

METは、より低電流、低周波数、短い治療時間で臨床成果を上げる可能性をもつ。

Daniel L. Kirsch, PhD, DAAPM, FAIS Daniel L. Kirsch, PhD(会長)



過去30年間に、微弱電流電気療法 (MET) の使用は大きく伸びた。主として、医師、歯科医、獣医、作業療法士、心理学者、カイロプラクター、鍼灸医により、急性疼痛、慢性疼痛、術後疼痛の管理に利用されている。METは治癒の促進や加速を伴うことが多い。表1に、METの適応と禁忌の例を示す。1

強調すべきことは、従来の電気療法の形態（経皮電氣的神経刺激及び電気を反対刺激に利用するその他の技術など）では、多数の装置のなかから購入決定をする際の決め手は価格であることが多かった。微弱電流装置を選定する際に、最も重要なのは波形である。良好な結果を得るためには、特定の波形属性が不可欠である。購入前や処方決定前に、その技術に関して信頼できる研究がなされているかどうか見極めなければならない。たとえば、アジア系メーカーのなかには、単に経皮電氣的神経刺激 (TENS) 装置の電流を減らし、それを「微弱電流」装置として販売し始めたところもある。この場合、米食品医薬品局は助けにならない。というのも、FDAは疼痛を適応として販売される装置を簡単にTENSと認めてしまうからである。従って、購入は「買主の危険負担」となるので、開業医は最良の技術とプロトコルに関して自分で然るべき努力を払わなければならない。

微弱電流とされる装置は1ミリアンペア未満の電流レベルであるが、これは波形の一側面にすぎない。0.5 HzのMETがすべて同じでないのは、用量5 mgの薬がどれも同じでないようなものである。Heffernanは、複合10秒双極波形の0.5 Hz可変最大周波数 (0~2秒パルス) を用いる市販のMET装置と、研究者が製作した単純反復0.5 Hz双極波形を伝える制御装置とを比較した。2 同じ電極位置 (両手首) と同量の電流 (500マイクロアンペア) を用いたところ、MET装置が薬剤に反応しなかった慢性変形性関節症患者の疼痛を有意に低減し、EEG解析で有益な平滑化を生み出し得ることが発見された。0.5 Hzの制御装置は疼痛の有意な低減をもたらすことなく、EEGに望ましくならぬ正弦パターンを生み出すにすぎなかった。

幸いにして、MET装置は知覚レベル以下のことが多いので、医薬研究と同様の方法で二重盲検研究という究極の判断基準に役立つ。医師免許をもつ人の指示で患者のケアを任される医療機器企業は、その独自技術で研究を後援したり、奨励したりしない理由はない。

適応			
全身性疼痛 経穴 関節炎 滑液包炎 癌 灼熱痛 胆嚢炎 (慢性) 褥瘡性潰瘍 滲出液 結合組織炎 血腫石灰化 片麻痺 帯状疱疹 リンパ水腫 多発性硬化症 筋肉痛 筋炎 神経痛 神経腫 変形性関節症 疼痛 (全身性及び突発性) 幻肢症候群 外傷後浮腫 レイノー病 リウマチ性関節炎 癬痕 滑膜炎 発痛点	頭痛及び頸痛 頸後頭痛 群発性頭痛 歯牙障害 (歯周痛及び矯正痛) 顔面神経麻痺 偏頭痛 副鼻腔炎 捻挫及び挫傷 後頭下痛 耳鳴り 顎関節障害 緊張性頭痛 斜頸 三叉神経痛 むち打ち症	腹痛 膀胱痛 腸管鬱血 憩室症 月経困難症 分娩 術後疼痛 前立腺炎	背痛 尾骨痛 腰部手術不良 肋間神経痛 椎間板症候群 腰痛 腰椎仙骨痛 神経根炎 痙攣 捻挫及び挫傷 胸膈痛 全背痛
	下肢痛 足首痛 脛骨前筋症候群 足痛 骨折 関節可動化 膝痛 受動伸長痛 坐骨神経痛 捻挫及び挫傷 骨棘 腱炎 静脈血栓症	上肢痛 手根管症候群 上顎炎 四十肩 手痛 抹消神経障害 肩腕症候群 捻挫及び挫傷 三角筋下滑液包炎 手首痛	禁忌 頸動脈洞部 デマンド型ペースメーカー 妊婦

表1. 微弱電流電気療法 (MET) の適応と禁忌

機序

METを巡る議論では、Arndtの法則がしばしば引き合いに出される。同法則によれば、弱度の刺激は生理活性を刺激し、中程度の刺激は生理活性に有利に働き、強度の刺激は生理活性を阻害し、非常に強度の刺激は生理活性を停止させる。3 Changは、500マイクロアンペアの電流がアデノシン三リン酸 (ATP) を500%増加させる一方、5ミリアンペア以上に電流を上げるとATPがベースライン以下に低下することを発見した。さらに、100~500マイクロアンペアでは、アミノ酸輸送が対照群よりも30~40%上昇した。4

有効なMET波形は、中心性疼痛調節機序を活性化させる共振周波数を使用する。全身の細胞は、他の遠隔細胞の表面受容体に対してリガンドとして作用するペプチドを生み出し、細胞外液と循環系を介して体全体に伝わる。5 Nordenströmは、電子技術の閉回路に類似する生物学的に閉じた電気回路モデルを提唱した。6,7 Nordenströmの前提は、機械的な血液循環が支配的な生物電気系統と解剖学的にも生理学的にも密接に統合されているというものである。内在的な生物回路は、体の正常な電気的活性と病的変化の影響を受ける。Nordenströmは生物電気を治療過程の中心的触媒と捉え、METでそれを増強することで著しい治療効果を生み出し得ることを示した。

有効波形によるMET治療は、リガンドと同様に作用して受容体を活性化させ、そのメッセージを細胞に送り込み、広範な化学的メッセンジャーと同様の効果を生み出す。本稿で述べるプロトコルは、脊椎に電流が流れる位置に電極を配置することにより、抹消疼痛部位に直接的に影響を及ぼし、中枢神経系に接近する。

MET: 実践指導

各種のMET装置があるうえ、初めて医療機器の使用方法を学ぶときは製造者の推奨事項を必ず守る必要があるが、基本的プロトコルを使用して迅速で一貫した効果を得ることが可能である。本稿は筆者の33年にわたるMETの経験を基にしたものであるが、主題に関する完全な論文というより、最小限の時間で実質的・累積的な効果を得るための「ハウツー」指導書である。METは正しく実践されれば、非常に簡単で効果的な手法である。どんな医療行為にも学習曲線というものがあるので、最初の2~3回の治療で所期の結果が得られなくてもあきらめてはならない。METは患者の90%以上に有意な結果 (> 25%の疼痛緩和) をもたらす。8

METの効果は永続的かつ累積的である。MET治療の目標は、100%の疼痛緩和を達成することである。すべての症例で達成可能なわけではなく、一連の治療の最初の数回では一層難しいものの、治療で完全な疼痛緩和に至らなければ、得られた効果の永続性に悪影響を及ぼし、累積効果にも影響する。本稿で紹介するプロトコルは通常2~5分かかるが、重度又は多発性の病状をもつ患者では最長15分間かけてもよい。以前は疼痛を悪化させた位置であっても、疼痛がもはや明らかにできない時点で止める。もちろん、極端な位置では常に疼痛の原因となり得るので、患者が当初から示していた動作の制約限度内で、正常な可動域を決して超えない範囲で比較して治療を評価することが合理的である。

効果は使用技術、治療を受ける患者の病状、全身

的健康状態、水分補給、及び患者の協力により異なる。患者の病歴、特に先行治療に関連するものは決定的な要因となり得る。全身が電気回路であるから、MET治療を主訴に限定すると良い結果を得ることは不可能である。6, 7 以前の傷や手術の癒痕は、高抵抗で微妙な電気的ブロックの原因となるので治療の必要がある。患者がMET治療に不応性である場合、最低10分間、4日間連続して電極を各癒痕の終端に配置するか、小癒痕を電極で覆う (他の電極を癒痕の反対側に置くか、別の癒痕上に置く)。癒痕治療がうまくゆけば、全体的な機能とスタミナが増すので疼痛を悪化させる可能性がある。疼痛が増せば、本稿の主題であるプロトコルが働き出すのが普通である。稀に困難な症例では、有意な累積効果を生み出すには毎日の治療を3週間以上続ける必要がある場合もある。これは特に線維筋痛患者の治療においてそうである。

患者を分析する

医薬品を処方するときは、病名を確定して、患者の体重や、おそらく薬物アレルギーを知っていれば足りることが多い。METでは主訴を超えて、すべての併存疾患、既往、及び先行治療を理解しておく必要がある。これは、全身の電気回路を検討しなければならないゆえに必須事項である。最適な結果を得るためには、主訴の治療と共に、たとえ10~30秒ずつであっても現在の病状と、ときには消えたと思われる病状の治療が必要となる場合もある。

たとえば、リウマチ性関節炎の患者は、問題の関節全部を治療したときのみMETによく反応する。これは以下のプロトコルで、直ちに達成可能である。その後、主訴を集中治療することができる。奇妙にも、慢性化の程度はMETの効果において重要な意味を持たないようにみえる。

病歴と簡易検査

完全な病歴が分かれば、主訴と共に治療すべき併存疾患、既往症、外傷を判断するときに役立つ。疼痛が最初に現れたのはいつか、その頻度、持続時間、強さ、動作限度、痛みを悪化させる姿勢、その他の増悪因子を判断するときに、標準的な簡易疼痛評価は不可欠である。この評価には、すべての外科的癒痕、外傷、及びMET開始前の患者の現状分析を含める必要がある。患者の現在の疼痛レベルと痛みを悪化させる姿勢を判定する。患者に現在の疼痛を0 (無痛) から10段階のスケールで評価してもらう。10が対象疼痛の最悪レベルである。

大抵の患者では1~2分間治療ただけでMETの効果が現れるので、上記の指標は1回の治療時の有効性を判定する基準パラメータとして必要である。

設定の調整

装置の周波数設定が選択できるときは、メーカーの推奨する設定を用いる。高周波数 (100 Hz等) では早く効果が得られるが、低周波数 (1.0 Hz未満) のときの効果ほど長続きしない。電流レベルは、心地よい範囲で最高に設定する (300~600マイクロアンペア等)。

低抵抗の電極だけを使用することに注意する。標準的なTENS電極は、200オーム程度の抵抗であるが、

、銀電極のなかには抵抗が20オームにすぎないものもある。MET装置で効果的に働くのは低抵抗の電極だけである。

優れたMET装置のほとんどがプローブを採用している。プローブのほうが粘着式の電極よりもよい。正しい治療部位にプローブを10秒間当てるほうが、間違っただけに粘着式の電極を10時間当てるよりもましである。プローブを用いるときは、新品電極を取り付け、適切な医用電気導電液で電極を飽和させる。導電液がないときは、食塩水を用いてもよい。皮膚抵抗を最小限に抑えるため、しっかりと押しつける。効果が限定的であったり全くなかったりする最大の原因は、プローブを優しく扱いすぎることである。

線維筋痛患者のように極度に過敏な患者の場合は、最小限の電流量から開始することが必要である。稀に、低レベルのMET電流であっても不快を感じずる患者もいる。一連の治療を続けるなかで、電流レベルを上げて効果を上げることができる。但し、MET治療時に患者が不快であらねばならない理由は全くない。治療回数を増やせば、電流レベルの低下を補えるのである。

基本治療戦略

最も重要な変数は、電極の位置である。治療部位の一方に電極を配置して、電流が問題部位を通して流れるようにする。体は三次元であるから、電極はさま

ざまに配置可能であることに留意する。ある配置が、他の配置よりはるかに優ることがある。正しい電極位置とは、実際に効果的な位置のことである。但し、効果的な位置もつかの間で、ある日はよくても、別の日には効果がないこともある。問題が解消され出すと、電極位置は頻りに調整が必要となる場合がある。

従来のTENSに通暁した臨床医が犯す共通のミスは、電極を疼痛の両側に配置することである（腰痛の場合に脊椎から2~3インチ離してなど）。これは二次元的なやり方である。こうした配置の仕方では、微弱電流は皮膚下で電極間を流れるだけで、脊椎に至ることは絶対ない。また、電極を「疼痛と脳のあいだ」に効果的に配置することもできない。これはTENS電極では標準的な配置方法であるが、METはTENSとは違う。METで腰痛を治療するときは、問題がある位置で脊椎の横に1個の電極を置き、他の1個は対側部位の前-反対側に配置する。これで、電流が脊髄神経を通して流れる。次に、両側を逆にする。その後、もう一度対側配置を行うことでフォローアップする。1個は脊椎の問題部位の上、もう1個は問題部位の下として、後外側束での重複を調整する。

治療は必ず左右相称に行う。左右相称治療は脊髄に向うことで、皮筋、筋筋、硬筋が関与する。また、問題が中軸骨格内にあると対側部位の治療を怠ると、疼痛の主要位置を見逃す可能性が高い。疼痛は、対側部位の筋肉の弱さを補っている可能性がある緊張側と同側に現れることがよくある。

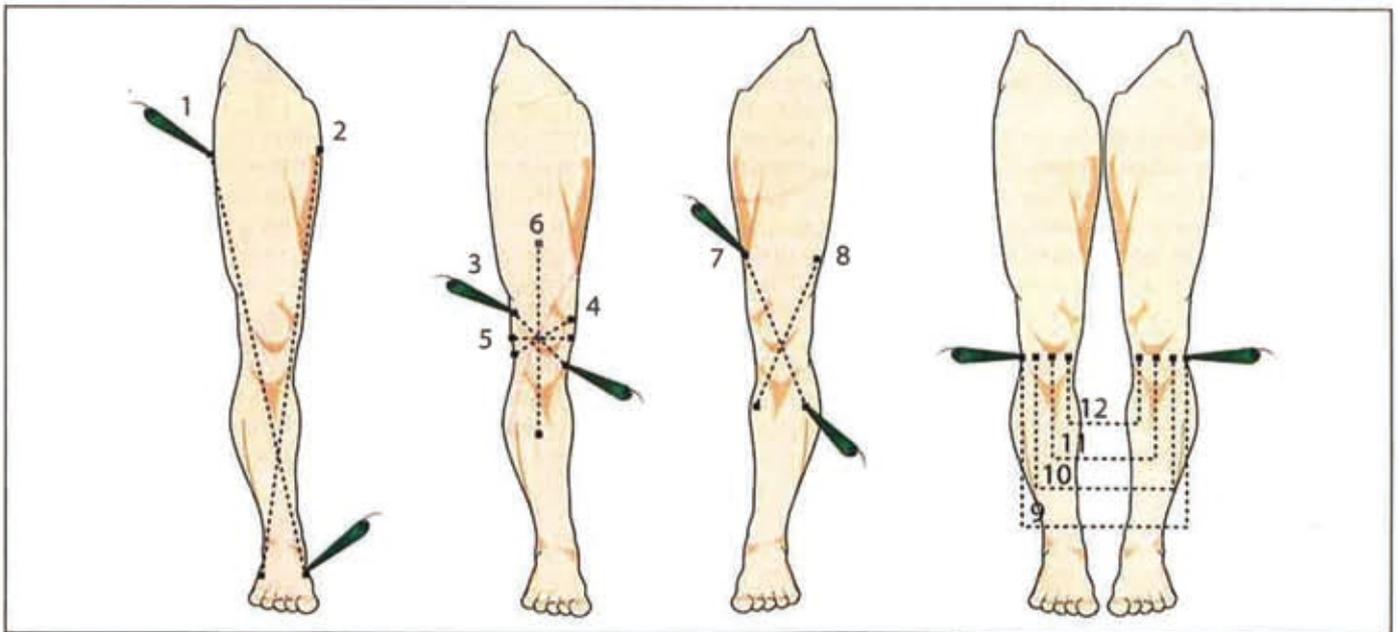


図1. 右膝の2分間プローブ治療プロトコルの例。ライン終端は、おおよそのプローブ配置位置を示す。数字は治療時にプローブをあてる順序を示す。



図2. 1分間プローブ治療プロトコルの例。下肢、骨盤、臀部、及び腰部の疼痛治療に足の各指先をつなぐ。

2～5分間プローブ治療プロトコル

メーカーの推奨事項はさまざまであるが、一般にプローブは1回に約10秒間当てる。この10秒間のプローブ当てを、各々アプローチ角度を変えながら12～20回行うことを1治療「セット」とみなす。最初のセットは、治療を1～2分間隔で続けて行うと2分程度かかるはずである。セットごとに患者の再評価を行う必要がある。

プロトコルには、4つのステップがある。図1は、右膝痛を例にプロトコルを説明したものである。

1. まず、問題部位を大きく超える広い部位にわたる治療を行う。膝痛治療のこの例では、内側・上大腿部から足外側を治療してから、外側臀部から足内側を治療する。1個所当たり10秒で、これを20秒で完了する。

2. 問題部位の周辺を直接的に、より近づけて合計1分間治療する（2斜角、1～2回の内側－外側、1～2回の前－後のプローブ配置等）。

3. 症状がなくても最低20秒間、問題部位の正反対側の対側周辺（反対側の膝等）を治療する。

4. 治療部位の抹消側の4個所以上で2個所の対側部位のそれぞれにプローブを同時に置くことにより、2個所の対側部位をつなぐ。

図1に示した例では、2分間を要する。その後、患者を当初の基準で再評価する必要がある。疼痛がなくなれば、その日の治療を終了する。疼痛が軽減すれば、痛む場所を1本の指でさしてもらい、さらに1分間ほど疼痛部位を直接治療する。疼痛部位は先の2分間の治療後に移動している可能性がある。

左右対称の観点から、主要治療部位の上下左右を観察、触診その他により調べる。必ず対側部位を治療し、両側をつないで中枢神経系の治療が含まれるようにする。

1分間プローブ治療プロトコル

METによる疼痛緩和の迅速・効果的な方法は、単に対側位置の肢遠位部にプローブを同時にあてることである。たとえば膝痛の場合は、図2のように足の各指先に順番にプローブをあてる。しっかり圧力をかけておくこと。これで、1分以内に疼痛が緩和されることが多い。この配置は下肢、骨盤、臀部、及び腰部の疼痛に用いてもよい。同様に、手指にプローブをあてることで、上肢、肩、頸の治療が可能である。

粘着式電極

粘着式電極の配置の目安は、治療時間が長いこと以外はプローブの場合と同じである。最適結果を得るには、電極を問題部位の周りで移動させることが必要な場合もある。プローブはひとつの部位に10秒間あてるが、電極は各部位に少なくとも5～10分間装着しておく必要がある。症状によっては、毎日1時間ないし数時間の刺激を要することもあるので、電極はホームケアに最適である。図3、4、5に、粘着式電極の配置例を示す。



図3. 粘着式電極の配置例。右膝痛の局所治療。



図4. 粘着式電極の配置例。右膝痛の対側部位の治療



図5. 粘着式電極の配置例。下肢、骨盤、臀部、及び腰部の疼痛治療

治療を終えるタイミング

簡易プロトコル後に、当初の基準で患者を再評価する。客観的兆候に改善があるか調べる（可動域の拡大等）。数セットの治療後、疼痛が完全になくなるか、あるいは改善がプラトーに達したところで治療を終了する。1~2分の治療しか行っていなくても、疼痛がなくなればその日の治療を終了するほうがはるかによい。治療を続行すれば、疼痛がぶり返す恐れがある。疼痛はもう感じないが、筋肉にハリがあるという場合も、その日の治療を終了する。METはハリを低減するものではない。

患者の大多数は治療に直ちに反応するが、患者によっては効果の出方が遅れ、治療後1~2日にわたり改善が続くこともある。こうした患者では、緩和は治療後1~3時間経ってから、もしくは翌朝になってから起きるのが一般的である。ほとんどの患者が累積効果を体験し、時間の経過とともに改善を続けるが、重度の病態の場合の緩和効果は一時的なものなので頻繁な治療が必要となる。患者のなかには、電極を装着したままMET装置のスイッチを切り、疼痛が出始めると電源を入れるだけでよいようにしている人もいる。在宅で自己治療を行う患者の応答解析には、治療前と治療後の状態を記録した日誌が役立つ。

結論

処方MET装置は、多くの場合において安全で効果的な疼痛管理手段である。使いやすく、患者が必要に応じて使用できるよう十分な携帯性を備えた装置が多い。依存性はなく、許容度というものもない。副作用は軽微かつ自己限定的で、色白の人での電極部位の皮膚のかぶれくらいである。計画的に使用してもよいし、必要に応じて使用してもよい。他の処置と組み合わせた場合の副作用も知られていないので、単独の療法として用いることも、薬剤、外科処置、催眠、リラクゼーション等、他のアプローチと併用することも可能である。使用時間が最小限で済むため、TENS装置で継続的にかかる電極やバッテリーの費用を考慮すれば、ホームケア用のMET装置は最も安価なTENS装置よりもさらに費用効率が高い。

米国で過去30年間にわたる研究と臨床使用の実績をもつMETは、臨床環境において多様な疼痛患者に対する実行可能な一次的治療法となる（表1の適応を参照）。

References

1. Kirsch DL. Electromedicine: the other side of physiology. Chapter 60 in *Pain Management: A Practical Guide for Clinicians* (the textbook of the American Academy of Pain Management) edited by Richard S. Weiner. Boca Raton, Florida: CRC Press. 2002. pp 749-758.
2. Heffernan M. The effect of variable microcurrents on EEG spectrum and pain control. *Canadian Journal of Clinical Medicine*. 1997. 4(10):4-11.
3. *The American Heritage® Stedman's Medical Dictionary*, 2nd Edition. Houghton Mifflin Company. 2004.
4. Chang N, Van Hoff H, Bockx E, et al. The effect of electric currents on ATP generation, protein synthesis, and membrane transport in rat skin. *Clinical Orthopedics*. 1982. 171:264-72.
5. Pert, CB. *Molecules of Emotions*. New York: Touchtone. 1997.
6. Nordenstrom BEW. *Biologically Closed Electric Circuits: Clinical, Experimental and Theoretical Evidence for an Additional Circulatory System*. Stockholm: Nordic Medical Publications. 1983.
7. Nordenstrom BEW. *Exploring BCEC-Systems (Biologically Closed Electric Circuits)*. Stockholm: Nordic Medical Publications. 1998.
8. Smith RB. Is microcurrent stimulation effective in pain management? An additional perspective. *American Journal of Pain Management*. 2001. 11(2):62-66.