

キリンの血圧に関する考察：学生のテストを基礎に

諏訪 邦夫、石田 等、立原 敬一

A Thought on the Blood Pressure on Giraffes as Guided from the Test Results to Students

Kunio Suwa, Hitoshi Ishida, Keiichi Tachihara

Abstract

Giraffes are known to be hypertensive. In one test to students, we have had them estimate the degree of this hypertension. The estimated value ranged from 80 to 600 mmHg, its mean and SD being 250 and 150 mmHg, respectively. Review of articles revealed that, with regards to the blood flow to the head of giraffes, there are still controversies such as siphon theory stating the continuous blood column pulling the arterial flow up without much energy-loss obtained the venous flow running down back to the heart, or water-fall theory stating the arterial flow reaching the top of the head then flow down within the vein to the heart just like a water-fall. Neither of the two theories have not been proven so far.

日本語訳

キリンは高血圧と判明している。学生へのテストで、この高血圧の度合いを推定させた。この問題に応えた学生は36名で、推定値は80~600mmHgに分布し、平均値250mmHg、標準偏差150mmHgであった。論文の検索によると、立位のキリンの頭と脳への血流にはサイフォン理論や静脈系の流れの滝理論などがあり、現時点では一致した見解がないと判明した。

はじめに

キリンは極端な高身長故に血圧も高いことは知られているが、循環系学習の一環としてこのテーマに関して学生に検討を求めた。

方法

2010年6月4日に、それまでの循環系の学習の修熟度判定のために、テストを施行した。その際に、通常の選択式問題10題の他に、記述式問題を3題出した。この記述式問題は3題中1題解答すればよいと述べたが、「2題以上解答すると得点が増える」と予告してあった。記述問題3題のうちの1題が以下の問題であった。

問題：キリンの血圧はどのくらいと推測しますか。理由も加えて説明しなさい。

解答者全46名中で、この問題に挑戦したのは36名であった。

結果

学生の解答を総括すると、「血圧は高い」という解答が多かったが、「圧は同じ」、ないし「低い」という解答も少数みられた。

推定の幅は、ヒトより低いとしたのが6名で、その中には明確な数値を挙げていた例がなかった。ヒトと同じとしたのが2名、ヒトより高いとしたのは28名で、その大多数がヒトより大幅に高いと推定した。

具体的な数値を挙げたものは17名で、最大値は600mmHgであった。「ヒトより高い」、「ヒトより何倍」という表現が11名であった。

これをグラフ化したが、その際に単に「血圧」とあるものは「収縮期圧」と解釈し、「ヒトのX倍」としての基準は、記述してあるものがすべて「収縮期圧120mmHg」を正常としていたので、記述してないものも「収縮期圧120mmHg」を正常としてその倍数を採用した。分布は図1のごとくである。

文献による実測値

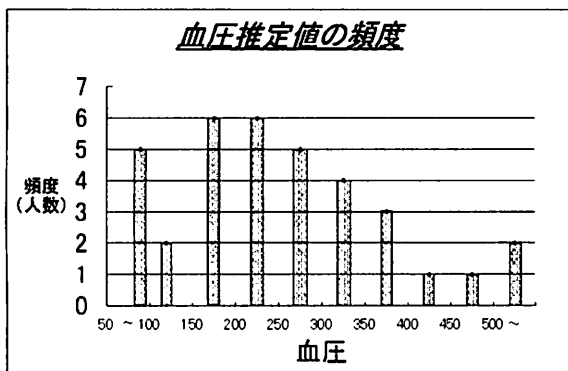
実際の測定値データは必ずしも豊かではなく、動物学者の解答も数値を挙げたものもあるが、「ヒトより高い」という述べ方も採用しており、その場合「ヒトの2倍」「ヒトの2倍以上」という表現が多かった。

中で充実していたものとしては、キリンを麻酔して体位をいろいろに変えて測定している¹⁾。直立位で平均動脈圧は $193 \pm 11 \text{ mmHg}$ (平均 \pm SE) という数値を与えている。この研究では、血圧だけでなく、頸動脈流量 ($0.7 \pm 0.2 \text{ l/分}$)、頸動脈断面積 ($0.85 \pm 0.04 \text{ cm}^2$)、CVP ($4 \pm 2 \text{ mmHg}$)、頸静脈流量 ($0.7 \pm 0.2 \text{ l/分}$)、頸静脈断面積 ($0.14 \pm 0.04 \text{ cm}^2$) ($n = 4$) などというデータも提供している。ここで目立つのは断面積が頸動脈と頸静脈でひどく違い、頸静脈が断面積が小さい点で頸静脈が虚脱することを示している。

同じ研究で、頭を心臓と同じ高さに維持すると、頸動脈血圧 ($118 \pm 9 \text{ mmHg}$) と低くなり、頸静脈血圧 ($-7 \pm 4 \text{ mmHg}$) と陰圧になっている。

さらに頭を心臓より下げると、平均血圧 ($131 \pm 13 \text{ mmHg}$) とやや高くなり、頸動脈流量と頸動脈断面積は不変で、心拍出量は 30% 低下し、CVP ($-1 \pm 2 \text{ mmHg}$) と低くなり、頸静脈断面積 ($3.2 \pm 0.6 \text{ cm}^2$) と増大し、以上の変化は頭を再度上げて直立位にすると、パラメーターは元に戻ったという。

図 キリンの血圧を学生が推定した値をグラフにしたもの。推定値にかかわらず具体的な値を与えず「人体の何倍」という表現のものがあり、その場合は人間の収縮期圧の正常値 120 mmHg の倍数とした。また人より低いという推定した 6 つの値は、80~105 の間に 5 mmHg に分布すると勝手に推定した。



考察

学生の解答は、単純に血圧の数値を述べただけで、キリンの身長を具体的に推定したり、心臓から脳までの静水圧の落差を比較したものはなかった。また、水圧と水銀柱の問題を考察したものもなかった。テストの

問題の出し方が単純過ぎて、誘導を試みなかった点にも理由があるかもしれない。もう少し詳細な基礎データを提示して誘導を試みれば、理論的な考察を行う解答が現れたかかもしれないから、このあたりは出題者の責任でもある。

もっとも、この点は動物学者の論文でも大きな差はなくて実測データでさえも、キリンのサイズを明確に述べていないものも少なくなかった。

学生に対して問題を出した本人(諏訪邦夫)自身が知らなかったことであるが、立位のキリンの頭への血流ないし脳血流に関しては、大きく分けて単純な静水圧を考える理論(静水圧理論)と、動静脈系全体を剛性のある血管のつながりとしてサイフォンを考慮する理論(サイフォン理論)の二つがある。静水圧理論では、頭部の血圧は陽圧でなくてはならず心臓の拍出部位の血圧はこれに心臓から頭部までの静水圧差が加わる分だけ高いことになる。その場合、静脈血流は頭部から心臓に向かって「滝: waterfall」のように流れる可能性が否定できない。

一方、サイフォン理論では動脈血流と静脈血流が一つながりとするので、下行する静脈血流が上行する動脈血流を引っ張ることになり、頭部での血圧は陰圧でもかまわない。これなら高血圧の程度が比較的小さくてもロスにならない理屈である。

現時点では、動物のデータやモデル実験のデータなどが入り乱れて結論は得られていないが、純粹のサイフォン理論への支持は少なく、頭を挙げた状態ではキリンの血圧は高く頭の血流は血圧上昇による静水圧でまかなわれているとの見解が優勢である。ただし、頭部から心臓に向かう静脈血流は滝のように流れ落ちるのではなくて、むしろ静脈の収縮によって制御されながらゆっくりと心臓に向かうようで、一部はサイフォンの面もあると解釈もできる^{2),3)}。つまり、純粹な静水圧+滝理論も純粹なサイフォン理論も支持されず、むしろ頭の血圧は十分に陽圧でそこから細い静脈の中を血流は制御を受けながら心臓に戻ると考えるようである。なお、キリンの頭や脳にはワンダーネット(奇驚網:wonder-net)という特殊な血管系があって、血液をプールして短時間の虚血に備えると以前より知られているという。

脳幹が低灌流を感知すると血圧を上げるという反射

が、ヒトには存在し脳乏血反応とよぶ。この反応は20世紀初頭に脳外科医のクッシングが提案したメカニズムだという⁴⁾。同じ反応がキリンに存在するとの証拠はないが、否定する根拠もない。それに関連して、キリンは心肥大と小動脈の肥大があるとの報告もある⁵⁾。それにしてもキリンの動脈硬化は血圧の高い割りに軽度で、この面から人間での高血圧症の分析や治療に役立てようとの考え方もある⁶⁾。

結語

キリンは顕著な高血圧である。それを学生に推定させて興味深いデータが得られた。さらに筆者らが学習してみても、静脈系の流れの滝理論、サイフォン理論などこれまで知らなかった問題が出ており、必ずしも解決済みではないと判明した。

参考文献

1. Brondum E, Hasenkam JM, Secher NH, Bertelsen MF, Grondahl C, Petersen KK, Buhl R, Aalkjaer C, Baandrup U, Nygaard H, Smerup M, Stegmann F, Sloth E, Ostergaard KH, Nissen P, Runge M, Pitsillides K, Wang T. Jugular venous pooling during lowering of the head affects blood pressure of the anesthetized giraffe. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009 Oct;297(4):R1058-65.
2. Mitchell G, Maloney SK, Mitchell D, Keegan DJ. The origin of mean arterial and jugular venous blood pressures in giraffes. *J Exp Biol*. 2006 Jul;209(Pt 13):2515-24.
3. Badeer HS. Is the flow in the giraffe's jugular vein a "free" fall? *Comp Biochem Physiol A Physiol*. 1997 Nov;118(3):573-6.
4. Paton JF, Dickinson CJ, Mitchell G. Harvey Cushing and the regulation of blood pressure in giraffe, rat and man: introducing 'Cushing's mechanism'. *Exp Physiol*. 2009 Jan;94(1):11-7.
5. Mitchell G, Skinner JD. An allometric (相対成長の) analysis of the giraffe cardiovascular system. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2009 Dec;154(4):523-9.
6. Zhang QG. Hypertension and counter-hypertension mechanisms in giraffes. *Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets*. 2006 Mar;6(1):63-7.