

学位論文題名

## 頸部星状神経節近傍照射の効果に関する研究

### 学位論文内容の要旨

低出力レーザー照射は患部直接照射による創傷治癒の促進、疼痛の減少、腰背筋肉痛、捻挫などの慢性炎症疾患の鎮痛、機能改善を示し臨床応用されてきた。星状神経節近傍への直線偏光近赤外線照射により交感神経節薬剤性ブロック療法と同様の臨床効果が報告され、しかし、これまで星状神経節近傍光線照射による全身的な生理反応内分泌・免疫機能に対する効果については十分報告されておらず、その作用機序には不明の点が多い。今回健常人の頸部右星状神経節近傍に直線偏光近赤外線照射を行い、皮膚表面温度、手掌発汗量、血圧、脈拍測定の生理学的検討と血液検査による内分泌学的免疫学的検討を加え、局所効果と全身性効果について検討した。

#### 1)対象と方法

実験はすべて北海道大学医学部リハビリテーション医学講座の実験用恒温室(縦 360cm, 横 270cm, 高さ 220cm, 温度 25℃, 湿度 50%)で行われた。対象は健常男性(北大医療短大学生, 年齢 21~22 歳)であり、毎回、測定開始前に恒温室にて 10 分間恒温馴化した。実験中仰臥位とし、一人あたり2回づつ、別の日に同じ時刻帯に照射と偽照射各一回ずつ施行した。

#### 実験 1:

対象は 19 名、皮膚温度と発汗量測定は被験者が恒温室に入ってから実験終了まで行った。照射直前後各一回生理負荷試験を行い、血圧、脈拍測定。右頸部星状神経節近傍 20 分照射を与える。

I. 皮膚温度と発汗量測定: 皮膚表面温度測定用のサーミスターを両手第 3 指尖掌側と両足第 2 趾尖屈側に固定し、皮膚温度を毎分測定した。2つの発汗量測定器を両手母指球に接着固定し、連続的に皮膚発汗量を測定した。

II. 生理負荷試験: 実験員から口頭で指示し、被験者に順番でやらせる。内容は計算1分間、安静1分間、逆唱1分間、安静1分間、深呼吸1分間、安静1分間である、計5分間。計算、逆唱、深呼吸負荷開始時と終了時にマークして、それぞれの1分間の局所発汗量を算定した。生理負荷時の精神的発汗量は、各検査終了時の基礎発汗量を減じ、生理的負荷による増加分を使用し、それぞれの1分間の精神的発汗量を算出した。

III. 右頸部星状神経節近傍照射: 照射群は東京医研製 HA-550 型直線偏光近赤外線照射器を利用して、最大出力 70%(最大出力:1800mw), 発振波長帯:0.6~1.6  $\mu$ m(ピーク 1.0  $\mu$ m), 1 秒間照射, 2 秒間中止のサイクルで右側胸鎖乳突筋内側第 6 頸椎(C<sub>6</sub>)レベルの皮膚に接触、固定して星状神経節を 20 分間照射した。偽照射群は照射機器のプロープ部内にアルミ箔で光線の経路を遮断する方法で同一手技で行い。

IV. 血圧脈拍測定: 松下電工製一体型手首血圧計EW284 を用い、照射直前後二回に測定された。

## 実験 2:

対象は11名、照射直前後に二回に採血を施行した。照射器、照射方法と時間は実験1と同じである。血液検査の項目は、白血球数、血中ホルモン(アドレナリン、ノルアドレナリン、コチゾル、ドパミン)値、リンパ球分画を検討した。

統計学的検定には、同群の照射前後の比較、照射後の左右差の比較、照射前値を基準にした照射後の変動値の照射と偽照射を比較は対応のあるt検定を用いて有意差の検討した。

## 2) 結果

実験 1: 照射後では、照射群の左右手指の相対平均温度は上昇した、特に右手の照射 10 分後、左手の照射 7 分後の相対温度は、偽照射群より有意の上昇が示された。照射群の左右足趾とも照射後相対皮膚温度が偽照射群より有意の上昇が示された、右足の照射 4~11 分後、13~20 分後、左足の照射 5~8 分後、13~20 分後での平均相対温度は、偽照射群より有意の上昇が示された。

照射後の発汗量には、照射群が生理負荷のすべてで照射前より有意の低下を認められた、照射側(右手)の計算負荷の発汗量  $0.03 \pm 0.04$  mg/分(平均値 $\pm$ 標準偏差)は、非照射側(左手) $0.15 \pm 0.34$  mg/分より有意の低下を示し、偽照射群  $0.11 \pm 0.18$  mg/分より有意の減少を示した。

血圧測定では照射前後で有意の変動は認められなかった。

実験 2: 血液検査ではアドレナリン、ノルアドレナリンは照射群で低下傾向を示したが、照射前後有意の差異はみられなかった。照射群の白血球数は照射後有意の減少が示され、前後差分の比較検討では、照射群  $-490.9 \pm 308.1/\mu\text{l}$  が偽照射  $-127.3 \pm 316.5/\mu\text{l}$  より有意の低下を示した。NK 細胞活性が照射群の照射前後で有意の減少を示し、CD3 細胞は有意の増加を示した。照射群が偽照射群より NK 細胞数の有意の減少が示された。

被験者の不快感、照射部の灼熱感、疼痛感などの異常な自覚所見は発現されなかった。

## 3) 考察

今回用いた直線偏光近赤外線は低出力レーザー照射療法に分類される治療であるが、レーザーの代わりに、光源として赤外線灯スーパーアイオダインランプを用い、光学フィルターを介し短波長成分である近赤外線(波長帯:  $0.6 \sim 1.6 \mu\text{m}$ )のみ選択的に照射する方式である。この波長域はヘリウムネオンレーザー(波長:  $0.6 \mu\text{m}$ )、半導体レーザー(波長:  $1.6 \mu\text{m}$ )の波長を包含し、また従来のレーザー照射の出力が 60mW 程度と低いものに対して、最大出力 1800mW の高エネルギーを生体の深部まで供給できる。

頸部星状神経節は、機能的支配領域は同側の頭部、顔面、頸部、上肢および胸部となる、今回の実験の発汗量では、照射後照射群(照射側)が偽照射群より有意の減少を示した。これは照射が交感神経系を抑制し、上記支配領域の精神的発汗量の有意の減少をもたらす交感神経節の局在性を示すものと思われる。手足の末梢皮膚温度は、照射側だけではなく、非照射側の皮膚温度の上昇が今回実験で認められた。星状神経節照射による左右上肢下肢すなわち全身性の交感神経緊張の抑制効果を表している。この機序は片側星状神経節照射が脊髄中枢性作用を有するか星状神経節に左右の連絡経路がある可能性が考えられた。白血球数、NK 細胞数の減少、NK 細胞活性が有意に低下しており、交感神経抑制と関係する精神的緊張度の低下など非特異的なストレス抑制効果を示唆する。

今回の光線照射による星状神経節光線療法は注射より安全で、痛みを伴わず、繰り返し処置が可能である

など、広く臨床応用が可能である。照射前後の血圧、脈拍数は有意の変化はなかった、副作用を認めず、光線療法（光線照射療法）の臨床応用をより支持するものとする。

光線照射の機序についてはなお不明の点も多く、照射時間、出力など治療手順、手法についてもまだ統一されていない。照射時間、出力と照射効果との関係について、さらに検討を加えることにより臨床的に有用な物理療法となると考えられる。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三 浪 明 男  
副 査 教 授 森 本 裕 二  
副 査 教 授 佐々木 秀 直

学 位 論 文 題 名

## 頸部星状神経節近傍照射の効果に関する研究

低出力レーザー照射は患部への直接照射による創傷治癒の促進、疼痛減少、機能改善などの臨床応用が進められつつある。星状神経節近傍への直線偏光近赤外線照射により交感神経節薬剤性ブロック療法と同様の臨床効果が報告されたが、これまで星状神経節近傍光線照射による全身的な生理反応、内分泌・免疫学的作用について十分な報告はなくその作用機序には不明の点が多かった。今回健常人の頸部右星状神経節近傍に直線偏光近赤外線照射を行い、皮膚表面温度、手掌発汗量、血圧、脈拍測定の生理学的検討と血液検査による内分泌学的免疫学的検討を加え、局所効果と全身性効果について検討した。実験はすべて北海道大学大学院医学研究科リハビリテーション医学の実験用恒温室(縦360cm, 横270cm, 高さ220cm, 温度25°C, 湿度50%)で行われた。対象は健常男性(北大医療短大学生, 年齢21~22歳)で、毎回、測定開始前に恒温室にて10分間恒温馴化した。実験中仰臥位とし、一人あたり2回ずつ、別の日に同じ時刻帯に照射と偽照射各一回ずつ施行した。照射直前後各一回引き算試験1分間、数字の逆唱試験1分間、5秒毎の深呼吸試験1分間の生理負荷試験を行い、両上下肢指温度、両手掌局所発汗量、血圧、脈拍測定を行った。東京医研製HA-550型直線偏光近赤外線照射器による右頸部星状神経節を20分照射した。偽照射群は照射機器のプロープ部内にアルミ箔で光線の経路を遮断する方法で同一手技にて行い、別の実験では、健常男子対象11名について、照射直後に二回に採血を施行し、血球数、血中ホルモン(アドレナリン、ノルアドレナリン、コチゾル、ドパミン)値、リンパ球分画、NK細胞活性を検討し、対応のあるt検定を用いて検討している。その結果、照射群は偽照射群より、両側上肢下肢ともに、有意の皮膚温度上昇が示され、スキノス社製SK2000による手掌局所発汗量の測定では、照射群において生理負荷(計算、数字逆唱、深呼吸)のすべての項目で照射前より有意の低下を認めた。照射側(右手)の計算負荷の発汗量は非照射側(左手)より有意の低下を示し、また偽照射群照射側(右手)より有意の減少を示した。血液検査ではアドレナリン、ノルアドレナリンは照射群で有

意差は認めないものの低下傾向を示し、白血球数は照射後有意の減少が示され、照射群が偽照射群より有意の低下を示した。白血球のうちリンパ球特に、NK細胞数も同様の有意の低下を示し、NK細胞活性も有意の減少を示した。直線偏光近赤外線は低出力レーザーに分類されるが、レーザーの代わりに光源として赤外線灯スーパーアイオダインランプを用い、光学フィルターを介し短波長成分である近赤外線(波長帯:0.6~1.6 $\mu$ m)のみ選択的に照射する方式で、従来のレーザー照射の出力に比べ約30倍の高エネルギーを生体深部まで供給できる。今回の発汗量の検討では、照射後照射群(照射側)が偽照射群より有意の減少を示し交感神経機能の局在性を示すものであるが、手足の末梢皮膚温度は、照射側だけではなく非照射側の皮膚温度上昇が認められ、一側星状神経節照射による左右上肢下肢すなわち全身性の交感神経緊張抑制効果を示した。白血球数、NK細胞数の減少、NK細胞活性が有意の低下も、交感神経抑制と関係する全身性の非特異的なストレス抑制効果を示唆するという論文であった。公開發表に際しての質疑において、副査の佐々木秀直教授から、光線療法を直線偏光としたことについての物理学的意義と生理学的意義について、局所発汗検査についての手法、左右差の意義についての質問が、副査の森本裕二教授から、ペインクリニックでの薬物性交感神経節ブロック療法と光線ブロック療法の相違点について、片側性・両側性の効果発現の機序に対する考案についての質問が、主査の三浪明男教授から、反射性交感神経性ジストロフィーなどの疾患においても同様の反応がみられるかどうかについての質問がなされたが、申請者は過去の文献的考察および自身のデータから概ね妥当な回答を行った。

この論文は、現在物理療法のひとつとしてその臨床効果が期待されている低出力レーザー照射療法の効果を、末梢循環作用、交感神経抑制作用などの生理学的手法のみならず、白血球数やNK細胞などの免疫学的手法を用い、全身性の交感神経抑制作用を客観的に示したものであり、リハビリテーション医学・物理療法医学の分野において価値の高い論文である。この低出力レーザー照射療法は、現在なお効果発現の機序やその照射手法が確立されていないが、ヒトの自律神経機能研究の発展やリハビリテーション医療への臨床応用に大いに期待されるものと考えられる。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士(医学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。