

灸熱緩和紙による灸温度変化の検討

～透熱灸と灸点紙灸の比較～

永田 宏子^{*1,2)}, 梅田 雅宏³⁾, 村瀬 智一³⁾, 廣 正基⁴⁾

¹⁾富田治療院, ²⁾明治国際医療大学大学院鍼灸学研究科,

³⁾明治国際医療大学基礎教養講座, ⁴⁾明治国際医療大学鍼灸学講座鍼灸学ユニット

要 旨 【緒言】灸熱緩和紙（灸点紙）は、灸の熱刺激を緩和し灸痕を防ぐために臨床でも使用されている。灸点紙による熱緩和効果を明らかにするために、透熱灸と灸点紙灸の灸底面温度を測定し、比較検討した。

【方法】点灸用艾を用いて、重量と大きさの異なる 2 種類の小艾炷（1mg と 2 mg）を成形した。透熱灸（艾炷の直下）、灸点紙灸（灸点紙小円孔の直下）の灸底面に、温度センサを設置し、60 秒間（点火前 20 秒・点火後 40 秒）の温度変化を各 30 回記録した。

【結果】灸点紙灸は透熱灸と比較して、最高温度は有意に低く、33℃から 45℃までの所要時間は有意に延長し、45℃以上の持続時間は有意に短縮した。さらに、45℃以上の持続時間において、灸点紙灸では 1mg と 2mg との間に有意差を認めなかった。（ $p < 0.05$, Kruskal-Wallis 検定, Bonferroni 補正）

【結論】灸点紙の使用により、侵害刺激に達するまでの所要時間が長くなり、熱刺激量が軽減された。また、艾炷の大きさの違いによる熱刺激量の差が減少した。以上より、灸点紙には熱緩和効果があり、適切な使用により学校教育や臨床、セルフケア等に活用できることが示唆された。

Key words 透熱灸 direct moxibustion, 米粒大の灸 grain-sized moxibustion, 灸点紙 thermal relief paper, 熱緩和 thermal relief, 灸痕予防 moxibustion mark prevention

1. はじめに

灸法は、直接灸と間接灸に大別されるが、国外では、燃焼中の艾が皮膚に直接触れない間接灸が主流である。間接灸には、棒灸や温筒灸のように空気を緩衝層とするもの（乾熱刺激）、ニンニク、ショウガ、塩などの緩衝物上で艾を燃焼させる方法（湿熱刺激）など、様々な種類がある。一方、透熱灸は直接灸に分類さ

れる日本独自の灸法である。米粒大、半米粒大など小さな艾炷（がいしゅ）を直接皮膚の上に置き、線香で火をつけて燃焼させるため、熱痛を伴い、灸痕を残すこともある。箕輪らの報告によると、国内の 90% 以上の鍼灸学校で透熱灸の教育が行われている。しかし、指導方法としては、七分灸や八分灸といった、指で途中消火をする方法が最も多く行われており¹⁾、また、臨床の現場でも、灸痕を気にして、途中消火したり、紫雲膏などの油脂性基剤を塗布した上に施灸したりするなど、主に間接灸的な方法が行われ、透熱灸があまり使われなくなっているのが現状である。

*連絡先：〒410-2323 静岡県伊豆の国市大仁 421-1
富田治療院
E-mail: nagata.tomita.acu@gmail.com

また、ショウガ灸やニンニク灸などの間接灸は、一般的に透熱灸よりも大きい艾炷を用いて、心地よい温熱刺激を与える目的で施灸される。

艾の燃焼による灸の温度変化特性は、艾の大きさ、重量、密度だけでなく、室温、湿度、空気の流れにより影響を受ける。Yi ら²⁾は、異なる風量の下で直接灸と間接灸（ニンニク灸）の温度変化を測定し、直接灸の最高温度は風量の増加とともに 160℃から 300℃に上昇し、間接灸は風量の増加とともに 45℃から 40℃に下降したと報告した。菅田ら^{3, 4)}は、ラットに直接灸および間接灸（ショウガ灸およびニンニク灸）を行い、直接灸、間接灸共に皮下で 50℃をこえる温度変化が認められることを報告した。

これらの緩衝物を使用した間接灸法は再現性の上で困難を伴う。一方、透熱灸施灸時に灸痕を残さずに灸熱を浸透させるため、灸熱緩和紙（灸点紙）を緩衝物として使用する方法がある。灸点紙の構造は、紙製の台紙に凹凸のあるアルミ製の薄膜を接合し、台紙とアルミ薄膜は直径 5 mm程で、皮膚との接面はシールとなっており、中央に小さな円孔（直径 1.07mm）があり、灸の熱はこの穴から伝わるようになっている（図 1）。

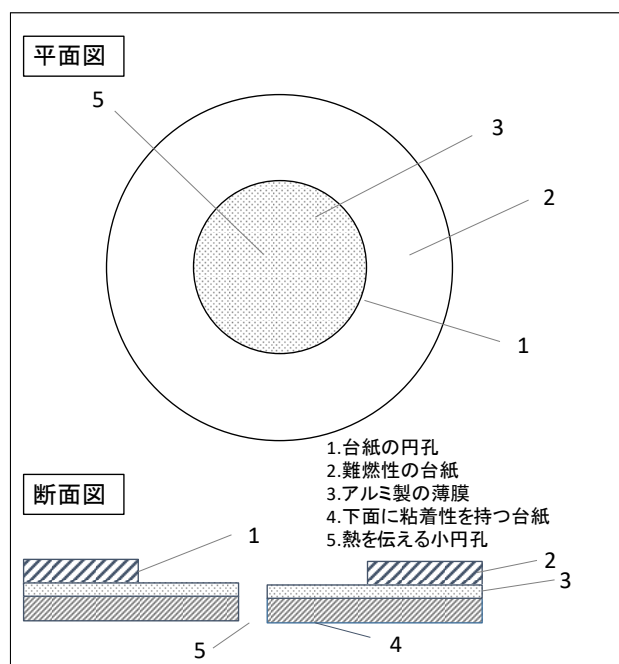


図 1 灸点紙の構造
日本特許庁。実用新案公報。昭和 47-40993 より作成

周囲の台紙が熱伝導を防ぐため、続けて施灸しても火傷をしにくく、小円孔で調整されるので灸の大きさに均一性が欠けても加熱量の差が少なく、またアルミ製の薄膜には凹凸があるため艾炷の転落も防ぐとされている⁵⁾。灸点紙は工業製品として市販されており、その断熱効果の再現性は高いと考えられる。

灸点紙は、教育現場や臨床においても透熱灸の熱刺激を緩和し灸痕ができるのを防ぐために使用されている。灸点紙による熱緩和効果については、富田ら⁶⁾による切艾を使用した報告があるが、学校教育や臨床で一般的ないわゆる米粒大および半米粒大の艾炷を使用して検証した報告は見当たらない。そこで、本研究では、灸点紙の熱緩和効果を明らかにするために、半米粒大および米粒大に近い小艾炷を用いて、透熱灸と灸点紙灸の温度特性を調査した。

II. 方法

1. 計測対象

点灸用艾（セネファ株式会社、滋賀）を用いて、重量と大きさの異なる 2 種類の小艾炷を作成した。比較を可能にするために、燃焼中の艾炷底面の温度を測定した先行研究⁷⁾に準じて、1 mgの艾は重量 1.0～1.1 mg、底面直径 3mm、高さ 3mm の円錐形、2 mgの艾は重量 2.0～2.2 mg、底面直径 3mm、高さ 6mm の円錐形に統一した。なお、重量の計測には、読み取り精度 1mg、最小値 0.1mg のアズプロ分析天秤 65gASP64（アズワン株式会社、大阪）を用いた。

2. 測定方法

温度計測装置は、テーブル形多目的温度センサ（ST33K；幅 1.5mm：測定温度範囲-50～400℃；安立計器、東京）を温度記録計（MCR-4TC；T&D、長野）に接続した。

データ測定は、室温 23.5℃±0.5℃、湿度 55%±5%、空調による気流の影響がない室内において、各条件で点火を含めた 60 秒間の測定を 1 回とし、10 回を 1 セットとして、3 セット行い、0.1 秒の時間分解能で記録した。

透熱灸は、耐熱シリコンシート（耐熱温度 230℃、フジサキ、東京）上に温度センサを紙テープで固定し、温度センサの先端部に艾炷を置き、線香で点火して燃焼させた。灸点紙灸は、“灸点紙”（大喜多商会、大阪）の中央小円孔（直径 1.07mm；大喜多商會計測）直下に温度センサの先端部を固定し、中央小円孔上に艾炷をのせて線香で点火して燃焼させた（図 2）。

透熱灸、灸点紙灸ともに消火を確認して 20 秒後に灰を取り除き、次の艾炷を設置し、1 分毎に点火するサイクルを繰り返した（図 3）。

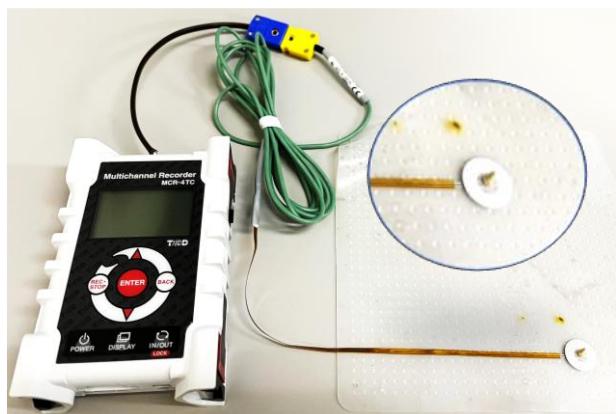


図 2 計測機器のセッティング

灸点紙灸は灸点紙の中央小円孔（直径 1.07mm）直下に温度センサの先端部を固定し、中央小円孔上に艾炷をのせて（青丸で囲まれた拡大部分）、燃焼させた。

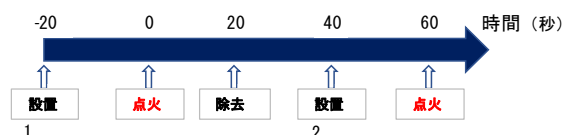


図 3 プロトコル

1 分毎に点火、点火 20 秒後に灰を除去して次の艾炷を設置した。

3. データ解析

透熱灸と灸点紙灸の温度特性を比較するため、温度特性として最高温度、45℃以上の持続時間、33℃から 45℃までの所要時間を比較した。温度記録計で得られたデータから、Microsoft® Excel® for Microsoft 365 MSO（バージョン 2211）を使用し、最高温度、45℃以上の持続時間、33℃から 45℃までの所要時間を算出した。

解析データの統計処理には IBM SPSS Statistics version 21 (IBM, Armonk, NY, USA)を用いた。Kruskal-Wallis の検定後、多重比較には Bonferroni 法を用い、 $p < 0.05$ を統計学的有意差ありとした。

III. 結果

各条件の温度推移を図 4 に、各条件のパラメータ毎の比較を図 5 に示す。

1. 最高温度（図 5a）は、透熱灸の 1 mg が $175.6 \pm 28.0^\circ\text{C}$ 、2 mg が $186.9 \pm 29.2^\circ\text{C}$ 、灸点紙灸の 1 mg が $50.5 \pm 3.4^\circ\text{C}$ 、2 mg が $53.5 \pm 4.6^\circ\text{C}$ であった。灸点紙の使用により 1 mg は約 125.1°C 、2 mg は約 133.4°C の温度低下が観察され、艾炷の大きさに関わらず最高温度が有意に低下した。

艾炷の大きさによる比較では、透熱灸、灸点紙灸ともに 1 mg より 2 mg の方が最高温度は高かったが、有意差は認められなかった（透熱灸 $p = 1.00$ 、灸点紙灸 $p = 0.77$ ）。

2. 45℃以上の持続時間（図 5b）は、透熱灸の 1 mg が 13.0 ± 2.5 秒、2 mg が 19.0 ± 2.3 秒、灸点紙灸の 1 mg が 2.6 ± 1.1 秒、2 mg が 4.2 ± 1.6 秒であった。灸点紙の使用により 1 mg、2 mg ともに約 80% の短縮が観察され、艾炷の大きさに関わらず、45℃以上の持続時間は有意に短縮した。

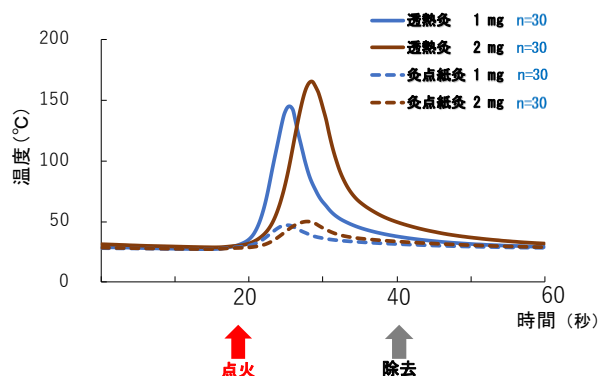


図 4 各条件の平均温度変化

透熱灸、灸点紙灸ともに米粒大よりも 1mg の方が早くに最高温度に達し、下降する温度曲線を描いた。

艾炷の大きさによる比較では、透熱灸では1 mgと2 mgの間で 45℃以上の持続時間に有意差が認められたが、灸点紙灸では艾炷の大きさによる有意差は認められなかった ($p=0.18$)。

3. 33℃から 45℃までの所要時間 (図 5c)は、透熱灸の 1 mgが 1.8 ± 0.5 秒, 2 mgが 2.3 ± 0.2 秒, 灸点紙灸の 1 mgが 2.3 ± 0.4 秒, 2 mgが 2.7 ± 0.8 秒であった。灸点紙の使用により 1 mgは約 0.5 秒, 2 mgは約 0.4 秒の延長が観察され, 1 mgでは有意差が認められた。

艾炷の大きさによる比較では、透熱灸では1 mgと2 mgの間で 33℃から 45℃までの所要時間に有意差が認められたが、灸点紙灸では艾炷の大きさによる有意差は認められなかった ($p=1.00$)。

IV. 考察

燃焼する艾の温度測定は、金属、木材などの上に熱電対を設置するほか、実験動物を使用して行われてきた。しかし、実験動物の皮膚温および皮膚に吸収される熱量には個体差があることが想定され、灸自体の発熱温度を測定することは困難である。また、倫理的側面への配慮も必要である。

そこで、本研究では、灸点紙の熱緩和効果を明らかにすることを目的に、1 mgと 2 mgの小艾炷を熱伝導率の低いシリコンマット上で燃焼させて、透熱灸と灸点紙灸の温度特性を調査した。得られた結果をもとに、灸点紙の熱緩和効果について以下に考察する。

1. 最高温度

1 mgおよび 2 mgの透熱灸がいずれも 100℃を超えていたのに対し、灸点紙灸では 50～60℃で、両者の間で大きく異なった。富田ら⁶⁾は大中小の切艾を使用して灸点紙による熱緩和効果について検証し、最高温度と 45℃以上の持続時間が減少したと報告しており、今回使用した 1 mg, 2 mgの艾炷でも同様の結果を得た。

灸点紙表面の素材は細かい凹凸があるアルミ製の薄板、つまりアルミ箔である。アルミ箔は熱反射性が

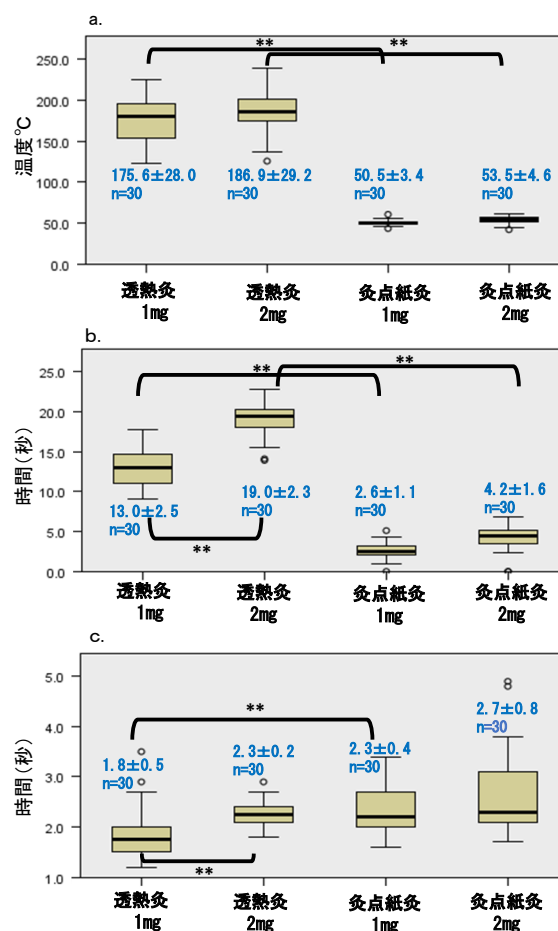


図5 各条件のパラメータ毎の比較

a. 最高温度

1mg, 2mg ともに有意に低下

透熱灸, 灸点紙灸ともに 1mg と 2mg の間に有意差なし (透熱灸 $p=1.00$, 灸点紙灸 $p=0.77$)

Kruskal-Wallis Test / Bonferroni ** $P<0.001$ * $P<0.05$

b. 45℃以上持続時間

1mg, 2mg ともに有意に短縮

灸点紙灸では 1mg と 2mg の間に有意差なし ($p=0.18$)

Kruskal-Wallis Test / Bonferroni ** $P<0.001$ * $P<0.05$

c. 33℃→45℃所要時間 (秒)

1mg は所要時間が有意に延長

灸点紙灸では 1mg と 2mg の間に有意差なし ($p=1.00$)

Kruskal-Wallis Test / Bonferroni ** $P<0.001$ * $P<0.05$

高く、灸から放出される輻射熱を遮断する特性がある^{8,9)}。一方で、金属は一般的に熱伝導率が高く、アルミニウムの熱伝導率も 100℃では $240 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ と高い¹⁰⁾、灸点紙表面には凹凸があるため、艾炷との間に空気の層が存在する。空気の熱伝導率は同条件で $3.17 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ と極端に低いため¹⁰⁾、熱伝導が低下する。また、比熱の定義から、灸の燃焼時に観測される温度は熱量に比例し、温められる灸点紙と温度セン

サの重量と比熱に反比例する。

$\Delta \text{温度} / \text{加熱時間} = (\text{灸の}) \text{熱量} / (\text{温められる物質の}) \text{重量} \times \text{比熱}$

つまり、灸点紙表面のアルミニウムの比熱と紙製の台紙のため、灸から放出する熱が吸収される。以上のような複数の理由から、灸の熱が緩和したと考えられる。

我々の先行研究では、透熱灸の最高温度のバラツきの要因として艾炷の底面にある肉眼では確認できないような細かい凹凸のサイズと、熱電対のセンサ部のサイズ（直径約 0.4mm）が近いこと、艾炷とセンサ部の接触部分により温度の違いが生じた可能性が想定された。今回の研究では、幅の広いテープ型（幅 1.5mm）を使用しているが、この傾向は変わっていない。一方の灸点紙灸では、最高温度のバラつきが小さくなる傾向が見られた。これは、灸点紙灸は、小円孔を通して伝えられた熱およびアルミ製薄板に吸収された熱が計測されるため、艾炷の燃焼熱が軽減され、最高温度のバラつきが縮小したためと考えられる。

艾炷の大きさによる最高温度の比較では、透熱灸、灸点紙灸のいずれも 1 mg より 2 mg の方が高かったが、有意差を認めなかった。我々の先行研究では、透熱灸では大きさの違いにより最高温度に有意差が認められ、比熱の定義にしたがった発熱量の重量依存性により想定された。灸点紙灸で有意差を認めなかったのは、艾炷ごとのバラつきが少なかったのと同様の理由で、最高温度が緩和され、発熱量の重量依存性が低下したものと考えられる。

温度感覚は皮膚上の温度受容器（温受容器と冷受容器）が反応する。温受容器の活性は、45℃以下で最大放電に達し、皮膚温がさらに上昇すると急激に減少し、45℃以上の温度刺激には侵害受容器が反応する¹¹⁾。侵害受容器の反応には、transient receptor potential (TRP) イオンチャネルのスーパーファミリーである TRPV1, TRPA1, TRPM3 受容器が関与することが明らかになっており、中でも TRPV1 は C 線維上にも発現し、約 43℃以上で活性化するため、侵害性熱刺激受容器と考えられている¹²⁾。本実験では、灸

点紙灸も 1 mg が $50.5 \pm 3.4^\circ\text{C}$, 2 mg が $53.5 \pm 4.6^\circ\text{C}$ といずれも 50℃以上となることが観察された。臨床においても、灸点紙灸施灸時でもチクツとした熱痛を感じる。痛みは、身体に組織損傷するような侵害刺激が加えられた警告信号として生じる。皮膚温が 45℃以上の状態が長時間続くと、いずれ組織損傷を生じることから、侵害性熱刺激受容器である TRPV1 が活性化し、侵害受容器の興奮、つまり痛み情報を中枢に伝達すると想定される。

2. 45℃以上の持続時間

1 mg, 2 mg とともに灸点紙の使用により有意に短縮した。熱傷の多くは 60℃以上の高温により起きる¹³⁾。44℃～60℃以下でも長時間接触した場合には低温熱傷が起こりうるが¹³⁾、本研究の灸点紙灸のように 45℃以上の持続時間が数秒間の短い刺激では組織損傷が起こる可能性はほとんどない。したがって、灸点紙を使用した 1 回の施灸では灸痕を残す可能性が減少すると考えられる。

艾炷の大きさによる比較では、透熱灸では 1 mg と 2 mg の間で有意差が認められたが、灸点紙灸では、艾炷の大きさによる有意差を認めなかった。富田らの報告によると、45℃以上の持続時間について灸点紙灸の大艾 ($4.3 \pm 0.8 \text{ mg}$) と中艾 ($3.1 \pm 0.4 \text{ mg}$)、大艾と小艾 ($2.2 \pm 0.3 \text{ mg}$) の間には有意差を認めたが、中艾と小艾の間に有意差を認めていない⁶⁾。今回の結果でも、灸点紙灸では 1 mg と 2 mg の間で有意差を認めなかったことから、灸点紙の吸収・断熱効果により艾量による熱刺激量の違いが縮小したと考えられる。

3. 33℃から 45℃までの到達時間

1 mg, 2 mg とともに灸点紙の使用により延長したが、有意差は 1 mg のみに認められた。45℃を境界としたのは、熱痛覚の閾値は通常 45℃付近の皮膚温であるとされるためである¹¹⁾。到達時間は温度上昇速度と同義であり、到達時間が長い灸点紙灸の方が緩やかな温度上昇であることを示している。この温度帯域における受容器の発火頻度は温度変化に依存していることから¹⁴⁾、灸点紙灸の方が穏やかな熱感として

知覚されると考えられる。

以上より、灸点紙は透熱灸の熱刺激量を軽減し、熱痛の軽減や適切な使用により灸痕ができるのを防ぐ効果があると考えられる。また、艾炷の大きさの違いによる熱刺激量の差も軽減するため、大きすぎる艾炷による火傷のリスクを低減する効果もあることが示唆された。

4. 限界

1 つには、今回の研究では、艾炷をシリコンマットの上で燃焼させて艾底面の温度を測定しているため、実際にヒト皮膚上で燃焼させた場合の予測温度変化とは異なる可能性がある。実際にヒト皮膚上で燃焼させた場合は、艾と皮膚の間には空気が存在することで燃焼による熱の伝導が阻害され、血液の灌流量や動脈血の温度が皮膚表面温度に影響することから¹⁵⁾、皮膚表面温度は今回の結果よりも低くなると推測される。

2 つ目は、測定装置の問題である。艾の発熱量が小さいため、測定センサやシリコンマットなどの環境物に影響を受けやすく、本研究の測定結果は、熱電対を使用した我々の先行研究よりも高い最高温度を示した。今後、測定結果を比較検証する際は、温度測定装置の統一が必要と思われる。

V. 結語

灸点紙には灸熱緩和効果があり、艾炷の大きさの違いによる熱刺激の差も軽減した。適切な使用により、学校教育や臨床で、またセルフケア用にも有効利用が可能なことが示唆された。

利益相反：本研究に関して特記すべき利益相反はない。

文 献

1. 箕輪政博, 形井秀一: 日本の灸教育の現状—専門学校を中心に—. 全日本鍼灸学会雑誌, 57(5):646-657, 2007.
2. Yi S-H: Thermal Properties of Direct and Indirect Moxibustion. Journal of acupuncture and meridian studies, 2:273-279, 2009.
3. 菅田良, 東家一, 大西基ら: 艾の燃焼温度と生体内温度変化に関する研究. 全日本鍼灸学会雑誌, 38(3):326-329, 1988.
4. 菅田良, 東家一, 大西基ら: 艾の燃焼温度と生体内温度変化に関する研究 (第2報) 隔物灸について. 全日本鍼灸学会雑誌, 39(2):241-245, 1989.
5. 大喜多七郎: 灸点紙. 実用新案公告記事, 昭 57-040993, 1982.
6. 富田賢一, 渡邊一平: 灸熱緩和紙を用いた施灸燃焼温度の測定. 東方医学, 35(3):23-30, 2019.
7. 山下仁, 江川雅人: 透熱灸の温度と燃焼時間. 全日本鍼灸学会雑誌, 45(3):203-207, 1995.
8. 川島浪, 大沢秀, 中村雄: アルミニウム箔の断熱実験. 軽金属, 1952(3):88-92, 1952.
9. 大沢秀: アルミニウムハクの利用に就て. 軽金属, 1954(13):90-101, 1954.
10. 国立天文台編: 熱伝導率. 理科年表 平成 23 年, 丸善, 東京, pp410-412, 2011.
11. Robert F. Schmidt 編: 温度感覚. 感覚生理学, 第2版, 金芳堂, 京都, pp55-63, 1994.
12. 富永真琴: 温度感受性 TRP チャネル. 生化学, 94(2):236-257, 2022.
13. 川原繁: 熱傷. からだと温度の事典, 朝倉書店, 東京, pp162-164, 2010.
14. Molinari HH, Greenspan JD, Krenshalo DR: The effects of rate of temperature change and adapting temperature on thermal sensitivity. Sensory processes, 1(4):354-362, 1977.
15. Okabe T, Fujimura T, Okajima J, et al.: Non-invasive measurement of effective thermal conductivity of human skin with a guard-heated thermistor probe. International Journal of Heat and Mass Transfer, 126:625-635, 2018.

1. 箕輪政博, 形井秀一: 日本の灸教育の現状—専

Investigation of temperature changes using moxibustion thermal relief paper: Comparison of direct moxa and moxa with thermal relief paper (kyutenshi)

Hiroko Nagata^{1,2)}, Masahiro Umeda³⁾, Tomokazu Murase³⁾, Masaki Hiro⁴⁾

¹⁾ *Tomita Acupuncture & Massage Therapy Clinic*

²⁾ *Graduate School of Acupuncture and Moxibustion, Meiji University of Integrative Medicine*

³⁾ *Department of Data Science, Meiji University of Integrative Medicine*

⁴⁾ *School of Acupuncture and Moxibustion, Meiji University of Integrative Medicine*

Abstract

Objective: Moxibustion thermal relief paper (kyutenshi) is clinically used to relieve the thermal stimulation of moxibustion and to prevent the formation of moxibustion marks. However, the extent to which kyutenshi use affects changes in moxibustion temperature remains unclear. In this study, we compared the temperature of the bottom surface of moxibustion using kyutenshi with that of grain-sized moxibustion to clarify the heat-relieving effect of kyutenshi.

Methods: 1 mg (1.0-1.1 mg/3 mm) and 2 mg (2.0-2.2 mg/6 mm) moxa cones were formed using the highest quality moxa. Temperature sensors connected to a temperature recorder were placed on directly under the moxa and kyutenshi moxa (under the small circular hole of kyutenshi) to measure the temperature of the bottom surface of the moxa corns, and the temperature change over 60 s (20 s before ignition and 40 s after ignition) was recorded 30 times each.

Results: The maximum temperature of kyutenshi moxa was significantly lower than that of direct moxa, the time required from 33° C to 45° C was significantly longer, and the duration above 45° C was significantly shorter than that of direct moxa. Furthermore, there was a significant difference in the duration above 45° C for direct moxa but not for kyutenshi moxa when comparing 1 mg and 2 mg ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis test, Bonferroni correction).

Conclusion: Moxibustion thermal relief paper prolonged nociception time and reduced the amount of thermal stimulation required. It was also thought to reduce the risk of burns caused by excessively large moxa burns since the difference in the amount of thermal stimulation caused by different sizes of moxa burns decreased. The results suggest that the moxibustion thermal relief paper has a thermal-relieving effect and can be used effectively in educational and clinical settings and for self-care if used appropriately.