

# ESTUDO ANATÔMICO SOBRE O MOVIMENTO DO CORAÇÃO E DO SANGUE NOS ANIMAIS

WILLIAM HARVEY

Médico Real e Professor do Colégio  
Médico de Londres

1628

Tradução, apresentação e notas  
de Regina André Rebollo

CADERNOS DE TRADUÇÃO, n. 5, DF/USP, 1999

# ALGUMAS CONCLUSÕES APRESENTADAS POR WILLIAM HARVEY

- As artérias, e outros vasos, não “chupam” o sangue. É algo que o coração faz que infla os vasos – este “algo” é a realização de trabalho no fluido (sangue).
- Existe pressão dentro dos vasos durante a diástole.
- O sangue, comportando-se como um líquido “incompressível” nos regimes de pressão biológicos, movimenta-se imediata e simultaneamente em todas as partes do corpo – isto não quer dizer que o fluxo seja o mesmo em todos os locais.
- Veias se colapsam mais facilmente que artérias devido a menor pressão a que estão sujeitas (pode-se constatar isto levantando-se o braço e observando-se as veias superficiais e palpando-se a artéria radial).

POR QUE COLOQUEI ESSAS  
OBSERVAÇÕES ?

# POR QUE COLOQUEI ESSAS OBSERVAÇÕES ?

- Perceba que são observações feitas em 1628 e, ainda hoje, há muitas pessoas da área que não têm claro vários destes pontos
- Estas observações nada tem com a questão da “GRAVIDADE”, porém carregam algo em comum: a falta de clareza de muitas pessoas da área acerca do papel que a gravidade exerce no sistema circulatório
- Caso eu tivesse que colocar da maneira mais resumida e direta o problema acerca da gravidade seria: “diferenciar a questão hidrostática da questão hidrodinâmica”

# GRAVIDADE

BIF 0309 / 5715

Fisiologia Cardiovascular Avançada

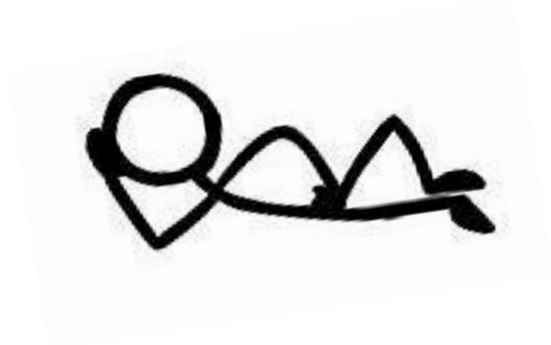
# ABORDAGEM DA QUESTÃO

- Observações empíricas
- Resultados experimentais
- Heterogeneidade V/Q
- Aves
- Conclusão
- Assuntos correlatos

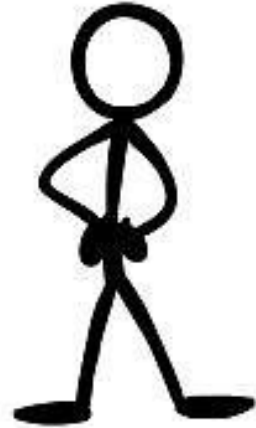
# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

A pressão em pé x deitado

120 X 80 TORR



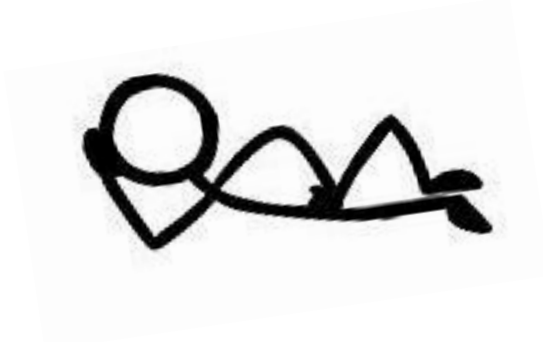
130 X 90 TORR



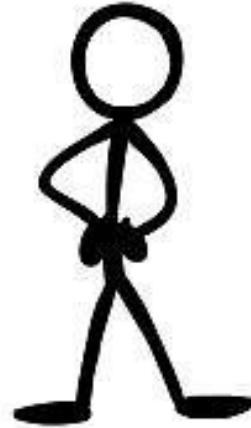
# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

A pressão em pé x deitado

120 X 80 TORR



130 X 90 TORR



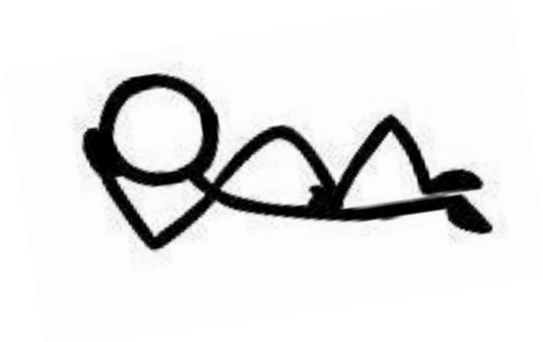
Conclusão: é preciso aumentar a pressão arterial para poder vencer a coluna hídrica que se forma e conseguir enviar sangue para a cabeça.



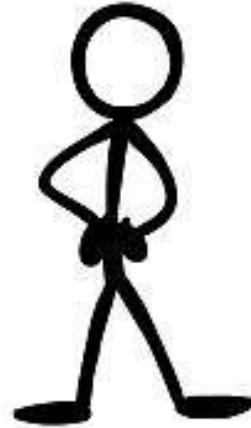
# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

A pressão em pé x deitado

120 X 80 TORR



130 X 90 TORR



Conclusão: é preciso aumentar a pressão arterial para poder vencer a coluna hídrica que se forma e conseguir enviar sangue para a cabeça.

# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

- A pressão arterial da girafa

Valores obtidos com girafas em pé

$P_{a_{rms}}$  (torr)

210 - 265

217 - 285

205 - 325

245 - 255



## **Circulation of the Giraffe**

*By* ROBERT H. GOETZ, M.D., JAMES V. WARREN, M.D., OTTO H. GAUER, M.D.,  
JOHN L. PATTERSON, JR., M.D., JOSEPH T. DOYLE, M.D., E. N. KEEN, M.D.,  
AND MAURICE MCGREGOR, M.D.

*With the technical assistance of L. M. Piller, M. Smith and E. Mance*

Circulation Research vol. 8 (1960)

# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

- A pressão arterial da girafa

Valores obtidos com girafas em pé

$P_{a_{rms}}$  (torr)

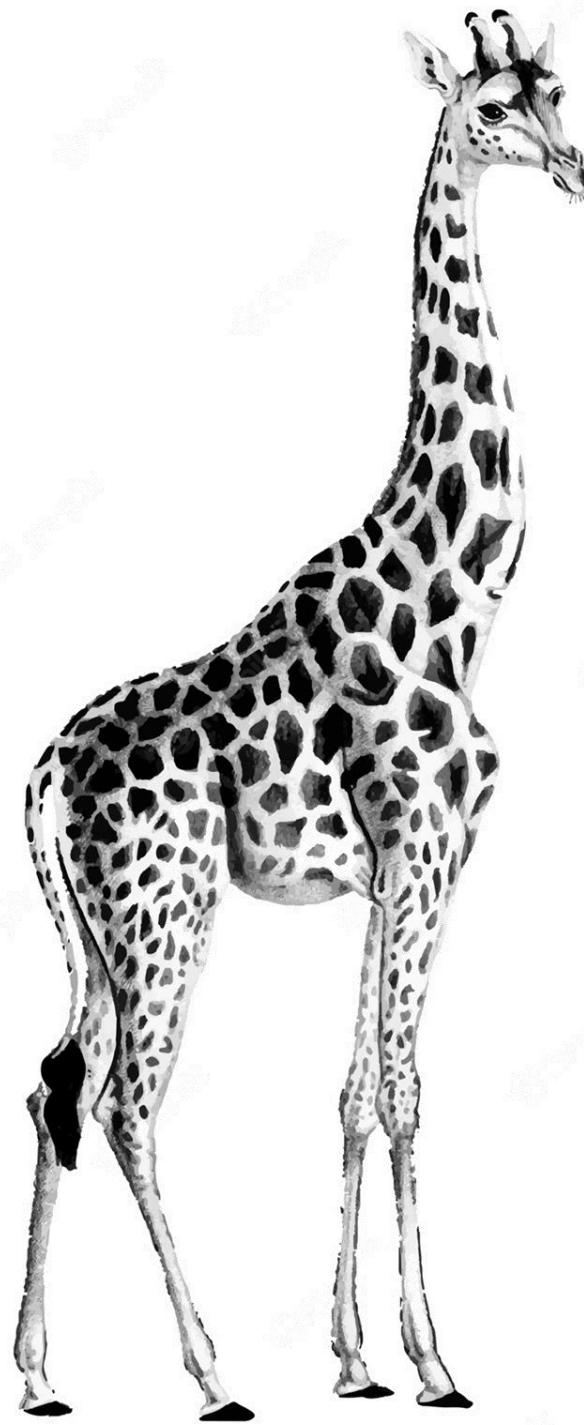
210 - 265

217 - 285

205 - 325

245 - 255

Conclusão (não dos autores): o aumento da PA é necessário para levar sangue à cabeça



# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

- A pressão arterial da girafa

Valores obtidos com girafas em pé

$P_{a_{rms}}$  (torr)

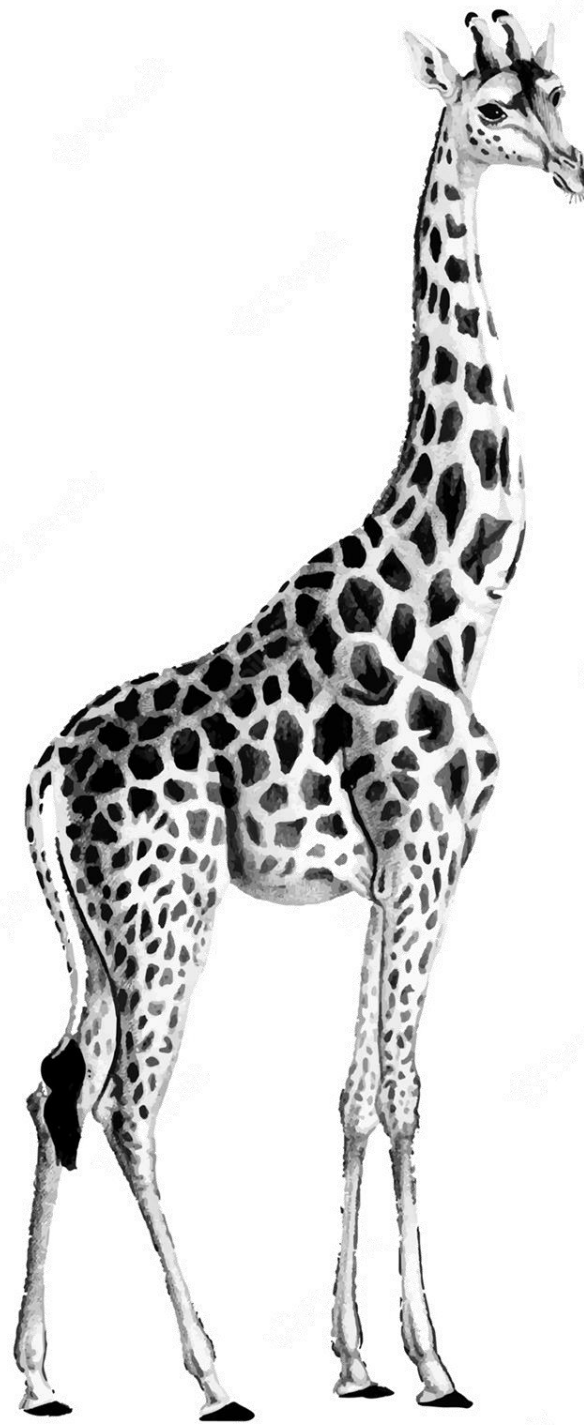
210 - 265

217 - 285

205 - 325

245 - 255

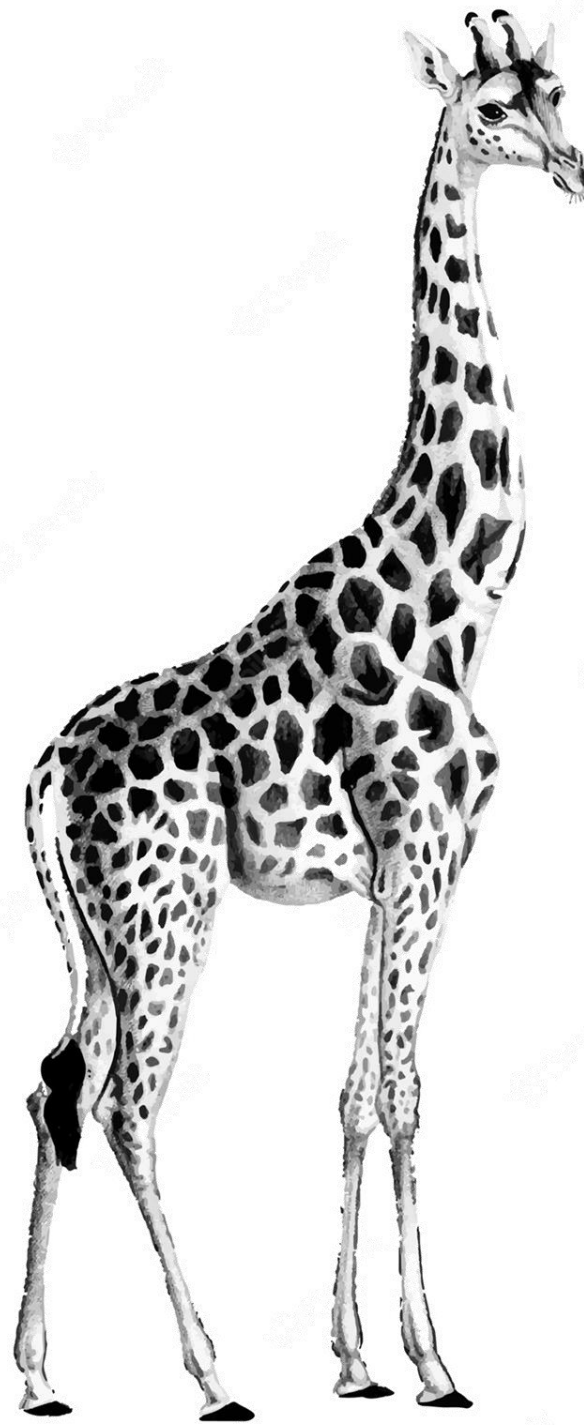
Conclusão (não dos autores): o aumento da  $P_{a_{rms}}$  necessário para levar sangue à cabeça



# OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

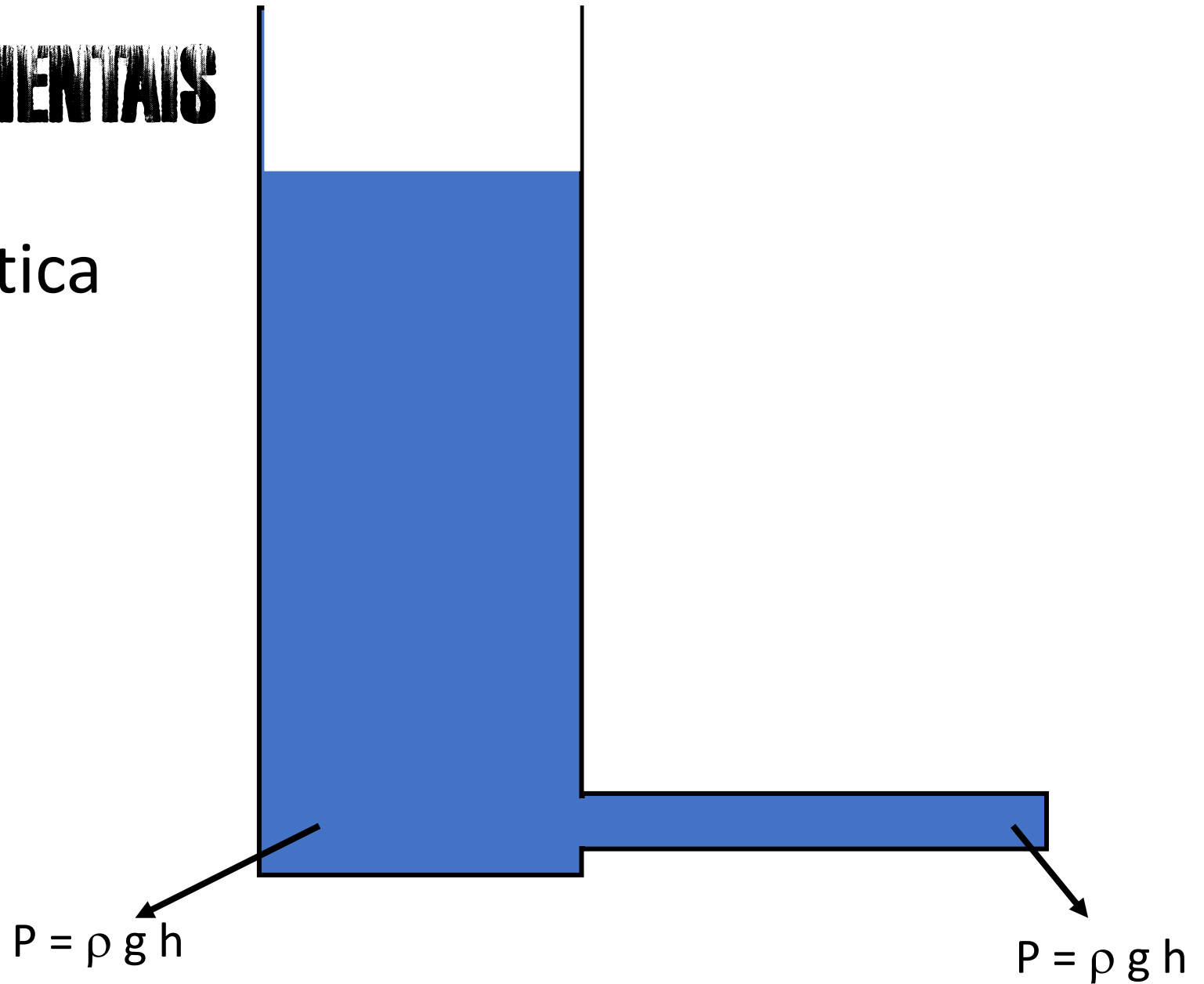
- A pressão arterial da girafa

In-  
deed, the hydrostatic situation would probably not permit a significant fall in peripheral resistance and in arterial pressure if an adequate cerebral perfusion pressure were to be maintained. In this respect the anatomical structure of the large vessels is perhaps of considerable significance, with the arteries below heart level showing greater muscularity and smaller lumens.<sup>3</sup>



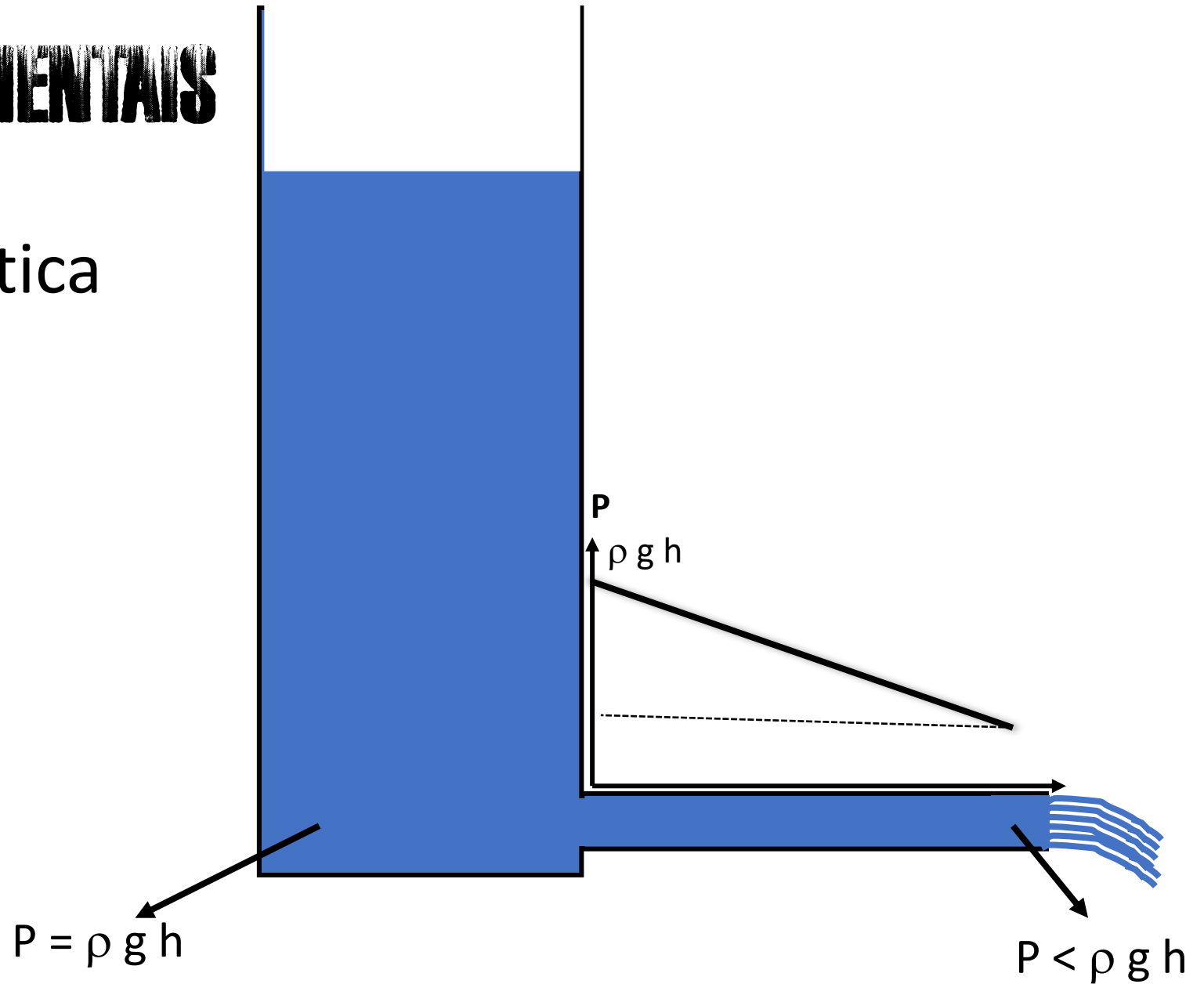
# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- A pressão hidrostática sem fluxo



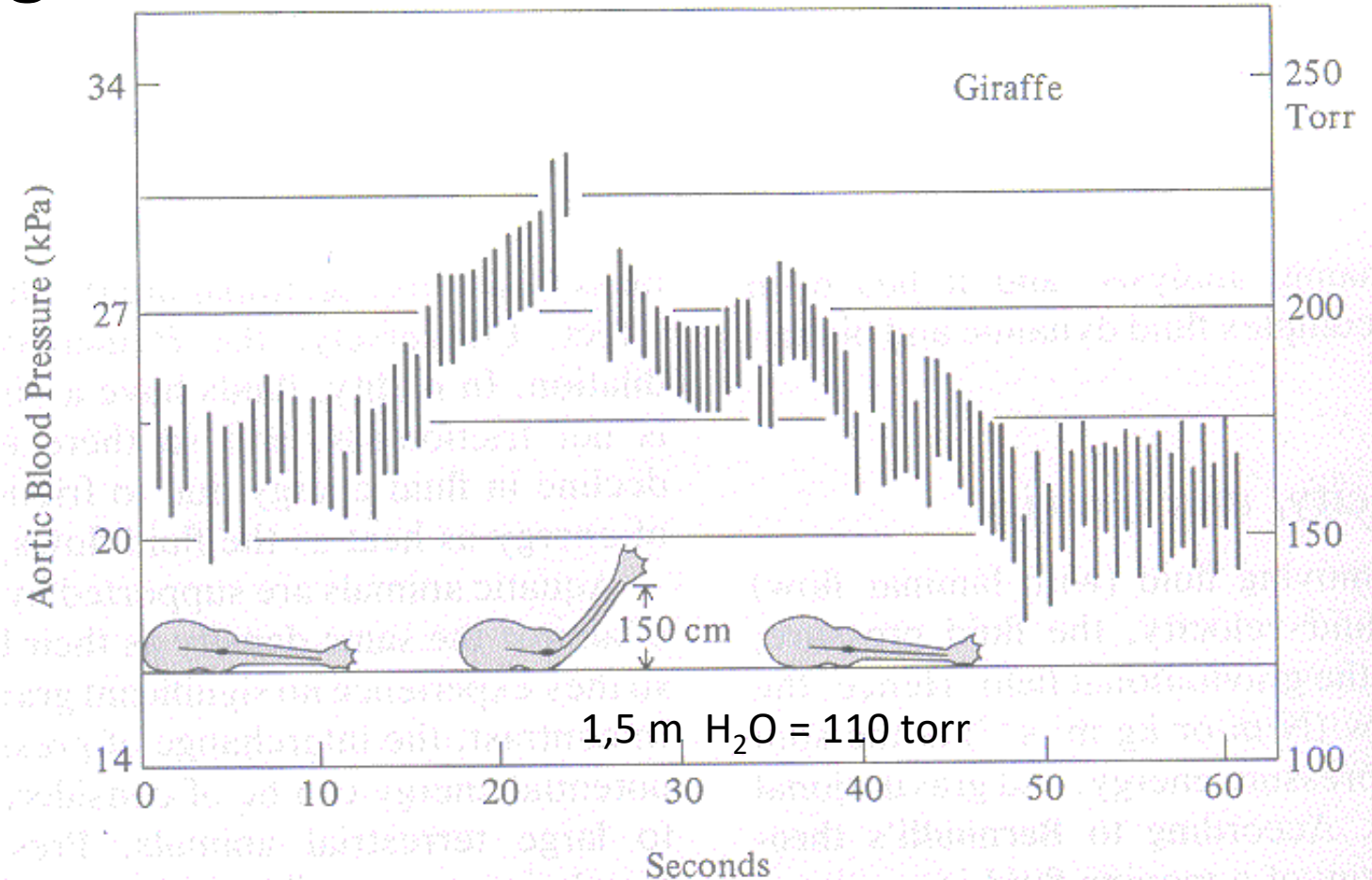
# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- A pressão hidrostática com fluxo



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- A pressão arterial da girafa





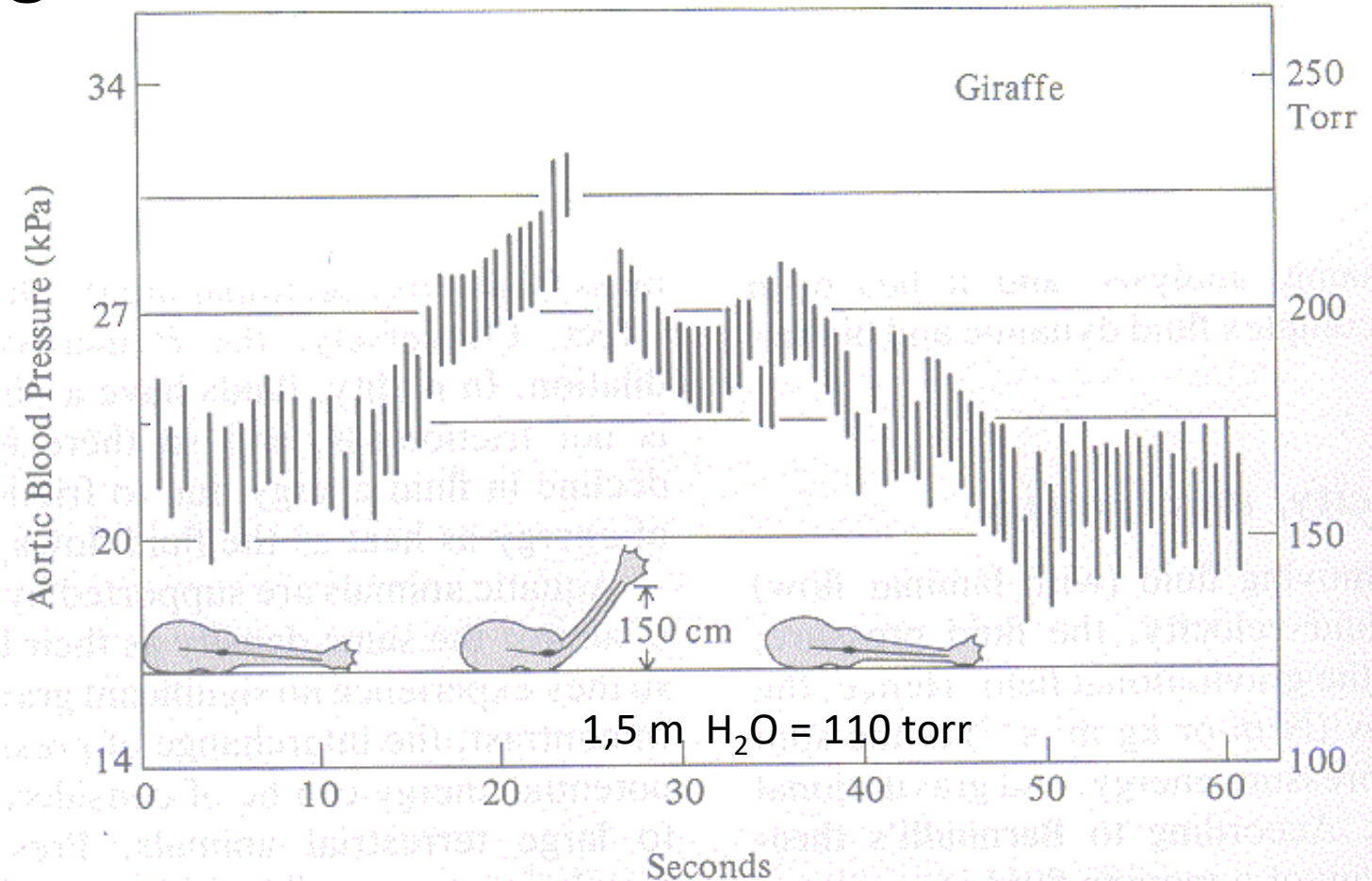
# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- A pressão arterial da girafa

Note:

Mesmo deitada, a PA é mais elevada que a de um ser humano

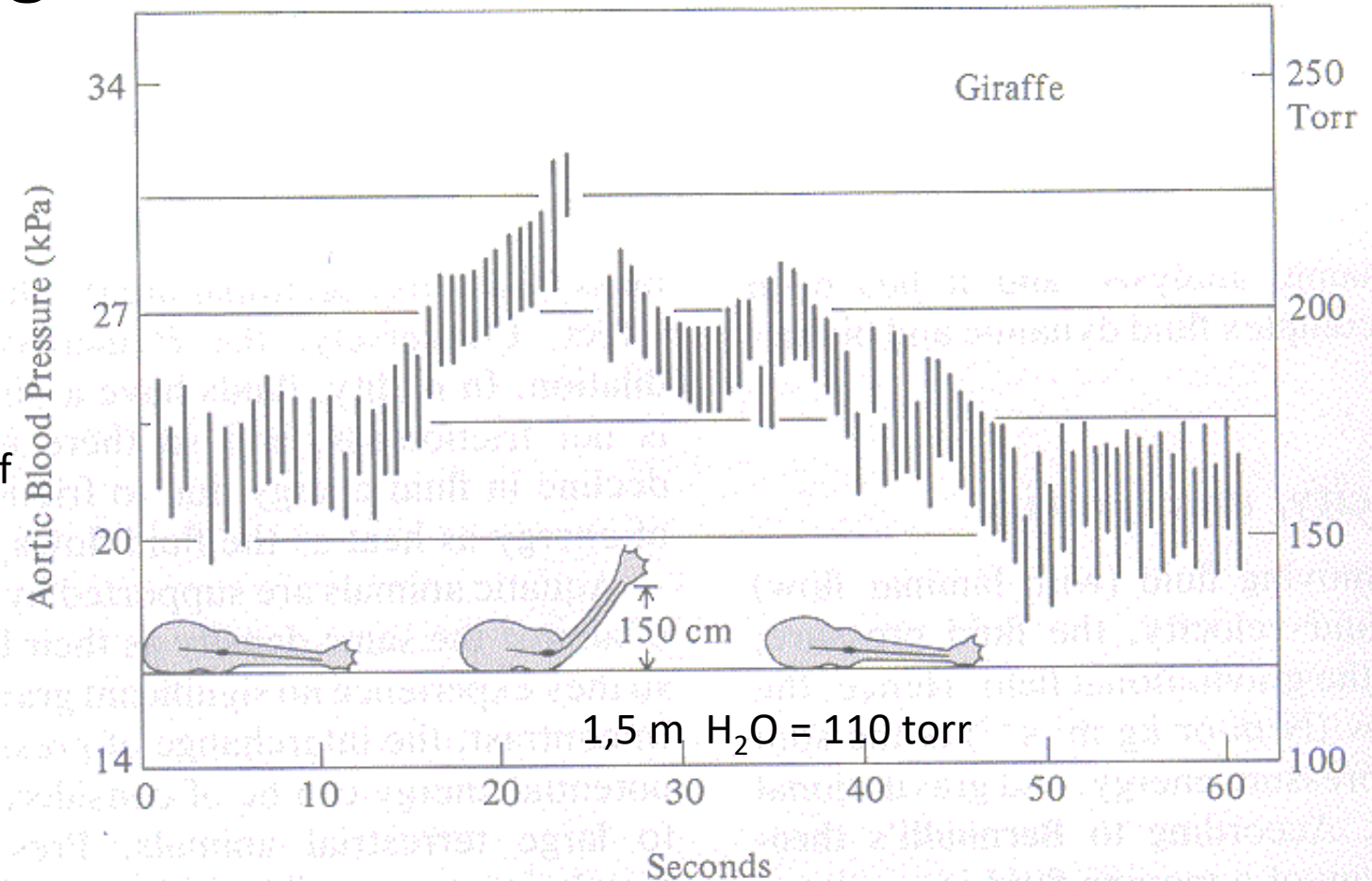
A elevação da cabeça não tem uma elevação de PA correspondente à coluna hídrica



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- A pressão arterial da girafa

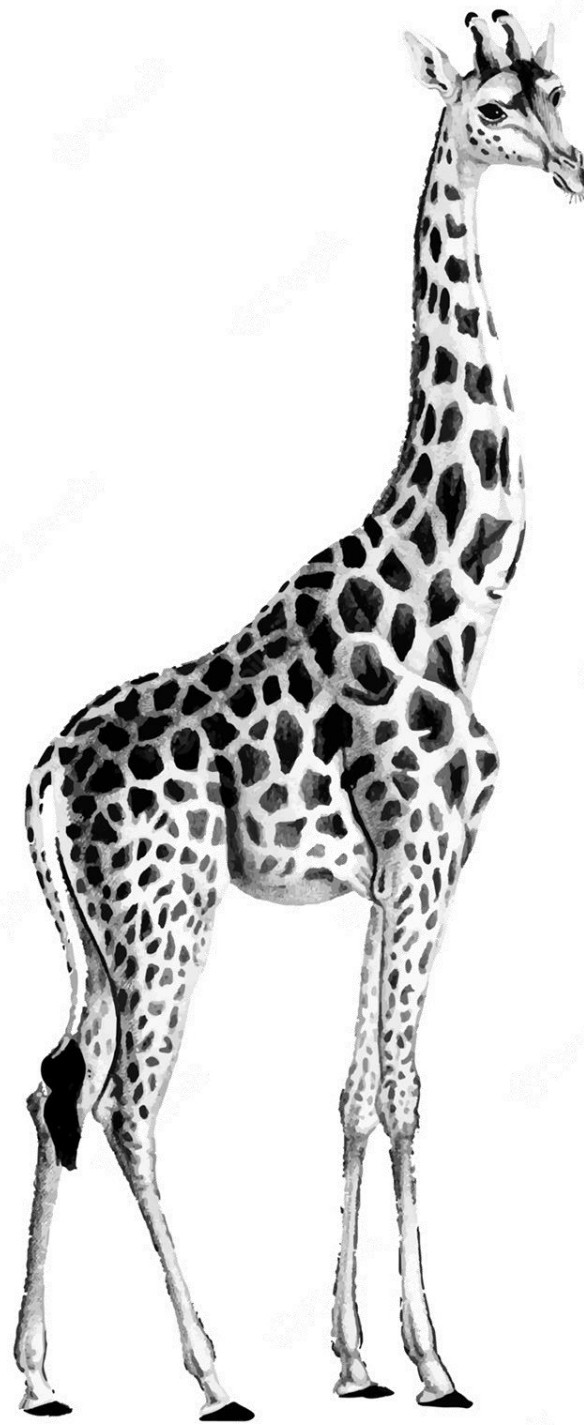
In the horizontal position, the aortic root blood pressure was 170 mmHg. As the head was elevated, the mean aortic pressure increased to 210 mmHg. If a siphon mechanism was not operating, the aortic blood pressure should have increased, as predicted by Eq. 4, to 280 mmHg (11). The fact that pressure only increased by half the amount predicted by gravity alone, suggests that the giraffe heart, in vivo, may not have to overcome the gravitational pressure related to the weight of the blood in the arterial system above the heart – Hicks, J (2005, ref. completa mais adiante)



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- A jugular da girafa

technical reasons it was impossible to measure the jugular venous pressure at head level. In the standing animal this vessel appears collapsed. From the rapid filling on compression it appears possible that the lumen still had an appreciable open cross section. However, the existence of an open lumen in a truly collapsible external jugular vein is unlikely to produce a negative venous pressure at the base of the skull.<sup>8</sup> As a syphon effect may still be produced through the deep non-collapsible venous channels, it is believed that at head level the venous pressure is probably subatmospheric.



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

## Is the Flow in the Giraffe's Jugular Vein a "Free" Fall?

Henry S. Bader

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES, CREIGHTON UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE, OMAHA, NE 68178, U.S.A.

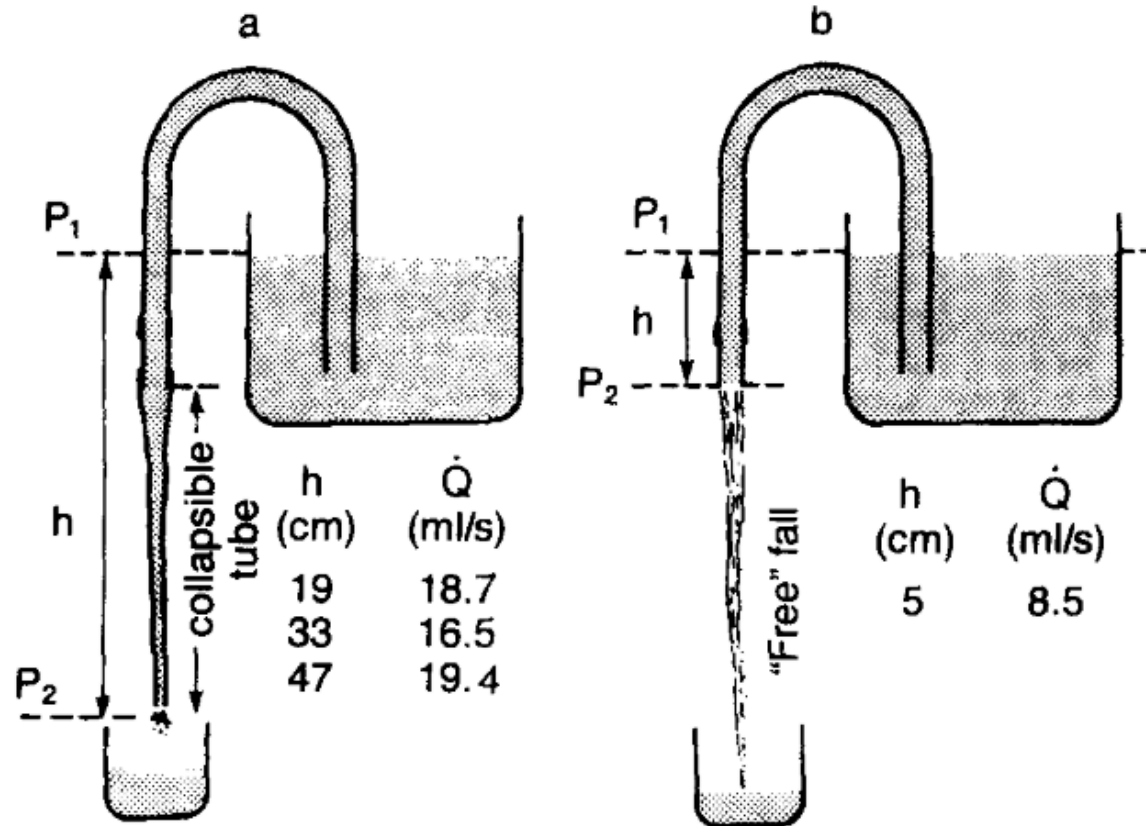


FIG. 1. Siphon flow from a large reservoir of water at 21°C. (a) The outflow arm has collapsible tubes (Penrose drain) of different sizes (14, 28 and 42 cm) resulting in h of 19, 33 and 47 cm. (b) The outflow has no collapsible tube. "Free" fall, h is 5 cm.

# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Resistência periférica
- Seres humanos  $\cong 13 \text{ torr L}^{-1} \text{ min}^{-1}$
- Girafas  $\cong 16 \text{ torr L}^{-1} \text{ min}^{-1}$
  
- Desta maneira, as girafas têm uma  $R_p$  24% maior que seres humanos, o que indica que os vasos em si apresentam um raio diminuído em escala ao comprimento.

# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

## Differences between Internal Jugular Vein and Vertebral Vein Flow Examined in Real Time with the Use of Multigate Ultrasound Color Doppler

G. Ciuti, D. Righi, L. Forzoni, A. Fabbri, and A. Moggi Pignone

- Velocidade na jugular externa: 12,6 cm/s
- Diâmetro: 0,46 cm<sup>2</sup>
- Fluxo: 740 mL/min

- Velocidade na jugular externa: 24,1 cm/s
- Diâmetro: 0,09 cm<sup>2</sup>
- Fluxo: 280 mL/min



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

## Differences between Internal Jugular Vein and Vertebral Vein Flow Examined in Real Time with the Use of Multigate Ultrasound Color Doppler

G. Ciuti, D. Righi, L. Forzoni, A. Fabbri, and A. Moggi Pignone

- Velocidade na jugular externa: 12,6 cm/s
- Diâmetro: 0,46 cm<sup>2</sup>
- Fluxo: 740 mL/min

- Velocidade na jugular externa: 24,1 cm/s
- Diâmetro: 0,09 cm<sup>2</sup>
- Fluxo: 280 mL/min

Jugulares internas **não** colapsam  
Fluxo arterial (carótidas de vertebrais) **não** se altera



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Procedimentos neurológicos na posição sentada





# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Procedimentos neurológicos na posição sentada

The sitting position in neurosurgery was more popular in the 1970s and 1980s than it is today because of associated complications ...

## *Advantages*

1. improved drainage of blood and CSF out of surgical site
2. enhanced venous drainage which helps reduce venous bleeding and also ICP ...

## *Disadvantages/risks*

1. possible air embolism ...



# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Procedimentos neurológicos na posição sentada

The sitting position in neurosurgery was more popular in the 1970s and 1980s than it is today because of associated complications ...

## *Advantages*

1. improved drainage of blood and CSF out of surgical site
2. enhanced venous drainage which helps reduce venous bleeding and also ICP ...

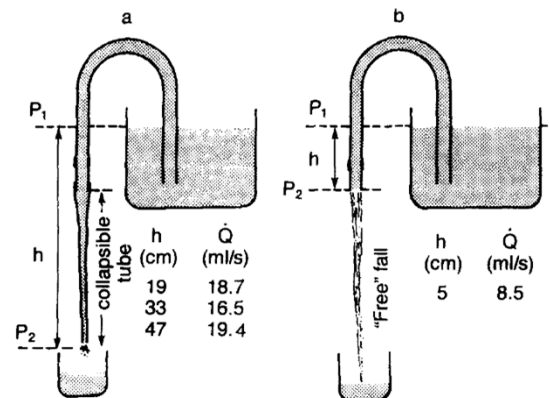
## *Disadvantages/risks*

1. possible air embolism ...

TANTO AS VANTAGENS  
QUANTO O RISCO  
IMPLICAM QUE EXISTE  
UMA PRESSÃO  
SUBATMOSFÉRICA NO  
LADO VENOSO

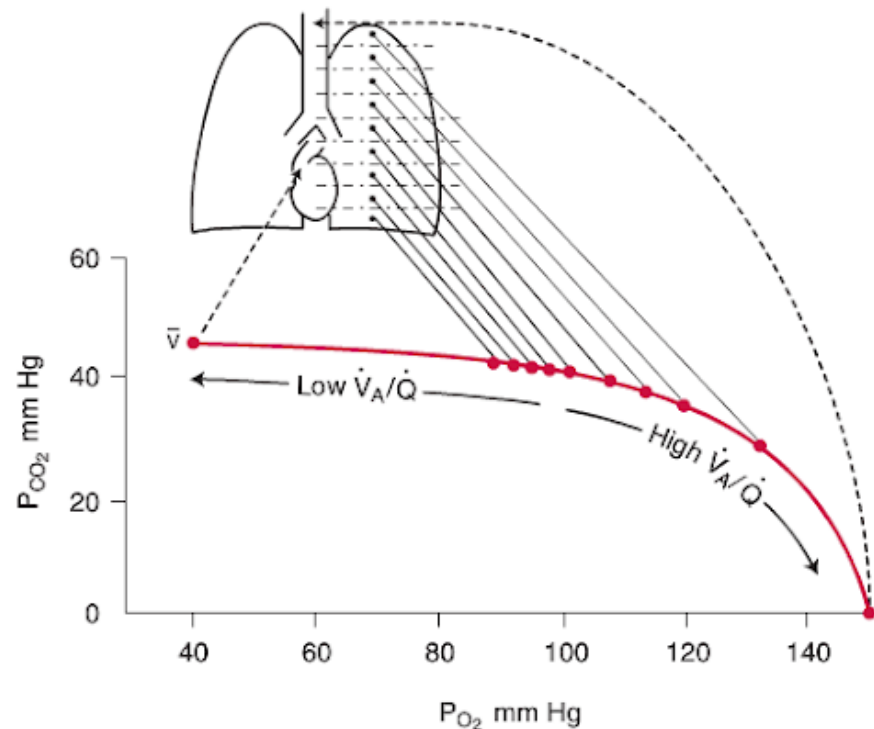
# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Uma pressão subatmosférica é o efeito sifão
- “A negative gravitational pressure within the venous circulation should be present whether or not the veins are collapsible or rigid and whether or not a baffle system exists. The only requirement for the siphon principle is fluid continuity.” – Hicks, J (2005) *The siphon controversy counterpoint: the brain need not be "baffling"*.



# HETEROGENEIDADE V/Q

- Nos pulmões, existe uma heterogeneidade da distribuição entre a ventilação e a perfusão: os ápices são mais bem ventilados (e menos perfundidos) e as bases são mais bem perfundidas (e menos ventiladas)



# HETEROGENEIDADE V/Q

- Nos pulmões, existe uma heterogeneidade da distribuição entre a ventilação e a perfusão: os ápices são mais bem ventilados (e menos perfundidos) e as bases são mais bem perfundidas (e menos ventiladas)
- Isto é interpretado como a “cascata venosa” (“venous free-fall”), ou seja, o VD deve vencer a gravidade para perfundir os ápices pois os capilares alveolares dos ápices colapsam durante a diástole.

# HETEROGENEIDADE V/Q

- Nos pulmões, existe uma heterogeneidade da distribuição entre a ventilação e a perfusão: os ápices são mais bem ventilados (e menos perfundidos) e as bases são mais bem perfundidas (e menos ventiladas)
- Isto é interpretado como a “cascata venosa” (“venous free-fall”), ou seja, o VD deve vencer a gravidade para perfundir os ápices pois os capilares alveolares dos ápices colapsam durante a diástole.

# HETEROGENEIDADE V/Q

- Isto é interpretado como a “cascata venosa” (“venous free-fall”), ou seja, o VD deve vencer a gravidade para perfundir os ápices pois os capilares alveolares dos ápices colapsam durante a diástole.
- Contudo, isto também pode ser interpretado como um aumento na resistência da microcirculação nos ápices e como a base está sob a coluna hídrica, os vasos estão mais dilatados e com conseqüente menor resistência.
- Assim, não necessariamente a dificuldade maior em perfundir os ápices é decorrente da perda do efeito sifão.

# HETEROGENEIDADE V/Q

- Durante exercício físico intenso, há diminuição da heterogeneidade V/Q
- Como, nesta condição, o fluxo pulmonar aumenta muito, e a vasculatura pulmonar, diferentemente da sistêmica, não tem como acomodar o aumento de volume resultante, todos os vasos se tornam mais dilatados.
- Este efeito, por si só, torna menor a resistência dos vasos dos ápices.
- Além disso, a maior excursão do diafragma aumenta a ventilação nas bases.
- Portanto, novamente, não necessariamente a heterogeneidade V/Q e a sua diminuição no exercício físico intenso implicam em ausência de efeito sifão na circulação pulmonar.



# AVES PRESSÃO SISTÓLICA

190 torr



150 torr



180 torr



# AVES PRESSÃO SISTÓLICA

190 torr



Logo, não há  
correlação entre a  
pressão sistólica e a  
altura da coluna  
hídrica em relação  
ao coração

180 torr

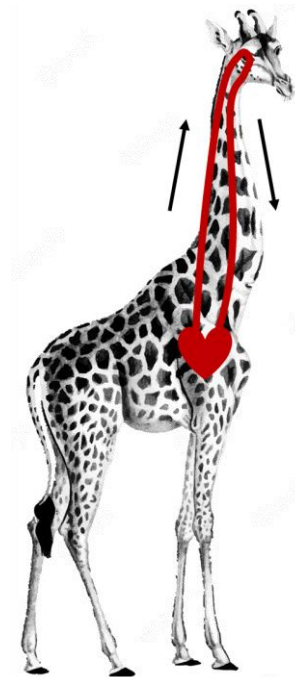


150 torr



# CONCLUSÃO

- A interpretação de que o aumento da pressão arterial na posição ortostática é decorrente da necessidade do ventrículo esquerdo de vencer a coluna hídrica formada pela gravidade não tem amparo em resultados experimentais.



# ASSUNTOS CORRELATOS

- Tensão de parede → massa cardíaca
- Saco pericárdico