

特集 麻酔科学の領域の広がり

ペインクリニックにおける最近の動向

昭和大学医学部麻酔科学講座

信太 賢治

はじめに

日本でペインクリニックが創設されてから50年以上が経過した。この間、痛み関連の基礎や治療に関する進展は目覚ましい。痛みはその要因から侵害受容性疼痛、神経障害性疼痛、心理社会的疼痛に分けられる。また、痛み（急性疼痛）は原因が治癒すると痛みも消失するが、原因が治癒した後も痛みが継続する場合は、慢性疼痛と呼ばれる。慢性疼痛は、急性疼痛の慢性化ではなく、さまざまな原因が複雑に関与する。特に難治性の慢性疼痛では、神経障害性疼痛や心理社会的な痛みが関係することが多い。最近の10年間でオピオイドを含めてさまざまな薬物が使用可能となった。また、新たな治療法も開発されてきた。リハビリテーションや心理的アプローチなどペインクリニック医師だけでは困難な治療も含まれ、多職種による介入も注目されている。

本稿では、近年注目されている慢性疼痛について、また痛みに対する薬物療法について、さらに新しいインターベンショナル治療について概説する。

1. 慢性疼痛

慢性疼痛の有病率は、米国では30.7%（2008～2009年）¹⁾、本邦では22.9%（推定2,300万人）（2009年）²⁾とされ、慢性疼痛の部位では腰、肩、膝などに多い。欧米では、慢性疼痛が社会的にも多大な損失と影響を与えることを医療経済学的に証明されており、本邦の統計（2011年）では、病気による労働生産性の低下による年間損失額は3兆3,600億円とされ、そのうち痛みによる損失額は3,700億円と推定されている³⁾。痛みの長期化は個人の問題だけではなく、社会的に大きな問題をもたらしている。このような背景から、慢性疼痛への対応が重要視さ

れ、2018年に慢性疼痛治療ガイドライン⁴⁾が作成された。

慢性疼痛の要因別分類として、侵害受容性疼痛、神経障害性疼痛、心理社会的疼痛があり、神経障害性または心理社会的な要因が強くなるほど治療に難渋することが多い。痛み刺激の長期的な曝露により、中枢神経系の機能変化をもたらすことも知られており、より一層難治化する可能性がある。慢性疼痛患者では、痛み以外にも多彩な症状を伴うことがある。抑うつ症状などはよく認められる症状であるが、痛みの難治化に伴い痛みに対するネガティブな感情など（痛みの破局的思考）が表れ、睡眠障害・日常生活動作の低下・社会活動の低下・家族関係の変化などをもたらす可能性もある（図1）⁵⁾。

慢性疼痛治療については、まず痛みの原因を特定することが大切である。痛みの原因によって治療目的や最終目標が異なってくる。一般的には、慢性疼痛は原因が除去された後も3か月以上継続する痛みであるが、痛みの原因が持続する三叉神経痛・片頭痛・関節リウマチなどでは、器質的な要因が主体であり治療に対する反応がよい。一方で、非器質的要因の関与が大きいほど、治療に抵抗することが多い。米国の慢性疼痛治療ガイドライン⁶⁾では、治療目的と目標を以下の様に定めている。①痛みのない状態にすることは困難であるとの認識を持って疼痛管理を最適化する。②機能的な能力、身体的・精神的健康を向上させる。③患者の生活の質を向上させる。④副作用を最小化する。

慢性疼痛の具体的な治療法には、心理療法、運動療法、薬物療法、神経ブロックなどのインターベンショナル治療などがある。特に難治性の痛みでは、まず日常生活の機能面に及ぼす痛みの影響を軽減させる必要がある。これらの治療は、ペインクリニッ

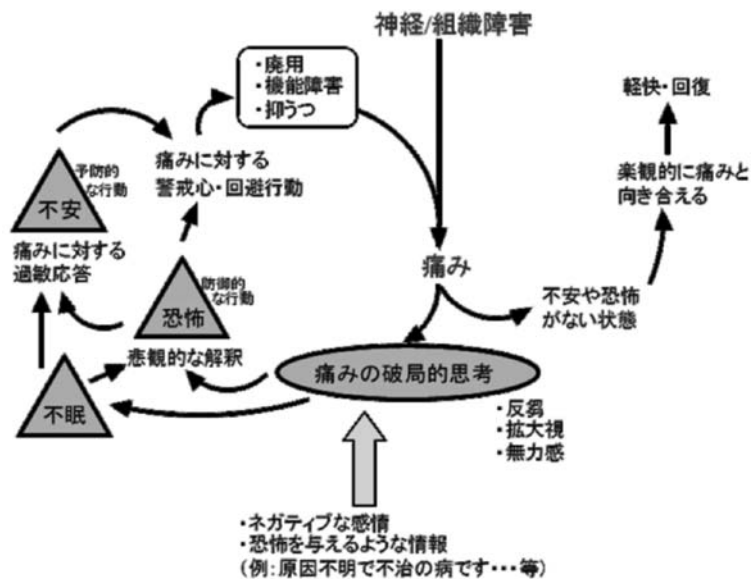


図1 痛みの恐怖回避モデル (文献5より引用一部改変)

ク医師だけでは困難な場合もあり、リハビリテーションや心理的なアプローチなど多職種の専門家による多面的な取り組みも必要である。

2. 進化する薬物療法

既述したように、痛みの要因別分類では、侵害受容性疼痛、神経障害性疼痛、心理社会的疼痛に分けられる。このうち、薬物療法が有効性を示すのは侵害受容性疼痛と神経障害性疼痛である。侵害受容性疼痛とは文字通り侵害受容器の興奮に基づく痛みで、その発症部位から体性痛と内臓痛に分けられる。組織傷害またはその危険性を有する侵害刺激が加わることによる痛みで、侵害受容器の機械的な刺激、熱刺激、化学的刺激による生理的な痛みと組織の炎症による痛みがある。薬物療法としては、非ステロイド性抗炎症薬 (NSAIDs) やアセトアミノフェンで対応できることが多い。

神経障害性疼痛は、IASP (国際疼痛学会) の定義 (2008年) では、体性感覚系に対する損傷や疾患によって直接的に引き起こされる痛みとされている⁷⁾。神経障害性疼痛は、末梢神経から大脳に至るまでのすべての神経系の障害によって発症し、侵害受容器の興奮を伴わない点が侵害受容性疼痛と大き

く異なる。神経障害性疼痛は発症部位から末梢性 (疼痛伝達系の1次ニューロンの障害) と中枢性 (脊髄から上位の障害) に分けられる。神経障害性疼痛は、難治性疼痛の代表的疾患群であり、NSAIDsなど通常の鎮痛薬の効果が殆ど期待できない。神経障害性疼痛は最近の10年間で特に注目され、さまざまな研究が行われてきた。2005年に発表されたエビデンスに基づいた神経障害性疼痛治療のアルゴリズム⁸⁾は、今まで経験的薬物療法が主体であった臨床現場に一石を投じた。以来、欧米などで神経障害性疼痛治療ガイドラインが公表され、本邦でもガイドラインが作成されている⁹⁾ (図2)。末梢性神経障害性疼痛の代表的な疾患として、帯状疱疹後神経痛や糖尿病性ニューロパチーなどがあり、中枢性神経障害性疼痛は、視床痛 (中枢痛)、脊髄損傷後痛などがある。

約10年前から、非がん性疼痛に使用できるさまざまな薬物が上市または適応追加されてきた (表1)。神経障害性疼痛治療ガイドライン第1版が作成された2011年当時は、推奨されている薬物でも保険適応外の薬物が多かったが、近年では多くの薬物が保険適応となった。各種神経障害性疼痛治療薬が使用可能となったことは、治療者・患者ともに有益である。

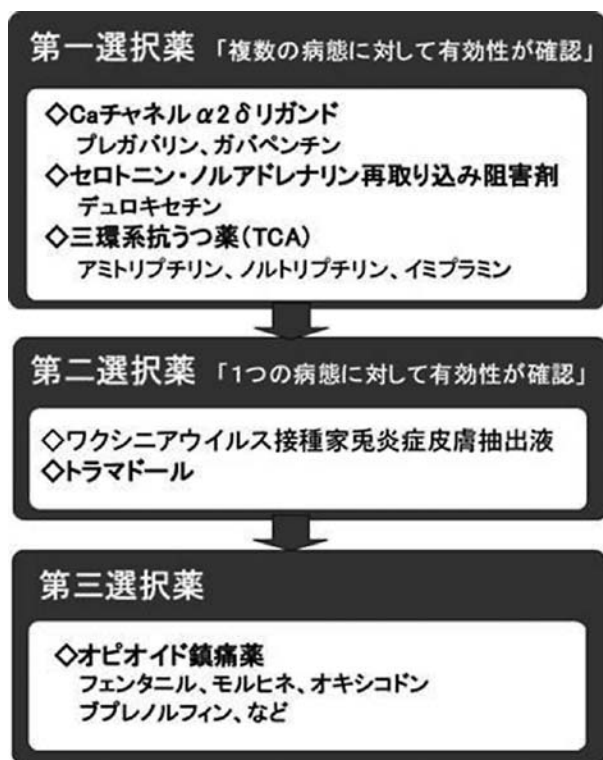


図 2 神経障害性疼痛 薬物療法 アルゴリズム
(文献9より引用)

しかし、これらの薬物は有効性に限界があり、副作用も比較的強い。薬物の有効性を示す指標の1つにNNT (number needed to treat) があるが、これは一人に治療効果 (50%痛みの軽減) を得るために何人を治療する必要があるかを示す指数で、少ないほうがより有効な薬剤となる。逆にNNH (number needed to harm) は、何人に投与したら1名の合併症を生じるかを示す指標で、大きいほうが安全な薬剤となる。NNTが低くNNHが高いほど有効性が高く安全な薬剤であり、NNTとNNHが近い場合は、副作用の発生率が高く安全域が低い薬剤となる。2005年の神経障害性疼痛アルゴリズムに引き続いて報告された2015年のメタ解析によるレビュー¹⁰⁾では、プレガバリンのNNTは7.7、NNHは13.9であり、治療効果が比較的低くNNTとNNHが近接している。三環系抗うつ薬であるアミトリプチリンのNNTは3.6、NNHは13.4と有効性が高く安全域が広い。SNRIのデュロキセチンのNNTは6.4、NNHは11.8でプレガバリンとアミトリプチリンの中間に位置する。このように個々の薬

剤の特徴を鑑みて薬剤の選択を行う必要もある。神経障害性疼痛第1選択薬であっても完全な除痛は困難であることを考慮し、副作用の発生を最小限に抑える必要がある。

がん性疼痛にしか保険適応のなかったオピオイド鎮痛薬も非がん性疼痛に使用可能となった。強い痛みにも苦しむ患者にとって朗報であることは間違いない。一方で、非がん性疼痛に対するオピオイド鎮痛薬の使用は、特に慎重でなければならない。米国では、非合法オピオイドを含むオピオイド薬による死亡者数は激増しており、2015年には3万人以上といわれている。そのため、米国では非がん性慢性疼痛に対する処方ガイドラインも作成されている¹¹⁾。本邦でも、同様のガイドライン¹²⁾が作成されており、適応患者の選択に関する要旨は以下の通りである。①持続する痛みの器質的原因が明白である。②オピオイド治療以外に有効な痛みの緩和手段がない。③オピオイド治療の目的が理解できている。④薬のアドヒアランスが良好である (服薬遵守できる)。⑤物質あるいはアルコール依存の既往がない。⑥心因性疼痛および精神心理的な問題・疾患が否定されている。さらに、慢性疼痛に対するオピオイドの長期投与の問題も懸念されており、性腺機能不全、免疫能の低下、腸機能障害、痛覚過敏、睡眠障害などを生じる可能性がある。

慢性疼痛や難治性疼痛に対して薬物治療を行う際には、痛みの要因が混在していることから、痛みの要因を同定し適切な薬剤を選択する。副作用により日常生活動作や生活の質を損なわないよう注意する。強オピオイドを選択する場合は、慎重に適応を判断し長期投与となることを念頭に置くことが大切となる。

3. 最新のインターベンショナル治療

ペインクリニックにおける特徴的な治療法として、神経ブロックをはじめとするインターベンショナル治療がある。これは非侵襲的な薬物療法と手術療法の中間に位置する低侵襲の治療法である。従来、ランドマーク法として盲目的に施行されてきた神経ブロック治療も、X線ガイド下、超音波ガイド下など補助装置を用いて施行することで、安全性や正確性が高まり、経験年数の少ない医師でも安全に神経ブロックができるようになってきた。一方で、新

表 1 非がん性疼痛に使用可能な新しい薬剤

日付	商品名	一般名	理由	作用
2007年 6月	セレコックス錠	セレコキシブ	薬価収載	COX-2 阻害薬
2010年 1月	デュロテップMT パッチ	フェンタニル貼付剤 (3日用)	効能追加 (非がん性慢性疼痛)	オピオイド鎮痛薬
2010年 6月	リリカカプセル	プレガバリン	薬価収載	Ca チャネル $\alpha 2\delta$ リガンド
2011年 1月	カロナール錠	アセトアミノフェン	用量拡大 (1.5 g \rightarrow 4 g)	(解熱から鎮痛へ)
2011年 7月	トラムセット配合錠	トラマドール+ アセトアミノフェン	薬価収載	弱オピオイド+ アセトアミノフェン
2011年 8月	ノルスパンテープ	ブプレノルフィン経皮吸収剤	薬価収載	拮抗性鎮痛薬 (オピオイド)
2012年 2月	サインバルタカプセル	デュロキセチン	効能追加 (糖尿病性神経障害)	SNRI (抗うつ薬)
2013年 6月	トラマールカプセル	トラマドール	効能追加 (非がん性慢性疼痛)	弱オピオイド
2013年11月	アセリオ静注液 1000 mg	アセトアミノフェン静注剤	投与経路追加 (静注)	(経口&坐剤不可)
2013年12月	ワンデュロパッチ	フェンタニル貼付剤 (1日用)	効能追加 (非がん性慢性疼痛)	オピオイド鎮痛薬
2014年 6月	フェントステープ	フェンタニル貼付剤 (1日用)	効能追加 (非がん性慢性疼痛)	オピオイド鎮痛薬
2014年11月	トラマール OD 錠	トラマドール口腔内崩壊錠	薬価収載	弱オピオイド
2014年11月	カロナール錠 500	アセトアミノフェン	薬価収載 (劇薬指定)	
2015年 5月	サインバルタカプセル	デュロキセチン	効能追加 (線維筋痛症)	SNRI
2015年 5月	ワントラム錠	トラマドール徐放性製剤	薬価収載	弱オピオイド
2015年 7月	トリプタノール錠	アミトリプチリン	効能追加 (末梢性神経障害性疼痛)	三環系抗うつ薬
2018年 2月	ガバペン錠	ガバペンチン	保険審査上承認 (神経障害性疼痛)	Ca チャネル $\alpha 2\delta$ リガンド

たなインターベンショナル治療が開発され、薬物治療や局所麻酔薬を用いた神経ブロックなどで対応の難しい難治性疼痛でも疼痛軽減を図れるようになってきた。以下に、新しいインターベンショナル治療を紹介する。

1) 脊髄刺激療法

脊髄刺激療法 (spinal cord stimulation : SCS) は、ゲートコントロール説に基づいて、Shealy¹³⁾が脊髄後索に電気刺激を行った1967年の報告に始まる。当初は技術的問題などからその有効性は不定であったが、数年前から機器の改良、技術の進歩、適応疾患などが整理され、難治性の神経障害性疼痛への有効性が確立されてきた。具体的には、脊髄刺激リードを硬膜外腔に留置して刺激装置 (implantable

pulse generator : IPG) を体内に埋め込み (図3)、刺激部位を痛みの部位に合致させ、通常は10~100 Hz 程度の電気刺激 (Tonic 刺激) を持続的に行うことで鎮痛を得る方法である。患者自身が感じる刺激感は、低い周波数であれば「トントン」などで、高い周波数であれば「ザー」というようなparesthesiaを感じ、痛みを感じにくくなる。鎮痛機序は、ゲートコントロール説だけでは説明がつかず、脊髄後角ニューロンの興奮抑制や下行性抑制系の賦活などが考えられている¹⁴⁾。

適応疾患は、薬物療法や神経ブロック治療に抵抗を示す難治性神経障害性疼痛で、FBSS (failed back surgery syndrome : 腰椎手術後の疼痛症候群)、複合性局所疼痛症候群 (complex regional pain

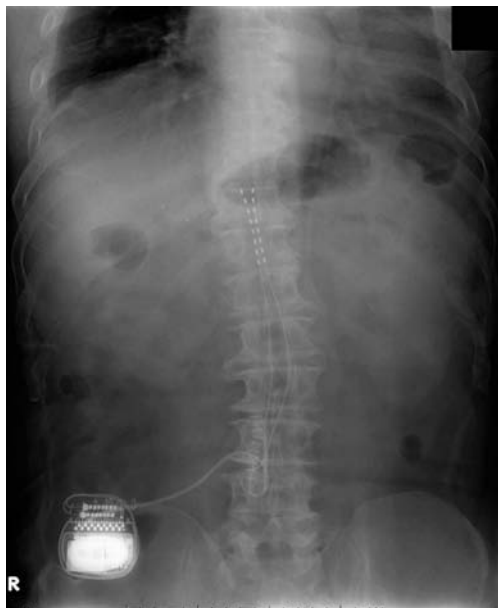


図 3 脊髄刺激リードと IPG の植込み



図 4 右 C4, 左 C5 に対する後枝内側枝高周波熱凝固法

syndrome : CRPS), 虚血性疼痛症候群, 幻肢痛・断端痛, 開胸術後疼痛症候群, 脊髄損傷関連痛, 脊柱管狭窄症などである。最近ではパーキンソン病に伴う筋骨格系疼痛や帯状疱疹関連痛にも有効性の報告が散見される^{15, 16)}。

近年, 高頻度刺激 (High-Frequency : HF), Burst 刺激 (BurstDR™) などの新たな刺激方法が開発された。高頻度刺激は最高 10,000 Hz (10 KHz) の超高周波刺激を行う機種もあり, Burst 刺激は内部周波数 500 Hz の 5 パルス刺激を 40 Hz の頻度で刺激する。これらの新しい刺激により従来痛みの軽減が得られなかった疾患・病態でも鎮痛を得られることが報告されており¹⁷⁾, 何らかの侵害受容性疼痛に有効性を示す可能性もある。Burst 刺激を含む高頻度刺激では刺激感がなく, Tonic 刺激とは異なる鎮痛機序が考えられている¹⁸⁾。

当科でも, SCS を幻肢痛・断端痛, 開胸術後疼痛症候群, 脊髄損傷後痛, パーキンソン病などの症例に施行し有効性を認めており, 従来の Tonic 刺激で無効であった症例でも Burst 刺激に変更して著効した症例も経験した。

2) 高周波熱凝固法・パルス高周波法

高周波熱凝固法 (radiofrequency thermocoagulation : RF) は, 高周波電流を用いて神経組織を熱凝固 (42 ~ 90℃) し, 神経の伝達機能を恒久的に

遮断する方法である。以前は, アルコールなどの神経破壊薬を用いていた方法であるが, 神経破壊薬による合併症を軽減できるようになった。具体的には, 高周波発生装置と通電部分が先端数 mm の特殊な針を用いて数十秒間の通電を行う。適応は, 三叉神経痛に対する神経遮断, 椎間関節症における後枝内側枝ブロック (図 4), 腰部交感神経節ブロックなどである。

パルス高周波法 (pulsed radiofrequency : PRF) は, 高周波電流を間欠的に通電することで温度の上昇を 42℃ 以下に押さえ, 電場を発生させることで神経に影響を及ぼさずに鎮痛を得る方法である。通常の神経ブロックと組み合わせたり, 単独で施行することで, 薬物による神経ブロック以上に長期的な効果を得る。頸椎神経根症, 腰仙椎神経根症などは良い適応となる。その他, 仙腸関節支配神経または関節内 PRF, 肩関節痛に対する肩甲上神経 PRF, 後頭神経 PRF などに有効性を認めている。近年では, 椎間板性腰痛に対する椎間板内 PRF で有効性を認める報告もある¹⁹⁾。

3) 椎間板疾患に対する治療法

椎間板ヘルニア, 椎間板症 (変性椎間板) などによる頸椎や腰椎の椎間板に由来する痛みで当科を受診する患者は多い。10 年以上前にペインクリニックでは, 椎間板由来の根性疼痛に対して椎間板内加

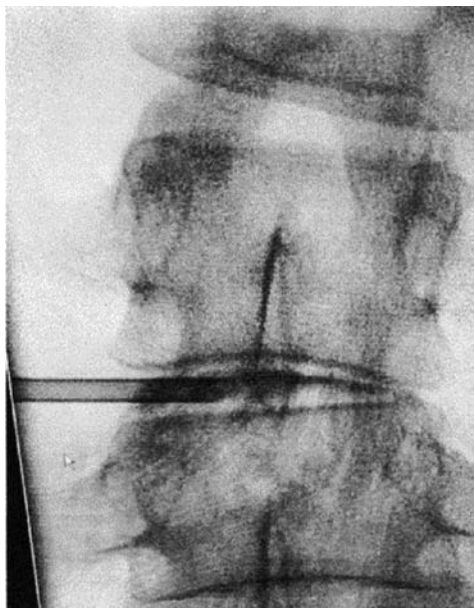


図 5 Disc-FX[®]カニューラの挿入

圧注入療法が隆盛を極めた時期があった。この方法は、椎間板内に薬剤を注入しヘルニア腫瘍部位の後縦靭帯を穿破し、神経根が除圧され痛みを軽減する方法である。劇的に症状が改善する症例もあることから、一時盛んに施行されてきた。しかし、適応や手技の選択を誤ると内部の髓核が脱出し、逆にヘルニアの増大を誘発する危険性がある²⁰⁾。そのため、近年では加圧療法ではなく、侵襲の少ない方法で椎間板内の減圧などを行う方法が開発されてきた。

2010年に保険適応となったデコンプレッサー[®]は、カニューレの外形が腰部用 1.5 mm・頸部用 1.0 mm と細く、少ない侵襲で経皮的に髓核摘出術が可能な機器である。一方で、外径が細い分だけ摘出できる髓核量も少ないため適応は限定される。

デコンプレッサー[®]と同時期に発売されたエリクエンス社製 Disc-FX[®]システムは、カニューレの外径は 3 mm とデコンプレッサー[®]より太いものの、経皮的髓核摘出術・髓核蒸散・線維輪形成術という異なる手技を同時に施行できるシステム化されたキット製品である。具体的には、従来の土方式経皮的髓核摘出術やデコンプレッサー[®]のように鉗子などを用いて髓核摘出を行った後、ラジオ波を用いて髓核を焼灼し蒸散させ、さらにラジオ波のモードを変えて後方線維輪を熱凝固し形成術を行うことができる。適応は、変性椎間板による椎間板性腰痛やヘルニアが後縦靭帯を穿破しない Contained type の椎間板ヘルニアである。整形外科で行う経皮的内視鏡下腰椎椎間板摘出術 (percutaneous endoscopic discectomy : PED) とは異なり、手技も簡便で低侵襲である。当科では、術後に再発した巨大腰椎椎間板ヘルニアに対して Disc-FX[®]を施行し、著効した症例も経験している (図 5)。

椎間板内酵素注入療法は、コンドリアーゼを直接椎間板内に注入し、髓核の主成分であるプロテオグリカンの保水能を低下させ、椎間板内圧を低下する新たな低侵襲の治療法である。適応は、Contained type の脱出型椎間板ヘルニアである。コンドリアーゼは 2018 年に薬価収載されたばかりで、今後の臨床成績が待たれる。

4) 硬膜外癒着剥離法
椎間板ヘルニア、脊柱管狭窄症、脊椎の手術などによる炎症反応は、硬膜外腔の癒着を引き起こす。この癒着を剥離することで、腰痛や神経根症の痛みの軽減をもたらすことが分かってきた。癒着剥離法として、生理食塩水を用いた硬膜外洗浄法、硬膜外腔内視鏡 (エピドラスコピー)、スプリングガイドカテーテル (Racz カテーテル[®]) などがある。硬膜外洗浄法は、硬膜外カテーテルを仙骨裂孔または椎間孔から病変部位に挿入し、造影・生理食塩水による洗浄・薬液投与 (局所麻酔薬、ステロイド) を行う方法で、比較的簡便に操作が可能であるが、カテーテルが柔らかく病変部位への誘導が困難なこともある。硬膜外内視鏡は、仙骨裂孔から内視鏡とビデオガイドカテーテルなどを挿入し、直視下に洗浄・癒着剥離・薬液投与が可能である。Racz カテーテル[®]は、ステンレス製のスプリングコイルで形成されたカテーテルで、通常の硬膜外カテーテルより操作性がよく、目的病変部位への誘導が行いやすい。また、癒着剥離を目的に使用する薬液は、高張食塩水とヒアルロニダーゼであり、この薬液により化学的に癒着部位の溶解を行う。2018 年より硬膜外腔癒着剥離術が新たに保険適用となり、今後 Racz カテーテル[®]による手技が普及する可能性がある。但し、本邦ではヒアルロニダーゼは認可されていない。

おわりに
ペインクリニック領域の臨床的な最近の動向を概

説した。医療分野の進歩は日進月歩であるが、痛みの分野は解明されていない領域も多く、発展途上である。数年後には新たな概念や治療法が加わっているかもしれない。

文 献

- 1) Johannes CB, Le TK, Zhou X, *et al.* The prevalence of chronic pain in United States adults: results of an Internet-based survey. *J Pain.* 2010;11:1230-1239.
- 2) 松平 浩, 竹下克志, 久野木順一, ほか. 日本における慢性疼痛の実態 Pain Associated Cross-sectional Epidemiological (PACE) survey 2009. JP. *ペインクリニック.* 2011;32:1345-1356.
- 3) 在日米国商工会議所 (ACCJ). ACCJ, 健康維持に関する意識調査を基に疾病による経済的損失額を試算. 疾病の予防, 早期発見および経済的負担に関する意識調査報告書. 報道資料. 2011年11月25日. (2018年11月21日アクセス) http://www.accj.or.jp/uploads/4/9/3/4/49349571/pr_health_j.pdf
- 4) 慢性疼痛治療ガイドライン作成ワーキンググループ編. 慢性疼痛治療ガイドライン. 東京: 真興交易医書出版部; 2018.
- 5) Leeuw M, Goossens ME, Linton SJ, *et al.* The fear-avoidance model of musculoskeletal pain: current state of scientific evidence. *J Behav Med.* 2007;30:77-94.
- 6) Wickson-Griffiths A, Kaasalainen S, Herr K. Interdisciplinary approaches to managing pain in older adults. *Clin Geriatr Med.* 2016;32:693-704.
- 7) Loeser JD, Treede RD. The Kyoto protocol of IASP Basic Pain Terminology. *Pain.* 2008; 137:473-477.
- 8) Finnerup NB, Otto M, McQuay HJ, *et al.* Algorithm for neuropathic pain treatment: an evidence based proposal. *Pain.* 2005;118:289-305.
- 9) 日本ペインクリニック学会神経障害性疼痛薬物療法ガイドライン改訂版作成ワーキンググループ編. 神経障害性疼痛薬物療法ガイドライン改訂第2版. 東京: 真興交易医書出版部; 2016.
- 10) Finnerup NB, Attal N, Haroutounian S, *et al.* Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol.* 2015;14:162-173.
- 11) Dowell D, Haegerich TM, Chou R. CDC guideline for prescribing opioids for chronic pain - United States, 2016. *MMWR Recomm Rep.* 2016;65:1-49.
- 12) 日本ペインクリニック学会非がん性慢性「疼」痛に対するオピオイド鎮痛薬処方ガイドライン作成ワーキンググループ編. 非がん性慢性疼痛に対するオピオイド鎮痛薬処方ガイドライン. 東京: 真興交易医書出版部; 2012.
- 13) Shealy CN, Mortimer JT, Reswick JB. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg.* 1967;46:489-491.
- 14) Linderoth B, Meyerson BA. Spinal cord stimulation: exploration of the physiological basis of a widely used therapy. *Anesthesiology.* 2010; 113:1265-1267.
- 15) Kobayashi R, Kenji S, Taketomi A, *et al.* New mode of burst spinal cord stimulation improved mental status as well as motor function in a patient with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2018;57:82-83. (accessed 2018 Nov 23) <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2018.07.002>
- 16) 不破礼美, 上島賢哉, 安部洋一郎. 帯状疱疹後神経痛に対し脊髄刺激療法 Burst-DR が著効した1症例. *ペインクリニック.* 2018;39:1077-1081.
- 17) De Ridder D, Lenders MW, De Vos CC, *et al.* A 2-center comparative study on tonic versus burst spinal cord stimulation: amount of responders and amount of pain suppression. *Clin J Pain.* 2015;31:433-437.
- 18) Crosby ND, Weisshaar CL, Smith JR, *et al.* Burst and Tonic Spinal Cord Stimulation Differentially Activate GABAergic Mechanisms to Attenuate Pain in a Rat Model of Cervical Radiculopathy. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2015; 62:1604-1613.
- 19) 福井 聖, 西脇侑子, 佐田蓉子. 椎間板性腰痛に対する椎間板内パルス高周波治療. *ペインクリニック.* 2018;39:743-752.
- 20) 信太賢治, 武富麻恵, 霞沢昌代, ほか. 椎間板内加圧注入療法施行時, 脊柱管内に大量の髄核脱出を認めた症例. *ペインクリニック.* 2011;32: 423-427.