

流用

徹底分析シリーズ ● 治療装置が埋め込まれている患者の麻酔

色ベタ+スミ20%

10a新ゴ

流用

コラム
徹底分析
シリーズ

治療装置が埋め込まれている患者の麻酔

横隔神経電気刺激装置

体外式横隔膜ペースメーカーによる呼吸補助

高力 俊策
KOHRIKI, Shunsaku
東京西徳洲会病院 外科0.2mmケイ (以下同)
色ベタ+スミ30%
※ 白スミ
シマドク・スミベタ
24a新ゴ MB101 H (以下同)32a新ゴB
色ベタ+スミ30% (以下同)

28a新ゴM (以下同)

15a新ゴM
9a見出し MA31
9a新ゴL12a新ゴM
18w詰
20H

DPSの概要

横隔神経電気刺激装置 diaphragm pacing system (DPS) (図2) は、横隔神経への電気刺激により横隔膜収縮を誘発し、生理的に近い換気運動 (俗に言うしゃっくり) により呼吸補助を行う医療機器です。DPSを用いて呼吸補助を行うことで、人工呼吸器からの離脱を目指すことが可能となります (表1) ~3)。QOLの向上が見込まれ、介護者の負担軽減も期待されます。DPSは小型で携帯性に優れ、外出や在宅を容易にし、駆動には電池が使用され災害時の電源確保の観点か

らも有利です。モーターなどの駆動もないことから静音性にも優れます。

2017年10月に NeuRx® (Synaps 社) が日本で初めて薬事承認を受け、2019年9月に保険適用となりました。それから約20症例に実施され、呼吸管理の新たな選択肢として普及し始めています。

適応

DPSの適応疾患は「人工呼吸器に依存する脊髄損傷及び中枢性低換気症候群」であり、いずれも横隔神経および横隔膜の機能が一定程度保たれていることが必要になります。

図1 生存期間延長の可能性 (文献1より)

人工呼吸器依存であり、NeuRxの植え込みが可能であった脊髄損傷92例 (受傷時平均年齢27.3歳) の対象の受傷時からの生存期間中央値と、National Spinal Cord Injury Statistical Centre (NSCISC) に報告されている人工呼吸器依存の脊髄損傷患者の推定生存期間と比較し、約9~14年の生存期間延長が見込まれました。

図中ネーム

基本 11a M4G BBB
太くす3ネーム
11a B太く3 B101

図版は、0.12mmケイ
色ベタ+スミ20%
(以下同)

44mm
102mm

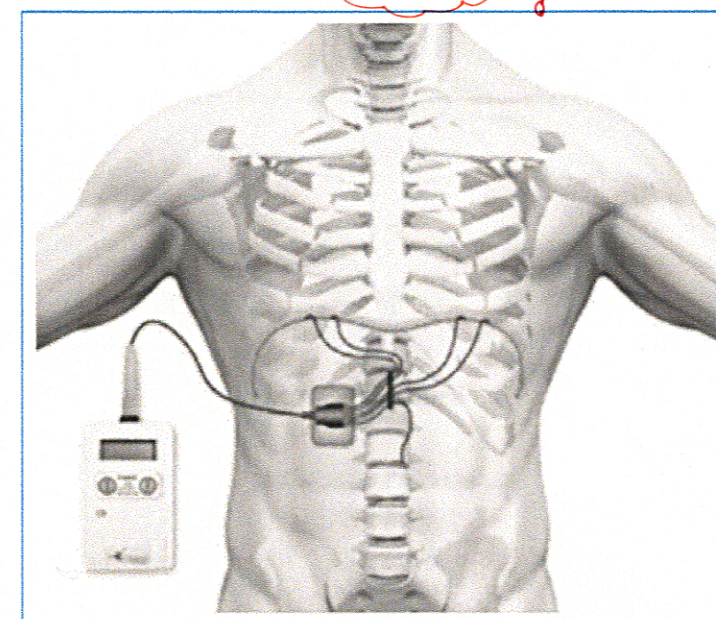


図2
横隔神経電気刺激装置 (DPS)
(USCI ジャパン株式会社提供資料)

表中ケイ
0.25mmケイ
白スミ

47mm
116mm

適応判断のために、術前に横隔神経伝導検査を行い、電気刺激による横隔膜収縮を確認、横隔膜の可動性、筋萎縮の程度、肺および胸郭コンプライアンスなどを評価します。しかし実際には、術前評価のみでDPSによる呼吸補助効果を予測することは困難であり、腹腔鏡下において電気刺激を行い、横隔膜収縮が十分にあることを直接視認することが、実質的な適応判断となります。したがって術中所見にて電気刺激による横隔膜の反応が乏しければ、装置留置を断念する症例もあります。

植込み手術

術中体位は頭高位・開脚位とし、心窩部・臍部に12mm、両側腹部に5mm、計4本のポートにて手術が行われます。腹腔鏡下に両側横隔膜へ電気刺激を送りながらマッピングを行い (図3a)、より効果的な刺激ポイントに左右2本ずつ電極を植えます (図3b)。その後すべてのリードで皮下トンネルを形成し、体外式

表1 人工呼吸器からの離脱 (文献1~3より)

NeuRx 横隔膜ペースティングシステムの使用により人工呼吸器からの一時的な離脱や、人工呼吸器からの完全な離脱を達成するケースが報告されている。

	対象	実施施設	結果
SCI臨床試験	人工呼吸器依存のSCI患者54例	米国・カナダの4施設	96.3% (52/54例) で主要評価項目である本品使用による最低4時間連続の十分な1回換気量の確保を達成
Poslusznnyら (2013)	人工呼吸器依存のSCI患者29例	米国・カナダの4施設	81%で人工呼吸器からの完全な離脱 13%で人工呼吸器からの一時的な離脱
Ondersら (2018)	人工呼吸器依存のSCI患者92例	海外16施設 米国1施設	60.8%で本品を24時間連続使用 15.2%で1日12時間以上の使用 12.0%で1日4~12時間の使用

11a M4G BBB

パルス発生器へと誘導するシステムを作り終了 (図3c)。おおむね2時間弱の手術となります。

麻酔導入・管理でのポイント

DPSの十分な効果を得るためには、電極の留置場所が重要となります。術者が腹腔鏡下に電気刺激による横隔膜の収縮反応を視覚的に評価し、留置場所を決定します。したがって、筋弛緩薬は導入および麻酔管理中には使用を控える必要が

徹底分析
シリーズ

治療装置が埋め込まれている患者の麻酔

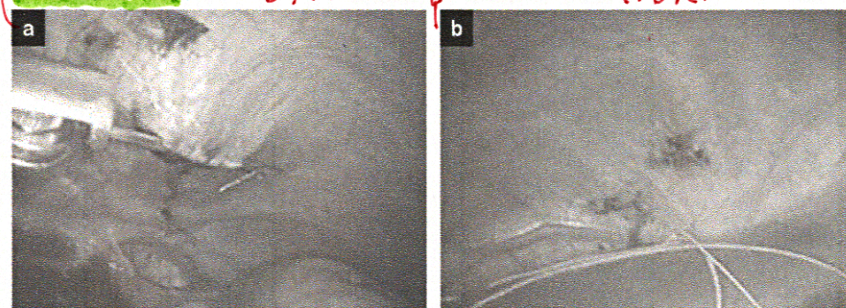
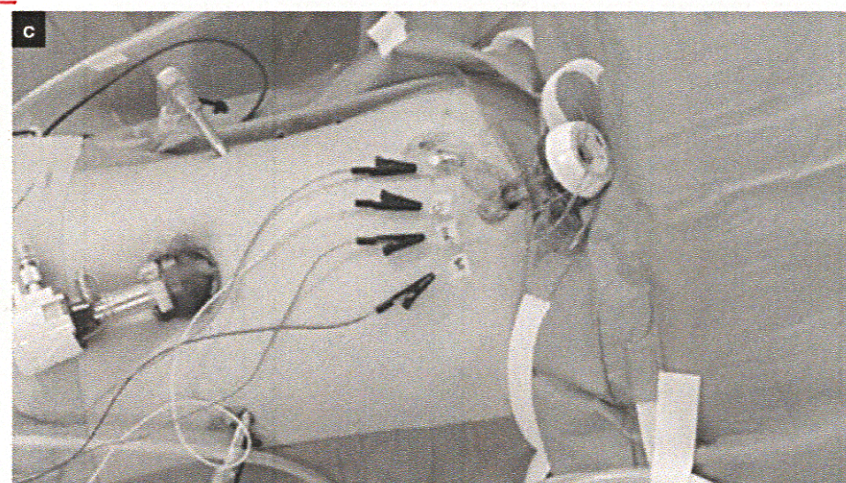
βパ+スミ20%

スミ80% 5ml
文・白スミ
12a見込MB3l (以下ET)
βパ

▼図3 挿え込み術

2mm

↔57mm

↑
42mm

↔116mm

あります。

電極留置には専用デリバリーツールを使用し、横隔膜を穿刺・穿通する必要があります。長期呼吸管理下の横隔膜は荒廃し菲薄化し脆弱であり、ツール穿刺針にて容易に貫かれます。穿刺の際には気胸予防に術者のタイミングに合わせて数十秒間の呼吸停止を行う必要があります。

電極は心臓近傍に留置されることも多いため、電気刺激による心電図変化の確認が必要になります。

コンディショニング

体外式パルス発生器 NeuRx は、設定された刺激パラメータにもとづき、反復的な電気刺激により横隔膜収縮を誘発し、胸腔内圧を低下させることで呼吸補助を

行います。この換気様式は陽圧人工呼吸と比較すると生理的な換気運動に近いとされています。ただし患者の自発呼吸に同期して作動するものではないため、治療開始当初の横隔膜は疲労によって、換気量の低下をまねく可能性があります。刺激耐性の変化や体位変化による換気量の変動などもあり、調整が必要となります。段階的にパラメータ調整を行うコンディショニングとよばれる横隔膜のリハビリテーション期間が必要になり、多職種連携と、患者・家族への十分な説明が不可欠となっています。

国内症例を通じた
実際

薬事承認後から2025年までに施行された国内約20症例の経験から、人工呼吸

器の使用時間が大幅に短縮した症例や、人工呼吸器からの離脱が可能となった症例も確認されています。QOLの向上、人工呼吸器関連肺炎リスクの低減、在宅療養の実現など、患者および家族にとって大きな恩恵がもたらされています。一方で、人工呼吸器との併用が長期に必要な症例も存在しており、症例ごとに最適な呼吸管理戦略の一部として位置づけることが重要です。

● ● ● βパ50%

DPS は、日本における2017年の薬事承認以来、実臨床での経験が蓄実に蓄積されている医療機器であり、今後新たな呼吸管理法として選択される機会が増えることが予想されます。

12a見込MB3l

文献 βパ

1. Onders RP, Elmo M, Kaplan C, et al. Long-term experience with diaphragm pacing for traumatic spinal cord injury: early implantation should be considered. *Surgery* 2018 ; 164 : 705-11.
2. ClinicalTrials.gov identifier: NCT00010374. Electrical Activation of The Diaphragm for Ventilatory Assist. 2020. (<https://clinicaltrials.gov/study/NCT00010374?tab=study#collaborators-and-investigators>) (2026年4月8日閲覧)
3. Posluszny JA Jr, Onders R, Kerwin AJ, et al. Multicenter review of diaphragm pacing in spinal cord injury: successful not only in weaning from ventilators but also in bridging to independent respiration. *J Trauma Acute Care Surg* 2014 ; 76 : 303-9.

33
前
後

1/a
2/a
3/a
4/a
5/a
6/a
7/a
8/a
9/a
10/a
11/a
12/a
13/a
14/a
15/a
16/a
17/a
18/a
19/a
20/a
21/a
22/a
23/a
24/a
25/a
26/a
27/a
28/a
29/a
30/a
31/a
32/a
33/a
34/a
35/a
36/a
37/a
38/a
39/a
40/a
41/a
42/a
43/a
44/a
45/a
46/a
47/a
48/a
49/a
50/a
51/a
52/a
53/a
54/a
55/a
56/a
57/a
58/a
59/a
60/a
61/a
62/a
63/a
64/a
65/a
66/a
67/a
68/a
69/a
70/a
71/a
72/a
73/a
74/a
75/a
76/a
77/a
78/a
79/a
80/a
81/a
82/a
83/a
84/a
85/a
86/a
87/a
88/a
89/a
90/a
91/a
92/a
93/a
94/a
95/a
96/a
97/a
98/a
99/a
100/a