

主动脉瓣狭窄经胸主动脉瓣植入术 (TAVI) 的麻醉

Dr. Shaun McMahon

英国北达勒文大学医院ST6麻醉主任

Dr. Robert Meikle

英国 James Cook 大学医院心胸外科麻醉和重症监护顾问

编辑

Dr. Niraj Niranjan

英国北达勒文大学医院, 麻醉顾问

通讯作者 atotw@wfsahq.org



问题：

在继续阅读本文之前，请先回答下列问题。答案请参考本文末页，并附有详细解析。对于下列问题，请回答是或否：

1. 关于主动脉瓣狭窄：

- 这是发达国家瓣膜性心脏病最常见的原因之一。
- 65岁以上成人发生率在30%以上。
- 风湿性心脏病是发展中国家主动脉瓣狭窄的主要原因。
- 瓣口面积小于 1 cm^2 者为重度。
- 主动脉瓣狭窄合并充血性心力衰竭（CCF）的两年死亡率为50%。

2. 关于主动脉瓣狭窄的医疗管理：

- 硝酸酯类药物通常是禁忌的。
- β -受体阻滞剂或钙通道拮抗剂可治疗心绞痛。
- 他汀类药物可减少老年患者的缺血性心血管事件的发生。
- 地高辛或利尿剂不再用于相关充血性心力衰竭的治疗。
- 血管紧张素转换酶抑制剂可用于治疗主动脉瓣狭窄合并充血性心力衰竭。

3. 以下关于 TAVI 围术期管理的陈述正确的是：

- 应在诱导麻醉前开始有创动脉监测。
- 通常可耐受心房颤动。
- 患者依赖于足够的前负荷。
- 应积极治疗低血压。
- 心跳骤停时，心肺复苏可能有效。

主要信息

- 有症状的主动脉瓣狭窄如不进行瓣膜置换预后很差。
- 由于并发症和高死亡率风险，通常认为老年患者不适合行手术瓣膜置换。

介绍

主动脉瓣狭窄，即主动脉瓣进行性变窄，是发达国家最常见的瓣膜病之一。在发展中国家，主要原因是风湿性心脏病¹。在65岁以上人群中，超过25%的病人可能长时间无症状。瓣口面积小于 $1-1.5\text{ cm}^2$ 时可对血流动力学产生明显影响。

严重程度根据瓣口面积和压力梯度平均值进行分级。轻度：瓣口面积 $>1.5\text{ cm}^2$ 和压力梯度 $<25\text{ mmHg}$ ；中度：瓣口面积 $1-1.5\text{ cm}^2$ 和压力梯度 $25-40\text{ mmHg}$ ；重度：瓣口面积 $<1\text{ cm}^2$ 和压力梯度 $>40\text{ mmHg}$ ；极重度：

Subscribe to ATOTW tutorials by visiting www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week

瓣口面积 $<0.6\text{cm}^2$ 和压力梯度 $>70\text{mmHg}$ ³。

该疾病可逐渐引起左心室压力超负荷，导致心室壁向心性肥大。需较高的心室内压来维持心输出量，最终将由于后负荷增加和心肌收缩力减弱引起收缩性和舒张性心力衰竭²。劳力性呼吸困难，晕厥和心绞痛是经典的三联征，晕厥和心力衰竭常预示不良转归³。

治疗的目标是针对并存疾病冠心病和高脂血症的治疗来控制心绞痛、高血压和心力衰竭，但这种治疗方案并没有显示出可提高生存率。使用他汀类药物以预防缺血性心血管事件的发生；使用 β 受体阻滞剂或钙通道阻断剂治疗心绞痛和高血压；地高辛和利尿剂常被用来治疗心力衰竭；若排除左室流出道梗阻，可谨慎使用血管紧张素转换酶抑制剂；但由于潜在或不可预测的低血压的发生风险，通常会避免使用硝酸酯类药物。无手术或经导管干预情况下，重度主动脉瓣狭窄患者的1年存活率为50-60%³。

外科主动脉瓣置换术（SAVR）被认为是治疗的金标准，可提高生活质量和生存率。SAVR住院期间和术后30天死亡率低达3.2%，术后预期寿命可恢复到与对照人群相近的水平^{2,4}。

2003年欧洲心脏瓣膜疾病调查显示31.8%的患者由于存在并存疾病而未接受干预治疗⁵。左室功能障碍，重度主动脉瓣狭窄和高龄是未接受干预治疗患者群体的主要特征，尽管79岁及以上患者相对生存率也不错⁵。

经胸主动脉瓣植入术（TAVI）和主动脉瓣球囊扩张术（BAV）是微创治疗重度主动脉瓣狭窄的技术，可改善患者长期和短期预后。

首例BAV实施于1983年。然而，资料显示再狭窄率高。2002年，法国Rouen大学Alain Cribier博士为一名不适于行外科手术的57岁主动脉瓣狭窄患者实施了第一例经皮主动脉瓣植入术。

与血管内主动脉瘤修复等其他经皮技术一样，TAVI适用于高手术风险的患者及存在开放手术禁忌证的患者。2011年的一项综述报道高风险患者接受SAVR后死亡率为16.4%⁷。根据胸外科医师协会死亡风险预测评分（STS-PROM），这些患者的评分为10分以上。具有同等风险的患者，选择TAVI治疗的患者住院期间总死亡率为7.4%⁸。

2011-12年进行的欧洲PARTNER研究表明，对于高风险患者而言TAVI至少与SAVR一样好，甚至可能更好，TAVI应该是不适于外科手术患者的标准治疗。TAVI不同的入路对死亡率的影响有很大差异（经股动脉5.9%，经心尖12.9%和经锁骨下动脉9.7%）⁸。

在过去几年中，经胸导管技术已经成为不适合外科手术和高风险的主动脉瓣狭窄患者的主要治疗方案。全球已有超过20万个主动脉瓣植入物植入患者体内，SAVR相比具有相当的效果⁹。手术成功率为98%，30天死亡率低于5%。同时，短期内可改善症状，缩短住院时间^{10,11}。

设备在不断改进，技术上的瓶颈也不断被突破。TAVI技术已相当成熟，市场上有多种瓣膜，但Edwards SAPIEN瓣膜（图1）和Medtronic CORE瓣膜（图2）在市场上处于领先地位。目前这些瓣膜已进入第二代，以期减少相关并发症。手术的适用范围在不断扩大，小规模研究表明未来或可用于主动脉瓣反流或生物假体植入失败而不适合行二次心脏手术的患者⁶。

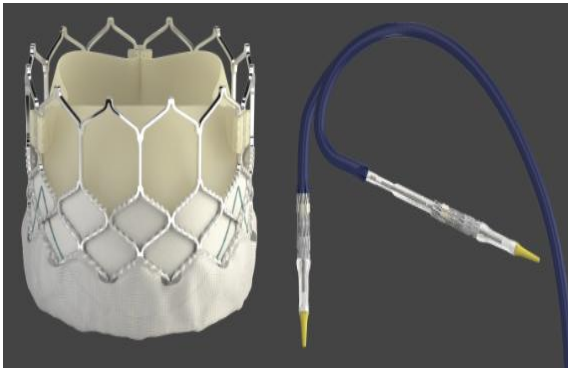


图 1. Edwards SAPIEN3 人工瓣膜配有指令传送系统
经 Edwards Life Sciences 许可转载。
经 Medtronic 许可转载。

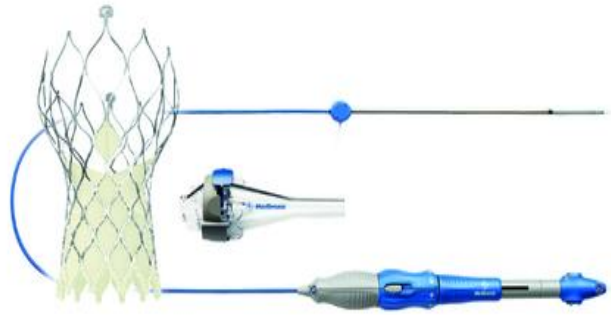


图 2. Medtronic Core Valve Evolut R 具有输送系统。

近来 TAVI 有逐渐应用于低风险和更年轻的患者的趋势。北欧主动脉瓣介入研究 (NOTION) 比较了包括低风险患者在内的所有 SAVR 与 TAVI¹²。从结果来看, TAVI 的数据优于 SAVR, 但该研究所显示出的死亡率方面的优势把握度不够。与任何新的项目一样, 长期的结果是未知的, 瓣膜的耐久性也仍然是一个问题。

以下内容将围绕 TAVI 手术患者麻醉管理中的问题进行阐述。

指征和风险评估

接受 TAVI 的患者应该通过临床评估以及由心脏病专家, 心胸外科医生和麻醉医师组成的多学科小组风险评估后进行选择。欧洲心脏外科协会 (EACTS) 和欧洲心脏病学会 (ESC) 声明目前应将 TAVI 的应用限制在高风险或有手术禁忌证的患者¹³。

TAVI 或 BAV 可当做桥接治疗, 使患者病情稳定后再进行手术修复。TAVI 可用作冠状动脉旁路移植术的辅助治疗手段, 或用于治疗外科生物假体失败。欧洲麻醉学会 (ESA) 和 ESC 指南认为 TAVI 可用于需要行紧急非心脏手术的重度主动脉瓣狭窄而不适合手术修复的患者¹³。TAVI 可能适用于预期寿命 1 年以上而需要治疗性癌症手术的患者。胸骨切开手术史并不是禁忌证。事实上, 旁路移植术通畅的患者很适合选择 TAVI。患有肾脏, 呼吸系统或其他基础疾病而无法手术治疗的患者也可能受益。

TAVI 存在一些禁忌证。一些禁忌证是相对的, 随着手术技巧和经验的积累, 以及瓣膜技术的进步这些禁忌证也需随之改变。

禁忌证¹³

- 主动脉瓣先天性二瓣或单瓣。由于异常的解剖结构, 使得安全放置人工瓣膜在技术上十分困难
- 目前体内植入有机械主动脉瓣
- TAVI 前 1 个月内发生心肌梗死, 冠状动脉疾病需要开放手术治疗
- 重度二尖瓣反流 (见下文)
- 重度肺动脉高压
- 主动脉瓣反流为主的混合性主动脉瓣疾病
- 心内膜炎或有心脏内血栓或肿块的证据
- 近 6 个月内发生脑血管意外
- 须长期透析的终末期肾衰竭 (见下文)
- 失能性痴呆或神经变性疾病
- 病人虚弱无法手术的

- 存在严重呼吸系统疾病
- 由于非心脏并发症，预期寿命小于 12 个月

二尖瓣反流（MR）和慢性血液透析是否应作为绝对禁忌证仍存在争议。2008年至2013年之间，英国某单中心316例接受TAVI治疗的患者中，严重的MR(二尖瓣反流)与TAVI¹⁴引起的全因死亡率独立相关。然而，同一个研究还发现，TAVI治疗后患者的MR严重程度显著改善，患者的死亡率与仅接受药物治疗的类似MR患者相比明显降低。分析发现功能性MR患者往往结局更好。不良结局似乎与器质性MR，并存房颤和肺动脉高压有关¹⁵。目前强调通过评估MR的严重程度及其与其他并存疾病的相关关系，制定有效的患者治疗方案。

2012年的一篇文章认为没有理由不给血液透析的患者施行TAVI¹⁵。血液透析患者的整体住院时间往往较长。治疗过程应尽可能保留3-4级慢性肾脏疾病患者的肾功能。依赖透析的患者在围术期需要在肾脏医师指导下进行充分的肾脏替代治疗。

选择标准

1. Euroscore 量化风险 $\geq 20\%$ 和胸外科医师学会预测死亡风险（STS-PROM） $\geq 10\%$ ¹³
2. 有症状的重度主动脉瓣狭窄¹³
3. 开放手术修复禁忌。已知有不良结局的患者，包括：
 - 严重的脊柱后凸畸形限制肺功能和手术暴露²
 - 既往纵隔放射治疗，使心肌发生明显放射性损伤²
 - 瓷化主动脉²。严重的升主动脉钙化妨碍钳夹、导管置入，且难以进行近端吻合；脑栓塞的风险显著增加
 - 重度肝硬化²，伴营养不良，有发生多器官功能衰竭和出血的潜在风险

术前可以通过胸腔镜，经胸和经食道超声和运动试验来评估狭窄严重程度和是否可以建立血管通路¹⁶。通过血管和主动脉造影，CT 和 MRI 来评估解剖结构以确定假体的尺寸和疾病严重程度¹⁶。应尽可能对并存疾病进行诊治和优化，尤其是充血性心力衰竭的治疗。

操作方案

TAVI通常采取4种入路：经股动脉，经锁骨下动脉，经主动脉或经心尖。最近有文献描述采用颈动脉入路作为无合适血管入路时的不常用的替代方法¹⁷。对手术团队来说每种入路都有一些不同的挑战。没有证据表明一种方法优于另一种方法，且没有关于入路选择的建议¹⁷。针对每一个患者特别是升主动脉钙化患者的入路选择，仔细运用CT进行评估显得尤为重要¹⁷。

- 经股动脉是创伤最小和最常用的方法。髂股动脉直径应 $\geq 7\text{ mm}$ ，且具有最少的钙化和弯曲¹⁶。
- 经锁骨下动脉进入主动脉瓣距离较近。左侧优于右侧。瓣膜运送距离以及导管均较短——避免了在髂股动脉段和胸腹主动脉段的弯曲。可通过更准确的定位来精确植入。这可能有助于减少瓣膜渗漏和完全性心脏阻滞的发生率¹⁸。
- 经主动脉入路或直接主动脉入路相对创伤较大，常采用 J 型微创胸骨切开术¹⁹。适应证为髂内动脉入路存在问题同时由于左心室功能不全而无法采取经心尖入路者。
- 经心尖入路最具侵袭性，须绕过动脉血管。并发症风险明显增加，包括心房破裂、心室假性动脉瘤、左室功能恶化、围手术期出血以及开胸导致的呼吸并发症等¹⁹。如果存在主动脉钙化而禁忌采取经主动脉入路时，经心尖入路是一种有效的途径。优点包括可重复，距离较短，顺行植入路径可精确定位¹⁷。

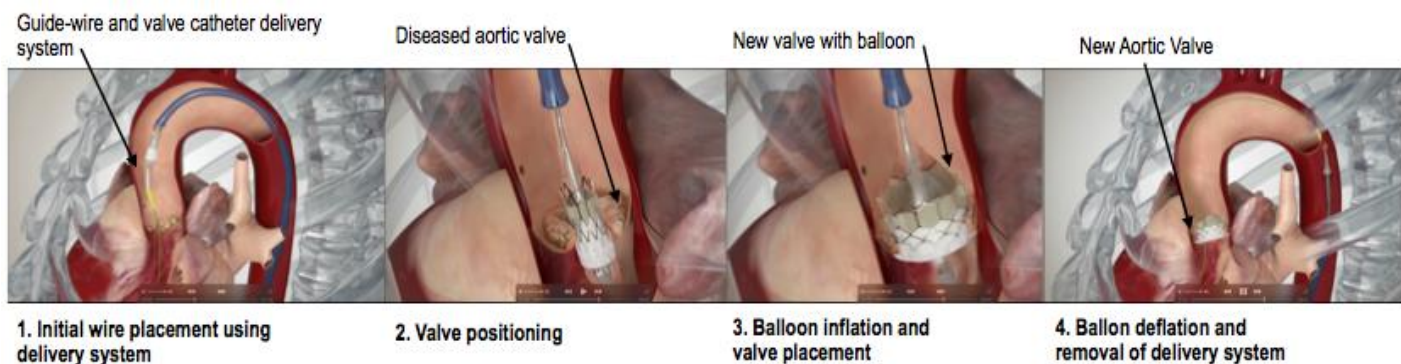


Figure 3.TAVI 操作步骤说明。经股动脉途径采用 Edwards SAPIEN 3 人工瓣膜
经 Edwards Life sciences 许可转载

经心尖入路的预后往往较经股动脉入路差，不良事件的发生率增加。这可能反映了经心尖入路伴随的并发症更严重并且创伤更大²。

发生意外事件时的沟通预案至关重要，任何复苏细节必须事先经过充分的讨论和记录。这可以在进行世界卫生组织手术安全核查的时候得到加强。TAVI 可在心脏导管室，或条件较为理想的杂交手术室进行^{16,19}。拥挤的场所可能会使工作环境很糟糕，因此需要时刻保持警惕并合理布局，保证可接近患者。患者可能发生严重并发症，例如大出血、血管或心尖破裂和心脏骤停。应根据需要提供紧急股动脉心肺旁路转流，除颤和外科手段的起搏等^{16,19}。

心胸外科医生和体外循环团队必须对以下麻醉管理中的问题予以支持：

- **血液动力学：**这可能涉及使用血管升压药，强心剂，起搏和除颤^{4, 16,19}。
- **抗凝：**通常需要肝素活化凝血时间大于 250 秒。根据临床需求患者术前可继续服用阿司匹林和氯吡格雷^{4,16,19}。
- **监测：**适当使用食道超声和肺动脉漂浮导管等侵入性监测手段^{4,16,19}。清醒患者可使用经胸超声。
- **体外循环：**提供股动脉 - 股静脉心肺旁路，特别是在射血分数小于 20% 的患者中¹⁹。
- **放射性暴露：**使用高品质透视检查设备。所有工作人员应进行放射防护，避免造影剂造成患者肾功能损害^{4,16,19}。

围手术期管理

麻醉诱导前应给予心电图和脉搏血氧饱和度等基础麻醉监测。全麻中应常规进行尿比重和体温监测。可以在麻醉诱导之前置入以下有创导管。推荐第 1 和第 2 点；第 3-5 点可以根据具体情况决定。肺动脉导管和心室辅助装置可能只适用于那些高风险的患者。

1. 预计出血量大时建立大口径外周静脉通路并使用快速输液器。
2. 置入动脉导管动态监测并随时调整血流动力学指标。
3. 中心静脉置管用于血管活性药和正性肌力药物的输注。
4. 置入引导鞘用于插入临时起搏电极或肺动脉漂浮导管。引导鞘也可用于快速输液^{16, 19}。
5. 严重左心功能不全时可使用经皮心室辅助装置以方便手术¹⁶。

血流动力学的初始目标是优化前负荷并维持有效收缩压和舒张时间。维持窦性节律，每分钟 80 次，以及良好的心脏收缩力。患者对新发的心房颤动耐受性差，因此需要充分控制心率。可能通过合理使用液体、血管升压药和强心剂来达到此目的。需要提高灌注压使顺应性减低的左心室得到充盈。积极治疗低血压，因为狭窄的主动脉瓣会使心肺复苏的有效性受到很大影响。

麻醉技术不太可能显著影响患者的预后。局部麻醉（LA）和镇静适用于经股动脉入路手术。除非血管被牵拉，一般情况下疼痛不明显。经股动脉入路的患者可在局部浸润麻醉下根据需要使用芬太尼和咪达唑仑镇静。低剂量靶控输注异丙酚或瑞芬太尼也是病例报告中描述的合适选择¹⁴。优点包括可以快速评估任何神经系统并发症，避免呼吸系统并发症，并且恢复迅速，可尽早出院²⁰。

区域阻滞技术可减少阿片类药物用量，避免过度镇静及其相关的认知障碍发生。目前连续肋间神经阻滞，胸椎旁神经阻滞和胸段硬膜外阻滞均有报道用于经心尖入路手术操作。有研究介绍了将局部浸润麻醉和腰椎硬膜外阻滞用于经股动脉入路的方法，但因为患者被肝素化后活化凝血时间延长到 250 秒所以须谨慎。在这种情况下，还需要考虑准备紧急体外循环。

全身麻醉（GA）可保持制动的优势，可用于不能长时间仰卧的患者，同时还可以更好地控制并发症。全身麻醉下经食道超声成像优于间断使用经胸壁心脏超声，有助于人工瓣膜的输送和植入。可有助于减少瓣膜位置不合适和术后瓣周漏的发生率^{4,21}。瓣周漏的发生取决于许多因素，包括使用的人工瓣膜类型，瓣环的不规则钙化以及装置尺寸偏小等。第二代人工瓣膜的改进或许可以进一步减少这些并发症⁵。

诱导和维持药物的选择取决于手术入路和麻醉医师。由于手术的微创性，高龄，肾功能衰竭和心输出量的降低，TAVI 手术对麻醉药品的需求通常较少。与 SAVR 需要使用大剂量阿片类镇痛药不同，经股动脉入路通常只需要极少量的镇痛药，经心尖入路和经主动脉入路需要中等剂量的镇痛药。

麻醉维持通常采取吸入麻醉或全凭静脉麻醉，两者恢复速度都很快。

术后患者通常在心脏内科病房恢复，但也可能需要重症监护病房，尤其是经心尖入路和经主动脉入路的患者。强调使用正性肌力药物和血管活性药维持心脏功能，保证器官灌注以及早期拔管。在病情不复杂的情况下，TAVI 术后在重症监护病房停留时间以及术后在院时间较 SAVR 预计均会缩短。

操作步骤

有 4 个阶段，团队在不同阶段须关注不同的问题。

1. 植入前

通过股动脉和右桡动脉置入猪尾导管建立血管通路。经股静脉置入右侧静脉起搏电极。此阶段可能发生的严重问题多与股动脉处的瓣膜保护套有关，可能发生出血，断裂和血管破裂^{4,16,19}。

2. 主动脉球囊扩张成形

这一步适用于某些特定的瓣膜。这将取决于在过去的 4-6 周内患者是否需要 BAV。主动脉瓣扩张后应确保假体置于主动脉根部。瓣膜成形术将使假体更容易通过。操作需要在每分钟 180-220 次的快速心室起搏下进行¹⁹。因为可能导致心律失常和心肌缺血，该过程持续时间应控制在 5-10 秒。有一种瓣膜（Lotus），在初始定位后不需要这种起搏，之后需要 5 分钟时间逐渐展开呈伞状，如果初始位置不太令人满意，这种瓣膜还可重新放置。Edwards 瓣膜需要起搏且整个过程不应超过 6-8 秒。在此阶段，通常的做法是在快速起搏序列之间给予单次注射小剂量的血管收缩药，以确保收缩压高于 75mmHg。也可以持续输注升压药物或正性肌力药物^{4,16,19}。

3. 定位和植入

植入气囊装置时需要快速心室起搏以减少心输出量，确保精准的定位并预防心肌损伤。如上所述，自扩张装置不需要快速起搏。在定位过程中，大直径的导管会阻塞脑灌注血管- 应尽快植入假体以避免这种情况的发生^{4,6,19}。

这个阶段的问题包括^{16,19}:

- 装置进入主动脉或左心室引起栓塞
- 瓣周漏
- 植入位置不正确
- 冠脉开口处阻塞
- 心律失常
- 左心室收缩停搏，无脉电活动，特别是左室功能差的患者
- 房室传导阻滞
- 二尖瓣瓣膜撕裂
-

此时食道超声特别有用，对于清醒的患者应使用经胸壁心脏超声，可以提供一些重要信息包括左心室功能、是否需要进一步扩张、确保位置正确以及对瓣周漏进行评估。

4. 瓣膜植入后

用血管造影评估装置位置，功能和血管状态。修补血管并撤除导管系统。由于左心室的后负荷下降，心输出量增加，因此可停用血管升压药，根据需要使用降压药物，有时可能需要静脉输注硝酸甘油来控制继发性高血压^{16,19}。

如果使用了临时起搏器，确保其稳定性和功能极为重要。这一点对于植入某些特定假体的患者更有重要，有 3-7% 的患者需要植入永久性起搏器^{2,4}。手术入路上所有位置都应行出血检查。失血可能难以评估，尤其是腹膜后。胸腔积液和心包填塞可能在重症监护环境中更易于被发现，对这些并发症的发生应保持一定的警觉。

TAVI 的不良后果与患者现有的并存疾病和手术有关^{2,4,6}。主动脉瓣反流可能与瓣环钙化不均匀引起的瓣周漏有关。血管事件可能需要立即手术干预，包括胸骨切开和体外循环，但死亡风险非常高。

并发症往往累及心脏，神经和肾脏系统。非血运重建冠状动脉疾病很常见，因此经皮血运重建常常需要作为分期血运重建的一部分在 TAVI 术前完成。如前所述，冠状动脉阻塞可能由瓣膜位置不正确或瓣叶堵塞佛氏窦部位冠状动脉起始端而引起。

中风是常见的并发症。欧洲 SAPIEN 主动脉生物假体多区域预后登记显示卒中率为 2.4%²²。这一风险正逐步下降——可能与使用较细的导管、较小的创伤以及对主动脉处发出的血管阻塞程度减少有关。放置在头臂干和左颈总动脉中的栓塞过滤器使脑卒中事件减少⁶。

数据显示 5% 至 28% 接受 TAVI 的病例中肾功能发生变化可表现为肌酐升高²³。随着心输出量的增多，这种情况通常可得到改善，但其他因素如造影剂的使用、低灌注和输血等均可使肾功能恶化。²

对人工瓣膜的临床随访和超声心动图随访已有 5 年余，迟发性瓣膜功能衰竭很少见。但还需要更长的时间才能确定瓣膜的耐久性是否与手术假体相当²⁴。这一点对于将来能否将 TAVI 应用于更年轻的患者尤为重要^{12,25}。有证据提示 10 年后能否为这些患者行二次手术并不明确。很有可能在常规手术显露主动脉后，需要评估植入物在主动脉根部纤维化的程度，其纤维化程度将决定是否需要进行比主动脉瓣瓣膜置换术创伤更大的手术。

结论

经胸主动脉瓣植入术用于高风险的主动脉瓣狭窄患者的治疗技术方法成熟。TAVI 操作经验正不断积累，瓣膜技术也迅速发展⁶。患者群体具有较高的风险，围手术期多学科的协作可使患者受益。

了解有关手术适应证的知识对于参与围手术期诊疗的麻醉医师而言是有益的。严重主动脉瓣狭窄的患者可能会进行非心脏手术，了解非三级心脏中心的转诊途径也是有用的。

操作程序和麻醉管理方法与其他杂交手术间或介入放射手术间的操作基本相似。与神经放射介入手术，胸腔和腹腔内动脉瘤修复术等有很多相似之处。随着证据的积累和适应证的扩大，可能需要麻醉医师在此类工作环境中为患者提供围术期医疗服务保障安全的机会越来越多。

答案

1. 关于主动脉瓣狭窄:

- a. 正确
- b. 错误: 目前在 65 岁以上的成人中占 25%。
- c. 正确
- d. 正确
- e. 正确

2. 关于主动脉瓣狭窄的医疗管理:

- a. 正确: 硝酸酯类药物会降低全身血管阻力，从而减少冠状动脉灌注。
- b. 正确: 两者皆可使用但不能合用。
- c. 正确
- d. 错误: 两种药物有助于改善主动脉瓣狭窄的症状。地高辛提高心脏收缩性; 利尿剂减轻肺水肿。
- e. 正确: ACE-i 可谨慎使用。

3. 以下关于 TAVI 围术期管理的陈述正确的是:

- a. 正确: 可以持续监测和管理血液动力学不稳定。
- b. 错误: 非窦性节律会减少心输出量。适当规律的心房收缩贡献了 40% 的左室前负荷。
- c. 正确: 需要提高灌注压力来充盈顺应性差的左心室。
- d. 正确: 全身血管阻力下降会减少冠状动脉灌注。
- e. 错误: 狭窄的瓣膜进行心肺复苏可能无效。

参考文献与扩展阅读

1. Chambers, J.B. (2009) 'Aortic stenosis', *European Journal of Echocardiography*, 10(1), pp. i11–i19 doi: 10.1093/ejechocard/jen240.
2. Chacko, Matthew, and Laurence Weinberg. "Aortic Valve Stenosis: Perioperative Anaesthetic Implications of Surgical Replacement and Minimally Invasive Interventions." *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain* 12.6 (2012): 295–301.
3. Wikipedia. [Place unknown]: Wikimedia Foundation; 2016 Jul 5. Aortic stenosis; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Aortic_stenosis. (Accessed 10 July 2016)
4. Klein, A. A., et al. "Transcatheter Aortic Valve Insertion: Anaesthetic Implications of Emerging New Technology." *British Journal of Anaesthesia* (2009) 103.6: 792–799.
5. Lung, B. "A Prospective Survey of Patients with Valvular Heart Disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease." *European Heart Journal* (2003) 24.13: 1231–1243.
6. Bourantas, C. V., and P. W. Serruys. "Evolution of Transcatheter Aortic Valve Replacement." *Circulation Research* (2014) 114.6: 1037–1051.
7. Thourani VH, Ailawadi G, Szeto WY, Dewey TM, Guyton RA, Mack MJ, Kron IL, Kilgo P, Bavaria JE. Outcomes of surgical Aortic valve replacement in high-risk patients: A Multiinstitutional study. *The Annals of Thoracic Surgery*.(2011) Jan; 91(1): 49–56.
8. Leon, Martin B., et al. "Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery." *New England Journal of Medicine* (2010) 363.17: 1597–1607.
9. Grubb KJ, Fields T, Cheng A, Settles DM, Stoddard M, Flaherty MP. Transaxillary Transcatheter Aortic Valve Replacement with a Self-Expanding Valve under Conscious Sedation: Case Discussion and Review of the Literature. *Clin Surg*. 2016; 1:1019. http://www.clinicsinsurgery.com/pdfs_folder/cis-v1-id1019.pdf
11. Smith, Craig R., et al. "Transcatheter Versus Surgical Aortic-Valve Replacement in High-Risk Patients." *New England Journal of Medicine* (2011) 364.23: 2187–2198.
12. TAVI: A Solution for All Patients: A Pro-Con Debate at ESC
2015. *Medscape*. Aug 30, 2015. <http://www.medscape.com/viewarticle/850256> (Accessed 10 July 2016)
13. Vahanian, A., et al. "Guidelines on the Management of Valvular Heart Disease (version 2012): The Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS)." *European Heart Journal* 33.19 (2012): 2451–2496.
14. Khawaja, M.Z., Williams, R., Hung, J., Arri, S., Asrress, K.N., Bolter, K., Wilson, K., Young, C.P., Bapat, V., Hancock, J., Thomas, M. and Redwood, S. 'Impact of preprocedural mitral regurgitation upon mortality after transcatheter aortic valve implantation (TAVI) for severe aortic stenosis', *Heart*, (2014) 100(22), pp. 1799–1803.

15. Rau, S., Wessely, M., Lange, P., Kupatt, C., Steinbeck, G., Fischereider, M. and Schönermarck, U. 'Transcatheter Aortic valve implantation in dialysis patients', *Nephron Clinical Practice*, (2012) 120(2), pp. c86–c90.
16. Jobeir, Med Asaad. *Anesthesia for Transcatheter Aortic Valve Implantation*.http://www.sha-education.com/sites/all/sha23_presentations/30-1-2012/066002.pdf. (Accessed 10 July 2016)
17. Bleiziffer, S., et al. "Which Way in? The Necessity of Multiple Approaches to Transcatheter Valve Therapy". *Current Cardiology Reviews* 9.4 (2014): 268–273.
18. Petronio A, Carlo M, Giannini C, Carlo F, Bortolotti U. Digital, E and publishing (2013) *Subclavian TAVI: More than an alternative access route*. Available at: https://www.pconline.com/eurointervention/S_issue/volume-9/supplement-7/subclavian-tavi-more-than-an-alternative-access-route.html (Accessed: 31 December 2016)
19. Zhu, Haibei, et al. "Direct Aortic Transcatheter Aortic Valve Implantation: Anaesthesia Attentions." *Proceedings of Singapore Healthcare* 24.1 (2015): 59–64.<http://psh.sagepub.com/content/24/1/59.full.pdf+html> (Accessed 10 July 2016)
20. Wiegerinck, E. M. A., et al. "Towards Minimally Invasiveness: Transcatheter Aortic Valve Implantation Under Local Analgesia Exclusively." *International Journal of Cardiology* (2014) 176.3: 1050–1052.
21. Developed by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Transesophageal Echocardiography, et al. "Practice Guidelines for Perioperative Transesophageal Echocardiography." *The Journal of the American Society of Anesthesiologists* (2010) 112.5: 1084–1096.
22. Schymik, Gerhard, et al. "European Experience with the Second-Generation Edwards SAPIEN XT Transcatheter Heart Valve in Patients with Severe Aortic Stenosis." *JACC: Cardiovascular Interventions* (2015) 8.5: 657–669
23. Bagur, R., et al. "Acute Kidney Injury Following Transcatheter Aortic Valve Implantation: Predictive Factors, Prognostic Value, and Comparison with Surgical Aortic Valve Replacement." *European Heart Journal* (2009) 31.7: 865–874.
24. Early Transcatheter Aortic-Valve Device Durability Comes Under Scrutiny. *Medscape*. May 31, 2016. <http://www.medscape.com/viewarticle/864039>(Accessed 10 July 2016)
25. Sapien 3 TAVR Superior to Surgery in Intermediate-Risk Aortic-Stenosis Patients, Says Study. *Medscape*. Apr 05, 2016. <http://www.medscape.com/viewarticle/861469>(Accessed 10 July 2016)

Figure 1 and 3 reproduced with permission from Edwards Life sciences

<http://www.edwards.com/eu/Products/TranscatheterValves/Pages/sapien3.aspx?WT.ac=S3campaignprod>.

Figure 2 reproduced with permission from Medtronic http://www.corevalve.com/evolut-r/index.htm?loc=corevalve_com_Intl_EvolutR_ContinueToEvoluteRSiteBtn

中国人民解放军总医院

翻译 审校 刘艳红