**体外循环中危急事件的模拟培训：危急事件核对表的重要性**

**翻译：郭珊 泰达国际心血管病医院**

**审校：李平 武汉协和医院**

**摘要**

**目的：**评估对灌注师进行的危急事件培训对于改进教育方法的必要性。危急事件核对表在减少临床并发症方面是有效的，但首先应在模拟环境中进行测试。灌注师在体外循环危急事件模拟中的个体行为和应激反应目前尚未得到评估。本研究的重点是：评估体外循环中危急事件的模拟培训以及危急事件核对表。

**方法：**来自一家医院的19名灌注师参加了两个危急事件的情景模拟。使用眼球追踪、心率变异性、视频和音频记录灌注师的行为和生理反应。此外，还确定了工作量，并与参与者进行了面谈。

**结果：**每个模拟阶段都确定了相关的关注区域。在危急事件检测和随后的决策过程中，关注区命中率和注视持续时间因危急事件核对表的使用与否而不同。使用核对表时，决策时间更短，决策质量更高，单位时间工作量更大。对选定的心率变异性的测量评估显示，其与瞳孔直径有很好的相关性。

**结论：**对模拟体外循环期间危急事件的评估表明，该情景模拟是现实的，与临床实践相关。整合危急事件核对表可以提高正确决策的概率，缩短正确决策所需时间。使用核对表时临时工作负荷会增加。眼球追踪和心率变异性非常适合评估参试者的行为和压力水平。所有参与者都对危急事件模拟培训表示欢迎。

**关键词**

体外循环模拟 危急事件 核对表 培训

**前言**

本实验的主要目的是确定体外循环(CPB)期间危急事件模拟培训清单的有效性。这样的危急事件核对表已经存在于各类医学专科中，并已确定了在紧急情况下使用该种核对表的优势。然而，这些核对表需要进行适当的设计和评估。在体外方面，危急事件核对表的开发才刚刚开始。最近，塔罗拉提出了一份危急事件核对表，并建议进行模拟测试。在评估模拟结果之后，这样的核对表可以在临床工作中使用。本研究的第二个目的是评估临床灌注师们(CP)在危急事件情景模拟中的个体行为和压力水平，以改进模拟方法、敦促情景模拟更符合临床需求。为此做准备，我们在临床环境中对灌注师的个体行为和压力水平进行了评估。

**方法**

所有参与者都是从同一家医院的灌注科招募的，并在工作时间自愿参加。参与者通过抽签的方式被随机分配到A组(有危急事件核对表)或B组(没有危急事件核对表)。模拟手术间配备了Orpheus体外循环模拟器，使用的是C5型体外循环机(LivaNova慕尼黑，德国)，膜肺为Inspire 8F (LivaNova)或Terumo FX 25(Terumo，埃施博恩，德国)。两组CPB都使用了开放型硬质储血罐，预充液为自来水，用S3型变温水箱给循环和心脏停搏液加热至常温。模拟场景被选为CPB期间一个需要紧急关注的并发症：动脉氧分压(paO2)的突然下降。在CPB开始时，paO2为200 mmHg，随后，Orpheus界面上的氧合器氧合下降，进而导致模拟器屏幕上血气的PaO2降低，而当时参与者正忙于心脏停搏液的灌注，最初，PaO2逐渐降低至100mmHg，随后降至60mmHg。

在每一次情景模拟后，灌注师都会听取汇报，反馈模拟场景和观察到的事件，并就可能采取的行动进行讨论，参与者可以查看事件记录及其反应。A组收到一份特别报告，其中包括一份新开发的处理PaO2突然下降的危急事件核对表(图1)。为了避免在实验过程中用颜色标记核对表的部分内容而造成视觉干扰，向参与者展示的核对表复印件是黑白打印的。B组确实收到了报告，但没有危急事件核对表。所有参与者都被要求回到第二个情景模拟。为了尽量减少回忆偏差，并产生额外的应激反应，第二种情景略有改变。这次是在PaO2突然下降之前，引入了第二种并发症，在主动脉阻断时动脉压力突然升高，在PaO2突然下降时递给A组危急事件核对表。所有参与者都拿到了打印的血气分析结果，这些结果与模拟监视器上的血气一致。

每个评估阶段持续60秒，分为第一阶段(CPB开始前)、第二阶段(CPB开始即刻)、第三阶段(心脏停搏液灌注)、第四阶段(检测)和第五阶段(决定)。参与者佩戴Tobii Pro Glasses 2眼球追踪器(Tobii AB，斯德哥尔摩, 瑞典),这款追踪器带有高清摄像头、麦克风和瞳孔传感器，并连接到可穿戴的记录设备上。数据以50赫兹的间隔记录在SD卡上，定义了30个兴趣区间(AOI)评估凝视数据。对两轮及两组相同的AOls分别进行评估。为了确保数据的准确性，人工绘制了凝视数据映射图。为了评估，使用了安装有Tobii Pro Lab软件1.83版的固定工作站，使用Tobii I-VT过滤器的默认值(最短注视时间：60ms；注视阈值：30°/s)区分眼跳和注视。

美国国家航空航天局任务负荷指数(NASA-TLX)问卷用于对参与者的工作负荷进行自我评估。标准化问卷包含心理、身体和时间需求以及绩效、努力和挫折感的评分表。参与者被要求在每个模拟场景之后完成NASA-TLX问卷调查。

此外，所有参与者都佩戴Polar V800运动手表(Polar肯普莱，芬兰)，记录心率和RR间期。使用Kubios心率变异性(HRV)软件分析存储的数据，版本3.1(Kubios，Kuopio，芬兰)。Baevsky应力指数(SI)和连续RR区间间的均方根差值(RMSSD)的平方根由RR间期计算。同时计算了低频(LF)和高频(HF)频谱分析以及LF/HF比率。

使用监视摄像机系统(Geutebrück，Windhagen 德国)同时记录体外循环控制台上的外置摄像机视图、模拟血气监测仪和模拟患者生命体征监测仪，并进行口头交流。使用GSC查看器软件(Geutebrück)分析记录的数据，确定反应时间(察觉时间、决定时间)以及决定的恰当性。

在完成第二轮场景模拟后，参与者接受了半结构化形式的访谈(附录)。访谈使用智能手机(黑莓STH100-2)和录音应用程序(索尼移动音频记录器，软件2.01.42版)录制。

所有数据均使用Microsoft Excel 2010版(微软，雷蒙德，华盛顿州)进行处理。统计分析采用SPSS Version 24(IBM，阿蒙克，纽约)，p<0.05为差异具有统计学意义。所有数据均采用Kolmogorov-Smirnov检验进行正态分布检验。由于大多数数据是非参数的，因此采用了以下检验：用于检验相关样本的Friedman检验、用于相关配对的Wilcoxon符号秩检验、Spearman秩相关检验和用于分析列联表数据的Pearson卡方检验。采用Pearson秩相关检验，检验参数数据的双变量相关性。

此项研究获得医院院长及医院工作委员会的批准及支持。医院工作委员会给予书面许可，医院院长和指导医师是这篇文章定共同作者。确保了匿名数据管理。

**结果**

共有19名灌注师参与到场景模拟（3名女性，16名男性），年龄29-64岁（平均47.58岁），专业从事年限1-30年（平均16.68年）。19名灌注师均参加了第一轮模拟（A组10名，B组9名），14名灌注师参加了第二轮（每组7名）。第二轮模拟在第一轮后35至129天之间举行（平均65.6天）。在第二轮测试中，7名灌注师在发现问题后收到了危急事件核对表（A组），另外7名灌注师不知道也没有收到核对表（B组）。场景持续时间6-15分钟（平均10.24分）。

第一轮和第二轮场景模拟中，分别有2名参与者眼球追踪失败。第一轮测试中，有1名参与者心率记录失败，1名参与者因服用倍他乐克被排除HRV分析。所有参与者在两轮测试中都完成了NASATLX问卷调查，第二轮所有参与者都参加了访谈。

**AOI命中次数和AOI注视时间**

计算每个AOI阶段AOI的命中次数，第一轮测试中，5个阶段，平均中位数最高的是：模拟血气监测仪（19），动脉泵（6），静脉储血罐（5），模拟气体混合器（3），心脏停搏液灌注（2）。第二轮测试中，A组平均中位数最高的是模拟血气监测（14.5），动脉泵（6）灌注泵（3），心脏停搏液灌注（3）和手术台（2）；B组平均中位数最高的是模拟血气监测（16），动脉泵（10.5），平均动脉压（4.5），静脉储血罐（3）和计时器（1.5）。

在第二轮，A、B两组的AOI顺序不同，在第4、第5阶段更为明显。

测量每个AOI和每个阶段注视持续时间（60秒中各占的百分比）。第一轮平均中位数百分比最高的5个AOI是：模拟血气监测仪（27.82%），动脉泵（6.02%），静脉储液罐(4.32%)，模拟气体混合器(3.83%)，心脏停搏液灌注(2.78%)。第二轮，A组平均中位数百分比最高的是：模拟血气监测仪(28.29%)，动脉泵 (5.93%)，停搏液灌注(4.03%)，灌注泵(2.03%)和静脉贮液罐(1.99%)。B组平均中位数百分比最高的是：模拟血气监测仪(23.56%)，动脉泵显示(7.63%)，停搏液灌注(4.33%)，平均动脉压(3.65%)和静脉贮液罐（2.66%)。在第二轮中，A组和B组显示了不同的注视持续时间(表2)，差异在第4阶段(察觉)和第5阶段(决策)最为显著。

**瞳孔直径**

同时记录双眼瞳孔直径。由于在所有阶段和模拟场景中，左眼和右眼之间的瞳孔平均直径有很好的相关性(Pearson，p=0.000，r=0.923)，所以所有进一步的评估都只使用左眼的瞳孔平均直径。

用Friedman检验检测瞳孔平均直径的时相变化。瞳孔各时期变化有显著差异性(第1轮p=0.000，第2轮p=0.001)。经Wilcoxon检验，相较于第一阶段，第一轮第二阶段(p=0.007，Z=−2.689)和第五阶段(p=0.003，Z=−3.006)以及第二轮第五阶段(p=0.004，Z=−2.845)的瞳孔平均直径显著增大(图2(a)和(b))。

进一步分析第一轮和第二轮之间以及A组和B组之间的瞳孔平均直径发现，在第五阶段，两组的瞳孔平均直径在第二轮都比第一轮显著增大(Wilcoxon，A组，p=0.043，Z=−2.023；B组，p=0.028，Z=−2.201)。通过Wilcoxon检验，瞳孔平均直径，在每一轮和每一阶段，均没有显示出组间统计学差异。

**NASA-TLX**

在第一轮和第二轮NASA-TLX（任务负荷指数）组间比较中，通过Wilcoxon测试，没有显示出任何统计学差异(图3(a)和(b))。NASA-TLX精神负荷在第一轮(范围：2-10)中位数为6，在第二轮(范围：0.5-9)中位数为5.5。

在NASA-TLX时间需求类别中发现了显著的统计学差异，第二轮B组参与者的时间工作量明显较低(Wilcoxon，p=0.046，Z=−1.997)。A组的临时性工作负荷评分在3.5到9.0之间(中位数：5.5)，B组在1.5到8.0之间(中位数：2.5)。

心率变异性(HRV)测量

评估心率、SI、RMSSD与瞳孔直径的相关性，以及 NASA-TLX。此外，还计算了LF/HF比值。

心率平均值在不同阶段有所不同，两轮试验在第4、5阶段有所增加。根据威尔科克森检验，这些变化分别在第一轮第四阶段(p=0.001，Z=−3.241)、第五阶段(p=0.001，Z=−3.466)和第二轮第四阶段(p=0.036，Z=−2.099)、第五阶段(p=0.012，Z=−2.504)中显著增加(图4(A)和(B))。

比较心率和SI，发现在收集的所有数据(Spearman p=0.000，r=0.620)和单独的两轮(Spearma第一轮p=0.000，r=0.703，第二轮p=0.000，r=0.472)之间均存在显著的相关性(斯皮尔曼，第一轮，p=0.000，r=0.703；第二轮，p=0.000，r=0.472)。SI和NASATLX心理分类的比较显示没有统计学上的显著差异。

经Spearman相关分析，瞳孔平均直径与RMSSD(p=0.021，r=0.195)，瞳孔平均直径与SI(p=0.006，r=−0.231)均有显著相关性。经Spearman相关检验，SI与RMSSD显著相关(p=0.000，r=−0.942)。

然而，当直接比较瞳孔平均直径和心率时，没有发现明显的相关性。通过Wilcoxon检验，比较基线和后续阶段的LF/HF比率也没有显示出任何显著的相关性。

视频和音频记录

所有参与者在第二轮中做出决定的时间都大大缩短(Wilcoxon，p=0.019，Z=−2.341)，在第一轮中，做出决定的时间从50到681秒(中位数：173秒)，在第二轮，从17到182秒(中位数：81.5秒)。当比较A组和B组时，同样发现在第二轮中做出决定的时间有统计学差异，A组的决定时间更短(Wilcoxon，p=0.043，Z=−2.028)。A组的决定时间为51-182秒(中位数：79秒)，B组为17-181秒(中位数：84秒)。

此外，对决定的适当性进行了评定。在这种情况下，使用备用氧气供气的决定被评为正确，而更换氧合器或其他任何决定被评为不正确。在第一轮中，两组的决定没有差异，而在第二轮中，A组的所有参与者都做出了正确的决定，这与B组的参与者不同(表3)。在第二轮中，A组的正确率被发现具有统计学意义(卡方检验，p=0.033)。

**访谈**

共面谈了第二轮的14名参与者，他们在情景模拟之后、汇报前立即接受了面访。所有与会者都欢迎以模拟CPB期间危急事件的形式进行培训。当被要求对模拟环境的真实性质进行评分时，参与者将其评为高度逼真，尽管与临床环境有一些差异，例如，缺少手术室刷手服，缺少CPB管子的红色标志，氧合后的血颜色没有变化，团队比平时小，CPB控制台不同。在第二轮模拟中，压力水平较第一轮低。主观压力水平在质上也与临床环境不同，因为参与者知道这是模拟，因此预期到在场景中会发生危急事件。为体外循环中最常见的并发症提供危急事件核对表的想法几乎受到了所有参与者的欢迎。有些人认为经验丰富的灌注师可能不需要这样的检查表，但表示这样的检查表对经验较少的灌注师是有益处的。核对表本身被认为是适用的；只有一名与会者认为在真正危急的情况下使用它过于复杂。

**结论**

模拟体外循环期间危急事件的评估结果表明，体外循环情景模拟具有较高的真实性。集成危急事件核对表提高了CPB期间做出正确决定的概率，并减少了做出正确决策所需时间。然而，这同时也增加了精神负担。各压力指标之间的比较显示出与瞳孔直径、心率变异性的良好相关性。所有参与者都欢迎进行危急事件模拟培训，灌注师们，尤其是经验缺乏的灌注师，高度提倡使用危急事件核对表。对模拟环境、模拟场景、CPB模拟程序以及危急事件核对表的开发和评估还需要进一步的研究。











