

# 腰椎椎間板ヘルニアの外科的治療における完全内視鏡脊椎手術 (full-endoscopic spine surgery : FESS) と microendoscopic discectomy (MED) の比較

Comparison between Full-endoscopic Spine Surgery (FESS) and Microendoscopic Discectomy (MED) for the Treatment of Lumbar Disc Herniation

竹林 研人 古閑 比佐志

Kento Takebayashi, M.D., Hisashi Koga, M.D., Ph.D.

## Abstract

In this review article, we compare the operative outcomes and minimal invasiveness of full-endoscopic discectomy (FED) and microendoscopic discectomy (MED). Data were reviewed mainly from recent meta-analyses. We also summarized our previous experiences with FED and MED and attempted to clarify the differences between these two techniques. The operative outcomes were found to be almost identical in both groups. There were fewer postoperative complications with FED than with MED in both previous studies and in our experience. Furthermore, FED was superior to MED at preventing disc height loss, which is an indicator of postoperative disc degeneration. Therefore, we recommend FED as the first option for the treatment of lumbar disc herniation, because it has a better safety profile and is minimally invasive.

(Received : May 1, 2023 ; accepted : June 24, 2023)

## Key words

lumbar disc herniation (LDH), full-endoscopic spine surgery (FESS), full-endoscopic discectomy (FED), microendoscopic discectomy (MED), meta-analysis

## はじめに

腰椎椎間板ヘルニア (lumbar disc herniation : LDH) は自然退縮があり得るため、その基本治療は保存的治療である。膀胱直腸障害が認められる症例では48時間以内の緊急手術の適応となるが、下垂足などの高度な麻痺、オピオイド製剤や神経根ブロックなどでも緩和しない激しい疼痛に対しても早期の手術が検討される。それ以外では通常3カ月以上症状に改善がみられない場合は手術も検討されるが、外科的治療にもさまざまな方法がある。古典的には肉眼的手術が行われていたが、拡大鏡下

手術、顕微鏡下手術、microendoscopic discectomy (MED) などの内視鏡支援手術を経て、現在では完全内視鏡髓核摘出術 (full-endoscopic discectomy : FED) も LDH の手術の主役の1つになりつつある。本総説では、まずこれまでの文献から MED と FED の比較を行う。その後で、これまで筆者らが経験してきた MED と FED の治療成績を比較することで、FED の LDH 治療における立ち位置を明らかにしたい。

岩井 FESS クリニック / Department of Neurosurgery, Iwai FESS Clinic

連絡先 : 〒133-0056 江戸川区南小岩 8-18-4 岩井 FESS クリニック 古閑比佐志 [Address reprint requests to : Hisashi Koga, M.D., Ph.D., Department of Neurosurgery, Iwai FESS Clinic, 8-18-4 Minamikojiwa, Edogawa-ku, Tokyo 133-0056, Japan]

**Table 1 Summary of meta-analyses of comparisons between microendoscopic discectomy (MED) and full-endoscopic discectomy (FED) (a) and the interlaminar approach (ILA) and transforaminal approach (TFA) (b)**

a									
Author	Year	Number of studies	Number of cases	Conclusion					
				Recurrence	Reoperation	Leg pain	Low back pain	Operative outcome**	Complication
Feng F <sup>7),*</sup>	2017	29	3,146		FED > MED			FED > MED	FED < MED
Shi R <sup>4)</sup>	2019	18	2,161	FED = MED	FED > MED	FED = MED	FED < MED	FED = MED	FED = MED
Yu P <sup>6)</sup>	2019	8	805			FED < MED	FED < MED	FED > MED	
Chen X <sup>1),*</sup>	2019	18	2,273		FED > MED				FED = MED
Chen X <sup>2),*</sup>	2020	20	1,018	FED > MED	FED > MED				FED < MED
Zhao XM <sup>5)</sup>	2020	12	2,400	FED > MED	FED > MED				
Li WS <sup>3),*</sup>	2022	25	2,258					FED = MED	FED < MED

b									
Author	Year	Number of studies	Number of cases	Conclusion					
				Recurrence	Operative time	Radiation exposure	Intraoperative bleeding	Operative outcome**	Complication
Chen J <sup>25),***</sup>	2018	9	621		ILA < TFA	ILA < TFA	ILA = TFA	ILA = TFA	ILA = TFA
Huang Y <sup>23)</sup>	2020	13	974	ILA = TFA	ILA < TFA	ILA < TFA	ILA < TFA	ILA = TFA	ILA > TFA
He DW <sup>26)</sup>	2021	13	770		ILA < TFA	ILA < TFA		ILA = TFA	ILA = TFA
Jitpakdee K <sup>24)</sup>	2022	18	1,948	ILA = TFA	ILA < TFA	ILA < TFA	ILA = TFA	ILA < TFA	ILA = TFA

\* : These studies included analyses other than the MED and FED.

\*\* : Operative outcomes were evaluated using the Oswestry Disability Index (ODI), visual analog scale (VAS), Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores, success rate, and Macnab criteria.

\*\*\* : This study only analyzed L5/S1 lumbar disc herniation.

## MED と FED の比較—文献的考察

これまでに多くの比較論文やメタアナリシスがあるが、以下、代表的メタアナリシスからみえてくるポイントを紹介する。MED と FED の純粋な比較でない文献も含むが、Table 1 a に示したメタアナリシスを俯瞰すると、手術成績はほぼ同等である<sup>1-7)</sup>。再発率や再手術率が FED のほうが高い可能性があるが、その一方で合併症率は FED が低い可能性も示されている。術後短期の下肢痛や腰痛の改善率も FED のほうが良好で、発症から入院までの期間は FED のほうが短期であるとの解析結果が多い。

多くの研究が retrospective なものだが、prospective な randomized controlled trial (RCT) が中国から発表されている<sup>8,9)</sup>。Chen らによって 2018 年<sup>8)</sup>と 2020 年<sup>9)</sup>に、それぞれ *J Neurosurg Spine* と *Spine* に発表されたものである。2018 年の論文の中では、153 例 (MED 73 例, FED 80 例) の患者について術後 1 年までの治療成績を Oswestry Disability Index (ODI), MOS Short-Form 36-Item Health Survey (SF-36), EuroQol 5 Dimension (EQ-5D), 下肢痛と腰痛の Visual Analogue Scale (VAS) で比較している。1 週, 1 カ月, 3 カ月, 6 カ月, 1 年で、両者に有意差はなく、値は経時的に改善していた。合併症率は FED 13.75% に対して MED 16.44% ( $p=0.642$ )、再

発は FED 5 例 (6.25%) に対して MED 3 例 (4.11%) で、それぞれ有意差を認めなかった ( $p=0.818$ )。しかしながら、LDH を median type, paramedian type, far-lateral type に分けてサブ解析すると、FED [この論文では transforaminal approach (TFA) だけで解析している] の ODI における劣性が示されている。一方, far-lateral type では MED の劣性が示されている。FED が外側型の LDH に優位性を示すことは、これまで多数報告されており<sup>10)</sup>、筆者も経験している<sup>11)</sup>。しかしながら、この結果は、median type の大きな LDH はむしろ FED-TFA のよい適応であるとしてきた筆者らの報告とは相反する<sup>12)</sup>。続く 2020 年の論文では、241 例 (MED 122 例, FED 119 例) の 2 年後の手術成績を報告している。この論文でも総体での治療成績は変わらないが、median type LDH での FED の劣性を強調している。合併症率は FED 13.44% に対して MED 15.57% ( $p=0.639$ )、再発は FED 10 例 (8.40%) に対して MED 4 例 (4.10%) で有意差を認めなかった ( $p=0.167$ )。論文中での median type LDH での FED の劣性の原因としては、Choi ら<sup>13)</sup>の自験 10,228 例を解析した論文を参照し、incomplete removal を挙げている。

**Table 2 Annual number of incidents and accidents related to microendoscopic discectomy (MED) and full-endoscopic discectomy (FED) reported by the Japanese Orthopaedic Association**

		2018			2019			2020		
		Number of operation	Number of incident	Incidence (%)	Number of operation	Number of incident	Incidence (%)	Number of operation	Number of incident	Incidence (%)
MED	Intracanal	6,396	131	2	6,175	150	2.4	6,327	116	1.8
MED	Extracanal	793	9	1.1	709	10	1.4	729	6	0.8
Total		7,189	140	1.9	6,884	160	2.3	7,056	122	1.7
FED	ILA	1,688	19	1.1	1,472	17	1.2	1,447	11	0.8
FED	TFA	1,296	11	0.8	1,353	7	0.5	1,532	6	0.4
FED	PLA	547	3	0.5	344	0	0	520	2	0.4
Total		3,531	33	0.9	3,169	24	0.8	3,499	19	0.5
FED/MED (%)		49.1			46			49.6		

PLA : posterolateral approach

**Table 3 Operative outcomes of 373 patients with L4/5 lumbar disc herniation (LDH) who underwent microendoscopic discectomy (MED) or full-endoscopic discectomy (FED) during the same period (January 2016 to March 2020)**

	MED (n = 249)	FED (n = 124)	p-value
Operative time (min), mean (SD)	59.3 (27.0)	47.7 (19.9)	<0.001
Volume of removed nucleus pulposus (g), mean (SD)	0.65 (0.61)	1.03 (0.83)	<0.001
Frequency of laminectomy, n (%)	249 (100.0)	30 (24.2)	<0.001
Complications			
Dural tear, n (%)	6 (2.4)	0 (0)	0.18
Postoperative hematoma, n (%)	1 (0.4)	0 (0)	1
Recurrent LDH, n (%)	16 (6.4)	7 (5.6)	1
NRS at admission, mean (SD)	6.1 (2.3)	6.6 (2.3)	0.024
NRS at discharge, mean (SD)	1.2 (1.5)	1.4 (1.7)	0.4
ODI at admission, mean (SD)	43.4 (16.9)	44.0 (17.9)	0.76
ODI 1 year, mean (SD)	12.1 (12.7)	11.2 (10.9)	0.55
ODI 2 year, mean (SD)	10.5 (10.8)	12.0 (10.6)	0.29
EQ-5D at admission, mean (SD)	0.5 (0.2)	0.5 (0.2)	0.056
EQ-5D at 1 year, mean (SD)	0.9 (0.2)	0.8 (0.2)	0.63
EQ-5D at 2 years, mean (SD)	0.9 (0.1)	0.8 (0.1)	0.084

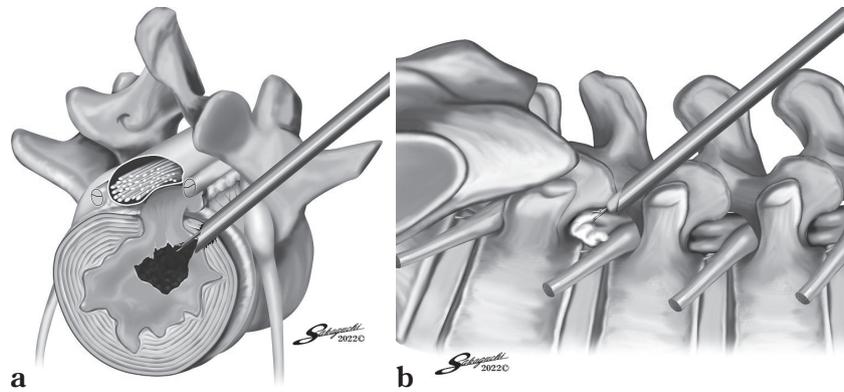
NRS : neumerical rating scale

## わが国におけるLDHに対するMEDとFEDでの治療比率

日本でどのくらいLDHに対してFEDが行われているかという統計はないが、日本整形外科学会から毎年報告されている「手術施行状況調査・インシデント報告集計結果」をみると、整形外科医によるFEDの手術件数が把握できる<sup>14,15)</sup>。それによると、2018～2020年のそれぞれの年の年間手術件数は、いずれも3,000件を超えていて、MEDのほぼ半数に相当する(**Table 2**)。インシデントの発生件数に関しても、先に示した海外のメタアナリシスの結果と合致し、FEDの安全性が示唆される。一方、これらの統計は、その手術成績には言及していない。そこで、筆者らは日本でのMEDとFEDの治療成績を比較解析し、*Global Spine Journal*へ投稿した<sup>16)</sup>。

## 筆者らの施設におけるMEDとFEDの手術成績比較

これまでのMEDとFEDの比較論文は、異なる椎間板レベルや脊柱管内外のLDHをまとめて解析していた。しかし、前述したように椎間孔および外側LDHはFED後側方到達法(posterolateral approach : PLA)に優位性があるので、これを除外した解析が適切と考えられる。また、患者の体格(椎間孔や椎弓間などのサイズに影響)やLDHのサイズ・migrationなども、手術の難易度に大きく影響するため、2群間でこれらの指標を合致させたうえでの解析が必要である。そこで筆者らは、2016年1月～2020年3月にMEDまたはFEDを行ったL4/5の脊柱管内のLDH 900例のうち、椎間孔および外側LDHを除外し、2年以上経過観察できた373例(MED 249例、



**Fig. 1** Schematic representation of two different approaches of full-endoscopic discectomy-transforaminal approach (FED-TFA)  
 a : Inside-out, b : Outside-in.

FED 124 例) で、下肢痛、ODI、EQ-5Dなどを比較した (Table 3)。その結果、患者背景に差のない2群間では、退院直後の下肢痛や1年後、2年後のODI、EQ-5Dの改善率はほぼ同等であった。その一方で、合併症はFED 0例に対してMED 7例、再発はFED 7例 (5.6%) MED 16例 (6.4%)であったが、いずれも有意差を認めなかった。さらに、有意差は認めなかったが、MEDでは6例にドレーンを留置していたにもかかわらず術後血腫を生じた。一方、FEDでは全例ドレーンなしでも血腫を生じなかったことは、メタアナリシスの安全性に関する結果と相違なかった。有意差を認めたのは、椎弓切除率・手術時間・術中出血量・在院日数で、いずれもFED群が優れていた。以上の結果から、手術成績に差はないが、低侵襲性という点でFEDがMEDに優っていると結論づけた。

われわれの解析では、メタアナリシスで示唆された「再発率や再手術率がFEDのほうが高い可能性」は見い出せなかった。その理由を考察するためにわれわれは全例で計測している摘出髄核の重量を2群間で比較した。その結果、髄核摘出量は、MEDで平均0.65g、FEDで平均1.03gと、FEDで有意に摘出量が多かった (Table 3)。Chenら<sup>8,9)</sup>のRCTの中で、FEDでの「incomplete removal」がmedian type LDHの治療成績劣性の原因である可能性が指摘されていることを前述したが、われわれの症例では、「incomplete removal」にならないよう摘出が行われていたものと考えられる。FEDでは椎弓切除などの外減圧が行われない率 (75.8%)が高いので、十分な髄核摘出が行われることが良好な治療成績に必要であることが示唆された。さらに付記したいのは、われわれのFED-TFAはinside-outでなくoutside-inによるfragmentectomy (椎間板内の正常な髄核は温存する方法)である

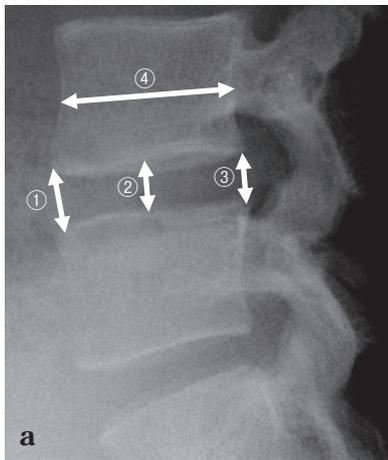
(Fig. 1)<sup>17,18)</sup>。したがって、術後の椎間板高の減少は比較的限局的である。

術後半年以降の椎間板高の減少に関して、同一術者 (古閑) がMEDとFEDの両方を行っていた時期 (2012年11月~2017年11月)において、術後6カ月以降にX線撮影可能だった66例 (MED 27例; 平均17カ月、FED 39例; 平均20カ月)を対象にInoueら<sup>19)</sup>の計測方法を用いて解析した (Fig. 2 a)。その結果、術後成績は同等だったが、FEDで椎間板高の減少が有意に抑えられていることがわかった (Fig. 2 b)<sup>20)</sup>。椎間板高の減少が椎間板変性の一つの指標であることを考えると、FEDは椎間板変性を生じにくい術式といえるかもしれない。

最新の椎間板切除術 (discectomy) 後の椎間板高の減少に関するメタアナリシスでは、10論文の589例で検討が行われている。経過観察期間は1~2.3年で、長期的にはまだ不明な部分も多いが、術後の椎間板高の減少は、術後の腰痛改善の程度と相関があったという<sup>21)</sup>。同様の結論はほかのメタアナリシスからも報告されているが<sup>22)</sup>、椎間板高減少の負の側面に関しても今後解析が進むことを期待する。

## FEDにおけるアプローチの使い分け

FEDがMEDとほぼ同様の治療成績を得られ、筋層のretraction、椎弓切除範囲・手術時間・術中出血量・在院日数などの点に加え、椎間板高減少などの抑制という点において低侵襲であることは間違いない。しかし、そのlearning curveはほかの手術手技に比し急峻でないため、しっかりと指導者のもとでじっくりとトレーニングを積むことが何より重要である。筆者らはすべてのLDHをFEDで治療しているが、FEDを始めたばかりの術者



	FED (n = 39)	MED (n = 27)	p-value
Age (years), median (IQR Q25-75)	46 (39-53)	44 (28-55)	0.25
Male sex, n (%)	25 (64.1%)	17 (63.0%)	0.92
Height (cm), median (IQR Q25-75)	168 (160-177)	164 (161-170)	0.44
BMI (kg/m <sup>2</sup> ), median (IQR Q25-75)	24.56 (21.48-26.23)	23.80 (20.08-26.77)	0.62
Smoking, n (%)	9 (23.1%)	8 (29.6%)	0.55
Volume of removed nucleus pulposus (g), median (IQR Q25-75)	0.60 (0.50-1.10)	0.80 (0.40-1.90)	0.17
Follow-up periods (months), median (IQR Q25-75)	20 (12-31)	17 (12-36)	0.98
Preoperative DHI, median (IQR Q25-75)	0.23 (0.19-0.29)	0.24 (0.22-0.27)	0.43
Postoperative DHI, median (IQR Q25-75)	0.22 (0.18-0.27)	0.22 (0.20-0.24)	0.69
DHI ratio, median (IQR Q25-75)	0.94 (0.89-1.03)	0.90 (0.79-0.95)	<0.05

**Fig. 2 Radiographic measurements of the lumbar disc height (a) and the disc height change between microendoscopic discectomy (MED) and full-endoscopic discectomy (FED) performed by a single surgeon**

① : anterior disc height, ② : middle disc height, ③ : posterior disc height, ④ : sagittal diameter of the overlying vertebral body. Disc height = (① + ② + ③) / 3 mm. Disc height index (DHI) = disc height / ④. The interquartile range (IQR) Q25-75 indicates the spread of the middle 50% of the dataset. BMI : body mass index

は、難易度の高い症例に関しては術者がこれまで習得してきた最も慣れた術式で取り組むべきである。LDHは進行性の悪性疾患ではないので、安全に手術を完遂することが最も重要である。

FEDにはさまざまなアプローチがあるので、次にアプローチ選択に関して言及したい。Interlaminar spaceの広いL5/S1のLDHでは、interlaminar approach (ILA)が選択される場合が多い。Interlaminar spaceが狭く椎間孔の広いL3/4より高位のLDHに関しては、TFAが選択される場合が多い。いずれのアプローチでもhigh speed drillを用いて各スペースを拡大することで、摘出操作を容易にすることはできる。しかし、不必要な骨切除は「低侵襲」という本来のコンセプトに反するばかりか、手術時間の延長や思わぬトラブルの原因 (drillによる軟部組織損傷など) となる。

ILAとTFAの比較論文もすでに多数あるが、メタアナリシスも複数あるので紹介する<sup>23-26</sup>。4つのメタアナリシスをTable 1bに示すが、術後成績や合併症に関してはほぼ同等と考えてよいようだ。術中の放射線被曝に関しては、いずれの解析でもTFAが高いが、TFAの内視鏡設置までの操作手順を考えると十分納得できる結果である。一方、手術時間に関しては、すべての解析でTFAが有意に長いという結果であった。筆者の経験とは相反するため引用文献をみても、L5/S1でのTFAの論文が多数引用されていた。海外からの論文がほとんどだが、脊柱管内のLDHに対してL5/S1でTFAを行うと、上関節突起のdrillによる切除などが必須であり、手術時間が延長することは避けられない。その観点からは不適切な

アプローチ選択がなされているといえよう。

アプローチ選択にどのような因子が関与しているか明らかにするために、筆者らの施設で同時期に行ったFEDの術前画像所見などを詳細に解析した<sup>27</sup>。ILAかTFAかアプローチ選択に最も悩む脊柱管内のL4/5 LDH (ILA 15例、TFA 105例) に絞って解析を行った (Table 4)。2年間フォローしてNRS、ODI、EQ-5Dでのoutcome評価に差はなかった。また、合併症もなく再発率にも差がなかった。しかし、手術時間はメタアナリシスと異なり、ILAで有意に長かった。これはL5/S1と異なり、L4/5の場合どうしてもILAで椎弓切除が必要になる症例が多い (63.2%)<sup>27</sup>。一方、TFAでは椎間孔拡大が不要な場合が多かったためである (82.9%)。

同様の手術成績を得るために、アプローチ選択に術者のバイアスが入っているはずだが、それを明らかにするため術前画像をさまざまな観点から解析してみた (Fig. 3)<sup>27</sup>。その結果、LDHの特徴としては、腋下にあって尾側にmigrationしている症例でILAを選択していた。また、椎弓の形状としては、椎弓間幅が広く、L4椎弓下縁にconcaveがある症例でILAを選択していた。一方、椎間孔が広く、腸骨稜が低い、median type LDHに対してTFAを選択していた。これらの術者のバイアスは、LDHに到達しやすく、摘出に際して神経のretractionが最も少ない方法を選んでいるというもので、まったく理にかなっている。Drillを使って一部椎弓根切除を行ったり、曲がりの鉗子なども用いれば、尾側にmigrationした髄核も摘出できないわけではない。しかし、椎弓根切除で切除面から出血すると、その止血は難渋することがあ

**Table 4 Demographic data and comparative analysis of radiological findings between the interlaminar approach (ILA) and the transforaminal approach (TFA) performed at the Iwai Orthopaedic Hospital**

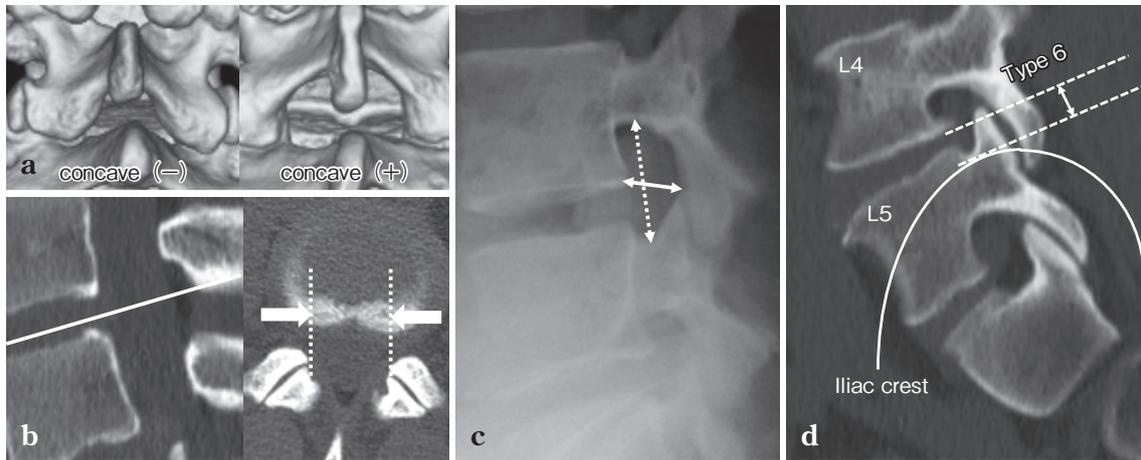
	ILA (n = 19)	TFA (n = 105)	p value
Age (years), mean (SD)	46.4 (17.0)	44.8 (14.9)	0.69
Male sex, n (%)	16 (84.2%)	69 (65.7%)	0.18
Body height (cm), mean (SD)	173.2 (8.0)	166.7 (7.4)	<0.001
Body weight (kg), mean (SD)	72.2 (13.6)	64.6 (13.5)	0.03
BMI, mean (SD)	23.7 (3.3)	23.1 (3.9)	0.55
Operative time (min), mean (SD)	67.2 (21.5)	44.2 (17.5)	<0.001
Frequency of laminectomy, n (%)	12 (63.2%)	18 (17.1%)	<0.001
Volume of removed nucleus pulposus (g), mean (SD)	0.71 (0.67)	1.08 (0.85)	0.07
Intraoperative bleeding (ml), mean (SD)	3.7 (2.2)	6.5 (29.0)	0.68
Postoperative hospital stay (days), mean (SD)	1.5 (0.9)	1.5 (0.9)	0.98
Complications	0 (0)	0 (0)	1
Recurrent LDH, n (%)	2 (10.5%)	5 (4.8%)	0.29
LDH type, n (%)			
Central	4 (21.1%)	50 (47.6%)	0.03
Ventral	12 (63.2%)	51 (48.6%)	
Axillary	3 (15.8%)	4 (3.8%)	
Size of LDH*			
Mean	0.50	0.53	0.28
SD	0.12	0.15	
LDH migration			
(-)	1 (5.3%)	30 (28.6%)	0.06
Near-migration	zone 2/3	15 (78.9%)	64 (61.0%)
Far-migration	zone 1/4	3 (15.8%)	11 (10.5%)
Configuration of L4 vertebral lamina			
Concave +	15 (78.9%)	23 (21.9%)	<0.001
Concave -	4 (21.1%)	82 (78.1%)	
Width of interlaminar space			
Mean (mm)	25.05	20.64	<0.001
SD	3.31	3.20	
Vertebral foramen			
Height			
Mean (mm)	18.11	19.26	0.07
SD	2.77	2.47	
Width			
Mean (mm)	8.98	10.24	0.02
SD	2.44	2.18	
Iliac crest position, n (%)			
Type 6	12 (63.2%)	35 (33.7%)	0.02
≤Type 5	7 (36.8%)	69 (66.3%)	

\* : The lumbar disc herniation (LDH) size was calculated using the ratio of the height of the protrusion to the anteroposterior diameter of the spinal canal (max = 1)<sup>29)</sup>.

る。また、曲がりの鉗子は、その適切な使用方法に熟練を要するので、尾側に migration した髄核は、ILA で尾側の椎弓上縁を切除して直視下に摘出するのが安全で適切といえよう。文献的にも同様の見解が報告されている<sup>28)</sup>。逆に、中心性の大きな髄核を ILA で摘出しようとすると、硬膜管の強い retraction は避けられない。TFA で摘出すると、硬膜管を retraction することなく短時間で安全に摘出できることは、すでに筆者らが報告している<sup>12)</sup>。

これまでの解析から、経験の浅い術者が FED を適応すべき症例とアプローチをまとめると以下のような

る。FED は内視鏡を片手で把持しながら操作する必要がある。内視鏡の把持は ILA より TFA のほうが容易なので、まず TFA から開始すべきである。TFA に関しては、①椎間孔が広く、②単純 X 線撮影側面像で腸骨翼が椎間孔にかぶらない、③頭尾側への髄核の migration が軽度な LDH がよい適応と考える。上記を満たしても、椎間孔部 MRI 矢状断像で太い血管や神経の破格が疑われる例は、ILA を選択すべきである。一方、ILA に関しては、①椎間幅が広く、②上位椎弓下縁の形状が concave + で、③サイズが比較的小さい片側性の LDH がよい適応と考える。腋下に migration した症例は ILA のよい適応



**Fig. 3 Preoperative radiological findings for the vertebral lamina, vertebral foramen, and iliac crest**

- a : A concave ( - ) shape was defined as a straight caudal margin of the upper vertebral laminae (CM-UVL), as evaluated using three-dimensional computed tomography (CT), whereas a concave ( + ) shape was defined as a CM-UVL with measurable concavity.
- b : The interlaminar space width was calculated using axial CT and determined as the widest distance between the bilateral facet joints at the corresponding disc level (between the two white arrows).
- c : Foraminal height was measured as the maximum distance between the inferior margin of the pedicle of the superior vertebra and the superior margin of the pedicle of the inferior vertebra (dotted line). The foraminal width was measured as the shortest distance between the superior edge of the superior articular process of the caudal vertebra and the posterior edge of the inferior endplate of the cranial vertebra (solid line).
- d : The highest point of the iliac crest was classified using Choi's classification. Type 6 is the point between the upper margin of the L5 pedicle and the lower endplate of the L4 vertebral body. We classified the findings as types 1-5 and defined type 6 as high iliac crest.

であるが、腋下を分けて髄核に到達するのに技術を要するため、少し経験を積んでからが望ましい。また、高齢者で黄色靭帯肥厚による狭窄を伴うLDHの場合も、肥厚した靭帯の処理に技術を要し、やはり経験が必要である。

## おわりに

従来法の代表としてMEDを例に挙げ、FEDとの比較を行った。治療成績がほぼ同等であることから、術者が習熟した方法で安全第一に実施されることが患者にはいちばんメリットがあると考えられる。付加価値的低侵襲性（在院日数の減少、小さな傷、筋層や骨への負担軽減、術中低出血量、椎間板高減少の抑制など）を求める患者に対してはFEDが適しているが、手術手技に習熟するまでは適切な指導医の下、安全を担保して実施してもらいたい。

## 利益相反開示

申告すべきCOIはございません。

## 文献

- 1) Chen X, Chamoli U, Lapkin S, et al : Complication rates of different discectomy techniques for the treatment of lumbar disc herniation : a network meta-analysis. *Eur Spine J* 28 : 2588-2601, 2019
- 2) Chen X, Chamoli U, Vargas Castillo J, et al : Complication rates of different discectomy techniques for symptomatic lumbar disc herniation : a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 29 : 1752-1770, 2020
- 3) Li WS, Yan Q, Cong L : Comparison of endoscopic discectomy versus non-endoscopic discectomy for symptomatic lumbar disc herniation : A systematic review and meta-analysis. *Global Spine J* 12 : 1012-1026, 2022
- 4) Shi R, Wang F, Hong X, et al : Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microendoscopic discectomy for the treatment of lumbar disc herniation : a meta-analysis. *Int Orthop* 43 : 923-937, 2019
- 5) Zhao XM, Yuan QL, Liu L, et al : Is it possible to replace microendoscopic discectomy with percutaneous transforaminal discectomy for treatment of lumbar disc herniation? A meta-analysis based on recurrence and revision rate. *J Korean Neurosurg Soc* 63 : 477-486, 2020
- 6) Yu P, Qiang H, Zhou J, et al : Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus micro-endoscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Med Sci Monit* 25 : 2320-2328, 2019
- 7) Feng F, Xu Q, Yan F, et al : Comparison of 7 surgical interventions for lumbar disc herniation : A network meta-analysis. *Pain Physician* 20 : E863-E871, 2017
- 8) Chen Z, Zhang L, Dong J, et al : Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy compared with microendoscopic dis-

- ectomy for lumbar disc herniation : 1-year results of an ongoing randomized controlled trial. *J Neurosurg Spine* **28** : 300-310, 2018
- 9) Chen Z, Zhang L, Dong J, et al : Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation : Two-year results of a randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)* **45** : 493-503, 2020
  - 10) Sasani M, Ozer AF, Oktenoglu T, et al : Percutaneous endoscopic discectomy for far lateral lumbar disc herniations : prospective study and outcome of 66 patients. *Minim Invasive Neurosurg* **50** : 91-97, 2007
  - 11) Yokosuka J, Oshima Y, Kaneko T, et al : Advantages and disadvantages of posterolateral approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Spine Surg* **2** : 158-166, 2016
  - 12) Kondo M, Oshima Y, Inoue H, et al : Significance and pitfalls of percutaneous endoscopic lumbar discectomy for large central lumbar disc herniation. *J Spine Surg* **4** : 79-85, 2018
  - 13) Choi KC, Lee JH, Kim JS, et al : Unsuccessful percutaneous endoscopic lumbar discectomy : a single-center experience of 10,228 cases. *Neurosurgery* **76** : 372-380, 2015 ; discussion 80-81 ; quiz 81
  - 14) 二階堂琢也 : 脊椎内視鏡下手術の現状—2019年1月~12月手術施行状況調査・インシデント報告集計結果. *日整会誌* **95** : 53-60, 2021
  - 15) 二階堂琢也 : 脊椎内視鏡下手術の現状—2021年1月~12月手術施行状況調査・インシデント報告集計結果. *日整会誌* **97** : 65-73, 2023
  - 16) Fujita M, Inui T, Oshima Y, et al : Comparison of the Outcomes of Microendoscopic Discectomy Versus Full-Endoscopic Discectomy for the Treatment of L4/5 Lumbar Disc Herniation. *Global Spine J* 21925682221127997, 2022
  - 17) Choi G, Lee SH, Deshpande K, et al : Working channel endoscope in lumbar spine surgery. *J Neurosurg Sci* **58** : 77-85, 2014
  - 18) Choi G, Lee SH, Bhanot A, et al : Percutaneous endoscopic discectomy for extraforaminal lumbar disc herniations : extraforaminal targeted fragmentectomy technique using working channel endoscope. *Spine (Phila Pa 1976)* **32** : E93-E99, 2007
  - 19) Inoue H, Ohmori K, Miyasaka K, et al : Radiographic evaluation of the lumbosacral disc height. *Skeletal Radiol* **28** : 638-643, 1999
  - 20) Fujita M, Kitagawa T, Hirahata M, et al : Comparative study between full-endoscopic discectomy and microendoscopic discectomy for the treatment of lumbar disc herniation. *Medicina (Kaunas)* **56** : 710, 2020
  - 21) Zheng Y, Lan T, Chen X, et al : Correlation between pain scores and disc height changes after discectomy in patients with lumbar disc herniation : A systematic review and meta-analysis. *Comput Intell Neurosci* **2022** : 2580004, 2022
  - 22) Chen X, Sandhu HS, Vargas Castillo J, et al : The association between pain scores and disc height change following discectomy surgery in lumbar disc herniation patients : a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* **30** : 3265-3277, 2021
  - 23) Huang Y, Yin J, Sun Z, et al : Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for LDH via a transforaminal approach versus an interlaminar approach : a meta-analysis. *Orthopade* **49** : 338-349, 2020
  - 24) Jitpakdee K, Liu Y, Kotheeranurak V, et al : Transforaminal versus interlaminar endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation : A systematic review and meta-analysis. *Global Spine J* 21925682221120530, 2022
  - 25) Chen J, Jing X, Li C, et al : Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5S1 lumbar disc herniation using a transforaminal approach versus an interlaminar approach : A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* **116** : 412-420.e2, 2018
  - 26) He DW, Xu YJ, Chen WC, et al : Meta-analysis of the operative treatment of lumbar disc herniation via transforaminal percutaneous endoscopic discectomy versus interlaminar percutaneous endoscopic discectomy in randomized trials. *Medicine (Baltimore)* **100** : e23193, 2021
  - 27) Takebayashi K, Oshima Y, Fujita M, et al : Comparison of the interlaminar and transforaminal approaches for full-endoscopic discectomy for the treatment of L4/5 lumbar disc herniation. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **63** : 313-320, 2023
  - 28) Zhao Q, Xiao L, Wu Z, et al : Comparison of the efficacy of fully endoscopic spine surgery using transforaminal and interlaminar approaches in the treatment of prolapsed lumbar 4/5 disc herniation. *J Orthop Surg Res* **17** : 391, 2022
  - 29) Tonosu J, Oshima Y, Shibo R, et al : Consideration of proper operative route for interlaminar approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Spine Surg* **2** : 281-288, 2016