

瞿颖, 柳雨桐, 曹万迪, 等. 46例猫肥厚性心肌病的超声心动图临床分析 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (7): 117-123.

QU Y, LIU Y T, CAO W D, et al. Echocardiographic clinical analysis of 46 cases of hypertrophic cardiomyopathy in cats [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (7): 117-123.

## 46例猫肥厚性心肌病的超声心动图临床分析

瞿颖, 柳雨桐, 曹万迪, 李帅, 范小丽, 周振雷\*

(南京农业大学动物医学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 肥厚性心肌病 (HCM) 是猫最常见的一种心肌病, 家猫的发病率约为 15%。心脏超声检查是 HCM 早期诊断最为准确的工具, 可直接检测左心室壁是否存在增厚情况, 并且提供心脏形态、瓣膜运动状态、心内血流情况等信息。本研究对 46 例猫 HCM 案例的超声心动参数进行了统计学分析, 结果显示: 舒张末期左心室后壁厚度 (LVPW-d)、舒张末期室间隔厚度 (IVS-d)、收缩末期左心室后壁厚度 (LVPW-s)、收缩末期室间隔厚度 (IVS-s) 和左心房/主动脉比值 (LA/AO) 这 5 项参数在健康组、亚临床组和发病组之间存在显著差异 ( $P < 0.01$ ), 各项超声心动参数不受猫的年龄和性别影响; 而以 LVPW-d、IVS-d、LA/AO 这 3 项参数建立的 Logistic 回归模型可以准确地对疾病进行诊断和分期。本研究表明, LVPW-d、IVS-d、LA/AO 参数对于确诊猫肥厚性心肌病有重要参考价值。

**关键词:** 肥厚型心肌病; 超声心动参数; 猫

中图分类号: S858.293 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)07-0117-07

## Echocardiographic clinical analysis of 46 cases of hypertrophic cardiomyopathy in cats

QU Ying, LIU Yutong, CAO Wandi, LI Shuai, FAN Xiaoli, ZHOU Zhenlei\*

(College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Hypertrophic cardiomyopathy (HCM) is the most common disease of cardiomyopathy in cats, with a prevalence of approximately 15% in domestic cats. Echocardiography is the most accurate method for the early diagnosis of HCM, which can directly detect the presence of thickening of the left ventricular wall and provide information on cardiac morphology, valve motion status, and intracardiac blood flow. In the present study, echocardiographic parameters of 46 cases of cats infected with hypertrophic cardiomyopathy were statistically analyzed, and the results showed that five parameters demonstrated significant difference among the healthy, subclinical, and morbid groups ( $P < 0.01$ ), including left ventricular posterior wall thickness at the end diastole (LVPW-d), interventricular septum thickness at the end diastole (IVS-d), left ventricular posterior wall thickness at the end systole (LVPW-s), interventricular septum thickness at the end diastole (IVS-s), and left atrium/aorta ratio (LA/AO). The echocardiographic parameters were not affected by the age and sex of the cats. The logistic regression model with the three parameters of LVPW-d, IVS-d, and LA/AO could accurately diagnose and determine the staging of HCM. In conclusion, LVPW-d, IVS-d, and LA/AO parameters are valuable in confirming the diagnosis of hypertrophic cardiomyopathy in cats.

**Keywords:** hypertrophic cardiomyopathy; echocardiographic parameters; cat

肥厚性心肌病 (hypertrophic cardiomyopathy, HCM) 是一种以左心室室壁向心性肥厚为特征的原发性心肌疾病, 是猫常见心肌疾病类型, 约占猫心肌疾病的 58% ~ 68%<sup>[1-2]</sup>, 家猫中发病率约为 15%<sup>[3]</sup>。任何品种、年龄和性别的猫均可发病, 但雄性和短毛家猫患病率较高<sup>[4]</sup>。该病以亚临床型为主, 多数患猫可能终身不表现临床症状, 而少部分患猫可能会不断

发展, 出现左心衰竭、动脉血栓、肺水肿等症状。出现临床症状时, 疾病常已发展到病程后期, 预后谨慎或不良, 患猫甚至突然死亡<sup>[5]</sup>。该病有遗传倾向, 缅因猫、布偶猫、英国短毛猫、斯芬克斯猫、波斯猫等品种猫发病率较高<sup>[6-7]</sup>。在缅因猫和布偶猫中, HCM 的主要病因是肌凝蛋白结合蛋白 C3 (myosin-binding protein C3, MYBPC3) 基因的突变<sup>[8-9]</sup>, 而其他品种猫 HCM 的病因仍然未知。

HCM 发病早期进行即时的诊断和治疗干预决定该病的预后。目前 HCM 临床上常用诊断方法有体格检查、N 末端 B 型利钠肽原 (N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP) 检测、心肌钙蛋白 I

收稿日期: 2024-01-06; 修回日期: 2024-04-23

第一作者: 瞿颖, 女, 本科生

\* 通信作者: 周振雷, 教授, 博导, 主要从事临床兽医学研究,

E-mail: zhouzl@njau.edu.cn.

检查、X线检查、超声心动图和心电图检查等。其中超声心动图检查是诊断 HCM 的主要工具<sup>[10-11]</sup>，不仅可以为检查者提供心脏形态、瓣膜运动状态、心内血流情况等有效信息，还可以直接检测左心室壁是否存在增厚现象。其中，二维超声心动图可以显示左心室室壁全部或局部的增厚程度，彩色流多普勒常用于识别二尖瓣收缩期前向运动。舒张末期左心室壁厚度变化常作为 HCM 的诊断标准。舒张末期左心室壁厚度 < 5 mm 评估为正常，≥ 6 mm 为出现增厚<sup>[12-13]</sup>。有研究发现左室壁厚度与猫的体重有关<sup>[14]</sup>，但缺少与性别、年龄之间的相关性研究。

如今，随着城市化进程，我国宠物猫的数量快速增加，HCM 病例数量逐年呈显著上升趋势，对该病的进行准确诊断是防治该病的关键。但目前临床诊断时，通常通过是否出现充血性心力衰竭症状来区分亚临床型和发病猫，而非超声心动图诊断，因此在心衰早期症状不明显时易发生漏诊，导致延误治疗。在国外研究报告中，二维超声心动图或多普勒超声心动图可用于检测 HCM 猫的充血性心力衰竭<sup>[15-16]</sup>。由于我国宠物猫的品种、基因型、饲养管理方式和生活的

地理气候环境和国外都有较大差异，目前尚缺乏对国内 HCM 临床病例相关的统计学研究。因此本文收集 46 例临床病例，对其超声心动图各项检测指标数据进行统计分析，旨在为国内小动物临床上对 HCM 的诊断及治疗提供有效参考。

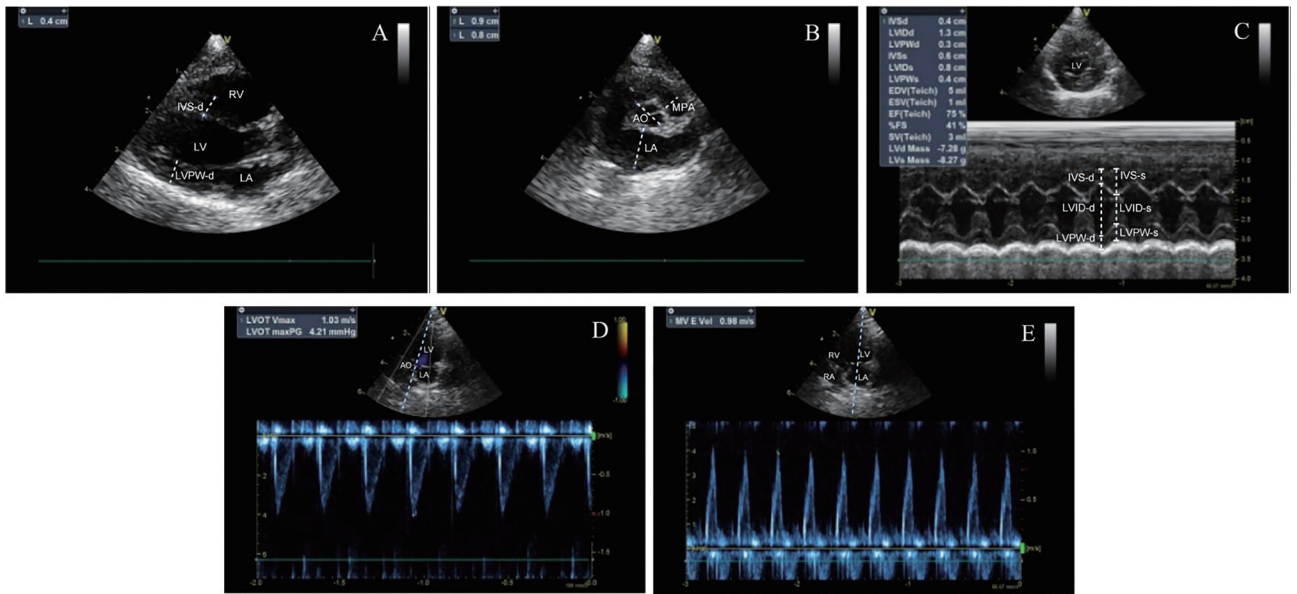
## 1 材料与方法

### 1.1 临床病例

46 例临床病例均来源于 2023 年 1—9 月期间在上海领华动物医院接受超声心动图检查的猫，所有猫均为家庭饲养。

### 1.2 超声心动图检查

在将动物心区进行剃毛后，侧卧保定于超声专用的软垫上。右侧卧用于扫查胸骨旁长轴切面和胸骨旁短轴切面，左侧卧用于扫查心尖四腔心、五腔心切面。所有超声心动图检查均由经规范化操作培训的执业兽医师进行，使用的仪器为 GE Vivid T8 彩色多普勒超声诊断仪。超声心动图各指标测量方法如图 1 所示。



A. 胸骨旁长轴切面；B. 胸骨旁短轴主动脉切面；C. 胸骨旁短轴乳头肌切面 B 型及 M 型模式；D. 心尖五腔心切面；E. 心尖四腔心切面；LA 表示左心房，LV 表示左心室，RA 表示右心房，RV 表示右心室，AO 表示主动脉，MPA 表示肺动脉干，IVS-d 表示舒张末期室间隔厚度，LVID-d 表示舒张末期左室内径，LVPW-d 表示舒张末期左室后壁厚度，IVS-s 表示收缩末期室间隔厚度，LVID-s 表示收缩末期左室内径，LVPW-s 表示收缩末期左室后壁厚度，白色虚线表示测量线，蓝色虚线表示扫描线。

图 1 超声心动图各指标测量方法

如图 1A 所示，在 B 型模式（B-Mode）下，胸骨旁长轴切面可测量舒张末期室间隔厚度（IVS-d）、舒张末期左室后壁厚度（LVPW-d）。将探头旋转约 90°即可得到胸骨旁短轴切面，短轴主动脉切面可测

量得到左心房/主动脉比值（LA/AO）和肺动脉干（main pulmonary artery, MPA）（图 1B）；在短轴乳头肌切面中使用 M 型模式（M-Mode），测得舒张末期左室内径（LVID-d）、收缩末期室间隔厚度

(IVS-s)、收缩末期左室内径 (LVID-s)、收缩末期左室后壁厚度 (LVPW-s)、缩短分数 (fractional shortening, FS) 和射血分数 (ejection fraction, EF) 可自动计算获得 (图 1C)。在心尖四腔、五腔切面中使用多普勒模式, 可测得主动脉最大血流速度 ( $V_{\max}$  AO) (图 1D) 和二尖瓣口血流速度 (mitral valve E peak, MV E) (图 1E)。

### 1.3 统计分析

试验数据使用商用软件 IBM SPSS Statistics 26 以及 Python 3.0 进行统计分析。数据分布的正态性采用夏皮罗-威尔克检验, 本研究中各组数据均未满足正态性, 不能采用“均数±标准差”进行统计描述, 因此采用中位数和四分位数间距进行统计描述。组间连续变量的比较采用单因素方差分析或 Kruskal-Wallis 检验, 以合适者为准。当 3 组间差异有统计学意义时, 采用最小显著差异法 (LSD) 进行多重比较。2 个独立样本的参数检验采用独立样本  $t$  检验, 非参数检验采用独立样本曼-惠特尼  $U$  检验。 $P < 0.05$  表示显著差异,  $P < 0.01$  表示差异极显著。建立 Logistics 回归模型采用接受者操作特性 (receiver operating

characteristic, ROC) 曲线分析来评估特定指标在区分不同组别时的效力。ROC 曲线下面积 (area under the curve, AUC) 作为判断模型准确性的标准, AUC 取值范围在 0.5~1.0 之间, 越接近 1.0 时模型准确性越高, 接近 0.5 时准确率较低。

## 2 结果

### 2.1 临床一般检查

将所有临床病例分为 3 组, 分别为健康组、亚临床组和发病组。其中健康组为各项超声心动图检查指标均正常, NT-proBNP 检查为阴性, 且无其他类型心脏疾病的猫; 亚临床组为仅超声心动图检查出现左心室壁增厚 (以 IVS-d, LVPW-d  $\geq 6$  mm 为标准) 但未出现充血性心力衰竭症状, 无其他明显异常的猫; 发病组在出现左心室壁增厚的基础上出现了充血性心力衰竭症状, 临床检查可见呼吸急促、呼吸困难、张口喘气, 部分猫出现肢体血栓导致跛行, X 线检查可见肺水肿, NT-proBNP 检查为阳性的猫。临床病例数据和体格检查结果汇总见表 1。

表 1 临床病例数据分析

项目	健康组 (n=15)	亚临床组 (n=18)	发病组 (n=13)
年龄	<5 岁 (n=8)	<5 岁 (n=6)	<5 岁 (n=9)
	$\geq 5$ 岁 (n=7)	$\geq 5$ 岁 (n=12)	$\geq 5$ 岁 (n=4)
性别	雄性 (n=7)	雄性 (n=11)	雄性 (n=8)
	雌性 (n=8)	雌性 (n=7)	雌性 (n=5)
心率/ (次·min <sup>-1</sup> )	180±23	176±25	192±27
NT-proBNP	阴性 (n=9)	阳性 (n=6), 阴性 (n=4)	阳性 (n=10)
	未检测 (n=6)	未检测 (n=8)	未检测 (n=3)
品种	本地杂种猫 (n=2)	本地杂种猫 (n=6)	本地杂种猫 (n=2)
	美国短毛猫 (n=1)	美国短毛猫 (n=4)	美国短毛猫 (n=3)
	布偶猫 (n=3)	英国短毛猫 (n=4)	英国短毛猫 (n=5)
	其他 (n=9)	布偶猫 (n=3)	布偶猫 (n=2)
		其他 (n=1)	加菲猫 (n=1)

### 2.2 超声心动图检查

健康组、亚临床组和发病组超声心动图典型图像见图 2。亚临床组和发病组影像征表现为可见明显的局部或整体左室壁增厚、乳头肌肿大、二尖瓣收缩期前向运动和中度至重度左心房扩张。超声心动图测量指标汇总见表 2。各组数据均不满足正态性, 因此采用中位数和四分位数间距进行统计描述, 组间连续变量采用 Kruskal-Wallis 检验。健康组、亚临床组和发病组之间 LVPW-d、IVS-d、LA/AO、IVS-s 和 LVPW-s 都存在显著差异 ( $P < 0.01$ )。发病组的

LVID-d 显著低于健康组和亚临床组。亚临床组 FS、EF 和 MV E 高于健康组。

### 2.3 性别、年龄与各指标相关性研究

#### 2.3.1 性别与各指标相关性研究

以性别为变量进行描述统计, 数据分布不满足正态性, 因此进行曼-惠特尼  $U$  检验。结果显示健康组 LVID-d 在雄性 [16.0 (15.0~18.0)] 和雌性 [13.0 (13.0~14.0)] 之间存在显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其余各项超声心动指标在性别之间无显著差异。

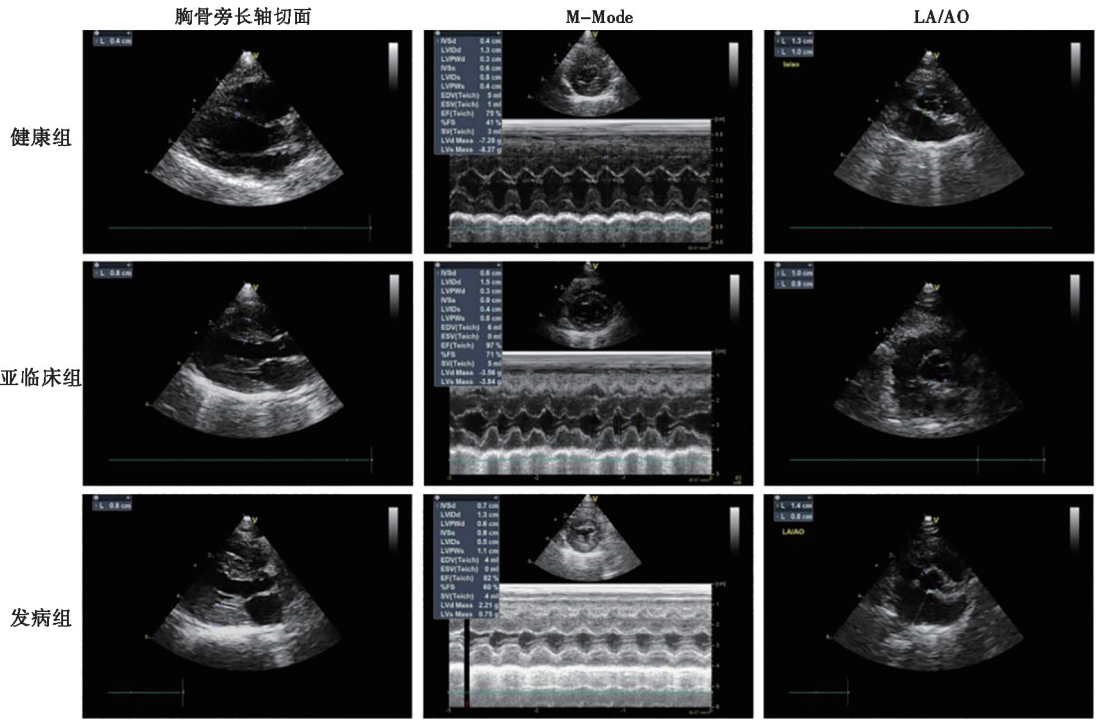


图 2 健康组、亚临床组和发病组超声心动图典型图像

表 2 超声心动图检测数据

指标	健康组	亚临床组	发病组	P 值
LVPW-d/mm	4.00 (3.22~4.00)	5.00 (4.00~6.00) <sup>a</sup>	8.000 (6.00~10.00) <sup>ab</sup>	0.000
IVS-d/mm	5.00 (4.75~5.50)	7.00 (6.00~8.00) <sup>a</sup>	9.000 (7.50~9.60) <sup>a</sup>	0.000
LA/AO	1.15 (1.10~1.30)	1.40 (1.30~1.60) <sup>a</sup>	1.800 (1.65~2.50) <sup>ab</sup>	0.000
MPA/mm	7.55 (6.08~9.00)	8.00 (7.00~8.10)	7.000 (6.00~8.50)	0.580
LVID-d/mm	15.00 (13.00~16.50)	14.00 (13.00~16.00)	12.00 (10.00~13.50)	0.062
IVS-s/mm	7.00 (6.75~8.00)	8.00 (7.00~9.00)	10.00 (8.00~11.00) <sup>a</sup>	0.003
LVID-s/mm	7.00 (6.00~9.00)	6.00 (5.00~6.00)	5.00 (4.00~7.00)	0.108
LVPW-s/mm	6.50 (5.00~7.25)	8.00 (7.00~9.00) <sup>a</sup>	12.00 (9.00~12.00) <sup>a</sup>	0.000
FS/%	52.00 (44.75~55.00)	60.00 (55.00~62.00)	59.00 (44.00~67.50)	0.062
EF/%	87.00 (79.75~88.75)	92.00 (89.00~93.00)	92.00 (79.50~95.50)	0.059
V <sub>max</sub> AO/ (m · s <sup>-1</sup> )	1.04 (0.91~1.09)	1.13 (1.01~1.44)	1.28 (0.81~2.01)	0.063
MV E/ (m · s <sup>-1</sup> )	0.78 (0.70~0.82)	0.90 (0.75~1.03) <sup>a</sup>	0.88 (0.75~1.18)	0.019

注: a 表示与健康组相比差异显著 (P<0.05); b 表示与亚临床组相比差异显著 (P<0.05)。

### 2.3.2 年龄与各指标相关性研究

将猫的年龄以<5岁和≥5岁分为2组,在健康组、亚临床组和发病组中分别以年龄为变量进行描述统计,显示数据分布不满足正态性,因此进行曼-惠特尼U检验。结果显示,除发病组IVS-s外,其余各项超声心动指标在2个年龄段之间无显著差异;而发病组IVS-s P=0.049,近似于0.05,故考虑为数据导致的偏离。

### 2.4 Logistic 回归分析

#### 2.4.1 二元 Logistic 回归分析

分析结果见表3和图3。结果显示 AUC=0.85,表明以LVPW-d、IVS-d和LA/AO这3个参数建立的模型能较好地地区分亚临床组和发病组。然而3个变量的P值均大于0.05,表明单个指标与组别之间没有统计学上显著的关系,无法仅凭单一指标区分亚临床组和发病组。

表3 亚临床组 vs 发病组二元 Logistic 回归分析

变量	系数	奇异比	P 值
LVPW-d	-0.343 4	0.709	0.362
IVS-d	-0.177 7	0.837	0.732
LA/AO	-3.589 1	0.028	0.100

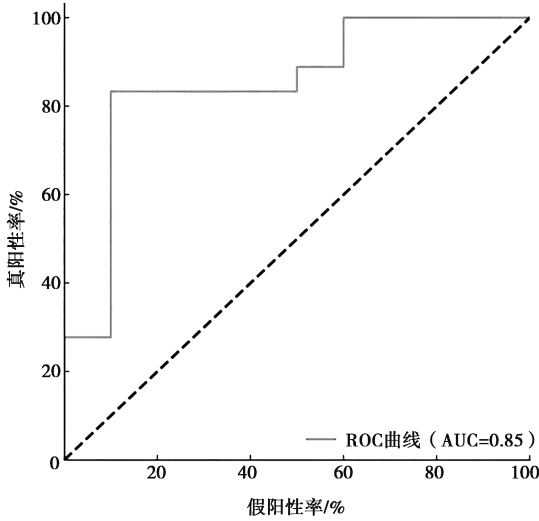


图3 亚临床组 vs 发病组二元 Logistic 回归分析 ROC 曲线

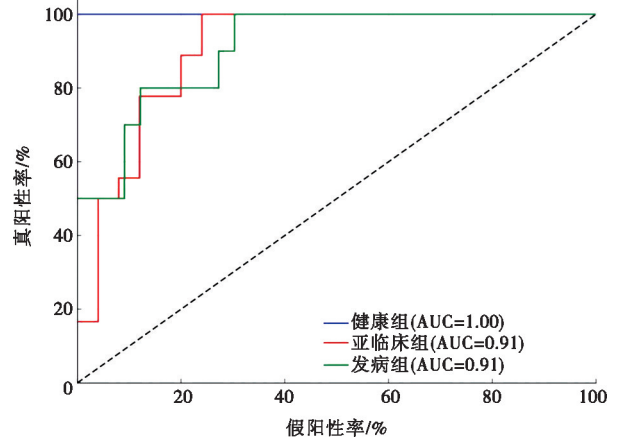


图4 多元 Logistic 回归分析 ROC 曲线

### 3 讨论

猫 HCM 发病率高，发病品种和年龄范围广。缅因猫和布偶猫患 HCM 是由于基因突变导致<sup>[8-9]</sup>，而其他品种猫的病因仍不明确。多数 HCM 患猫处于亚临床阶段，除心肌增厚外无其他临床症状。而部分猫随病程发展，可出现充血性心力衰竭、肺水肿、血栓等症状，通常预后不良，甚至发生猝死。HCM 目前尚无治愈方法，临床上以改善心衰、利尿和预防血栓等对症治疗为主。因此对 HCM 进行早期诊断，及早对疾病进行干预治疗，加强护理对于预防病情恶化有重要作用。

超声心动图检查是目前临床诊断 HCM 最为准确的工具，可直观清晰地对心脏形态和功能进行检测，其各项指标数据对于疾病的诊断和分期有重要意义。因此本研究对 HCM 的 3 个阶段的超声心动图检测数据进行统计分析，结果表明，对健康组，亚临床组和发病组进行连续变量 Kruskal - Wallis 检验，发现 LVPW-d、IVS-d、LA/AO、IVS-s 和 LVPW-s 这 5 项超声心动图参数在组间存在显著差异，且发病组数值高于亚临床组，亚临床组高于健康组，表明随病程进展，左心室室间隔和游离壁厚度逐渐增大，并且左心房扩张增加。左心房扩张是左心室舒张功能不全的一种生理表现，通过测量 LA/AO 来评估左心房扩张大小是判断左心心衰程度的重要参数之一。随着左心室厚度增加，心肌向心性肥厚，左心室心腔内径出现减小情况，发病组的 LVID-d 低于健康组和亚临床组，但未出现统计学差异，表明该指标不能作为诊断

#### 2.4.2 多元 Logistic 回归分析

分析结果见表 4 和图 4，显示当自变量 LVPW-d、IVS-d 和 LA/AO 变化时，各组别相对于基准组别（健康组）的对数几率（log odds）变化量。系数中正值表示增加的 log odds，而负值表示减少的 log odds。亚临床组和发病组 AUC 都为 0.91，表明该模型可区分各个组别。

表4 多元 Logistic 回归分析

组别	变量	系数	奇异比	P 值
健康	LVPW-d	-0.702 1	0.496	0.002 8
	IVS-d	-1.679 9	0.186	<0.000 1
	LA/AO	-1.112 5	0.329	0.000 0
亚临床	LVPW-d	-0.015 9	0.984	0.954 6
	IVS-d	0.857 1	2.356	0.005 1
	LA/AO	0.062 6	1.065	0.814 5
发病	LVPW-d	0.718 0	2.050	0.024 4
	IVS-d	0.822 9	2.277	0.030 1
	LA/AO	1.049 8	2.857	0.000 1

依据,只能作为参考。MV E 是心脏舒张早期的一个指标,通常用于评估心脏舒张功能。亚临床组 MV E 显著高于健康组,表明出现心肌肥厚后,左心室顺应性下降,与 HCM 舒张功能障碍的特征相符。

HCM 的发病率与猫的年龄和性别有密切关系,雄性发病率高于雌性,约占 70%。各年龄段猫均可发病,多数发病年龄集中在 5~7 岁<sup>[17]</sup>,而纯种猫的发病则集中在幼年时期<sup>[18]</sup>。在健康组、亚临床组和发病组中分别以性别为变量对进行曼-惠特尼 *U* 检验,结果显示在健康组中,LVID-d 在雄性和雌性之间存在显著差异,雄性大于雌性,其原因推测为雄性猫体重大于雌性,因此心脏体积也略大于雌性。而健康组的其余各项超声心动指标在性别之间无显著差异,但有研究表明,在健康的布偶猫中雄性猫的左心室壁厚度大于雌性猫<sup>[19]</sup>。在亚临床和发病组中,各指标在性别间都无显著差异,表明在对 HCM 猫进行诊断时,无需考虑性别对各项超声指标的影响。在健康组、亚临床组和发病组中以年龄为变量进行分析,结果显示在每个组别中,各项超声心动指标在 <5 岁和 ≥5 岁 2 个年龄段之间也无显著差异,猫的年龄对各项超声心动指标不存在影响。

在国外研究报道中,LVPW-d、IVS-d、LA/AO 是 HCM 诊断和分期的重要参数,通常将 IVS-d 和 LVPW-d ≥ 6 mm 作为 HCM 的诊断标准<sup>[12]</sup>,而 LA/AO 则是判断左心房扩张程度,区分 B1 和 B2 期的重要标准<sup>[20]</sup>。当 LA/AO < 1.6 时为 B1 期,发生充血性心力衰竭或动脉血栓栓塞风险较低;LA/AO ≥ 1.6 时为 B2 期,发生充血性心力衰竭或动脉血栓栓塞风险较高。有研究证明 LA/AO 可以较好地提示充血性心力衰竭的存在<sup>[15]</sup>。由于国内外病例可能存在一定差异,因此本研究以该 3 项参数建立 Logistic 回归模型,以验证其用于 HCM 诊断和分期的准确性。ROC 曲线结果显示,在二元 Logistic 回归模型中,AUC = 0.85,表明这 3 个参数能较好地地区分亚临床组和发病组,但 3 个变量 *P* 值均大于 0.05,表明仅使用单一参数无法区分,只有结合 3 个指标来共同分析才能准确分型。在多元 Logistic 回归模型中,亚临床组和发病组 AUC 都为 0.91,具有足够的敏感性和特异性,表明以该 3 项参数可准确地地区分健康组、亚临床组和发病组,对疾病进行诊断和分期,这与国外研究报道结论相符。

本研究证实了超声心动图检查对于诊断猫 HCM 以及对疾病进展进行分期有重要作用,以 LVPW-d、IVS-d、LA/AO 为主要指标可对疾病进行准确诊断和监测。LVPW-d 和 IVS-d 的增厚通常指示 HCM 的存在,且厚度越大,表明 HCM 的严重程度可能越高。LA/AO 的增加表明左心房扩张,可能与疾病的严重

程度和心衰的风险相关,这为临床上 HCM 的诊断和预后评估提供了一种可靠的工具。虽然超声心动图检查是诊断 HCM 的金标准,但在进行临床诊断时还需与血液学检查、NT-proBNP 检测、X 线检查等其他方法结合以提高诊断结果的准确性<sup>[21]</sup>。

## 参考文献:

- [1] RIESEN S C, KOVACEVIC A, LOMBARD C W, et al. Prevalence of heart disease in symptomatic cats: an overview from 1998 to 2005 [J]. *Schweiz Arch Tierheilkd*, 2007, 149 (2): 65-71.
- [2] FERASIN L, STURGESS C P, CANNON M J, et al. Feline idiopathic cardiomyopathy: a retrospective study of 106 cats (1994-2001) [J]. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 2003, 5 (3): 151-159.
- [3] PAIGE C F, ABBOTT J A, ELVINGER F, et al. Prevalence of cardiomyopathy in apparently healthy cats [J]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2009, 234 (11): 1398-1403.
- [4] KITTLESON M D, CÔTÉ E. The feline cardiomyopathies: 2. hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 2021, 23 (11): 1028-1051.
- [5] FOX P R, KEENE B W, LAMB K, et al. International collaborative study to assess cardiovascular risk and evaluate long-term health in cats with preclinical hypertrophic cardiomyopathy and apparently healthy cats; the REVEAL study [J]. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2018, 32 (3): 930-943.
- [6] TREHIOU-SECHI E, TISSIER R, GOUNI V, et al. Comparative echocardiographic and clinical features of hypertrophic cardiomyopathy in 5 breeds of cats: a retrospective analysis of 344 cases (2001-2011) [J]. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2012, 26 (3): 532-541.
- [7] GRANSTRÖM S, GODIKSEN M T, CHRISTIANSEN M, et al. Prevalence of hypertrophic cardiomyopathy in a cohort of British Shorthair cats in Denmark [J]. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2011, 25 (4): 866-871.
- [8] VAN DIJK S J, BEZOLD KOOIKER K, MAZZALUPO S, et al. The A31P missense mutation in cardiac myosin binding protein C alters protein structure but does not cause haploinsufficiency [J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2016, 601: 133-140.
- [9] CASAMIAN-SORROSAL D, CHONG S K, FONFARA S, et al. Prevalence and demographics of the MYBPC3-mutations in ragdolls and Maine coons in the British Isles [J]. *The Journal of Small Animal Practice*, 2014, 55 (5): 269-273.
- [10] LOUGHRAN K A, RUSH J E, ROZANSKI E A, et al. The use of focused cardiac ultrasound to screen for occult heart disease in asymptomatic cats [J]. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2019, 33 (5): 1892-1901.
- [11] SMITH S, DUKES-MCEWAN J. Clinical signs and left atrial size in cats with cardiovascular disease in general practice [J]. *The Journal of Small Animal Practice*, 2012, 53 (1): 27-33.
- [12] LUIS FUENTES V, ABBOTT J, CHETBOUL V, et al. ACVIM consensus statement guidelines for the classification, diagnosis, and management of cardiomyopathies in cats [J]. *Journal of Veterinary*

- Internal Medicine, 2020, 34 (3): 1062-1077.
- [13] GUNDLER S, TIDHOLM A, HÄGGSTRÖM J. Prevalence of myocardial hypertrophy in a population of asymptomatic Swedish Maine coon cats [J]. Acta Veterinaria Scandinavica, 2008, 50 (1): 22.
- [14] HÄGGSTRÖM J, ANDERSSON Å O, FALK T, et al. Effect of body weight on echocardiographic measurements in 19, 866 pure-bred cats with or without heart disease [J]. Journal of Veterinary Internal Medicine, 2016, 30 (5): 1601-1611.
- [15] SUZUKI R, SAITO T, YUCHI Y, et al. Detection of congestive heart failure and myocardial dysfunction in cats with cardiomyopathy by using two-dimensional speckle-tracking echocardiography [J]. Frontiers in Veterinary Science, 2021, 8: 771244.
- [16] ROHRBAUGH M N, SCHOBBER K E, RHINEHART J D, et al. Detection of congestive heart failure by Doppler echocardiography in cats with hypertrophic cardiomyopathy [J]. Journal of Veterinary Internal Medicine, 2020, 34 (3): 1091-1101.
- [17] PAYNE J R, BRODBELT D C, LUIS FUENTES V. Cardiomyopathy prevalence in 780 apparently healthy cats in rehoming centres (the CatScan study) [J]. Journal of Veterinary Cardiology, 2015, 17 (Suppl 1): S244-S257.
- [18] KITTLESON M D, MEURS K M, MUNRO M J, et al. Familial hypertrophic cardiomyopathy in maine coon cats; an animal model of human disease [J]. Circulation, 1999, 99 (24): 3172-3180.
- [19] BORGEAT K, STERN J, MEURS K M, et al. The influence of clinical and genetic factors on left ventricular wall thickness in Ragdoll cats [J]. Journal of Veterinary Cardiology, 2015, 17 (Suppl 1): S258-S267.
- [20] ABBOTT J A, MACLEAN H N. Two-dimensional echocardiographic assessment of the feline left atrium [J]. Journal of Veterinary Internal Medicine, 2006, 20 (1): 111-119.
- [21] LAUDHITTIRUT T, RUJIVIPAT N, SARINGKARISATE K, et al. Accuracy of methods for diagnosing heart diseases in cats [J]. Veterinary World, 2020, 13 (5): 872-878.

