

# 血液透析机在线尿素清除指数 ( Kt/V ) 测量功能原理与应用

朱海鹏

青岛大学附属医院

DOI:10.12238/jpm.v5i1.6425

**[摘要]** 尿素清除指数 ( Kt/V 值 ) 是目前应用的最广泛的衡量血液透析剂量和充分性的指标, 本文介绍了透析充分性评估的重要指标 Kt/V 值的计算公式与监测方法, 国内、外主流血液透析设备在线自动监测 Kt/V 值的解决方案及工作原理, 有依据钠离子与尿素分子穿过合成透析膜的弥散特征很类似的原理实现的, 有治疗过程中依靠特定波长紫外线吸收率与尿素分子量特异性关联的原理来实现测量治疗过程的尿素清除率的。讨论并分析两种在线监测尿素清除率方法与公式法比较时会出现的测量计算 Kt/V 值偏差的原因。使医疗、护理及工程技术人员掌握并了解在线尿素清除率监测 ( Kt/V 测量 ) 功能, 更好的服务应用于临床治疗, 以提高工作的效率和透析质量。

**[关键词]** 血液透析; 在线尿素清除率监测; 透析充分性; 尿素清除指数 ( Kt/V )

Functional principle and application of on-line urea clearance index ( Kt / V ) measurement in hemodialysis machine

Zhu Haipeng

Affiliated Hospital of Qingdao University

**[Abstract]** Urea clearance index ( Kt / V value ) is the most widely used index to measure hemodialysis dose and adequacy. This paper introduces the calculation formula and monitoring method of Kt / V value, domestic and foreign online automatic monitoring of Kt / V value and the working principle, Based on the principle that the diffusion characteristics of sodium ion and urea molecules through the synthetic dialysis membrane is very similar, and the urea clearance rate of the treatment process is measured by the principle of the specific wavelength ultraviolet absorption rate and urea molecular weight in the treatment process. Discuss and analyze the reasons for the deviation of Kt / V values when the two online monitoring urea clearance methods are compared with the formula method. To enable medical, nursing and engineering personnel to master and understand the online urea clearance monitoring ( Kt / V measurement ) function, better service for clinical treatment, to improve the efficiency of work and dialysis quality.

**[Key words]** Hemodialysis; on-line urea clearance monitoring; dialysis adequacy; urea clearance index ( Kt / V )

段。充分透析是维持性血液透析患者的生活质量和生存期重要指标。如何评估透析充分，一直以来都是从事血液净化工作的医护必须解决的问题[1]。

2006年 NKF/DOQI 指出，评估透析充分性的指标： $Kt/V$ 、 $URR$ 、 $TAC_{urea}$ 、溶质清除指数（ $SR I$ ）、 $nPCR$ [2]。清除指数  $Kt/V$  是评估透析充分性的一个重要指标。 $K$  代表透析器对尿素的清除率（ $L/h$ ）， $t$  为单次透析时间（ $h$ ）， $V$  为尿素在体内分布容积（ $L$ ）。 $Kt$  乘积反映了单次透析对尿素的清除量， $Kt/V$  则反映单次透析清除尿素量占患者体内尿素总量的比例。

## 2. 测量计算方法

### 2.1 Dangirdas 法

目前 Dangirdas 第二代公式在临床上应用最为广泛，即  $\ln(R-0.008t) + (4-3.5R) \times UF/W$ 。公式中  $R$  为透析后和透析前血尿素氮浓度比值， $t$  为透析时间（ $h$ ）， $UF$  为超滤量（ $L$ ）， $W$  为透析后体重（ $kg$ ）。Dangirdas 第二代公式未考虑残余的肾功能对尿素的清除，亦不能用于计算标准化蛋白分解率。 $Kt/V$  不是实际测量值，而是通过测定透析治疗前后的血尿素氮值代入公式推测的透析剂量，双室模型理论提示，透析后会出现尿素氮反跳、透析中也会出现动静脉瘘或心肺在循环等因素，这样得到的  $Kt/V$  值会偏高。美国的透析研究协会推荐，在血液透析治疗结束时，关闭透析液流量泵并降低超滤率，然后将血流速迅速降至  $50 \sim 100 ml/min$ ，维持 15 秒后，从动脉管路中迅速抽取血液标本，即能校正有再循环等因素造成的测量误差。这样得到的  $Kt/V$  值操作计算繁琐复杂，且需要透析前后抽血检验血尿素氮浓度后医护人员通过公式计算，患者痛苦，医护工作量大。

为解决  $Kt/V$  值测量计算痛点，各透析机生产厂家纷纷给出了解决方案，通过不同方法，透析中或透析后自动得到一个  $Kt/V$  参考值，供临床对透析充分性进行参考。如德国费森尤斯 OCM、德国贝朗的 adimea、金宝公司的 Diascan、威高日机装的 DDM 等。

### 2.2 费森尤斯公司在线尿素清除率监测器（OCM）

OCM 装置是费森尤斯公司研发的一种监测尿素清除的装置。4008 系列为选配，5008 系列为标配。测量原理依据钠离

子与尿素分子穿过合成透析膜的弥散特征很类似，两者在  $37^\circ C$  的条件下，扩散系数几乎相同。通过测量流入口和流出口的电导度间接确定透析液中离子浓度，可以推出钠离子穿过透析膜的弥散曲线，进而计算透析率或离子清除率。基于钠离子的透析率，可计算尿素透过透析膜的弥散性（渗透性），进而得出尿素清除率。

为了精确测量钠离子透析率，透析器的流入端和流出端都安装了电导传感器，用于测量透析液（进入透析器前）和透析废液中（通过透析器后）的电导。为了使钠离子穿过透析膜的弥散可测量，在透析器中血液和透析液间的钠离子浓度梯度必须暂时提高。为此，透析机通过一次短时脉冲来增加（或减少）钠离子在透析液中的浓度，于是钠离子进入血液或离开血液的弥散度增加。假设电导脉冲不超过电导限制，增加和减少电导的脉冲交替进行，以使钠平衡尽可能保持中立。透析液在进入透析器前短时增加导电性，之后会因一部分钠离子穿过透析膜进入患者血液而导电性降低。透析液流入端的动态输入导电信号（脉冲）由该处的电导传感器持续监测；透析液流出端的信号也由相应位置的传感器监测。两处导电信号中对应的曲线反应了钠离子穿过透析膜的弥散度。流出液导电性相对于流入液导电性越低，从透析溶液弥散至血液中的钠离子就越多，即透析膜对于钠离子的可弥散度就越高。

电导监测的准确性取决于测量期间血浆钠浓度的稳定性。测量中患者血浆钠浓度越稳定，测量结果越准确。因此，OCM 的电导测量时间被控制在应尽可能短的时间内。OCM 还能在 1 分钟内感知血液和/或透析液流速的变化，然后立刻重新计算相应的清除率。这意味着透析中任意更改治疗参数都不影响清除率的持续监测。

测到尿素清除率  $K$ ，有效透析时间  $t$  的数据也可通过费森尤斯治疗系统获取，为了计算  $Kt/V$ ，必须输入透析患者尿素分布容积的参数。估算尿素分布容积最简单的方法是使用 Watson，Hume-Weyers 和 Mellits-Cheek 发明的经验公式。需要患者的体重，身高和性别信息，输入到机器内。通过 Watson 公式计算出的尿素分布容积  $v$  一般比同一患者直接测量得出的  $V$  值高出 26%。因此，如果使用的是通过 Watson 公式计算出的

V, 最终得出 Kt/V 常常比实际值低。

### 2.3 贝朗公司的 Adimea 装置

Adimea 装置是贝朗公司研发的一种监测尿素清除的装置, 高配机型德佳标配。其测量原理是通过, 治疗过程中特定波长紫外线吸收率与尿素分子量特异性关联的原理来测量治疗过程的尿素清除率。特定波长的一束紫外线从发射头发出, 穿过透析废液后, 被接收头收到, 透析液中的物质如尿素分子将吸收发射的紫外线, 这个紫外线的衰减将被紫外线接收头感知。通过计量治疗开始到结束接收头紫外线的读数下降, 可以了解尿素从人体清除情况。监测到血液侧的尿素下降比率, 即是 URR 值。通过大量的试验评估与模型建立, 美国 John T. Daugirdas 教授创立了在全球被广泛接受的 Kt/V 公式 - spKt/V 公式 (美国 KDOQI 和欧洲 EBPG 的推荐标准)。一旦获得了准确的 URR 值, 通过 John T. Daugirdas 尿素动力模型, 我们可以获得非常精准的 Kt/V 值。在理想状态下, Kt/V 与 URR 具有自然对数关系。Kt/V=ln(1-URR) 基于指数曲线, 可以得到当次治疗的 Kt/V。治疗中仅需输入患者体重。无须单独计算 V 值。

2.4 Diascan 是金宝公司研发的产品, 原理与作用与 OCM 类似。DDM 是威高日机装公司研发的产品, 原理与作用与 adimea 类似。

2.5 目前国产的血液透析机技术迅猛发展, 国外高端机型配置的在线 Kt/V 监测功能组件, 国产血液透析机也能够实现在线 Kt/V 监测功能。例如: 山外山公司有治疗过程中依靠特定波长紫外线吸收率与尿素分子量特异性关联的原理来实现测量治疗过程的尿素清除率选配装置, 宝莱特则在高端机型标配依据钠离子与尿素分子穿过合成透析膜的弥散特征很类似的原理的在线尿素清除率组件。

### 3. 讨论

Kt/V 作为血液透析质量管理过程的重要指标, 血液净化标准操作规程 (2021版) 要求, 尿素清除指数 (即) 和尿素下降率 (Urea reduction rate, URR) 定时记录完成率, 每6个月完成维持性血液透析患者的 Kt/V 和 URR 记录。单位时间内, 单室 Kt/V (spKt/V) 大于 1.2 且 URR 大于 65% 的维持性血液透析患

者比例 []。上述3种方法均被2015年的NKF-KDOQI指南推荐。在使用过程中发现同一患者同一透析处方在使用Adimea或OCM装置时得到的Kt/V值不一致。与Dangirdas第二代公式法计算比较, 贝朗的adimea略高于Dangirdas第二代公式法, 费森尤斯的OCM略低于Dangirdas第二代公式法[3][4]。通过查阅文献发现与其他血液净化中心已发表数据结果一致。误差主要来自于局部循环或心肺再循环的影响、透析结束后尿素从高浓度室向低浓度室缓慢扩散的尿素的回弹现象、在线监测装置研发过程对于亚洲及中国人群考虑较少, 其采纳的计算公式不一定适合中国人群, 需要矫正公式中的个体生理参数的权重。

### 4 结语

透析充分性是一个综合性的概念, 透析设备为临床提供了全新的透析效果监测手段, 有较高的临床关联性, 免除抽血痛苦, 无检测成本, 每次治疗均可使用等优点。但 Kt/V 值仅是小分子毒素的清除指标, 评价透析充分性有其片面性。评估透析充分性的内容应包括, 患者身心健康、营养状态、干体重、血压、蛋白分解率、贫血、心功能状态、骨关节病变、中小分子物质清除率等[5]。

### [参考文献]

- [1]刘国, 沙建萍, 路凌.血液透析中利用 OCM 在线监测尿素清除指标 (Kt/v) 效果评价.吉林医学, 2009, 30(1): 18-19
  - [2]王质刚.中国血液净化.2008, 7(6): 291-292
  - [3]郑欣, 杨涛, 侯方等.在线尿素清除率监测对血液透析充分性评估的研究.临床肾脏病杂志, 2017, 17(8): 477-481
  - [4]杨冰, 甘良英, 蒋鹏志等.在线清除率监测评价维持性血液透析患者透析充分性的研究.中国血液净化, 2016, 156(1): 31-35
  - [5]李寒, 王世相.Kt/V 的测定方法、临床意义及其局限性.临床内科杂志, 2011, 28(5): 302-304
- 作者简介: 朱海鹏, 出生年月: 1981年10月, 男, 民族: 汉, 学历: 本科, 籍贯: 青岛, 职称: 工程师, 研究专业方向: 血液净化设备。