维普资讯 http://www.cqvip.com

中国局解手术学杂志 2001年第10卷第3期
Chin J Regional Anat & Operative Surg, 2001, Vol. 10, No. 3

理想主动脉瓣模型闭合机制的研究

王文林*

【摘 要】 目的 分析理想状态下主动脉瓣关闭机制。方法 建立理想的主动脉瓣模型，用几何学的方法对不同瓣叶情况下的瓣膜受力情况进行分析。结果 二叶瓣无法开放，不符合生理要求。四叶瓣完全开放后，瓣叶完全贴于瓣环，在血液返流的方向上没有受力面积，不利于瓣膜的关闭。三叶瓣在完全开放的状态下，在血液返流的方向上有一个大小较为合理的截面积，有利于瓣膜的闭合受力。结论 在完全开放状态下，主动脉瓣在血液返流方向上的截面积是其关闭动力的重要来源，从关闭的角度来讲，三叶瓣是唯一理想的瓣膜。

【关键词】 主动脉瓣；闭合；生理学

Analysis of the closing mechanism of ideal aortic valve model *Wang Wenlin. Department of Cardiothoracic Surgery, Guangzhou General Military Hospital. Guangzhou* 510010

【**Abstract**】 **Objective** To analyse the closing mechanism of ideal aortic valve model. **Methods** An ideal aortic valve model was established, and the force on the valvular surface in different situations were analyzed with geometric method. **Results** Bicuspid valve was not a satisfactory valve because it could not open theoretically in the physical situation. The leaves of tetracuspid valve would be adhered to the valvular ring when the valve opened completely. Therefore, in the direction of blood regurgitation, there would be no area to sustain the force which was necessary for the closing of the valve. For the tricuspid valve, when the valve opened completely, there would be a suitable area on the valvular surface in the direction of blood regurgitation provided an essential resource to exert enough force for the valve closing. **Conclusion** When aortic valve opened completely, the area on the valvular surface in the direction of blood regurgitation provides an essential resource to exert enough force for the valve closing. From the point of valve closing, the tricuspid valve was the only physiologically rational valve.

【**Key words**】 Aortic valve; Closing; Physiology

心脏是一个动力性结构，其主要的功能是泵功能，这种功能的完成以两种结构为基础，一个为动力的生成结构，即心肌，另一个为血流方向的控制结构，即心脏瓣膜[1]。瓣膜控制血流主向是通过有规律的开放、闭合来实现的。瓣膜在心动周期中的开放主要是一个被动的被血流推动的过程，其机制已较为明了。瓣膜的闭合机制较为复杂，其机制尚未完全被阐明。这里对主动脉瓣的理想模型进行研究，用几何学的方法对其瓣膜的闭合机制进行推导。

方 法

一、理想主动脉瓣模型的建立

理想的主动脉瓣模型(图1,2)包含一个规则的圆柱体主动脉管壁，无瓣窦，瓣环直径与动脉壁直径相同。瓣叶为三个，大小、形状完全相同，完全闭合时三瓣叶的交点位于瓣环截面圆的圆心，闭合时瓣叶游离缘同瓣环位于同一平面。

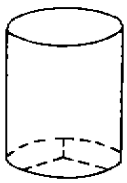


图1 理想主动脉瓣模型(升主动脉根部)

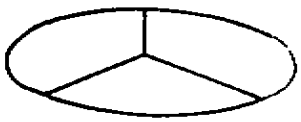


图2 理想主动脉瓣模型(瓣环及瓣叶)

二、主动脉瓣闭合机制的推导

1. 主动脉瓣闭合受力分析：瓣膜关闭的主要动力来自瓣膜闭合瞬间血液返流作用于瓣膜的力，其方向垂直于瓣环平面，大小与瓣膜的受力面积有关。受力面积越大，关闭效果越好。

2. 假设主动脉瓣为二叶瓣：瓣缘的长度与瓣环的直径相当，当瓣膜完全闭合时，如果瓣缘没有弹性的话，瓣膜开放是不可能的。在这种情况下，瓣膜将始终处于闭合状态。可见，二叶瓣不是理想的生理瓣膜(图3)。

* 作者单位：510010 广州市广州军区总医院心胸外科

维普资讯 http://www.cqvip.com

3.假设主动脉瓣为四叶瓣瓣缘的长度相当于瓣环的直径(图4),瓣膜开放时,四个瓣叶的瓣缘总长度为8R,而瓣环的周长为 $2\pi R = 6.28R$,瓣缘的长度长于瓣环的周长。因此,当瓣膜完全开放的时候,在血流的冲击下,瓣缘将完全贴于瓣环(图5),而在瓣膜闭合的瞬间,瓣膜在血流返流的方向将没有受力面积,这对瓣膜的闭合是不利的。

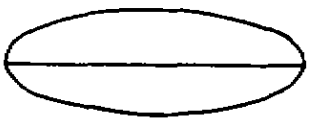


图3 二叶瓣模型

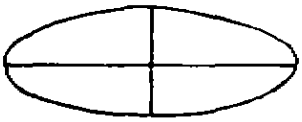


图4 四叶瓣模型

4.假设主动脉瓣为三叶瓣:瓣缘的长度相当于瓣环的直径(图1、2)。瓣膜开放时,三个瓣叶的瓣缘总长度为6R,而瓣环的周长为 $2\pi R = 6.28R$,瓣缘的长度短于瓣环的周长,其差值为0.28R。因此,当瓣膜完全开放的时候,瓣膜在血流返流的方向上有相当可观的截面积,这部分面积可为瓣膜提供足够的闭合启动力(图6)。



图5 开放状态下的四叶瓣模型



图6 开放状态下的三叶瓣模型

结 果

瓣膜的运动是瓣叶受力的结果。瓣膜的关闭运动是一个与血流方向相反的运动,需要是一个力的推动,而力的大小又与受力的面积成正比。因此,瓣膜的关闭机制中,关键是这一承受力的作用的面积。三叶主动脉瓣膜在完全开放的时候,可以提供一个合理大小的面积,从而使返流的血液能够作用于瓣膜,产生关闭运动。可见,仅从瓣膜闭合的角度来讲,三叶瓣是较为理想的瓣膜。

讨 论

主动脉瓣是一个复杂的结构,瓣环自身是一个较为规则的圆形,三个瓣叶附着其上,附着缘位于同一平面,但当瓣膜完全闭合时,瓣缘的平面比瓣环平面稍低。瓣环上方主动脉壁向外膨出,形成三个主动脉窦[2]。一般认为,这些主动脉窦在主动脉关闭的过程中起了重要的作用[3]。瓣膜开放的后期,在瓣窦内形成一定的涡流,这种涡流是瓣膜关闭之初的重要动力,可使瓣膜轻微关闭。这样,在主动脉纵轴方向瓣膜便有了一个截面积,当血液返流的时候,血液作用于该截面积即可产生足够的力使瓣膜关闭。另有人认为,主动脉瓣关闭的原因主要是由于逆向压力梯度的作用。逆向压力梯度一方面使通过主动脉的血流减速,另一方面使瓣叶逐渐向闭合方向运动。主动脉窦内的旋涡在快射血之后形成,在瓣膜关闭的过程中是不可缺少的条件[3]。

既往对瓣膜关闭的研究主要集中在主动脉瓣窦和其中的旋涡上,对除此之外的其它可能机制认识不多。为了研究主动脉瓣关闭过程中除主动脉瓣窦作用之外的其它可能机制,尤其是瓣膜数目对瓣膜关闭的影响,本文建立了一种理想的主动脉瓣模型。本实验研究发现,在主动脉瓣关闭的过程中,三叶瓣本身便提供了一个结构的基础。二叶瓣和四叶瓣都不利于瓣膜的自动关闭,而二、三、四个瓣叶之间没有任何别的中间的数目,因此,三叶瓣是理想的瓣叶数目。

但是,从理论上讲,三叶瓣方便关闭的同时,其实也阻碍了瓣膜的完全开放。由本文的推导可以看出,0.28R的瓣环与瓣缘长度的差值将在血流通过时产生一定的阻力。不过,这种阻力是由强大的左心室肌的主动脉收缩来克服的,相对于由于血液返流而被动完成的关闭过程,这样的阻力不致于明显影响心脏的功能。事实上,当瓣膜完全开放的时候,由于瓣膜自身是一个具有一定弹性的结构,当流过瓣口的血流压力达到一定的程度时,瓣叶可以做一定程度的扩张,从而使瓣口面积进一步扩大,这有利于血流的通过。而在关闭的时候,瓣膜又会因为血流压力的减小而自动回缩,从而使0.28R的差值提供的截面积显露出来,这为瓣膜进一步的关闭提供结构上的基础。

本研究是在理想模型上进行的,结论难免与实际情况有所差别,但在垂直于瓣环的方向上,生理状况下的主动脉瓣与本模型基本相符,因此,本文的结论有一定的可信性。

参 考 文 献

1. 王文林,曾伟生,蔡开灿.心脏外科中结构和功能因素的关系.中国局解手术学杂志,2001,10(1):61-62.
2. 杨 琳,高英茂,主编.格氏解剖学.沈阳:辽宁教育出版社,1999.1472-1504.
3. 张宝仁,朱家麟,主编.人造心脏瓣膜与瓣膜置换术.北京:人民卫生出版社,1999.21-44.

(收稿:2001-03-26)