

# 肱二头肌超声参数联合临床资料诊断慢性肾脏病患者蛋白质能量消耗的临床价值

马彧靓 何正中 赵琳 阚艳敏 周燕 经翔 王洪玲

**摘要** **目的** 应用超声测量肱二头肌相关定量参数,探讨其联合临床资料诊断慢性肾脏病(CKD)患者蛋白质能量消耗(PEW)的临床价值。**方法** 选取于我院肾内科血液净化中心接受血液透析治疗的CKD患者83例,其中未合并PEW者18例(对照组),合并PEW者65例(异常组);比较两组临床资料及肱二头肌超声定量参数的差异;应用多因素Logistic回归分析CKD患者PEW的独立影响因素,并建立联合诊断模型;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析该模型预测CKD患者PEW的诊断效能。**结果** 两组体质量指数(BMI)、透析前血肌酐(Cr)、肱三头肌皮褶厚度(TSF)、上臂中段肌围(AMC),以及超声所测肱二头肌舒张状态纵径、舒张状态面积、舒张状态与收缩状态纵径比值比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。多因素Logistic回归分析显示,BMI、肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值均为CKD患者发生PEW的独立影响因素( $OR=0.733, 9.028$ , 均 $P<0.05$ )。建立联合诊断模型为:  $\text{Logit}(P) = 1/[1 + e^{-(8.228 - 0.310 \times \text{BMI} + 2.200 \times \text{肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值} < 0.964)}]$ ,其预测CKD患者PEW的曲线下面积为0.856(95%可信区间:0.756~0.957,  $P<0.05$ )。**结论** 超声所测肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值可以明确CKD患者肌肉萎缩情况,联合BMI构建的Logistic诊断模型对诊断CKD患者PEW具有一定临床价值。

**关键词** 超声检查,肌骨;肱二头肌;蛋白质能量消耗;慢性肾脏病;血液透析  
[中图分类号]R445.1;R692 [文献标识码]A

## Clinical value of ultrasound parameters of musculus biceps brachii combined with clinical data in diagnosing protein energy wasting in patients with chronic kidney disease

MA Yuliang, HE Zhengzhong, ZHAO Lin, KAN Yanmin, ZHOU Yan, JING Xiang, WANG Hongling  
Department of Ultrasound, the Third Central Hospital of Tianjin, Tianjin 300170, China

**ABSTRACT Objective** To explore the clinical value of ultrasound quantitative parameters of musculus biceps brachii combined with clinical data in diagnosing protein energy wasting(PEW) in patients with chronic kidney disease(CKD). **Methods** Eighty-three patients with CKD who received hemodialysis treatment in the blood purification center of nephrology department of our hospital were selected, including 18 non-PEW patients (control group) and 65 PEW patients (abnormal group). Clinical data and ultrasound quantitative parameters of musculus biceps brachii were compared between the two groups. The independent influencing factors of PEW in CKD patients were screened by multi-factor Logistic regression analysis. Logistic regression model was established as well. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic value of the model in predicting the occurrence of PEW in CKD patients. **Results** There were statistically significant differences in body mass index (BMI), blood creatinine (Cr), triceps skin fold (TSF), arm muscle circumference (AMC) and ultrasonically measured longitudinal diameter and area of musculus biceps brachii at relaxed state, relaxed to contracted state longitudinal diameter ratio (all  $P<0.05$ ). Multi-factor Logistics regression analysis showed that BMI and relaxed to contracted state longitudinal diameter ratio of musculus biceps brachii were independent influencing factors for the occurrence of PEW ( $OR=0.733, 9.028$ , both  $P<0.05$ ). The joint diagnostic model was established.

作者单位:300170 天津市第三中心医院超声科(马彧靓、阚艳敏、经翔),肾内科(王洪玲);天津市重症疾病体外生命支持重点实验室(何正中);天津市人工细胞工程技术研究中心(赵琳);天津市肝胆疾病研究所(周燕)  
通讯作者:王洪玲,Email:superwhl@126.com

$\text{Logit}(P) = 1/[1 + e^{-(8.228 - 0.310 \times \text{BMI} + 2.200 \times \text{relaxed to contracted state longitudinal diameter ratio of musculus biceps brachii} < 0.964)}]$ . The area under the curve for predicting the occurrence of PEW in CKD patients was 0.856 (95%CI: 0.756~0.957,  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The measurement of the relaxed to contracted state longitudinal diameter ratio of musculus biceps brachii by ultrasound can clarify the muscular atrophy in patients with CKD. The Logistic model constructed by relaxed to contracted state longitudinal diameter ratio of musculus biceps brachii combined with BMI is of clinical value in the diagnosis of PEW in patients with CKD.

**KEY WORDS** Ultrasonography, musculoskeletal; Musculus biceps brachii; Protein energy wasting; Chronic kidney disease; Hemodialysis

蛋白质能量消耗 (protein energy wasting, PEW) 是一种体内蛋白质和能量物质储备下降的状态, 临床表现为以饮食营养和热量摄入不足、低体质量指数 (BMI)、低血清白蛋白血症、微炎症状态、进行性骨骼肌消耗为特征的综合征, 是维持性血液透析患者常见的并发症, 发病率为 28%~56%<sup>[1]</sup>。PEW 患者体内蛋白质与能量储备不足, 无法满足自身代谢需求, 导致机体出现营养不良及内环境紊乱相关症状。其中骨骼肌减少被认为是 PEW 发病的关键环节, 会增加各种并发症发生的可能, 同时还会使身体力量和活动能力下降, 导致身体虚弱、活动不便, 患者生活质量也随之下降, 从而增加慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD) 患者后期住院和死亡的风险<sup>[2-3]</sup>。因此, 检测患者肌肉质量状况对早期诊断及治疗 PEW 至关重要。本研究应用超声测量肱二头肌定量参数, 探讨其联合临床资料诊断 CKD 患者 PEW 的临床价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取 2019 年 1 月至 2021 年 9 月我院肾内科血液净化中心接受透析治疗的 CKD 患者 83 例, 其中未合并 PEW 者 18 例 (对照组), 男 11 例, 女 7 例, 年龄 35~74 岁, 中位年龄 61.0 (55.5, 66.5) 岁; 合并 PEW 者 65 例 (异常组), 男 39 例, 女 26 例, 年龄 27~79 岁, 中位年龄 63.0 (57.0, 67.0) 岁。纳入标准: ① PEW 诊断参考 2007 年国际肾营养和代谢学会 (ISRNM) 推荐的诊断标准<sup>[4]</sup>; ② 均为单侧上肢自体内瘘或半永久通路。排除标准: 各类神经源性、肌源性、废用性及其他先天获得性肌肉萎缩疾病, 以及既往双侧上肢内瘘或半永久通路的患者。本研究经我院医学伦理委员会批准, 为回顾性研究故免除患者知情同意。

### 二、仪器与方法

1. 超声检查: 使用西门子 Acuson S 3000 彩色多普勒超声诊断仪, 9L4 线阵探头, 频率 9~10 MHz。患者取平卧位, 上肢自然摆放于身体两侧, 肱二头肌肌腹朝上, 选取非内瘘侧上肢, 自肩部向下沿上臂肌肉正

中覆盖肱二头肌行超声扫查, 检查深度 4 cm, 于皮肤表面垂直肌束确定肱二头肌肌腹最厚处, 测量肱二头肌舒张状态横径、纵径、面积, 然后将探头轻轻旋转 90°, 平行肌束扫查肱二头肌长轴, 测量肱二头肌皮下脂肪厚度、羽化角; 嘱患者屈肘关节, 前臂垂直于上臂及床水平, 嘱其全力收缩上臂, 于肱二头肌最厚处垂直肌束测量肱二头肌收缩状态横径、纵径、面积; 启动实时剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 模式, 取样框放置于长轴肌束内部, 保持探头平稳, 待取样框颜色完全稳定后冻结图像, 初始设置 10 个感兴趣区, 设定每个感兴趣区直径为 10 mm, 所有感兴趣区排列于肱二头肌肌束长轴中间位置, 启动定量分析系统测量取样框内 7~10 个不同位置感兴趣区的剪切波速度 (shear wave velocity, SWV), 记录每组 SWV 最大值、最小值、平均值, 所有参数均重复测量 2~3 次。以上操作均由两名具有 5~10 年工作经验的超声医师共同完成。

2. 临床资料收集: 收集患者性别、年龄、BMI、血清白蛋白 (ALB)、血清总胆固醇 (TC)、透析前血肌酐 (Cr)、肱三头肌皮褶厚度 (TSF)、上臂中段肌围 (AMC)。

### 三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件, 正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 组间比较采用独立样本  $t$  检验; 非正态分布的计量资料以  $M(Q_1, Q_3)$  表示, 组间比较采用独立样本秩和检验。计数资料以频数或率表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析相关变量的截断值。应用多因素 Logistic 回归分析 CKD 患者 PEW 的独立影响因素, 并建立联合诊断模型; 绘制 ROC 曲线分析该模型预测 CKD 患者 PEW 的诊断效能。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、两组临床资料比较

两组 BMI、透析前血 Cr、TSF、AMC 比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); 性别、年龄、ALB、TC 比较差异均无统计学意义。见表 1。

表1 两组临床资料比较

组别	年龄(岁)	男/女(例)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	ALB(g/L)	TC(mmol/L)	透析前血Cr(μmol/L)	TSF(cm)	AMC(cm)
非PEW组(18)	61.0(55.5,66.5)	11/7	27.76(23.96,29.43)	42.37±2.90	3.92(3.09,4.53)	1000.83±174.35	1.20(0.90,1.50)	27.89±3.43
PEW组(65)	63.0(57.0,67.0)	39/26	22.63(20.62,25.27)	41.23±4.03	3.99(3.28,4.79)	866.26±256.69	1.00(0.60,1.20)	24.40±3.18
$\chi^2/Z/t$ 值	-0.647	0.007	-4.210	1.113	-0.398	2.090	-1.986	4.049
P值	0.518	0.932	<0.001	0.269	0.691	0.040	0.047	<0.001

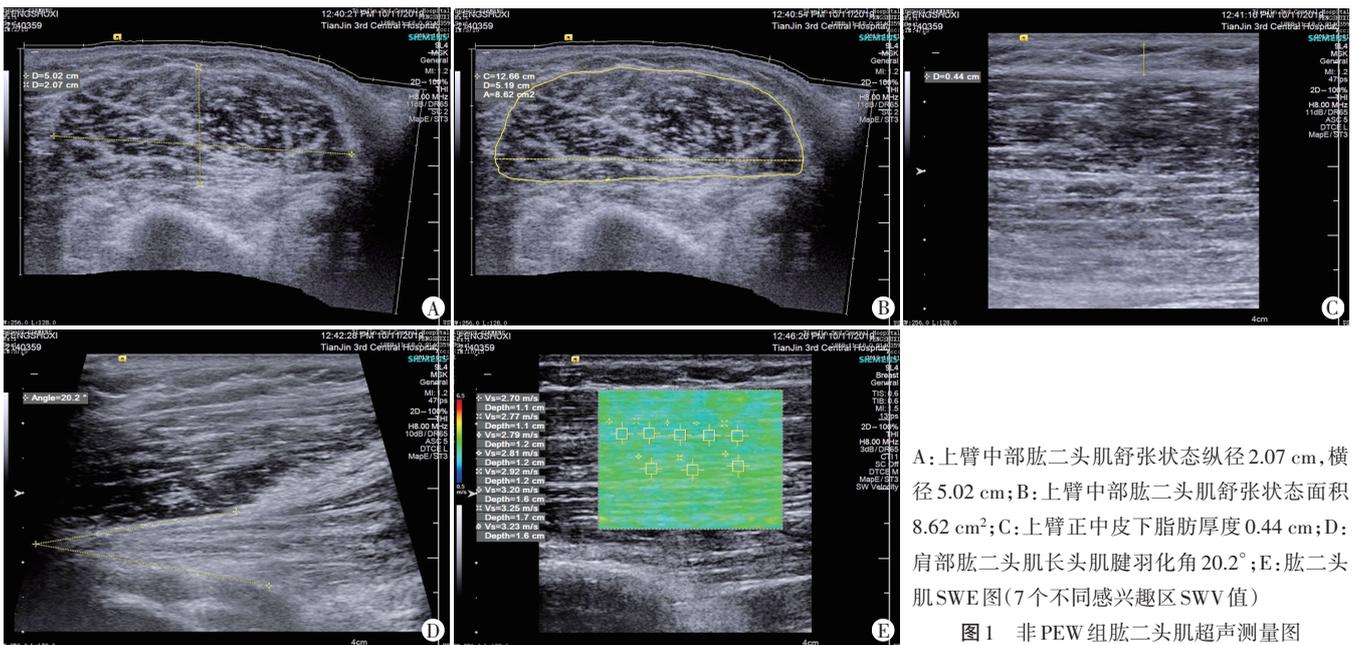
BMI:体质量指数;ALB:血清白蛋白;TC:血清总胆固醇;Cr:肌酐;TSF:肱三头肌皮褶厚度;AMC:上臂中段肌围

二、两组肱二头肌超声参数比较

两组肱二头肌舒张状态纵径和面积、舒张状态与收缩状态纵径比值比较差异均有统计学意义(均P<0.05);其余参数比较差异均无统计学意义。见图1,2和表2。

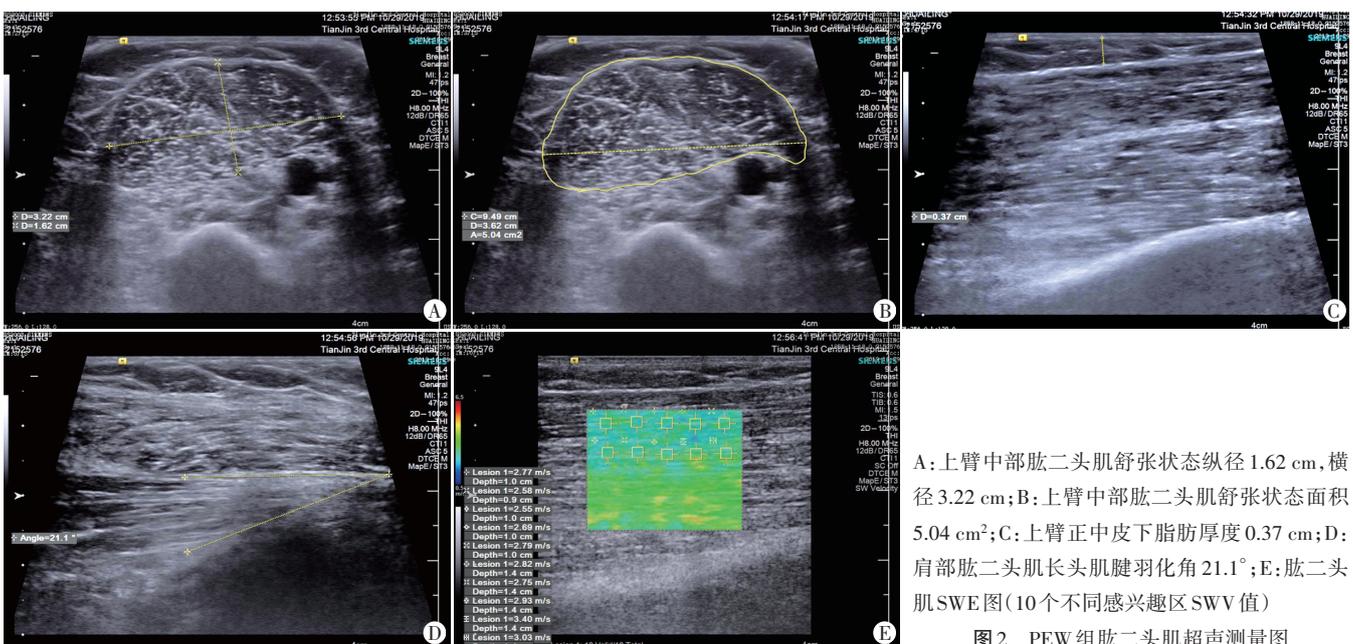
三、多因素 Logistic 回归分析PEW的独立影响因素

ROC曲线分析显示,肱二头肌舒张状态纵径、舒张状态面积、舒张状态与收缩状态纵径比值截断值分别为2.150 cm、6.775 cm<sup>2</sup>、0.964。将肱二头肌舒张状态纵径、舒张状态面积、舒张状态与收缩状态纵径比值由连续变量转变为分类变量,并连同临床资料中差异有



A: 上臂中部肱二头肌舒张状态纵径2.07 cm,横径5.02 cm; B: 上臂中部肱二头肌舒张状态面积8.62 cm<sup>2</sup>; C: 上臂正中皮下脂肪厚度0.44 cm; D: 肩部肱二头肌长头肌腱羽化角20.2°; E: 肱二头肌SWE图(7个不同感兴趣区SWV值)

图1 非PEW组肱二头肌超声测量图



A: 上臂中部肱二头肌舒张状态纵径1.62 cm,横径3.22 cm; B: 上臂中部肱二头肌舒张状态面积5.04 cm<sup>2</sup>; C: 上臂正中皮下脂肪厚度0.37 cm; D: 肩部肱二头肌长头肌腱羽化角21.1°; E: 肱二头肌SWE图(10个不同感兴趣区SWV值)

图2 PEW组肱二头肌超声测量图

表2 两组肱二头肌超声参数比较

组别	舒张状态横径 (cm)	舒张状态纵径 (cm)	舒张状态面积 (cm <sup>2</sup> )	皮下脂肪厚度 (cm)	羽化角 (°)	收缩状态横径 (cm)	收缩状态纵径 (cm)	收缩状态面积 (cm <sup>2</sup> )
非PEW组	4.34±0.42	2.34±0.39	8.11±2.04	0.60(0.38,0.75)	19.10±3.07	5.72±0.87	2.33±0.40	10.40±3.11
PEW组	4.13±0.74	2.05±0.36	6.84±2.12	0.54(0.37,0.68)	17.67±3.93	5.44±0.98	2.17±0.45	9.01±2.78
Z/t值	1.567	2.969	2.273	-0.923	1.421	1.050	1.411	1.820
P值	0.123	0.004	0.026	0.356	0.159	0.297	0.162	0.072

组别	舒张状态与收缩状态横径比值	舒张状态与收缩状态纵径比值	舒张状态与收缩状态面积比值	SWV(m/s)		
				最大值	最小值	平均值
非PEW组	0.78(0.69,0.83)	0.99(0.97,1.03)	0.80(0.72,0.86)	3.00(2.76,3.18)	2.42(2.14,2.65)	2.63(2.48,2.90)
PEW组	0.75(0.69,0.83)	0.96(0.89,1.02)	0.73(0.68,0.81)	2.99(2.73,3.30)	2.40(2.22,2.62)	2.68(2.45,2.91)
Z/t值	-0.299	-2.122	-1.309	-0.099	-0.077	-0.409
P值	0.765	0.034	0.190	0.921	0.938	0.683

SWV:剪切波速度

统计学意义的BMI、透析前血Cr、TSF、AMC同时纳入多因素 Logistic 回归分析,结果显示,BMI、肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值均为CKD患者PEW的独立影响因素(OR=0.733,9.028,均P<0.05)。见表3。

表3 多因素Logistics回归分析

变量	β值	标准误	Waldχ <sup>2</sup> 值	P值	OR值及其95%可信区间
BMI	-0.310	0.090	11.993	0.001	0.733(0.615-0.874)
肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值	2.200	0.795	7.658	0.006	9.028(1.900-42.894)
常量	8.228	2.265	13.201	0.000	3744.898(-)

#### 四、联合诊断模型建立及其诊断效能分析

建立 Logistic 联合诊断模型为:  $\text{Logit}(P) = 1/[1 + e^{-(8.228 - 0.310 \times \text{BMI} + 2.200 \times \text{肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值} < 0.964)}]$ ; ROC 曲线显示,联合诊断模型预测CKD患者PEW的曲线下面积为0.856(95%可信区间:0.756~0.957, P<0.05),灵敏度为78.5%,特异度为88.9%;仅BMI预测的曲线下面积为0.826(95%可信区间:0.732~0.919, P<0.05),灵敏度为78.5%,特异度为61.1%;仅肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值预测的曲线下面积为0.694(95%可信区间:0.564~0.823, P<0.05),灵敏度为55.4%,特异度为83.3%。见图3。

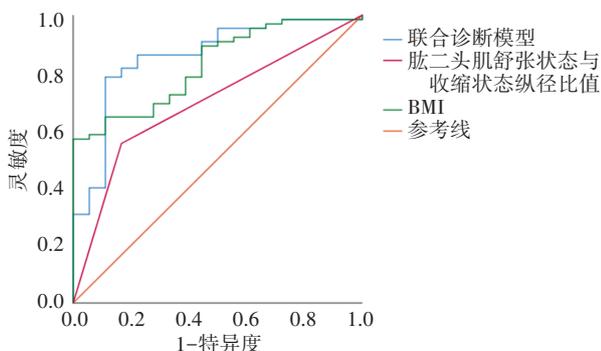


图3 联合诊断模型及单一参数预测CKD患者PEW的ROC曲线图

#### 讨论

PEW是指人体蛋白质和能量储存减少的状态,即蛋白质与脂肪质量均减少,是CKD患者透析后常见的并发症之一<sup>[4-5]</sup>,透析后合并PEW者较未合并PEW者死亡风险明显增高,故常被视为CKD患者终末死亡的危险因素<sup>[6]</sup>。因此PEW的诊断及早期干预对改善患者预后、降低其死亡风险尤为重要。目前ISRNM推荐以下4个诊断标准,即实验室指标、身体总脂肪或体质量、肌肉质量及蛋白质和能量摄入量减少,满足其中3个即可诊断PEW<sup>[4]</sup>。临床常以低蛋白血症、低BMI、营养和热量摄入不足、骨骼肌消耗萎缩为特征综合判断患者PEW情况<sup>[7-8]</sup>。但实验室指标ALB易受多种营养摄入量影响,BMI可能会受性别和体内液体的影响,从而对PEW的判断。近年来,超声在人体肌骨领域发展迅速,已被广泛应用于四肢骨骼肌的观察与测量。本研究应用超声测量CKD患者肱二头肌定量参数,探讨其联合临床资料预测PEW的诊断价值。

本研究两组临床资料比较显示,PEW组BMI、TSF均低于非PEW组(均P<0.05),与以往研究<sup>[9-10]</sup>结果一致。分析原因为CKD合并PEW患者体内能量消耗与荷尔蒙失调引发的高代谢状态、透析导致的营养损失、身体活动减少、合成代谢下降共同作用导致患者蛋白质合成障碍及能量消耗过度,诱发机体BMI及脂肪含量均显著降低。在评价骨骼肌方面,本研究结果显示PEW组肱二头肌舒张状态纵径和面积、舒张状态与收缩状态纵径比值、AMC均较非PEW组减低(均P<0.05),与既往研究<sup>[3,11-12]</sup>结果一致。分析原因为合并PEW的CKD患者体内蛋白质合成减少、分解增加,肌球蛋白及肌动蛋白减少导致粗、细肌丝数量减少,造成横纹肌肌原纤维数量减少,最终引起骨骼肌肌纤维及肌束

萎缩,而随着CKD病情的进展还会进一步破坏机体内分泌环境,加重骨骼肌的持续消耗。达静静等<sup>[13]</sup>研究指出CKD中、晚期患者肾功能持续下降所导致的继发性甲状旁腺功能亢进会引发骨矿物质代谢紊乱; Breining等<sup>[14]</sup>研究也发现高水平甲状旁腺素会增加CKD患者能量消耗和肌肉萎缩,因此导致超声及临床所测肱二头肌肌腹相关参数及AMC值均减小。本研究中PEW组透析前血Cr明显低于非PEW组( $P<0.05$ ),与CKD病理生理进程不符,分析原因可能与本研究中非PEW病例较少有关。另外,两组肱二头肌SWV最大值、最小值、平均值比较差异均无统计学意义,分析原因为SWE技术诊断肌肉减少症的基础是肌肉质量减少同时肌间脂肪相对增加所引起的肌肉弹性降低<sup>[15]</sup>,而PEW患者肌肉质量与肌间脂肪会同时减少,肌肉本身弹性可能不会发生明显改变,因此SWV也不会产生明显差异。

本研究多因素 Logistic 回归分析显示, BMI、肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值均为CKD患者PEW的独立影响因素。BMI作为PEW传统保护因素,患者每增加1 kg/m<sup>2</sup>, PEW发病率降低约26.7%;而超声参数肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值为PEW的独立危险因素,该比值 $<0.964$ 的CKD患者PEW发病率增加约8倍,与Sahathevan等<sup>[16]</sup>研究结果相似,提示CKD患者肱二头肌舒张状态纵径较收缩状态纵径明显减小,表明该截断值以下的肌肉萎缩状态可用于预测PEW。构建的联合诊断模型预测CKD患者PEW的曲线下面积为0.856,灵敏度为78.5%,特异度为88.9%,均高于单独BMI(0.826)或超声参数(0.694);联合诊断模型在临床诊断标准的基础上增加了超声参数,使临床在掌握患者整体蛋白质与脂肪状态的基础上,进一步了解肌肉质量的减少情况,提高了诊断PEW患者肌蛋白减少的灵敏度和特异度,对预测PEW具有更高的诊断效能。

综上所述,超声所测肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值可用于动态检测肱二头肌质量减少状态,联合BMI构建模型对诊断CKD患者PEW具有重要价值。但本研究仅为单中心回顾性分析,病例数量有限,尤其阴性对照组样本量较小,且研究结果中肱二头肌舒张状态与收缩状态纵径比值截断值可能缺乏较高的普遍性,待今后扩大样本量深入阐述。

#### 参考文献

[1] Carrero JJ, Thomas F, Nagy K, et al. Global prevalence of protein-

- energy wasting in kidney disease: a Meta-analysis of contemporary observational studies from the International Society of Renal Nutrition and Metabolism[J]. *J Ren Nutr*, 2018, 28(6): 380-392.
- [2] Workeneh BT, Mitch WE. Review of muscle wasting associated with chronic kidney disease [J]. *Am J Clin Nutr*, 2010, 91(4): 1128S-1132S.
- [3] Sahathevan S, Khor B, Yeong CH, et al. Validity of ultrasound imaging in measuring quadriceps muscle thickness and cross-sectional area in patients receiving maintenance hemodialysis [J]. *JPEN J Parenter Enter Nutr*, 2021, 45(2): 422-426.
- [4] Fouque D, Kalantar-Zadeh K, Kopple J, et al. A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease [J]. *Kidney Int*, 2008, 73(4): 391-398.
- [5] 袁静, 刘姣姣, 杨毅, 等. 血液透析和腹膜透析患者蛋白质能量消耗危险因素分析[J]. *中国实用内科杂志*, 2020, 40(1): 45-49.
- [6] Rambod M, Bross R, Zitterkoph J, et al. Association of malnutrition-inflammation score with quality of life and mortality in hemodialysis patients: a 5-year prospective cohort study [J]. *Am J Kidney Dis*, 2009, 53(2): 298-309.
- [7] 吴雷云, 贾强, 张爱华. 蛋白质能量消耗与维持性血液透析患者预后的关系[J]. *医学研究杂志*, 2021, 50(9): 32-37.
- [8] Sabatino A, Regolisti G, Karupaiah T, et al. Protein-energy wasting and nutritional supplementation in patients with end-stage renal disease on hemodialysis [J]. *Clin Nutr*, 2017, 36(3): 663-671.
- [9] 戴选彤, 蒋更如. 维持性血液透析患者蛋白质能量消耗营养评估方式的研究进展[J]. *医学研究生学报*, 2018, 31(10): 1100-1104.
- [10] Carrero JJ, Stenvinkel P, Cuppari L, et al. Etiology of the protein-energy wasting syndrome in chronic kidney disease: a consensus statement from the International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISRNM) [J]. *J Ren Nutr*, 2013, 23(2): 77-90.
- [11] Galindo Martín CA, Monares Zepeda E, Lescas Méndez OA. Bedside ultrasound measurement of rectus femoris: a tutorial for the nutrition support clinician [J]. *J Nutr Metab*, 2017, 2017(1): 2767232.
- [12] Sabatino A, Regolisti G, Delsante M, et al. Noninvasive evaluation of muscle mass by ultrasonography of quadriceps femoris muscle in end-stage renal disease patients on hemodialysis [J]. *Clin Nutr*, 2019, 38(3): 1232-1239.
- [13] 达静静, 王红静, 查艳. 维持性血液透析患者蛋白质能量消耗的综合管理策略[J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(8): 608-611.
- [14] Breining P, Pedersen SB, Kjolby M, et al. Parathyroid hormone receptor stimulation induces human adipocyte lipolysis and browning [J]. *Eur J Endocrinol*, 2021, 184(5): 687-697.
- [15] 胡建捷, 孙芳, 刘菲菲, 等. 实时剪切波弹性成像评估肌肉减少症患者骨骼肌弹性的价值[J]. *临床超声医学杂志* 2020, 22(10): 747-750.
- [16] Sahathevan S, Khor BH, Singh BKS, et al. Association of ultrasound-derived metrics of the quadriceps muscle with protein energy wasting in hemodialysis patients: a multicenter cross-sectional study [J]. *Nutrients*, 2020, 12(11): 3597.