



扩散张量成像诊断腕管综合症的 Meta 分析

朱 丽, 刘 川, 张 莉, 方可薇, 杨茂江, 张 川, 杨汉丰, 徐晓雪

(医学影像四川省重点实验室 川北医学院附属医院放射科, 四川 南充 637000)

摘要:目的 评价 DTI 对腕管综合征(CTS)的诊断价值。方法 检索 Pubmed、EBSCO、Ovid、Cochrane library、VIP、CNKI、CBM、万方数据库收录的所有关于 DTI 诊断 CTS 的中英文文献,由 2 名研究者独立筛选文献,提取资料并评价纳入研究的偏倚风险,采用 Stata 12.0 软件进行 Meta 分析。结果 共纳入 15 篇文献,共计腕管 861 个。Meta 分析结果显示:CTS 组正中神经 FA 值较健康对照组明显减小(SMD=-1.79,95%CI -2.32,-1.26, $P<0.001$),CTS 组正中神经 ADC 值较健康对照组明显升高(SMD=1.08,95%CI 0.63,1.53, $P<0.001$)。结论 FA 和 ADC 值能定量反映 CTS 腕管内正中神经的微观结构改变,DTI 可用于 CTS 的临床诊断。

关键词:腕管综合征;正中神经;扩散张量成像;Meta 分析

DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2019.01.019

中图分类号:R681.7;R445.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1671(2019)01-0077-05

Utility of diffusion tensor imaging in carpal tunnel syndrome:a Meta-analysis

ZHU Li, LIU Chuan, ZHANG Li, FANG Kewei, YANG Maojiang, ZHANG Chuan,
YANG Hanfeng, XU Xiaoxue

(Department of Radiology, the Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College,
Sichuan Key Laboratory of Medical Imaging, Nanchong 637000, China)

Abstract: Objective To evaluate the value of DTI in the diagnosis of carpal tunnel syndrome (CTS). **Methods** Pubmed, EBSCO, Ovid, Cochrane library, VIP, CNKI, CBM and Wan Fang databases were searched to collect the literature about the diagnosis of CTS with DTI. Two doctors reviewed independently screened literature, extracted data and assessed the risk of bias of included studies, then, the Meta-analysis was performed by using Stata 12.0 software. **Results** A total of 15 studies involving 861 wrists were included. The results of Meta-analysis showed that the FA values were significantly lower in CTS patients in comparison with healthy subjects (SMD=-1.79, 95%CI -2.32, -1.26, $P<0.001$) and the ADC values were significantly higher in CTS patients (SMD=1.08, 95%CI 0.63, 1.53, $P<0.001$). **Conclusion** FA and ADC values can quantitatively reflect the microstructural changes of the median nerve in carpal tunnel. DTI can be a valuable tool in the diagnosis of CTS.

Key words: carpal tunnel syndrome; median nerve; diffusion tensor imaging; Meta-analysis

腕管综合征(carpal tunnel syndrome, CTS)是上肢卡压性神经病变中较常见的一种。CTS 的诊断主要依靠病史、体格检查和电生理检查,临床上通常以电生理结果确诊,但其仅能检测已受损的正中神经(median nerve, MN),不能发现神经损伤早期的微病理状态及神经以外的相关病变^[1]。MRI 可直观地显示腕管的解剖结构,有助于明确 MN 在腕部卡压的病因及受压

程度等^[2]。

MRI 常规序列仅能显示 CTS 患者 MN 信号或形态的改变,但不能定量分析和检测受压神经的早期微观病理改变。DTI 可通过测量 FA 和 ADC 定量反映损伤组织的各向异性和水分子扩散特性,通过纤维示踪成像观察神经纤维的方向性与完整性^[3]。目前 DTI 用于 CTS 的诊断及程度分级等方面已有较多的研究,但其诊断价值报道不一。本研究旨在通过循证医学的方法评价 DTI 参数对 CTS 的诊断价值,为临床诊断 CTS 提供新的证据。

作者简介:朱 丽(1990—),女,四川成都人,在读硕士。研究方向:影像诊断、CT 介入治疗。

通信作者:徐晓雪, E-mail: littlesnowjr@qq.com

基金项目:四川省教育厅科研创新团队项目(18TD0028);南充市市校科技战略合作专项项目(NSMC20170107)。

1 资料与方法

1.1 文献检索与筛选 检索数据库包括 PubMed、EBSCO、Cochrane Library、Ovid、VIP、CNKI、CBM 和万方。检索时间均为建库至 2018 年 3 月。英文检索词为“carpal tunnel syndrome”、“peripheral neuropathy”、“median nerve”；“diffusion tensor imaging”、“fiber tractography”、“fractional anisotropy”、“magnetic resonance imaging”、“diffusion weighted MRI”。中文检索词为“腕管综合征”、“正中神经”、“弥散张量成像”、“磁共振成像”、“纤维示踪”。为尽量避免漏查文献,采用网上检索和手工检索相结合的方法,对所检索的文献中提供的参考文献进行二次检索。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:(1)研究目的为评价 DTI 对 CTS 的诊断价值;(2)纳入研究的 CTS 患者的诊断标准包括相关的临床表现或体征,并经过超声和/或神经电生理检查结果支持;(3)研究测量并提供了 DTI 参数 FA 值和 ADC 值;(4)纳入的文献为中英文文献。排除标准:(1)重复发表的研究;(2)“综述”、“述评”和“个案报道”等其他类型的研究;(3)研究未设置健康对照组;(4)不能直接或间接提取相关数据的研究。

1.3 资料提取及质量评估 由 2 位研究者独立筛选文献、提取资料 and 进行纳入文献的质量评价,如遇分歧则讨论解决。提取资料主要包括:(1)研究背景和设计信息的提取,包括研究作者、发表时间、研究类型、平均年龄、腕管数、场强、DTI 扫描 b 值及梯度方向数量等;(2)研究参数信息的提取,CTS 组和健康对照组 FA 值和 ADC 值的平均数和标准差,FA 值的阈值及其诊断灵敏度和特异度;(3)采用 Newcastle-Ottawa scale (NOS) 文献质量评价量表^[4]评价纳入研究的偏倚风险。

1.4 数据分析 Meta 分析采用 Stata12.0 软件进行,FA 和 ADC 值的合并结果采用标准均数差(standardized mean difference, SMD)及其 95% 置信区间(confidence interval, CI)表示。异质性检验采用 I^2 检验,当 $I^2 < 50\%$ 时认为研究间异质性无统计学意义,选用固定效应模型;当 $I^2 \geq 50\%$ 时认为存在高度异质性,选用随机效应模型。检验水准采用 $\alpha = 0.05$ 。异质性来源采用多个协变量的 Meta 回归分析。

2 结果

2.1 文献的筛检和质量评价 初次检索出 939 篇文章,经筛选后,最终纳入 15 篇文章^[5-19],共计腕管 861 个。文献筛选流程及结果见图 1。纳入文献的基本特征及文献质量 NOS 评价结果见表 1。有 8 篇研究报道了 DTI 诊断 CTS 的敏感度和特异度(表 2)。

2.2 统计分析结果 Meta 分析 15 个研究结果显示,CTS 组 MN 的 FA 值较健康对照组明显减小(SMD=

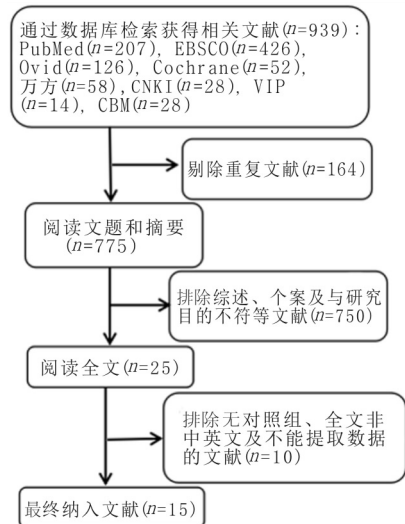


图 1 文献筛选流程及结果

-1.79, 95%CI -2.32, -1.26, $I^2 = 89.9\%$, $P < 0.001$; 图 2), CTS 组 MN 的 ADC 值较健康对照组明显升高(SMD=1.08, 95%CI 0.63, 1.53, $I^2 = 87.8\%$, $P < 0.001$; 图 3)。从可能影响异质性的因素(场强、盲法、对照组年龄匹配、b 值)中筛选出场强为可能是异质性的因素, b 值为 ADC 值异质性的因素($P = 0.02$), Meta 回归分析结果见表 3, 4。

3 讨论

CTS 是最常见的周围神经卡压性疾病, 常规的 MRI 检查只能观察腕管内 MN 的形态学改变, 如增粗、变细及 T₂WI 信号增高等, 对神经微观结构变化的评价存在一定的局限性, 因而不能诊断早期的 CTS。近年来, DTI 已经较广泛地应用于外周神经病变的诊断^[20-22]。与传统的 MRI 和超声成像比较, DTI 对神经纤维微观结构的评价更具优势, 且能定量地反映纤维束的完整性。目前, DTI 在 CTS 中的应用已有较多的报道, 有必要运用 Meta 的方法来评价 DTI 在 CTS 诊断中的应用价值。

先前研究较一致认为 FA 值是诊断 CTS 可靠的指标, 然而对于 ADC 值的诊断价值尚有所争议。本研究 Meta 分析的结果显示, CTS 患者 MN 的 FA 值较健康对照组明显减低, ADC 值显著增加, 表明 DTI 测量参数可用于诊断 CTS。据 Khalil 等^[5]和 Barcelo 等^[11]报道, MN 的 ADC 值在 CTS 患者与健康对照组之间无显著差异, 推测可能与二者样本量都偏小有关。DTI 作为一种无创性评价 MN 功能状况的重要方法, 可以对 MN 卡压程度以客观量化数据进行评估。黄婷等^[18]通过与神经电生理对照研究发现, 平均 FA 值与电生理指标呈显著的负相关, 对 CTS 的轻至中度分级

表 1 纳入研究的基本特征及文献质量评价结果

纳入研究	国家	实验设计	盲法	平均年龄(岁)		腕管数		对照组年龄匹配	场强(T)	b 值(s/mm ²)	方向数目	FOV(mm)	体素大小(mm)	NOS 评价
				病例组	对照组	病例组	对照组							
Khalil 2008	法国	P	是	54	54	13	13	是	1.5	400	32	100×100	0.78×0.77	8
Stein 2009	以色列	NR	NR	38	27	9	17	NR	3	1 000	6	140×140	1.09×1.09	6
Wang 2012	中国	P	是	55.5	52.3	21	19	是	1.5	400	6	100×100	0.57×0.57	8
Hiitune 2012	芬兰	NR	NR	47	42	21	12	是	3	1 000	25	120×120	1.88×1.88	7
Kabakci 2012	土耳其	P	NR	48	46	57	12	是	3	1 000	16	140×140	1.09×1.09	7
Guggenberger 2012	瑞士	P	是	43.8	41.4	15	45	NR	3	1 200	15	120×100	0.54×0.54	6
Barcelo 2013	法国	P	是	50.8	33.7	15	20	NR	3	1 000	15	120×120	NR	8
Bulut 2014	土耳其	P	是	43	41.8	72	48	是	1.5	1 000	32	150×150	0.45×0.45	7
Koh 2014	韩国	P	是	54.2	49.2	42	42	是	3	1 000	15	100×100	1.0×1.0	7
Kwon 2015	韩国	P	是	53.6	51	50	50	是	3	1 000	15	100×100	1.0×1.0	8
Razek 2016	埃及	P	是	33	NR	39	15	是	1.5	1 000	15	150×150	1.0×1.0	7
Klauser 2018	澳大利亚	P	是	58.45	57.8	40	14	是	3	1 000	12	NR	0.9×0.9	8
敖静 2010	中国	P	NR	45.5	37.8	15	40	NR	1.5	400	6	150×150	1.56×1.56	6
黄婷 2013	中国	P	NR	49.57	43	31	32	NR	3	400	13	100×100	1.04×1.04	7
桑菲 2016	中国	NR	是	43	43	20	22	NR	3	1 000	25	120×120	1.88×1.88	7

注:NR,未报道;P,前瞻性

表 2 MN 的 FA 值诊断 CTS 的敏感性和特异性

纳入研究	FA 截断值	敏感性(%)	特异性(%)
Kabakci 2012	0.55	80.7	80
Guggenberger 2012	0.47	83	67
Barcelo 2013	NR	93	91
Bulut 2014	0.53	94.4	70.8
Koh 2014	0.53	73.8	76.2
Kwon 2015	0.44	72	82
Razek 2016	0.45	84.6	100
Klauser 2018	0.57	73.9	80

注:NR,未报道

表 3 CTS 患者与健康对照组 FA 值差异的 Meta 回归分析结果

异质因素	系数	标准误	P 值	95%CI
场强(T)	1.22	0.59	0.06	-0.08, 2.54
盲法	0.92	0.72	0.23	-0.68, 2.54
对照组年龄匹配	1.29	0.69	0.09	-0.25, 2.83
b 值(s/mm ²)	-0.59	0.93	0.54	-2.65, 1.48

表 4 CTS 患者与健康对照组 ADC 值差异的 Meta 回归分析结果

异质因素	系数	标准误	P 值	95%CI
场强(T)	-0.99	0.50	0.07	-2.09, 0.12
盲法	-0.78	0.63	0.24	-2.18, 0.62
对照组年龄匹配	-1.88	0.60	0.76	-1.52, 1.15
b 值(s/mm ²)	2.06	1.24	0.02	-2.13, 3.40

有重要价值,而 ADC 值还有待于增加样本量进一步研究,这与 Wang 等^[7]和 Brienza 等^[23]研究的结果类似,认为 FA 值较 ADC 值诊断 CTS 的准确性更好。本文纳入的 15 篇研究中,由于 DTI 用于判断病变严重程度分级的研究较少,不足以进一步作亚组分析。Hiltunen 等^[8]比较了 CTS 患者术前和术后 FA 和 ADC 值的差异,认为 DTI 可用于评价 MN 损伤后修复情况。

不同的解剖水平的参数测量对诊断 CTS 也有影响。Guggenberger 等报道 MN 的 FA 值从腕管近端到远端呈下降趋势^[10]。有研究认为豌豆骨水平(即腕管入口)测量的 FA 值诊断 CTS 的准确性更高,能较好地反映 MN 的微观结构改变,这与传统 MRI 测量的 MN 横截面积的诊断结果一致^[10, 24]。陈汉东等^[25]在 CTS 患者手术探查中也证实, MN 进入腕管时均有肿胀、增粗,在腕管中、远段而变扁平。在所检索到的文献中,只有少数研究做了 MN 的 FA 值诊断 CTS 的 ROC 曲

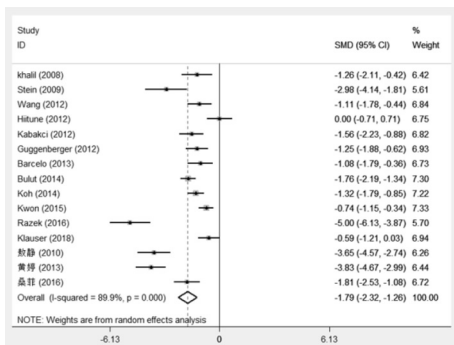


图 2 CTS 患者与健康对照组 MN 的 FA 值差异的森林图

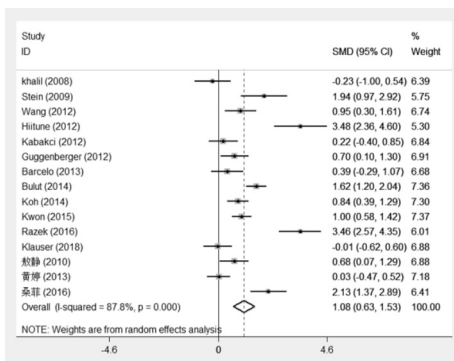


图 3 CTS 患者与健康对照组 MN 的 ADC 值差异的森林图

线分析。Kabakci 等^[9]发现,当 FA 值取 0.55 时,诊断 CTS 的敏感性为 80.7%,特异性为 80%;Razek 等^[15]的研究指出,当 FA 值为 0.44,诊断 CTS 的敏感性和特异性分别为 84.6%和 100%。

异质性检验结果显示, $I^2_{FA} = 89.9\%$, $I^2_{ADC} = 87.8\%$, 提示存在比较明显的异质性。笔者采用 Meta 回归分析的方法对异质性来源进行探讨,从可能影响异质性的因素(场强、盲法、对照组年龄匹配、b 值)中筛选出场强可能为异质性的影响因素,b 值为合并 ADC 值异质性来源之一。MR 场强大小和 DTI 扫描参数的不同,使得 MRI 图像质量存在差异,可能会对参数值的测量带来一定的偏倚。有研究报道,正常人群 MN 的 FA 值随着年龄的增加减小,且 ADC 值增加^[8,10],这一结论在中枢神经系统中也得到类似结果^[26]。一些研究中对对照组的年龄并未与病例组患者年龄进行匹配,这在一定程度上也会为合并结果带来偏倚。未来,采取统一标准化的扫描方案,将使研究结果更为可靠。

综上所述,通过定量测量腕管内 MN 的 FA 和 ADC 值来评价 CTS MN 的微观结构改变,较常规 MRI 能提供更多有价值的信息,可应用于 CTS 的临床诊断。

参考文献:

[1] HERMIZ S J, KALLIAINEN L K. Evidence-based medicine: current evidence in the diagnosis and management of carpal tunnel syndrome[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2017, 140(1): 120-129. DOI: 10.1097/PRS.0000000000003477.

[2] 王姗姗, 陈立光, 王光彬, 等. MR 扩散加权神经成像显示腕掌部正中神经和尺神经及其分支的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2014, 48(8): 686-689. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2014.08.016.

[3] 李欢, 王龙胜, 郑穗生, 等. 3.0T MR DTI 及 DTT 对正常青年人腕管内正中神经的定量分析[J]. *实用放射学杂志*, 2017, 33(3): 434-437. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2017.03.029.

[4] STANG A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses[J]. *Eur J Epidemiol*, 2010, 25(9): 603-605. DOI: 10.1007/s10654-010-9491-z.

[5] KHALIL C, HANCART C, LE THUC V, et al. Diffusion tensor imaging and tractography of the median nerve in carpal tunnel syndrome: preliminary results[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18(10): 2283-2291. DOI: 10.1007/s00330-008-0971-4.

[6] STEIN D, NEUFELD A, PASTERNAK O, et al. Diffusion tensor imaging of the median nerve in healthy and carpal tunnel syndrome subjects[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2009, 29(3): 657-662. DOI: 10.1002/jmri.21553.

[7] WANG C K, JOU I M, HUANG H W, et al. Carpal tunnel syndrome assessed with diffusion tensor imaging: comparison with electrophysiological studies of patients and healthy volunteers[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(11): 3378-3383. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.01.008.

[8] HILTUNEN J, KIRVESKARI E, NUMMINEN J, et al. Pre-and post-operative diffusion tensor imaging of the median nerve in carpal tunnel syndrome[J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(6): 1310-1319. DOI: 10.1007/s00330-012-2381-x.

[9] KABAKCI N T, KOVANLIKAYA A, KOVANLIKAYA I. Tractography of the median nerve[J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2009, 13(1): 18-23. DOI: 10.1055/s-0029-1202241.

[10] GUGGENBERGER R, MARKOVIC D, EPPENBERGER P, et al. Assessment of median nerve with MR neurography by using diffusion-tensor imaging: normative and pathologic diffusion values[J]. *Radiology*, 2012, 265(1): 194-203. DOI: 10.1148/radiol.12111403.

[11] BARCELO C, FARUCH M, LAPEGUE F, et al. 3-T MRI with diffusion tensor imaging and tractography of the median nerve[J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(11): 3124-3130. DOI: 10.1007/s00330-013-2955-2.

[12] BULUT H T, YILDIRIM A, EKMEKCI B, et al. The diagnostic and grading value of diffusion tensor imaging in patients with carpal tunnel syndrome[J]. *Acad Radiol*, 2014, 21(6): 767-773. DOI: 10.1016/j.acra.2014.02.009.

[13] KOH S H, KWON B C, PARK C, et al. A comparison of the performance of anatomical MRI and DTI in diagnosing carpal tunnel syndrome[J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(11): 2065-2073. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.08.007.

[14] KWON B C, KOH S H, HWANG S Y. Optimal parameters and location for diffusion-tensor imaging in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a prospective matched case-control study[J]. *AJR*, 2015, 204(6): 1248-1254. DOI: 10.2214/AJR.14.13371.

[15] RAZEK A A, SHABANA A A, EL S T, et al. Diffusion tensor imaging of mild-moderate carpal tunnel syndrome: correlation with nerve conduction study and clinical tests[J]. *Clin Rheumatol*, 2016, 36(10): 2319-2324. DOI: 10.1007/s10067-016-3463-y.

[16] KLAUSER A S, ABD E M, KREMSER C, et al. Carpal tunnel syndrome assessment with diffusion tensor imaging: value of fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(3): 1111-1117. DOI: 10.1007/s00330-017-5046-y.

[17] 敖静. 腕管内正中神经的 MR 弥散张量成像的初步研究[D]. 大连: 大连医科大学影像医学与核医学, 2010.

[18] 黄婷, 黄波, 黄国忠, 等. 腕管综合症的 3.0T 扩散张量成像与电生理的对照研究[J]. *临床放射学杂志*, 2013, 32(5): 694-699. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2013.05.005.

[19] 桑菲, 陈军, 敖亚雯, 等. 扩散张量成像对腕管综合症的诊断及疗效评估[J]. *华南国防医学杂志*, 2016, 30(10): 635-639. DOI: 10.13730/j.issn.1009-2595.2016.10.004.

[20] 邹彩云. 扩散成像技术在周围神经病变的应用进展[J]. *放射学实践*, 2016, 31(3): 278-280. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.03.019.

[21] 王林, 徐俊峰, 龚沈初, 等. 肘部尺神经扩散张量成像技术参数优化的研究[J]. *实用放射学杂志*, 2016, 32(8): 1293-1296. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2016.08.034.

[22] 穆庆华, 孙英彩, 彭志刚, 等. 腰骶神经病变扩散张量成像的可行性评估[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(12): 954-959. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.12.013.

[7] PRIEST J R, WILLIAMS G M, HILL D A, et al. Pulmonary cysts in early childhood and the risk of malignancy [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2009, 44(1): 14-30. DOI: 10.1002/ppul.20917.

[8] NASR A, HIMIDAN S, PASTOR A C, et al. Is congenital cystic adenomatoid malformation a premalignant lesion for pleuropulmonary blastoma? [J]. *J Pediatr Surg*, 2010, 45(6): 1086-1089. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2010.02.067.

[9] ZANGWILL B C, STOCKER J T. Congenital cystic adenomatoid malformation within an extralobar pulmonary sequestration [J]. *Pediatr Pathol*, 1993, 13(3): 309-315. DOI: 10.3109/15513819309048218.

[10] SHAMJI F M, SACHS H J, PERKINS D G. Cystic disease of the lungs [J]. *Surg Clin North Am*, 1988, 68(3): 581-620. DOI: 10.1016/S0039-6109(16)44535-4.

[11] CONRAN R M, STOCKER J T. Extralobar sequestration with frequently associated congenital cystic adenomatoid malformation, type 2: report of 50 cases [J]. *Pediatr Dev Pathol*, 1999, 2(5): 454-463. DOI: 10.1007/s100249900149.

[12] MCLEAN S E, PFEIFER J D, SIEGEL M J, et al. Congenital cystic adenomatoid malformation connected to an extralobar pulmonary sequestration in the contralateral chest: common origin? [J]. *J Pediatr Surg*, 2004, 39(8): 13-17. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2004.04.044.

[13] RIEDLINGER W F, VARGAS S O, JENNINGS R W, et al. Bronchial atresia is common to extralobar sequestration, intralobar sequestration, congenital cystic adenomatoid malformation, and lobar emphysema [J]. *Pediatr Dev Pathol*, 2006, 9(5): 361-373. DOI: 10.2350/06-01-0023.1.

[14] VOLPE M V, CHUNG E, ULM J P, et al. Aberrant cell adhesion molecule expression in human bronchopulmonary sequestration and congenital cystic adenomatoid malformation [J]. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 2009, 297(1): L143-L152. DOI: 10.1152/ajplung.90618.2008.

[15] KANG M, KHANDEWAL N, OJILI V, et al. Multidetector CT angiography in pulmonary sequestration [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2006, 30(6): 926-932. DOI: 10.1097/01.rct.0000224626.94703.61.

[16] HERNANZ-SCHULMAN M, JOHNSON J E, HOLCOMB G W 3rd, et al. Retroperitoneal pulmonary sequestration: imaging findings, histopathologic correlation, and relationship to cystic adenomatoid malformation [J]. *AJR*, 1997, 168(5): 1277-1281. DOI: 10.2214/ajr.168.5.9129426.

[17] 刘 锋, 关 键, 刘树学, 等. 胎儿肺隔离症的 MRI 诊断 [J]. *放射学实践*, 2014, 29(5): 560-563. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.05.025.

(收稿日期: 2018-01-25; 修回日期: 2018-02-23)

=====

(上接第 80 页)

[23] BRIENZA M, PUJIA F, COLAIACOMO M C, et al. 3T diffusion tensor imaging and electroneurography of peripheral nerve: a morphofunctional analysis in carpal tunnel syndrome [J]. *J Neuroradiol*, 2014, 41(2): 124-130. DOI: 10.1016/j.neurad.2013.06.001.

[24] 程增辉, 吴晓天, 初殿伟, 等. 特发性腕管综合症的弥散加权磁共振成像表现 [J]. *中国临床医学*, 2017, 24(4): 664-667. DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20160857.

[25] 陈汉东, 王和驹, 吴开丘, 等. MRI 在腕管综合征中的临床应用 [J]. *海南医学*, 2013, 24(11): 1671-1672. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2013.11.0693.

[26] 倪建明, 张追阳, 张威江, 等. 正常脑老化过程中脑组织弥散各向异性的变化规律研究 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2013, 19(4): 307-311. DOI: 10.19627/j.cnki.cn31-1700/th.2013.04.004.

(收稿日期: 2018-04-13; 修回日期: 2018-05-01)

-----◆-----

(上接第 84 页)

[12] BAUDIN P Y, MARTY B, ROBERT B, et al. Qualitative and quantitative evaluation of skeletal muscle fatty degenerative changes using whole-body Dixon nuclear magnetic resonance imaging for an important reduction of the acquisition time [J]. *Neuromuscul Disord*, 2015, 25(10): 758-763. DOI: 10.1016/j.nmd.2015.07.010.

[13] BURAKIEWICZ J, SINCLAIR C D J, FISCHER D, et al. Quantifying fat replacement of muscle by quantitative MRI in muscular dystrophy [J]. *J Neurol*, 2017, 264(10): 2053-2067. DOI: 10.1007/s00415-017-8547-3.

(收稿日期: 2018-02-09; 修回日期: 2018-06-19)