骨接合術後の曲げ強度試験

熊大整形外科

岡 隆・大 平 修
高 木 克 公・星 子 亘

Bending Strength Test After the Osteosynthesis

By

T. Oka, O. Ohira, K. Takagi
& W. Hoshiko

Department of Orthopedic Surgery, Kumamoto
University Medical School

1. The studies on bending strength of rabbit tibia was performed using our invented instrument.
2. The bending strength after osteosynthesis to the fractured tibia was gradually increased up to seven to nine weeks after surgery, and decreased thereafter because of the cancellation of the bone cortex.
3. According to above result the bone union is expected in seven to nine weeks after osteosynthesis.
4. After removal of the plate which inserted for internal bone fixation, in seven weeks the bone bending strength increased gradually thereafter.

近年、強固な内副子による骨圧迫接合術¹⁾²⁾³⁾が盛んに行われるようになったが、骨癒合の判定の困難さが問題とされている。

われわれは家兎脛骨を用い、骨癒合について曲げ強度を力学的に追求する一方、強固な内固定の骨に及ぼす影響について検討した。

実験方法

1) 二点支持、二点载荷方法を採用した(図1)。この方法の利点は、両支点から等距離 a の二点で荷重 W をかけると、二载荷点間では曲げモーメントは、

$$M = Wa \quad (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

と一定の値を取る所にある⁴⁾。従って二载荷点間では、骨切り線を何処に置いても同じ条件の下に骨の曲げ強度を測定することが出来る(図2)。

測定方法は、载荷部の一侧に strain gage (箔ひずみゲージ) を貼り、金属箔に生じた電気抵抗を Wheatstone bridge で電氣的に引き出したものを strain meter で読んだ(図1)。

図1 曲げ強度測定機

2) 実験操作

読みを正確にするため、载荷部の bar は常に水平位に保ち、応力の集中を防ぐため载荷点には rubber を敷き、螺子による孔の部を避けた。

荷重軸と螺子による孔の方向は一致させ、家兎脛骨の前面から用手的に、徐々にネジを廻しながら荷重をかけた(図1)。

図2

3) 実験動物

約3kgの家兎脛骨に骨切り術を行い、KU-compression plate (SMO, 長45mm, 幅7mm, 厚2mm)で骨接合した後、次の3群を作り、各々の曲げ強度を週を追って健側と比較した。

① 健康家兎群 7羽

脛骨の一侧に四個の螺子を穿ち、他側との曲げ強度を比較し、螺子による孔の存在が強度に及ぼす影響を検討した。

② 内副子非除去群 28羽

③ 内副子除去群 8羽

術後7週で内副子を除去した。

実験成績ならびに考察

① 健康家兎群

患側の曲げ強度は健側の60%であった。すなわち、直径1.8mmの螺子孔4コを穿孔することにより、曲げ強度は40%減弱した。螺子孔の大きさによって曲げ強度が大きく影響されることが解った。

② 内副子非除去群

術後4週では骨切り線で折れ、強度は弱く骨折面は骨切り面のままで、なめらかである。術後7週でも骨切り線で折れるが、その面はジグザグになり、曲げ強度は①群患側の70%となり、急激に強度を増加する。

術後9週になると更に強度は増し、①群患側の80%まで強度は回復し最高の値に達する。また術後7週内副子除去群のうち、再骨折例は一例もなかった。

以上より術後7～9週で骨癒合は得られたと考える。

また全例を通じて仮骨の多いものが少ないものより

強いという結果が得られた。

従って骨癒合の理想的な姿はどんなものか、議論のある处であろうが、曲げ強度の面からは仮骨の多いものが強いと言える。

術後11週では骨切り線以外の所で折れるものが出現し、曲げ強度はやや低下して来る。

術後13週目にはほとんどが骨切り線以外の所で折れ、強度は更に減弱し、この傾向は週を追って著明となる。

術後40週になると極端に弱いものが見られる。

以上の結果を健側と患側の比率で示すと、術後9週を頂点として強度は徐々に減弱する(図3, 実線)。

図3

われわれは第44回日本整形外科学会総会において、経時的な骨の強度の減弱を骨皮質の海綿質化によるものであると発表したが、本実験においてこの海綿質化は既に術後7～8週で出現し、週を追って著明となり、術後24週ではplate側の骨皮質は極端に菲薄化し一部骨髓が露呈するのを認めた。

他の実験において、われわれはこの海綿質化を圧迫接合群にも、非圧迫接合群にも、また髓内釘群にも認めた。従って上記骨異常は骨の圧迫力によるものではなく、強固すぎる内固定の結果生じるものであり、組織学的には、強力な内副子固定が、骨の生理的緊張状態をそこなうことにより、骨酵素系の働きにアンバランスが惹起され、(特に破骨細胞系が強く活性化される)遂にはハーパーズ管の拡大、癒合が起り、それがあたかも骨海綿質のような状態を呈するに到ると考えている。

③ 内副子除去群

術後7週目に内副子を除去した群の脛骨の強度は、

急激に増加し、11週では早くも①群患側の強度にまで達している(図3, 点線)。

術後13週の②群と③群(内副子除去後6週)を肉眼的に比較すると、②群では内副子除去後のplate側の骨皮質はいかにも脆弱そうに見え、螺子孔もそのままであるのに比べ③群ではplate側の骨皮質はむしろ肥厚し、螺子孔は新生骨で満たされている。故に②群よりも強度は増加していると考えられる。これをソフテックスで見ると、内副子非除去群とは逆に、時日の経過と共に骨の硬化像が強くなるのが見られる。

組織学的にはハーバース管に骨の新生が見られ、骨皮質の海綿質化の像は何処にも認められない。

以上により実験的に強い固定を行った後は、その内副子の除去を必要とすることがわかった。

結 論

われわれは家兎脛骨において、骨接合術後の曲げ強度試験を行い、若干の知見を得たので報告した。

1) 術後7～9週で骨の曲げ強度は最高に達し、以後骨皮質の海綿質化のため、強度は減弱する。従って

実験的には骨の癒合は術後7～9週で得られたものと思われる。

2) 内副子除去後の曲げ強度は速やかに回復する。このことから実験的には強固な骨接合術を行った場合は、その内副子を除去する必要があると考えられる。

3) 幸い現在の処臨床例では明らかな海綿質化の出現は認めていないが、骨の強度とplateによる固定の強さについては今後検討する必要がある。

御指導、御校閲を賜った玉井達二教授と、御協力いただいた熊大工学部藤田昌大助教授、熊大整外教室本田五男文部技官に感謝致します。

文 献

- 1) 玉井, 他: 臨整外, 2: 941, 1967.
- 2) Müller, M. E. et al.: Technik der Operativen Frakturbehandlung. Springer-Verlag. 1963.
- 3) 宮坂: 日整会誌, 45: 31～45, 1971.
- 4) 太田: 材料力学, 35, 1966.

外傷性膝蓋骨水平脱臼の一例

久留米大学整形外科教室(主任: 宮城成圭教授)

岩 永 安 弘

A Case of Interarticular Horizontal Dislocation of the Patella

By

Y. Iwanaga

Department of Orthopedic Surgery, Kurume University
School of Medicine (Director; Prof. S. Miyagi, M.D.)

A case of interarticular horizontal dislocation of the patella in a 27-year-old male was reported. The dislocation was occurred when falling down in a brook.

After closed reduction was failed, open reduction was carried out on the following day of the injury. The quadriceps tendon was not ruptured, the patella detached from the quadriceps apparatus and cranial part of the patella was interposed between the articular surfaces. The patella was pulled out and reduced to the original site without fixation to the quadriceps tendon.

After 5 months, the knee joint was in a full function.