

红外热成像技术在冲击波治疗跖筋膜炎中的作用

梁欢¹ 薛朝霞^{2△} 康博闻¹ 杨青¹(¹ 山西医科大学麻醉学院, 太原 030000; ² 山西医科大学第一医院疼痛科, 太原 030000)

跖筋膜炎 (plantar fasciitis, PF) ^[1] 又称足底筋膜炎, 是一种主要依据临床表现诊断的足部疾病, 约有 1/10 的成年人受到 PF 影响, 病程迁延不愈, 对病人的生活造成了极大影响。当前, PF 多采取保守治疗, 体外冲击波 ^[2] 作为一种非侵入、安全、有效的治疗, 被认为是 PF 的优选治疗方法。研究发现 ^[3] 在 PF 病人的腓肠肌上存在激痛点 (myofascial trigger points, MTrPs), 对疾病的发生、发展起着重要作用, 围绕 MTrPs 进行治疗可显著改善病人的疼痛及足踝功能, 提高病人生活质量 ^[4]。当前, 手法触诊是诊断 MTrPs 的“金标准” ^[5], 然而受临床医师经验的影响, 极易产生 MTrPs 的漏判和误判。正常人体体表温度呈对称、均匀分布, 当 MTrPs 发生活化时, 其局部产生炎症反应引起血管收缩或舒张, 局部血流发生变化 ^[6]。红外热成像技术 ^[7] 利用人体生物红外辐射能, 可以将人体细微的温度变化转化为彩色图像来呈现, 可以直观地分析出身体病变部位, 可用于 MTrPs 的识别 ^[8] 并指导观察疗效。本研究旨在对比红外热成像技术与手法触诊在冲击波灭活 MTrPs 治疗 PF 疗效方面的作用, 以期 PF 的治疗提供影像学支持, 加速病人康复, 降低病人经济负担。

方 法

1. 一般资料

本研究通过山西医科大学第一医院伦理委员会审核 (伦理批号 NO.KYLL-2023-128), 病人均签署知情同意书。选取 2020 年 10 月至 2021 年 10 月就诊于山西医科大学第一医院疼痛科门诊的单侧 PF 病人 66 例, 按随机数字表法分为试验组和对照组, 每组各 33 例。其中有 4 例病人脱落随访, 2 例更换治疗方式, 共 60 例受试者入选并最终完成试验及随访。两组病人的基线资料见表 1。

纳入标准: ①符合 PF 的临床诊断: 足底内侧疼痛: 晨起或久坐后踩地时疼痛剧烈, 行走一段距

离后疼痛减轻, 但随着行走距离增加或负重行走, 疼痛会再次加重; 足底筋膜近端附着处触诊疼痛; ②年龄 18 岁以上; ③单侧患病; ④精神认知能力正常, 沟通无障碍; ⑤同意接受红外热成像检查及体外冲击波治疗, 可以配合完成治疗及治疗前后的测试及随访。

排除标准: ①存在其他原因造成的足跟疼痛 (如跟骨骨折、感染、肿瘤等); ②合并心、脑、肺等重要器官器质性病变或凝血功能障碍; ③妊娠期或哺乳期女性; ④合并可能影响足底及小腿温度的疾病 (如下肢血栓、感染等)。

2. 样本量计算

按照既往研究 ^[9] 及临床经验, 以疼痛视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分为主观察指标计算样本量, 预计对照组治疗前后 VAS 评分降低 5 分, 即 $\mu_B = 5$, 试验组治疗后 VAS 评分降低 6 分, 即 $\mu_A = 6$, 标准差 $\sigma = 1.4$, 采用双侧检验, 两组样本量相同, 即 $\kappa = 1$, 取 I 类错误 $\alpha = 0.05$, $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$, 取 II 类错误 $\beta = 0.2$, $Z_{1-\beta} = 0.84$ 。按公式计算样本量, 对照组和试验组每组需要样本量 30 例, 考虑样本脱落率为 10%, 总样本需要 66 例。

3. 操作方法

治疗前准备: 所有病人治疗前均接受同一位技师的红外热成像检查 (重庆宝通华医疗器械有限公司红外热成像诊断系统 V2.0.0.1)。测量方法: 室内温度维持在 23~26℃, 湿度 45%~70%, 室内面积约 1.5 m×3.0 m, 保持室内空气稳定无对流, 避免风直接吹至检查部位或受检者与摄像头之间。受检者进工作室, 休息并站立 15~20 min, 使身体温度稳定, 有汗水者需等皮肤干燥后方能进行摄像。仪器扫描病人患侧小腿及足底, 图像经计算处理后, 打印图像进行分析比较。红外热像仪 (infrared thermographic inspection, ITI) 上由高温到低温对应的颜色依次为白、深红、红、浅红、黄、绿、浅绿、浅蓝、深蓝和黑色。测量疼痛部位与健侧正常皮肤温度差

△ 通信作者 薛朝霞 1157222179@qq.com

异,找出所有病人局部高温区域,确定为 MTrPs 并做好标记。

试验组:嘱病人俯卧于治疗床上,充分暴露腓肠肌及足底,按照红外热成像所识别的 MTrPs 进行体外冲击波治疗(瑞士迈斯电子医疗系统有限公司 CH-1260 NYON)治疗。冲击能量:根据病人耐受,调节冲击强度在 2~3 bar;冲击频率:6 Hz;冲击次数 2000 次。每周 1 次,治疗 3 次。

对照组:嘱病人俯卧于治疗床上,充分暴露腓肠肌及足底,接受经验丰富的临床医师依据 Travel 和 Simons 定义的临床标准^[10]进行手法触诊定位腓肠肌的 MTrPs,根据所识别的 MTrPs 进行体外冲击波治疗。冲击波参数设置同试验组。

4. 观察指标

两组病人均接受 3 次治疗,分别于治疗前、治疗 1 周、2 周、3 周后记录其 VAS 评分、踝-后足功能评分(American orthopedic foot and ankle society score, AOFAS)、最远步行距离、踝背屈关节活动度以及治疗前、后红外热像图异常高温点与患侧对称区域的平均温度差值,图 1 为同一中年女性右 PF 病人的红外热成像图,红色箭头所示为病人的 MTrPs,测量所有 MTrPs 与健侧对称区域差值并计算平均值。操作者及随访者均不知分组信息。

5. 统计学分析

采用 SPSS 25.0 统计学软件进行数据的统计分析,统计前对计量数据进行正态性检验,正态分布的数据用均数±标准差($\bar{x} \pm SD$)表示,偏态分布的数据则采用中位数(四分位数间距)[M(P₂₅,P₇₅)]表示,组间比较采用两个独立样本 *t* 检验或秩和检验;计数资料用率或百分比(%)表示,两组间采用四格表卡方检验。使用重复测量方差分析检验组内不同时间段差异,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

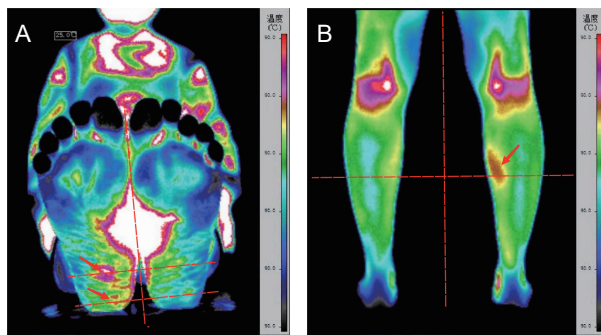


图 1 同一女性病人右 PF 红外热成像图
(A) 足底筋膜红外热像图;(B) 腓肠肌红外热像图

结 果

1. 两组病人一般资料比较

最终有 60 例受试者入选并完成试验及随访,其中试验组 30 例,对照组 30 例,收集并分析两组病人的体重指数(body mass index, BMI)、性别、年龄、病程及患病侧,两组病人的基线资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2. 两组病人治疗前后疼痛 VAS 评分比较

治疗前两组病人的 VAS 评分差异无统计学意义,治疗 1 周、2 周、3 周后 VAS 评分较治疗前均获得改善($P < 0.05$, 见表 2);治疗 1 周后试验组与对照组差异有统计学意义,到治疗 3 周后,两组之间仍有统计学差异。这表明经过冲击波灭活 MTrPs 后,两组病人 VAS 评分均较治疗前降低,且试验组降低更为明显。

3. 两组病人治疗前后足踝功能 AOFAS 评分比较

治疗前两组病人 AOFAS 评分差异无统计学意义;治疗 1 周、2 周、3 周后 AOFAS 评分较治疗前差异均有统计学意义($P < 0.05$, 见表 3);治疗 1 周后试验组与对照组开始有统计学差异,治疗 3 周后两组 AOFAS 评分仍有统计学差异($P < 0.05$),这表明经过冲击波灭活 MTrPs 后,两组病人 AOFAS 评分均较前改善,且试验组改善更为明显。

4. 两组病人治疗前后最远步行距离

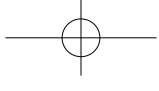
治疗前两组病人最远步行距离差异无统计学意义;治疗 1 周、2 周、3 周后最远步行距离较治疗前差异均有统计学意义($P < 0.05$, 见表 4);治疗 1 周后试验组与对照组开始有统计学差异,到治疗 3 周后两组最远步行距离仍存在统计学差异($P < 0.05$)。这表明经过冲击波灭活 MTrPs 后,两组病人最远步行距离均较前增加,且试验组增加更为明显。

5. 两组病人踝背屈关节活动度情况比较

治疗前两组病人的踝背屈关节活动度差异无统计学意义;治疗 1 周、2 周、3 周后踝背屈关节活动度较治疗前差异均有统计学意义($P < 0.05$, 见表 5);治疗 1 周后试验组与对照组开始出现统计学差异,且经过 3 周治疗后两组仍存在统计学差异($P < 0.05$)。这表明经过冲击波灭活 MTrPs,两组病人的踝背屈关节活动度均较前增加,且试验组增加更为明显。

6. 两组病人 MTrPs 平均温度差比较

治疗前两组病人红外热成像图健侧与患侧的温度差差异无统计学意义,治疗后各时间点的红外



热成像图温度差较治疗前差异均有统计学意义 ($P < 0.05$, 见表 6), 两组病人经过 2 周治疗后温度差有统计学意义 ($P < 0.05$), 差异持续到治疗 3 周后 ($P < 0.05$)。这表明经过冲击波灭活 MTrPs, 两组病人患侧温度差值均较前减小, 且治疗 2 周后试验组减小更为显著。

讨 论

Thomasw^[11] 经过解剖实践和临床验证得出, 足底筋膜与腓肠肌、腘绳肌等共同组成后表线, 足底筋膜的紧张会引起腓肠肌、腘绳肌等肌肉的持续收缩、张力增加, 致使病人下肢稳定性减弱, 针对 PF 的治疗不应局限于单纯足底筋膜的松解, 而是应

从改善病人紧张的后表线出发, 从源头缓解疼痛并改善足踝功能。本研究采用体外冲击波技术结合“筋膜链”理论对病人腓肠肌及足底筋膜进行 3 周治疗, 发现两组病人的 VAS 评分、AOFAS 踝-后足功能评分、踝背屈关节活动度以及最远步行距离均得到了不同程度的改善, 且每两个时间点之间均存在差异。根据相关研究^[12-14] 的理论可阐述这一结果, 与没有腓肠肌紧张的病人相比, 腓肠肌紧张的病人, 由肌肉紧张所产生的后足跖屈力和前足背屈力会增加足底筋膜的被动张力, 使得踝关节背屈活动度减小, 加重病人的疼痛。除此之外, 多项研究^[15-17] 也进一步证实了这一观点。

MTrPs 是骨骼肌绷紧带内的过度收缩性结节, MTrPs 的活化可使局部肌纤维持续紧张, 邻近的组

表 1 两组病人一般资料比较 ($\bar{x} \pm SD$)

组别	例数	体重指数 (BMI)	性别 (男/女)	患病侧 (右/左)	年龄 (岁)	病程 (月)
试验组	30	24.5 ± 3.8	19/11	15/15	47.0 ± 7.6	13.6 ± 5.5
对照组	30	24.5 ± 3.1	13/17	14/16	47.1 ± 7.2	14.8 ± 5.0
P/χ^2		0.912	0.121	0.418	0.959	0.370

表 2 两组病人 VAS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm SD$)

组别	例数	治疗前	治疗 1 周后	治疗 2 周后	治疗 3 周后
试验组	30	7.8 ± 1.1	4.8 ± 1.4*	2.5 ± 1.1*	1.3 ± 0.7*
对照组	30	7.1 ± 1.2	5.5 ± 1.4**	3.6 ± 1.2**	2.7 ± 0.9**

* $P < 0.05$, 与治疗前相比; ** $P < 0.05$, 与试验组相比

表 3 两组病人 AOFAS 评分比较 [M (P₂₅, P₇₅)]

组别	例数	治疗前	治疗 1 周后	治疗 2 周后	治疗 3 周后
试验组	30	60.0 (56.0, 77.0)	90.0 (80.0, 90.0) *	90.0 (90.0, 90.0) *	90.0 (90.0, 90.0) *
对照组	30	69.0 (59.2, 80.0)	88.0 (79.0, 80.0) **	90.0 (80.0, 90.0) **	90.0 (88.0, 90.0) **

* $P < 0.05$, 与治疗前相比; ** $P < 0.05$, 与试验组相比

表 4 两组病人最远步行距离比较 (米, $\bar{x} \pm SD$)

组别	例数	治疗前	治疗 1 次后	治疗 2 次后	治疗 3 次后
试验组	30	160.5 ± 56.9	451.1 ± 72.8*	802.6 ± 59.0*	1208.3 ± 87.3*
对照组	30	170.5 ± 53.7	400.8 ± 28.5**	770.5 ± 54.3**	993.6 ± 70.0**

* $P < 0.05$, 与治疗前相比; ** $P < 0.05$, 与试验组相比

表 5 两组病人踝背屈关节活动度比较 (°, $\bar{x} \pm SD$)

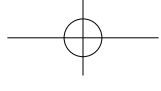
组别	例数	治疗前	治疗 1 周后	治疗 2 周后	治疗 3 周后
试验组	30	6.8 ± 0.8	12.6 ± 0.8*	15.8 ± 1.2*	18.4 ± 0.7*
对照组	30	6.9 ± 0.7	10.2 ± 0.8**	13.4 ± 0.8**	16.9 ± 1.0**

* $P < 0.05$, 与治疗前相比; ** $P < 0.05$, 与试验组相比

表 6 两组病人治疗前后温度差值比较 (°C, $\bar{x} \pm SD$)

组别	例数	治疗前	治疗 1 周后	治疗 2 周后	治疗 3 周后
试验组	30	1.2 ± 0.2	0.9 ± 0.2*	0.3 ± 0.1*	0.1 ± 0.1*
对照组	30	1.1 ± 0.2	1.0 ± 0.2*	0.6 ± 0.2**	0.5 ± 0.2**

* $P < 0.05$, 与治疗前相比; ** $P < 0.05$, 与试验组相比



织结构张力增加,进一步加重疼痛、运动受限等问题。目前 MTrPs 主要依据手法触诊来识别,通过按压或针刺能引起局部疼痛、牵涉痛以及肌肉抽搐反应。研究发现在 PF 病人的腓肠肌中存在 MTrPs^[4],对这些 MTrPs 进行治疗可使 PF 的症状及功能障碍获得明显改善,这表明 MTrPs 在 PF 疼痛中发挥着重要作用。MTrPs 被分为两种,活性激痛点 (acute trigger points, ATrPs) 和隐性激痛点 (latent trigger points, LTrPs)。ATrPs 通常表现为自发痛;而 LTrPs 只有在强烈刺激下才会产生疼痛。然而由于受检查者经验、按压力度的影响,常易引起误判、漏判。得不到及时治疗的 MTrPs 将会在创伤、疲劳、长期姿势失衡等持续刺激下进一步加重病人的不适症状。因此,需要一种影像学技术来全面、客观、准确的评估 MTrPs。PF 病人的腓肠肌在过度收缩、肌肉疲劳的状态下,肌内压力会增高,引起 MTrPs 区域致痛物质及炎性介质(缓激肽、组胺、P 物质等)的分泌^[18]、使得血管扩张、血流增加,局部温度升高^[6],但这种温度变化难以被手感知。红外热成像技术具有对温度的高敏感性,能发现低至 0.03℃ 的细微变化^[19],对 MTrPs 的识别具有辅助诊断价值。为使测量更为准确,排除人体热对流、热辐射及热蒸发的影响,本研究采取健侧与患侧的温差值来反应机体的变化,通过对 PF 病人腓肠肌进行红外热成像检查,发现患侧腓肠肌上存在异常高温点,其中试验组腓肠肌两侧温差值在 1.0~1.5℃,对照组在 0.9~1.4℃。当前对于温差值的范围,学者们一致认为 $\Delta T > 0.3^\circ\text{C}$ 被认为是有一定临床意义的^[20],因此本研究中的异常高温点具有临床意义。

本研究发现,在治疗 1 周后,试验组与对照组病人的 VAS 评分、AOFAS 评分、最远步行距离及踝背屈关节活动度开始有统计学差异,到治疗 3 周后上述各项差异仍然存在。这表明经红外热成像识别的 MTrPs 经过治疗后疼痛缓解更快、症状改善也更为明显。除此之外,试验组病人治疗后温度差值较前下降至 0.3℃ 以下,而对照组虽然较治疗前有所下降,但仍高于人体正常温差,这表明红外热成像技术在定量分析疗效方面也存在一定优势。高巍巍等^[21]运用红外热成像准确定位 MTrPs 并给予冲击波治疗,发现疼痛缓解迅速,且治疗后 MTrPs 高温表现消失。谢桂鑫等^[22]对比了红外热成像与腧穴定位针刺 MTrPs 的疗效发现了相同的结论,其结果显示治疗后红外热成像高温区较治疗前明显降低,而腧穴定位组虽较前有所降低,分布有所减少,但仍不及红外热成像组。本研究中对对照组病人经过

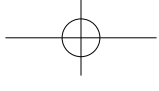
3 次治疗后仍存在轻度疼痛及功能障碍,且红外热成像图的温差仍高于人体正常温差,后续继续给予冲击波治疗,直至病人红外热图异常高温点恢复正常、无自觉疼痛。

红外热成像技术具有便捷、非侵入、方便的优势,能更好、更全面地反映 PF 病人的局部温度变化,在 PF 病人 MTrPs 的评估和治疗中发挥重要作用,但由于其受环境温度影响较大,检查时应严格按照标准执行。同时,由于本研究未对红外热成像识别的 MTrPs 进行手法验证,未进行 MTrPs 与温度差值的相关性研究,因此存在一定的局限性,未来需采取进一步研究来评估温度差值大小对不同种类 MTrPs 的识别作用。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Altman DR, Beattie P, Cornwall M, 等.《国际功能、残疾和健康分类:足跟痛/足底筋膜:2014 修订版》临床实践指南[J]. 康复学报, 2019, 29(1):2-20.
- [2] 邢更彦, 张浩冲, 刘水涛, 等. 中国骨肌疾病体外冲击波疗法指南(2019 年版)[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2019, 11(4):1-10, 16.
- [3] Nakale NT, Strydom A, Saragas NP, *et al.* Association between plantar fasciitis and isolated gastrocnemius tightness[J]. Foot Ankle Int, 2018, 39(3):271-277.
- [4] Giordani F, Bernini A, Müller-Ehrenberg H, *et al.* A global approach for plantar fasciitis with extracorporeal shockwaves treatment[J]. Eur J Transl Myol, 2019, 29(3):8372.
- [5] Fernández-De-Las-Peñas C, Dommerhol TJ. International consensus on diagnostic criteria and clinical considerations of myofascial trigger points: a delphi study[J]. Pain Med, 2018, 19(1):142-150.
- [6] Fernández-De-Las-Peñas C, Dommerholt J. Myofascial trigger points: peripheral or central phenomenon?[J]. Curr Rheumatol Rep, 2014, 16(1):395.
- [7] Politi S, Aloisi A, Jr, Bartoli V, *et al.* Infrared thermography images acquisition for a technical perspective in screening and diagnostic processes: protocol standardized acquisition[J]. Cureus, 2021, 13(11):e19931.
- [8] 刘林, 陈建龙. 红外热成像技术在肌筋膜触发点方面的应用进展[J]. 医疗装备, 2020, 33(15):197-198.
- [9] 王希燕, 王洋, 李铁山. 经肌筋膜链进行冲击波治疗足底筋膜的效果研究[J]. 解放军医药杂志, 2021, 33(8):45-48.
- [10] Melzack R, Stillwell D, Fox EJ. Trigger points and acupuncture points for pain: correlations and implications[J]. Pain, 1977, 3(1):3-23.



- [11] (美) Thomas W. Myers 著. 关玲, 周维金, 瓮长水等译. 解剖列车: 徒手与动作治疗的肌筋膜经线 [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2015.
- [12] Stecco C, Corradin M, Macchi V, *et al.* Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon[J]. *J Anat*, 2013, 223(6):665-676.
- [13] Labovitz JM, Yu J, Kim C. The role of hamstring tightness in plantar fasciitis[J]. *Foot Ankle Spec*, 2011, 4(3):141-144.
- [14] Pearce CJ, Seow D, Lau BP. Correlation between gastrocnemius tightness and heel pain severity in plantar fasciitis[J]. *Foot Ankle Int*, 2021, 42(1):76-82.
- [15] Hoefnagels EM, Weerheijm L, Witteveen AG, *et al.* The effect of lengthening the gastrocnemius muscle in chronic therapy resistant plantar fasciitis[J]. *Foot Ankle Surg*, 2021, 27(5):543-549.
- [16] 王希燕. 经肌筋膜链触发点联合常规压痛点进行冲击波治疗足底筋膜炎的疗效观察 [D]. 青岛: 青岛大学, 2022.
- [17] 杜瑞, 邓明明, 付炳金, 等. 腓肠肌腱膜松解治疗慢性足底筋膜炎 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(19): 1764-1768.
- [18] Shah JP, Danoff JV, Desai MJ, *et al.* Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008, 89(1):16-23.
- [19] 郑兵. 膝痛运动员股四头肌肌筋膜触发点多维度定量评估研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- [20] Merla A, Romani GL. Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach[J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2006, 2006:224-227.
- [21] 高巍巍, 邹德生, 王伍超, 等. 红外热像图定位冲击波疗法治疗肌筋膜疼痛综合征的临床分析 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2016, 22(4):312-314, 318.
- [22] 谢桂鑫, 刘建航, 高倩倩, 等. 基于红外线热成像技术定位针刺肌筋膜触发点治疗腰背肌筋膜疼痛综合征的临床疗效 [J]. *中华全科医学*, 2020, 18(12):2086-2089, 2161.

• 消 息 •

国家卫生健康委能力建设和继续教育疼痛医学专家委员会成立大会暨第一次工作研讨会在京召开

2024年1月27日, 国家卫生健康委能力建设和继续教育疼痛医学专家委员会成立大会暨第一次工作研讨会在京成功召开。国家卫生健康委能力建设和继续教育中心杨爱平主任, 北京大学博雅讲席教授、中国科学院韩济生院士, 中华医学会疼痛分会主委、南昌大学第一附属医院张达颖教授以及疼痛医学专委会主要专家参加了本次会议。

疼痛医学专家委员会(以下简称“专委会”)共设置名誉主委1名, 主任委员1名, 常务副主任委员1名, 副主任委员及秘书长共8名以及14个学组方向。其中, 韩济生院士担任专委会名誉主委, 樊碧发教授担任主任委员, 张达颖教授担任常务副主任委员。

专委会主任委员樊碧发教授详细介绍了专委会工作规划。他强调, 专委会成立后, 将紧密围绕专科能力建设的四大核心体系展开工作, 旨在建立标准化、规范化、系统化的疼痛医学能力建设标准。专委会将积极整合全国各地的优质疼痛专家资源, 着力加强基层医疗卫生机构在疼痛疾病诊治方面的能力建设, 将始终坚持以问题和需求为导向, 全面推进疼痛专科能力建设工作的质量发展, 力求为基层百姓的健康提供坚实的保障。

专委会副主委兼秘书长武百山教授、副主委王永教授, 分别就《临床科室超声可视化精准诊疗技能提升项目》《癌痛全程管理精准能力提升项目》进行了经验分享, 为各学组后续工作的开展提供了宝贵的参考和借鉴。与会专家一致表示, 大家将在国家卫生健康委能力建设和继续教育中心的坚定领导下, 在樊碧发主委的带领下, 共同努力推进疼痛医学专科能力建设工作的深入发展, 为构建更加完善、系统的疼痛医学继续教育体系贡献自己的力量。