

体表导航联合 Peyton 四步教学法在腕关节肌骨超声教学中的效果研究

王林莹，董静雯，韩菲燕，习广晓，李超

河南中医药大学第一附属医院超声科，河南 郑州 450000

【摘要】目的 探讨体表导航联合 Peyton 四步教学法在腕关节肌骨超声教学中的效果，为提升超声教学质量提供参考。**方法** 选取 2024 年 9 月至 2025 年 12 月在河南中医药大学第一附属医院超声科轮转的住院医师规范化培训（以下简称住培）医师 38 名，采用随机数字表法分为对照组和观察组各 19 名。对照组实施传统讲解示教模仿教学模式，观察组采取体表导航联合 Peyton 四步法教学模式。培训周期均为 4 周。评价指标包括理论考核成绩、实践操作技能考核成绩、操作耗时与图像质量、综合教学满意度量表评分。**结果** 培训后，观察组理论成绩和实践操作总分均显著高于对照组；标准切面扫描时间短于对照组；图像质量评分高于对照组；教学满意度总分显著高于对照组(均 $P < 0.05$)，效应量分析显示，教学方法、教学内容、临床实用性及满意度总分达大效应水平(Cohen's d 依次为 1.115、0.961、0.809、1.681)，知识获得感为中等效应水平(Cohen's d 为 0.772)。**结论** 体表导航联合 Peyton 四步法能显著提高住培医师腕关节肌骨超声的理论水平，缩短操作时间，提升图像质量和教学满意度，具有较高的临床推广价值。**【关键词】**体表导航法；Peyton 四步教学法；肌骨超声；腕关节；教学效果

【中图分类号】G642；R445.1

肌骨超声凭借其实时动态、无辐射、高分辨率等优势，近年来在骨科、运动医学科、疼痛科及风湿免疫科等领域的临床应用日趋广泛。腕关节作为全身解剖结构最为精细复杂的关节之一，对操作者的空间认知和探头操控能力要求较高。目前腕关节超声学习侧重声像图特征的讲解，缺乏系统标准化的空间定位训练，导致初学者独立操作时图像质量参差不齐、操作耗时长，临床实用性有待提高。

体表导航法是一种可视化、标准化的超声体表定位扫描技术，该方法以皮肤可触及的骨性结构（如桡骨茎突、尺骨茎突、舟骨结节等）为坐标参考点，通过标准化坐标轴建立三维空间导航体系，为探头的初始放置与扫描路径提供直观的体表定位依据，能够降低初学者对超声解剖空间认知的难度。在明确了定位方法之后，为进一步规范操作教学流程、提升效率，本研究引入 Peyton 四步法作为整体教学组织框架。该方法包括示教、解构、理解核查和操作执行四个递进步骤，强调在操作训练中实现认知与动作技能的同步化，最初应用于外科手术操作教学，现已被广泛引入心肺复苏、气管插管、超声引导穿刺等操作技能培训领域，并取得良好效果。

本研究拟采用随机对照试验设计，通过系统比较体表导航联合 Peyton 四步教学模式与传统教学模式的培训效果，以期优化肌骨超声教学体系、推进教学改革提供证据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

通讯作者：李超，电子信箱：z20700lichao@126.com

选取 2024 年 9 月至 2025 年 12 月于河南中医药大学第一附属医院超声科轮转的住培医师 38 名。纳入标准：①完成医学本科学历教育并取得执业医师资格证；②轮转至超声科时间≥4 周；③自愿参与本研究并签署知情同意书。排除标准：①既往有系统肌骨超声培训经历（累计时间>10h）；②因个人原因缺勤导致实际参与培训总学时<80%者。采用随机数字表法将 38 名住培医师分为观察组(*n*=19)和对照组(*n*=19)。两组在年龄、性别、学历及培训前理论考核成绩（满分为 100 分）方面差异均无统计学意义(*P*>0.05)，见表 1。

表 1 两组医师一般资料比较

组别	人数(<i>n</i>)	年龄（岁）	性 别 [男 / 女, <i>n</i> (%)]	培 训 前 理 论 考 核 成 绩 (分)
对照组	19	23.63±1.16	9(47.4)/10(52.6)	62.47±4.39
观察组	19	24.11±1.24	8(42.1)/11(57.9)	60.58±7.17
统计量	/	<i>t</i> =1.212	χ^2 =0.105	<i>t</i> =0.983
<i>P</i> 值	/	0.233	0.746	0.332

1.2 研究方法

1.2.1 理论学习 腕关节超声学习依赖对局部解剖结构的熟练掌握，故在进入实践操作教学前，应首先完成腕关节解剖知识的系统学习^[Error: Reference source not foundError: Reference source not found]。两组均接受相同的理论授课内容，包括肌骨超声仪器调节与基本操作原则(1 学时)、腕关节解剖学习(2 学时)及常见腕关节病变超声特征介绍(1 学时)，共 4 学时，由同一名具有 5 年以上肌骨超声诊断经验的主任医师讲授，确保理论基础同质化。

1.2.2 对照组教学方法 对照组采用传统讲解示范模仿教学模式。首先由带教老师逐一讲解各扫查切面的探头位置和图像特征，随后现场示范操作，学员在旁观察后直接进行模仿练习，带教老师根据操作结果进行集中反馈。整个教学过程未设立系统化的阶段性反馈和标准化定位参照体系。

1.2.3 观察组教学方法 观察组在相同理论授课的基础上，实施体表导航联合 Peyton 四步法的结构化教学模式。具体操作步骤如下：①体表导航定位培训。由带教老师在志愿者模特上进行体表标志识别训练，以桡骨茎突（R 点）和尺骨茎突（U 点）连线为基准轴（RU 轴），向近端延伸确定前臂长轴，向掌侧移动确定腕管入口。依次标注舟骨结节、豌豆骨等关键骨性标志，建立手腕三维坐标导航图谱。学员需在 1:1 比例的腕关节体表标志图谱上完成定位练习，并通过触诊考核（正确率需≥90%）方可进入后续培训。②Peyton 第 1 步示范。带教老师以正常速度完整示范某一切面的全套扫查操作，同时配合体表导航坐标口诀进行解说，如“尺侧近端两横指腕管入口横切，探头朝患者桡侧偏 10°，纵切沿正中神经长轴走行”；③Peyton 第 2 步动作解构。带教老师分解动作，将每一切面拆解为探头初始放置、图像优化、结构识别、标准测量、图像存储 5 个步骤，逐步操作并配合体表导航坐标进行解说，必要时重复关键步骤；④Peyton 第 3 步理解核查。带教老师操作，学员依据操作步骤口头解说，若解说错误或遗漏，带教老师即时纠正后返回上一步重新确认，确保认知层面的准确理解；⑤Peyton 第 4 步操作执行。学员独立完成全套扫查，带教老师按照标准化评分量表进行全程评估并给予个性化反馈，同时结

10.12201/bmr.202608.00026V1

合体表导航坐标提示进行纠错指导。

两组培训总学时相同，均为 28 学时（含 4 学时理论授课），实践培训 24 学时，培训周期均为 4 周。

1.3 评价指标

两组的评价指标包括：①理论知识考核：培训前后各进行一次闭卷笔试，题库统一，满分 100 分，涵盖解剖知识（30 分）、超声基础（30 分）和病变识别（40 分）。②技能考核：采用客观结构化临床考试形式，考核项目包括探头放置、图像优化、结构识别、标准测量、病变识别和报告书写 6 个方面，满分 100 分。由 2 名不知情带教老师（即考核者对分组信息保持盲态）独立评分后取均值。③操作效率：记录完成标准切面（腕管横断面）的扫查时间。④图像质量：由 2 名高年资超声医师对保存的超声图像进行盲态评分，采用自制 10 分制图像质量量表（包括图像清晰度、结构显示完整性、测量标准性 3 个方面，满分均为 10 分，综合评分取均值）。⑤教学满意度：培训结束后采用自制教学满意度问卷进行调查，包括教学内容、教学方法、临床实用性和知识获得感 4 个方面，满分 100 分。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，两组间比较采用独立样本 *t* 检验（正态分布）或 Mann-Whitney *U* 检验（非正态分布）；组内培训前后比较采用配对 *t* 检验。计数资料以例数（百分比）表示，组间比较采用 χ^2 检验。效应量采用 Cohen's *d* 评价， $d \geq 0.8$ 为大效应， $0.5 \leq d < 0.8$ 为中效应， $0.2 \leq d < 0.5$ 为小效应。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组理论知识考核成绩比较

培训前两组理论成绩差异无统计学意义($P=0.332$)。培训后，观察组理论成绩（87.95±4.96）分高于对照组（80.63±5.16）分，差异有统计学意义($P < 0.001$)；两组培训后成绩均较培训前显著提高(均 $P < 0.001$)。见表 2。

表 2 两组住培医师培训前后理论考核成绩比较($\bar{x} \pm s$ ，分)

组别	培训前	培训后	组内配对 <i>t</i> 值	组内 <i>P</i> 值
对照组	62.47±4.39	80.63 ± 5.16	13.842	<0.001
观察组	60.58±7.17	87.95 ± 4.96	15.355	<0.001

注：两组培训后成绩比较 $t=4.461$ ， $P < 0.001$

2.2 两组实践操作技能、扫查时间、图像质量比较

观察组与对照组在操作技能各维度及总分方面的比较结果显示，观察组在结构辨认、病变识别、报告书写及操作总分方面均显著高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)。在探头放置、图像优化及测量规范方面，两组间差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。在扫查效率与图像质量方面，观察组扫查时间低于对照组，缩短约 22.7%，图像质量评分显著高于对照组，差异均有统计学意义($P < 0.001$)。见表 3。

表 3 两组住培医师培训后操作技能、扫查时间和图像质量比较($\bar{x} \pm s$)

项目	对照组	观察组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
----	-----	-----	------------	------------

10.12201/bmr.202608.00026V1

探头放置(10分)	7.95 ± 1.08	8.11 ± 1.29	0.410	0.684
图像优化(10分)	7.84 ± 1.17	8.37 ± 0.90	1.560	0.128
结构辨认(30分)	22.16 ± 2.32	25.26 ± 2.33	4.121	<0.001
测量规范(20分)	16.05 ± 2.20	16.63 ± 1.61	0.927	0.360
病变识别(20分)	14.79 ± 2.80	17.16 ± 1.83	3.084	0.004
报告书写(10分)	7.26 ± 1.05	8.58 ± 0.96	4.038	<0.001
操作总分(100分)	76.05 ± 6.15	84.11 ± 4.57	4.581	<0.001
扫查时间(min)	5.96 ± 0.99	4.61 ± 0.99	-4.221	<0.001
图像质量评分(10分)	7.11 ± 1.05	8.47 ± 1.02	4.077	<0.001

2.3 两组教学满意度比较

两组教学满意度调查结果，观察组在各满意度维度的评分均显著高于对照组($P<0.05$)，其中综合满意度的效应量最大($d=1.681$)。分项指标中，教学方法效应量最高($d=1.115$)，其次为教学内容($d=0.961$)、临床实用性($d=0.806$)与知识获得感($d=0.772$)。

表 4 两组住培医师教学满意度调查结果比较($\bar{x}\pm s$ ， 分)

项目	对照组	观察组	t 值	P 值	Cohen's d
教学方法 (20分)	14.95 ± 1.99	17.16 ± 1.98	3.437	0.002	1.115
教学内容 (20分)	16.00 ± 1.91	17.74 ± 1.69	2.961	0.005	0.961
临床实用性 (30分)	23.53 ± 2.57	25.42 ± 2.09	2.483	0.018	0.806
知识获得感 (30分)	24.32 ± 2.24	25.84 ± 1.68	2.380	0.023	0.772
满意度总分 (100分)	78.79 ± 4.43	85.89 ± 4.01	5.182	<0.001	1.681

3 讨论

腕关节作为肌骨超声学习的六大关节之一，解剖结构复杂，其内部密集分布着肌腱、神经、血管、韧带等，常规扫查切面涵盖腕管及其周边解剖结构、腕背侧六个伸肌腱腔室等关键区域。传统教学模式以带教演示为主，缺乏系统化的定位方法，教学模式单一，学员普遍存在结构辨认准确率低、操作耗时长、图像质量差等问题^{Error: Reference source not found。}究其根源，学员难以建立二维超声图像与三维实体解剖的空间对应关系。因此腕关节肌骨超声教学的核心任务在于帮助学员完成图像与解剖结构之间的有效空间转化^[11-12]。

针对上述问题，本研究引入体表导航法，以可触及的骨性结构作为绝对坐标参照，将

10.12201/bmr.202608.00026V1

抽象的三维解剖空间转化为可触摸到的结构，为学员提供了稳定、可重复的探头起始位置和扫查路径指引，解决了探头从哪里开始、向哪里移动的空间定向问题。本研究结果显示，观察组扫查时间较对照组缩短，图像质量评分均显著优于对照组，提示体表导航法能有效降低探头定位的随机性误差，加速空间认知的建立。

体表导航法有效解决了空间定位问题，但仅靠定位指引尚不足以确保操作技能的规范掌握，还需配套的教学方法以保障从定位到扫查的高效转化。认知负荷理论^{Error: Reference source not found}认为，超出工作记忆容量的信息处理会导致学习效率下降。传统教学模式要求学员在观摩带教老师操作的同时立即进行自主模仿，认知与动作技能的同步要求极易超出初学者的工作记忆容量。因此在教学组织方面引入 **Peyton** 四步法，该方法通过分层递进的教学逻辑，将复杂的操作进行阶段化拆解，细化为简单有序的标准化步骤，有效规范操作流程、降低学习负荷。本研究观察组在结构辨认和病变识别方面的显著优势，反映了 **Peyton** 四步法“理解核查”环节对空间认知与操作动作协同训练的价值。薛恒等^[14]在肩关节肌骨超声培训中同样发现该模式可提升图像获取能力，与本研究结果一致，进一步支持了该教学法在肌骨超声培训中的良好教学效果。

本研究的创新之处在于，体表导航法与 **Peyton** 四步法并非简单叠加，而是形成优势互补的融合式教学模式：教学过程中先借助体表导航完成腕关节解剖空间的精准定位，再依照 **Peyton** 四步法逐层开展技能训练，由空间定位过渡到标准化扫查，实现解剖认知与操作技能的一体化培养。这一协同效应在本研究的多项结果中均有体现：观察组理论成绩、操作总分、满意度评分均显著大于对照组，差异均达到统计学显著水平；教学方法变革的效应量高达 **1.115**，提示教学体系的系统性革新是本研究中最具决定性的优化策略，为后续肌骨超声教学改革指明了参考方向。

本研究存在以下局限性：①单中心、小样本研究，结果外推性有待多中心大样本研究验证；②培训周期仅 **4** 周，尚未评估长期知识保留效果；③图像质量评分量表为自制工具，信效度有待进一步论证；未来研究可进一步探讨体表导航法与模拟器培训、增强现实（**augmented reality, AR**）技术相结合的新型培训模式，以期在更广泛的肌骨超声操作技能培训中发挥作用。

4 结论

体表导航联合 **Peyton** 四步教学模式能够显著提高住培医师腕关节肌骨超声的理论知识和实践操作技能，有效缩短操作耗时，改善图像质量，同时提升教学满意度。该模式将空间定位体系与分层操作训练有机整合，具有良好的可行性和推广价值，可在肌骨超声教学中加以推广应用。

【参考文献】

- [1] Chew E, Lee Day A, Nazarian L N, et al. Basic musculoskeletal ultrasound[J]. Med Clin North Am,2025,109(1):137-161.
- [2] 曹军英,金壮.肌骨超声在临床诊断中的应用进展[J].中国现代医学杂志,2022,32(22):1-5.
- [3] Neubauer R, Recker F, Bauer C J, et al. The current situation of musculoskeletal ultrasound education:a systematic literature review[J]. Ultrasound Med Biol,2023,49(5):890-901.

[4] Bitterman J, Lew H L, Kirshblum S, et al. Design and implementation of a musculoskeletal ultrasound curriculum for physical medicine and rehabilitation residents: pilot data on improvement of palpation accuracy in physical examination[J]. Am J Phys Med Rehabil,2020,99(12):1177-1183.

[5] 唐菲,杨漂羽,王萍,等.Peyton 四步教学法在医学教育中的应用研究进展[J].中华医学教育杂志,2021,41(4):318-321.

[6] 牛梓涵,张晓燕,王昭珏,等.Peyton 四步教学法在肠道超声培训中的应用效果研究[J].协和医学杂志,2026,17(2):591-596.

[7] 张晖,陈永林,薛瑛,等.改良 Peyton 教学方法在超声引导区域麻醉教学中的应用[J].上海医学,2026,49(3):155-161.

[8] 杨蓓蓓,刘莉红,孙艳华,等.多元化教学法联合“专业学习共同体”在肌骨超声教学中的应用效果[J].中国继续医学教育,2021,13(15):35-38.

[9] 桑亮,王学梅,刘艳君,等.浅析解剖学在肌肉骨骼及关节系统超声教学的应用[J].解剖科学进展,2018,24(2):219-220.

[10] 杜方雪,杨裕佳,向茜,等.肌骨超声亚专业进修医师培养模式的探索[J].中国继续医学教育,2024,16(18):181-184.

[11] 吴涛,宋海新,叶晔,等.康复医学科住院医师肌骨超声培训课程探索[J].中国毕业后医学教育,2023,7(4):302-305.

[12] 张璐,阳筱甜,吴涛,等.AI-PBL 融合教学法在康复科肌骨超声教学中的应用[J].全科医学临床与教育,2026,24(5):429-431,435.

[13] 朱悦,刘卫卫.基于认知负荷理论的临床技能分阶段教学改革探索[J].科教导刊,2026(3):76-78.

[14] 薛恒,崔立刚,江凌.Peyton 四步教学法在肩关节肌肉骨骼系统超声培训中的应用[J].基础医学与临床,2023,43(10):1625-1629.