

総説

疾患に対する物理療法の有用性

平賀 康嗣¹⁾, 上松 智幸²⁾, 宮崎登美子¹⁾, 松田 忠司³⁾, 明崎 禎輝¹⁾

Usefulness of electrophysical agents for disease treatment

Yasushi Hiraga, PT, MA¹⁾, Tomoyuki Uematsu, SLHT, MA²⁾, Tomiko Miyazaki, PT¹⁾,
Tadashi Matsuda, PT³⁾, Yoshiteru Akezaki, PT, PhD¹⁾

要 旨

物理療法はリハビリテーション治療の一つとして様々な疾患に対して実施される。物理療法は、疼痛治療はもちろん手術後や廃用性障害に対する筋力回復といった各疾患に対する効果的な治療方法ではあるが、科学的根拠を示す研究は少ない。今回、変形性関節症、腰痛症、がん疾患、脳原性の重度運動障害を有する症例、摂食嚥下障害に着目して、物理療法の有用性を述べた。各疾患において、物理療法の効果が報告されており、リハビリテーション治療の一つとして有用である。しかしながら、物理療法は効果検証が十分ではないため、今後、更なるエビデンスの構築が必要である。

キーワード：物理療法、整形疾患、がん、重度運動障害、摂食嚥下障害

Abstract

Electrophysical agents are a rehabilitation treatment for various diseases. Although electrophysical agents are an effective treatment method for pain management and other conditions, such as muscle recovery after surgery and disuse disability, few studies show scientific evidence confirming the efficacy of electrophysical agents. In this study, we examined the usefulness of electrophysical agents for treating osteoarthritis, lower back pain, cancer, severe cerebrogenic movement disorders, and feeding and swallowing disorders. The effectiveness of electrophysical agents was reported in each disease, and they are recommended in rehabilitation treatments. However, further evidence is needed to verify the effectiveness of electrophysical agents.

Key words: electrophysical agents, orthopedic disease, cancer, severe movement disorder, dysphagia

-
- 1) 高知リハビリテーション専門職大学 リハビリテーション学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻
Division of Physical Therapy, Department of Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, Kochi Professional University of Rehabilitation
- 2) 高知リハビリテーション専門職大学 リハビリテーション学部 リハビリテーション学科 言語聴覚学専攻
Division of Speech-Language-Hearing Therapy, Department of Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, Kochi Professional University of Rehabilitation
- 3) 吹田市立障害者支援交流センターあいほうぶ吹田 リハビリテーション部
Department of Rehabilitation, Suita Municipal Disability Support Center I-Hope Suita

*Correspondence : akezakiteru@yahoo.co.jp

目的

物理療法は、運動療法、Activities of Daily Living (ADL) 練習などと共に、リハビリテーション治療の一つとして実施される。物理療法とは生体に何らかの物理的エネルギーを与えて、生体に生理的な反応を起こさせ、疼痛の緩和、末梢循環の改善、創傷治癒の促進等の効果により、治療する手法である。物理療法には温熱療法、寒冷療法、電気療法、光線療法等があり、温熱療法としてはホットパック、超短波、極超短波、超音波が多用され、電気刺激療法では、経皮的末梢神経電気刺激法 (transcutaneous electrical nerve stimulation ; TENS)、神経筋電気刺激療法 (neuromuscular electrical stimulation ; NMES)、イオントフォレーシス、バイオフィードバックなどがある。

疾患に対する物理療法効果として、脳卒中患者では運動麻痺に対する電気刺激療法^{1,2,3)}、整形疾患では身体機能改善を目的とした電気刺激療法⁴⁾、超音波による痛みの程度に加えてADL改善の効果⁵⁾が報告されている。

今回、変形性関節症、腰痛症、がん疾患、脳原性の重度運動障害、摂食嚥下障害に着目して、物理療法の有用性を述べる。

変形性関節症に対する物理療法

1. 温熱療法

変形性膝関節症に対する物理療法の効果として、運動時痛に対する深部への温熱作用が有効であると報告されている⁶⁾。深部加温である空洞共振器加温システムを用いた温熱治療については、加温対象である関節腔内の間葉系幹細胞分化に伴う軟骨細胞再生に有効であったと報告がなされている⁷⁾。

2. 寒冷療法

急性痛に対する寒冷療法は、急性期の外傷ならびに炎症の抑制目的に用いられている。システマティックレビューにおいても人工関節置換術後での使用で高いエビデンスが示されている⁸⁾。禁忌として循環器疾患、寒冷過敏症、重度の感覚障害がある。

3. 電気刺激療法

干渉波については変形性膝関節症の患者における干渉波療法群と対照群を比較した介入研究で、疼痛の軽減と身体機能の改善を示す結果が報告されている⁹⁾。

TENSは変形性膝関節症の患者では疼痛に対して有効であり、TENS単独よりも運動療法との併用が有効であるとの報告がある¹⁰⁾。

4. レーザー療法

変形性膝関節症患者に対するレーザー治療は運動と併用した場合にはプラセボレーザー治療群単独よりも疼痛と身体機能面において有意な改善を認めている¹¹⁾。

腰痛症に対する物理療法

1. 温熱療法

温熱療法は、皮膚表面に温熱を加えgate control theoryを利用して鎮痛をはかる表在性温熱療法と深部に温熱を加え循環を増大させることによって腰痛の病理現象を消退させる深部温熱療法がある¹⁾。深部温熱である超音波療法では、複数の研究において運動療法と併用した結果、コントロール群と比較して疼痛軽減効果を認めている^{12,13)}。一方、超音波療法がコントロール群と比較して疼痛軽減効果を認めなかったとの報告もなされている¹⁴⁾。

2. 牽引療法

牽引療法には持続牽引と間歇牽引があり、持続牽引には筋の持続的伸張により緊張筋を緩め、腰痛を軽減する効果がある。間歇牽引には腰部周辺の軟部組織や滑液の循環を向上させ循環障害による腰痛を軽減させる効果がある¹⁵⁾。椎間板ヘルニアに伴う腰痛を伴う成人患者を対象として、牽引群は短期的に疼痛の改善を示したが、長期的な影響や椎間板ヘルニアのサイズに対する有意差は認められなかった¹⁶⁾。坐骨神経痛を伴う腰痛患者では、牽引群が完全に回復あるいは部分的に回復した患者の割合が有意に高かったことが報告されている¹⁷⁾。坐骨神

経痛を伴わない腰痛患者では、コントロール群と比較して疼痛に有意差を認めなかった¹⁸⁾。これらのことから、坐骨神経痛の有無に関わらず腰痛患者への牽引療法は、コントロール群と比較して疼痛などの症状改善には有用であるか一定した報告は認められていない。

3. TENS

TENSは非侵襲的で副作用が少ない鎮痛手段である。鎮痛機序として脊髄内疼痛抑制機構、内因性オピオイド、下降性疼痛抑制メカニズムが考えられている¹⁹⁾。腰痛症は組織損傷や関節機能異常・筋スパズムが混在し、相互に悪循環を形成している。TENSは、疼痛軽減に有用であり、重篤な有害事象のリスクも低いことが示唆される²⁰⁾。一方、TENSは、疼痛の軽減、関節可動域の増加、機能障害の改善に有効性を認めないという報告もされており、有用性の報告は一定していない^{21,22)}。

がん患者に対する物理療法

1. 電気刺激療法

がん患者は、約30~50%が疼痛を経験しており²³⁾、疼痛はADLやQuality of life (QOL) 低下に繋がる。がんに伴う疼痛の要因には、がん自体による疼痛、がん治療によって生じる疼痛、がんに関連する衰弱による疼痛、合併症による疼痛などがある²⁴⁾。疼痛軽減に対する治療の一つとしては、オピオイドなどの薬物療法が使用されている。オピオイドの副作用としては、悪心、嘔吐、便秘、眠気、せん妄などもあるが、物理療法は適切な操作手順で実施し、事前の適応と禁忌を確認し、実施前・中・後の状態の確認などリスク管理を行えば、薬物療法と比較して副作用や有害事象などの問題が少ないことが考えられる。そのため、物理療法の有用性が明らかとなれば、がん患者に対する治療の選択肢の一つになりうる。

がん患者を対象とした研究では、電気刺激療法を実施した研究が散見される^{25~27)}。血液腫瘍患者で化学療法を受けている患者に対しては、Electrical

Muscle Stimulation (EMS) が安全に実施可能であるか検討した研究において、対象者の76%が研究期間中にEMSを使用可能であり、有害事象は血種1名、筋肉痛2名のみ認め、QOL低下も生じず、安全に実施可能であったことが報告されている²⁵⁾。Fiorelliらは²⁶⁾、肺がんによる開胸術後患者に対して、術後5日間のTENS実施群とコントロール群での比較を実施した。その結果、TENS群がプラセボ群と比較して、血清IL-6、IL-10、TNF- α が有意に減少し、疼痛、モルヒネの量が有意に減少、1秒量と努力性肺活量の回復もTENS実施群がコントロール群と比較して有意に改善を示した。TENSは、サイトカイン産生と鎮痛薬消費の減少、肺換気機能向上の効果があり、開胸後の疼痛軽減に有用であることが示されている²⁶⁾。

一方、Siemensらは疼痛が生じている進行がん患者を対象としてIntensity-modulated high TENSとプラセボTENSを実施した結果、TENSは対象者に対して安全であったものの、プラセボTENSと比較して有意な鎮痛効果を得られなかったことを報告している²⁷⁾。Robbらは乳がん治療に伴う慢性疼痛に対して、TENS, transcutaneous spinal electroanalgesia (TSE), プラセボを実施し比較した結果、TENSまたはTSEがプラセボよりも効果的であることを示す結果は認めなかったことを報告している²⁸⁾。

これらのことから、がん患者に対する電気刺激療法は有用性が一定していないため、効果検証が求められる。

2. 寒冷療法

化学療法治療によって末梢神経障害が発生する化学療法誘発性末梢神経障害(Chemotherapy induced peripheral neuropathy: CIPN)は、時間の経過とともに軽減することも多いが、治療中止や終了後に数カ月持続する場合もある²⁹⁾。CIPNはQOL低下や化学療法の早期中止や用量の減少にも繋がる^{30,31)}。寒冷療法によるCIPNの予防効果としては、 -25°C ~ -30°C 下で冷やした冷却用グローブとソックスを用いて手足を冷却することによって、パ

クリタキセル投与に伴うしびれが予防可能であることが報告されている³²⁾。

脱毛に対する寒冷療法の効果としては、頭皮冷却装置を頭部に使用した介入群と対照群で比較した結果、介入群は化学療法4コース治療終了時に対照群と比較して脱毛予防効果が得られたことが報告されている³³⁾。

これらのことから、寒冷療法はがん患者の化学療法後の副作用を軽減させるための治療選択の一つになりえる可能性が考えられる。

脳原性の重度運動障害を有する症例に対する物理療法

1. 水中運動

脳性麻痺や脳卒中を対象とした脳原性疾患のリハビリテーションにおける水中運動は、水の物理的特性を応用した方法として、多くの利点が報告されてきた。水中運動は粗大運動能力分類システム (Gross Motor Function Classification System; GMFCS) IV やVレベル、すなわち自身で運動をコントロールすることが制限された比較的重度の運動障害のある脳性麻痺児にとって、人気が高い活動の一つとされている³⁴⁾。水中の環境は、体重負荷の必要性、体幹コントロール量、関節負荷、そして重力の影響が軽減されるなど陸上の環境にはない特性がある³⁵⁾。水中での運動遂行は自信を高め、陸上と比較して難しい課題への抵抗を減らしやすい³⁶⁾。さらに、水中の活動は、楽しく、子供にとって新鮮な経験をもたらす。脳卒中のリハビリテーションにおいても、様々なコンセプトで開発された水中療法を利用した取り組みがなされてきており、その成果が報告されている³⁷⁾。

脳性麻痺児の水中運動は粗大運動能力や歩行能力の改善を示す結果が報告されてきた^{38,39)}。しかし脳性麻痺児への水中運動を検討した多くの報告はエビデンスレベルの低い研究デザインである。最近の水中運動エビデンスとしては、有害事象は少なく実用性があることを示しており、理学療法として水中運動を行う上では粗大運動の帰結 (gross motor outcomes) の検討が望まれる⁴⁰⁾。

脳卒中患者のリハビリテーションにおける水中療法の効果検証として、歩行、バランス、そして生理学的指標で高い効果を示した。また陸上での介入よりも、水中運動の方がバランス、歩行、筋力、固有受容器、健康関連QOL、生理学的指標、そして心肺フィットネスで優れていることも報告されている³⁷⁾。

水中運動の安全性についての検討では、GMFCS Vレベルの成人の脳性麻痺で気管切開を伴う対象者に有害事象は認めず、適切なリスク管理によって安全に実施ができることが示されている (図1)⁴¹⁾。また、水中で歩行器を用いた歩行練習の実施の効果では、脳卒中の再発により両側麻痺を呈する陸上歩行が困難な維持期の症例に対して、練習意欲の向上、歩行能力の改善が認められた (図2)⁴²⁾。また、小学校に通う脳性麻痺児の水泳指導でも半年間の介入の結果、泳力の向上が示されている⁴³⁾。



図1 水中での運動療法

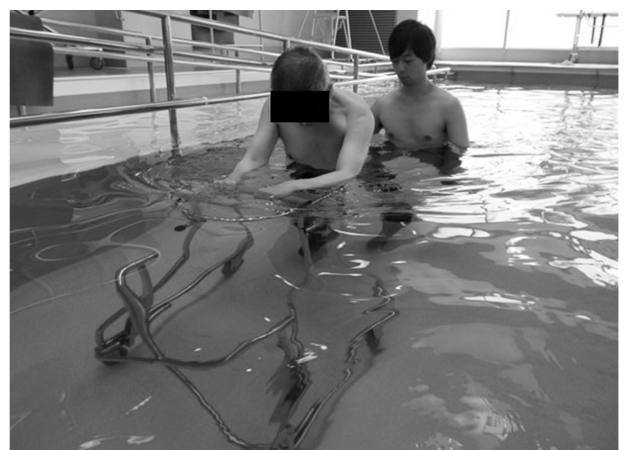


図2 水中における歩行器を用いた歩行練習

摂食嚥下障害に対する物理療法

摂食嚥下障害に対するリハビリテーションには、従来から実施されている様々な嚥下訓練があり、症例に合わせた包括的な介入を実施することがグレードBで推奨されている⁴⁴⁾。近年、電気刺激療法は嚥下障害に対する新たな治療法として注目されており、嚥下障害を改善させる報告も多数みられる。しかし、まだ確実なエビデンスに乏しく⁴⁵⁾、ガイドラインでは推奨枠外の扱いである⁴⁴⁾。

嚥下に関わる頸部筋群は多数の筋の複雑な協調運動によって嚥下を実現しているため、脳卒中やサルコペニアによって筋萎縮が進むとその運動が障害され嚥下障害が引き起こされる。筋萎縮は脳卒中では発症後約72時間で量的減少が生じ、サルコペニアでは加齢に伴い徐々に進行していく。いずれもType II線維(速筋)の選択的な萎縮がみられるため^{46,47)}、Type I線維(遅筋)から動員される通常の随意運動はType II線維の萎縮の予防には効率的であるとはいえない。また、脳卒中により感覚障害が起こること、嚥下反射が惹起されなくなることも誤嚥性肺炎の発症リスクとなっている。

海外の報告では、物理療法としての嚥下訓練で最初にNMESが選択されることが多い⁴⁸⁾。我が国においてはVital Stim[®] Plusが使用されており、イトーpostim[®]というデバイスも普及しつつある。その他の電気刺激療法として、経皮的干渉波電気刺激療法(interferential current transcutaneous electrical sensory stimulation; IFC-TESS)があり、我が国で

はGentle Stim[®]が開発され、急速に普及が進んでいる⁴⁹⁾。また、経頭蓋直流電気刺激療法(transcranial direct current stimulation; tDCS)といった脳の特定部位を電気刺激することで神経活動を修飾する方法も摂食嚥下障害の治療に使用されている(表)。

1. NMES

2002年に嚥下障害に対するNMESとしてVital Stim[®]が開発され、アメリカ食品医薬局に認可された。方法は、皮膚上に貼った電極間に流れる低周波直流電流で舌骨上筋群・下筋群を支配する運動神経を刺激し、筋肉を収縮させることで強化を図る⁵⁰⁾。最適な筋収縮を誘発させる周波数は50~100Hzであると報告されており⁵¹⁾、60Hz以上の高い周波数の刺激を与えると、太い軸索を持つType II線維の収縮が誘発され筋疲労を起こしやすくなることが知られている⁵²⁾。筋疲労を考慮したうえでType II線維の生理的な収縮を引き起こし、活性化させることを目的としている。

NMESを用いた摂食嚥下訓練の報告では、訓練時間は20~60分/日、期間は2~12日であり、従来の嚥下訓練に併用して使用することで改善が認められている。効果については、脳卒中後の摂食嚥下障害を対象とした研究で、口腔および咽頭通過時間の短縮、喉頭侵入および誤嚥の軽減、舌骨の可動性の改善、経口摂取およびQOLの改善が認められたとの報告がある^{51, 53-55)}。サルコペニアによる摂食嚥下障害については、NMESを用いた嚥下訓練の報告が増

表 摂食嚥下障害に対する神経・筋刺激法

	刺激対象	刺激周波数	刺激強度	刺激時間
NMES	末梢運動神経筋	50~100Hz	0~25mA	20~60分/日
IFC-TESS	末梢感覚神経	50Hz (2.000Hz と 2.050Hz を干渉)	<3mA	15分×2回/日
tDCS	中枢感覚神経	—	1 mA	20分

NMES, neuromuscular electrical stimulation; IFC-TESS, interferential current transcutaneous electrical sensory Stimulation; tDCS, transcranial direct current stimulation

えてきている。しかし、摂食嚥下関連筋へのNMESに関するメタ解析は行われておりその有効性が示唆されているが、長期効果については意見が分かれている⁵⁶⁾。その他にも、パーキンソン病、延髄梗塞による球麻痺患者、頭頸部癌、頭部外傷などによる摂食嚥下障害に対するNMESの報告もあり、幅広い病態への使用が行われている。

2. IFC-TESS

NMESは筋力増強を目的としているが、IFC-TESSは感覚神経に対する刺激を行うことで、嚥下反射の誘発を促すことを目的としている。方法は、2種類の電極を前頸部に貼付し、2組の電極から周波数の異なる2つの正弦波を生体内で干渉させる(2.000Hzと2.050Hzを干渉させた結果、50Hzの干渉波となる)ことによって、深部刺激を行うといった特殊な刺激方法を使用する⁴⁹⁾。

IFC-TESSを使用した報告では、摂食嚥下障害に対して、Maedaらは1日2回15分間の刺激を2週間行い、咳潜時時間の短縮、3週間で経口摂取量の改善を報告している⁵⁷⁾。また、嚥下障害者の刺激中および刺激後に嚥下潜時が短縮すること⁵⁸⁾、動物実験にて嚥下惹起性が改善する可能性を示唆した報告がある⁵⁹⁾。しかし、NMESと比較して有効性に関する報告が少ないのが現状である。

3. tDCS

非侵襲的脳刺激法(non-invasive brain stimulation; NIBS)は、頭皮上より直接大脳皮質を刺激することで、神経細胞の活動をコントロールする。脳損傷に対する治療の報告が増えてきており、刺激に直流電流を用いるものがtDCSである。方法は、陽極と陰極の2枚のパッド電極を頭皮上に置き、微弱な電流(1mA)の通電を20分間行う。陽極刺激では静止膜電位を増大させ、脱分極を起こしやすい状態とし、神経細胞の活性を促進、陰極刺激は静止膜電位を低下させ、神経細胞を過分極させて活動を抑制する。

tDCSを用いた研究では、重松らが脳卒中後嚥下

障害患者に対して、刺激群が対象群に比して有意に摂食状況のレベルが改善したことを報告している⁶⁰⁾。また、村上らは、健常者で最大舌圧の向上と反復唾液嚥下テストでの嚥下回数の有意な増加が認められたことを明らかにし、運動機能向上に有効であることを示唆している⁶¹⁾。

おわりに

今回、変形性関節症、腰痛症、がん疾患、脳原性の重度運動障害を有する症例、摂食嚥下障害に対する物理療法の効果に関して紹介した。各疾患に対する物理療法効果の現状としては、効果検証が実施されている部分もあるが、十分に効果を明らかにされていない部分も多い。そのため、今後、物理療法の有用性の検証が更に求められる。

文献

- 1) Zheng Y, Mao M, Cao Y, et al: Contralaterally controlled functional electrical stimulation improves wrist dorsiflexion and upper limb function in patients with early-phase stroke: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med* 51 (2) : 103-108, 2019.
- 2) You G, Liang H, Yan T: Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living. *NeuroRehabilitation* 35 (3) : 381-389, 2014.
- 3) Tan Z, Liu H, Yan T, et al: The effectiveness of functional electrical stimulation based on a normal gait pattern on subjects with early stroke: a randomized controlled trial. *Biomed Res Int* 2014 : 545408, 2014.
- 4) Tsukada Y, Matsuse H, Shinozaki N, et al: Combined Application of Electrically Stimulated Antagonist Muscle Contraction and Volitional Muscle Contraction Prevents Muscle Strength Weakness and Promotes Physical Function Recovery After Total Knee Arthroplasty: A

- Randomized Controlled Trial. *Kurume Med J* 65 (4) : 145-154, 2020.
- 5) Zhang C, Xie Y, Luo X, et al: Effects of therapeutic ultrasound on pain, physical functions and safety outcomes in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 30(10) : 960-971, 2016.
- 6) Yıldırım MA, Uçar D, Öneş K: Comparison of therapeutic duration of therapeutic ultrasound in patients with knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci* 27(12) : 3667-3670, 2015.
- 7) Shindo Y, Watanabe K, Iseki Y, et al: Heating Properties of Resonant Cavity Applicator for Treatment of Osteoarthritis: Temperature Distributions Calculated by 3-D FEM. *Thermal Med* 30(1) : 1-12, 2014.
- 8) Ni SH, Jiang WT, Guo L, et al: Cryotherapy on postoperative rehabilitation of joint arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(11) : 3354-3361, 2015.
- 9) Burch FX, Tarro JN, Greenberg JJ, et al: Evaluating the benefits of patterned stimulation in the treatment of osteoarthritis of the knee: a multi-center, randomized, single-blind, controlled study with an independent masked evaluator. *Osteoarthritis Cartilage* 16(8) : 865-872, 2008.
- 10) Sbruzzi G, Silveira SA, Silva DV, et al: Transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic surgery: systematic review and meta-analysis of 11 randomized trials. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 27(1) : 75-87, 2012.
- 11) Gur A, Cosut A, Sarac AJ, et al: Efficacy of different therapy regimes of low-power laser in painful osteoarthritis of the knee: a double-blind and randomized-controlled trial. *Lasers Surg Med* 33(5) : 330-338, 2003.
- 12) Grubisić F, Grazio S, Jajić Z, et al: Therapeutic ultrasound in chronic low back pain treatment. *Reumatizam* 53(1) : 18-21, 2006.
- 13) Ebadi S, Henschke N, Forogh B, et al: Therapeutic ultrasound for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev* 7 (7) : CD009169, 2020.
- 14) Roman MP: A clinical evaluation of ultrasound by use of a placebo technic. *Phys Ther Rev* (1948) 40 : 649-652, 1960.
- 15) 篠原英記: 腰痛症に対する物理療法の再考. *理学療法* 19(12) : 1288-1293, 2002.
- 16) Cheng YH, Hsu CY, Lin YN: The effect of mechanical traction on low back pain in patients with herniated intervertebral disks: a systemic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 34(1) : 13-22, 2020.
- 17) Larsson U, Chöler U, Lidström A, et al: Auto-traction for treatment of lumbago-sciatica. A multicentre controlled investigation. *Acta Orthop Scand* 51(5) : 791-798, 1980.
- 18) Schimmel JJ, de Kleuver M, Horsting PP, et al: No effect of traction in patients with low back pain: a single centre, single blind, randomized controlled trial of Intervertebral Differential Dynamics Therapy. *Eur Spine J* 18(12) : 1843-1850, 2009.
- 19) 瀧口述弘: 疼痛管理における物理療法の選択と実践. *物理療法科学* 26 : 42-46, 2019.
- 20) Johnson MI, Paley CA, Jones G, et al: Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis of 381 studies (the meta-TENS study). *BMJ Open* 12 (2) : e051073, 2022.
- 21) Deyo RA, Walsh NE, Martin DC, et al: A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain. *N Engl J Med* 322(23) : 1627-1634, 1990.
- 22) van Middelkoop M, Rubinstein SM, Kuijpers T, et al: A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for

- chronic non-specific low back pain. *Eur Spine J* 20 (1) : 19-39, 2011.
- 23) Luger NM, Mach DB, Sevcik MA, et al: Bone cancer pain: from model to mechanism to therapy. *J Pain Symptom Manage* 29 (5 Suppl) : S32-46, 2005.
- 24) 浜善久：緩和ケアの理念とがん性疼痛の特徴。信州医誌55(5) : 233-238, 2007.
- 25) Bewarder M, Klostermann A, Ahlgrimm M, et al: Safety and feasibility of electrical muscle stimulation in patients undergoing autologous and allogeneic stem cell transplantation or intensive chemotherapy. *Support Care Cancer* 27(3) : 1013-1020, 2019.
- 26) Fiorelli A, Morgillo F, Milione R, et al: Control of post-thoracotomy pain by transcutaneous electrical nerve stimulation: effect on serum cytokine levels, visual analogue scale, pulmonary function and medication. *Eur J Cardiothorac Surg* 41(4) : 861-868, 2012.
- 27) Siemens W, Boehlke C, Bennett MI, et al: Transcutaneous electrical nerve stimulation for advanced cancer pain inpatients in specialist palliative care-a blinded, randomized, sham-controlled pilot cross-over trial. *Support Care Cancer* 28(11) : 5323-5333, 2020.
- 28) Robb KA, Newham DJ, Williams JE: Transcutaneous electrical nerve stimulation vs, transcutaneous spinal electroanalgesia for chronic pain associated with breast cancer treatments. *J Pain Symptom Manage* 33(4) : 410-419, 2007.
- 29) Hershman DL, Lacchetti C, Dworkin RH, et al: Prevention and management of chemotherapy-induced peripheral neuropathy in survivors of adult cancers: American Society of Clinical Oncology clinical practice guideline. *J Clin Oncol* 32(18) : 1941-1967, 2014.
- 30) Hershman DL, Lacchetti C, Dworkin RH, et al: Prevention and management of chemotherapy-induced peripheral neuropathy in survivors of adult cancers: American Society of Clinical Oncology clinical practice guideline. *J Clin Oncol* 32(18) : 1941-1967, 2014.
- 31) Ezendam NP, Pijlman B, Bhugwandass C, et al: Chemotherapy-induced peripheral neuropathy and its impact on health-related quality of life among ovarian cancer survivors: results from the population-based PROFILES registry. *Gynecol Oncol* 135(3) : 510-517, 2014.
- 32) Hanai A, Ishiguro H, Sozu T, et al: Effects of Cryotherapy on Objective and Subjective Symptoms of Paclitaxel-Induced Neuropathy: Prospective Self-Controlled Trial. *J Natl Cancer Inst* 110(2) : 141-148, 2018.
- 33) Nangia J, Wang T, Osborne C, et al: Effect of a Scalp Cooling Device on Alopecia in Women Undergoing Chemotherapy for Breast Cancer: The SCALP Randomized Clinical Trial. *JAMA* 317(6) : 596-605, 2017.
- 34) Zwier JN, van Schie PEM, Becher JG, et al: Physical activity in young children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 32(18) : 1501-1508, 2010.
- 35) Ondrak KS, Thorpe DE: Physiologic responses of adolescents with CP when walking on land and in water: a case series. *JAPT* 15 : 10-15, 2007.
- 36) Orlin MN, Palisano RJ, Chiarello LA, et al: Participation in home, extracurricular, and community activities among children and young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 52(2) : 160-166, 2010.
- 37) Veldema J, Jansen P: Aquatic therapy in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Acta Neurol Scand* 143 (3) : 221-241, 2021.
- 38) Kelly M, Darrah J: Aquatic exercise for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 47 (12) : 838-842, 2005.
- 39) Gorter JW, Currie SJ: Aquatic exercise

- programs for children and adolescents with cerebral palsy: what do we know and where do we go?, *Int J Pediatr* 2011 : 712165, 2011.
- 40) Roostaei M, Baharlouei H, Azadi H, et al: Effects of Aquatic Intervention on Gross Motor Skills in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Phys Occup Ther Pediatr* 37 (5) : 496-515, 2017.
- 41) Matsuda T, Akezaki Y: Safety of Aquatic Exercise for Patients with Cerebral Palsy and Severe Motor Disabilities. *JJOMT* 66 (4) : 270-275, 2018.
- 42) Matsuda T, Akezaki Y: Effects of aquatic walking exercise using a walker in a chronic stroke patient. *J Phys Ther Sci* 29(7) : 1268-1271, 2017.
- 43) Matsuda T, Akezaki Y, Tsuji Y, et al: Physical therapist-led swimming lessons for children with cerebral palsy: a report of 2 cases. *J Phys Ther Sci* 33(2) : 175-178, 2021.
- 44) 日本脳卒中学会脳卒中治療ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2015〔追補2019〕，協和企画，東京，2019，pp307-309.
- 45) Bath PM, Lee HS, Everton LF: Swallowing therapy for dysphagia in acute and subacute stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 10 (10) : CD000323, 2018.
- 46) Lexell J, Taylor CC, Sjöström M: What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci* 84(2-3) : 275-294, 1988.
- 47) 蜂須賀研二，緒方甫，梅津祐一・他：片麻痺および骨・関節障害によって生じた筋萎縮の酵素組織化学所見の検討. *リハ医* 29(1) : 39-46, 1992.
- 48) Carnaby GD, Harenberg L: What is “usual care” in dysphagia rehabilitation : a survey of USA dysphagia practice patterns. *Dysphagia* 28 (4) : 567-574, 2013.
- 49) 永見慎輔，中村克哉：舌骨・喉頭領域への次の一手：舌骨喉頭領域に対する神経筋電気刺激. *MB MED REHABIL* 259 : 25-30, 2021.
- 50) 国枝顕二郎，藤島一郎：神経筋電気刺激. *嚥下医学* 7(2) : 198-201, 2018.
- 51) Sproson L, Pownall S, Enderby P, et al: Combined electrical stimulation and exercise for swallow rehabilitation post-stroke: a pilot randomized control trial. *Int J Lang Commun Disord* 53(2) : 405-417, 2018.
- 52) Vromans M, Faghri PD: Functional electrical stimulation-induced muscular fatigue: Effect of fiber composition and stimulation frequency on rate of fatigue development. *J Electromyogr Kinesiol* 38 : 67-72, 2018.
- 53) Park JW, Kim Y, Oh JC, et al: Effortful swallowing training combined with electrical stimulation in post-stroke dysphagia: a randomized controlled study. *Dysphagia* 27(4) : 521-527, 2012.
- 54) Konecny P, Elfmark M: Electrical stimulation of hyoid muscles in post-stroke dysphagia. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 162(1) : 40-42, 2018.
- 55) Nam HS, Beom J, Oh BM, et al: Kinematic effects of hyolaryngeal electrical stimulation therapy on hyoid excursion and laryngeal elevation. *Dysphagia* 28(4) : 548-556, 2013.
- 56) Tan C, Liu Y, Li W, et al: Transcutaneous neuromuscular electrical stimulation can improve swallowing function in patients with dysphagia caused by non-stroke diseases : a meta-analysis. *J Oral Rehabil* 40(6) : 472-80, 2013.
- 57) Maeda K, Koga T, Akagi J: Interferential current sensory stimulation, through the neck skin, improves airway defense and oral nutrition intake in patients with dysphagia: a double-blind randomized controlled trial. *Clin Interv Aging* 12 : 1879-1886, 2017.
- 58) Oku Y, Sugishita S, Imai T, et al: Effects of short

- term intererential current stimulation on swallowing reflex in dysphagic patients. *Int J Speech Lang Pathol Audiol* 3(1) : 1-8, 2015.
- 59) Umezaki T, Sugiyama Y, Fuse S, et al: Supportive effect of interferential current stimulation on susceptibility of swallowing in guinea pigs. *Exp Brain Res* 236(10) : 2661-2676, 2018.
- 60) 重松孝, 藤島一郎, 金沢英哲 : 経頭蓋直流電気刺激を用いた嚥下障害治療. *Jpn J Rehabil Med* 50 (11) : 913-916, 2013.
- 61) 村上清司, 爲数哲司, 野村由輝子・他: 舌運動機能に対する経頭蓋直流電気刺激の有効性. *日摂食嚥下リハ会誌*24(2) : 162-169, 2020.