

危重症病人的血流动力学监测

血流动力学(hemodynamics)是血液在循环系统中运动的物理学,主要通过对作用力、流量和容积等方面的因素分析,观察并研究血液在循环系统中的运动情况。血流动力学监测(hemodynamic monitoring)是指依据物理学的定律,结合生理和病理生理学概念,对循环系统中血液运动的规律性进行定量地、动态地、连续地测量和分析,并将这些数据反馈性地用于对病情发展的了解和对临床治疗的指导。根据血流动力学的特点可以把循环系统分为阻力血管、毛细血管、容量血管、血容量和心脏 5 个部分。同时应该强调的是,临床常规观察指标,如血压、心率、皮肤色泽温度、尿量等,也是血流动力学监测所不容忽视的基本参数。

一、中心静脉压测定

中心静脉导管可用来测量一些无法用无创方法精确测量的血液动力学参数,也常用于输入那些通过外周静脉不能安全输入的药物以及进行营养治疗。中心静脉压(CVP)的监测多用于外科病房的急危重症病人。因此,CVP 的测定在 ICU 病房是一项常规操作。完成中心静脉穿刺及监测分析 CVP,都需要一定的技能和实践经验。

CVP 是指接近右心房腔静脉内的压力。它反映了 4 个方面的因素:回心血量、右心功能、静脉张力、胸腔内压。血液黏滞度常影响测定结果。临床上有两种测量 CVP 的方法。传统的水柱压力测定系统是以 cmH_2O 为单位,以病人右心房所在水平面为压力的零点。目前,多采用液压传感器系统来测量 CVP,这一系统通常以 mmHg 为单位。正常值范围是 $0.40\sim 1.33\text{kPa}$ ($3\sim 10\text{mmHg}$)。当然,无论采用哪种系统都要遵循下列原则:严格无菌穿刺,规范操作,并及时更换敷料,以防感染发生;摆好病人体位,按解剖学标志如平行右心房水平确定零点,并读取数值。向病人及其家属解释所有的操作步骤,消除病人的焦虑。CVP 随呼吸运动即胸腔内压的改变而有波动,通常在呼气末期进行测量。从 CVP 测量得到的信息,应结合其他检查结果综合分析,如低血容量的病人 CVP 应偏低,但因代偿性血管收缩,CVP 可正常甚至偏高;同样,胸腔内压高的病人,如正压通气的病人,尽管是低血容量,CVP 也可以较高。临床上多见这种相互作用、相互影响的情况。所有从事 CVP 监测的医护人员均应接受过专业训练和实践培训,应严格按照专业的规章制度来履行职责。

二、肺动脉漂浮导管的应用

肺动脉漂浮导管(balloon floatation catheter),又称 Swan-Ganz 导管(图 1-1),自 1970 年由 Swan 等发明后,在临床上已得到了广泛的应用。最初的两腔导管只能测压,后来发展到最常用的四腔导管可通过热稀释法测定心输出量,目前还有五腔导管,能连续监测混合静脉血氧饱和度和心输出量。利用漂浮导管经外周静脉插入心脏右心系统和肺动脉,进行血流动力学监测(图 1-2),为手术后调整血容量、选择血管活性药物及循环功能支持提供依据,为抢救危重病人提供可靠的血流动力学指标,从而使病人得到及时有效的救治。漂浮导管主要适应证:①急性心肌

梗死后血流动力学指标的连续监测；②心源性休克、非心源性水肿、体外循环后液体的平衡处理；③判断机械呼吸；④血管活性药物治疗；⑤血液透析和辅助循环的疗效；⑥心脏外科术后血流动力学不稳定和心功能不全的药物疗效观察等。

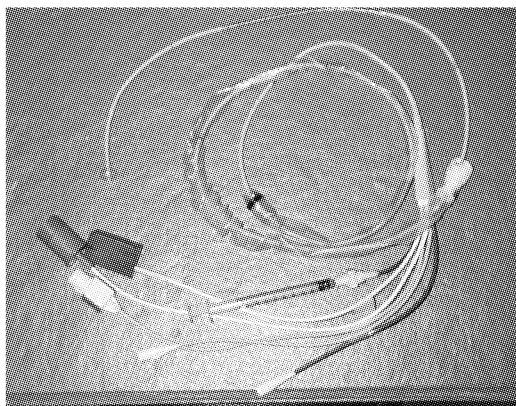


图 1-1 能连续监测混合静脉血氧饱和度和心输出量的漂浮导管

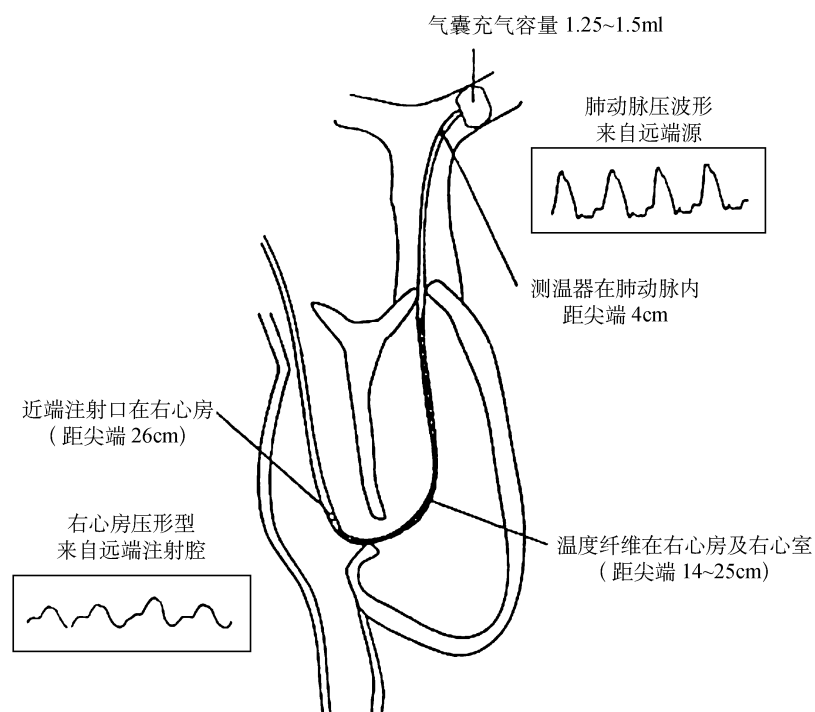


图 1-2 Swan-Ganz 导管顺血流向缓慢推进入肺动脉

操作方法包括术前准备：Swan-Ganz 导管能及时准确地反映病人的血流动力学状况，并由此计算其他相关指标，为危重病人的医治提供了有价值的资料，是现代医疗监护病房不可缺少的监测手段，为此应取得病人、家属的理解及配合。选用漂浮导管、测压装置一套，床边心电监护仪一台，无菌肝素盐水 200ml，三通板一套。备好复苏抢救设备(除颤仪)及药物。测压前行心电监护，测量生命体征包括血压、心率、呼吸、意识状态以及病人身高、体重等。连接好测压装置，排尽空气，以肝素生理盐水充盈导管各腔，检查气囊是否漏气、偏移及回缩。术前选择穿刺点，并清洗备皮，摆好体位，取平卧位，头偏向一侧。漂浮导管的置入：经锁骨下静脉或颈内静脉置入漂浮导管。穿刺成功后沿套鞘送入漂浮导管至上腔静脉，将远端腔接口连接好压力换能器并校零，将气囊充气，导管顺血流向前缓慢推进，监测压力曲线变化，直至 PCW 波形出现，立即放气(图 1-3)。妥善固定漂浮导管，拍床边胸片以明确导管位置(图 1-4)。一般选择右侧颈内静脉，这是漂浮导管操作的最佳途径，导管可以直达右房，并发症少，容易成功。经锁骨下静脉途径较经颈内静脉途径管道固定方便、稳妥、便于护理。导管留置时间一般为 72 小时以内。漂浮导管常见并发症有静脉、胸膜、肺和心脏损伤，导管打结、折断和位置异常，以及气囊破裂、心律失常、血栓形成、肺栓塞、静脉炎、导管相关性感染等，故置入漂浮导管的病人需给予严密的床边监护。

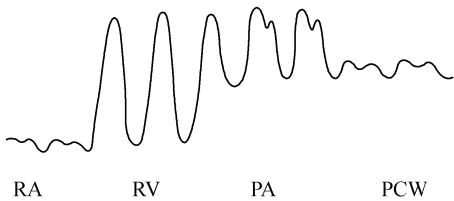


图 1-3 监测压力曲线变化引导置管

RA：右心房压波形；RV：右心室压波形；PA：肺动脉压波形；PCW：肺动脉嵌压波形

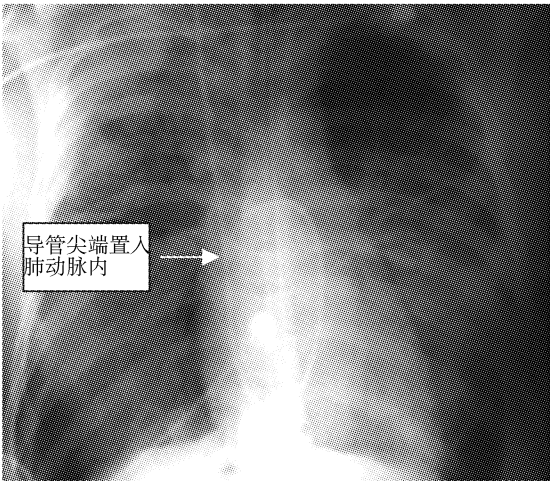


图 1-4 床边胸片明确 Swan-Ganz 导管位置

三、心脏前、后负荷测定

手术病人的心脏前负荷改变往往比较复杂,其相关参数的测量也可能受到多种因素的影响(图 1-5)。一般认为,CVP 和肺动脉嵌顿压(PCWP)的正常值为 $0.667 \sim 1.33 \text{ kPa}$ ($5 \sim 10 \text{ mmHg}$)。高于或低于这个范围都提示前负荷的相应改变,并应进行相应的容量调整。应当注意的是,不同病情或病情的不同阶段所要求的前负荷可能不同。如在心肌梗死时由于心肌顺应性的下降,则 PCWP 可能要求在 2 kPa (15 mmHg) 左右。同时,每个病人的最佳前负荷也可能不同。临床上可以根据前负荷与每搏输出量之间的关系来大致判断前负荷的最佳值,如可维持每搏输出量最大的 PCWP 最低值等方法。临床上常用的反映心脏前负荷的参数包括: CVP、PCWP 和心室舒张末容积等。监测 CVP 对右心容量的调整起到了明确的指导作用,但在反映左心前负荷方面仍然存在有一定的局限性。相比之下,PCWP 与左心前负荷的变化更具有相关性。但 CVP 与 PCWP 都是通过以压力代容积的方法来反映心脏的前负荷,会受到心室顺应性的影响。所以,直接监测心室舒张末容积是更好的反映心脏前负荷的指标。心脏前负荷的严格定义是“心脏舒张末期心肌纤维的初长”,Starling 定律指出“心肌收缩产生的能量是心肌纤维初长度的函数”,也就是说,心肌的收缩力与心肌纤维收缩的初长度呈正相关。完整心脏的心腔容量同每次心脏搏动的收缩力变化是为前负荷函数的基础。在定义前负荷时已指出心室充盈压不是前负荷的正确指标,只有心

心排出量

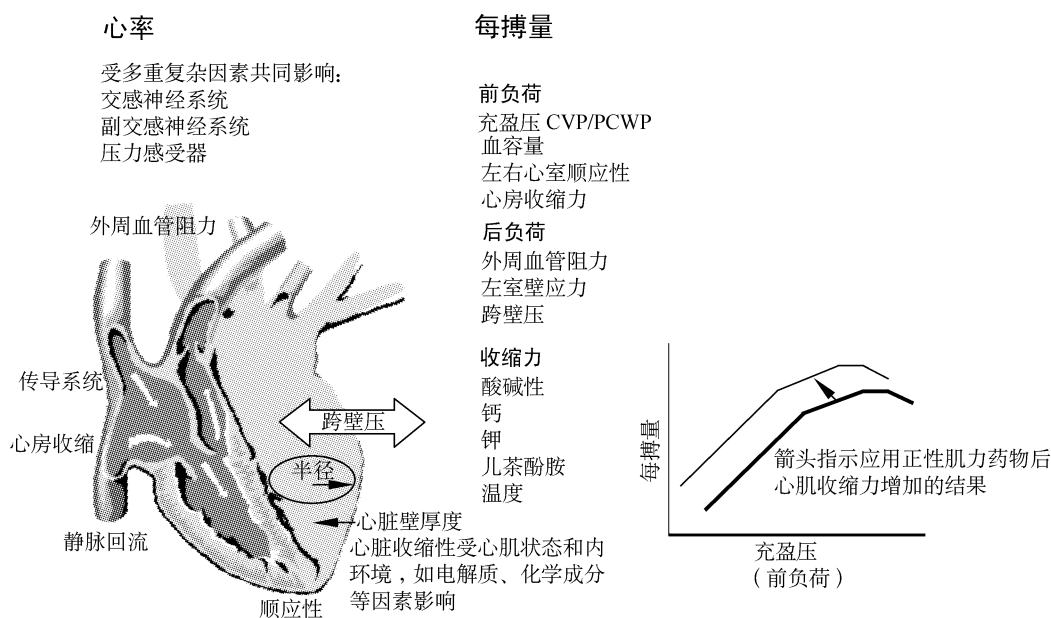


图 1-5 正常血流动力学参数关系

室舒张末期容量才是正确指标,尤其在有心肌顺应性改变时,心室充盈压[左心室舒张末期压(LVEDP)]、PCWP、右心房压(RAP)、CVP更不能完全、准确地代表前负荷,这种观点已被大量实验和临床所证实。

临床使用 LVEDP 代表心脏前负荷的主要依据:从 Frank-Starling 曲线可以看出,在心室充盈或扩张的某特定范围内,随着心腔充盈压和量的增加,心肌收缩力增强,心搏出量也就增多,也就是说,压力与心搏出量呈正比,超过某特定范围,充盈压进一步增高时,心搏出量不再增加,其最适的充盈压为 $1.6\text{kPa}(12\text{mmHg})$ 。在一段历史时期内,临床上心脏压力测定较容量测定简便,并得到较广泛应用。对心肌顺应性与压力、容量、心搏出量的关系,临床上做到全面同时判定有一定困难。影响前负荷的因素还有静脉回心血量、循环血容量、血容量的胸内分布、胸内压力、心包腔压力、心房收缩的活力与适时性。多年来,左心室前负荷测定法一直存有争议,原则上应该用左心室舒张末期容量(LVEDV)来判定,但临床上直接测定 LVEDV 有一定困难。超声是一项发展很快的技术,有望用它在 ICU 床旁连续测定左心室舒张末期容量,并与其他指标同步观测,但目前广泛应用有一定困难。当年在 Swan-Ganz 导管介入临床时,曾将 PCWP 当作左心房压、左心室舒张末期压看待,但经多年临床实践证实并非如此,PCWP 绝对值不仅不能反映前负荷,与 LVEDV 也无镜像关系,因此,受上述因素影响容易误导诊断与治疗。应承认的是 PCWP 与 LVEDV 多有相似的方向变化,但又不成比例。此外,在心肌收缩力受损和肺动脉压力增高的情况下,右心室舒张末期容量(RVEDV)与左心室前负荷的关系变得更为复杂,因此,用右心射血分数评价左心室前负荷的价值也有限。

临床工作者面对临床病情复杂而多变的病人,在使用某项新技术或新参数时,除了应对其各种影响因素及其相互关系有全面深入的了解,对介绍新技术的设计与统计学处理是否合理也要有所鉴别。前述心血管腔压力测定不再被当作前负荷看待,但它们仍然是不容忽视的血流动力学的重要参数,犹如电路中有电流,就有电压、电容量、电流量、电阻共存,心脏循环系统所不同的是还有上述诸多影响因素,尤其是心血管的顺应性变化为心功能的重要影响因素,已成为临床医师和生理学家的共识,更何况心室顺应性离不开心室压力与容量测定。

心脏的后负荷是指心室在射血过程中所必须克服的阻力。在心室流出道及心脏瓣膜没有狭窄的情况下,心室后负荷取决于射血当时的心室壁张力以及阻力血管对射血的阻力。临床上通常以体循环阻力(SVR)为监测左心室后负荷的主要指标,肺循环阻力(PVR)为监测右心室后负荷的指标。一般来讲,心室的后负荷与心输出量呈负相关。心功能状态不同时,心脏对后负荷改变的反应也有所不同。在心功能正常时,如果后负荷突然增加,心室的舒张末容积和压力会随之升高。根据 Starling 机制,由于后负荷增加而导致心肌代偿做功增加。可是,如果后负荷的增加过于突然或过高,这种代偿往往是不完全的,心输出量也会出现下降,但随后,心室舒张末容积和压力会逐渐恢复到正常水平,心输出量也上升到原来范围。这是因为心脏对后负荷的改变逐渐适应,心肌收缩力增强。当心肌功能受损时,后负荷的增加导致心室的扩大和充盈压力的增加。心室不能通过心肌收缩力的增强而完全代偿后负荷的增加,而只能通过心室舒张末容积和压力的增加,按 Starling 机制增加心室的做功。这时,虽然心输出量仍然可保持在正常范围,但心室的充盈压力升高、后负荷的增加导致了明显的心肌功能抑制。在严重心力衰竭时,心室无法通过 Starling 机制增加心肌的做功。心室后负荷的增加导致心室舒张末容积和压力增加,但是心肌的

做功并不能相应地增加,心输出量不能被维持,这时降低心室后负荷不仅可增加心输出量,而且可降低心室充盈压力。

四、脉波指示剂连续心排量中的胸内血容量测定

在近年推向临床的脉波指示剂连续心排量(PiCCO)监测中,用单一温度稀释法所测定的胸内血容量(ITBV)已被许多学者证明是一项可重复、敏感,而且比 PCWP、右心室舒张末期压(RVEDP)、CVP 更能准确反映心脏前负荷变化的实用指标。临床上发现,当用 PCWP、CVP 或左心室舒张末期压判定危重症病人早期血流动力学及左心室前负荷的稳定程度时,因其易受多种因素影响,如血管充盈度、血容量、心肌收缩力、心血管顺应性、胸内压、通气状态、测定技术误差,又需要在短时间内确定其个体的 Frank-Starling 心功能曲线,临床应用相当费时。近十年来,温度-染料稀释心排量(CO_{TD})或单一温度稀释心排量法(CO_{ST})的胸内血容量指数(ITBVI),已被许多学者证明是一项比 PCWP 和 CVP 更好的心脏前负荷指标。CVP、PCWP、ITBVI 与心脏指数(CI)的相关比较证实: CVP 或 PCWP 与 CI 无相关,ITBVI 与 CI 相关。许多学者对心脏外科、脓毒症性休克、ICU 危重病人做了大量观察,证实左心室舒张末期容量与 ITBVI 密切相关,二者均能反映心脏前负荷。ITBV 参数测定依靠单一温度稀释技术获得,其准确性易受外源性液体、指示剂注射不当、心内分流、温度额外丢失、体温变化过大、非规范的注射部位、主动脉瓣关闭不全、心包填塞等因素的不同程度的影响。对 ITBV 作为前负荷生理指标的影响因素及其机制的深入了解与不同临床情况下的实际应用,尚有许多问题需做进一步探讨。

(陈 宏)