筒状皮弁内骨移植による皮弁・骨複合移植の実験的研究

服部 吉幸

An experimental study on composite graft with
a tubed pedicle flap including iliac bone

Yoshiyuki HATTORI

I. 緒 言

周囲軟組織に及ぶ下顎骨腫瘍の廓清手術後にみられる顔面変形に対しては、一次再建であれ、二次再建であれ、皮膚と骨の再建の両者を実施しなければならない。この複合再建術は皮膚の有茎移植と骨の遊離移植によることが多いが、両者を同時に実施した場合には、移植骨の生着を期し難い危険性があるので、両者を別々に実施することが多く、手術回数と手術日数の遷延を生ずる。それに対し河合ら¹⁾は、患皮部に作製した筒状皮弁内に自家新鮮腸骨片を移植し、約1か月後に皮弁と腸骨片とを一体として下顎部へ移植する方法を試みた臨床例を報告している。

今回著者は本法を実施した場合の移植部修復過程を探索する目的で、雑種成犬を用い顎部に筒状皮弁を作製し、その皮弁の中に自家新鮮腸骨片を移植し、一定期間ごとの皮弁内移植骨について、また一定期間後皮弁と移植骨片を一体として下顎に移植した後の移植骨について、病理組織学的検索と墨汁注入透明標本による検索を行い、いささかの知見を得たので報告する。

II. 実験動物および実験方法

1. 実験動物

本実験には全体で雑種成犬（体重 8 kg 前後）70 頭を使用した。このうち筒状皮弁内骨移植実験には40頭を、皮弁・移植骨の複合下顎移植実験には30頭を用いた。

2. 実験方法

1) 筒状皮弁内骨移植実験

成犬の顎部に筒状皮弁を形成して、その中に腸骨片を遊離移植し、1週間後、2週間後、3週間後、4週間後

におのおの10頭を屠殺し、それぞれを T1, T2, T3, T4 群とした。各群のうち5頭を病理組織学的観察に、他の5頭を透明標本用の観察に用いた。

筒状皮弁内骨移植にあたっては、ソムノベンチール (0.4 mg/kg) を実験動物の静脈内に注射後、顎部および右側腸骨陵部を剃毛し、手術野を 0.5% ヒビテン・アルコール液で消毒し、術野にピオクタニンを用いて写真1, 図1に示すような、8×5 cm の皮弁を作図し、それに従って顎皮筋を一部含んだ皮弁を形成した。次に、右

写真1 筒状皮弁の作図

図1 筒状皮弁の作図

愛知学院大学歯学部第2口腔外科学教室（主任：河合幹教授）

Second Department of Oro-Maxillo-Facial Surgery,
School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief:
Prof. Tsuyoshi Kawai)

受付日：昭和56年7月22日

写真 2 筒状皮弁の形成

写真 3 皮弁・移植骨の複合移植

(注：シャドー部分は腸骨)

図 2 筒状皮弁の形成

(注：シャドー部分は腸骨)

図 3 皮弁・移植骨の複合移植

側腸骨稜より骨膜の付着していない腸骨を採取し、採取後骨端軟骨部を除去して $2 \times 1 \text{ cm}$ の大きさに整形し、この腸骨片を先に形成した皮弁内の一端より約 1 cm の位置に遊離移植し、皮弁は骨片を含むように縫合して筒状とし(写真2, 図2), 患皮部創は縫縮した。

2) 皮弁・移植骨の複合下顎移植実験

筒状皮弁内に骨移植を実施してから3週間後に、下顎骨を連続離断し、同部に皮弁と移植骨を一体にして有茎複合移植を行い(写真3, 図3), 1週間後, 2週間後, 4週間後におおの10頭を屠殺し, それぞれを M1, M2, M4 群とした。各群のうち5頭を病理組織学的観察に, 他の5頭を透明標本用の観察に用いた。

皮弁・移植骨の複合移植にあたっては, 実験動物を前述と同じ方法のソムノベンチールで麻酔し, 右側下顎部および筒状皮弁の剃毛, 口腔内の消毒後, 第2・3前臼歯, 第1・2後臼歯の抜歯を行い, 右側臼歯部顎骨下縁を切開し顎骨を露出させ, 露出顎骨部の第1後臼歯近心端より幅 2 cm の骨を, 歯科用パー・osteotome で離断した。その際, 下歯槽動脈, 静脈, 神経などは結紮後切断した。次に, 先に形成した筒状皮弁を遠心端で切離

し, 筒状皮弁を展開して, 移植骨片両端を露出させ, 先に連続離断した顎骨部に $\phi 55$ コバルトクロム線を用いて固定し, 次いで展開した皮弁と下顎部切開創皮膚を閉鎖縫合した。口腔内の抜歯創も同様に閉鎖縫合した。

なお本実験1)と2)のすべての術中には, 気管内挿管と, $0.9\%/\text{w}$ 生理食塩液の点滴注射を行い, さらに感染防止のため術後2日間にわたり抗生物質の筋肉内注射を行った。

3. 観察方法

1) 病理組織学的観察

実験動物を, ソムノベンチールの大量静脈内注射によって屠殺し, 骨移植筒状皮弁 (T1, T2, T3, T4 群) および複合移植した下顎 (M1, M2, M4 群) を摘出し, 10% ホルマリンで固定した。固定後の組織は 3.8% 硝酸エタノールを用いて冷蔵庫内で脱灰し, 通法に従って脱水・パラフィン包埋して組織切片を作製し, ヘマトキシリン・エオジン重染色およびマッソントリクロール染色をほどこし, 光学顕微鏡で観察した。

2) 透明標本による観察

実験動物を, ソムノベンチール (0.4 mg/kg) 麻酔下

写真4 T1 辺縁部 (H-E 染色, $\times 100$)

移植骨の骨細胞は変性・壊死を示し、骨髓には炎症性細胞浸潤がみられる。移植骨周囲の肉芽組織にも炎症性細胞浸潤がみられる。

写真5 T1 中央部 (H-E 染色, $\times 100$)

骨髓には壊死に陥った骨髓細胞がみられ、その中に内部に血球を入れた変性した壁を持つ血管がみられる。

で仰臥位に固定し、約 45°C に加温したヘパリン添加 (5,000 単位) 生理食塩液を総頸動脈より 160 mmHg の圧力で注入し、外頸静脈よりの排液がほぼ透明になった時点で屠殺し、さらに約 45°C に加温した5%ゼラチン添加墨汁液 (生食と墨汁の等量混合液) を、総頸動脈より注入し、注入液の流出防止のために動・静脈を結紮した。実験動物を一晩放置した後、骨移植筒状皮弁 (T1, T2, T3, T4群) および複合移植した下顎 (M1, M2, M4 群) を摘出し、10%ホルマリン固定液にて固定した。固定後の組織は常温で脱灰し、通法²⁾に従って透明標本作製した。標本作製後、軟組織をできるだけ骨組織から取り除き、骨標本を実体顕微鏡または肉眼によって観察した。なお総頸動脈より注入した墨汁液は、鈴木³⁾の報告による後耳介動脈の胸鎖乳突筋枝の表層に出る分枝から頸部に形成した筒状皮弁にはいり、さらに移植骨内へ移行した。また下顎への複合移植では、墨汁液は同様の経路および外頸動脈等より頸動脈などを經由して下顎部の移植骨に移行した。

III. 実験結果

1. 病理組織学的観察

筒状皮弁内移植骨および下顎骨へ複合移植した移植骨の病理組織学的変化は、表1, 2に示す通りであるが、以下各群の主要な所見をあげて説明する。

1) 筒状皮弁内骨移植の所見 (表1)

a) 筒状皮弁内骨移植1週間目の所見 (T1)

移植骨片の骨細胞には、核濃縮・核膜過染・染色性低下などの変性を示す所見が多くみられたが、ごく表層の一部の骨細胞には変化の認められないものも存在していた。全体的に移植骨骨梁には、新生骨および骨芽細胞はみられなかった。

移植骨骨髓では、骨の断端部・上縁部・下縁部に炎症性細胞浸潤と部分的な出血巣が認められ、細胞浸潤はおの中央部に向かって広がっていた (写真4)。骨の中央部では骨髓が壊死に陥っており、内部に血球を入れた血管の壁の変性所見が所々にみられた (写真5)。

移植骨周囲は、血管の少ない線維性肉芽組織によって取り囲まれていた (写真4)。

b) 筒状皮弁内骨移植2週間目の所見 (T2)

移植骨のほとんどすべての骨細胞は、変性・壊死に陥り、多くの骨小腔が空虚になっていた。骨の断端部・上縁部・下縁部では吸収と新生が同時に出現していた。すなわち、移植骨骨梁吸収窩に破骨細胞が認められるところ、また骨梁表面に直接新生骨が添加され、その新生骨上に骨芽細胞がやや密に配列しているところなどがみられた (写真6)。しかし中央部では、新生骨の添加や骨芽細胞はみられなかった (写真7)。

移植骨骨髓では、骨の断端部・上縁部・下縁部で線維性肉芽組織の増生がみられ、その中には壁が薄く管腔の広い血管も存在していた (写真6)。また各部での炎症性細胞浸潤は減少していた。しかし中央部では、一部に

表 1 筒状皮弁内移植所見

犬 番 号	性 別	体 重 [kg]	期 間	骨生 細胞 の	新 生 骨 の 存 在				骨存 芽在 細胞 の
					U	C	L	E	
1	♀	13.0	T1	N''	—	—	—	—	—
2	♀	7.0	T1	N''	—	—	—	+	+
3	♀	7.0	T1	N''	+	—	—	±	+
4	♀	12.0	T1	N''	—	—	—	—	—
5	♀	9.0	T1	N''	—	—	—	—	—
6	♂	8.5	T2	N	≡	+	≡	+	≡
7	♂	10.0	T2	N''	≡	—	≡	≡	≡
8	♂	8.0	T2	N''	≡	—	≡	+	≡
9	♂	10.0	T2	N	+	—	≡	≡	≡
10	♀	7.0	T2	N''	≡	—	≡	+	≡
11	♀	12.0	T3	N	≡	—	≡	≡	+
12	♀	10.0	T3	N	≡	±	≡	+	+
13	♀	7.5	T3	N	≡	±	≡	≡	≡
14	♀	9.0	T3	N''	≡	±	≡	≡	≡
15	♂	11.0	T3	N	≡	+	≡	≡	≡
16	♂	8.0	T4	N	≡	+	≡	+	≡
17	♀	8.0	T4	N	≡	+	≡	≡	≡
18	♂	8.0	T4	N	≡	+	≡	+	≡
19	♂	9.0	T4	N	≡	+	+	≡	≡
20	♀	5.5	T4	N	≡	±	≡	≡	≡

〔注 1〕 U: 上縁部, C: 中央部, L: 下縁部, E: 断端部, N: 骨細胞死, CD: 細胞壊死, In: 炎症性細胞浸
 '': 骨表層の一部に生存を認める

〔注 2〕 1) 骨細胞の生死について

N: 骨小腔内に核が存在しない, 骨小腔内に核が存在していても変性が多数認められる

2) 新生骨の存在について

— 全く認められない, ±: ごく一部にのみ認められる, +: 骨梁表面のごく一部に少量認められる
 の範囲は狭い, ≡: 骨梁周囲に多量に認められる

3) 骨芽細胞の存在について

—: 全く認められない, +: 一部の新生骨上に認められる, ≡: 少数の新生骨周囲に認められる

4) 骨髄の血管の存在について

—: 全く認められない, ±: ごく一部にのみ認められる, +: 少量認められる, ≡: 多量に認めら

新生血管と線維成分の多い肉芽組織の増生もみられたが, 大部分のところでは壊死組織や炎症細胞が多く存在していた(写真7)。

移植骨周囲は血管に富む線維性肉芽組織により取り囲まれていた(写真6)。

c) 筒状皮弁内骨移植3週間目の所見(T3)

移植骨の骨小腔は, 一部に染色性の低下した骨細胞の核がみられる以外, その大部分は空虚になっていた。骨の断端部・上縁部・下縁部では, 多量の新生骨の添加が観察された。また中央部でも, 一部の骨梁上に新生骨の

添加が開始されているのがみられ, これらの新生骨上には骨芽細胞が密に配列していた(写真8, 9)。

移植骨骨髄は, 断端部・上縁部・下縁部で線維の少ない疎な結合組織に置換されていたが, 中央部ではまだ線維性の肉芽組織の認められるところもあった(写真8, 9)。新生血管は, 骨の断端部・上縁部・下縁部ともにT2よりもさらに多く, かつ, その径も増加していた。また, 中央部でも同様に新生血管の増生がみられた(写真8, 9)。

移植骨周囲の線維性肉芽組織では, T2よりもさらに血

(病理所見)

骨				髓			
構		造		血 管 の 存 在			
U	C	L	E	U	C	L	E
In	CD	In	In	—	—	—	±
In	CD	In	In・LF	—	—	—	±
In・LF	CD	In	In・LF	±	±	—	±
CD	CD	CD	In	—	—	—	—
In	CD	In	CD・In	—	—	—	—
DF・LF	In・DF	DF・LF	In・DF	++	±	++	±
DF・LF	In・DF	DF・LF	DF・LF	++	±	±	+
DF	CD・In	DF・LF	In・DF・LF	+	±	+	+
DF	CD・In	DF・LF	In・DF	+	±	+	+
LF・DF	CD・In	In・LF・DF	In・DF	++	±	++	+
LF・DF	CD・In	LF・DF	In・DF	+++	+	+++	++
LF・DF	CD・In	DF	In・DF	++	±	++	+
DF	CD・In・DF	DF	DF	++	±	+	++
LF・DF	CD・In・DF	LF・DF	DF・LF	++	+	+++	++
LF・DF	In・DF	LF・DF	DF・LF	++	++	+++	+
DF	In・DF	LF・DF	DF	++	++	+++	++
LF	DF	LF	LF	+++	++	+++	+++
LF	DF	DF	DF	+++	++	++	+
LF	DF	LF・DF	LF・DF	+++	++	++	++
LF	In・DF	LF	LF・DF	+++	+	+++	+++

潤, DF: 密な線維組織, LF: 疎な線維組織,

るがその範囲は狭い, ++: 骨梁表面の一部に多く認められるがその範囲は狭い, 骨梁周囲に少量認められるがそ

++: 多数の新生骨周囲に認められる

れるがその範囲は狭い, +++: 多量に認められその範囲は広い

管の数と太さが増加していた(写真8).

d) 筒状皮弁内骨移植 4 週間目の所見 (T4)

移植骨の骨小腔では, T3 と同様に骨細胞の核の染色性低下と消失が認められた. 移植骨の大多数の骨梁に多量の新生骨の添加がみられ, 新生骨上には骨芽細胞が密に配列していた(写真10, 11).

移植骨骨髓は, 断端部・上縁部・下縁部で線維の少ない疎な結合組織で置換されていたが, 中央部では, 線維性肉芽組織と疎な結合組織とが混在しているのがみられた. 新生血管は, T3 と比較してその数が減少していた

が, 管腔は広いものが多くみられた(写真10, 11).

移植骨周囲の線維性肉芽組織内の血管はやや T3 よりも減少していた(写真10).

2) 下顎への複合移植後の所見(表2)

a) 下顎への複合移植 1 週間目の所見 (M1)

移植骨の骨梁内骨小腔はほとんどのところで空虚になっていた. 移植骨の上縁部・下縁部・中央部にある骨梁には新生骨がみられ, その表面には密に配列した骨芽細胞が認められた. 移植骨骨髓は, 上縁部・下縁部・中央部の各所で線維成分のやや少ない肉芽組織となってお

写真 6 T2 辺縁部 (H-E 染色, ×100)

移植骨の骨細胞は壊死に陥っているが、骨梁表面には新生骨の添加がみられ、その新生骨上には骨芽細胞がみられる。骨髄には肉芽組織がみられ、壁の薄い血管がみられる。

写真 7 T2 中央部 (H-E 染色, ×100)

壊死に陥った骨髄細胞と炎症性細胞がみられる。骨梁表面には新生骨の添加はみられない。

写真 8 T3 辺縁部 (H-E 染色, ×100)

骨梁表面に新生骨の添加が多くみられ、その新生骨上に骨芽細胞が認められる。骨髄は疎な結合組織に置換されており、壁の薄い血管が多くみられる。

写真 9 T3 中央部 (H-E 染色, ×100)

骨梁表面に新生骨の添加がみられ、新生骨上には骨芽細胞がみられる。骨髄には線維性肉芽組織がみられ、壁の薄い血管も多数存在している。

写真 10 T4 辺縁部 (H-E 染色, ×100)

骨梁表面に新生骨の添加がみられ、その新生骨上に骨芽細胞がみられる。骨髄には疎な結合組織がみられる。

写真 11 T4 中央部 (H-E 染色, ×100)

骨梁表面に新生骨の添加がみられ、その新生骨上に骨芽細胞が認められる。骨髄には線維性肉芽組織と疎な結合組織がみられる。

写真 12 M1 移植骨辺縁部 (H-E 染色, ×100)

骨梁表面に新生骨の添加がみられ、その新生骨上に骨芽細胞が認められる。骨髄にはやや線維性の肉芽組織と、壁の薄い血管が多くみられる。周囲を取り囲む線維性肉芽組織には軽い炎症性細胞浸潤がみられる。

写真 13 M1 移植骨中央部 (H-E 染色, ×100)

骨梁表面に新生骨の添加と、新生骨上に骨芽細胞がみられる。骨髄には線維成分のやや少ない肉芽組織と壁の薄い血管がみられる。

表 2 下顎への複合移植所見

犬 番 号	性 別	体 重 [kg]	期 間	部 位	骨生 細胞 の	新 生 骨 の 存 在				骨存 芽在 細胞 の
						U	C	L	E	
21	♂	10.0	M1	M	N	±*	—	±*	—*	++
				D	N	—*	—	±*	—*	++
22	♀	9.0	M1	M	N	±*	—	—*	—*	+
				D	N	—	—	—	—*	—
23	♂	9.0	M1	M	N	—	±	+	—	++
				D	N	—	+	±	—	++
24	♂	9.5	M1	M	N	+++	±	+++	±*	+++
				D	N	+++*	±	+++	—*	+++
25	♀	9.0	M1	M	N	++	+	++	—*	++
				D	N	±	++	±*	—	++
26	♂	9.5	M2	M	N	—*	±	++*	—*	++
				D	N	++*	+	++	±*	++
27	♂	9.0	M2	M	N	++	++	+++	++	++
				D	N	±	+	+	—*	+
28	♂	10.5	M2	M	N	+++	+++	++	+	+++
				D	N	+++	+++	+++	++*	+++
29	♀	11.0	M2	M	N	+++	+++	+++	±*	+++
				D	N	+++	+++	+++	±*	+++
30	♂	10.0	M2	M	N	+++	+++	+++	±*	++
				D	N	++*	++	±*	—*	++
31	♀	7.0	M4	M	N	+++	+++	±*	++	+++
				D	N	±*	±*	++*	±*	+
32	♀	8.5	M4	M	N	+++	+++	+++*	±*	++
				D	N	+++	+++	+++	++	+++
33	♂	10.5	M4	M	N	+++	+++	+++	+++	+++
				D	N	+++	+++	+++	++	+++
34	♂	10.0	M4	M	N	++	+++	+++	++*	+++
				D	N	±*	±	+++	++	+++
35	♂	11.5	M4	M	N	+++	++	+++	+++	++
				D	N	+++	+++	+++	++	++

〔注 1〕 U: 上縁部, C: 中央部, L: 下縁部, E: 断端部, N: 骨細胞死, M: 近心, D: 遠心, CD: 細胞壊
られる

〔注 2〕 表 1 の注 2 と同じ

り、一部には炎症性細胞も存在していた。骨髓の血管は、母床接合部以外のところでも多くみられた（写真12, 13）。移植骨を取り囲む軟組織は、線維成分の多い肉芽組織で、血管も多くみられるが、一部には炎症性細胞浸潤の存在するところもあった（写真12）。

移植骨と母床下顎骨の間には、間隙がみられ、その所々に壊死組織が存在していた。また、下縁部では肉芽組織の侵入がみられた。母床に接する移植骨の骨梁の新生

骨の骨細胞核には、核濃縮などの変性所見がみられ、骨髄組織は一部壊死に陥っており、炎症性細胞浸潤も著明にみられた（写真14）。

b) 下顎への複合移植後 2 週間目の所見 (M2)

移植骨の骨梁は M1 と同様な所見を示した。移植骨の上縁部・下縁部・中央部では多くの新生骨がみられ、その表面には密に配列した骨芽細胞が認められた。移植骨骨髓が周囲の線維性肉芽組織と接する上縁部・下縁部で

(病理所見)

骨				髓				母関 床との
構 造				血 管 の 存 在				
U	C	L	E	U	C	L	E	
In・LF	In・DF	DF・LF・In	In	±	+	≡	—	/
In・LF	CD・In・DF	DF・LF・In	CD・In	±	±	≡	—	/
CD・In・DF	CD・In・DF	CD・In	In・CD	±	±	±	—	/
CD・In・DF	CD・In	CD・In	In・CD・DF	±	—	±	—	/
CD・In・DF	CD・In・DF	In・DF	CD・In・DF	±	±	≡	—	Fu
In・DF	CD・In・DF	In・DF	CD・In	+	+	≡	—	/
LF・DF	DF	LF・DF	CD・In・DF	≡	+	≡	±	/
LF・CD	DF	LF	CD・DF	≡	+	≡	—	/
DF	In・DF	LF・DF	CD・DF	≡	+	≡	±	/
DF	CD・In・DF	DF	CD・DF	+	+	≡	±	/
In	DF・In	DF・In	DF・In	±	≡	≡	±	/
LF・DF	DF・In	LF・DF	DF	≡	≡	≡	±	/
LF	DF	LF・DF	DF	≡	+	≡	+	Fu
DF	DF	DF	In・DF	+	+	+	±	Fu
LF・DF	DF	DF・LF	DF	≡	≡	≡	+	/
LF・DF	LF	LF	DF	≡	≡	≡	+	Fu
LF	LF	LF	DF	≡	≡	≡	+	Fu
LF	LF・DF	LF	DF	≡	≡	≡	+	Fu
LF	LF	LF・DF	DF	≡	≡	≡	+	Fu
DF	In・DF	DF	DF	+	≡	+	+	Fu
LF・DF	DF・LF	DF・LF	LF・DF	≡	≡	≡	≡	Fu
DF	In・DF	DF	DF	+	≡	≡	+	Fu
LF	LF・DF	LF・DF	DF	≡	≡	≡	+	Fu
LF	LF	LF・DF	DF	≡	≡	≡	≡	Fu
LF	LF	LF・DF	DF	+	≡	≡	+	Fu
LF・DF	LF	LF・DF	DF	≡	≡	≡	+	Fu
LF・DF	LF・DF	LF	DF	+	≡	≡	+	Fu
DF	DF	LF・DF	DF	≡	+	≡	+	Fu
LF	LF	LF・DF	DF	≡	≡	+	+	Fu
LF・DF	LF・DF	DF・LF	DF	≡	≡	+	+	Fu

死, In: 炎症性細胞浸潤, DF: 密な線維組織, LF: 疎な線維組織, Fu: 線維性結合, *: 骨細胞核に変性がみ

は、骨髓は線維成分の多い肉芽組織でしめられていたが、この部より中央へ向かって骨髓は線維成分の少ない疎な結合組織となっていた。骨髓の血管は、上縁部・下縁部・中央部の各部で多数が認められた(写真15, 16)。移植骨を取り囲む軟組織は、線維性の肉芽組織であった(写真15)。

移植骨と母床下顎骨の間の大部分には、血管に富んだ線維性の肉芽組織が増生していたが、一部では線維性組

織による結合もみられた。母床に接する移植骨には、M1 でみられたような変性した骨梁上にさらに正常な新生骨の添加が観察され、また、移植骨の母床接合部下縁には硝子軟骨の形成が認められた(写真17, 18)。

c) 下顎への複合移植後4週間目の所見(M4)

移植骨の骨梁とその周囲の新生骨には、新生骨形成量以外の点でM2の所見と相違するような変化はみられなかった。上縁部・下縁部・中央部での新生骨形成量は多

写真 14 M1 移植骨母床接合部(H-E 染色, ×100)
母床下顎骨と移植骨の間には間隙がみられ, また骨梁の骨細胞に変性がみられる。骨髓には壊死組織がみられる。

写真 15 M2 移植骨辺縁部 (H-E 染色, ×100)
骨梁表面に新生骨の添加がみられ, 新生骨上に骨芽細胞が認められる。骨髓では, 辺縁部に密な線維性組織が存在し, 一方中央よりの部分には線維の少ない疎な結合組織がみられる。

写真 16 M2 移植骨中央部 (H-E 染色, ×100)
骨梁表面に新生骨の添加がみられ, 新生骨上には骨芽細胞が認められる。骨髓には線維の少ない疎な結合組織がみられる。

写真 17 M2 移植骨母床接合部 (H-E 染色, ×100)
移植骨骨髓には結合組織と肉芽組織がみられる。

く、特に上縁部・下縁部では新生骨が互いに連絡して幅の広い骨梁を形成し、その辺縁には密に骨芽細胞が配列していた。移植骨骨髓は線維の少ない疎な結合組織から成り、そこには多くの血管が存在していた(写真19, 20)。移植骨を取り囲む軟組織は、M2 同様に線維性の肉芽組織であった(写真19)。

移植骨と母床下顎骨は、全体的に密な線維性組織で連絡しているが(写真21)、一部には新生骨によって両者の間に骨性癒合に近い状態を示しているところもみられ

た。

2. 墨汁注入透明標本による観察

墨汁注入透明標本による血行路所見は表3, 4に示す通りであるが、以下各群の主要な所見をあげて説明する。

1) 筒状皮弁内骨移植の所見(表3)

a) 筒状皮弁内骨移植1週間目の所見(T1)

移植骨の下縁部の一部に疎な墨汁線が数条みられ、また、下縁部と上縁部の一部、および断端部に極めて細く

写真 18 M2 移植骨母床接合部 (H-E 染色, $\times 100$)
左の移植骨の接合部下縁に硝子軟骨の形成がみられる。

写真 19 M4 移植骨辺縁部 (H-E 染色, $\times 100$)
幅広い新生骨がみられる。移植骨周囲は線維性肉芽組織で取り囲まれている。

写真 20 M4 移植骨中央部 (H-E 染色, $\times 100$)
骨梁表面に新生骨の添加がみられ、新生骨上に骨芽細胞が認められる。骨髄は疎な結合組織でしめられている。

写真 21 M4 移植骨母床接合部 (H-E 染色, $\times 100$)
移植骨側の新生骨(左)と母床側の新生骨(右)は互いに接近し密な線維性結合を示している。

短い墨汁線が認められた。中央部では所々に点状の墨汁貯留が存在し、この貯留部よりその周囲に極めて細く短い墨汁線が数条みられた。断端部・上縁部にはやや広範に色素浸潤が認められた(写真22)。

b) 筒状皮弁内骨移植 2 週間目の所見 (T2)

T1 と比較して極めて明瞭で多くの墨汁線網が全辺縁部にみられた。これらの墨汁線網は、移植骨の外側皮質骨から直角に中央部に侵入していた。またこれらの墨汁線網の先端には、墨汁貯留と次の墨汁線網が所々に認められた。しかし、中央部の墨汁線と辺縁部周囲からの墨

汁線との間の連絡は、それほど多くなかった(写真23)。

c) 筒状皮弁内骨移植 3 週間目の所見 (T3)

墨汁線は T2 と比較するとさらに中央部深く侵入し、またそれによる線網もより密に形成されていた。この線網を形成する個々の墨汁線は、T2 と比べるとやや太いものが増えており、また辺縁部周囲より侵入した墨汁線網と密に連絡していた(写真24)。

d) 筒状皮弁内骨移植 4 週間目の所見 (T4)

移植骨全体に墨汁線がみられ、個々の墨汁線は T3 よりも太く、また、辺縁部では密な墨汁線網が重複して観

表 3 筒状皮弁内移植所見 (透明標本所見)

犬 番 号	性 別	体 重 [kg]	期 間	腸 骨				
				E1	U	C	L	E2
36	♂	9.0	T1	一※	十※	一※	十※	十※
37	♀	7.5	T1	一※	十※	一※	一※	十※
38	♂	7.5	T1	十※	十※	十※	十※	十※
39	♀	7.0	T1	一※	十※	一※	十※	十※
40	♀	7.0	T1	十※	十※	十※	十※	十※
41	♂	8.5	T2	十※	十※	十※	十※	十※
42	♀	10.0	T2	十※	十※	十※	十※	十※
43	♀	6.5	T2	十※	十※	十	十※	十※
44	♀	5.5	T2	十※	十※	十	十※	十※
45	♀	11.0	T2	十※	十※	十※	十	十※
46	♀	6.5	T3	十※	十	十	十	十
47	♀	4.0	T3	十	十	十	十	十
48	♂	11.5	T3	一※	十※	十※	一※	一
49	♀	8.0	T3	十※	十※	十※	十※	十※
50	♀	5.5	T3	十※	十※	十※	十※	十※
51	♀	8.5	T4	十	十	十	十	十
52	♀	6.5	T4	十	十	十	十	十
53	♂	5.5	T4	十	十	十	十	十
54	♂	6.5	T4	十	十	十	十	十
55	♀	8.5	T4	十	十	十	十	十

[注 1] E1: 断端部, U: 上縁部, C: 中央部, L: 下縁部, E2: 断端部, 断端部腸骨厚: E1>E2, ' : 血管径の太いものがみられる. ※: 色素浸潤および貯留がみられる

[注 2] 血行路について
一: 墨汁線が全くみられない
+: 墨汁線が少量みられる
十: 墨汁線が多量にみられるが網目形成は少ない
十: 墨汁線網が少量形成される
十: 墨汁線網が多く形成される
十: 墨汁線網がきわめて多く形成される

察された。色素貯留はほとんどみられなかった (写真 25)。

- 2) 下顎への複合移植後の所見 (表 4)
- a) 下顎への複合移植後 1 週間目の所見 (M1)

移植骨下縁部には、やや密に形成された墨汁線網がみられ、この中には数条のやや太い墨汁線も認められた。また中央部へは墨汁線の侵入が比較的多く認められた。さらに、この部位には移植骨外側皮質骨を貫ぬいて侵入する墨汁線も存在していた。上縁部では、近心側の一部に疎な墨汁線網が形成されていた。

移植骨の近心端・遠心端には、軽い色素浸潤がみられ

写真 22 T1 (×4.5)

移植骨下縁に数条の墨汁線が、また辺縁部には細く短い墨汁線がみられる。断端・上縁に墨汁液貯留がみられる。

写真 23 T2 (×4.5)

移植骨全周縁に明瞭な墨汁線網がみられ、中央部の所々にも墨汁線網と貯留がみられる。

写真 24 T3 (×4.5)

移植骨の墨汁線網は中央部まで拡大し、辺縁部より侵入した墨汁線網と密に連絡している。

写真 25 T4 (×4.5)
移植骨全体に墨汁線網がみられる。

写真 26 M1 (×3)
移植骨下縁に墨汁線網がみられ、中央に侵入している。両断端からの墨汁線網はみられない。

写真 27 M2 (×3)
移植骨上縁の一部と下縁部全体および両端に密な墨汁線網が形成され、それは骨中央にも及んでいる。

たが、母床下顎骨と移植骨とを連絡するような墨汁線はみられなかった(写真26)。

b) 下顎への複合移植後2週間目の所見 (M2)

墨汁線は、移植骨上縁部の一部と下縁部で密に墨汁線

表 4 下顎への複合移植所見 (透明標本所見)

犬 番 号	性 別	体 重 [kg]	期 間	遠 心 母 床	腸 骨					近 心 母 床
					E1	U	C	L	E2	
56	♂	10.0	M1		一#	一#	一	一#	十#	十
57	♂	8.0	M1						一#	
58	♂	9.0	M1							
59	♂	8.5	M1							
60	♂	8.0	M1		一#	十	十		十#	
61	♀	10.5	M2							
62	♀	9.0	M2							
63	♂	9.0	M2							
64	♀	7.0	M2							
65	♂	10.0	M2		一#	一#	十#	十#		
66	♂	8.0	M4							
67	♀	8.0	M4							
68	♂	12.0	M4							
69	♀	8.0	M4							
70	♀	10.0	M4			十'		十'	十#	

[注] 表3の注1, 2と同じ

写真 28 M4 (×3)
移植骨全体に密な墨汁線網が形成され、それは母床と密に連絡している。

網を形成していた。さらに、移植骨近心端および遠心端の固定線付近に、極めて密に形成された墨汁線網がみられ、この墨汁線網は母床下顎骨の墨汁線網と密に連絡していた。中央部での墨汁線網はやや疎であるが、全体的にM1よりも墨汁線は太いものが多く、またその数も増加していた(写真27)。

c) 下顎への複合移植後4週間目の所見 (M4)

移植骨全体にM2よりさらに明瞭で密な墨汁線網の形成がみられ、その個々の墨汁線網の太さもM2より太くなっていた。特に、近心端・遠心端・下縁部では極めて

密に形成された墨汁線網が認められ、母床下顎骨の墨汁線網と極めて密に連絡していた(写真28)。

IV. 考 察

周囲軟組織に及ぶ下顎骨腫瘍の廓清手術による軟組織欠損と顎骨欠損の再建には、皮膚を含む軟組織の補填と骨の補填の両方を実施しなければならない。再建術の方法として皮膚と骨の補填を同時に実施する方法⁹⁾は、手術回数が1回ですむこと、病期が少なくすむこと、早期より形態・機能の回復がはかれるので、患者の苦痛が少ないこと、早期の社会復帰が可能であることなどの多くの利点を有するが、一方、移植骨の生着に対する確実性に不安が存在する。特に術前に放射線照射療法を受けた症例では、移植床の骨は程度の差はあるにしろ骨炎を起こし、周囲軟組織の血管にも変性をきたしている⁵⁾ので移植床の条件が悪く、早期よりの血行路形成、結合組織の侵入が困難になるものと考えられ、骨欠損部の補填に失敗することがある。皮弁についても、血行が不十分であれば茎より遠隔部での壊死を生ずる場合も起こりうる。そこで、皮弁を用いて1次再建を行い、皮弁が確実に生着した後に骨移植を行う方法^{6,7)}が一般的に行われているが、手術回数が多くなる、病期が遷延する、患者の苦痛が長くなる、社会復帰が遅れるなどの問題がある。これに対し、移植骨の血行を温存したままで骨移植を行う方法として、皮膚柄付骨移植⁸⁻¹¹⁾、筋肉柄付骨移植^{12,13)}、血管柄付骨移植¹⁴⁾などが行われているが、これらの移植は体位や移植骨採取部位による制限、栄養血管の長さによる制限、栄養血管の過屈曲の防止などかなりの制限があり、また軟組織柄と骨の位置が生体の位置関係できまるので、移植床に適合するように形成するのに困難を生ずることが多い。特に下顎の修復に対し使用しうる軟組織柄付骨は鎖骨と肋骨に限られており必ずしも応用が容易であるとはいえない。

これら従来の方法の欠点を補うべく河合¹⁾は、Delay期間中の筒状皮弁内に腸骨を移植し、移植骨を皮弁内に定着させた後に皮膚柄付骨移植と同じ形で下顎部に皮弁・骨複合移植を行っている。この方法は皮膚・骨複合移植に最も適した位置に骨を埋入することが可能なため移植床への適合は極めて容易であり、臨床的に優れた方法と考えられているが、移植骨の皮弁内の組織的定着、複合移植時の母体への定着などについては、全く基礎的資料を欠いているため、著者は病理組織学的ならびに透明標本によって、それらの問題点を解明すべく基礎的実験を行った。

1. 筒状皮弁内移植について

筒状皮弁内に移植された腸骨は、1週間後に辺縁部を除いて大部分が骨細胞の退行変性を示し、特に中心部の骨細胞は急速に壊死に陥っていた。しかし、辺縁部では

僅かに骨細胞の生存が認められた。このことは骨細胞が皮弁からの組織液環流による栄養を受けていたものと推定される。骨髄も大部分が壊死に陥るが、辺縁部の皮弁に接する部分では、変性壊死所見と炎症所見とが混在していた。これは皮弁との接触部で、移植骨の骨髄が生存していることを示す所見と考えられる。移植骨辺縁部の骨細胞や骨髄が生存していることは、移植骨辺縁部で、病理組織学的に血管の疎なこと、また、透明標本に墨汁の貯留がみられることなどから、皮弁からの組織液環流によるものと推定される。

2週間後には、移植骨の骨細胞は全域にわたって変性または壊死に陥っていたが、辺縁部では骨梁吸収と同時に新生骨の添加が認められた。また、移植骨の骨髄では辺縁部より血管に富んだ線維性肉芽組織が増殖侵入し、壊死組織との置換が開始されていた。これらの所見は、皮弁からの組織液環流による移植骨の栄養は、1週間位で、それ以降は皮弁からの肉芽組織の増生によって新生血管網が移植骨の辺縁部に形成され、移植骨の栄養はそれらの血行によることを示している。また、透明標本も移植骨辺縁部から移植骨の骨髄中に入る新生血管網形成の所見、すなわち新しい栄養路の再生の所見を示していた。

3週間後には、移植骨骨髄の中心部は線維性肉芽組織によって置換されていたが、辺縁部では次第に炎症は消失し、疎な結合組織の所見を呈するようになっていた。また、新生骨の添加も極めて活発であった。透明標本所見も新生血行路が移植骨中心部にまで及んでいることを示していた。この時点で皮弁から移植骨への新栄養路が完成したものとみなすことができる。

4週間後では、移植骨骨髄中心部の疎な結合組織化も進み、また骨全体の新生骨添加も活発なことから、この時期に皮弁と移植骨の完全な組織的結合が完成したと考えられる。透明標本も移植骨全体に濃密な血管網形成の所見を示し、皮弁から移植床への新栄養路の完成を裏づけている。

以上の所見から、3週間後には移植骨の全骨髄が、線維性の新生肉芽組織と疎な結合組織の混在する組織に置換し、辺縁部では移植骨と皮弁が組織学的に完全に結合しているものと考え、骨と皮弁の下顎部への複合移植を、骨の皮弁内移植後3週間の時期に一定して実施した。

2. 下顎への複合移植について

下顎への皮弁・骨複合移植を行った1週間後の病理組織学的所見では、移植骨の接合部の骨細胞にだけ変性がみられ、中央部・上縁部・下縁部には変性は認められなかった。また骨髄内には軽度の炎症性変化が認められたが、全体的に移植骨骨髄には変性・壊死などの著明な変化はみられなかった。また、移植骨の骨梁表面には骨芽細胞が配列し、新生骨の添加が活発であることを示していた。このように移植初期から中央部・上縁部・下縁部

の移植骨骨髓組織が生活力に富んで、骨新生が活発に行われている理由は、皮弁からの血行によって初期から移植骨が良好な栄養供給を受けているためと推定された。このことは、透明標本でも皮弁に接する移植骨の中央部・上縁部・下縁部に血行路が初めから存在していることで裏づけられる。これに対し、母床と移植骨の接合部では、組織学的に壊死組織や炎症性細胞などがみられ、さらに透明標本所見でも接合部には軽い墨汁浸潤が観察された。このことは接合部には血行路が存在しないことを明らかに示している。さらにこれらのことは、移植骨に母床からの栄養路が存在しなくても、皮弁からの栄養路によって移植骨が生活していることを示している。一方、下顎骨連続離断部に対する一次骨移植については、清水¹⁵⁾は病理組織標本と透明標本によって、移植骨骨髓が早急に壊死に陥り、骨質の破壊吸収も著しく、また血行の再開にも2週間を要することなどを示している。これに比して著者の複合移植実験では、移植骨は下顎部移植直後から生活力が旺盛で、この原因は前述のごとく皮弁からの血行により極めて良好な条件下に移植が行われていたためと考えられる。

2週間目では、移植骨骨髓の生活力はさらに旺盛で、新生骨の形成添加もますます活発になっていた。また、血行路も透明標本所見で明らかのように、皮弁から移植骨中央に向かってさらに濃密になっていた。母床との接合部では、一部に炎症性変化も残存するが、大部分は炎症のない線維性肉芽組織によって接合部の壊死組織が置換され、さらには新生骨の形成添加・軟骨形成などの所見も認められた。血行路も透明標本では接合部で、母床と連絡する新生血行路の形成が多くなり、それが移植骨中央の皮弁からの血行路と連絡しはじめていた。このことは、皮弁からの栄養によって移植骨が生活力を有しているために、母床と移植骨の間の血行路の形成が極めて速やかに進むことを示している。これに比して、清水¹⁵⁾の一次骨移植の成績では、2週間目でも移植骨中央部に色素浸潤がみられ、血行路の形成が本実験の場合よりも相当遅れて起こることを示している。

4週間目では、接合部の炎症所見も全く消失し、新生骨添加も活発で母床との骨性癒合の所見も認められた。血行路は、透明標本の所見から、皮弁よりのものと母床よりのものとが密に連絡するようになっているのが明らかであった。したがって移植骨は、皮弁よりの血行と母床よりの血行の両者によって栄養を供給されと考えられた。これは、清水¹⁵⁾の一次骨移植の4週間のものでも、一部に血行路の形成が欠除している所見に比して、極めて移植骨の定着が早いことを示している。

以上を要約すると、皮弁内に骨移植を行うと皮弁と移植骨の間の組織化は3週間でほぼ完成し、両者を一体として下顎に複合移植を行うと、移植初期から皮弁側の血行によって移植骨内の組織は生存したままで移植床に落

ち着き、新生骨の形成も早くから認められた。また初めから移植骨内に血行路が存在するため、母床からの血行路の連絡も速やかであり、移植手術によって壊死に陥った接合部の修復も早く、母床との骨性癒合も早期に起こる所見が得られた。これらの結果は、軟組織柄付骨を下顎に移植した場合の結果と類似した優れた成績であり、また手技の上では任意の場所に移植骨を埋入して移植床との適合をはかれるという意味では、軟組織柄付骨移植よりも有利で、臨床応用の範囲は広いものと考えられる。

V. 結 語

著者は成犬40頭を用い、頸部に作製した筒状皮弁内に自家新鮮腸骨を移植し、1・2・3・4週後の移植部の変化を病理組織学および、墨汁注入透明標本による方法で検索した。次に成犬30頭を用い、頸部皮弁内に骨移植3週間後に、皮弁と骨を下顎に複合移植し、1・2・4週後の移植部の状態を病理組織学および墨汁注入透明標本による方法で検索した。上記2つの実験から次のような結果を得た。

1. 筒状皮弁内移植骨について

1) 辺縁部以外の大部分の移植骨の骨細胞や骨髓は、移植後1週で変性や壊死に陥っていた。

2) 2週後では移植骨辺縁部の骨髓は線維性肉芽組織によって置換されていたが、中央部の骨髓は、まだ壊死の状態を示していた。しかしながら、3週後では辺縁部の骨髓は線維性肉芽組織と疎な結合組織の混在する組織によって置換され、移植骨と皮弁との間の組織化が完成されていた。

3) 移植骨は、移植後1週間の間は組織液の環流によって栄養を受け、2週後からは肉芽組織の侵入に伴う新生血管によって栄養が供給されていた。3週後では移植骨全体は、新生血管の完成した血管網によって栄養を受けるようになっていた。

4) 移植骨の骨改造は2週後の肉芽組織の侵入とともに起こり、3週後では新生骨の添加は移植骨全体の骨梁にみられた。

2. 下顎への複合移植について

1) 移植骨の栄養は、移植後1週間、すでに皮弁からの血行によって良好に保たれていた。2週後では母床と移植骨の血管が相互に連絡し始め、4週後では両者の間にさらに密な血管網が形成されていた。したがって、皮弁内移植で再生された移植骨の骨髓およびその時に生じた新生骨は、複合移植後もはじめてから生存したままで母床に生着したことが明らかである。

2) 移植骨の新生骨形成は下顎移植後の1週から比較的旺盛で、4週後では新生骨形成はさらに著明となっていた。

以上の筒状皮弁内移植実験と下顎への複合移植実験の結果から、皮弁・移植骨の複合移植では、移植骨が生存した状態で移植床に移入され生着することが明らかで、従来の一次骨移植に比して、本実験の複合移植は安全かつ速やかな治療経過をとり、臨床応用価値が高いことを示唆している。

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜った河合幹教授、またご助言、ご校閲を賜った本学病理学教室亀山洋一郎教授に深謝いたします。さらに本研究にご協力いただいた第2口腔外科学教室員各位、本学病理学教室員各位に感謝いたします。

本論文の要旨は、昭和56年6月第35回日本口腔科学会総会において発表した。

引用文献

- 1) 河合 幹, 他: 筒状皮弁中に腸骨片を遊離移植し皮弁と骨を一体として下顎の修復を行った1例. 日口外誌 24: 635 1978.
- 2) 佐野 豊: 組織学的研究法. 第5版, 南山堂, 東京, 1979, 699頁.
- 3) 鈴木孝司: イヌの頸部血管系に関する研究 I. 頸部筋の血管分布. 解剖学雑誌 38: 232 1963.
- 4) John, J. Conley: Regional Flap of the Head and Neck. Georg Thieme Publisher, Stuttgart, 1976, p 247.
- 5) John, J. Conley: Complication of Head and Neck Surgery. W.B. Saunders Co, Philadelphia, 1979, p 331.
- 6) 今野昭義, 他: 下顎口腔底悪性腫瘍切除後の再建術一術式の検討について. 日耳鼻 78: 154 1975.
- 7) 竹田千里, 他: 頭頸部がんの再建外科的治療. 耳鼻臨床 69: 465 1976.
- 8) Degen, I.: Modeling and transfer of composed bone autograf in tubed flap -in experiment. Acta Chr Plast 12: 133 1970.
- 9) John, J. Conley, et al.: Investigation of bone changes in composite flaps-after transfer to the head and neck region. Plast Reconstr Surg 51: 658 1973.
- 10) Snyder, C., et al.: Mandibulo-Facial restoration with live osteocutaneous flaps. Plast Reconstr Surg 45: 14 1970.
- 11) Canalis, R., et al.: Role of periosteum on the fate of pedicle osteocutaneous grafts. Ann Otol 88: 642 1979.
- 12) Harleley, J., et al.: Muscle-Pedicle Bone Grafts. J Bone and Joint Surg 36-A: 800 1954.
- 13) 倉田陽太郎: 筋柄骨移植に関する実験的研究. 日整会誌 31: 348 1957.
- 14) Strauch, B., et al.: An experimental approach to mandibular replacement: island vascular composite rib grafts. Brit J Plast Surg 24: 334 1971.
- 15) 清水博文: 骨移植に関する実験的研究. 日口外誌 14: 2 1968.