되어 얼음 위의 페트리 접시에 배치된다(그림 7.16). 이 과정 동안 이식편의 건조를 방지하고 생리식염수로 충분히 습기를 유지하는 것이 매우 중요하다.³⁴⁾

모발이식수술 동안 이식편을 보관할 수 있는 다양한 용액이 사용된다. 가장 일반적으로 사용되는 용액은 생리식염수와 링거액이지만, 일부 의료 전문가들은 HypoThermosol, ViaSpan, Wisconsin 용액, 또는 자가혈소판 풍부 혈장(*platelet-rich plasma; PRP*)이 더 우수하다고 주장한다.



그림 7-10. (a) Trivellini 표준 펀치는 회전 기능과 기계적 진동, 그리고 2단 진동(turn two oscillation) 기능을 갖추고 있으며, 흡입 장치를 부착할 수 있다. (b) 긴 머리 펀치(long hair punch)는 긴 모발 추출에 특화된 도구다. (c) 플레어드 펀치(flared punch)는 확장된 형태로 설계된 펀치다. (Trivellini Tech 제공)



그림 7-11. (a) WAW duo FUE system은 회전 및 진동 기능을 갖추고 있으며, 무선 핸드피스를 옵션으로 제공한다. (b) 하이브리드 토네이도 펀치(hybrid tornado punch)는 날카로운 펀치와 둔한 펀치의 장점을 결합한 펀치다. (Devroye Instruments 제공)



(a)



(b)

그림7-12. (a) Dr. UGraft® Zeus-System은 회전 및 진동 기능을 갖춘 시스템으로, 흡입 장치를 부착할 수 있다. (b) 지능형 펀치(Intelligent Punch)는 정교한 추출을 가능하게 하는 첨단 펀치다. (Dr. UGraft 제공)



그림 7-13. (a) Ertip® FUE 모터는 회전 기능을 갖춘 장치다. (b) Ertip FUE 장치는 회전 및 진동 기능을 겸비한 도구다. (c) 날카로운 펀치(sharp punch)는 직선형 절단에 적합한 기본 펀치다. (d) 날카로운 톱니형 펀치(sharp serrated punch)는 추가적인 절단력을 제공하는 톱니 모양의 펀치다. (ERTIP Hair Transplant Instruments 제공)



그림 7-14. 모낭단위(FU) 제거를 위한 각진 핀셋 Angled forceps 은 모낭단위를 섬세하고 정확하게 추출할 수 있도록 설계된 도구다. 이 도구는 모발의 손상 위험을 줄이고, 효율적인 제거를 지원한다.



그림7-15. 양안 현미경을 사용하고 있는 모낭 분리사.



그림7-16. 유리 페트리 접시에 배열된 이식편들은 차가운 생리식염수에 보관된다. 각 덮개에는 50개의 이식편이 들어 있으며, 10개씩 묶음으로 정리되어 있다. 이러한 방식은 이식편의 보관 및 관리의 효율성을 높이고, 수분을 유지하여 건조를 방지한다.