

• 骨骼肌肉影像学 •

2 型糖尿病合并肌少症的椎体能谱 CT 参数与骨骼肌参数关系

程明慧,陈伟彬,魏剑芬,任杰,杜昀,陈妍

【摘要】目的:探讨 2 型糖尿病(T2DM)合并肌少症的椎体能谱 CT 参数与骨骼肌参数关系。**方法:**回顾性分析 2021 年 11 月—2022 年 11 月在本院内分泌科住院的 69 例 T2DM 患者及在本院就诊的 35 例非 T2DM 患者(健康对照组)的临床资料。依据 2019 肌少症诊断及治疗专家共识中的诊断标准, T2DM 患者分为 T2DM 合并肌少症患者 38 例和 T2DM 未合并肌少症患者 31 例。统计分析三组基线资料和第三腰椎 CT 参数水平。采用 Spearman 检验对第三腰椎 CT 参数进行相关性分析。**结果:** T2DM 患者空腹血糖(FPG)、餐后 2 小时血糖(2hPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)较健康对照组升高, 握力、步速、空腹胰岛素(FINS)、空腹 C 肽(FCP)、餐后 2 小时 C 肽(2hCP)较健康对照组下降, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。T2DM 合并肌少症组、T2DM 未合并肌少症组、健康对照组四肢骨骼肌指数(ASMI)逐渐升高, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。T2DM 合并肌少症组第三腰椎椎体 40~140 keV 单能量 CT 值、碘(水)、HAP(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值、 λ 、骨骼肌面积(SMA)及骨骼肌指数(SMI)较 T2DM 未合并肌少症组比健康对照组均明显下降, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。Spearman 相关分析显示 40~140 keV 单能量 CT 值、碘(水)、HAP(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值及 λ 与 SMA、SMI 及 ASMI 均成正相关($P < 0.05$)。**结论:**椎体能谱 CT 参数与骨骼肌参数之间存在明显相关性, 椎体能谱 CT 参数可作为参考指标更简便地评估肌肉质量, 进而诊断肌少症。

【关键词】 2 型糖尿病; 肌少症; 能谱 CT; 椎体; 骨骼肌

【中图分类号】 R814.42; R587.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)11-1508-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.11.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Relationship between vertebral energy spectrum CT parameters and skeletal muscle parameters in type 2 diabetes mellitus combined with sarcopenia CHENG Ming-hui, CHEN Wei-bin, WEI Jian-fen, et al. North China University Science and Technology Affiliated Hospital, Hebei 063000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the relationship between vertebral energy spectrum CT parameters and skeletal muscle parameters in type 2 diabetes mellitus (T2DM) combined with sarcopenia. **Methods:** The clinical data of 69 patients with T2DM hospitalized in our endocrinology department from November 2021 to November 2022 and 35 non-T2DM patients admitted to the Department of Endocrinology of our hospital from November 2021 to November 2022 and 35 non-T2DM patients (healthy control group) attending our hospital were retrospectively analysed. Based on the diagnostic criteria in the 2019 Expert Consensus on Diagnosis and Treatment of Myasthenia Gravis, 38 patients with T2DM combined with myasthenia gravis and 31 patients with T2DM not combined with myasthenia gravis were categorized. The baseline data and third lumbar spine CT parameter levels of the three groups were statistically analysed. Spearman test was used to correlate the third lumbar spine CT parameters. **Results:** Fasting glucose (FPG), 2-hour postprandial glucose (2hPG), and glycosylated hemoglobin (HbA1c) were elevated, and grip strength, step speed, fasting insulin (FINS), fasting C-peptide (FCP), and 2-hour postprandial C-peptide (2hCP) were decreased in patients with T2DM compared with those with healthy controls, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The appendicular skeletal muscle index (ASMI) gradually increased in the T2DM combined sarcopenia group, T2DM uncomplicated sarcopenia group, and healthy control group, and the difference was sta-

作者单位: 063000 河北唐山, 华北理工大学附属医院

作者简介: 程明慧(1997—), 女, 河北唐山人, 硕士研究生, 主要从事影像学研究和诊断工作。

通讯作者: 陈伟彬, E-mail:cwb_1982@163.com

基金项目: 河北省医学科学研究课题计划资助项目(20231274)

tistically significant ($P < 0.05$). The third lumbar vertebrae single energy CT values from 40keV to 140keV, Iodine (Water), HAP (Water), HAP (Fat), Calcium (Water) density values, the slope of spectral Hu curve (λ), skeletal muscle area (SMA), skeletal muscle index (SMI) of the T2DM combined with sarcopenia gravis group were significantly lower than those in the T2DM uncomplicated sarcopenia gravis group and the healthy control group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). Spearman's correlation analysis showed that the 40~140keV single-energy CT values, Iodine (water), HAP (water), HAP (fat), Calcium (water) density values and λ were significantly positively correlated with SMA, SMI and ASMI ($P < 0.05$). **Conclusion:** There was a significant correlation between vertebral energy spectrum CT parameters and skeletal muscle parameters, and vertebral energy spectrum CT parameters can be used as a reference index to assess muscle mass more easily and then diagnose sarcopenia.

【Key words】 Type 2 diabetes mellitus; Sarcopenia; Energy spectrum CT; Vertebral body; Skeletal muscle

2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者中肌少症(sarcopenia)的发病率^[1]为正常人的 3 倍^[1]。目前,并无明确的肌少症 CT 诊断标准,常使用的测量方式存在操作步骤繁琐、耗时较长等问题。现关于 CT 骨骼肌参数与骨质参数的相关性研究较少,本研究旨在探讨椎体能谱 CT 参数与骨骼肌参数的相关性,为骨骼肌质量的评估提供更简便的方法。

材料与方法

1. 研究对象

选取本院内分泌科 2021 年 11 月—2022 年 11 月住院的 T2DM 患者 69 例,其中 T2DM 合并肌少症患者 38 例,男 19 例,女 19 例,年龄 61~81 岁,糖尿病病程 1~20 年。T2DM 未合并肌少症患者 31 例,男 18 例,女 13 例,年龄 49~81 岁,糖尿病病程 1~42 年。同时招募于我院就诊的非 T2DM 患者 35 例,男 22 例,女 13 例,年龄 46~81 岁,作为健康对照组。纳入标准:①临床资料完整;②年龄 ≥ 45 岁;③在接受检查前均签署知情同意书;④短时间内进行人体成分分析及能谱 CT 检查。排除标准:①曾接受脊柱手术;②脊柱骨折;③合并影响骨质的疾病,如原发性甲状腺、甲状旁腺、肾上腺、肾脏及神经系统等;④顺应性较差、答案可信度较低、对检查处理不合作的患者。

糖尿病诊断标准:符合 1999 年 WHO 糖尿病诊断标准。肌少症的诊断标准:根据亚洲肌少症工作组(AWGS)发布的 2019 肌少症诊断及治疗专家共识中的诊断标准,符合诊断标准①且满足②和/或③项者。
①肌肉质量,四肢骨骼肌指数(appendicular skeletal muscle index, ASMI):男性 $< 7.0 \text{ kg/m}^2$,女性 $< 5.7 \text{ kg/m}^2$;②肌肉力量,握力:男性 $< 28 \text{ kg}$,女性 $< 18 \text{ kg}$;③身体活动能力:4 米步行速度 $< 1.0 \text{ m/s}$ 。

2. 实验室检测指标

所有受试者采用葡萄糖氧化酶法测定空腹血糖(FPG)、餐后 2 小时血糖(2hPG);采用乳胶增强免疫抑制法测定糖化血红蛋白(HbA1c);采用电化学发光法进行测定空腹胰岛素(FINS)、空腹 C 肽(FCP)、餐后 2 小时胰岛素(2hINS)、餐后 2 小时 C 肽(2hCP)。指标的测定由特定的检验科医师使用同一台全自动化学分析仪进行操作。

3. 肌少症诊断指标

采用握力器(香山 EH101 型)测定握力。在测试之前要进行校正,并把握距调节到适当的范围。在进行测试时,采用标准坐姿,两脚并立,双臂伸直,自然下垂,优势手单手拿着电子握力计,一次性紧握握力计,在测量时不能屈臂、弯腰等。分别对两只手的握力进行测量,重复三次,每次相隔一分钟,取两只手的平均,计算得出两只手的握力,单位为 kg。

采用 6 米步行试验测定步行速度。以日常平路行走的步速行走 6 米距离,测量受试者行走所需的时间,进一步计算行走速度,单位为 m/s。

采用 Inbody770 型人体成分测试仪(殷巴迪有限公司),通过生物阻抗分析法(BIA)获取身体成分数据,包括躯干、四肢及全身的骨骼肌、体脂肪和体脂百分比等指标。测试时受试者空腹、排空大小便,赤足,穿轻质衣服,不携带金属物品。根据检测指标计算相关指数,ASMI = 四肢骨骼肌肌肉量/身高²,单位为 kg/m²。

4. 检查设备与方法

患者取仰卧位,采用 GE Revolution CT 扫描仪,扫描范围自第一腰椎到第五腰椎。扫描参数:管电压为高低能量(80~140 kVp)瞬间切换,管电流 260 mA,螺距 0.984,矩阵 512 × 512,层厚 1.25 mm,间隔 1.25 mm。

采用 GE AW 4.7 后处理系统的 GSI Viewer 软

件,选取第三腰椎的中间层面划分感兴趣区(region of interest, ROI),测量碘(水)、羟基磷灰石(HAP)(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值,能谱曲线斜率及 40~140 keV 单能量 CT 值。能谱曲线斜率 $\lambda = (\text{CT 值}_{40\text{keV}} - \text{CT 值}_{70\text{keV}})/30$ 。应用 GE AW4.7 后处理系统的“X Section”软件,选定第三腰椎的中间层面,手动勾画该层面骨骼肌边缘,设定骨骼肌 CT 值范围为 -29~150 HU,软件自动计算勾画范围内骨骼肌面积(skeletal muscle area, SMA)。椎体平面骨骼肌指数(skeletal muscle index, SMI)=SMA/身高²。

以上所有数据均测量 3 次并取平均值,测量过程均在两位高年资影像诊断医师指导下进行。

5.统计学方法

全部资料用 Excel 建立资料库,并运用 SPSS 25.0 进行统计学分析。计量资料用均数±标准差表示,对所收集的计量数据进行正态性检验及方差齐性分析,若数据为正态分布且方差齐,组间比较采用单因素方差分析;如果非正态分布或方差不齐,组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验。计数资料用构成比来表示,使用卡方检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。差异有统计学意义的能谱 CT 参数与 SMA、SMI、ASMI 相关性分析采用 Spearman 检验。

表 1 三组基线资料比较

基线资料	合并肌少症组 (n=38)	未合并肌少症组 (n=31)	健康对照组 (n=35)	统计量	P
性别(男/女)/例	19/19	18/13	22/13	1.259	0.533
年龄/岁	69.50±5.74	65.48±9.50	65.4±11.68	3.369	0.186
病程/年	7.20±7.77	8.50±12.24	—	0.170	0.680
身高/m	1.64±0.05	1.65±0.05	1.65±0.05	1.820	0.403
体重/kg	62.34±8.82	60.37±10.18	63.47±6.28	3.270	0.195
BMI/kg/m ²	23.24±3.64	22.02±3.14	23.22±2.25	5.194	0.075
握力/kg	24.00±5.68 ^a	26.96±5.49 ^a	29.47±1.29	26.134	<0.001
步速/m/s	0.93±0.28 ^a	1.16±0.22 ^a	1.16±0.11	13.450	0.001
ASMI/kg/m ²	6.16±0.60 ^{ab}	6.70±0.74 ^a	7.59±0.90	40.895	<0.001
FPG/mmol/L	9.22±2.35 ^a	8.98±2.93 ^a	5.01±0.73	56.703	<0.001
2hPG/mmol/L	14.34±4.11 ^a	14.92±3.82 ^a	7.63±2.25	48.160	<0.001
FINS/uU/mL	9.16±7.59 ^a	9.09±8.21 ^a	13.31±6.95	8.546	0.014
2hINS/uU/mL	47.38±43.02	36.51±24.93	32.33±16.69	0.337	0.845
FCP/ng/mL	2.30±1.64 ^a	1.63±0.95 ^a	2.95±0.97	19.807	<0.001
2hCP/ng/mL	5.63±3.58 ^a	3.76±2.37 ^a	15.88±5.46	60.849	<0.001
HbA1c/%	9.28±2.19 ^a	9.59±2.59 ^a	4.60±0.59	69.089	<0.001

注:—表示无该项数据;^a与健康对照组相比, $P < 0.05$;^{ab}与未合并肌少症组相比, $P < 0.05$ 。

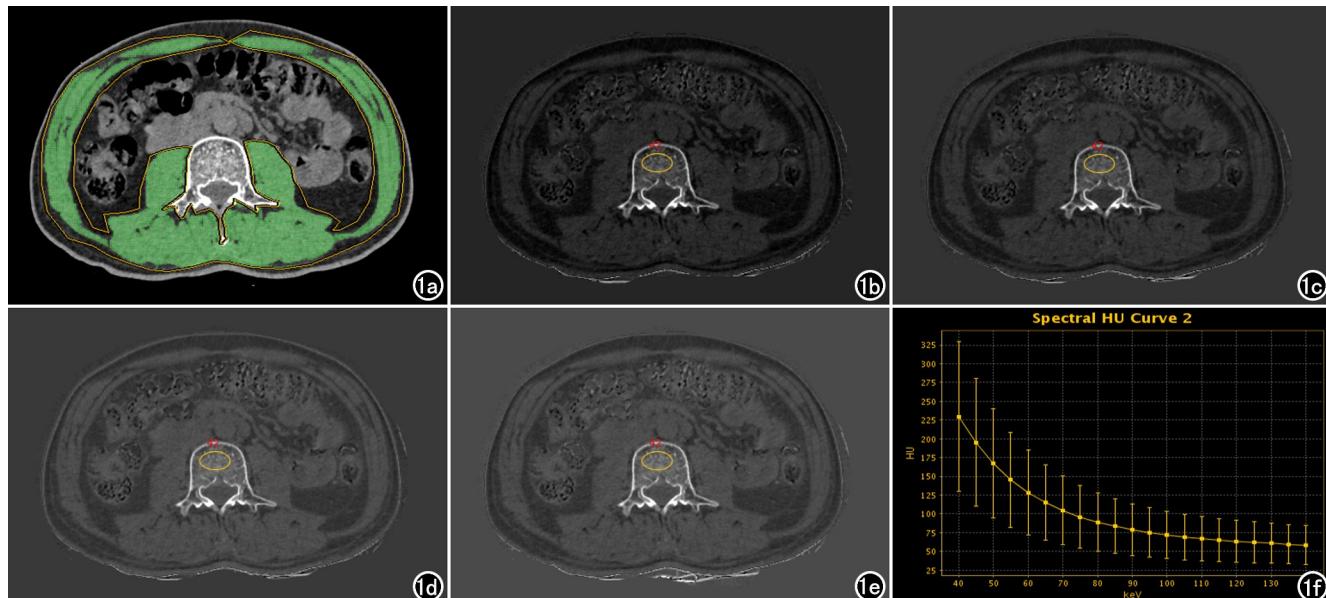


图 1 男,62岁,T2DM 患者,按照 2019 年 AWGS 定义的诊断标准诊断为肌少症,能谱 CT 检查图。a) 第三腰椎平面骨骼肌面积测量示意图;b) 碘(水)测量示意图;c) HAP(水)测量示意图;d) HAP(脂肪)测量示意图;e) 钙(水)测量示意图;f) 能谱曲线图。

结 果

1. 基线资料比较

统计分析结果显示, T2DM 合并肌少症组、T2DM 未合并肌少症组和健康对照组的性别、年龄、身高、体重、体质指数(body mass index, BMI) 及 2hINS 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。T2DM 合并肌少症组和 T2DM 未合并肌少症组患者间病程差异无统计学意义($P > 0.05$)。T2DM 患者 FPG、2hPG、HbA1c 较健康对照组升高, 握力、步速、FINS、FCP、2hCP 较健康对照组下降, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。T2DM 合并肌少症组、T2DM 未合并肌少症组、健康对照组的 ASMI 逐渐升高, 差异具有统计学意义($P <$

0.05), 见表 1。

2. 第三腰椎能谱 CT 相关参数与骨骼肌参数比较

T2DM 合并肌少症组第三腰椎椎体 40~140 keV 单能量 CT 值、碘(水)、HAP(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值、 λ 、SMA 及 SMI 较 T2DM 未合并肌少症组与健康对照组相比均明显下降, 差异有统计学意义($P < 0.05$, 图 1, 表 2)。但 T2DM 未合并肌少症组与健康对照组比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$, 表 2)。

3. 能谱 CT 相关参数与骨骼肌参数相关性分析

Spearman 相关分析显示, 40~140 keV 单能量 CT 值、碘(水)、HAP(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值及 λ 与 SMA、SMI 及 ASMI 具有相关性, 且均成正相关($P < 0.05$, 表 3)。

表 2 三组能谱 CT 相关参数与骨骼肌参数比较

参数	合并肌少症组 (n=38)	未合并肌少症组 (n=31)	健康对照组 (n=35)	F	P
CT 值/HU					
40 keV	211.58±92.56 ^{ab}	355.17±102.70	358.66±55.84	44.043	<0.001
50 keV	151.49±67.92 ^{ab}	255.40±74.82	255.76±42.04	42.690	<0.001
60 keV	114.53±52.99 ^{ab}	194.07±57.73	192.51±33.70	40.975	<0.001
70 keV	91.55±43.86 ^{ab}	155.97±47.19	153.22±28.62	39.628	<0.001
80 keV	76.84±38.14 ^{ab}	131.54±40.43	128.03±25.42	38.583	<0.001
90 keV	67.13±34.46 ^{ab}	115.46±36.06	111.45±23.38	36.099	<0.001
100 keV	60.37±31.93 ^{ab}	104.26±33.01	99.90±21.98	33.624	<0.001
110 keV	55.59±30.17 ^{ab}	96.31±30.84	91.71±20.99	32.932	<0.001
120 keV	52.33±28.96 ^{ab}	90.82±29.32	86.04±20.31	31.635	<0.001
130 keV	49.69±28.04 ^{ab}	86.49±28.18	81.57±19.80	30.589	<0.001
140 keV	47.65±27.33 ^{ab}	83.11±27.28	78.15±19.41	29.864	<0.001
λ	4.00±1.67 ^{ab}	6.64±1.86	6.85±0.94	45.977	<0.001
骨骼肌参数					
碘(水)/100 μ g/cm ³	21.26±8.88 ^{ab}	35.28±9.89	36.34±4.98	45.779	<0.001
HAP(水)/mg/cm ³	63.38±26.44 ^{ab}	105.11±29.49	108.44±14.89	45.967	<0.001
HAP(脂肪)/mg/cm ³	103.35±26.38 ^{ab}	144.95±29.42	147.95±14.97	45.554	<0.001
钙(水)/mg/cm ³	29.80±12.45 ^{ab}	49.44±13.88	51.01±7.00	45.882	<0.001
SMA(cm ²)	108.99±18.88 ^{ab}	120.10±16.80	126.82±19.74	15.830	<0.001
SMI(cm ² /m ²)	40.42±6.20 ^{ab}	43.99±6.28	46.21±6.01	15.370	<0.001

注:^a与健康对照组相比, $P < 0.05$; ^b与未合并肌少症组相比, $P < 0.05$ 。

表 3 能谱 CT 相关参数与骨骼肌参数相关性分析

参数	SMA		SMI		ASMI	
	r	P	r	P	r	P
40 keV	0.408	<0.001	0.429	<0.001	0.409	<0.001
50 keV	0.404	<0.001	0.421	<0.001	0.399	<0.001
60 keV	0.404	<0.001	0.413	<0.001	0.388	<0.001
70 keV	0.402	<0.001	0.407	<0.001	0.380	<0.001
80 keV	0.404	<0.001	0.403	<0.001	0.371	<0.001
90 keV	0.399	<0.001	0.393	<0.001	0.357	<0.001
100 keV	0.392	<0.001	0.383	<0.001	0.348	<0.001
110 keV	0.389	<0.001	0.376	<0.001	0.343	<0.001
120 keV	0.386	<0.001	0.370	<0.001	0.333	0.001
130 keV	0.383	<0.001	0.365	<0.001	0.325	0.001
140 keV	0.381	<0.001	0.362	<0.001	0.317	0.001
碘(水)	0.401	<0.001	0.433	<0.001	0.422	<0.001
HAP(水)	0.397	<0.001	0.432	<0.001	0.425	<0.001
HAP(脂肪)	0.399	<0.001	0.433	<0.001	0.421	<0.001
钙(水)	0.397	<0.001	0.432	<0.001	0.424	<0.001
λ	0.397	<0.001	0.432	<0.001	0.426	<0.001

讨 论

T2DM 是一种以胰岛素抵抗^[2]、炎症、晚期糖基化终产物(advanced glycation end products, AGEs)积累^[3]和氧化应激增加^[4]为特征的慢性代谢性疾病。这些特征会对蛋白质代谢、血管和线粒体等功能造成损伤,从而导致骨骼肌的质量、强度和功能下降,导致肌少症的发生^[5]。同时这些特征会也会导致骨转换失衡、成骨活性下降、骨吸收增加、骨重塑障碍,导致骨质疏松^[6]。T2DM 患者对伤害的防御能力降低,跌倒、骨折、卧床的危险增大,具有较高的致残和致死率^[7],严重影响患者的生活质量,加大了社会及医疗负担^[8]。因此,需要提高 T2DM 患者肌少症的筛查和诊断率,通过检查指导临床选择合适治疗方案,以延缓肌少症发展,提高老年人生活质量及延长寿命。

本研究结果显示第三腰椎 40~140 keV 单能量 CT 值、碘(水)、HAP(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值及 λ 与 SMA、SMI 及 ASMI 具有相关性,分析其可能原因为:运动是由骨骼和肌肉两大系统共同完成,这两大系统并称为骨骼肌肉系统,骨骼和肌肉不仅通过其相邻表面相互紧密连接,还在生化和代谢方面有着密切的联系^[9]。运动引起的肌肉收缩和骨骼负重均会引起骨骼形态的改变,这一作用可以促进成骨细胞的成骨作用,从而提高骨密度^[10]。随年龄增长,因肌卫星细胞数目减少及肌原纤维受损导致肌肉含量减少及运动能力减低,造成骨负载减低,可导致骨质流失^[11]。研究证实,骨质疏松症和肌少症与基因密切相关,原钙黏蛋白 7(PCDH7)^[12]、肌细胞增强因子 2C(MEF2C)、甾醇调节元件结合蛋白 1(SREBP1)^[13]等基因可对骨骼和肌肉的代谢产生影响。炎症相关因子如肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素-6(IL-6)、胰岛素样生长因子-1(IGF-1)通过影响蛋白质代谢,导致蛋白质分解增加、成骨作用降低^[14]。李云成等^[15]研究发现,肝硬化合并肌少症患者腰椎 BMD 低于非肌少症组,合并肌少症的肝硬化患者更容易出现骨质疏松症。陶超等^[16]研究发现,强直性脊柱炎患者腰椎骨密度与第三腰椎 SMI 呈正相关。张雪丽等^[17]研究证实,在成年妇女中,腰椎骨密度与瘦组织含量存在着一定的相关性。因此,骨骼与肌肉两者之间可互相影响,具有一定的相关性。李亚奥等^[18]研究表明,在 2 型糖尿病的中老年男性患者中,骨骼肌含量较低者的骨密度明显降低。根据肌肉与骨骼之间的关系,利用骨密度估算 T2DM 患者的肌量,具有一定的可行性。

目前,关于 CT 诊断肌少症常用的方法是测量第三腰椎骨骼肌指数,即通过手动勾画该层面骨骼肌边缘,设定骨骼肌 CT 值范围为 -29~150 HU,软件自

动计算勾画范围内相应的面积^[19]。但上述步骤操作较为繁琐,且选定阈值范围不一定适用于所有肌肉组织^[20]。因此,仍需探寻一种操作便利、适用范围较广的筛查方法。

CT 能谱成像作为新兴检查手段,因其拥有独特的诊断方式,在骨肌系统、循环系统、肿瘤性病变等方面有广泛的应用^[21]。赵明月等^[22]研究显示,采用 CT 能谱成像技术对骨质疏松症进行诊断与 DXA 检查的一致性较好,其敏感度及特异度等处于较高水平。孟伟等^[23]研究也提示双能 CT 对诊断绝经后妇女骨质疏松症具有较高的诊断效能。刘传梅等^[24]研究证实 HAP(水)、HAP(脂肪)、脂肪(HAP)、脂肪(钙)、钙(脂肪)、钙(水)诊断骨质疏松的受试者操作特征曲线下面积(area under curve, AUC)均大于 0.7,诊断效能好。本研究结果表明第三腰椎 40~140 keV 单能量 CT 值、碘(水)、HAP(水)、HAP(脂肪)、钙(水)密度值及 λ 与 SMA、SMI 及 ASMI 具有相关性,可利用能谱 CT 骨质情况诊断优势,简化操作步骤,为肌肉质量评估提供参考。此外,能谱 CT 具有检查速度快、图像质量好及辐射剂量小等特点^[25],为临床提供有效影像依据的同时,为临床 T2DM 合并肌少症预警及治疗评估提供重要参考,减少检查项目。

本研究也具有一定的局限性:研究的样本数量较少,且只选取了第三腰椎能谱 CT 参数与骨骼肌参数进行相关性分析,尚未联合其他临床指标进行深入探讨,需要在扩大样本基础上做进一步的研究。

综上所述,T2DM 患者椎体能谱 CT 相关参数与骨骼肌参数呈正相关,且椎体能谱 CT 参数较骨骼肌参数更容易测量,可对患者骨骼肌质量进行预测,进而诊断肌少症,具有广泛的应用前景。

参 考 文 献:

- [1] Kim TN, Park MS, Yang SJ, et al. Prevalence and determinant factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes: the Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS) [J]. Diabetes Care, 2010, 33 (7): 1497-1499.
- [2] Liu ZJ, Zhu CF. Causal relationship between insulin resistance and sarcopenia [J]. Diabetol Metab Syndr, 2023, 15(1): 46.
- [3] 郑丹琳, 刘沛明, 张利, 等. 1 型糖尿病小鼠心房肌细胞电重塑及 AGE 对其的影响 [J]. 中国药理学通报, 2021, 37(1): 90-98.
- [4] Antuña E, Cachán-Vega C, Bermejo-Millo JC, et al. Inflammaging: implications in sarcopenia [J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(23): 15039.
- [5] Mesinovic J, Zengin A, De Courten B, et al. Sarcopenia and type 2 diabetes mellitus: a bidirectional relationship [J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2019, 12: 1057-1072.
- [6] 王力平, 连天星, 胡永荣, 等. 胸部 CT 椎体 HU 值在 2 型糖尿病骨质疏松症机会性筛查中的价值 [J]. 中国组织工程研究, 2024, 28 (6): 950-954.
- [7] 中国老年 2 型糖尿病防治临床指南(2022 年版) [J]. 中国糖尿病

- 杂志,2022,30(1):2-51.
- [8] 丁扬,凌琰,成金罗,等.住院 2 型糖尿病患者血尿酸水平与肌量减少的相关性[J].中国骨质疏松杂志,2022,28(7):1008-1012.
- [9] Herrmann M, Engelke K, Ebert R, et al. Interactions between muscle and bone—where physics meets biology[J]. Biomolecules, 2020,10(3):432.
- [10] 李苗苗,罗炯,张庭然,等.骨质代谢与运动训练:骨重塑与骨细胞增殖[J].中国组织工程研究,2019,23(34):5544-5549.
- [11] Bonewald L. Use it or lose it to age: A review of bone and muscle communication[J]. Bone, 2019,120(1):212-218.
- [12] Liu M, Wang Y, Shi W, et al. PCDH7 as the key gene related to the co-occurrence of sarcopenia and osteoporosis[J]. Front Genet, 2023,14:1163162.
- [13] Trajanoska K, Rivadeneira F, Kiel DP, et al. Genetics of bone and muscle interactions in humans[J]. Curr Osteoporos Rep, 2019,17(2):86-95.
- [14] 宗小燕,莫永珍,许家仁.原发性骨质疏松症相关性衰弱的发病机制和运动干预研究进展[J].护理研究,2024,38(1):107-114.
- [15] 李云成,翟建,吕磊,等.基于定量 CT 分析肝硬化患者肌少症腰椎骨密度和肝脏脂肪含量的相关性[J].放射学实践,2022,37(8):1018-1022.
- [16] 陶超,吴树剑,洪薇,等.基于腰椎定量 CT 分析强直性脊柱炎合并肌少症危险因素[J].中国医学影像技术,2023,39(11):1716-1720.
- [17] 张雪丽,陈明月,唐睿,等.定量 CT 研究成年女性腰椎骨密度与椎旁体质成分的相关性[J].中国骨质疏松杂志,2021,27(11):1566-1571.
- [18] 李亚奥,修双玲,王立.中老年男性 2 型糖尿病患者肌少症与骨密度的相关性研究[J].首都医科大学学报,2020,41(1):119-124.
- [19] 张芳芳,胡雅静,黄华勇,等.基于 CT 诊断的肌少症对结直肠癌患者发生手术部位感染的影响因素分析[J].中国全科医学,2022,25(29):3658-3663.
- [20] 李雪娇,杨华.慢性肝病相关肌少症的影像学进展[J].国际医学放射学杂志,2021,44(1):81-85.
- [21] 任海燕,甄艳华,郑加贺.双层光谱探测器 CT 临床应用与研究进展[J].中国医学影像技术,2020,36(10):1555-1558.
- [22] 赵明月,刘义军,魏巍,等.能谱 CT 基物质成像技术测定骨密度及评估骨质状态的可行性[J].中国医学影像技术,2022,38(11):1720-1725.
- [23] 孟伟,赵霞,李澄云,等.双能 CT 定量参数联合血清骨硬化蛋白、同型半胱氨酸水平对绝经后女性骨质疏松的诊断价值[J].放射学实践,2022,37(9):1138-1142.
- [24] 刘传梅,张红,王建国,等.能谱 CT 物质分离技术诊断腰椎骨质疏松的临床效能研究[J].临床放射学杂志,2022,41(9):1741-1744.
- [25] 黄仁军,李勇刚.能谱 CT 的临床应用与研究进展[J].放射学实践,2015,30(1):81-83.

(收稿日期:2023-12-22 修回日期:2024-03-02)