

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350598

研究課題名(和文) 骨格筋損傷に対する寒冷および温熱療法の影響

研究課題名(英文) Influence of the cold and heat stimuli on the skeletal muscle injury

研究代表者

三木 明德(Akinori, Miki)

神戸大学・保健学研究科・教授

研究者番号：20144561

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：筋損傷に対する予防や治療は、スポーツやリハビリテーションの臨床の現場において、理学療法士の重要な任務である。筋損傷急性期には寒冷療法が行われているが、筋再生の面から見ると好ましくない結果が出ている。科学的根拠に基づいた筋損傷に対する治療を確立するため、筋損傷に対する温度刺激の影響を形態学的、組織化学的、生化学的に観察した。温熱刺激を試みたところ、筋の再生は促進し、MyoDやmyogeninといった筋再生の重要因子の発現も早期化、促進できた。筋損傷後急性期の温熱刺激は禁忌とされているが、筋再生の面から見て検討を要すると考えられた。

研究成果の概要(英文)：In physiotherapy, treatment to the skeletal muscle injury is important. In acute stage of the muscle injury, physician generally uses the cold stimulus using the icepack, although regeneration of the muscle was inhibited by the cold stimuli. To establish the evidence based physiotherapy injured skeletal muscle was examined by immunohistochemically, biochemically and morphologically. Injured muscle stimulated by heat stimuli could accelerate and facilitate muscle regeneration, MyoD and myogenin, which are associated with muscle regeneration. Heat stimuli in acute stage of the muscle injury have some benefit on muscle regeneration, though the heat stimuli are contraindication on the acute stage of the injury. Future work would have resolved this problem to improve scientific bases of the heat or cold stimuli on the acute stage of the muscle injury.

研究分野：解剖学

キーワード：物理療法 温熱 寒冷

### 1. 研究開始当初の背景

筋損傷に対する予防や治療は、スポーツやリハビリテーションの臨床の現場において、理学療法士の重要な任務である。筋損傷急性期には寒冷療法が行われているが、これらに対する療法は臨床的経験に基づくものであり、妥当性に関しては意見の対立もあり、しっかりと科学的根拠に基づいた療法が確立されているとはいえないのが現状である。損傷筋の再生に対する冷却（アイシング）の影響に関しては、まったく反対の意見が対立している。アイシングによって損傷部付近に起こる二次変性が軽減されるので、筋の再生が速まると考える人がいる一方で、アイシングによって損傷後の炎症反応が遅延するので、筋の再生が遅れると考える人もいる。しかし、アイシングが筋の再生に及ぼす影響を実際に調べた報告は非常に少ない。先行研究では、筋再生の面から見ると、寒冷刺激は好ましくない、という結果が出ている(Takagi et al., 2011)。科学的根拠に基づいた筋損傷に対する治療を確立するため、筋損傷に対する温度刺激の影響を形態学的、組織化学的、生化学的に観察した。

### 2. 研究の目的

これまでに種々の物理療法が筋や末梢神経の再生に及ぼす影響を形態学的、組織化学的、生化学的に観察してきた。ラットの骨格筋に挫滅損傷を与え、5分後から20分間患部にアイスパックを当てて経皮的に筋を冷やして、アイシングが筋の再生に及ぼす影響を調べたところ、アイシングを行わなかった群に比べて、初期段階では損傷部における筋の二次変性やマクロファージの浸潤を含む炎症反応が1~1.5日遅れ、その結果、筋衛星細胞の増殖や筋芽細胞への分化の開始が遅れていた。損傷後2週間で比較したところ、アイシングによって再生筋の成熟が遅れており、4週間後では再生筋の線維横断面積が有意に小さかった。また、アイシング群では再生筋線維間の線維化が高度に起こっていた(Takagi et al. 2011)。これは、アイシングが筋の再生に対してマイナスに作用している可能性を示唆している。

激しい運動後に起こる筋損傷に対する処置は、スポーツ選手にとってはその後の選手生命を大きく左右することから、過度な運動による筋損傷に対して現在広く行われている寒冷療法や、一部で行われている温熱療法が及ぼす影響を明らかにすることは、スポーツ医学やリハビリテーションにおいて非常に重要である。

これまでの一連の観察から、挫滅損傷系においては二次変性、炎症反応、筋衛星細胞の増殖と筋芽細胞への分化、再生筋の成熟、損傷部における線維化などが重要なイベントであると考えている。その中でも、

アイシングは普通、損傷直後に行われることから、二次変性、炎症反応、筋衛星細胞の増殖と筋芽細胞への分化に対するアイシングや温熱療法の影響は最も重要であろうと想定している。この間、マクロファージは二次変性や炎症反応に中心的役割を果たし、種々の成長因子を産生して筋衛星細胞の増殖や分化を制御していることが *in vitro* の実験から示されている。しかし、Myo-D や Myogenin、TGF- $\beta$ 、インスリン様成長因子などがいつ、どの段階で、どのように作用しているかについてはまだ確定されていない。

アイシングによって筋損傷後の諸現象が遅れることから、これらの因子の発現動態を生化学的、免疫組織化学的に観察し、種々の現象の出現時期と対比することによって、各因子の役割を明らかにすることとした。

今回は、アイシングだけでなく、ホットパックを用いた温熱刺激の効果も検証を試みた。筋損傷急性期には温熱刺激は禁忌とされている。しかし、寒冷刺激で筋再生を遅延させる要因として、上記した損傷直後の二次変性とそれに引き続くマクロファージの遊走、という現象を遅延させてしまった結果と考えられるので、筋の二次変性を遅延させている寒冷刺激ではなく、蛋白分解酵素を活性化できる温熱刺激ならば、筋の再生により効果を及ぼすことも可能なのではないかと考えた。

### 3. 研究の方法

アイシングが一般に行われる損傷直後は、二次変性が始まる時期である。その後、半~1日以内に損傷部の修復と炎症反応が起こり、ついで筋の再生が始まる(Matsumoto et al. 2005)。筋再生の初期段階で起こる二次損傷と炎症反応、筋衛星細胞の増殖と筋芽細胞への分化にスポットを当て、アイシングや温熱療法が及ぼす影響を観察する。特に、炎症反応において中心的役割を演じるマクロファージは、変性組織の除去だけでなく、その後続く筋の再生を刺激する様々なサイトカインを生産することが知られている(Arnold et al. 2007, Wehling-Henricks 2007, Chazaud et al. 2009)。これまでに我々が行った免疫組織化学的観察では、マクロファージの浸潤は損傷後2日と5日をピークにする二峰性で、第1ピークでは変性筋線維内、第2ピークでは変性線維間に主として分布し、アイシングによってこのピークが1~2日遅くなることを観察している(Takagi et al. 2011)。

筋損傷後の再生初期過程に対する温熱療法の影響を見るため、ラットの前脛骨筋に挫滅損傷を与え、二次損傷、修復、炎症、筋衛星細胞の増殖、筋芽細胞への分化などを経時的に光学顕微鏡で観察し、温熱療法を加えた群と加えなかった群で比較する。マクロファージの動態と各種成長因子の発現に対するア温熱療法の影響を合わせて観察するため、

ED1 (浸出マクロファージ) と ED2 (組織マクロファージ) 抗体を使って免疫組織化学的にマクロファージを染め出し、浸出マクロファージと組織マクロファージの分布変化を経時的に観察するとともに、Myo-D や Myogenin、TGF- $\beta$ 、インスリン様成長因子など、再生筋の分化や成熟に関与するとされる因子を免疫組織化学や生化学的手法を用いて観察し、これらの経時的变化や、これに及ぼす温熱刺激の影響を観察する。

#### 4. 研究成果

骨格筋損傷直後の温熱刺激の実施により、損傷筋の壊死、ED1 陽性マクロファージの壊死筋への遊走、および IGF-1 を発現する細胞の蓄積がそれぞれ促進した。また、温熱刺激により損傷後 3 日以降の全ての時点で Pax7 陽性筋衛星細胞数は増加した。さらに、温熱刺激により筋再生過程の初期段階が促進し、その結果として損傷後 14, 28 日の再生筋線維横断面積は有意に増加した。筋芽細胞では AChE 活性が陽性になることから AChE 陽性細胞も観察したところ、AChE 活性が陽性の細胞、すなわち筋芽細胞は、対象動物では損傷後 3 日に現れるのに対し、温熱刺激を加えると損傷後 2 日で観察されるようになった。

筋再生に関与する因子として知られる MyoD の経時的变化を見たところ、筋損傷後無処置の動物では、損傷後 2 日後に MyoD の発現がピークとなった。このとき、MyoD の発現は筋細胞だけでなく、Pax-7 陽性の衛星細胞とも共発現し、また PCNA (細胞有糸分裂のマーカー) と共発現した。すなわち、無処置では損傷後 2 日後に衛星細胞が分化して筋芽細胞になるが、その際に MyoD が発現することが明らかとなった。すなわち MyoD は筋損傷後において、衛星細胞が筋芽細胞へ分化することに関与している可能性がある。筋損傷直後に温熱刺激を加えると、MyoD の発現は無処置よりも 12 時間から 1 日早く起こり、Pax-7 陽性細胞や PCNA との共発現も 12 時間から 1 日早く発見された。すなわち、筋損傷直後の温熱刺激は筋芽細胞への分化を 12 時間から 1 日程度早めることが可能なのではないかと考えられた。

MyoD と同様に筋再生に重要とされている因子である myogenin の経時的变化を観察したところ、筋損傷後無処置の動物では myogenin の発現ピークは損傷後 4 日後であった。その時期、再生筋線維では筋管形成が始まっている時期であった。この動物の筋損傷直後に温熱刺激を加えると、Myogenin の発現ピークとともに筋管形成も 1 日早まることが明らかとなった。よって、myogenin は筋損傷時に筋管形成に関与する可能性があり、温熱刺激によって、myogenin の発現とともに筋管形成を 1 日早めることができると考えられた。

筋損傷後再生途中の筋線維はその核が線維の中心に位置することから、核が線維の中心にある筋線維 = 中心核線維は再生途中にある筋線維と見なすことができる。上記した MyoD と myogenin は中心核線維の中心核に共発現していることが明らかとなった。また、温熱刺激により、損傷後 14 日における、全筋線維中の中心核線維の割合を減少させることができた。よって温熱刺激は筋線維の再生の初期だけでなく、その後の成熟にも影響し、それを促進することができたと考えられる。

また、再生筋線維のタイプ構成比 ATPase 染色や SDH 染色を用いて観察したところ、著明な変化が温熱刺激をした動物の方が、無処置の動物よりも早期に生じた。筋線維タイプ構成比は無処置の動物では回復に 8 週を要したが、温熱刺激を損傷直後に与えた動物では損傷後 6 週で肝線維タイプ構成比も回復した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

- 1) Tsutsumi M, Arakawa T, Terashima T, Miki A (2015) Intramuscular nerve distribution pattern in the human tibialis posterior muscle. *Anat Sci Int*, 90(2), 104-112.
- 2) Matsumoto A, Fujita N, Arakawa T, Fujino H, Miki A (2014) Influence of electrical stimulation on calpain and ubiquitin-proteasome systems in the denervated and unloaded rat tibialis anterior muscles. *Acta histochemica*, 116: 936-942.
- 3) Emura K, Arakawa T, Miki A, Terashima T (2014) Anatomical observations of the human acromioclavicular joint. *Clin Anat*, 27 (7): 1046-1052.
- 4) Hatade T, Takeuchi K, Fujita N, Arakawa T, Miki A. (2014) Effect of heat stress soon after muscle injury on the expression of MyoD and myogenin during regeneration process. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 14(3): 325-333.
- 5) Takeuchi K, Hatade T\*, Wakamiya S, Fujita N, Arakawa T, Miki A (2013) Heat stress promotes skeletal muscle regeneration after crush injury in rats. *Acta histochemica*, 116 (2): 327-334. (\*=co-first author)
- 6) Tsutsumi M, Arakawa T, Terashima T, Aizawa Y, Kageyama I, Kumaki K, Miki A (2013) Morphological analysis of the branches from the dorsal pancreatic artery with its clinical significance. *Clin Anat*, 27 (4): 645-652.

[学会発表](計 37 件)

- 1) 荒川高光、寺島俊雄、三木明德 (2016) 大殿神経が大殿筋を支配する一例. 第121回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2016年3月28日-30日, ビッグパレットふくしま, 福島県郡山市
- 2) 幅大二郎、渡邊優子、荒川高光、寺島俊雄、三木明德 (2016) 錐体筋欠如例における恥骨付近に分布する知覚枝. 第121回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2016年3月28日-30日, ビッグパレットふくしま, 福島県郡山市
- 3) 渡邊優子、荒川高光、寺島俊雄 (2016) 胸腺、胸腺内異所性上皮小体、甲状腺に分布する稀な動脈枝の一例. 第121回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2016年3月28日-30日, ビッグパレットふくしま, 福島県郡山市
- 4) 江村健児、荒川高光、寺島俊雄 (2016) コモンマーモセットの肩甲挙筋、菱形筋、腹側鋸筋の形態と支配神経について. 第121回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2016年3月28日-30日, ビッグパレットふくしま, 福島県郡山市
- 5) 荒川高光、月生達矢 (2015) 足底筋とヒラメ筋における支配神経の比較解剖学的解析. 第31回日本霊長類学会, 2015年7月20日, 京都大学百周年時計台記念館, 京都市左京区
- 6) 幅大二郎、荒川高光、三木明德 (2015) 褥瘡の動物実験モデルにおいて、除神経が有毛型皮膚の表皮や血管分布に及ぼす影響. 第50回日本理学療法学術大会, 2015年6月7日, 東京国際フォーラム, 東京都千代田区
- 7) Haba D, Watanabe Y, Arakawa T, Terashima T, Kageyama I, Kumaki K, Miki A (2015) Constantly existence of the sensory branch in the nerve to the pyramidalis muscle and gender difference of the course in the nerve. 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2015年3月21日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市
- 8) Gessho T, Arakawa T, Terashima T, Miki A (2015) Comparative study of the innervation pattern to the plantaris muscle between human and non-human primates. 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2015年3月21日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市
- 9) Arakawa T, Miki A, Kageyama I, Kumaki K (2015) A case study of both sides of the vertebral arteries passing through the 3rd transverse foramen and branches from the sympathetic trunk. 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2015年3月21日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市
- 10) Watanabe Y, Arakawa T, Terashima T, Kageyama I, Kumaki K (2015) The great cardiac vein and the anterior interventricular branch of left coronary artery covered with myocardium: A case report. 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2015年3月21日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市
- 11) Emura K, Arakawa T, Terashima T (2015) Anatomical study on the flexor digitorum superficialis in common marmoset (*Callithrix jacchus*). 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2015年3月21日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市
- 12) Arakawa T, Kawanami G, Tamagawa K, Terashima T (2014) Bisected hypoglossal nerve in cadaver case: nerve fascicle and fiber analyses of hypoglossal nerve. Asian Joint Congress of Clinical Anatomy, 2nd Congress of Asian Association of Clinical Anatomy, 18th Congress of Japanese Research Society of Clinical Anatomy. 8-9 Nov. M&D Tower, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan.
- 13) Castanov V, Arakawa T, Li Z, Roberts S, Agur A (2014) The musculature of the great toe: 3D reconstruction and architectural analysis. 31th Annual Meeting of the American Association of Clinical Anatomists, Clin. Anat, 8-12 Jul. Orlando, Florida, USA
- 14) 渡邊優子、荒川高光、三木明德、寺島俊雄 (2014) 解剖学的所見から考察した心筋架橋の形成過程. 第61回日本臨床検査医学会学術集会, 2014年11月24日, 福岡国際会議場, 福岡県福岡市
- 15) 荒川高光、寺島俊雄 (2014) コモンマーモセット下肢骨格筋の肉眼解剖学的解析. 第30回日本霊長類学会, 2014年7月5日, 大阪科学技術センター, 大阪府大阪市
- 16) 近藤貴大、荒川高光、畑出卓哉、三木明德 (2014) 除神経がラット有毛型踵部皮膚の褥瘡形成に及ぼす影響. 第49回日本理学療法学術大会, 2014年5月31日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市
- 17) 荒川高光, Varela Castanov, Zhi Li, Shannon Roberts, Anne Agur (2014) 母指外転筋の3Dモデル作成とその部位別パラメータ解析. 第49回日本理学療法学術大会, 2014年6月1日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市
- 18) 三木明德 (2014) 激変するコメディカル教育の現況と問題. 第119回日本解剖学会総会・全国学術集会 ワークショップ「コメディカル解剖学教育の現状と課題(オーガナイザー 三木明德、川真田聖一)」にて講演, 2014年3月28日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 19) 堤真大、荒川高光、寺島俊雄、相澤幸夫、影山幾男、熊木克治、三木明德 (2014) 走行と分布で分類することにより見いだされた後腓動脈の恒常的分枝について: その形態学的特徴と形成過程の考察. 第119回日本解剖学会総会・全国学術集会 シンポジウム「脊髄神経および脈管から形態形成の原則を考える(オーガナイザー 影山幾男、時田幸之輔)」にて講演, 2014年3月

- 29 日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 20) 堤真大, 荒川高光, 寺島俊雄, 三木明德 (2014) ヒト後脛骨筋の神経筋内分布パターン: 筋束が腓骨側へと発達したことを思わせる所見について. 第 119 回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2014 年 3 月 27 日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 21) 荒川高光, 堤真大, 渡邊優子, 三木明德, 寺島俊雄, 影山幾男, 熊木克治 (2014) 脊髄神経後枝内側枝が入る頭板状筋について. 第 119 回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2014 年 3 月 27 日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 22) 渡邊優子, 荒川高光, 堤真大, 寺島俊雄, 三木明德 (2014) 冠状動脈, 心臓静脈, 自律神経の走行・分布パターンから考察した心筋架橋の形成過程. 第 119 回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2014 年 3 月 27 日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 23) 近藤貴大, 荒川高光, 堤真大, 寺島俊雄, 三木明德 (2014) 大腿後面に複数の過剰筋束が出現した一例. 第 119 回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2014 年 3 月 27 日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 24) 江村健児, 荒川高光, 寺島俊雄 (2014) コモンマームセット腕神経叢の肉眼解剖学的研究. 第 119 回日本解剖学会総会・全国学術集会, 2014 年 3 月 28 日, 自治医科大学, 栃木県下野市
- 25) 井開美波, 畑出卓哉, 武内孝祐, 藤田直人, 荒川高光, 三木明德 (2013) 温熱刺激が挫滅損傷後の骨格筋のタイプ変化に与える影響. 第 48 回日本理学療法学会大会, 2013 年 5 月 27 日, 愛知県名古屋市, 名古屋国際会議場
- 26) 畑出卓哉, 藤田直人, 荒川高光, 三木明德 (2013) 筋再生過程における炎症反応及び IL-6 の役割. 第 48 回日本理学療法学会大会, 2013 年 5 月 27 日, 愛知県名古屋市, 名古屋国際会議場
- 27) 堤真大, 荒川高光, 寺島俊雄, 三木明德 (2013) 後脛骨筋支配神経の形態学的解析. 第 48 回日本理学療法学会大会, 2013 年 5 月 27 日, 愛知県名古屋市, 名古屋国際会議場
- 28) 荒川高光, Zhi Li, Shannon Roberts, Anne Agur (2013) ヒト足底の筋群の筋束レベルでの 3D モデル作成とそのパラメーター解析. 第 48 回日本理学療法学会大会, 2013 年 5 月 27 日, 愛知県名古屋市, 名古屋国際会議場
- 29) 畑出卓哉, 藤田直人, 荒川高光, 三木明德 (2013) 温熱刺激が損傷筋における IL-6 の発現パターンに及ぼす影響. 第 118 回日本解剖学会総会・全国学術集会講演プログラム・抄録集 126(1P-G062), 2013 年 3 月 28 日, サンポート高松, 香川県高松市
- 30) 江村健児, 荒川高光, 三木明德, 寺島俊雄 (2013) ヒト肩鎖関節の関節面と関節円板の形態学的検討. 第 118 回日本解剖学会総

- 会・全国学術集会講演プログラム・抄録集 130(1P-G086), 2013 年 3 月 28 日, サンポート高松, 香川県高松市
- 31) 堤真大, 荒川高光, 寺島俊雄, 三木明德. 後脛骨筋支配神経の筋内分布パターン. 第 118 回日本解剖学会総会・全国学術集会講演プログラム・抄録集 133(1P-G104), 2013 年 3 月 28 日, サンポート高松, 香川県高松市
- 32) 川並剛, 玉川晃太郎, 堤真大, 荒川高光, 寺島俊雄. 解剖学実習中に遭遇した両側の舌下神経が二分する一例. 第 118 回日本解剖学会総会・全国学術集会講演プログラム・抄録集 190(1P-H123), 2013 年 3 月 28 日, サンポート高松, 香川県高松市 (学生セッション・医学科 2 年生)
- 33) 渡邊優子, 荒川高光, 寺島俊雄, 三木明德. 心臓の動脈と静脈を直接結ぶ細い血管について. 第 118 回日本解剖学会総会・全国学術集会講演プログラム・抄録集 190(1P-H124), 2013 年 3 月 28 日, サンポート高松, 香川県高松市 (学生セッション・保健学科検査技術科学専攻 3 年生)
- 34) 荒川高光 (2013) ヒト板状筋の特徴的な支配神経様式 - ヒト後頭部の特徴とは? -. 第 67 回日本人類学会大会, 2013 年 11 月 2 日, 茨城県つくば市, 国立科学博物館筑波研究施設
- 35) 堤真大 (2013) 後腓動脈分枝の形態学的解析. 第 63 回 理学療法学会 シンポジウム「比較に基づく肉眼解剖学 体の基本構成を探る試み」演題番号 3 2013 年 4 月 21 日(日), 埼玉県川越市, 埼玉医科大学 かわごえクリニック 6F 大会議室
- 36) 荒川高光 (2013) ヒト足底の筋群における 3D モデル作成の試み. 第 63 回 理学療法学会 シンポジウム「比較に基づく肉眼解剖学 体の基本構成を探る試み」演題番号 9 2013 年 4 月 21 日(日), 埼玉県川越市, 埼玉医科大学 かわごえクリニック 6F 大会議室
- 37) 荒川高光 (2013) ポノボの下肢骨格筋のマクロ形態学的解析. 第 118 回日本解剖学会総会・全国学術集会講演プログラム・抄録集 70(S3-3), 2013 年 3 月 28 日, サンポート高松, 香川県高松市

〔図書〕(計 3 件)

- 1) 荒川高光 (2015) 足関節靭帯損傷・アキレス腱断裂の病態(運動器疾患の病態と理学療法). (奈良勲 監修, 森山英樹, 木藤伸宏 編), 医歯薬出版, 東京
- 2) 荒川高光(共訳) (2014) 能力低下およびリハビリテーションに付随する心理社会的問題:(リハビリテーション-評価と治療計画-第2章). 相川英三(総監訳) 乗松尋道, 益小原秀三(監訳) S. B. オサリバン, T. J. シュミッツ著, 西村書店, 東京

- 3) 荒川高光 (2013) 運動発達 (15 レクチャーシリーズ 理学療法テキスト 理学療法評価学 II)(石川朗、森山英樹編), 中山書店, 東京

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

(三木明德, 神戸大学大学院  
保健学研究科, リハビリテーション科学領域,  
教授)

研究者番号: 20144561

### (2)研究分担者

(安藤啓司, 神戸大学大学院  
保健学研究科, リハビリテーション科学領域,  
教授)

研究者番号: 30144562

(荒川高光, 神戸大学大学院  
保健学研究科, リハビリテーション科学領域,  
准教授)

研究者番号: 90437442

### (3)連携研究者

( なし )

研究者番号: