第3回高木賞受賞記念講演

鍼による心拍数減少反応と体性自律神経反射 —研究の背景とその後の発展—

小林 聡¹⁾ 大沢秀雄¹⁾ 野口栄太郎¹⁾

西條一止¹⁾ 佐藤優子²⁾

1) 筑波技術短期大学

2) 人間総合科学大学

The Decreasing Response of Heart Rate by Acupuncture Based on Somatoautonomic Reflex —On The Background of This Study and Its Following Progress—

Satoshi KOBAYASHI¹⁾ Hideo OHSAWA¹⁾

Eitaro NOGUCHI¹⁾ Kazushi NISHIO¹⁾

Yuko SATO²⁾

1) Tsukuba College of Technology

2) University of Human Arts and Sciences

I. 研究の背景

鍼治療に自律神経が関与していることについては日本では比較的早くから知られており、鍼灸が現代医学的に理解され始めた明治の中頃には、鍼刺激が自律神経を介して内臓に作用するという考えが既に提出されていました。医学の立場から鍼灸を理解した最初の人と伝えられる群馬医学校校長兼病院長であった大久保適齋は長年の鍼の臨床経験をもとに『鍼治新書』を著し、その治療編では鍼の作用機序を「鍼理」と呼び、特筆すべき2点について述べています¹⁾。

1点は鍼の作用機序についてであり、鍼は神経に対し機械的に作用し、神経の電気性によってその作用が伝達されると推定している。もう1点は鍼の治効作用についてで、(1)運動枝に作用した場合には筋の痙攣を鎮め、麻痺を回復させる、(2)感覚枝に作用した場合には痛みを鎮め、痺れを回復させる、(3)交感神経に作用した場合は内臓機能を調節する、としています。

この本は明治25年(1892年)に公刊されており、この頃はまさにイギリスにおいてGaskellとLangreyが自律神経系の構造と機能を体系化しつつあった時期に一致しています。このことは、Langreyによって最初に“Autonomic Nervous System”という概念が提出される1898年の6年前にあたります。また、交感神経手術(刺鍼)の心臓機能に対する効果について「心臓に於いては最も鼓舞作用を呈する。…其の静止作用の如きは著しからず、故に心悸鎮静手術としては反て之を副行神経支(現在の副神経)に行い其の反射を以て目的を達するに如かず」と述べており、既に体性心臓反射に基づく生体反応が鍼治療に応用されていたことが伺われます。

その後、明治45年には後藤道雄が中外医事新報に「ヘッド氏帯と我邦古来の鍼灸術に就いて」という論文を発表しています²⁾。そこで彼はHead氏帯と経穴の関係を示し、Head氏帯の発現機序に関してMackenzie(1903)の論文を引用して、内臓

感覚神経としての自律神経が皮膚の痛覚過敏の伝達機序として説明されています。また、『黄帝内経』霊枢背俞篇に由来する背部俞穴と脊髄神経アルマトームの関係を示し、「Head氏帯は温覚及び痛覚の過敏点となるものなれば、鍼あるいは灸を行い、痛覚あるいは温覚を与える時は、反射的に其のHead氏帯に一致する内臓の疼痛を皮膚に誘導し、自覚的障害を軽減するを得べき理なり」と述べて、鎮痛法として鍼灸が有効である理由を説明しています。

大正から昭和初期の時代に石川日出鶴丸らはLangleyが明らかにした内臓の（遠心性）自律神経二重支配法則に対し、求心性二重支配を実証しようとする立場から内臓知覚を伝える自律神経の研究を精力的に行なっています。これらの研究は戦後に内臓体壁反射の理論として発展し、鍼灸研究において多くの経絡・経穴の基礎的研究に根拠を与えましたが、体性刺激である鍼灸がどのようにして内臓機能を調節するか、その機序についてはほとんど研究対象とはされませんでした。

一方、ヨーロッパでは1914年にBainbridgeが麻酔イヌの坐骨神経中の感覚神経を刺激すると心拍数増加反応が起こり、この反応は迷走神経の緊張の低下と交感神経の刺激と一部は血液中のアドレナリンのためであることを明らかにしていました。しかしその後1960年代まで、体性刺激による循環反射に関する多くの研究が続けられてきましたが、これらの反射の神経生理学的基礎となる体性自律神経反射が確認され、その概要が明らかになったのは1970年代初頭のことでした。

1973年にSato & SchmidtによってPhysiological Review誌に発表された総説論文「Somatosympathetic reflexes: afferent fibers, central pathways, discharge characteristics」は、1960年代後半から70年代初めまでに佐藤昭夫らによって明らかにされた体性交感神経反射の構成と、その性質が体系的にまとめられています。体性交感神経反射の理論はこの時に初めて確立されました³⁾。ここで明らかにされたことは、1) 麻酔によって情動を取り除いた動物では体性感覚神経の刺激により交感神経に反射電位が誘発されること、2) それには有髄神経のみの刺激で出現するA-反射成分と無髄神経の刺

図1 体性運動反射と体性内臓反射

四肢及び体幹の体性刺激は運動反射及び内臓反射を引き起こすが、四肢を支配する運動神経はおもに頸髄及び腰髄に存在し、体性内臓反射の中樞は脳幹、胸髄及び仙髄に局限している。体性内臓反射では四肢の刺激でも上に上脊髄性の反射、体幹刺激で脊髄性及び上脊髄性の反射が出現する。脊髄性の反射はしばしば脳からの下行性の影響により抑制される。(文献3による)

激が加わって出現するC-反射成分が区別されること、3) 体性交感神経反射には脊髄に中枢のある反射と脳に中枢のある上脊髄反射の存在することです。また、この反射の特徴はその後の研究により副交感神経における反射にも当てはまることが明らかにされています。そして更に、1980年代にはこれら神経反射の理論を基礎として、それまで知られていた体性刺激によって起きる様々な内臓反応が体性内臓反射として再検討されました。その結果、体性刺激によって起きる内臓反射は、かつてCanonが全身性交感神経反応（generalized sympathetic reaction）として概念化した一斉反応とは異なり、A及びC反射成分や脊髄反射と上脊髄反射の関与の相違など個々の内臓によって多様

図2 体性心臓反射の神経機序

皮膚のピンチ刺激は交感神経を介する上脊髄性の反射により心臓の興奮性反応を引き起こす(図A)。脊髄性の反射は脳からの下行性抑制によって緊張性に抑制されている。従って脊髄動物(図B)では分節性の脊髄反射が出現する。(文献3による)

であることが明らかになりました。また最近では、四肢の体性刺激によって起きる内臓反射はおもに上脊髄反射を介しており、体幹刺激による内臓反射は脊髄性及び上脊髄性反射を介して起きていることが明らかになりつつあります(図1)³⁾。このことは鍼灸の作用機序を考える上で重要な基本概念になると思われます。

II. 鍼刺激によって起きる体性心臓反射

様々な体性刺激によって反射性に心拍数の変化が出現しますが、これらは総じて体性心臓反射と呼ばれており、麻酔ラットについてはその神経機序が明らかにされています。図2は、ラットの皮膚に機械的侵害刺激であるピンチを加えた時に起きる体性心臓反射の反射路を模式的に示しています。左Aは中枢無傷の場合で、体幹・四肢いずれの刺激も脳に反射中枢を有し、交感神経の遠心路を介して、心臓機能の亢進反応を引き起こすことを表しています。また、同時に体幹部の刺激による分節性の反射路が脳から緊張性に抑制されていることも示されています。右Bは脳と脊髄の間を切断した脊髄動物の場合で、前肢と胸腹部の刺激のみが有効であり、分節性の強い心臓機能の亢進

反応のみ出現することを表しています³⁾。

このような体性自律神経反射学の成果を踏まえて鍼灸の世界では、1979年に西條らがヒトにおいて痛み刺激による心拍数増加反応を確認し、更に前腕の郄門穴の鍼刺激により心拍数減少反応が32例中24例に出現することを報告しました。図3は西條らが^{Neuroscience Letter}誌に発表した論文⁴⁾からの引用で、健康成人での鍼による心拍数減少反応の典型5例が示されています。このヒトにおいて鍼刺激による心拍数減少反応が確認されたことの意義は大きく、機械的侵害刺激(ピンチ刺激)とは異なる体性心臓反射の機序が示唆されました。

そこで私達は、鍼刺激による心拍数減少反応を麻酔動物で確認する実験を始めました。その結果、ウレタン麻酔により情動を取り除いたラットにおいて：

- 1) 下腿の足三里相当部位(以下、足三里)に対する鍼の機械的刺激により、比較的高率に心拍数減少反応が出現すること(図4)、
- 2) 足三里の皮膚刺激ではほとんど反応が現れないが、筋刺激では高率(70%)で心拍数減少反応が出現し、この心拍数減少反応は筋弛緩剤投与後もなお出現すること、

図3 鍼刺激による心拍数減少反応（ヒトにおける典型例）

ヒトの心拍数タコメーターの連続記録で観察された鍼刺激による心拍数減少反応の典型例5例。（文献4による）

図4 鍼刺激による心拍数減少反応（ラットにおける典型例）

麻酔ラットにおける鍼による心拍数変化の実験例と出現頻度。Aは心拍数減少反応、Bは心拍数増加反応、Cは反応なし。（文献5による）

3) この足三里への鍼刺激による心拍数減少反応は、坐骨及び大腿神経の切断、交感神経の切断それぞれで消失し、迷走神経切断には影響を受けないこと、

が判明し、足三里の鍼刺激による心拍数減少反応はおもに交感神経を遠心路とする体性自律神経反射に基づく反射性反応であることが明らかとなりました⁵⁾。更に、鍼刺激により交感神経心臓枝の

活動が抑制されることも確認されています。

次に私達は、鍼による心拍数減少反応に関わる神経線維の種類を明らかにする目的で、鍼通電刺激によって起きる心拍数の変化について調べました。同じく麻酔ラットの足三里にパルス通電を30秒行い、血圧及び心拍数の変化を観察しました。その結果、2mA以上（おもにAδおよびC線維の興奮する強さ⁶⁾）の刺激で血圧上昇あるいは下降

反応が約半数づつの割合で出現し、前者は心拍数増加反応を伴い、後者では目立った心拍数減少反応は認められず、むしろ心拍数の増加傾向が見られました。この血圧下降に伴う心拍数増加反応は筋弛緩剤のガラミン投与下では消失することから、迷走神経の関与が示唆されました⁷⁾。また最近の実験により迷走神経切断後には心拍数減少反応が現れることが示されました。この血圧下降に伴う心拍数増加反応の機序については圧受容反射あるいは直接の迷走神経抑制の可能性が考えられています。

既に、足三里に対する鍼の機械的（旋撚）刺激は心拍数減少反応のみならず、腎交感神経活動の抑制に伴う血圧下降反応を引き起こすことが示されています⁸⁾。鍼の通電刺激と機械的（旋撚）刺激による循環反応に相違が現れたことは、今後臨床での手法の使い方や刺激の仕方による作用機転の相違等に関する研究の必要性を示しており、今後これら反応の相違の機序を明らかにして行きたいと考えています。

最後に、我々の研究論文に対し生理学者高木健太郎博士に因む高木賞（基礎部門）の栄誉をお与え下さった全日本鍼灸学会の諸先生方に感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) 大久保適齊. 鍼治新書（手術編、治療編）. 第1版. 東京 医道の日本社. 1983
- 2) 後藤道雄. ヘッド氏帶ト我邦古来ノ鍼灸術ニ就イテ. 中外医事新報. 1912; 763: 17-33.
- 3) Sato A., Sato Y., Schmidt R.F.. Impact of Somatosensory Input on Autonomic Functions. Review of Physiology Biochemistry and Pharmacology 130. Springer. 1997
- 4) Nishijo K., Mori H., Yoshikawa K., Yazawa K.. Decreased heart rate by acupuncture stimulation in humans via facilitation of cardiac vagal activity and suppression of cardiac sympathetic nerve. Neurosci Lett. 1997; 227: 165-168.
- 5) 小林 聰: 鍼刺激によるラット心拍数減少反応の反射性機序の検討. 全日本鍼灸学会誌. 1998; 48(2): 120-129.
- 6) Noguchi E., Ohsawa H., Kobayashi S., Shimura M., Uchida S., Sato Y.. The effect of electroacupuncture stimulation on the muscle blood flow of the hindlimb in anesthetized rats. Journal of Autonomic Nervous System. 1999; 75: 78-86.
- 7) 小林 聰: 麻酔ラット後肢の鍼通電刺激によって起きる循環反応. 自律神経. 2000; 37(2): 313.
- 8) Ohsawa H., Okada K., Nishijo K., Sato Y.. Neural mechanism of depressor responses of arterial pressure elicited by acupuncture-like stimulation to a hindlimb in anesthetized rats. Journal of Autonomic Nervous System. 1995; 51: 27-35.