

名大病院 高気圧治療室 小林繁夫, 小西信一郎, 牛込京子.
名古屋大学 第1外科 日比行雄, 榊原文作, 城所 仁, 鷲津卓爾,
高橋英世, 川村光生, 榊原欣作.
名古屋大学 無菌研 宇野 裕.

骨折の治癒過程に関しては、従来から数多くの研究が存在するが、骨折が生ずると、なぜ急激に内骨膜、外骨膜から細胞増殖がおこり、さらに結合組織を生じ軟骨組織から骨組織へと分化してゆくのかについては未だに不明の点が多く存在する。

Krompecher は肉芽組織の分化は骨折部への血流状態、すなわち酸素供給の多少によって決定され、それが十分の場合には TCA cycle に従って glycogen が酸化されて osteoblast が形成され、一方酸素欠乏状態では代謝が途中から mucopolysaccharides の代謝へ移行して、細胞は chondroblast へ分化するといっている。このような面からも、高気圧酸素環境下で局所の酸素分圧が高まれば、それによって骨折の治癒促進が考えられ、次の実験を行なった。実験には体重約 2 kg の成熟家兎を使用し、両側後脚の第 2 または第 3 中足骨骨幹のほぼ中央部に用手的に皮下横骨折を作り、特に固定は行なわずに放置した。

OHP 群、対照群共に 6 羽ずつを 1 group として使用し、両群共に同一の餌料および環境で飼育し、薬物などは一切使用しなかった。OHP 群は高気圧タンクに入れて純酸素 3 ATA の加圧を 1 日 1 回、2 時間、連続 30 日間行ななった。

両群共に骨折後 5 日目～10 日目毎にレ線写真を撮影し、さらに骨折部を周囲軟部組織と共に摘出し、脱灰標本を作製した。また 10 日目、20 日目に Microangiography により骨折部周囲の軟部組織の血管増生の状態を観察した。

実験結果

レ線学的所見：骨折後 10 日目では OHP 群、対照群の間には仮骨の形成に



写真 1. 骨折後 20 日目
＜左：OHP 群，右：対照群＞



写真 2. 骨折後 60 日目
＜左：OHP 群，右：対照群＞

特別差は認められない。20 日目になると両群共に骨折部周囲に仮骨の形成が十分にみられるようになるが、その程度は OHP 群の方が対照群に比べはるかにまさっている。骨折後 30 日目では OHP 群には仮骨全体にわたって^(写真1)石灰化像がみられ、錨着仮骨、橋状仮骨の形成も良好である。しかし同日の対照群では仮骨形成も良く行なわれてはいるが、橋状仮骨の形成がまだほとんどできていない。60 日目になると、OHP 群では仮骨形成部に良好な石灰化ならびに骨梁の形成がみられる。一方同日の対照群では仮骨の石灰化は行なわれてはいるが、橋状仮骨、結合仮骨の石灰化が不十分である。^(写真2)組織学的検討：骨折後 10 日目では OHP 群、対照群共に骨折端にフィブリンネツ、壊死物質、浮腫、肉芽の新生がみられ、両者の間には特別の差異は認められない。20 日目になると OHP 群では、

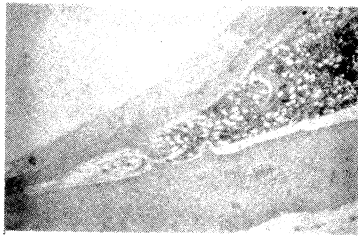


写真3. 骨折後60日目(HE×40)
OHP群

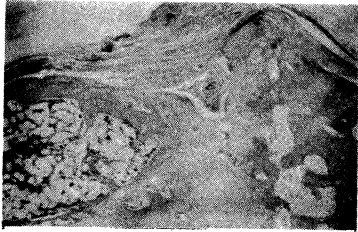


写真4. 骨折後60日目(HE×40)
対照群

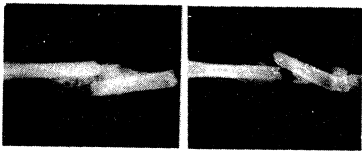


写真5. OHP群 写真6. 対照群
骨折後20日目のMicroangiography

骨折端をとりまく仮骨部には軟骨細胞の新生が良好で、一部結合仮骨には石灰化ならびに骨梁の形成がみられ、さらに壊死物質の吸収も良好である。同日の対照群では仮骨部の軟骨細胞の新生が遅れ、仮骨の石灰化、および骨梁の形成はなく、壊死物質の吸収も不良である。30日目になると、OHP群では骨折部をとりまく仮骨には全体に石灰化がみられ、骨梁が密に形成され、骨髄の形成も良好であるが、同日の対照群では仮骨部の石灰化が全般的には行なわれておらず、一部に依然軟骨細胞がみられ、骨髄の形成も不良である。骨折後60日目のOHP群では、骨幹部とそれを取りまく石灰化した仮骨部とがしっかりと癒合しており、仮骨部にも骨梁、骨髄の形成も充分にみられ、また骨折端においても同様の所見がみられ、骨折は治癒している。同日の対照群では仮骨部の石灰化、骨髄、骨梁の形成はほぼ良好であるが、骨折端接合部の結合仮骨部の石灰化が不良である。

(写真4) Microangiography を行なうために超微粒子バリウムを腹腔動脈から注入し骨折部をsoftexで撮影した。20日目のOHP群でみると仮骨の形成部にほぼ一致して、血管が豊富でかつ密に新生され、networkの形成も良好である。一方20日目の対照群ではOHP群に比べて血管の新生は非常に少なくかつ

粗である。

(写真5, 6) 以上の実験により、高気圧酸素呼吸は骨折の治癒過程を短縮することを知らされた。この理由には多くのことが考えられる。高気圧酸素呼吸により、血中ならびに組織液中に溶解した高濃度の酸素が骨折部局所へ何らかの作用をおよぼし、骨折発生のきわめて初期の外傷性炎症の時期から骨折治癒の全過程を通して治癒過程を促進することは確かである。即ち、OHP群においては、対照群よりも早い速度で軟骨細胞および骨細胞が形成されてゆき、軟骨細胞は同様にして骨細胞へと変化してゆくと考えられる。しかしどのようにして治癒過程が促進されているかについては、さらに生化学的、酵素学的検討などが必要であろう。

次に、骨折部への血流状態も骨折の治癒過程に影響をおよぼすと考えられる。20日目のAngiographyに示したようにOHP群では、細小血管の増生が著明である。これは治癒過程初期からの細胞増殖が促進されており、これと平行して、毛細血管、細小血管もその増殖が促進されるのであろう。こうして、豊富な血流と高濃度酸素の影響により、全治癒過程が促進されると考える。

われわれは1日1回、3ATA、2時間、30日間の純酸素加圧条件下における本実験において、OHP群と対照群との間に約7~10日の治癒期間の短縮をみとめた。さらに条件をかえて、骨折の治癒経過を検討し、あわせて血流障害を伴った骨折、また組織の再生能力の低下した例えば老人等の骨折に対して高気圧酸素療法による骨折治療の臨床的応用をもちたいと考えている。