び病理組織標本には血管病変はみられなかった。Clay (1963), Cocket (1965) は、減圧症と脂肪栓塞を、Jones (1965) は骨壊死と脂肪栓塞との関連を述べており、われわれの潜水土、潜函工の骨頭病理所見ではそれを疑わせしめる所見があったが実験的には証明されなかった。

Fulton (1951) は、減圧後血管攣縮が数日間持続

し、虚血を助長することを述べ、Kalser (1951)は、実験的に骨内圧の脈圧減少によってこれを証明し骨内の血行障害の一因としてあげており、Phemister (1949)も、血管攣縮による骨壊死の可能性を述べている。これらの諸説は、まだ仮説の域を出るものではないが、慢性減圧症としての骨壊死の病因解明の糸口になるのであろう。

骨 内 圧 に 関 す る 研 究 (第一報)

長崎大学整形外科

岩 崎 勝 郎・渡 辺 整

立 野 泰・富 村 健

国立嬉野病院整形外科

井 手 迪

国立大村病院整形外科

片 山 修 史

Studies on Intraosseous Pressure (1st Report)

By

K. Iwasaki, T. Watanabe, Y. Tatsuno
& K. Tomimura

Department of Orthopedic Surgery, Nagasaki
University, School of Medicine

S. Ide

Department of Orthopedic Surgery,
Ureshino National Hospital

S. Katayama

Department of Orthopedic Surgery,
Ômura National Hospital

Bone blood circulation was studied by measuring intraosseous pressure experimentally and clinically.

The following results were obtained.

1. Intraosseous pressure was determined by correlations between the rate of inflow and outflow.
2. The range of the variations of individual intraosseous pressure was very wide, and there were no correlations between carotid artery pressure and intraosseous pressure.
3. In some diseases of the hip, intraosseous pressure in the femoral head was consistently higher than that in the femoral neck.
4. In intraosseous pressure in necrotic area of the femoral head of the adults, pulsative waves were not found, but in the head of Perthes disease pulsative waves were always observed.

1. 緒 言

骨は外壁を硬い骨皮質でかこまれ、しかもこの骨皮質を貫通して無数の細少血管が出入りしているという構造上の特異性のために循環動態の把握にはきわめて困難な要素が多い。しかし骨が半閉鎖空間であるということを利用して、骨内圧の変動を循環動態の指標とする試みは1938年 Larsen 以来数多く行なわれてきた (Bloomenthal, Stein, 東, Cuthbertson, Hawk)。

一方臨床的応用においては Miles や Arnoldi が大腿骨頸部骨折における骨頭生死の判定に骨内圧の脈搏性変動の有無が有用であると報告している。

これら多くの業績により骨内圧のもつ生理学的意義は少しづつ明らかにされてきたが、骨内圧が、循環動態の表示ということに関していかなる位置に位するものであるかという点についてはいまだ十分解明されて

いない。

われわれは骨内圧の生理学的な意義解明の一環として、実験的に①骨内圧曲線変動の様態、②大腿動静脈閉塞による骨内圧の変化、③体血圧（頸動脈圧）と骨内圧との関係、④部位による骨内圧の違いなどを検索した。また臨床的にはいくつかの股関節疾患において大腿骨骨頭と頸部の骨内圧を計測した。

2. 実験的研究

体重2kg前後の成熟家兎を用いた。Nembutal 約30mg/kgにて静脈麻酔施行後実験台に仰臥位に固定。ヘパリン1～2mg/kgを静注して血液凝固阻止を行なったのち、頸動脈を露出し、これにカニューレを挿入し更に圧力トランスジューサーに接続する。次に目的とする部位の骨皮質を経皮的にドリルで穿孔し、これより18ゲージの注射針を骨髓内に刺入、同様にポリエチレンチューブを通じて圧力用トランスジューサーに連結し、頸動脈圧と骨内圧を同時に記録した（図1）。

動静脈閉塞テストは、鼠径韌帯レベルで大腿動静脈を露出し直視下に阻血を行なった。

3. 実験的研究結果

1) 骨内圧曲線の様態

記録された骨内圧曲線は常に頸動脈圧曲線と一致して脈搏性変動と呼吸性変動がみとめられたが、22例中9例には、頸動脈圧とは無関係なゆるい周期性動揺が一過性にみられた（図2, a, b）。

2) 動静脈閉塞テスト

大腿動静脈を直視下に閉塞した場合の骨内圧の変化を、大腿骨骨幹部、大腿骨末梢部、脛骨中枢部、脛骨骨幹部及び脛骨末梢部の5ヶ所にて観察した。

a. 大腿動脈閉塞テスト

大腿動脈閉塞により頸動脈圧は殆んど変化をうけなかったが骨内圧の変化のしかたは、①全然変化しないもの、②ある程度の低下はみられるが脈搏は消失しないもの、③著しく低下し完全に脈搏が消失するものの三つにわけられる（図3）。

測定部位別に骨内圧の低下値及び低下率を表1に示すが下肢の末梢方向にいくに従って低下率は大きくなっていく。

b. 大腿静脈閉塞テスト

大腿静脈の閉塞によっても頸動脈圧にはみるべき変

図1

図2-a

頸動脈圧に一致した脈搏性及び呼吸性動揺

図2-b

頸動脈圧とは無関係なゆるい周期性動揺

部位別骨内圧の分布

図4

	骨内圧	
	骨頭 (mmHg)	頸部 (mmHg)
成人		
正常側	70 ~ 20	40 ~ 8
(平均)	34.5	32.6
O. A.	105 ~ 23	89 ~ 22
(平均)	60.8	48.0
外傷性股脱	62 ~ 35	45 ~ 11
(平均)	47.2	29.5
小児		
正常側	96 ~ 12	35 ~ 17
(平均)	43.3	28.0
ヘルテス病	78 ~ 32	62 ~ 25
(平均)	55.6	41.7

表4

のシルバーマン針を大転子下部より骨頭では epiphysis 内に、脛部では大転子と小転子を結ぶ線上に刺入し、ポリエチレンチューブを通じて圧力用トランスジューサーに連結し記録した。

対象とした疾患は成人では変形性股関節症 8 関節、外傷性股関節脱臼（整復後 1 ヶ月以上経過したもの）5 関節、大腿骨骨頭無腐性壊死 2 関節、小児ではペルテス病 11 関節である。この内健側と患側を計測出来たものは成人では 10 例、小児では 6 例であった。

5. 臨床的研究結果

変形性股関節症、外傷性股関節脱臼、及びペルテス病における骨頭（epiphysis）と頸部の骨内圧を正常側と共に表4に示す。次に正常側と各疾患別にわけて、骨頭と頸部の骨内圧の比較を図5に、また骨頭と

骨内圧の比較(骨頭・頸部)

図5

骨内圧の比較(患側と正常側)

図6

頸部別に患側と健側との骨内圧の比較を図6に示す。以上から明らかな如く、上記各疾患に於いても骨頭の圧が頸部より高く、また骨頭、頸部共に患側が正常側より高い値を示した。

大腿骨骨頭無腐性壊死の症例の内 1 例は、壊死部の圧が 16 mmHg から脈搏は消失したまま次第に減少していくのがみられた。しかし、壊死部をはづれた部位

図7 大腿骨頭無腐性壊死

図8 ペルテス病

での圧は 80 mmHg と上昇し、脈搏が出現した (図7)。他の1例は壊死部が関節腔と交通していたため骨内圧は計測出来なかった。これに反しペルテス病における epiphysis では全例脈搏性変動を有する骨内圧が計測された (図8)。

6. 考 案

骨の血液循環は全身的な循環系と局所的な血管運動神経系により、二重支配をうけているが、骨内圧は骨内への流入及び流出血液量の相互関係により決定されるわけである。それで骨内圧も体血圧の変動に伴って変化するのが一般的である。われわれの実験では、体血圧 (頸動脈圧) と一致した脈搏性及び呼吸性変動を示すものが大部分であったが、22例中9例には体血圧とは無関係なゆるい周期性動揺を有する骨内圧が、測定の過程において一過性にみられた。この周期性動揺の出現は東も指摘しているが発生原因は不明である。

体血圧と骨内圧との関係では部位別に相関の有無を調べたが一定の関係はみられなかった。全測定値の63

%が10~30mmHgの間にあったことは東の報告と一致するものである。

大腿動脈閉塞の結果、下肢は末梢にいくに従って閉塞による骨内圧の減少率が著明になっていく傾向があった。また閉塞しても圧は減少するが脈搏は消失しない例が、大腿骨骨幹部で4例中3例、末梢部で5例中3例にみられた。このことは、これらの部位が大腿動脈以外の動脈からも血液供給をうけていることを物語るものである。

一方大腿静脈閉塞による圧の上昇率は個体差があり、また部位によって必ずしも一定していない。そして骨外の静脈性の閉塞は比較的代償されやすい傾向にあった。それで骨内圧の決定には静脈性のう滞よりも流入血液量の大小がより大きい役割をしめていると考えられる。

以上の実験結果からして骨内圧は骨循環とは密接な関係にはあるけれどもただ単に圧の計測のみでは定量的な意味での有用性はないと思われる。一方定性的な有用性については脈搏性変動を有する骨内圧が得られ場合次の二つの状態を考えねばならない。第一は、1行が存在する場合、第二は壊死部が小範囲に局限していて、その周辺の血流を有する部位からの搏動が伝播されてきた場合である。一方もし脈搏がみられなかった場合には、測定手技上のあらゆるミスを否定した上で、avascularityの証明にはなりうと思う。

骨内圧の臨床的応用として、われわれは、変形性股関節症、外傷性股関節脱臼、大腿骨骨頭無腐性壊死、及びペルテス病に対して、骨頭 (epiphysis) と頸部の骨内圧を、健側と共に測定した結果、健側でも患側でも骨頭の圧は頸部より高く、また骨頭でも頸部でも患側の方が健側より高かった。これらの意味づけに関しては更に症例をふやして検討したい。

骨頭壊死症例における壊死部の骨内圧はその周辺の圧よりきわめて低くまた脈搏も出現しなかったが、これは血流が完全に杜絶していることを意味するものである。一方ペルテス病においては11例中そのstageがnecrosis期1例、fragmentation3例、regeneration期7例であったがいづれもepiphysisの骨内圧は脈搏性変動をもったものが得られた。このことはLarsenやBohrらの主張する、ペルテス病は発病のごく初期はいざ知らず、その後間もなく血行の再開がみられるという説をうらずけるものとして興味深い。

7. 結 語

実験的には家兎を用いて、また臨床的にはいくつかの股関節疾患において骨内圧を計測し、骨内圧のもつ意義につき検討を加えた。結論として骨内圧は骨循環動態の表示法として定量的な有用性はみられないが定性的有用性はあると思われる。

文 献

- 1) 東：日整会誌. 37: 267, 1963.
- 2) Arnoldi, C. C. et al.: Clinic. Orth. 84: 116, 1972.
- 3) Bloomenthal, E. D. et al.: Surg. Gynec. and Obst. 94: 215, 1952.
- 4) Bohr, H.: Acta Orth. Scand. 44: 417, 1973.
- 5) Cuthbertson, E. M. et al.: Angiology. 15: 145, 1964.
- 6) Hawk, H. E. et al.: Surg. Forum. 21: 475, 1970.
- 7) Larsen, E. H. et al.: Acta Orth. Scand. 44: 426, 1973.
- 8) Larsen, R. M.: Ann. Surg. 108: 127, 1938.
- 9) Miles, J. S.: J. Bone & Joint Surg. 37-A: 622, 1955.
- 10) Stein, A. H. et al.: J. Bone & Joint Surg. 39-A: 1129, 1957.

質 問 福岡日赤病院整形外科 徳永 純一

私も以前に骨内圧の測定を行なったが、先達諸氏の云うように定性的な骨循環の意味づけは出来るが定量

的な意味づけが出来るいま、実験を中止した。本日の発表では従来の報告と何ら変わる所はないが、今後どのように実験をすすめられる予定か。

質 問

兵庫医科大学 中野 謙吾

問題が少し異なるかと思うが、私も以前に骨髓出血に対するオキシセルワックスの硬度、粘稠度を決定するのに骨髓圧を計測した事があるが、此の方面に応用出来ないか。

回 答

長崎大学整形外科 岩崎 勝郎

① 実験動物が小さいために皮質のみを貫通して固定することは技術的にむづかしい。needle は骨髓内に blood pool を作りその中にあると思われるが、その周辺一帯の骨内圧が計測されていると考えている。

② 臨床の応用で、骨内圧が患側の方が高いということは必ずしも血流量が多いということを意味するものではない。骨外静脈の閉塞は代償されやすいが、骨皮質を出る部位での閉塞などがあれば、骨内圧は増加するわけでこのようなものが疾患の循環動態の一面を表わしているのではないかと思う。

質 問

東京労災病院整形外科 松元 司

① データの数値のバラツキが余りも大きい。

従って統計学的に一つの結論を出すのは難しいのではないかと。数学（統計学）の専門家に相談されたか否か？