

剛性 固定이 成長中인 家兔의
前頭鼻骨封合에 미치는 影響에 關한 研究

慶熙大學校 齒科大學 口腔顎顔面外科學教室

金曉種 · 金麗甲

THE EFFECT OF RIGID FIXATION ON THE FRONTAL NASAL
SUTURE IN GROWING RABBITS

Hyo-Jong Kim DDS, MSD, Yeo-Gab Kim, DDS, MSD, PhD

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
College of Dentistry, Kyung Hee University

This study was aimed to clarify the histopathological changes in the experimental animal model subjected to rigid fixation performed across the frontonasal suture in growing rabbits.

Sixteen rabbits aged 6 weeks used. In experimental group (n=12), rigid fixation with miniplates and screws was performed across the frontonasal suture. Control group (n=4) was those with periosteal elevation only. Experimental animals were sacrificed on the 2nd, 4th, 8th, and 12th week after operation, and frontonasal suture area was excised for light microscopic and scanning electron microscopic examination.

The results obtained were as follows :

- 1. In control groups, collagen fiber bundles ran in the midportion of bone suture and cambial layers were seen at bone surface. Sutural surfaces are beveled and external and internal bony projected portions were observed.*
- 2. In experimental groups, distance of bone suture was decreased by new bone formation on the 2nd week, while increased by bone resorption at the miniplate applied area and bone formation in the adjacent bone on the 4th week.*
- 3. In experimental groups, the original bone surface was almost resorbed and new bone formation was found on the 8th week. Regularly-run collagen fibers, smooth and dense bone surfaces were similar to the bone patterns of control groups on the 12th week.*

Above results suggest that bone formation is restricted where the miniplate is applied, while compensatory growth is appeared in the adjacent bone. It is considered that rigid fixation with miniplates and screws results in a little disturbance of sutural growth of the craniofacial bone in infancy and children when applied for short duration.

I. 緒 論

頭蓋顔面の 成長은 軟骨이 骨로 代置되는 軟骨內 骨化, 骨膜으로부터 添加性 成長이 이루어지는 膜性 骨化 그리고 縫合性 骨化의 세 가지 方法에 依의 發生된다¹⁾. 骨縫合은 頭蓋顔面部 成長에 重要한 役割을 하는 骨과 骨사이에 있는 纖維性 關節로서 成長期에 눈이나 腦같이 成長되는 內臟器管들과 步調를 맞추어 매우 制限된 運動만을 許容하며 頭蓋骨과 顔面骨이 成長되도록 한다.

頭蓋顔面骨縫合의 正常的인 成長과 發育, 構造나 機能等에 關해서는 물론 이에 影響을 미치는 要素들에 關하여 지금까지 많은 研究가 이루어져 왔다²⁻¹⁹⁾. 骨縫合의 形態學的 研究에서 Pritchard 等(1956)²⁰⁾은 人間, 양, 家豚, 고양이 家兔 및 白鼠 等의 標本 研究에서 骨縫合은 兩側 骨端의 骨形成層 및 被膜層 그리고 中間層等으로 構成되며 骨縫合의 内外側은 結合層에 依해 連結되어 있다고 하였으며, Scott (1958)²¹⁾은 成長中 内外的 要因에 따른 骨縫合 形態의 變化에 對하여 斜線縫合은 新生骨 形成課程에서 骨縫合의 位置가 변하지만 衡頭縫合(butt-ended suture)은 變化를 나타내지 않는 境遇가 있다고 하였다. 이와같은 骨縫合의 位置 變化 與否는 顎顔面畸形의 診斷을 爲하여 頭部放射線計測寫眞의 重疊時 標準線으로 有效性을 決定하는데 도움이 된다. Oudhof(1982)²²⁾, Oudhof와 Markens(1982)²³⁾等은 쥐의 冠狀縫合 및 矢狀縫合의 成長에 對한 研究에서 이를 形態的으로 觀察하여 骨端이 窩에 嵌入된 多數의 釘모양으로 結合되는 楔狀縫合(multigomphosis)이라고 하였으며 骨縫合의 맞물림 程度는 骨縫合의 內側에서는 緩慢하고 外側에서는 屈曲이 심하다고 하였다.

骨縫合이 頭蓋顔面骨의 成長에 미치는 影響에 關하여 頭蓋骨成長의 一次部位로서 “骨端의 中心”으로 作用한다는 說과 頭蓋內 臟器가 成長되는 동안 이에 適應하여 골과 骨사이에 相對的 膨脹을 許容하는 受動的 役割만 한다는 說이 있는데, Moss(1954)²⁴⁾는 白鼠를 이용한

實驗研究에서 正常 頭蓋骨 形態는 骨膜의 骨形成能에 좌우되며 骨縫合의 位置에 依해 決定되지 않는다고 하였으며 頭蓋骨 縫合이 成長의 中心이 아니며 成長이 旺盛한 期間에도 骨縫合의 膨脹力은 立證되지 않았으며 骨縫合部를 切除한 境遇에도 頭蓋骨의 폭과 길이의 減少는 보이지 않았다고 하여 受動的 役割을 報告하였다. Girgis와 Pritchard(1958)²⁵⁾는 白鼠 39頭의 胎中 및 胎生 直後에 頭蓋骨의 骨縫合部 骨端周圍를 燒灼했을 때 損傷받은 骨의 發育 停止와 隣接部의 過成長이 骨縫合의 發育 狀態와 關係없이 언제나 發生된다고 하였다. Watzek 等(1982)²⁶⁾은 37頭의 家豚의 頭蓋骨에서 骨成長의 主要部位인 骨縫合部에 여러 種類의 刺戟을 줄 때 早期 骨癒合이 發生되어 頭蓋의 成長에 影響을 준다고 하였다.

한편 頭蓋顔面骨 手術方法의 하나로서 堅固한 金屬板과 나사를 이용한 剛性 固定이 發育性 畸形과 外傷性 骨折의 治療에 많이 이용되고 있다. 이 方法은 骨片의 正確한 整復과 固定을 얻을 수 있으면 一次性 骨癒合을 誘導하고 顎間固定이 불필요하며 患者에게 滿足感을 提供하는 등 좋은 臨床的 結果를 나타내고 있다^{27,28)}. 近來에는 幼兒期나 兒童期에 手術을 施行하는 患者의 數가 增加되고 있는 趨勢이며 金屬板 固定術은 頭蓋顔面骨의 形狀에 適合되도록 彈力性이 좋아 安定된 結果를 보여주고 있다²⁸⁾. 成長中인 動物을 이용한 實驗으로 Lin 等(1991)²⁸⁾은 生後 12週된 成長中인 25頭의 고양이 的 頭蓋骨에서 前頭骨과 眼窩部에서 人爲的 骨切除後 鋼線 및 小形金屬板으로 再固定術을 施行하여 骨成長變化를 頭部放射線計測學的으로 分析하여 鋼線固定群에서는 보이지 않던 隣接部 過成長과 같은 補償性 成長이 小形金屬板 固定群에서 나타났으며 이는 成長 抑制와 補償性 成長 사이의 動的인 相互作用을 意味한다고 하였다. Wong 等(1991)²⁷⁾은 胎生 6~7週된 31頭 家兔을 이용하여 小形金屬板과 나사를 이용한 冠狀縫合部位의 小形金屬板 固定群과 骨縫合과 關係없이 前頭骨 自體을 固定한 群 및 單純히 舉上시킨 群은 比較하여 頭蓋骨 成長에

따라 冠狀縫合部位의 小形金屬板 固定群과 前頭骨 自體 固定群이 骨膜만을 舉上시켰던 群보다 顯著한 成長抑制가 일어났으나 隣接部骨의 成長 促進으로 正常的인 頭蓋骨의 容積을 維持하려는 樣相을 보였다고 하였으며 冠狀縫合을 小形金屬板으로 固定한 群에서 骨縫合의 폭이 成長에 따라 增加하였음을 報告하였다.

以上の 研究 結果들을 볼 때 骨縫合部에서의 小形金屬板 剛性固定은 頭蓋顔面骨成長에 影響을 주는 것으로 생각되나, 縫合 自體의 變化가 이러한 成長 制限을 일으켰는지의 與否는 確實하지 않다. 成長中인 幼兒나 兒童에서 金屬板 剛性 固定이 手術 直後에는 良好한 結果를 나타냈다고 하지만 長期間에 걸친 頭蓋顔面骨의 成長에 關해서는 아직 確實히 究明되지 못하고 있는 실정이다^{27, 28)}.

本 研究에서는 成長中인 家兎에서 小形金屬板 剛性固定이 前頭鼻骨縫合部의 成長에 미치는 影響을 究明하기 爲하여 實驗動物로 胎生 6週의 家兎를 이용하여 前頭鼻骨縫合과 交叉되도록 金屬板을 固定한 實驗群과 骨膜만을 舉上시킨 對照群에서 各各 實驗 2週, 4週, 8週, 및 12週 經過 後 實驗動物를 犧牲시켜 前頭鼻骨縫合部의 組織病理學的 變化를 光學顯微鏡과 走査電子顯微鏡으로 比較 觀察하여 多少의 知見을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

實驗動物은 同一한 條件下에서 飼育된 胎生 6週된 體重 1.4kg 内外의 雄性 家兎 16頭를 이용하였다. 前頭鼻骨縫合部를 小形金屬板으로 剛性固定한 12頭를 實驗群으로 하고, 骨膜만을 舉上시킨 4頭를 對照群으로 分類하였다. 術後 2週, 4週, 8週, 및 12週 經過된 後에 各各 實驗群 3頭씩과 對照群 1頭씩을 사용하였다.

剛性 固定에는 小形金屬板(Mini Bone Plate®, 구멍 4개, 길이 23mm, 두께 1.0mm, Leibinger Co., Germany)과 나사(Titanium Bone Screw®, 직경 2.0mm, 길이 4.0mm, Leib-

inger Co., Germany)를 이용하였다.

2. 實驗方法

實驗群과 對照群은 體重 kg당 pentobarbital sodium(한림제약 Entobar®, 한국) 25mg을 耳邊線靜脈에 注射하여 全身麻酔를 施行한 後 前頭骨과 鼻骨部位를 除毛하고 消毒하였다. No.15 手術刀를 이용하여 약 4.0cm 程度前後方으로 前頭骨과 鼻骨 상방부 皮膚와 骨膜을 차례로 절개하고 右側 頭蓋部 骨膜을 舉上시켜 前頭鼻骨縫合部를 露出시켰으며 實驗群은 4개의 구멍을 가진 非壓接性 小形金屬板을 前頭鼻骨縫合線과 交叉되도록 位置시킨 後 生理食鹽水를 관류시키면서 齒科用 低速 엔진과 #700 fissure bur로 位置設定用 구멍을 뚫고 나사를 screw holding driver로 固定하였다.

生理食鹽水로 手術部를 充分히 洗滌하고 骨膜은 4-0 Dexon®으로, 皮膚는 4-0 silk로 縫合하였으며 對照群은 剛性 固定하지 않고 舉上시킨 骨膜을 再位置시켜 實驗群과 同一한 方法 및 材料로 縫合하였다.

術後 2週, 4週, 8週, 및 12週 經過 後에 實驗群 各 3頭씩과 對照群 各 1頭씩을 chloroform 麻酔下에 犧牲시켜 各各 前頭鼻骨縫合部를 切取하였다.

1) 光學顯微鏡의 觀察

切取한 試料를 10% formalin에 3日間 固定하여 8.5% formic acid에서 1週日間 脫灰시켰다. 脫灰後 50%, 70%, 90%, 및 100% 알코올에 順次的으로 各各 1日동안 脫水시키고 파라핀에 包埋하여 4-6 μ m 두께의 連續切片을 製作하여, hematoxylin-eosin 染色 및 Azan 染色을 하여 光學顯微鏡으로 觀察하였다.

2) 走査電子顯微鏡의 觀察

切取한 試料를 2.5% glutaraldehyde 용액(pH 7.4)에 固定하고 固定 後 5% KOH溶液에 담구었다가 骨表面과 縫合部의 有機成分을 溶解, 除去하여 縫合을 分離시켰다. 分離된 前頭骨과 鼻骨을 水洗 後 50%, 70%, 90%, 및 100% 알코올에 順次的으로 各各 脫水하고 isoamyl acetate 溶液을 거쳐 CO₂ 臨界點 乾燥를

시킨후 觀察面을 gold coating하여 走査電子顯微鏡(Hitachi S-2300)으로 觀察하였다.

III. 實驗成績

1. 對照群

光學顯微鏡的 觀察 所見에서 骨縫合의 中央部는 規則的으로 走行하는 膠原纖維束으로 連結되어 있었고 縫合 骨端에서는 骨形成 細胞로 構成된 骨形成層(cambial layer)이 觀察되었으며 骨縫合面의 内外面은 骨膜으로 싸여 있었다. 骨膜과 骨縫合面 사이에는 新生骨의 形成을 觀察할 수 있었다.

走査電子顯微鏡的 所見에서는 骨縫合面의 骨突出部들이 傾斜되어 있고 內側과 外側의 骨突出部가 出現하였다(Fig. 1, 6, 11, 12).

2. 實驗群

1) 光學顯微鏡 所見

實驗 2週

膠原纖維束의 走行이 약간 不規則해졌으며 纖維束 사이에 血液, 淋巴球等으 炎症細胞 浸潤이 觀察되었다. 兩側 骨端의 新生骨 形成으로 두 骨間의 縫合 間隙이 減少되었다(Fig. 2, 7).

實驗 4週

骨端部 骨表面에서 破骨細胞가 나타났고 膠原纖維束의 配列이 不規則해졌으며 炎症反應이 觀察되었다. 또 小形金屬板이 適用된 部位의 隣接 骨表面에서는 新生 未成熟 骨의 形成을 볼 수 있었다(Fig. 3, 8).

實驗 8週

造骨細胞로 둘러싸인 新生 骨小柱의 形成과 骨髓腔이 觀察되었다. 既存骨의 表面은 거의 吸收되었고 新生骨 形成은 주로 骨膜과 骨表面 사이에서 볼 수 있었다(Fig. 4, 9).

實驗 12週

肥厚된 膠原纖維束은 規則的으로 走行하여 새로 形成되고 있는 骨表面에 附着되어 있었다. 骨面은 平滑%고 比較의 가는 다란 膠原纖維들이 平滑한 骨面 內로 埋入되었으며 두꺼운 膠原 纖維들은 縫合의 中央部에서 交叉됨을 볼 수 있었다(Fig. 5 10)

2) 走査電子顯微鏡 所見

實驗 2週

縫合部 骨表面의 上下線은 新生骨 形成에 依해 平坦한 面을 이루지 못하고 起伏이 甚한 모양을 나타냈다(Fig. 13).

實驗 4週

骨表面에서 骨의 形成은 거의 볼 수 없고 吸收小窩(resorption lacuna)가 나타나 대부분 骨의 吸收가 觀察되었다(Fig. 14).

實驗 8週

一部 隣接骨에서는 新生骨로 보이는 海綿骨 形成이 觀察되었다(Fig. 15).

實驗 12週

海綿骨 위에 緻密骨이 形成되어 骨表面이 더욱 緻密해져 對照群과 거의 類似한 所見을 나타냈다(Fig. 16).

IV. 總括 및 考察

高度의 産業化와 環境公害 等に 依한 畸形兒의 增加 및 交通의 複雜化에 따른 交通事故의 增加 等으로 頭蓋顔面骨에 對한 外科의 手術이 늘어나고 있으며 顎矯正手術時나 外傷後 骨折片 固定의 한 方法으로 金屬板을 이용한 剛性 固定術이 날로 發展을 거듭하고 있으며 幼兒나 兒童과 같이 成長中인 頭蓋顔面骨에 있어서도 그 사용이 增加되고 있다²⁹⁻³²⁾.

頭蓋顔面骨 縫合은 學者에 따라 3層 또는 5層 構造로 說明되고 있으며, 兩 骨端의 細胞層과 骨間의 纖維束으로 構成되고 骨縫合의 内外面 에는 兩側을 連結하고 있는 纖維性 骨膜으로 結合되어 있다. 中間層은 骨 領域사이에 놓여 있는 間充組織이나 外髓膜으로부터 起始한다²⁰⁾. 成長에 따라 兩骨端部의 骨形成層이 얇아지며 分化, 및 增殖된 여러 層의 骨形成 細胞層을 보이다가 骨面과 평평한 單層의 細胞로 된다. 初期의 活性化된 骨形成層의 造骨細胞 사이를 走行하는 骨形成原性 纖維束은 漸次 강한 Sharpey's 纖維로 변하여 한쪽 骨端에서 反對側 骨端으로 走行한다. 皮膜層은 漸進的으로 緻密 해져 骨縫合의 主된 容積을 形成하며 中間層의 血流도 增加된다. 骨의 表層은 많은 Haversian

構造를 포함하는 圓周形의 얇은 層板으로 構成된다. 時間이 經過됨에 따라 骨端은 平滑해지고 骨形成層이 不活性化된다.

Herring(1972)⁸⁾ 등은 骨縫合 嵌入의 程度를 直線型, 弱嵌入型, 嵌入型, 및 甚嵌入型으로 分類했으며 頭蓋骨에서 前頭鼻骨縫合이 가장 嵌入狀態가 明確하여 鼻骨의 下方에 前頭骨이 미끌어 들어간 形態로 骨縫合部位에서 前頭骨로 向하여 鼻骨이 轉位되는 것을 막아준다고 하였다. 斜線縫合은 衡頭縫合보다 外力을 吸收하는 能力이나 脫嵌入에 抵抗力이 크며 대부분의 嵌入縫合은 複雜한 針狀骨片의 形態를 나타내는데 이는 모든 方向으로부터의 힘에 抵抗할 수가 있다. 本 研究에서도 骨縫合의 鼻骨側 骨端이 前頭蓋骨 骨端을 덮고 있는 斜線縫合을 이루고 있음을 觀察할 수 있었고 剛性 固定後 期間 經過에 따라 骨縫合의 骨端面이 吸收되었다가 再生되는 것으로 보아 小形金屬板에 의한 剛性 固定은 壓迫 荷重에 對한 骨縫合의 再生能을 誘導하는 것으로 생각된다. 本 研究에서 前頭鼻骨縫合은 選擇한 理由는 이 部位가 길이 成長에 있어 重要한 骨縫合으로 頭蓋와 關聯된 顔面部 縫合이며 빠른 成長率을 가지고 있기 때문이었다¹⁾.

骨縫合은 能動的 또는 受動的 骨成長部로서 약간의 움직임이 보이면서 隣接骨間의 強한 結合을 이루는 두가지 機能을 가지고 있다²⁰⁾. Massler와 Schour(1951)³⁹⁾는 113頭の 白鼠를 實驗動物로 Alizarine 赤色 "S" 生體染色素를 이용하여 胎生 直後부터 生後 300일까지 頭蓋骨 成長 樣態를 研究하여 骨縫合間 骨成長은 骨形成層이 骨小柱 形態로 蓄積되며 對應하는 骨端은 骨小柱들의 못과 못구멍같은 配列로 結合되어 纖維性 結締織으로 強하게 連結된다고 하였고, 빠르게 成長하는 腦는 頭蓋骨에 內壓을 가하여 骨縫合間 骨膜을 刺戟하여 骨小柱形態를 이루게 하며 成長에 따라 더욱 明確하게 된다고 하였으며 成長이 멈추는 順序는 여러 骨縫合에서 嵌入의 높이가 가장 컸으며 鼻骨은 生後 300日까지 가장 오래 成長했다고 報告한바 있다. 骨縫合部의 骨形成에 關與하는 要因으로 擴張되는 腦와 腦內壓의 增加로 骨縫合部 軟

組織에 緊張을 誘導하고 이런 緊張에 對한 直接的인 反應으로 骨成長이 이루어진다는 것이 一般的으로 알려져 있다^{24, 39, 40)}. 特히 Moss等(1954)²⁴⁾은 全體 頭蓋骨 形成에 影響을 주지 않으면서 能動的으로 作用하는 骨縫合部가 受動的인 部位에 對하여 補償性으로 成長하게 한다는 것을 強調했다. 또한 Scott(1954)²¹⁾도 이와 聯關하여 腦膨脹은 물론 頭蓋底의 軟骨部, 즉, 鼻中隔과 Meckel's cartilage와 冠狀突起 二次 軟骨部가 包含되는 下顎骨이 骨縫合部 骨成長을 支配하는 調整子로 役割한다고 하였다.

骨縫合部에서 相當量의 成長이 일어난다는 事實은 많은 學者들에게 依해 證明되었는데⁴¹⁾. 骨縫合을 3層 構造로 보는 境遇 中間層 細胞들의 增殖으로 骨縫合 自體에 成長 中心이 있다고 하는 觀點과 5層 構造로 보는 境遇 強한 細胞 分化力이 各 骨膜의 骨形成層에서 일어나며 外的 因子에 依해 受動的 成長을 한다고 하는 說에 對하여, Koski(1968)⁴⁸⁾는 骨縫合部에서 骨小柱 形態는 나이에 따라 변하며 骨縫合組織 자체가 成長을 誘導하는 因子나 兩 骨端의 膨脹力은 없고 그래서 成長中心이라고 할 수는 없다고 하였으며 骨縫合의 5層 構造를 說明한 바 있다. Smith등(1974)⁴¹⁾은 56頭の 白鼠를 實驗動物로 骨縫合部 切除, 骨縫合部 骨膜 切除後 再附着 및 骨膜 切開 等の 多樣한 外傷後 骨縫合의 組織變化를 生體染色 定量分析 觀察하여 腦實質의 成長으로 骨의 分離에 따른 反應으로 骨成長이 많이 일어나는 部位임을 밝혔고 骨縫合部에 外科的 施術을 施行時 形態變化를 招來할 수 있는데, 骨縫合癒合의 遲延, 斜端의 增加, 嵌入의 增加, 및 骨縫合의 偏位 등이 일어날 수 있다고 하였다. 正常的으로 成熟된 骨縫合에는 軟骨이 存在하지 않으며 빠른 成長과 關聯된 一時的인 虛血狀態의 結果로 軟骨形成이 나타날 수 있다. 이것은 頭蓋骨折時 正常 恢復 狀態보다 血流 供給이 적으면 軟骨量이 많아지는 것과 關聯지어 생각할 수 있다.

骨縫合의 閉鎖와 隣接骨의 骨癒合은 成長이 完了된 後 일어날 수 있는데 各 骨縫合의 種類와 動物에 따라 差異가 있다⁴³⁻⁴⁶⁾. 本 研究에서도

剛性 固定後 강한 外力이 作用하여 骨間에서 膠原纖維의 走行이 不規則해지고 骨面의 吸收가 일어나는 術後 4週 頃에도 骨間에 軟骨의 形成은 觀察되지 않았으며 이는 小形金屬板에 依한 短期間의 剛性 固定에 依해서는 正常的인 骨癒合은 일어나지 않는 것으로 생각하였다.

Sarnat(1986)⁴⁷⁾ 등은 25頭 雄性 家兔의 顔面과 前頭鼻骨縫合이 鼻部의 成長에 對해 研究하였는데, 鼻骨과 前頭骨에 아말감으로 標的을 定해서 成長에 따른 距離 增加를 測定한 結果 前頭鼻骨縫合部에서 標的間의 距離 增加와 그 增加率は 나이가 增加에 反比例 했으며 鼻骨이 65%, 前頭骨이 35%의 比率로 成長했음을 報告하였으며, 前頭鼻骨部에 外傷이 미치는 影響을 알기 위하여 前頭鼻骨縫合 部位의 切除術을 施行하여 심한 損傷을 주었을 때 이들 骨의 成長은 正常과 큰 差異 없이 계속되었으며 骨縫合은 能動的 成長 部位이지만 一次性 成長 部位라기 보다는 어떤 要因에 依한 補償性 成長을 하는 二次的인 成長部라고 하였다. 本 研究에서는 위에서와 같은 骨縫合이 頭蓋骨의 成長에 미치는 影響을 究明하기 爲하여 成長中 家兔의 前頭鼻骨縫合部에 小形金屬板을 이용한 剛性固定으로 外力을 가함으로써 骨縫合部位의 變化를 研究하였는데 實驗 初期에는 兩側 骨端의 吸收와 膠原纖維束의 走行이 不規則하게 變하여 壓迫外力을 받는 所見을 보였지만 漸次 新生骨이 形成되어 骨端이 平滑해지는 것으로 보아 隣接部에서 補償性 成長 내지는 骨縫合에 再生能이 있음을 생각할 수 있었다.

Watzek等(1982)²⁶⁾은 37頭의 家豚을 實驗動物로하여 骨縫合部 骨成長이 期待되는 部位에 여러가지 方法으로 外傷을 주어 觀察하였는데 骨縫合部에 對한 外傷이나 手術은 早期 骨癒合을 招來했을 때만 頭蓋骨內 臟器의 成長에 상당한 影響을 미친다고 報告하였다. 骨縫合 組織에 對한 外傷시 治癒 過程中 현저한 痕痕 組織이 形成되어 頭蓋 成長에 影響을 줄 수 있는데 이는 實驗動物의 種類, 年齡, 및 外傷 範圍들에 依해 좌우된다⁴⁷⁻⁴⁹⁾. Engdahl等(1978)^{5,6)}에 依하면 成長中인 骨縫合部 損傷으로 因한 缺損部는 新生骨이 形成되어 再生되며

骨形成과 引張力間에 原來的 均衡이 恢復되고 새로운 骨縫合이 形成된다고 하였다. 이것은 Sarnat(1986)⁴⁷⁾(1963)⁴⁸⁾(1970)⁴⁹⁾(1988)⁵⁰⁾ 및 Wexler와 Sarnat(1961)⁵¹⁾(1965)⁵²⁾에 依하면 實驗動物의 年齡이 增加할수록, 損傷의 크기가 클수록 新生骨 形成이 적어지며 骨膜 切除後 家兔 頭蓋骨에서는 骨縫合裂隙이 계속 存在했으며 骨膜은 生理的인 狀態와 類似하게 再生되었고 頭蓋의 非對稱이 없었다고 한데 反해 Moss(1960)⁵³⁾ 등은 局所的인 骨膜 切除後 骨縫合의 骨化를 說明한 바 있다^{54,55)}. 本 研究에서는 手術 2週 後에 骨縫合 間隙이 減少되었는데 이는 壓迫外力의 初期段階로 頭蓋腔內臟器의 成長力이 外部刺戟보다 增加된 것을 意味하며, 手術 4週後에 外部刺戟이 가장 크게 作用하여 炎症 細胞들의 浸潤이 增加되었음을 알 수 있었다. 手術 8週後 成長 抑制에 따른 補償性 成長이 同時에 나타났으며 手術 12週後 外力에 對해 補償性 成長이 增進되면서 骨縫合이 正常에 가깝게 再生됨을 觀察할 수 있었다. 또 手術 8週 所見에서 骨膜과 骨縫合面 사이에서 新生骨이 주로 形成되는 것으로 봐서 骨膜은 骨縫合 部位의 再形成에 있어서 重要的 役割을 하는 것으로 생각된다. Girgis와 Pritchard(1958)²⁵⁾는 39頭의 白鼠에서 頭蓋骨 成長發育時 骨縫合 部位의 損傷이 成長에 미치는 影響에 關한 研究에서 骨端部 周圍를 燒灼하였을 때 損傷받은 骨의 發育이 停止되었으며 隣接部의 損傷받지 않은 骨端의 過成長을 誘導하여 骨縫合形態의 偏位를 招來했으며 이는 損傷을 가할 當時 骨縫合 分化의 程度에 關係 없이 同一하였으며, 硬膜의 骨形成層을 保存하고 單純히 骨切除만을 施行했을 境遇에는 活性을 가진 骨形成 細胞로부터 骨의 迅速한 再生이 일어나지만 骨縫合의 位置는 변하지 않았는데 이는 頭蓋骨 成長이 縫合에서 이미 形成된 纖維層에 依해 決定되고 制限된다는 假說을 뒤집는 것이다.

成長中인 頭蓋顔面骨에서 剛性 固定이 成長에 미치는 影響에 對해서는 最近에 Lin等(1991)²⁸⁾과 Wong等(1991)²⁷⁾은 骨縫合部를 包含한 頭蓋骨에 剛性 固定後 頭部放射線計測學의 分析에 依해 成長의 制限 및 補償性 成長에 關하여

研究하였으나 骨縫合部 自體의 組織學的 變化에 對한 研究는 아직 未治한 狀態이다. Lin等(1991)²⁶⁾은 成長中인 頭蓋顔面骨에서 人爲的으로 前頭骨과 眼窩骨을 包含한 骨切除後 鋼線및 小形金屬板과 나사를 이용하여 固定시켰는데 鋼線固定時에는 보이지 않던 補償性 成長이 金屬板 固定시에 나타남을 觀察하고 이는 金屬板 固定時 成長制限과 補償性 成長사이 動的인 相互成長이 있음을 意味하는 것으로 解析하였으며, Wong等(1991)²⁷⁾은 冠狀縫合部의 小形金屬板 剛性 固定시 局所의 成長 抑制와 隣接部 成長의 增進을 報告하였는데 直接 損傷받은 部位와 隣接한 곳에서의 成長 促進은 正常的인 頭蓋容積을 維持할는 補償作用으로 說明하였다. 본 研究에서는 이런 成長 抑制와 補償性 成長의 一連의 過程에서 骨縫合部가 어떤 形態로 얼마나 關與하는지를 骨縫合部의 金屬板 固定後 組織變化를 通해 究明해보고자 하였으며, 手術 4週 後에 骨端의 吸收가 보이다가 術後 8週부터 新生骨 形成 및 術後 8週부터 新生骨 形成 및 術後 12週에는 原來的 骨縫合狀態로 再生됨을 볼 때 成長의 抑制時에는 骨端에서 破骨細胞가 作用하여 剛性 固定後 8週 頃부터 12週에 海綿骨 形成과 膠原纖維速이 骨端에 埋入되어 成長 抑制力에 對해 骨縫合部 組織들이 適應하려는 것으로 생각되며 隣接部만이 아니라 外力에 依해 成長이 抑制받은 部位에서도 넓은 意味의 補償性 成長이 일어나서 Lin等(1991)²⁶⁾의 研究結果와 비슷한 所見을 觀察할 수 있었다.

이와같은 研究에 있어서 나타나는 結果는 實驗에 사용된 動物의 種類 및 年齡에 따라 多樣한 變化가 招來될 수 있으며 頭蓋骨 縫合 周圍의 筋肉 및 骨膜 等의 刺戟에 依해 頭蓋骨에 供給되는 骨膜 血流係의 破壞程度가 成長中인 骨의 營養狀態에 變化를 주어 結局 成長에 影響을 미칠 수도 있기 때문에^{56,57)} 이런 多樣한 實驗外의 要因들이 考慮되어야 할 것이다. 現在 金屬板 剛性 固定이 成人에서와 마찬가지로 小兒에서도 外傷이나 頭部顔面畸形의 再建術에 效果의으로 이용되고 있으므로 이 固定方法이 縫合 및 頭蓋骨의 成長에 미치는 影響을 究明

하기 爲해서는 實驗材料와 方法을 多樣化하여 比較 分析함으로써 幼兒나 兒童들의 頭蓋 顔面骨에 있어서 小形金屬板 固定시 그 固定의 時期, 固定의 期間, 金屬板 除去의 時期 等を 決定하는데 有用한 資料로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

V. 結 論

成長中인 家兎에서 小形金屬板을 이용한 剛性固定이 前頭鼻骨 縫合部의 成長에 미치는 影響을 究明하기 爲하여 胎生 6週의 重量 1.4kg 内外의 雄性 家兎 16頭를 實驗動物로 이용하여 前頭鼻骨縫合線과 交叉되도록 小形金屬板과 나사를 사용하여 剛性 固定한 12頭를 實驗群으로 하고 骨膜만을 舉上시킨 4頭를 對照群으로 分類하였다. 위의 手術을 行하고 2週, 4週, 8週, 및 12週 經過 後에 實驗動物를 犧牲시키고 前頭鼻骨縫合部를 切取하여 標本을 製作한 다음 組織病理學的 變化를 光學顯微鏡과 走查電子顯微鏡으로 比較觀察하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 對照群에서 骨縫合의 中央部는 膠原纖維束으로 連結되어 있고 骨端部에서는 骨形成層이 觀察되었으며 新生骨 形成이 나타났다. 또 縫合面은 傾斜되어 있었으며 内外層의 骨突出部가 顯著하였다.
2. 實驗群에서 2週 經過後 新生骨의 形成에 의하여 骨縫合 間隙이 減少되었고 4週 經過後 小形金屬板 適用部의 骨吸收와 隣接部의 骨形成에 依하여 間隙이 擴大되었다.
3. 實驗群에서 8週 經過後 既存骨은 吸收되고 隣接 骨膜으로부터 新生骨이 形成되었으며, 12週 經過後 膠原纖維束이 規則적으로 走行하고 骨面은 平滑하고 緻密해져 對照群과 類似한 骨樣相이 觀察되었다.

以上の 結果에서 小形金屬板 適用部에서는 骨形成이 抑制되나 隣接部에서 補償性 성장을 나타내므로, 幼兒나 兒童에 있어서 小形金屬板을 이용한 剛性固定은 短期間 適用時 頭蓋 顔面骨의 骨縫合性 成長에 큰 障害를 招來하지 않을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Selman, A. J., and Sarnat, B. G. : Growth of the rabbit snout after extirpation of the frontonasal suture : A gross and serial roentgenographic study by means of metallic implants. *Am. J. Anat.* 101 : 273-293, 1957.
- 신제원, 박 현 : 마우스 頭蓋矢狀縫合의 形成過程에 對한 研究. 慶熙齒大 論文集, 13(2) : 540-560, 1991.
- Adams, C.O., and Sarnat, B.G. : Effect of yellow phosphorus and arsenic trioxide on growing bones and growing teeth. *Arch. Pathol.* 30 : 1192-1202, 1940.
- Buckland-Wright, J.C. : The shock-absorbing effect of cranial sutures in certain mammals. *J. Dent. Res.* 51 : 1241, 1972.
- Engdahl, E., Ritsilä, V., and Uddströmer, L. : Growth potential of cranial suture bone autografts. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 12 : 119-123, 1978.
- Engdahl, E., Ritsilä, V., and Uddströmer, L. : Growth potential of cranial suture bone autograft. I. An experimental microscopic investigation in young rabbits. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 12 : 125-129, 1978.
- Enlow, D. H., and Hunter, W. S. : A differential analysis of sutural and remodeling growth in the human face. *Am. J. Orthodontics* 52(11) : 823-830, 1966.
- Herring, S. W. : Sutures—a tool in functional cranial analysis. *Acta Anat.* 83 : 222-247, 1972.
- Mabbutt, L. W., and Kokich, V. G. : Calvarial and sutural redevelopment following craniectomy in the neonatal rabbit. *J. Anat.* 129 : 413-422, 1979.
- Markens, I. S. : Transplantation of the future coronal suture on the dura mater of 3- to 4-month-old rats. *Acta Anat.* 93 : 29-44, 1975.
- Markens, I. S. : Embryonic development of the coronal suture in man and rat. *Acta Anat.* 93 : 257-273, 1975.
- Mossaz, C. F., and Kokic, V. G. : Redevelopment of the calvaria after partial craniectomy in growing rabbits : The effect of altering dural continuity. *Acta Anat.* 109 : 321-331, 1981.
- Murray, J. M., and Cleall, J. F. : Early tissue response to rapid maxillary expansion in the midpalatal suture of the Rhesus monkey. *J. Dent. Res.* 50 : 1654-1660, 1971.
- Oudhof, H. A. J., and Doorenmaalen, W. J. : Skull morphogenesis and growth : Hemodynamic influence. *Acta Anat.* 117 : 181-186, 1983.
- Simpson, M. E., Van dyke, D. C., Asling, C. W., and Evans, H. M. : Regeneration of the calvarium in young normal and growth hormone-treated hypophysectomized rats. *Anat. Rec.* 115 : 615-625, 1953.
- Yen, P. K., and Shaw, J. H. : Studies of the skull sutures of the Rhesus monkey by comparison of the topographic sampling technique, autoradiography and vital staining. *Arch Oral Biol.* 8 : 349-362, 1963.
- Markens, I. S., and Oudhof, H. A. J. : A presence of alkaline phosphatase in the coronal suture of rat. *Acta Anat.* 102 : 319-323, 1978.
- Markens, I. S., and Oudhof, H. A. J. : A study on the occurrence of alkaline phosphatase in the sutura interfrontalis of wistar rats. *Acta Anat.* 104 : 431-438, 1979.
- Markens, I. S., and Oudhof, H. A. J. : Morphological changes in the coronal suture

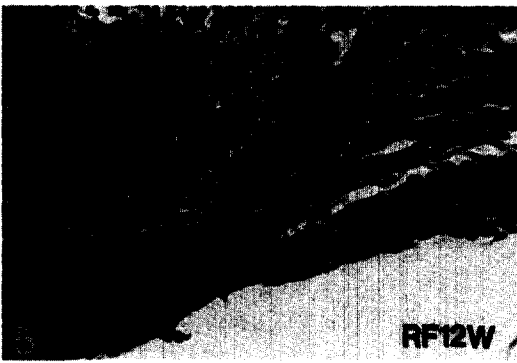
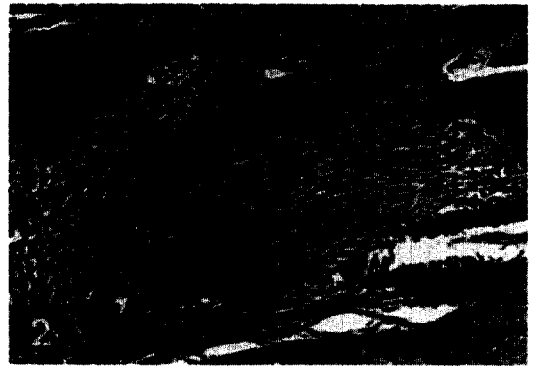
- after replantation. *Acta Anat.* 107 : 289–296, 1980.
20. Prichard, J.J., Scott, J. H., and Girgis, F.G. : The structure and development of cranial and facial sutures. *J. Anat.* 90 : 73–89, 1956.
 21. Scott, J. H. : Growth at the facial sutures. *Am. J. Orthodontics* 42 : 381–387, 1958.
 22. Odhof, H. A. J., : sutural growth. *Acta Anat.* 112 : 58–68, 1982.
 23. Oudhof, H. A. J., and Markens, I. S. : Transplantation of the interfrontal suture in the wistar of the interfronta suture in the wistar rat. *Acta Anat.* 113 : 39–46, 1982.
 24. Moss, M. L. : Growth of the calvaria in the rat. *Am. J. Anat.* 94 : 333–361, 1954.
 25. Girgis, F. G., and Pritchard, J. J. : Effect of skull damage on the development of sutural pattern in the rat. *J. Anat.* 92 : 39–51, 1958.
 26. Watzek, G., Grundschober, F., Plenk Jr., H., and Eschberger, J. : Experimental investigations into the clinical significance of bone growth at the viscerocranial sutures. *J. Maxillofac. Surg.* 10 : 61–79, 1982.
 27. Wong, L., Dufresene, C. R., Richmeire, J. T., and Manson, P. N. : The effect of rigid fixation on growth of the neurocranium. *Plast. Reconstr. Surg.* 88(3) : 395–403, 1991.
 28. Lin, K. Y., Bartlett, S. P., Yaremchuk, M. J., Grossman, R. F., Udupa, J. K., and Whitaker, L. A. : An experimental study on the effect of rigid fixation on the developing cranio facial skeleton. *Plast. Reconstr. Surg.* 87(2) : 229–235, 1991.
 29. Beals, S. P., Munro, I. R., and Chir, B. : The use of miniplates in craniomaxillofacial surgery. *Plast. Reconstr. Surg.* 79(1) 33–38, 1987.
 30. Drommer, R., and Luhr, H. : The stabilization of osteomized maxillary segments with Luhr miniplates in secondary cleft surgery. *J. Maxillofac. Surg.* 9 : 166–169, 1981.
 31. Ewers, R., and Härle, F. : Experimental and clinical results of new advances in the treatment of facial trauma. *Plast. Reconstr. Surg.* 75(1) : 25–31, 1985.
 32. Hörster, W. : Experience with functionally stable plate osteosynthesis after forward displaxement of the upper jaw. *J. Maxillofac. Surg.* 8 : 176–181, 1980.
 33. Jackson, I. T., and Adham, M. N. : Metllic plate stabilisation of bone grafts in craniofacial surgery. *Brit. J. Plast. Surg.* 39 : 341–344, 1986.
 34. Jackon, I. T., Somers, P. C., and Kjar, J. G. : The use of Champyn miniplates for osteosynthesis in the craniofacial defrmities and trauma. *Plast. Reconstr. Surg.* 77(5) : 729–736, 1986.
 35. McCarthy, J. G., Epstein, F., Sadove, M., Grayson, B., and Zide, B. : Early surgery for craniofacial synostosis, : An 8–year experience. *Plast. Reconstr. Surg.* 73(4) : 542–533, 1984.
 36. Rahn, B. A. : Theoretical considerations in rigid fixation of facial bones. *Clin. Plast. Surg.* 16 : 21–27, 1989.
 37. Rittersma, J., Van der Veld, R. G. M., Van Gool, A. V., and Koppendraaier, J. Z. : Stable fragment fixation in rthognathic surgery, Review of 30 cases. *J. Oral Surg.* 39 : 671–675, 1981.
 38. Spiessl, B. : Stable internal fixation. In the Maxillofacial truma. Edited by Mathog, R. H., Williams & Wilkins. pp. 162–176, 1984.
 39. Massler, M., and Schour, I. : The growth pattern of the cranial vault in the Albino-

- rat as measured by vital staining with Alizarine red "S". *Anat. Rec.* 110 : 83-101, 1951.
40. Young, R. W. : The influence of cranial contents on postnatal growth of the skull in the rat. *Am. J. Anat.* 105 : 383-415, 1959.
 41. Smith, H. G., and McKeown, M. : Experimental alteration of the coronal sutural area : A histological and quantitative microscopic assesment. *J. Anat.* 118 : 543-559, 1974.
 42. Koski, K. : Cranial growth centres : Facts or Fallacies ? *Am. J. Orthodontics* 54 : 566-583, 1968.
 43. Ajmani, M. L., Mittal, R. K., ad Jain, S. P. : Incidence of the metopic suture in adult Nigerian skulls. *J. Anat.* 137 : 177-183, 1983.
 44. Herring, S. W. : A biometric study of suture fusion and skull growth in peccaries. *Anat. Embryo.* 146 : 169-180, 1974.
 45. Kokich, V. g., Moffett, B. C., and cohen, M. M. : The clover leaf skull anomaly : An anatomic and histologic study of two specimens. *Cleft Palate, J.* 19 : 89-99, 1982.
 46. Moss, M. L. : Fusion of the frontal suture in the rat. *Am. J. Anat.* 102 : 141-165, 1958.
 47. Sarnat, B. G. : Something of the nature of gross suture growth. *Annals Plast. Surg.* 17 : 339-349, 1986.
 48. Sarnat, B. G. : Postnatal growth of te upper face : Some experimental considerations. *The Angle Orthodontist* 33 : 139-161, 1963.
 49. Sarnat, B. G. : The face and jaws after surgical experimentaion with the septo-vomer al region in growing and adult rabbit. *Acta Otolaryngo.(Supplement)* 268 : 1-30, 1970.
 50. Sarnat, B. G. : Craniofacial change and nonchange after experimental surgery in young and adult animals. *The Angle Orthodontist* Oct. 321-342, 1988.
 51. Wexlr, M. R., and Sarnat, B. G. : Rabbit snout growth : Effect of injury to septo-vomer al region. *Archives Otolaryngol.* 74 : 87-95, 1961.
 52. Wexler, M. R., and Sarnat, B. G. : Rabbit snout growth after dislocation of nasal septum. *Archives Otolaryngol.* 81 : 68-71, 1965.
 53. Moss, M. L. : Inhibition and stimulation of sutural fusion in the rat calvari. *Anat. Rec.* 136 : 457-467, 1960.
 54. Jenkins, R., Wales, F., and Hodgson, A. : Stimulation of bone growth by periosteal stripping. *J. Bone Joint Surg.* 57 : 482-484, 1975.
 55. Warrell, E., and Taylor, J. E. : The role of periosteal tension in the growth of long bones. *J. Anat.* 128 : 179-184, 1979.
 56. Sa'do, B., annd Tashiro, H. : The influence of periosteral elevation on mandibular growth in young rats. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 18 : 175-178, 1989.
 57. Tureta, J. : The role of the vessels inosteogenesis. *J. Bone Joint Surg.* 45 B(2) : 402-408, 1963.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. Collagenous fiber(CF) bundles run regulary in the midportion of bone suture and cambial layers(CL) of bone surface are consisted of osteogenic cells.(Control, H-E, $\times 100$)
- Fig. 2. Collagenous fiber bundles run slightly irregular. Inflammatory cell infiltration is seen in the bundles.(Postop. 2 wks, H-E, $\times 100$)
- Fig. 3. Osteoclasts of the bone surfaces(arrows) are seen, and arrangement of collagen fiber bundles become irregular. Inflammatory reaction is also noted.(Postop. 4 wks, H-E, $\times 100$)
- Fig. 4. New trabecular bone formation with osteoblastic lining and bone marrow cavities are found.(Posto 8 wks,H-E, $\times 100$)
- Fig. 5. thickened collagen fiber bundles(small arrow) run regulary, being attached with newly forming bone surface(large arrow). (Postop. 12 wks, H-E, $\times 200$)
- Fig. 6. New bone(NB) formation is seen between the periosteum and bone srfaces.(control Azan, $\times 200$)
- Fig. 7. By new bone formation, the distance between the bones is decreased.(Postop. 2 wks, Azan, $\times 100$)
- Fig. 8. Adjacent bone surfaces of the miniplate applied site, new immature bone(arrow) formation is noted.(Postop. 4 wks, Azan, $\times 100$)
- Fig. 9. Original bone surfaces are almost resorbed and new bone formation(arrow) is mainly seen between the periosteum and bone surfaces.(arrows) (Postop. 8 wks. Azan, $\times 100$)
- Fig.10. Bone surfaces become smooth(large arrow), collagen fibers that embedded into the smooth surfaces are relative thin, and thick collagen fibers(small arrows) are acrossed at the midportion of the suture. (Postop. 12 wks, Azan, $\times 100$)
- Fig.11. Bony projections of the sutural surfaces are beveled and external(E) and internal (I) projected portions are seen.(Control, SEM, $\times 40$)
- Fig.12. Smooth and compact sutural bone surfaces are seen.(Control, SEM, $\times 100$)
- Fig.13. Irregularities of the bone surface are increased by new bone formation(arrows). (Postop. 2 wks. SEM, $\times 200$)
- Fig.14. Resorption lacuna(arrows) is seen at the bone surface.(Postop. 4 wks, SEM, $\times 500$)
- Fig.15. Spongeous bone formation(arrows)is seen in some areas.(Postop. 8 wks, SEM, $\times 500$)
- Fig.16. Bone surfaces become dense and the bone patterns are similar to those of control group.(Postop. 12 wks, SEM, $\times 40$)

논문 사진부도 ①



논문 사진부도 ②

