**先天性心脏手术的最新进展：婴幼儿主动脉弓修复的替代灌注策略**

翻译：钱晓亮 阜外华中心血管病医院 河南省人民医院心脏中心

审校：郝 星 首都医科大学附属北京安贞医院

**摘要**：本文讨论目前用于婴儿主动脉弓修复的插管策略，并将其与其他传统使用的技术方法进行比较。最近研究显示婴儿主动脉弓部重建仍采用传统意义上的深低温停循环技术，其必然会导致全身各重要脏器的缺血缺氧。这与术后并发症增加密切相关，包括出血、肾功能不全和神经系统损伤。体外循环灌注技术的进步使得弓部修复期间的脏器保护取得进一步发展，从仅保留大脑的灌注，到允许持续灌注心脏，甚至保留下半身灌注。总结：在目前的灌注技术下，婴儿主动脉重建可以在保留大脑、心脏、下半身循环下施行手术，这些进一步的技术改良是有利的，目前有必要研究评估一下这些技术策略的优势。

**关键词**：主动脉弓；灌注；体外循环；婴幼儿；先天性心脏病手术

**内容介绍**

新生儿和婴幼儿主动脉弓重建手术传统上均在深低温停循环（DHCA）下进行。DHCA包括通过体外循环技术将身体降温至极低温（通常为18°C）附加或者不附加一些辅助的局部降温装置。一旦达到目标温度，全身血液循环停止，患者的血液暂时储存到CPB回路的储血罐中，体外循环插管此时可以临时拔除，便于在无血清晰的手术野中进行主动脉弓部修复手术。关键部分吻合完成后，重新置入插管，体外循环重新开始，并逐步开始复温。DHCA存在一些潜在的问题，包括终末器官功能障碍的可能性，术后出血增加，以及最令人担忧的神经系统损伤。为解决神经系统损伤的问题，促进了局部脑灌注（RCP）的产生和发展，RCP是在深低温停循环期间提供了持续的脑灌注。重要的是，尽管RCP为大脑提供了血流，但此时心脏通常因主动脉阻断钳的钳夹和高钾停搏液的灌注而处于缺血停跳中。此外，下半身包括肾脏，处于缺血的状态，只能接收些许从上半身侧支下半身的流量。因此，术后存在的心肌及远端脏器功能障碍增加了手术的并发症和死亡率。最近，在行主动脉弓重建时保证心脏和远端脏器血供的改良灌注技术得到实践和发展。在本文中，我们将针对这些灌注策略和临床应用进行讨论。

**传统灌注技术**

DHCA的临床应用有很多原因。从技术角度，DHCA由于其在主动脉弓重建手术的关键部分保证手术视野无血，不妨碍手术等具备一定的优势。且在弓部重建时，主动脉插管可以拔除，避免了主动脉阻断钳占用手术视野。这些优势有利于外科医生更快更有效的缝合，更少导致解剖结构变形，还有可能使手术重加更加准确。在手术重建完成后，需要仔细地进行主动脉弓及其分支的排气，重新置入主动脉插管恢复灌注。然而上述优势确需深低温和牺牲全身组织和器官的缺血缺氧来获取。深低温可导致代谢产物显著减少，保护身体及其器官在一定时间内不受缺血的伤害。大量的研究试图是确定深低温停循环的安全时限，然而这似乎个体差异性较大。此外，大量研究表明DHCA可能会造成严重后果，许多后果甚至是不可逆的，最让我们关心的是患者远期神经系统结果。另一个重要的研究领域是监测和保护机体功能，尤其是DHCA对人类缺血最敏感的大脑的影响，目前很多的临床技术都来源于这项研究，包括头部冰帽使用，间歇性灌注，神经监测策略，以及特殊药物的使用试图减少或消除DHCA的有害影响。随着越来越多的文献积累和技术的持续改进，如何在弓部重建手术中避免全身停循环的策略也在逐步应用。

**区域性脑灌注（Regional Cerebral Perfusion，RCP）**

为了应对不断增多的文献资料报道对使用DHCA后神经系统的影响，人们对开发新的技术以避免其使用越来越感兴趣。低流量体外循环是一种早期使用的策略，但这在主动脉弓重建中并不实用，因为在重建手术中，弓部是需要开放下进行吻合的。在21世纪初，RCP技术被广泛应用，并且逐步发展和完善。这项技术采用了单独大脑灌注（以及部分上半身），通常采用单独灌注弓部血管的一个分支-无名动脉，做到这点有多种方法。在成年人中，最常见的方法是通过右腋动脉插管，需要灌注时可通过用阻断钳暂时阻断无名动脉近端的方式，与身体其他部位隔离而实现单独灌注脑部；而婴幼儿由于腋动脉太细无法进行插管，但其他方法已经正在积极尝试中，也许最简单的方法是当需要RCP时，可将现有的升主动脉插管推送入无名动脉，并用阻断带固定，收紧无名动脉将血液直接灌注脑循环。在RCP结束后，可将插管退入主动脉以提供完整的全身灌注。这项技术是可行的但不适用于所有情况，在升主动脉相对较粗大时较适用。它有缺点是潜在的升主动脉扭曲和在近端弓吻合时存在一定的牵引张力，必须得注意在牵引张力消失后避免出现血管的扭转。

为婴儿提供RCP最常见的方法是人工血管缝合到无名动脉上，类似腋动脉处理。然后将动脉插管置入人工血管中。这种方法的优点包括：通过人工血管可以灌注全身，无需在自身血管上放置套管，不会损害无名动脉，也可用于任何体重大小的婴儿，避免重建过程中的弓部和分支血管变形扭曲。然而，它的潜在风险是出血，增加了手术时间。

另一种不经常使用的技术是直接在无名动脉上插管。这样就避免使用人工血管，必须重新放置主动脉插管，并能够在手术过程中根据需要进行充分地全身灌注。这必须非常小心地操作，许多人不喜欢这样做是因为插管粗细与无名动脉接近，担心术中或术后的插管远端出现动脉阻塞，且如果选择小一号插管无法完成足够流量的灌注。

RCP的支持者认为，与单独DHCA相比，RCP具有脑保护作用，即在DHCA期间，允许更长时间进行更加仔细地弓部重建。尽管RCP存在理论上的优势，它是否比DHCA对神经系统有更好的保护效果仍然需要进一步讨论。

**现行技术**

通常DHCA和RCP技术会联合应用在升主动脉阻断心脏灌注停跳后的主动脉弓部重建手术中。然而在没有伴随心内畸形需要矫治的情况下，并没有一个很好的理由使心脏出现缺血，因为弓部重建本身并不需要心脏停跳。我们和其他同事已经开始使用隔离弓部重建技术，甚至弓部重建与其他先天性心脏疾病矫治相结合的技术，可以在弓部重建期间提供持续的冠状动脉灌注。为了实现这一点，我们将一个标准的心脏停跳液插管置于升主动脉的下方，主动脉阻断钳反向阻断（与正常心脏停跳相比），心脏停跳液插管在弓部重建时保证所在温度下持续灌注血液。左心引流管排气吸引用于避免通过静脉回流到左心室内的血液喷射出阻断的主动脉钳远处。心电图监测是否出现心肌缺血的指征，一旦出现及时调整插管的位置和流量。通常心肌灌注需要10 ml/kg的流量，可根据需要进行调整。当病变累及升主动脉时，采用RCP技术，可以在心脏、大脑无缺血的情况下进行弓部重建。有一例患者是Norwood手术行弓部和主动脉的新建，他的升主动脉非常细小，放置2mm的橄榄针头替代心脏停跳液导管灌注，并且还是在升主动脉切开后直接放置的。如果需要完成重建，需要一段时间的心脏停跳用。

使用这种方法，在主动脉弓重建手术中心脏和大脑免于受缺血的干扰，但下半身则接受了相对较低的灌注流量。鉴于这一特点，适度的低温（25°C）通常用于保护腹部器官的缺血。有证据表明，在婴儿主动脉弓重建过程中较低的温度灌注与腹腔相对缺血可能导致肾功能不全等并发症。为了避免这种情况，可以三个器官同时灌注。在该系统中，通过RCP对大脑进行灌注，通过插管对心脏和下半身分别进行持续灌注。一些报道通过体外循环连接股动脉或脐动脉保证向下半身进行灌注，这种方式因可能会达不到预定的流量而引起人们的关注。为了避免出现这种情况，降主动脉插管在不同的方式下进行，或许最直接的方式是将插管直接插入开放的降主动脉内（主动脉切开后或横断动脉导管的远端），我们最近有很多病例使用了直接插入的大号橄榄针套管进入主动脉的开放管腔（图1a和b）。阻断圈套放置在降主动脉周围，并系紧套管，以防止血管后方出血，并确保流量输送远端。

另一种提供远端主动脉灌注的方法是由Hammel及其同事报道的通过心包背面或壁层胸膜直接插入降主动脉。这项技术更具有挑战性，因为插管不在手术区域内，使弓部重建相对容易些，它也可使用较大号的插管，提供更加匹配均衡的血流。缺点是一旦停止CPB后会出现手术部位的出血，且不是太容易处理。两种方式的远端灌注均增加和改善了下半身的灌注。在Hammel的回顾性分析中，与RCP和DHCA的结合的技术相比，这种技术降低了肾功能不全的发生率。当建立远端灌注管时，建议监测下半身血压以保证灌注充足。

因此，使用三区域灌注可以使婴儿主动脉弓部重建时有连续血液灌注身体各个部位，避免心脏、大脑和下半身器官缺血。尽管这可能会加快恢复，出现更低的并发症，但还需要进一步的研究来证实这些发现。

**未来方向**

按照目前的实践来看三区域灌注法确实有点过于复杂，运用现有的设备（插管和阻断夹）完成此较新的CPB策略，有时会与手术视野有冲突。我们目前最常用的降主动脉插管是一个大号长型的橄榄针头（管腔小于标准的体外循环用插管），它更加灵活，通过性更好，头端呈球形，可以防止脱落；但管腔直径较小，流量受限，需要完善。降主动脉阻断带的放置也是一个挑战，最好在助手的帮助下完成以保证放置较远，给弓部重建足够的空间。消除挑战需要创新，专门为降主动脉灌注设计一种套管—不需要直接插管，如薄壁弹性插管，可能带有气囊，避免使用阻断夹。或者另外设计一个专门用于婴幼儿降主动脉的类似于Javid的阻断夹以避免使用套管，可以放置到手术视野外较远的位置。我们目前正在设计制造这种定制的阻断夹。

**结论**

在当前可用的仪器、灌注设备和技术下，在新生儿和婴儿中的主动脉瘤修复中不再需要使用DHCA。大脑、心脏，甚至下半身也可以持续灌注。理论上，这些技术有利于术后恢复并降低出现低心排综合征、脑出血损伤、肾功能不全等并发症的风险。但还需要进一步研究证实这种技术的优势。





图1：描述了婴儿期左心发育不全综合征伴升主动脉或整个主动脉弓发育不全行主动脉弓重建术中多区域灌注策略。在这些插图中，主动脉和分支血管突出显示，其他心脏结构以灰色显示。a 通过缝合在无名动脉上的3.5-4mm人工血管进行持续性脑灌注，这种方式也可用于整个体外循环灌注用，选择性阻断降主动脉，左锁骨下动脉（LSA），左颈总动脉（LCA），近端升主动脉后使主动脉弓充分游离，持续的冠状动脉灌注则是通过橄榄状导管放置在主动脉近端来实现。插管处需要血管阻断带进行固定，主动脉阻断钳放置于心脏停搏液导管生物远心端（未显示）。连续的降主动脉灌注可通过使用较粗的橄榄状导管，周围加固止血带，防止血管后方出血。b 在这种情况下，无名动脉直接用体外循环插管代替人工血管。为了便于理解，插图中描述了比手术中典型位置更远的位置，未显示冠状动脉灌注插管。c 在本例中，降主动脉通过体外循环插管直接灌注，而不是通过临时插管。图片未标注一种血管夹，可以放置在主动脉切口和降主动脉插管之间。