

東京医療学院大学紀要

第一卷(2012年度)



University of
Tokyo Health Sciences

2013年3月

巻 頭 言

少子高齢化が深刻化している現代の日本で医療保健福祉の人材育成は社会の急務です。我々は時代の変化を敏感に感じ取りながら、それを教育・研究に生かし、成果を若い世代に伝えていかなければなりません。一方では医療保健福祉の対象となるヒトの生命科学にはまだまだ未知の点が多く、現場密着型の教育・研究に並行して、時代の流れに左右されない地道な研究を進めていく必要もあります。そのためには大学の内部で多様な知的活動が展開され、活動の自由が確保されなければなりません。研究のステージによって、現代的なテーマに精力を傾けて現場の人材育成に努める時期もあり、同一の教員が現代的な状況から独立した基礎研究に没頭する時期もあると思われます。学生の学習能力の悲観的評価から、このような研究を通じての教育が否定的に語られた時期もありましたが、少人数教育によってしか達成できないリハビリテーション教育の分野では決して時代遅れではありません。いつの時代であれ、学問的野心を抱き、新たな研究に挑戦する学生が存在すると信じます。地域に必要とされるスペシャリストの養成という時代の要請に応えるのも、こういった学生を督励して次代の指導者として育てていくのも共に大学の使命です。大学の内部で知的活動がどのように行われているかを公開し、外部評価を受ける一つ的手段として、紀要は重要な役割を持っています。開学1年で東京医療学院大学紀要第一巻の運びとなったのは大変悦ばしく、寄稿いただいた各位に御礼申しあげると共に、読者諸賢からのご意見をお待ちしております。

東京医療学院大学長

佐久間 康夫

2013年3月

目 次

巻頭言 (佐久間 康夫)

あん摩「吉田流」と学校法人常陽学園のあゆみ (渡邊 賢二) P01

終脳に至る一般臓性感覚系：硬骨魚類の一般臓性感覚神経路は
哺乳類や鳥類と類似する (吉本正美、山本直之) P07

森林浴 (武田 淳史、近藤 照彦) P23

保健医療系大学における学修支援 (中島 香澄) P30

嚥下運動に関与する咽頭運動の視覚化および定量化—超音波画像診断装置と嚥下音に
対する周波数解析を併用した検証— (内田 学、林大 二郎、小林 裕司、加藤 宗則) P41

加圧トレーニングが血圧、心拍数、自覚的運動強度、自律神経活動に及ぼす影響
—加圧運動と非加圧運動の比較— (山口 育子、秋山 政子) P49

単一短形パルス法を用いた経絡—臓器機能測定器の後発機種信頼性の信頼性 (曾根 幸喜) P61

編集後記 (加藤 昌克) P68

投稿規定 P69

吉 田 先 生 の 背 像



三 世



流 祖



二 世

流祖、吉田久庵一世 (1803-1856)

二世、吉田久庵二世 (1836-1896)

三世、吉田久庵三世 (1879-1946)



東京マッサージ師養成所（東京都中央区八丁堀）前にて、1952年。

2列目右から5人目が創設者の平川莊作、後列左から2人目が本学校法人初代理事長、平川信代。

あん摩「吉田流」と学校法人常陽学園のあゆみ

学校法人常陽学園 理事長 渡邊賢二

1966年(昭和41年)に書かれた、「財団法人東京マッサージ師養成所」設立趣意書なるものがある。「吉田流あん摩術は遠く徳川時代に吉田久庵氏を鼻祖として発達したわが国最古の歴史を有するマッサージ技術であります。この技術を長く将来に伝承

するため吉田親交会が設けられ、後進子弟の養成に専心しているしだいであります」。この吉田流について、私の見聞きしたことを記録として残しておきたいと思う。

吉田流とは、吉田久庵がはじめた「蘭医術」を取り入れた鍼灸・あん摩術のことである。

「杉山流」は、江戸時代徳川四代将軍家綱の時代に杉山和一(1620年生)(視力障害者であった)が、「管と鍼」を組み合わせる事を開発したことにより、遂に天下に聞ゆとあり、また五代将軍綱吉の病を癒したとある(1685年頃)。江戸時代を通じてこの「杉山流」が「あん摩・鍼」の治療について視力障害者の独占的な仕事として徳川幕府に認められ、町を流して笛を吹き歩き、求めに応じて患者の治療にあたっていたという。

江戸時代後期吉田久庵一世は1803年(享和3年)3月20日に、埼玉県北埼玉郡の農家に生れ、若くして良医としての趣があったという。郷里で医術に学んだが、満足せず、遠く長崎において「蘭医術の精緻に入るを見て大いに感激し興奮し、専ら鍼灸に導引できないか刻苦研鑽し遂に極めた。」とある。1832年(天保3年)江戸日本橋四日市町(現在の日本橋「野村證券本社」の辺り)にて、吉田流を始めたとある。「吉田流」は、皆正眼者であり、また、その治療法は、灸六分、鍼四分、あん摩は鍼灸の附属にして、あん摩は按腹導引の初歩にして、弦楽器の弦を弾くが如き「線状揉み」という独特の揉み方が特徴の一つであるという。

なお、「杉山流」では、鍼を主とし、灸は変則であったとある。「多摩霊園吉田流記念碑」によ

ると「回生帰死の技神(わざかみ)に入り(患者が)門前市を成せり」とある。

弟子の育成についても、「杉山流」は視力障害者を弟子入りさせ、親元より食料を貢いで貰わなければ引き受けず、その貢の停まる時は、やむを得ず2、3か月で直ぐに流しに出すことがあったというが、吉田久庵一世は、家塾を開き群生を育成したとある。あん摩・鍼灸を修めるには5年から7年を要したという。視力障害者を弟子とせず、かつ謝儀を取らなかったとある。

久庵二世のことは、記録が少ないので、吉田流記念碑の中から引用する。久庵二世は家業を継ぎ、私塾から多数の師弟たちを輩出した。その子弟たちの競合を憂い共に窮地になるを避けて、医の距離を置いて開業させたという。加えて共済制度を設けて、合い助ける「吉田流」の盛名は益々上がったとある。

吉田久庵三世(幼名「仁造」)は1879年(明治12年)5月8日に東京都日本橋区元四日市町4番地に於いて久庵二世の次男として生れた。士官学校入学の志が強かったようであるが、長兄が19歳で夭折した事もあり、「吉田流」の宗家なるがゆえに家継の児としての責任を厳父に強く強調せられ、遂に断念して医学の途に進むために、中学

4年終了で、東京慈恵会医科大学に入学したとある。しかし、在学中の1897年（明治30年）父久庵二世の死去に伴い家業継承のため中退を余儀なくされ、後一意専心吉田流の奥儀を練磨研鑽して、久庵三世としての努力を重ねられたという。また、1907年（明治40年）門下生並びに後継者の育成指導のために、「鍼灸治会附属講習所」設立、推されて所長となる。

明治40年代（1907年～）「全国盲人組合」に於いて「あん摩術は盲人の専業にすべし」との声が生じ、1914年（大正3年）には、全国盲人会あん摩術専業案請願が成され、衆議院に於いて採択可決された。しかし、貴族院においてこの請願案が否決されるべく、正眼者2万の代表として、吉田久庵三世会長（東京鍼灸治案会）は、全会員の総決起大会を開催して、反対請願運動を起こした。東京帝国大学（現東京大学）の法医学博士木崎教授に依頼して「不患者の専業とは、人道的に将亦医学的見地からして、神仏ともに赦左ざる悪法なり」との請願書を作成し、貴族院に於いては、「盲人には誠に気の毒ではあるが、盲人に保護的専業を与えとなれば、他の身体障害者にも与えねばならず、且つ現在のあん摩療法は世界的に研究されつつある状態にて、之を盲人専業にする時は、斯術の発展を妨げるものであり、尚医学が日進月歩に伸びつつある時、真の盲人は年月と共に減少せしめ得るものである」と、医学博士三宅秀貴族院議員等のあらゆる角度からの反対理論を極めたものであった。その猛反対により貴族院に於いて、否決されたという。この問題に対する吉田久庵三世の働きは文字通り粉骨碎身されたと記されている。

1919年（大正8年）東京帝国大学（現東京大学）医学部物理療法科研究所嘱託として医学部真鍋喜一郎教授のもとに於いて、現代医学と鍼灸治療の融合を図り治療の研鑽を図ったという。またここ

で西洋あん摩（マッサージ）を取り入れ、これを講習所でも教えたようである。

1928年（昭和3年）吉田久庵二世三十三回忌を迎えるにあたり、吉田家に対する全会員の報恩の心持を永久に伝えると共に、熱誠如実に記念すべき事業として、「記念碑」建設を決し、建設委員長荒久保文益氏が推薦され、委員として、伊藤久秀、大塚留八、大木遠吉、岡田源六、吉岡秀康、江口啓吉、浅見清四郎、下河保、鈴木泰助氏等が選任され、賛成人員341名献金総額3,998円という多額の金額が寄せられ、1928年（昭和3年）10月にその除幕式が挙行された。尚、このとき来賓総代として東京帝国大学医学部真鍋嘉一郎教授より「祖先久庵氏が当時稲葉候の定紋を下されて家紋として使用を赦された一事を以ってしても、如何に卓抜せる技術の所有者であったかを知り得る」との故事を述べられ、更に伝業を継いで、「引き続き二世・三世の現在に至るまで、同流が隆盛を見るは、この流れを継ぐ者の人格の反映にほかならぬと思う。今日に於いて本邦の最高学府である大学でも、あん摩ないしマッサージは、必要な科目の一つであれば、日夜研究を怠らず努力せられ、吉田流発展ため一層のご奮闘を願う。」との祝辞があったという。

1943年（昭和18年）久庵三世は、後進に道を開くとのことにて全会員の留任希望をも固く辞されて、東京鍼灸治会の会長職を副会長浅見清四郎氏に譲ずられて身を引かれた。戦災の激化と共に、栃木県栃木市に疎開され、悠々自適におられたが、1946年（昭和21年）4月3日にお亡くなりになった。

久庵三世亡き後、衣鉢を受け継いだ吉田流一門一統は、三世の寵愛を一身に受けた平川莊作氏を浅見会長の後任会長とした。会名を吉田親交会と改めて、新発足をした。

吉田流祖 久庵一世（久翁道庵鍼信士）

1803年（享和3年）3月20日生

1856年（安政3年）7月18日没

久庵二世（永昌院寿山良久居士）

1836年（天保7年）9月23日生

1896年（明治29年）6月23日没

久庵三世（仁厚院久岳実成居士）

1879年（明治12年）5月8日生

1946年（昭和21年）4月3日没

東京医療福祉専門学校の歴史と創立の歩み

明治時代には、「営業免状」はあん摩は鍼灸の附属で初歩ゆえに別に免状を要せず、営業は自由であったという。鍼灸は履歴書を添え師の奥印を以って出願すれば、開業免状を府庁より下す規定であったという。鍼灸を卒業せぬ者も、間々師に頼み奥印を得たがゆえに然程でもない者も開業することがあったという。

1912年（大正元年）より、あん摩術試験制度実施の決定により、講習所の講習生は増加し、マッサージの必要を叫ぶ声は高くなった。新しい時代に入ったことで、吉田久庵三世の他に浅草楽山堂病院長、金子魁一博士を請うて、特別講師としてマッサージ科に於いて指導を受けた。講師は浅見清四郎（当時治会副会長）、江口利作等の先生方が引き受け、指導に当たっていたようである。

講習所には、生徒も多数集まり盛況ではあったが、収支を度外視した鍼灸治会の運営では問題が多発し、1921年（昭和10年）に講習所の存続維

持を図るために学校の設立こそ急務と、時代の趨勢を見るに敏なる三世の発案で会員の負担を考慮の上、会員の賛同を得て、3カ年計画で5万円の設立基金募集の予定で募集を開始した。途中2年の延長を余儀なくされたが、1940年（昭和15年）9月1日、「吉田鍼灸医学校」が開校した。

開校した1年後、太平洋戦争が始まり、鍼灸あん摩業界も東京都を以って一丸と処するところの強制組合の結成となり、新組合の会長には、東京高等鍼灸学校長坂本貢氏が就任し、吉田久庵三世は、副会長に就任した。吉田流一門の中から多数の方々が、組合の主要分野の役員に就任した。また、戦争の進展と共に軍属として、進んで第一線に向かう者や、国内各地の陸軍病院物療科から募集の多かったマッサージ師へ応募し、「吉田流派」からは80名を超える方々が採用されたという（久庵三世をしのぶ十三回忌に際して「思い出」より）。

1889年（明治22年）

高崎東京府知事の勧告により、「鍼灸治会」を設立、会員1500人、視力障害者と正眼者とは半々であったという。その後正眼者七分となり遂に会が廃絶となった。

1898年（明治31年）

吉田流一門が中心となり「東京鍼灸治会」を設立、吉田久庵三世が初代会長となり、昭和18年まで会長を続ける。

1907年（明治40年）

吉田久庵三世は後継者の育成指導のために、「東京鍼灸治会附属講習所」設立、推されて所長となる。

1919年（大正8年）

東京帝国大学（現東京大学）医学部物理療法科嘱託となる。

- 1940年(昭和15年) 東京浅草小島町に「吉田鍼灸医学校」開校。平川莊作は、中心講師として活躍する。
(1941年12月太平洋戦争勃発、その後1945年5月東京大空襲により消失)
- 1943年(昭和18年) 吉田久庵三世が東京鍼灸治会会長退任。副会長浅見清四郎が2代目会長に就任。
- 1946年(昭和21年) 浅見清四郎が東京鍼灸治会会長を退任。学園創立者平川莊作が会長に就任する。

常陽学園創立者平川莊作・信代両氏と学園の歩み

- 1891年(明治24年)11月 平川莊作は、埼玉県埼玉郡菖蒲待町大宮上大崎にて、平川惣衛門の次男として生れる。
- 1907年(明治40年)3月 埼玉県光明漢字研究塾を出る。
- 1913年(大正2年) 吉田久庵二世の直弟子である、叔父平川林蔵の徒弟となる。
- 1914年(大正3年) 「東京鍼灸治会附属講習所」に学び、講習所に勤務する。
- 1917年(大正6年)3月 警視庁施行鍼灸按摩術試験に合格。5月に免許証下附される。
- 1921年(大正10年)3月 東京鍼灸治会幹事に就任する。1931年(昭和6年)4月幹事の功大なりとして感謝状を受ける。
- 1940年(昭和15年)1月 京橋鍼灸マッサージ師会初代会長に就任。
- 1940年(昭和15年)5月 東京府鍼灸按摩マッサージ師連合会理事に就任。
- 1944年(昭和19年)6月 東京都鍼灸按摩マッサージ師連合会理事長に就任。
- 1945年(昭和20年)5月 東京都鍼灸按摩マッサージ師連合会会長に就任。
- 1946年(昭和21年) 東京鍼灸治会会長平川莊作が就任する。
- 1947年(昭和22年)8月 日本鍼灸医学会会長に就任。
- 1947年(昭和22年)11月 東京都鍼灸按摩マッサージ師連合会より多年の功大として、感謝状授与。
- 1947年(昭和22年)12月 東京鍼灸師会会長に就任。
- 1947年度中(昭和22年度中) 医療制度審議会より視力障害者の鍼灸営業廃止及び柔道整復の新規営業廃止答申に対し各方面に奔走し存続を認めさせる。
- 1947年(昭和22年)12月 「按摩・はり・きゅう・柔道整復」が法制化される。(1948年1月1日より施行)
- 1948年(昭和23年)4月 「東京鍼灸治会」の名称を「吉田親交会」と改める。
- 1949年(昭和24年)2月 按摩・はり・きゅう・柔道整復中央審議会委員を拝命。
- 1950年(昭和25年)4月 按摩・はり・きゅう・柔道整復法に基き、中央区八丁堀に「東京マッサージ師養成所」開設し所長となる。

補遺

平川莊作は何故に東京マッサージ師養成所の学科より「はり・きゅう」を除いたのか?「吉田流」の原典は、鍼六分、灸四分ではなかったのか?あん摩は前技と久庵一世は言っている。

前理事長平川信代は、平川莊作は、「あん摩ほど

体に優しい治療はない。だからあん摩である。」とあって、鍼・灸を学科の中に入れることを反対し、学ばそうとしなかったと言っていた。しかし、これだけでは、十分な説明はできない。なぜなら、創立者平川莊作は、1947年(昭和22年)に「日本鍼灸医学会」会長の職についており、また、さかのぼれば、本人

は「吉田流鍼灸接」養成所で4年間勉強し、鍼灸あん摩の免状も得ている。これからは私の想像であるが、養成所開設当時、あん摩は、2年間で受験資格を得た。しかし、2年間では、はり・きゅうまで勉強するには、十分な教育期間とは言えない。平川荘作は、この期間で教育するには、満足な鍼灸師は養成できないと考えていたのではないかと考えられる。なぜなら、彼は、養成所の定員昼夜各25名を固守し、定員を拡大することも現に厳しく諫め、徒弟制度的教育を強く求めたという。だから、平川信代理事長（当時）が定員増鍼灸科増設を強く望んでも、彼は亡くなるまで頑なに拒み続けたという。

吉田久庵三世の思い出を語る座談会がある。1958年（昭和33年）2月8日東京マッサージ師養成所にて開かれている。その記述を見ると、「四日市講習所」「後進者の世話」「先生の鍼」「先生の印象と教訓」

等の欄がある。久庵三世は、鍼で患者を治療することは生徒の前でも実際に行っていたようであるが、残念ながら授業でのはり、きゅうの記述はない。講習所及び吉田鍼灸医学校では、はり、きゅうを当然教えていたことは想像できる。また前記座談会の久庵三世をしのぶ十三回忌の「思い出」に久庵三世の遺稿集の一部が掲載されているが、「日本按摩療法と西洋按摩療法」「彼我技術の分類」「日本按摩療法独特の技術開設」「23疾患に行はる吉田流技術例」「マッサージの歴史」等を見ると、久庵三世もまた、あん摩マッサージのすばらしさを、東大物療科嘱託鍼灸医として、強く感じていたと推測される。また、このことが平川荘作をしてこのあん摩の良さを重視させた。それは、師の教えを重んじたのかもわからない。とにかく鍼灸を捨て、マッサージがすばらしいとしたことは、東大眞鍋物療教室に大いに関係があるようである。

- | | |
|----------------|--|
| 1953年（昭和28年）2月 | 平川荘作、東京都按摩・はり・きゅう試験委員となる。 |
| 1955年（昭和30年）4月 | 平川荘作、社団法人日本鍼灸師会より、多年の功大として感謝状授与。 |
| 1959年（昭和34年）5月 | 平川荘作、東京都知事より「保健衛生功労者」として表彰状を授与。 |
| 1961年（昭和36年）9月 | 平川荘作、東京都衛生局長より、多年に亘り衛生行政に協力し公衆衛生の推進に貢献したとして感謝状を授与。 |
| 1963年（昭和38年）4月 | 平川荘作、東京都鍼灸マッサージ師協同組合理事長に就任。 |
| 1964年（昭和39年）6月 | 平川荘作、東京鍼灸マッサージ経営協議会会長に就任。1965年6月相談役に就任。 |
| 1965年（昭和40年）6月 | （理学療法士・作業療法士法制定）この法律の制定時、マッサージ師の免許の所持者は講習会に出席し、試験に合格した者は、理学療法士・作業療法士の資格を得たという。 |
| 1967年（昭和42年）2月 | 財団法人マッサージ技術協会を設立し理事長に就任。「東京マッサージ師養成所」はこの法人の附属施設となる。 |
| 1967年（昭和42年）9月 | 学校教育法により「東京マッサージ師養成所」は、各種学校として認可される。 |
| 1968年（昭和43年）4月 | 平川荘作、勲五等に叙し、瑞宝章を授与される。 |
| 1970年（昭和45年）4月 | 柔道整復師法制定される。（按摩マッサージ指圧師、はり師、きゅう師等に関する法と分離される） |
| 1973年（昭和48年）4月 | 平川荘作、中央鍼灸マッサージ師会より、多年の功大により感謝状を授与。 |
| 1973年（昭和48年）6月 | 平川荘作、財団法人マッサージ技術協会理事長を退任し、配偶者である平川 |

	信代が理事に就任。
1974年（昭和49年）7月	平川莊作逝去。従六位に叙される。
1976年（昭和51年）8月	日本橋蛸殻町移転。学校名を「東京マッサージ師学校」とする。昭和52年4月学校教育法改正により専修学校となる（各種学校より専修学校へ）。
1979年（昭和54年）3月	はり・きゅう・按摩マッサージ指圧科増設。校名を「東京鍼灸マッサージ学校」と変更する。
1983年（昭和58年）4月	八丁堀二丁目に新校舎建設移転、校名を「東京鍼灸マッサージ専門学校」と変更する。
1989年（平成元年）4月	「介護福祉学科」を新設し、校名を「東京医療福祉専門学校」と変更する。
1992年（平成4年）11月	財団法人マッサージ技術協会の財産を引き継ぎ「学校法人常陽学園」を設立。東京都より認可を受ける。初代理事長に平川信代就任する。
1997年（平成9年）4月	中央区新川に新校舎を増設「理学療法学科・作業療法学科」を新設する。
2002年（平成14年）4月	「理学療法学科・作業療法学科」の定員増に伴い両学科を分離し、「専門学校東京医療学院」を設立、リハビリテーションの専門学校とする。
2006年（平成18年）4月	八丁堀一丁目に新校舎「東京医療福祉専門学校」を建設移転開校する。
2007年（平成19年）3月	常陽学園同窓会が「吉田親交会」（会長平川信代、会員19名）を吸収し統合する。
2007年（平成19年）4月	東京医療福祉専門学校に「鍼灸マッサージ教員養成科」を増設。
2007年（平成19年）11月	多磨霊園「吉田流記念碑」改修工事完了（学校法人常陽学園が吉田家の了承を得て）
2010年（平成22年）4月	東京医療福祉専門学校に「柔道整復科」を増設。
2010年（平成22年）10月	学校法人常陽学園理事長平川信代退任し、「学園長」就任。新理事長渡邊賢二就任。
2011年（平成23年）10月	東京都多摩市落合四丁目「東京医療学院大学」の設立が文部科学省より認可される。
2012年（平成24年）4月	東京医療学院大学・保健医療学部・リハビリテーション学科定員100名で開学する。

参考

理学療法士及び作業療法士法 [1965年(昭和40年)6月29日法律137] 第2条 (定義)

この法律で「理学療法」とは、身体に障害のある者に対し、主としてその基本動作能力の回復を図るため、治療体操その他の運動を行わせ、及び電気刺激、マッサージ、温熱その他の物理的手段を加えることをいう。この法律で、「作業療法」とは、身体または精神に障

害のある者に対し、主としてその応用的動作能力又は、社会的適応能力の回復を図るため、手芸、工作その他の作業を行わせることをいう。

この法律が施行されたとき、あん摩マッサージ指圧師たちは、講習を受けただけで、理学療法士・作業療法士の資格が与えられたと聞く。

東京大学のホームページに日本で最初の「真鍋物療教室」のページあり。

終脳へ至る一般臓性感覚系：硬骨魚類の 一般臓性感覚神経路は哺乳類や鳥類と類似する

吉本正美¹⁾ 山本直之²⁾

(1) 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科 東京都多摩市, (2) 名古屋大学大学院生命農学研究科生物機能分化学講座水圏動物学研究分野 愛知県名古屋市

Ascending general visceral sensory pathways to the telencephalon: the ascending pathways in teleosts are similar to those of birds and mammals

Masami Yoshimoto¹⁾ Naoyuki Yamamoto²⁾

(1) Laboratory of Anatomy, University of Tokyo Health Sciences, Tokyo 206-0033, Japan, (2) Laboratory of Fish Biology, Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

Abstract

The nervous system of vertebrates including man can be classified into the somatic and the visceral systems. The former receives information from the environment outside the body and controls animal behavior. The latter receives information from internal milieu and regulates visceral functions and homeostasis. Inputs from internal milieu are carried from the peripheral nervous system to the central nervous system by the peripheral general visceral sensory system and are processed through the central general visceral sensory system. We compared the ascending general visceral sensory system of teleosts with those of mammals and birds. Tract-tracing studies in teleosts using neuronal tracers revealed that the primary center in the medulla oblongata sends general visceral sensory information to the telencephalon via the secondary general visceral nucleus in the isthmic region and diencephalic nuclei. Direct pathways from the medulla oblongata to the telencephalon were also identified. These ascending pathways of teleosts are quite similar to those of mammals and birds and may represent a bauplan common to vertebrates.

要旨

ヒトを含めた脊椎動物の神経系は体性神経系と臓性神経系に分類される。体性系は個体の外部環境に対応するもので、臓性系は個体が内蔵した内部環境に対応するものである。胃や腸などの内臓からの感覚情報を処理するのが一般臓性感覚系であり、内臓運動の調節や個体の恒常性維持に関わる。終脳へ至る一般臓性感覚系神経路について、硬骨魚類と哺乳類および鳥類を比較した。スズキ目のティラピアでは(1) 延髄の一次一般臓性感覚核(Cajal交連核)からは橋の部位に相当する峡部 isthmic region の二次一般臓性感覚核、間脳の神経核、終脳腹側野に投射する。(2) 二次一般臓性感覚核からは間脳の神経核、終脳腹側野に投射する。(3) 間脳の中継核(糸球体前一般臓性感覚核 preglomerular general visceral

nucleus)は終脳背側野へ投射する。コイ目のキンギョの一般臓性感覚神経路はまだ一部しか明らかになっていないが、テトラピアと類似した回路が存在しそうである。硬骨魚類の一般臓性感覚系の線維連絡は、哺乳類および鳥類とよく似ており、一般臓性感覚の上行性神経路は脊椎動物を通じて保存されている可能性がある。

Key words: visceral sense, ascending general visceral pathway, nucleus of the solitary tract, parabrachial nucleus, diencephalon, telencephalon, vertebrates

著者連絡先：吉本正美¹⁾ 山本直之²⁾

(1) 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科 〒206-0033 東京都多摩市落合4-11

Tel: 042-373-8118, E-mail: m-yoshimoto@u-ths.ac.jp

(2) 名古屋大学大学院生命農学研究科生物機能分化学講座水圏動物学研究分野,

〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

略語：AP, area postrema (最後野); D, dorsal telencephalic area (終脳背側野); Dm, medial part of dorsal telencephalic area (終脳背側野内側部); dDm, dorsal region of Dm(終脳背側野内側部背側領域); DMN, dorsal motor nucleus of the vagus (迷走神経背側運動核); Dp, posterior part of dorsal telencephalic area (終脳背側野後部); icom, isthmic commissure (峡交連); iRF, inferior reticular formation (下網様体); LT, lateral tuberal area (外側結節); NCC, commissural nucleus of Cajal (Cajal 交連核); NDLI, diffuse nucleus of the inferior lobe (下葉散在核); NRL, nucleus of lateral recess (外側陥凹核); nX, vagal nerve (迷走神経); mid, midline (正中); POA, preoptic area (視索前野); PTN, posterior thalamic nucleus (視床後核); pVN, preglomerular general visceral nucleus (糸球体前一般臓性感覚核); SGN, secondary gustatory nucleus (二次味覚核); SVN, secondary general visceral nucleus (二次一般臓性感覚核); svt, secondary general visceral tract (二次一般臓性感覚路); TLa, lateral torus (外側堤); TLai, inferior subdivision of TLa (外側堤下部); tvt, tertiary general visceral tract (三次一般臓性感覚路); V, ventral telencephalic area (終脳腹側野); Vc, central part of ventral telencephalic area (終脳腹側野中心部); Vd, dorsal part of ventral telencephalic area (終脳腹側野背側部); vDm, ventral region of Dm (終脳背側野内側部腹側領域); Vi, intermediate part of ventral telencephalic area (終脳腹側野中間部); Vl, lateral part of ventral telencephalic area (終脳腹側野外側部); Vs, supracommissural part of ventral telencephalic area (終脳腹側野交連上部); Vv, ventral part of ventral telencephalic area (終脳腹側野腹側部); VIII, facial lobe (顔面葉); IXL, glossopharyngeal lobe (舌咽葉); XL, vagal lobe (迷走葉).

はじめに

ヒトを含む脊椎動物（魚類，両生類，爬虫類，鳥類，哺乳類）は，個体を取り巻く外界からの刺激（外部環境）への対応と個体自身が内蔵する身体内部の刺激（内部環境）とに対応することで個体を維持（生存）している．外界および内部の環境への対応反応は神経系によって処理され統合されている．脊椎動物の神経系は，形態的には中枢神経系（脳と脊髄）と末梢神経系に分けられ，基本構造は共通である．脳は吻側から尾側へ，終脳，間脳（視床と視床下部），中脳，橋，小脳〔橋と延髄の背側に位置する〕，および延髄に区分され，

その尾側に脊髄が続く（39, 45, 46）．また，末梢神経系である脳神経や脊髄神経も基本的な構成は同じである（39, 45, 46）．ただし，棲息環境（生態的地位）の違いとそれに伴う適応の差異によって，動物種間での脳の外形や大きさなどには著しい発達の違いが見られる（20, 23, 39, 46）．

神経系を機能的に見ると，個体を取り巻く外部環境に対応する体性神経系 somatic nervous system と個体自身が内蔵する個体の内部環境に対応する臓性神経系 visceral nervous system とに分けられる（図1；20, 22, 45）．体性神経系と臓性神経系について，進化の過程での発達度合い

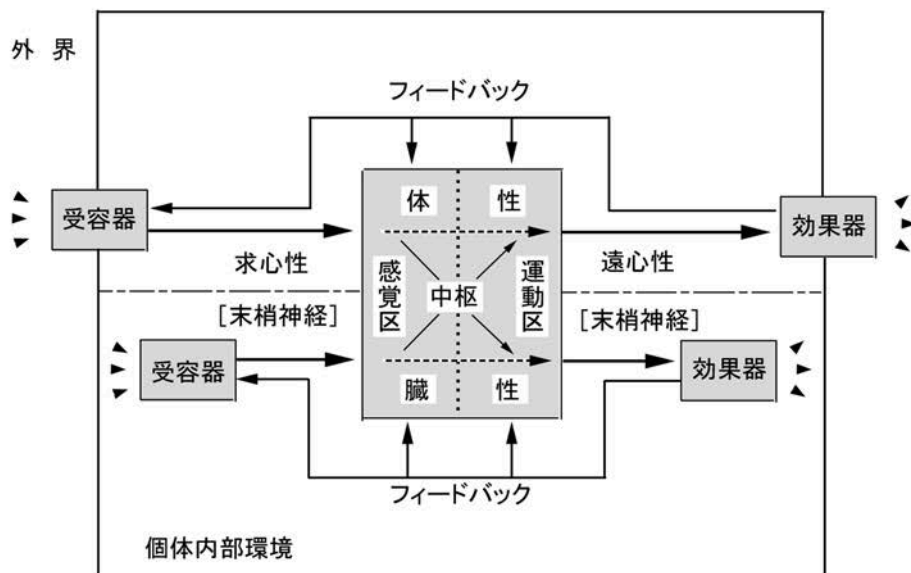


図1. 個体の外界（外部環境）および内部環境と神経系の関係.

動物は外界の情報（刺激）を個体（外枠）の身体上にある体性感覚受容器で受容し，電気的な信号として，体性求心性（感覚性）末梢神経によって，中枢神経系（灰色の中央の内枠）へ伝えられる．中枢神経系では情報の処理・統合が行われ，中枢からの指令情報として体性遠心性（運動性）末梢神経を経由して効果器（骨格筋）へ伝えられる．一方，個体の内部環境の情報は身体内部にある受容器が臓性感覚を受容し，臓性感覚性（求心性）の末梢神経を経由して中枢神経系に伝えられる．中枢で処理・統合された後，中枢からの指令として臓性遠心性（運動性）神経を経由して効果器（腺，血管や内臓の平滑筋）へ伝えられる．矢印（→）の方向は情報の伝達される方向を示す．（文献20より改写）

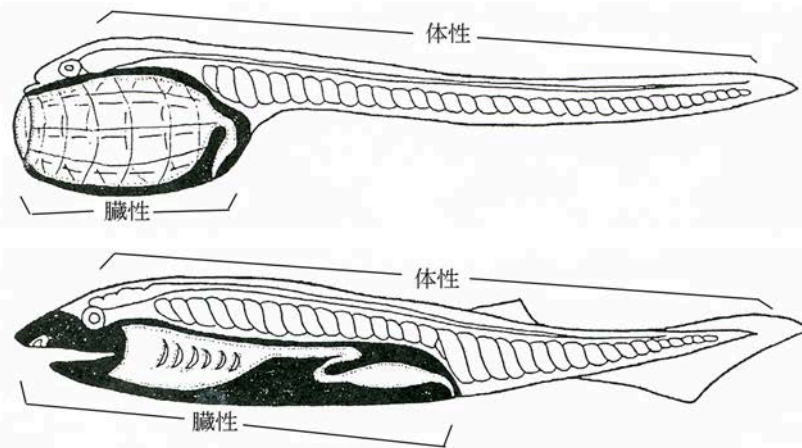


図2. ホヤ（上）とサメ（下）の臓性部分と体性部分の比較。（文献45より改写）

を比べてみる。脊椎動物は原索動物との共通祖先から分化したと考えられているので、脊椎動物（ここではサメ）と原索動物（ホヤ）の身体構成を比較してみると、サメではホヤに比べて体性部分が大きくなっているが、両者の臓性部分はあまり変化をしていない（図2；20, 45）。脊椎動物の体性神経系、特に体性感覚性が大きくなっているのは、脊椎動物が外界に対して積極的に働きかける生活を始めた結果であると推測されること、それは現存する脊椎動物の中樞神経系においても認められ、よい例は硬骨魚類の神経系で、脳の外形に見られる著しい差異は外部環境（棲息環境）から受ける情報の量と質を反映した結果であると考えられている（20, 23, 55）。

一方、体性系に比べて臓性系の変化が小さいのは、臓性部分が個体の生命に直接的に関与するため安定した状態を保つ必要があり、臓性部分に生じた変異は生存に不利に働くためであったろうと考えられる（20, 22, 23, 45）。またこのことは、脊椎動物全般の臓性神経系の構成は、進化の過程においてその共通祖先からあまり変化せずに保存されてきた可能性を示唆する。臓性感覚のうち、胃

や腸などの内臓からの感覚は一般臓性感覚と呼ばれ、この感覚に基づいて内臓運動の調節や個体の恒常性維持が営まれている。このような生命維持に不可欠な機能に関わる一般臓性神経系は祖先型から変化せずに保存されていると思われる。そこで、上記の仮説の妥当性を探るために、脊椎動物の系統進化の初期（中生代）に爆発的な多様性をもって出現し、現在も繁栄し様々な環境に棲息している現代型の硬骨魚類の一般臓性感覚神経系について調べ、新生代に適応放散した鳥類や哺乳類に関するこれまでの報告と比較を行った。

末梢神経線維の機能的な分類：体性神経系と臓性神経系

ここでは、「一般臓性感覚神経系」に注目しているため、先ず末梢神経に含まれる神経線維の機能的な分類について簡単に説明する。末梢神経系は、一般的には形態学的に脳神経と脊髄神経に分け、さらに、自律神経を区別している。自律神経線維は脳神経や脊髄神経の中にも含まれるので、脳神経、脊髄神経、および自律神経という従来の分類は曖昧である。そこで、末梢神経に含まれる

神経線維を機能的な視点から分類すると分かりやすくなる。末梢神経に含まれる神経線維は次の3つの基準に基づいて分類される(9, 22, 42, 54)。その基準とは、(1) 外界と内部環境の情報を中枢神経系に運ぶもの:「感覚性〔求心性〕」か、中枢神経系からの指令を効果器へ運ぶもの:「運動性〔遠心性〕」か、(2) 外界に関連する情報を運ぶもの:「体性」か、個体内部(内部環境)に関連する情報を運ぶもの:「臓性」か、(3) 限局した部位に特定の感覚受容器官(感覚器)を持つ「特殊」か、そのような感覚器をもたない「一般」か、である。臓性運動性の場合には、支配する効果器(横紋筋)が鰓弓由来ならば「特殊臓性運動性」とし、それ以外の臓性の効果器(平滑筋や腺など)を支配する場合には「一般臓性運動性」とする。体性運動性の場合には、「特殊」と「一般」の区別をせずに、骨格筋を支配する神経線維を「体性運動性」とする。すなわちこの分類では、末梢神経の神経線維は $[2 \times 2 \times 2 - 1]$ の7通りに区別することが出来る。また、この分類に従うと自律神経は「一般臓性運動性」となる。

「体性」は個体を取り巻く外界(外部環境)からの刺激に対応するものである。具体的には、脊椎動物に共通な特殊体性感覚は視覚、聴覚、および平衡感覚であり、これらの感覚情報の受容器官は順に、眼球、蝸牛、および半規管と卵形嚢と球形嚢であり、受容した感覚情報を脳へ運ぶのは、順に視神経、蝸牛(聴)神経、前庭神経であるが、神経線維の機能的な分類では、特殊体性感覚性となる。一般体性感覚は触覚、圧覚、痛覚、温度覚、および深部感覚などで、特別な感覚受容器官をもたず、神経末端が自由終末または被覆終末などとして皮膚や関節、腱などに広く分布し、機械刺激、侵害刺激、温度刺激などを受ける。特殊および一般体性感覚は末梢神経(脳神経と脊髄神経)を経由して中枢神経系(脳と脊髄)の体性領域へ運ば

れ処理される。次に、その結果は中枢神経系から発する指令として、末梢神経(脳神経と脊髄神経)の体性運動性神経線維を経由して効果器(骨格筋など)へ伝えられる。すなわち個体は、外界の刺激(感覚情報)を感受し、処理・統合して、外部環境へ対応した適切な行動を行なう(図1)。

一方、個体の内部環境に関与するのは臓性神経系であり、臓性感覚情報は末梢神経の臓性感覚性神経線維を経由して、中枢神経系の臓性領域へ伝達されて処理・統合される。次に中枢神経系から発する指令が末梢神経の臓性運動性神経線維によって内臓器官に伝えられ、内部環境に対応した内臓器官の適切な反応を生じさせる(図1)。臓性感覚も「一般」と「特殊」に区別され、「一般」は特別な感覚受容器官を形成せずに、神経末端が自由終末または被覆終末などとして体内の広範な内臓器官に分布する。これらの一般臓性感覚神経線維は、痛み、機械的圧力、内臓の伸展、体液の浸透圧変化などを受容する。内臓器官からの感覚情報は舌咽神経(第XI脳神経)や迷走神経(第X脳神経)に含まれる一般臓性感覚神経線維によって脳(延髄の一次一般臓性感覚領域)へ運ばれる(9, 18, 19, 22, 34, 42, 54)。「特殊臓性感覚性」に分類されるのは、味覚である。内胚葉由来の上皮組織に生じる味蕾は受容器官として特殊化した構造であり、また内臓機能と深く関連することから特殊臓性感覚性とされる(9, 34, 42)。嗅覚は鼻腔の嗅粘膜上に嗅覚受容細胞をもつが、「特殊臓性感覚性」に分類されたり(34, 42, 54)、「特殊体性感覚性」に分類されたりする(9)。味蕾からの味覚情報は、顔面神経(第VII脳神経)、舌咽神経(第IX脳神経)、迷走神経(第X脳神経)によって延髄の一次特殊臓性感覚(味覚)核に伝えられる。一般および特殊臓性感覚性神経線維により脳の一次感覚核へ伝えられた感覚情報は、さらに脳の上位中枢で処理・統合され、その結果は身体内

部の状態に対応する情報（指令）として一般および特殊臓性運動性神経線維によって内臓器官や鰓弓由来の筋などへ伝えられる。このように対応することで個体の内部環境の恒常性は保たれる (20, 22, 55)。実際には、生体では体性神経系と臓性神経系とは相互に影響を及ぼし合う。つまり、個体の外部環境は個体の内部環境にも影響を及ぼし、逆に内部環境の変化（内臓器官の作用異常や体内恒常性の変動）は体性神経系へも影響を及ぼすなど、深く連関している。

哺乳類の一般臓性感覚系

哺乳類の一次臓性感覚核は延髄の孤束核であり、特殊臓性感覚（味覚）情報と一般臓性感覚情報を受容する。孤束核吻側部には顔面神経、舌咽神経、および迷走神経を経由する一次特殊臓性感覚性神経線維（味覚線維）が終止し、味蕾からの味覚情報を伝える (1, 16, 51)。一方、孤束核尾側部は、舌咽神経および迷走神経の一次一般臓性感覚線維によって運ばれる個体内部の内臓器官の状態に関する情報を受け取る (1, 8, 10, 25, 26, 29, 48, 51)。

神経トレーサー（HRP, biocytin, BDA など）を用いた神経路標識法による研究によって、哺乳類では一次中枢である孤束核尾側部は橋部にある二次一般臓性神経核（外側結合腕傍核）に投射することが明らかにされている (4, 5, 6, 17, 40, 44, 50)。また孤束核尾側部は、外側結合腕傍核だけでなく、さらに上位の中枢である間脳の視床と視床下部および終脳の扁桃体や分界条床核に直接到達する軸索も送り出している (44)。

橋部の外側結合腕傍核からは、一次一般臓性感覚核（孤束核尾側部）が投射する間脳および終脳の構造と同じ部位、すなわち、間脳では視床と視床下部、および終脳の扁桃体や分界条床核と大脳皮質の島皮質、へ投射することが報告されて

いる (5, 13, 17, 48)。さらに Cechetto and Saper (5) によって、外側結合腕傍核から視床で中継されて島皮質 Insular cortex に至る経路も報告されている。視床の中継核は後外側腹側核小細胞部 ventroposterior lateral parvocellular thalamic nucleus (VPLpc) であり、この神経核は味覚情報を中継する後内側腹側核小細胞部 ventroposterior medial parvocellular thalamic nucleus (VPMpc) の外側に隣接している。まとめると、一般臓性感覚情報は舌咽神経と迷走神経を経由して延髄の一次一般臓性感覚核（孤束核尾側部）へ伝えられる。孤束核尾側部から終脳へ至る上行性経路は三通り存在し、(1) 孤束核尾側部から直接に終脳（視索前野, 扁桃体, 分界条床核）へ投射する経路, (2) 孤束核尾側部から外側結合腕傍核を経由して終脳（視索前野, 扁桃体, 分界条床核）に至る経路, (3) 孤束核尾側部から外側結合腕傍核, 視床, 終脳（大脳皮質: 島皮質）の順に中継される経路, である。

鳥類の一般臓性感覚系

鳥類の一般臓性感覚系の上行性神経路は哺乳類のものと同様な構成をしている。Dubbeldam et al. (11) は、マガモ *Anas platyrhynchos L.* の特殊臓性感覚と一般臓性感覚は延髄の孤束核に至ることを明らかにしている。すなわち、顔面神経、舌咽神経、および迷走神経を経由する一次特殊臓性感覚性神経線維が伝える味覚情報は、孤束核吻側部で受容される。一方一般臓性感覚情報は、舌咽神経および迷走神経の一次一般臓性感覚性神経線維により伝達され、孤束核尾側部で受容されることも明らかにした(11)。ハト *Columba livia* では孤束核内側亜核群は味覚と一般臓性感覚情報（胃や小腸からの内臓情報）を受容し、橋部にある背側-内側結合腕傍核複合体へ投射する。それに対して孤束核外側亜核群は、一般臓性感覚情報（心臓と肺からの内臓情報）を受容し、橋部にある外側-腹外側結合腕傍核複合体へ投射

する(29). 孤束核からは、直接間脳の視床下部と視床、さらに終脳の nucleus of the pallial commissure, 分界条床核, および側座核に投射することも報告されている(2, 29). Wild et al. (53) もハトにおいて結合腕傍核複合体から間脳の視床下部と背側視床, および終脳のいくつかの神経核 (nucleus of the pallial commissure, 分界条床核, ventral paleostriatum, 側座核, 嗅結節, および a dorsolateral nucleus of the posterior archistriatum: Apdl) へ投射することを報告している. また, Wil (52) はハトの背側視床の重核 (nucleus dorsointermedius posterior and nucleus dorsolateralis posterior) は paleostriatum augmentatum と neostriatum frontale に投射することも報告している.

近年, 鳥類と哺乳類の脳の相同性が見直され, 終脳の領域名については, The Avian Brain Nomenclature Forum (43) によって改名された. それによると, Wild (52) において視床からの投射が認められた neostriatum frontale は大脳皮質領域の一部として nidopallium frontale に, dorsolateral

nucleus of posterior archistriatum は posterior pallial amygdala (外套性扁桃体後部) に改名された. すなわち鳥類においても, 結合腕傍核から哺乳類の扁桃体に相同の神経核への投射が存在することになる(3, 53). これらの報告をまとめると, 上行性神経路は(1) 孤束核から間脳の視床下部と視床, 終脳の nucleus of the pallial commissure, 分界条床核, 側座核, へ直接到達する経路, (2) 延髄の孤束核-結合腕傍核-終脳の扁桃体に相同な神経核 (Apdl: posterior pallial amygdala) の経路, および(3) 延髄の孤束核-結合腕傍核-視床-終脳の nidopallium frontale (大脳皮質相同領域) の経路, である.

硬骨魚類の一般臓性神経系

硬骨魚類の延髄背側部は, 葉 (lobe) 状に発達しており, 吻側から尾側の順に顔面葉 facial lobe, 舌咽葉 glossopharyngeal lobe, および迷走葉 vagal lobe と呼ばれ (図3). 顔面神経, 舌咽神経, および迷走神経に含まれる特殊臓性感覚

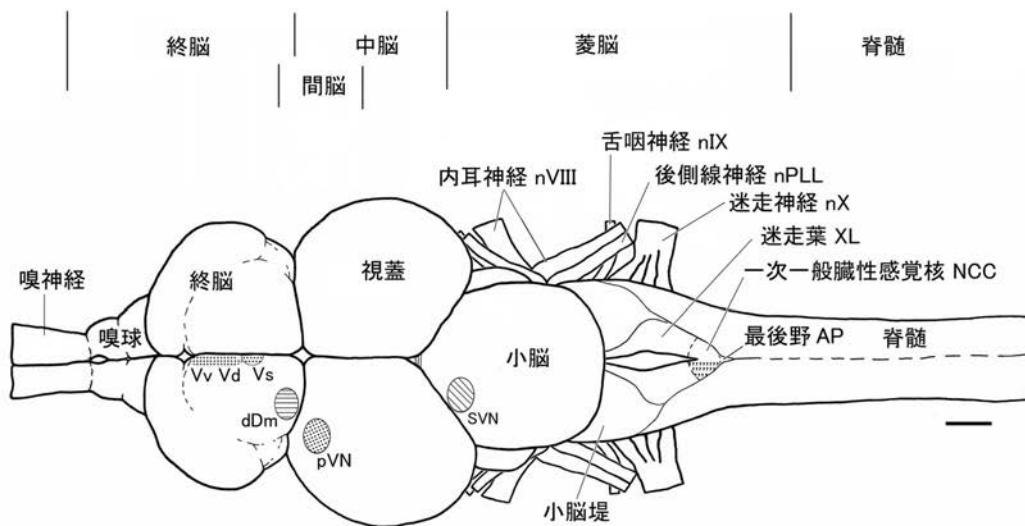


図3. ティラピアの脳の背側面

脳の左半分 (図の下半分) には, 一般臓性感覚系に関連する神経核を示している. dDm: 終脳背側野内側部背側領域, pVN: 糸球体前一般臓性感覚核, SVN: 峡部 (橋部) の二次一般臓性感覚核, Vd, Vs, Vv: 終脳腹側野の内側部の領域. スケールバー = 1 mm.

性神経線維（味覚線維）はそれぞれの葉に終止する (18). ナマズの延髄の迷走葉尾側部には、一次一般臓性感覚線維が終止する一次中枢として、Cajal 交連核 (commissural nucleus of Cajal,

NCC) と迷走葉中間核 (intermediate nucleus of the vagal lobe of Herrick [19]) があり、一次一般臓性感覚線維の終末領域は一次特殊臓性感覚 (味覚) 線維の終末領域の尾側に隣接して位置す

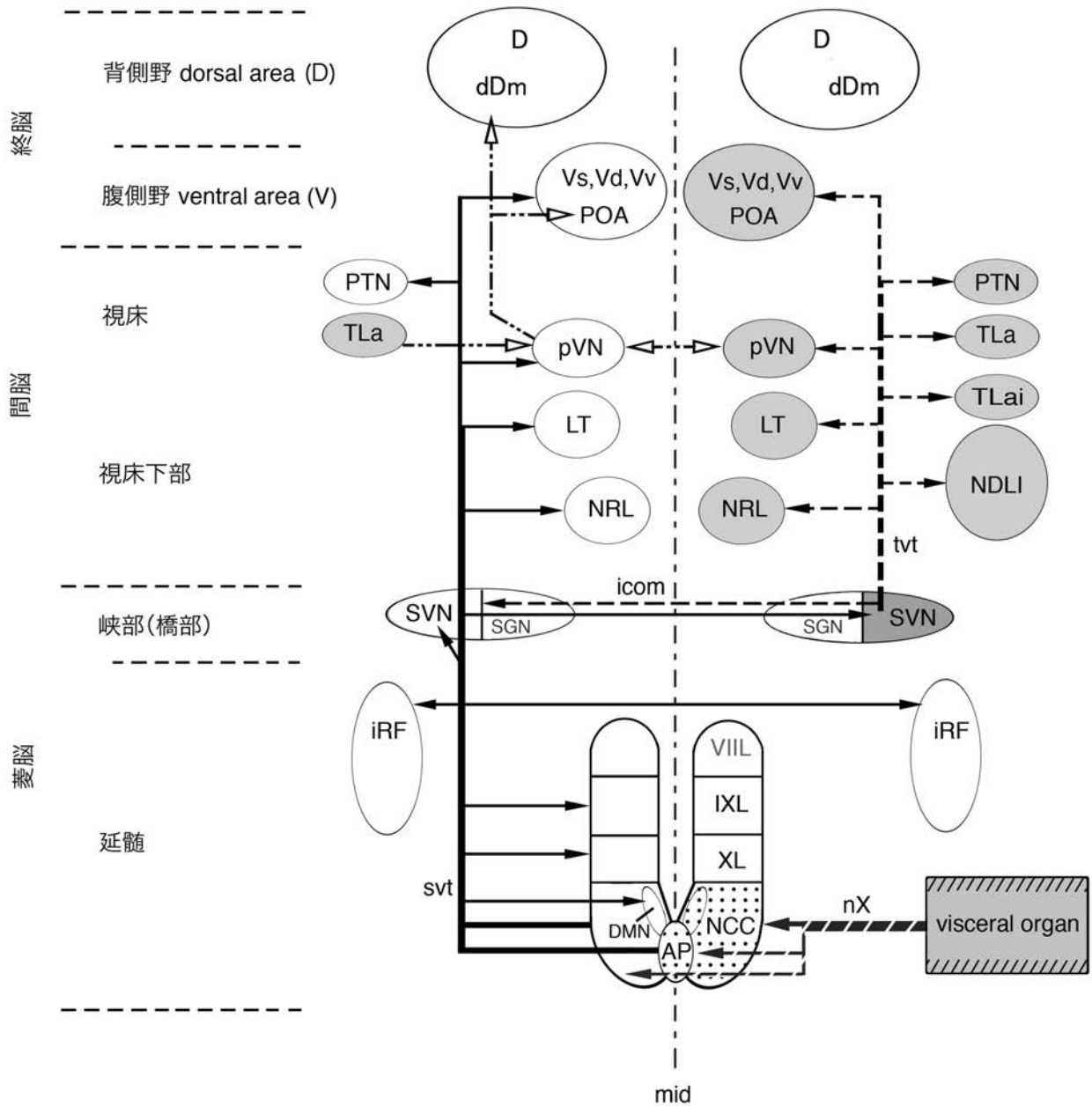


図4. ティラピアの一般臓性感覚系の上行性神経路.

図の左には、延髄の一次一般臓性感覚領域 (Cajal 交連核: NCC と最後野: AP) から、終脳腹側野 (Vs, Vd, Vv) へ至る上行神経路 (実線) を、破線では間脳の糸球体前一般臓性感覚核 (pVN) から終脳背側野 (dDm) へ上行する神経路を示す. 右は二次一般臓性感覚核 (SVN) から終脳腹側野 (Vs, Vd, Vv) へ至る上行神経路 (および他の領域への投射) を点線で示す. DMN: 迷走神経背側運動核, icom: 峡交連, iRF: 下網様体, LT: 外側結節, NDLI: 下葉散在核, NRL: 外側陥凹核, nX: 迷走神経, mid: 正中, POA: 視索前野, SGN: 二次味覚核, svt: 二次一般臓性感覚路, TLa: 外側堤, TLai: 外側堤下部, tvt: 三次一般臓性感覚路.

ることが報告されている (18, 19).

神経トレーサーを用いた神経路標識法によって調べた近年の研究によって, Herrick (18, 19) の記述が裏付けられ, さらに終脳へ至る上行性経路も明らかになった. 我々が行なったスズキ型硬骨魚類のティラピア *Oreochromis (Tilapia) niloticus* を用いた実験では, 腹部内臓に由来し迷走神経を経由する一般臓性感覚線維は迷走葉の尾側に続くCajal 交連核と最後野に終止することが明らかになった (図4; 61). ティラピアの場合には, 延髄の迷走神経の出入口より吻側の迷走葉内の小領域に終末がみられ, この場所がHerrick (19) の迷走葉中間核に相当する部分と考えられた. しかしながら, 細胞構築および線維連絡の観点から尾側に続くCajal 交連核との差異が見られないことから, 実際にはCajal 交連核の吻側への延長部分であろう (61).

ティラピアの延髄のCajal 交連核は, 延髄の迷走葉吻側部, 舌咽葉, 顔面葉, 網様体, 橋の部位に相当する峡部 isthmus の二次一般臓性感覚核 secondary general visceral nucleus (SVN), 間脳の外側陥凹核 nucleus of the lateral recess (NRL), 下葉内側部 (外側結節 lateral tuberal area, LT: 哺乳類の視床下部の一部と相同な領域) および糸球体前一般臓性感覚核 preglomerular general visceral nucleus (pVN), 終脳の視索前野, 終脳腹側野の交連上部 (Vs: supracommissural part of ventral telencephalic area), 腹側部 (Vv: ventral part of ventral telencephalic area), 背側部 (Vd: dorsal part of ventral telencephalic area) に直接投射する (61). 峡部の二次一般臓性感覚核は間脳の外側陥凹核, LT, および糸球体前一般臓性感覚核 (pVN) に投射し, また視索前野, 終脳腹側野の内側部にも線維を送る. 間脳の糸球体前一般臓性感覚核 (pVN) から生じる上行性神経線維は, 視索前野と終脳背側野の

内側部背側領域 (dDm: dorsal region of medial part of dorsal telencephalic area) の尾側部に投射する (Yoshimoto and Yamamoto, 未発表データ). まとめて, スズキ型硬骨魚類のティラピアにおいても, 延髄の一次一般臓性感覚核から終脳へ至る上行性経路は三通り存在し, (1) Cajal 交連核から視索前野, 終脳腹側野の内側部 (Vs, Vd, Vv) へ直接投射する経路, (2) Cajal 交連核から峡部の二次一般臓性感覚核を介して, 視索前野, 終脳腹側野の内側部領域 (Vs, Vd, Vv) に至る経路, (3) Cajal 交連核から峡部の二次一般臓性感覚核, 間脳の糸球体前一般臓性感覚核を経て終脳背側野内側部背側領域 (dDm) 尾側部に至る経路である (図5).

コイ目のナマズ (*Ictalurus punctatus*) では, 腹部内臓に由来する一般臓性感覚線維は一般臓性感覚核 (Cajal 交連核) と迷走葉中間核へ終止する (27). キンギョでは胸腹部臓器へ分布する迷走神経の枝は, 第四脳室尾側部にあるCajal 交連核と最後野に終止することが知られている (36, 37). ナマズとキンギョのCajal 交連核は, 峡部に位置する二次一般臓性感覚核に投射する (12). また, この二次一般臓性感覚核は二次特殊臓性感覚核 (味覚核; 18) の吻外側に位置することも明らかにされた. しかし, Finger and Kanwal (12) の報告では, 上位中枢への線維連絡については, 視床後核 posterior thalamic nucleus (PTN; 14) に少数の逆行性標識ニューロンが見られたことのみが報告されているのみである. なおキンギョのCajal 交連核は内・外側垂核に分けることができる. ティラピアとナマズのCajal 交連核には垂核は存在しない. キンギョのCajal 交連核内側垂核は腹部内臓に由来する感覚情報を運ぶ神経線維を受容し, 外側垂核へ終止するのは咽頭後部由来の感覚情報を運ぶ神経線維である. 腹部内臓からの線維を受けるティラピアとナマズのCajal

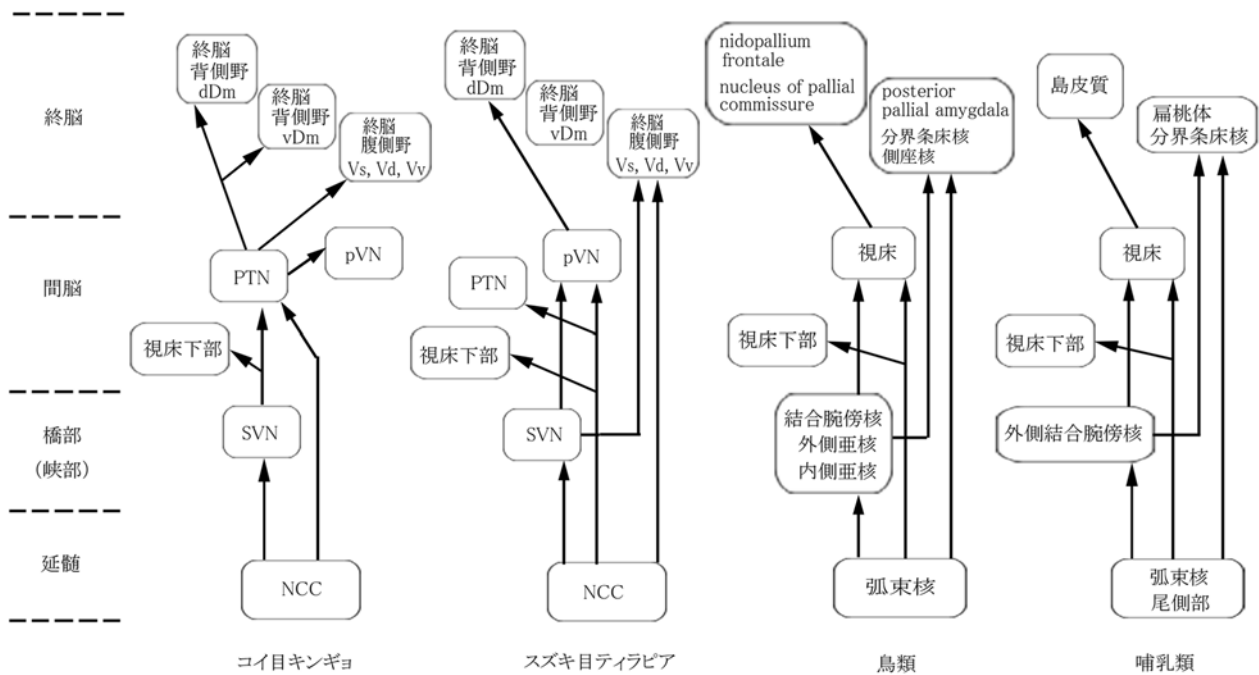


図5. 硬骨魚類と鳥類および哺乳類の一般

臓性感覚系の上行性神経路の比較。

dDm: 終脳背側野内側部背側領域, NCC: Cajal 交連核, PTN: 視床後核, pVN: 糸球体前一般臓性感覚核, SVN: 二次一般臓性感覚核, vDm: 終脳背側野腹側部, Vd: 終脳腹側野背側部, Vs: 終脳腹側野交連上部, Vv: 終脳腹側野腹側部。

交連核は、キンギョ Cajal 交連核内側亜核に相同であると考えられる。Cajal 交連核に見られる発達の差異は、キンギョは咽頭後部で活発な咀嚼運動を行うことなどの習性の違いを反映していると思われる。

コイ目の硬骨魚類の終脳への上行性神経路については、キンギョの間脳に存在する視床後核 (PTN; 14) の線維連絡の調査によってその一部が明らかになった (図5; 28)。視床後核 (PTN) は、Cajal 交連核の内側亜核、二次一般臓性感覚核、視索前野、終脳背側野の dDm、終脳腹側野の Vs と相互に線維連絡し、終脳背側野の vDm、終脳腹側野の V1 (lateral part of ventral telencephalic area), Vd, Vv に投射する。また間脳内において、視床後核 (PTN) は糸球体前一般臓性感覚

核 (pVN)、外側堤 (TLa)、下葉の神経核 (散在核 NDLI、外側陥凹核 NRL、下葉中心核 NCLI) と相互に線維連絡する。つまり、キンギョでは Cajal 交連核や二次一般臓性感覚核から視床後核 (PTN) を介して終脳に至る上行性神経路が存在する (図5)。しかしながら、視床後核 (PTN) の主要な投射先は、餌と砂や泥との選別に重要な役割を果たす迷走葉であり、この神経核は感覚中継核というよりも、摂食関連行動の制御に関わっていると思われる。したがって、視床後核 (PTN) とは別に一般臓性感覚の中継機能に特化した神経核が間脳に存在している可能性が高いと考えている。キンギョにも pVN と名付けられた神経核が存在し (28)、ティラピアの pVN に対応する位置にある。また一方ティラピアにも視床後核

(PTN) が存在し、キンギョの同名の核と同様の線維連絡をもつ (59, 61). 今後キンギョの pVN の線維連絡を精査する必要がある.

最後野 area postrema は、哺乳類や鳥類でよく知られている脳室周囲器官の一つであり、延髄の門 (カンヌキ) の近くにある. 最後野は舌咽神経と迷走神経からの一般臓性感覚情報を受容する (31). 最後野のニューロンは孤束核と結合腕傍核に投射する (4, 30, 32, 33, 44). 硬骨魚類のキンギョとティラピアでも同じように門 (カンヌキ) の近くの Cajal 交連核の背側に最後野が認められ、背側から腹側に向かって、脳膜、毛細血管の層、最後野のニューロンの背側へ伸びる短い樹状突起と星状膠細胞からなる柵状層、最後野のニューロンの細胞体の層、などが配列している. 一次一般臓性感覚神経線維は舌咽神経と迷走神経を經由して最後野に終止する (36, 37, 61). Morita and Finger (36, 37) はキンギョの最後野は二次味覚核に投射することを報告している. ティラピアでは最後野のニューロンは背側の脳膜側へ短い突起を出すと共に、Cajal 交連核に向かって長い樹状突起を出し、その腹側の樹状突起の途中から上行する軸索を生じる. この最後野のニューロンの軸索は二次一般臓性感覚核、糸球体前一般臓性感覚核、視索前野、終脳腹側野の Vs, Vd, Vv に直接投射している (図 3, 図 4 ; 61). このような硬骨魚類の最後野の線維連絡は、哺乳類や鳥類と類似している.

比較神経学的視点からの考察

硬骨魚類の終脳は、他の脊椎動物とは2つの大きな違いが見られる (21, 35, 39, 60). 1つは終脳の発生様式の違いによるものである. 哺乳類に代表される終脳は管状になった神経管の吻側部で蓋板が腹側へ折れ込み側脳室を形成する「inversion (内翻)」というタイプの発生をする. 硬骨魚類で

は吻側部の蓋板が左右に開き、終脳表面を覆うように伸びて反転し、終脳の正中から終脳表面に続く T 字型の脳室を形成する「eversion (外翻)」というタイプの発生をする (55, 58, 60). このような発生様式の違いのため、他の脊椎動物の終脳各部との相同性は判然としない. そのため、硬骨魚類の終脳は純粹に位置関係に基づいてまず背側野と腹側野に分けられ、次にさらに小区分や神経核を区分する命名法が採用されている (38). 相同性については、さまざまな説が提唱されており、決着がついていない. もう一つは、硬骨魚類の終脳は哺乳類の大脳新皮質のような6層の構造を形成しないことである (21, 24). そのため、魚類の終脳には大脳新皮質に相当する場所はないとする説が長い間信じられていた. 以下では、哺乳類において一般臓性感覚が到達する終脳領域である扁桃核と島皮質との相同関係について論じる.

Northcutt and Davis (41) は硬骨魚類の終脳腹側野の Vs と Vc (central part of ventral telencephalic area) は外套下部 (皮質下部: subpallium) 由来の扁桃核 basal amygdala (subpallial amygdala) に相当し、終脳腹側野の Vp, Vi (intermediate part of ventral telencephalic area), nucleus taenia は外套 (皮質) pallium 由来の扁桃核 pallial amygdala に相当すると述べている. Yoshimoto et al. (59) はティラピアの峡部の二次味覚核から終脳背側野後部 Dp (posterior part of dorsal telencephalic area) の内側部と腹側野の Vi への直接投射が、哺乳類の結合腕傍核から扁桃核へ至る投射経路と相同であると考へ、終脳背側野後部の内側部と Vi が扁桃核に相当すると延べている. Yamamoto et al. (58) は、嗅球との線維連絡を加味して、終脳背側野後部 Dp の腹内側にある nucleus taenia が pallial amygdala である可能性と、終脳腹側野の内側領域が扁桃核 subpallial amygdala である可能性を

示唆している。また、硬骨魚類の間脳の糸球体前核群は多様な感覚線維を中継し、終脳背側野へ投射するので、糸球体前核群は哺乳類の視床に相同な可能性があり、終脳背側野のいくつかの領域は哺乳類の大脳皮質に相同である可能性があるとしている (24, 57)。

本稿で論じた硬骨魚類、鳥類、哺乳類の一般臓性感覚の上行経路を比較すると、極めてよく似ている (図5)。迷走神経による臓性感覚情報の伝達から始まり、延髄の一次一般臓性感覚核から峡部 (橋部)、間脳、終脳へ上行する神経路は全体的に見ると大変よく似ている。内臓運動や恒常性維持に関わり、したがって生命の維持に重要な一般臓性感覚神経系は脊椎動物の共通祖先の状態からほとんど変化せず、各種脊椎動物に受け継がれているのではないかとされる。

また硬骨魚類の一般臓性感覚系の上行性神経路が、終脳の終止部も含めて鳥類や哺乳類のものと極めてよく似ていることは、硬骨魚類の終脳各部の相同性について論ずる際の重要な手がかりとなる。スズキ目のティラピアにおいて、延髄のCajal 交連核から一般臓性感覚神経線維が直接終止する終脳腹側野のVsは、二次一般臓性感覚核からの投射も受けている。線維連絡の類似性からこの領域は哺乳類と鳥類の扁桃体に相同な可能性が高い。一方、間脳の糸球体前一般臓性感覚核 (pVN) は終脳背側野のdDmの尾側部に投射する (Yoshimoto and Yamamoto, 未発表データ)。終脳各部位の相同性についての明確な結論は、今後のさらなる研究を待つ必要があるものの、間脳の糸球体前一般臓性感覚核 (pVN) から終脳背側野のdDmへ至る経路は、哺乳類における視床から島皮質に至る経路に相当する可能性がある。

(*硬骨魚類の脳の神経核や構造に付けられている多くの名称は哺乳類の神経核や構造に沿って名

付けられている。しかし、発生様式の特異性から終脳や間脳の同名の神経核や構造が、線維連絡や機能的にも哺乳類のものと必ずしも同じと確認されていないものもある。誤解を避けるために、神経核の名称には英語名を付けた。)

謝辞

著者らは本稿を仕上げるにあたり、有意義な討論と丁寧な校閲をいただきました伊藤博信日本医科大学名誉教授へ、心よりお礼を申し上げます。

文献

- 1) Allen WF. 1923. Origin and distribution of the tractus solitarius in the guinea pig. *The Journal of Comparative Neurology*, 35:171-204.
- 2) Arends JJA, Wild JM, Philip Zeigler H. 1988. Projections of the nucleus of the tractus solitarius in the pigeon (*Columba livia*). *The Journal of Comparative Neurology*, 278:405-429.
- 3) Atoji Y, Saito S, Wild M. 2006. Fiber Connections of the compact division of the posterior pallial amygdala and lateral part of the bed nucleus of the stria terminalis in the pigeon (*Columba livia*). *The Journal of Comparative Neurology*, 499:161-182.
- 4) Beckstead RM, Morse JR, Norgren R. 1980. The nucleus of the solitary tract in the monkey: projections to the thalamus and brain stem nuclei. *The Journal of Comparative Neurology*, 190:259-282.
- 5) Cechetto DF, Saper CB. 1987. Evidence for a viscerotopic sensory representation in the

- cortex and thalamus in the rat. *The Journal of Comparative Neurology*, 262:27-45.
- 6) Ciriello J, Calaresu FR. 1980a. Autoradiographic study of ascending projections from cardiovascular sites in the nucleus tractus solitarii in the cat. *Brain Research*, 186:448-453.
 - 7) Ciriello J, Calaresu FR. 1980b. Monosynaptic pathway from cardiovascular neurons in the nucleus tractus solitarii to the paraventricular nucleus in the cat. *Brain Research*, 193:529-533.
 - 8) Cottle MK. 1964. Degeneration studies of primary afferents of IXth and Xth cranial nerves in the cat. *The Journal of Comparative Neurology*, 122:329-345.
 - 9) Crossman AR. 2008. Neuroanatomy, In S. Standing (editor-in chief): *Gray's Anatomy, The anatomical basis of clinical practice*, Fortieth edition, Churchill Livingstone, Elsevier, pp. 223-361.
 - 10) Culbertson JL, Kimmel DL. 1972. Central distribution of primary afferent fibers of the glossopharyngeal and vagal nerves in the opossum, *Didelphis virginiana*. *Brain Research*, 44:325-335.
 - 11) Dubbeldam JL, Brus ER, Menken SBJ, Zeilstra S. 1979. The central projections of the glossopharyngeal and vagus ganglia in the mallard, *Anas platyrhynchos* L. *The Journal of Comparative Neurology*, 183:149-168.
 - 12) Finger TE, Kanwal JS. 1992. Ascending general visceral pathways within the brainstems of two teleost fishes: *Ictalurus punctatus* and *Carassius auratus*. *The Journal of Comparative Neurology*, 320:509-520.
 - 13) Fulwiler CE, Saper CB. 1984. Subnuclear organization of the efferent connections of the parabrachial nucleus in the rat. *Brain Research. Brain Research Reviews* (Amsterdam), 7:229-259.
 - 14) Goldstein K. 1905. Untersuchungen über das Vorderhirn und Zwischenhirn einiger Knochenfische (nebst einigen Beiträgen über Mittelhirn und Kleinhirn derselben). *Archiv für Mikroskopische Anatomie*, 66:135-219.
 - 15) Gwyn DG, Leslie RA, Hopkins DA. 1979. Gastric afferents to the nucleus of solitary tract in the cat. *Neuroscience Letters*, 14:13-17.
 - 16) Hamilton RB, Norgren R. 1984. Central projections of gustatory nerves in the rat. *The Journal of Comparative Neurology*, 222:560-577.
 - 17) Herbert H, Moga MM, Saper CB. 1990. Connections of the parabrachial nucleus with the nucleus of the solitary tract and the medullary reticular formation in the rat. *The Journal of Comparative Neurology*, 293:540-580.
 - 18) Herrick CJ. 1905. The central gustatory paths in the brains of bony fishes. *The Journal of Comparative Neurology*, 15:375-456.
 - 19) Herrick CJ. 1906. On the centers for taste and touch in the medulla oblongata of fishes. *The Journal of Comparative Neurology*, 16:403-439.
 - 20) 伊藤博信. 1987. 脳の進化と比較神経学の新しい立場. *日本医科大学医学会雑誌*, 54:362-372.

- 21) 伊藤博信. 2002. 魚類の脳研究の歴史と展望, 植松一眞, 岡良隆, 伊藤博信 (編者), 魚類のニューロサイエンス - 魚類神経科学研究の最前線 -, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 1-8.
- 22) 伊藤博信, 吉本正美. 1991. 神経系, 板沢靖男, 羽生功 (編者), 魚類生理学, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 363-402.
- 23) Ito H, Ishikawa Y, Yoshimoto M, Yamamoto N. 2007. Diversity of brain morphology in teleosts: Brain and ecological niche. *Brain, Behavior and Evolution*, 69:76-86.
- 24) Ito, H. and Yamamoto, N. 2009. Non-laminar cerebral cortex in teleost fishes ? *Biology Letters*, 5: 117-121.
- 25) Kalia M, Mesulam M-M. 1980a. Brain stem projections of sensory and motor components of the vagus complex in the cat: I. The cervical vagus and nodose ganglion. *The Journal of Comparative Neurology*, 193:435-465.
- 26) Kalia M, Mesulam M-M. 1980b. Brain stem projections of sensory and motor components of the vagus complex in the cat: II. Laryngeal, tracheobronchial, pulmonary, cardiac, and gastrointestinal branches. *The Journal of Comparative Neurology*, 193:467-508.
- 27) Kanwal JS, Caprio J. 1987. Central projections of the glossopharyngeal and vagal nerves in the channel catfish, *Ictalurus punctatus*: clues to differential processing of visceral inputs. *The Journal of Comparative Neurology*, 264:216-230.
- 28) Kato T, Yamada Y, Yamamoto N. 2011. General visceral and gustatory connections of the posterior thalamic nucleus of goldfish. *The Journal of Comparative Neurology*, 519:3102-3123.
- 29) Katz DM, Karten HJ. 1983. Visceral representation within the nucleus of the tractus solitarius in the pigeon, *Columba livia*. *The Journal of Comparative Neurology*, 218:42-73.
- 30) King DM. 1980. Topology of ascending brainstem projections to nucleus parabrachialis in the cat. *The Journal of Comparative Neurology*, 191:615-638.
- 31) Leslie RA, Gwyn DG. 1984. Neuronal connections of the area postrema. *Federation proceedings*, 43:2941-2943.
- 32) Loewy AD, Burton H. 1978. Nuclei of the solitary tract: efferent projections of the lower brain stem and spinal cord of the cat. *The Journal of Comparative Neurology*, 181:421-450.
- 33) Loewy AD, Wallach JH, Mckellar S. 1981. Efferent connections of the ventral medulla oblongata in the rat. *Brain Research*, 228:63-80.
- 34) Martin JH. 2003. *Neuroanatomy: text and atlas*, third edition, McGraw-Hill Medical Publishing Division, New York, pp. 135-160.
- 35) Meek J, Nieuwenhuys R. 1998. Holosteans and Teleosts. In R. Nieuwenhuys, H.J. ten Donkelaar, C. Nicholson (eds): *The Central Nervous System of Vertebrates*, Vol. 2, Springer, Berlin, pp. 274-326.
- 36) Morita Y, Finger TE. 1987a. Area postrema of the goldfish, *Carassius auratus*: ultrastructure, fiber connections and immunocytochemistry. *The Journal of Comparative Neurology*, 256:104-116.

- 37) Morita Y, Finger TE. 1987b. Topographic representation of the sensory and motor roots of the vagus nerve in the medulla of goldfish, *Carassius auratus*. The Journal of Comparative Neurology, 264:231-249.
- 38) Nieuwenhuys R. 1963. The comparative anatomy of the actinopterygian forebrain. Journal fur Hirnforschung (Berlin), 6:171-192.
- 39) Nieuwenhuys R. 1998. Comparative neuroanatomy: place, principles and programme. In R. Nieuwenhuys, H.J. ten Donkelaar, C. Nicholson (eds): The Central Nervous System of Vertebrates, Vol. 1, Springer, Berlin, pp. 274-326.
- 40) Norgren R. 1978. Projections from the nucleus of the solitary tract in the rat. Neuroscience, 3:207-18.
- 41) Northcutt RG, Davis RE. 1983. Telencephalic organization in ray-finned fishes. In R.G. Northcutt and R.E. Davis (eds): Fish Neurobiology, Vol. 2. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, pp. 203-2363.
- 42) Ranson SW, Clark SL. 1957. The anatomy of the nervous system: Its development and function, WB Saunders Company, Philadelphia and London, pp. 237-273.
- 43) Reiner A, Perkel DJ, Bruce LL, Butler AB, Csillag A, Kuenzel W, Medina L, Paxinos G, Shimizu T, Striedter G, Wild M, Ball GF, Durand S, Güntürkün O, Lee DW, Mello CV, Powers A, White SA, Hough G, Kubikova L, Smulders TV, Wada K, Dugas-Ford J, Husband S, Yamamoto K, Yu J, Siang C, Jarvis ED; Avian Brain Nomenclature Forum. 2004. Revised nomenclature for avian telencephalon and some related brainstem nuclei. The Journal of Comparative Neurology, 473:377-414.
- 44) Ricardo JA, Koh ET. 1978. Anatomical evidence of direct projections from the nucleus of the solitary tract to the hypothalamus, amygdala, and other forebrain structures in the rat. Brain Research, 153:1-26.
- 45) Romer AS. 1971a. The vertebrate body (shorter version), Fourth edition, WB Saunders Company, Philadelphia and London, Toppan Company, Tokyo, pp. 1-29.
- 46) Romer AS. 1971b. The vertebrate body (shorter version), Fourth edition, WB Saunders Company, Philadelphia and London, Toppan Company, Tokyo, pp. 351-386.
- 47) Saper CB. 2002. The central autonomic nervous system: Conscious visceral perception and autonomic pattern generation. Annual Review of Neuroscience (Palo Alto, CA), 25:305-312.
- 48) Saper CB, Loewy AD. 1980. Efferent connections of the parabrachial nucleus in the rat. Brain Research, 197:291-317.
- 49) Shapiro RE, Miseli RR. 1985. The central neural connections of the area postrema of the rat. The Journal of Comparative Neurology, 234:344-364.
- 50) Sofroniew MV. 1983. Direct reciprocal connections between the bed nucleus of the stria terminalis and dorsomedial medulla oblongata: evidence from immunohistochemical detection of tracer proteins. The Journal of Comparative Neurology, 213:399-405.

- 51) Torvik A. 1956. Afferent connections to the sensory trigeminal nuclei, the nucleus of the solitary tract and adjacent structures: an experimental study in the rat. *The Journal of Comparative Neurology*, 106:51-141.
- 52) Wild JM. 1987. Thalamic projections to the paleostriatum and neostriatum in the pigeon (*Columba livia*). *Neuroscience*, 20:305-27.
- 53) Wild JM, Arends JJA, Zeigler HP. 1990. Projections of the parabrachial nucleus in the pigeon (*Columba livia*). *The Journal of Comparative Neurology*, 293:499-523.
- 54) 渡辺雅彦, 寺崎俊雄. 2003. ヒトの神経系の構造, 伊藤正男 (監修), 脳神経科学, 三輪書店, 東京, pp. 15-41.
- 55) 山本直之. 2005. 神経系, 谷内透 (編集代表), 魚の科学事典, 朝倉書店, 東京, pp. 132-144.
- 56) Yamamoto N, Ito H. 2005. Fiber connections of the anterior preglomerular nucleus in cyprinids with notes on telencephalic connections of the preglomerular complex. *The Journal of Comparative Neurology*, 491:212-233.
- 57) Yamamoto N, Ito H. 2008. Visual, lateral line, and auditory ascending pathways to the dorsal telencephalic area through the rostromedial region of the lateral preglomerular nucleus in cyprinids. *The Journal of Comparative Neurology*, 508:615-647.
- 58) Yamamoto N, Ishikawa Y, Yoshimoto M, Xue H-G, Bahaxar N, Sawai N, Yang C-Y, Ozawa H, Ito H. 2007. A new interpretation on the homology of the teleostean telencephalon based on hodology and a new eversion model. *Brain, Behavior and Evolution*, 69:96-104.
- 59) Yoshimoto M, Albert JS, Sawai N, Shimizu M, Yamamoto N, Ito H. 1998. Telencephalic ascending gustatory system in a cichlid fish, *Oreochromis (Tilapia) niloticus*. *The Journal of Comparative Neurology*, 392:209-226.
- 60) 吉本正美, 伊藤博信. 2002. 終脳 (端脳) の構造と機能, 植松一眞, 岡良隆, 伊藤博信 (編者), 魚類のニューロサイエンス - 魚類神経科学研究の最前線 -, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 178-195.
- 61) Yoshimoto M, Yamamoto N. 2010. Ascending general visceral sensory pathways from the brainstem to the forebrain in a cichlid fish, *Oreochromis (Tilapia) niloticus*. *The Journal of Comparative Neurology*, 518:3570-3603.

森 林 浴

武田淳史、近藤照彦

東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科、東京都多摩市

Forest bathing

Atsushi Takeda, Teruhiko Kondo

University of Tokyo Health Sciences, Tokyo, 206-0033, Japan

Abstract

The secretary of Forestry Agency, Mr. Akiyama has named “Forest bathing” first in 1982 as a conception of forest therapy. “The peculiar fragrance exists in the forest. The fragrance has sterilizing effect, and that is why a healthy body is made in the forest.” It was the original concept of the Forest Agency. It begins with those calling for activity using national forests and other natural recreation forest, trying to get a healthy body, while enjoying the forest recreation in native forest and national recreation forest. In order to get the healthy body condition in the concept of “Forest bathing”, hiking in the forest is also useful for mental refreshing.

Human beings have built artificially developed modern civilization and culture under the natural environment from the ancient times. When we think of the relationship between man and nature in the course of the long history from the birth of mankind about 5 million years ago, it is quite recent that man has begun to live in urban civilization. Most of the history of human being was an evolution to adapt the forest environment. In addition, Japanese people have a different way of thinking for nature from the Westerner. In this point of view, even for the modern people, natural environments, which are closely related to living conditions, are important. For us Japanese, forest areas around the hot springs are particularly important.

The forest accounts for 75% of country areas in Japan. This number is about the same as Brazil with the endless jungle of the Amazon basin. Japan is one of the world’s leading forest countries. The forest in the United Kingdom and in China has become around 10% of the country. The Japanese Islands are elongated from subarctic north to temperate subtropical south. Therefore, the islands are covered with a variety of trees characteristic to each region from Hokkaido to Okinawa.

Key words: forest bathing, forest therapy, phytoncide, α -pinen, blood pressure

著者連絡先

〒 206-0033 東京都多摩市落合 4-11 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科

E-mail: a-takeda@u-ths.ac.jp

1. はじめに

森林浴とは、1982年林野庁の「森林浴構想」に端を発し当時の林野庁長官が命名し、「森林の中には殺菌力を持つ独特の芳香が存在し森の中にいることが健康体をつくる。」との構想のもとに発表された言葉である。自然休養林などの国有林を積極的に利用し、森林レクリエーションを楽しみながら健康な身体づくりをめざし、呼びかけたものから始まっている。ここで言う、健康な身体づくりとは、ハイキングや、景観を眺めるために体を動かし身体をリフレッシュさせることだけではなく、体の奥の心までも鍛えようというものである。森林の新鮮な息吹にふれて精神的なストレスも吹き飛ばそうというものであった(28)。

世界中の人間は太古の昔からいろいろな自然環境下で進化を繰り返して、現代の発達した文明やそれぞれの文化を築いてきた。人間と自然との関わりを考えたときに、明らかなことは、約500万年前の人類誕生からの長い歴史の経過の中で、人類が発達した都市文明の中で暮らすようになったのはごくごく最近であるという事実である。それまでは、猿人から進化して人類が誕生し、ほとんどの長い期間を森林と共存し、自然界に適応しながら進化を遂げてきた途方もない長い歴史である。また、我々日本人は西洋人とは異なる独特の自然観を持ち、自然と人間とを、対立したものではなく、同等のものとして考え、自然と親密な一体感の関係の中で生活をしてきて今に至っている。この様な長い時間経過において、我々は現代文明の中で生活し、たとえ小さな機会でも自然に触れると何となくほっとし、リラックス感を覚える。このような経験によって、我々現代人にとっても生活環境に密接に関係する自然環境の重要性(特に日本の場合は主に温泉地を取り巻く森林地域の森林浴の健康増進効果)や快適さが認められている。

また、森林が国土面積の75%を占める日本は、世界でも有数の森林国である。この数値はアマゾンの流域に果てしなく広がるジャングルを持つブラジルとほぼ同じである。イギリスや中国では10%前後の少ない面積となっている。そして、北海道から沖縄まで南北に細長い日本は、亜寒帯から温帯を経て亜熱帯までの気候帯に分布し、その地方に特徴のある樹々で覆われている。その種類も豊富で、トドマツ、カラマツ、ミズナラ、シラカバ、ブナ、カシ、シイ、クリ、コナラ、カエデなどが認められている(25, 26, 31, 36)。

2. 人間と自然との関わり

生理人類学者の佐藤方彦は、人と自然の基本的な関係について「人間が人間になってからの500万年の間、人間が生活してきたのは自然環境の中でした。人間の歴史の中で都市が出現したのはごく最近のことで、人類は森の中で生まれた。霊長類の仲間として森に住み始めたのはそれより前のことである。さらに、猿人・原人・旧人・新人と続く進化の過程を通して、おそらく森は人間の体質に深く刻み込まれてきたはずである。」と述べている(39)。このように、農耕や牧畜のはじまりは、約1万年前であることを考えてみても、ほとんどの時間を自然環境下で過ごし、長い時間を経て現代に至っている。

生まれた時から、現代文明の中で生活してきた我々は、様々なストレスを受けて生活し、交感神経緊張状態を強いられていると考えられる。この様な状態においては、自然環境はもとより、木の香りやロジ滞在などの人工的自然環境においてさえも、森林の癒やし効果で精神状態が改善される事が知られている。日本人の自然観は、西洋人のものと比較すると明らかなように、「自然は征服する対象物であるという考えではなく、人間と共存すべき存在であるとする考え方」である。さ

らに、興味ある点は、森林環境研究会が実施した国際間の森林に対する意識調査では、日本人の特徴として、欧米人たちが好む「深い森」ではなく、「見晴らしの良い山」、「高原の牧場」のような開けている人の手の入った自然を好む傾向にあることが判明した。この自然観は、生活の中で自然との接触の機会を増やし、癒やし効果を得るチャンスを増やす、むしろ有利な方向へ作用していると考えられる (3, 4, 21, 22)。

3. 自然にふれる快適さとアメニティについて

「快適」とは、角川新版実用辞典 (32) では「心身ともに具合が良いこと (pleasant, comfortable)」と記載されている。世界保健機構は、1961年に快適さを積極的快適さ (pleasantness) と消極的快適さ (comfort) に分類している。積極的快適さは、適度な刺激によりもたらされる成長欲求を意味し、消極的快適さは安全性や健康維持を含む不快の除去を目的としている。消極的快適さは基本的欲求として必要であるが、むしろ積極的快適さを取り入れる方向が今後さらに現代社会に求められてくると考えられる。

また、近年さまざまな広い分野でアメニティー (amenity) の用語が使われている。角川新版実用辞典 (33) では、これを快適さ、居住性の良さと訳している。本来この用語は、広辞苑 (19) によると「都市計画などで求める、建物、場所、景観、気候など生活環境の快適さ」を表すと記載されている。この用語は元々、英国を中心とする環境に対する思想を表しており、「住み心地の良さ」が根幹に存在している (8, 9)。

4. 健康と外部環境

まず、健康の定義を考えてみると、1948年にWHOが世界保健機関憲章で定めた「健康とは肉体的、精神的、並びに社会的に完全な良好状態を

表し、単に病や弱さがないということだけを言っているのではない。到達しうる最高度の健康を享受することは、すべての人類の基本的権利の一つであって、人種や宗教、政治的信念、経済的、社会的条件によって変わるものではない」に則っている。特に、現代の健康に対する考えは、人が遺伝によって受け継いだ潜在的能力を可能な限り発揮している状態であり、また外部環境に良く適応し、外部環境のリズムと同調を保つ状態を含んでいると考えられる (17)。

5. 個体差、性差の問題

さらに、この快適さに関しては個人の価値観により大きく左右されると考えられる。このことは、本人の先天的な要因と、文化や環境により修飾された後天的要因が大きく関与している。特に、人の場合は、動物と異なり個体差や性差を気にしなければならない問題が存在する。

ここで嗅覚を例に挙げると、女性は月経周期と共に匂いに対する感受性や識別能力が変化することが知られている (27, 28.)。また、匂いに対する感受性が高く、識別能力も優れていることも知られている。今まで、匂いに対する感受性の研究は、ムスクを用いた実験など様々報告がなされてきており (29)、女性の場合月経周期で感受性が大きく変化することが知られている (27, 28)。また、触覚においても嗅覚同様女性では、月経周期に応じて感受性が変化することが知られている (30)。男女差を論じる場合に、注意が必要となる点である (6)。

6. 生理学的に見た快適さ

森林浴の快適性を評価する場合に、生理学的見地からの生体への刺激に対する客観的評価が必要となってくる。最近では、心電図を用いた自律神経活動の評価や、脳の血流変化を可視化するこ

とによる脳活動や生体の刺激に対する評価が行われている。血圧や脈拍の変動から自律神経活動を評価したり、中枢神経の活動を評価することにより森林浴の快適さを評価する試みがなされてきている。脳活動の評価として近赤外線分光法を用い、血中のヘモグロビンがその光を吸収する程度を計ることにより脳血流量を測定し、活動部位を脳地図上で表示出来る装置が研究に用いられている。今後は多チャンネルの装置も開発され用いられる方向性が見られる。一方、自律神経活動においては、出来るだけストレスをかけずに評価を行う方法が重要と考えられて検討されてきている。指を用いた血圧測定、脈拍数、末梢血流量の測定などである。自律神経活動の変化に影響する様々なストレスをほぼ完全除去した測定方法の開発が今後の課題である。さらに、免疫系や内分泌系の変動測定も行われており、簡易的方法として唾液を用いた測定がこれまで広く行われている。また採血によって、ストレスホルモンとしてのコルチゾール、ヒト免疫グロブリン A などが測定されている。しかしながら、日内変動、食事の影響などによる変動があり、測定条件をそろえる必要が求められる (1, 18, 20, 31)。

7. 心理学的に見た快適さ

主観的快適さの評価として、感情プロフィールを用いた心理的評価法が広く用いられている。これには POMS の評価法などがあり、緊張—不安、抑鬱—落ち込み、怒り—敵意、混乱、疲労、活気などの感情状態を半定量的に測定できる評価法である。森林浴後の評価では、リラックス効果によりストレスが軽減している結果が出されている (8, 31)。

8. 森林浴における快適さの評価

森林浴の評価には、フィールド実験と室内実験

の2種類が存在する。前者では、人間の五感を通じた総合的な評価は可能であるが、気候変動、環境変化に左右され、再現性に乏しいという欠点がある。一方、後者の室内実験においては、温度、湿度などの環境条件を整えた気密室で行うため再現性はあるものの、木の香り、森林の映像、風の音などの総合的な現実の環境を作り出すことがきわめて困難である。フィールド実験は様々に行われてきているが、近藤 (9)、宮崎が実施している結果では、大気中の分析により、 α -ピネン、リモネンなどのテルペン類が検出され、また質問紙法による主観的評価では、森林浴の精神リラックス効果が認められ、ストレスホルモン評価では、コルチゾールの低下が知られている (15)。また宮崎によると、森林映像を対象者に見せて行う室内実験では、血圧の低下、脳活動の沈静化、脈拍の低下などが開始 20 分からの連続記録にて認められている (13)。我々の大学が存在する多摩地区の森林大気分析調査においても、 α -ピネン、リモネンが検出され (近藤照彦、武田淳史、佐久間康夫、未発表) また、近郊の森林科学学園の測定では、フェニルアセトアルデヒド、アニスアルデヒド、クマリンが春先の桜の時期に同定されている (1, 11, 38)。

また聴覚による評価として、男子学生 12 名を対象に森林の音 (小川のせせらぎ、カッコウの鳴き声、ウグイスのさえずり、田園の音) を室内にて個々に聴かせ、近赤外線を用いた 2 分間ごとの前頭葉の活動を調査したところ、森林由来の音が流されていない場合と比較して前頭葉の活動が有意に沈静化することが認められた (15)。また、せせらぎ音を聞いたときの収縮期血圧の変動においても、開始 20 分後より有意に低下することが認められている (24)。

9. テルペン類、フィトンチッドについて

森林にはその森林特有の匂いがある。森林の匂い

の成分は、テルペン類、フェノール類、炭化水素類、エステル類、脂肪酸類など多種類に及ぶが、森林の大気の中で最も多いのがテルペン類である。テルペン類に含まれる化合物の種類は多く、揮発性のものから不揮発性のものまであり、その性質は千差万別である。揮発性のテルペン類は芳香を持ち、昔から香料として使用されてきた。また、抗菌力をもつ上皮膚や粘膜に接触すると適度な刺激を与えるので気管支炎や風邪などの去痰剤として用いられる。内服すると胃腸の粘膜を刺激し、胃液の分泌を促すので胃腸薬としても用いられる。さらに、皮膚の炎症を防ぐ作用があるので消炎剤としても用いられてきた (34)。

森林浴の分野で、フィトンチッドという用語が広く用いられているが、一般に、フィトンチッドとは樹木から発散される揮発性の物質で、森林浴中にそれを吸入すると爽快感があり、森林浴の効果の主体をなすものと考えられてきた。フィトンチッド(phytoncide)と言う用語は、植物を意味する「phyto」と、殺すを意味する「cide」で構成されている。1930年ごろ、旧ソ連のB.P. トーキンにより発見され、名付けられた。この当時は、植物性揮発油成分であると考えられていた。1980年になり、生気象学者、神山恵三らは、フィトンチッドの定義を「すべての植物が産生する揮発性および非揮発性物質で、他の生物に影響を与えるもの」と広義の定義に変更した (7, 25, 26, 31)。

フィトンチッドの一部である、 α -ピネンやリモネンは広く森林で抽出されるが、極めて低濃度である。森林浴効果は、あくまでも視覚、聴覚、嗅覚、触覚などの種々の感覚を含めた総合的な影響であると考えられている。フィトンチッドの代表的な成分である α -ピネンを使って室内での吸入実験を行うと、爽やかな気分になることが知られている (13, 20, 38)。

それでは、どれほどのテルペン類が森林の大気に浮遊しているか。矢田貝らの調査では、100m四方の杉林からは、夏に1昼夜で約4kgのテルペンが放出されることが分かっている。ヒノキでは約5kgで、

季節により変動を認める。大気中のテルペン濃度は非常に希薄で、ppmの千分の一のppbという単位で表現される濃度である。たとえば、ドラム缶5000本の水に1mlのインクを溶かした位の濃度になる (37)。

10. 木材に対する触覚刺激

男子学生13名による、金属と木材(ナラ、ヒノキ、杉)に対する手による接触実験では、主観的評価ではあるが、金属接触後では収縮期血圧の上昇を認め、中止しても60秒間は接触前の値へ回復しなかった。一方木材では、一過性に上昇したが、接触を中止すると直ちに回復した (14)。これは、金属との接触は不快であるが、木材への接触は快適であると考えられる。また、男子学生10名を被験者として、人工気候室において木材への接触が脳波に与える影響を調査した。閉眼した状態で右手をおいて素材に触れ30秒間撫でる動作を併用した実験では、脳波の α 波(8~13 Hz)のうち $\alpha 2$ 波(10~13 Hz)の減衰を認め、金属に比べて木材は脳に対する刺激が少なく、人に優しい材料であると考えられた (8)。

11. まとめ

森林浴は最近の医学的研究においても、血圧を下げる効果とストレスホルモンの分泌を抑制する効果が次第に明らかになりつつある。しかしながら、未だに限られたデータのみとなっており、今後のさらなる医学的研究の発展が期待される。一部の医療施設や福祉施設においては、森林を活用した生活習慣病の予防 (20) など健康増進のための取り組みが行われるようになってきている。今後は、森林の持つ癒やし効果と健康増進効果を活用して森林を健康づくりのための空間として利用していくことが、エコロジーブームの上からも期待される (31, 25, 26)。

文献

- 1) 二渡玉江、林陸郎、下村洋之助 (1999) 森林浴の医学的効果. 治療、東京 :pp108-109
- 2) 伊藤孝 (1981) 地域開発 10:11-16
- 3) 栗田勇 (2001) 花を旅する. 岩波新書、東京 :pp5-17
- 4) 北村正美 (1995) 森林と日本人、小学館
- 5) 木原啓吉、伊藤孝 (1981) 地域開発 10:1-10
- 6) 勝浦哲夫 (2003) 快適な療養生活のために - 生理人類学への招待. 訪問看護と介護、医学書院、東京 :pp246-250
- 7) 神山恵三、B.P. トーキョー (1980) 植物の不思議な力=フィトンチッド. 講談社、ブルーバックス、東京
- 8) 菊池吉晃 (1994) 接触感の違いによる脳波変化. 第 33 回日本人類生理学会大会抄録集 :5-6
- 9) 近藤照彦、武田淳史、青柳直樹 (2009) 森林の香りが生体に及ぼす心理、生理学的影響について. Aroma Research10(2):50-55
- 10) 宮崎良文 (2003) 森林浴なぜ体にいいか. 文春新書 :pp8-20
- 11) 宮崎良文 (2003) 森林浴なぜ体にいいか. 文春新書 :pp76-78
- 12) 宮崎良文 (1994) 森林の音と生理応答 (1) 脳血流の変化. 日本生理人類学会第 33 回大会要旨集 :14
- 13) 宮崎良文 (1994) 木材精油の吸入による瞳孔径の変化. 第 33 回日本生気象学会特集 31(3):124-125
- 14) 宮崎良文 (1994) においならびに接触感の官能評価と生理応答. 第 24 回日本科学技術連合官能検査シンポジウム抄録集 :51-56
- 15) 宮崎良文 (1990) 日本生気象学会雑誌 27:48-49
- 16) 森永晴彦 (1976) 日本人にも科学が出来るか. 自然 31(1) : 52-58
- 17) 森田健、宮崎良文 (1998) 健康の定義とその考え方. 日本生理人類学会誌 3 (1):31-33
- 18) 日本生理人類学会計測研究部編 (1996) 人間科学計測ハンドブック, 技報堂出版
- 19) 新村出 (2011) アメニテイー、広辞苑 第六版、岩波書店、東京 : pp87
- 20) 大塚義則、藪中宗之、高山茂 (1998) 高齢糖尿病患者における運動療法としての森林浴の意義. 日本温泉気候物理療法学会誌 61(2):101~105
- 21) 佐藤方彦 (1994) おはなし生活科学. 日本規格協会、東京 :pp10-22
- 22) 佐藤方彦 (1995) 樹木伝説の現代化 - 生理人類学の視点. APAST16、東京 :pp4-5
- 23) 須田理恵、宮崎良文 (2001) 自然風景の視覚刺激が中枢神経活動と自律神経活動に及ぼす影響. 日本生理人類学会第 4 5 回大会要旨集 :84-85
- 24) 鈴木雄一 (1999) 聴覚刺激が脳血流量、血圧、主観的評価に及ぼす影響. 日本生理人類学会第 42 回大会要旨集 4 :36-37
- 25) 下村洋之助 (2000) 森林浴と健康. 群馬県立医療短期大学紀要 7:11-16
- 26) 下村洋之助 (2000) 森林浴と健康. 群馬県立医療短期大学紀要 7:35-39
- 27) 末田香里、荒尾由香、西田奈央 (2003) 月経周期における嗅覚感受性の変化. 名古屋女子大学紀要家政・自然 49: 125-130
- 28) 末田香里、柘植友美子、増田豊子 (2006) 嗅覚感受性における月経周期内変動と学習効果. 日本味と

匂学会誌 13(3): 605-608

- 29) 澤邊昭義、戸嶋猛、中谷太一 (2012) 香りが与えるエストロゲン様活性とストレス軽減・緩和効果について. *Aroma Research* 13(1): 58-63
- 30) 鈴木佑佳、綾部早穂、川崎勝義 (2012) Androstenol 吸入がヒトに及ぼす心理的効果 月経周期位相と触覚刺激導入によるフェロモン様物質の効果の変化. 日本心理学会大会発表論文集 76回: 916
- 31) 武田淳史、近藤照彦 (2009) 森林浴の健康増進効果. *リハビリテーションスポーツ* 28(1):30-35
- 32) 鳥居正文、吉永哲郎、鶴岡昭夫 (1993) 快適、角川新版実用辞典第二版、東京: pp108
- 33) 鳥居正文、吉永哲郎、鶴岡昭夫 (1993) アメニティー、角川新版実用辞典第二版、角川出版、東京: pp19
- 34) 矢田貝光克 (1995) 森林の不思議. 現代書林、東京: pp16-17
- 35) 矢田貝光克 (1995) 森林の不思議. 現代書林、東京: pp18-19
- 36) 矢田貝光克 (1995) 森林の不思議. 現代書林、東京: pp26-27
- 37) 矢田貝光克 (1995) 森林の不思議. 現代書林、東京: pp40-41
- 38) 矢田貝光克 (2006) フィトンチッド、その実態と健康に効果的な作用とは. *Aromatopia*15(2):11-15
- 39) 渡辺正雄 (1995) 近代における日本人の自然観—西洋との比較において. 河出書房新社、東京

保健医療系大学における学修支援

中島 香澄

東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科 東京都多摩市

Support for Students' Academic Achievements at a Health Sciences University

Kasumi Nakajima

University of Tokyo Health Sciences, Tokyo 206-0033, Japan

Abstract

Recently, both the deterioration of students' academic performance and the increased number of students with developmental disorders have become problems at universities. The purpose of this article is to discuss the support available for students' academic achievements at a health sciences university. This article reviews self-regulated learning, support for university students with development disabilities, and the first-year seminar as subjects relevant to academic achievements. Firstly, upon reviewing articles about self-regulated learning, it became clear that both motivational factors, such as intrinsic value, mastery goal, high self-efficacy, and the perception of efforts, along with cognitive factors, such as beliefs about learning and perceptions of utility, affected the use of various learning strategies. Secondly, reports about support for university students with development disabilities demonstrated the problems they encountered in campus life arising from their disorders and the support for them, in addition to the difficulty of screening for developmental disorders. Thirdly, both the contents of the first-year seminar at universities and the first-year experience for students with LD and ADHD at Landmark College were offered from reports about the first-year seminar. Based on this analysis, support for students' academic achievements, such as a learning skill training program and individual support for learning skills, are discussed.

Keywords: support for students' academic achievements (学修支援), health sciences university (保健医療系大学), deterioration of students' academic performance (大学生の学力低下), students with developmental disorders (発達障害学生)

著者連絡先：〒 206-0033 東京都多摩市落合 4-11

東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科 E-mail:k-nakajima@u-ths.ac.jp

略語：ADHD, Attention Deficit Hyperactivity Disorder, 注意欠陥多動性障害；LD, Learning Disorders, 学習障害；PDD, Pervasive Developmental Disorders, 広汎性発達障害

要旨：昨今では、大学における学生の学力低下と発達障害のある学生の増加が指摘されている。そこで、本研究は、自己調整学習研究と大学における発達障害学生への支援研究、さらに初年次教育に関する報告をまとめ、保健医療系大学における学修支援について検討することを目的とした。まず、自己調整学習研究のレビューから内発的価値や自己効力感などの動機づけ要因と学習観などの認知的要因が自己調整学習方略の使用に影響を与えていることが明らかとなった。次に、大学における発達障害学生への支援研究からは、発達障害学生の抱える問題とそれへの支援、さらにスクリーニングすることの難しさなどが明らかとなった。そして、初年次教育に関する報告からは、初年次教育の内容と、ランドマーク大学における発達障害学生を対象とした初年次教育の在り方が紹介された。これらを参考に、学習スキル養成プログラムや個別の学生支援といった学修支援が検討された。

1. 保健医療系大学における学修支援を検討する意義

近年、少子化と高等教育への進学率の上昇により大学生の学力低下が懸念されており(33)、大学での学び方や日本語の教育を含み、新入生向けに開講する初年次教育を本格的に取り組む大学が増えている(25)。そして、このような取り組みの重要性が叫ばれるのに並行して、各地の大学では学生の退学や休学が深刻な問題となっている(35)。

さらに、我が国の約3割の大学に発達障害、あるいはその疑いのある学生が在籍するとの報告(24)も出てきている。この報告は主に総合大学を対象とした調査結果をもとにしているが、医療系の資格取得を目指す大学でも発達障害を有する学生の増加が指摘されている(2,36)。2005年に施行された発達障害者支援法では「大学及び高等専門学校は、発達障害者の障害状況に応じ、適切な教育上の配慮をするものとする」と明文化されており、保健医療系大学でも発達障害を有する学生の学修上や学生生活上の問題にどう支援していくかを検討する必要に迫られている。

このように、昨今の大学においてはさまざまな形で学生の学修支援をしていく必要があり、これまでは主に総合大学において学生への支援方法が検討されてきた。しかし保健医療系大学では、国家資格取得のために膨大な知識を卒業時まで蓄積する必要があり、また学外における臨床実習な

どを通じて対人的・専門的スキルを習得することが学生に課されるため、講義の理解や単位取得が支援の目標となるだけでなく、知識・スキル習得への意欲を促し、それを維持していくための支援がより一層重要となる。そのためには、まず個々の学生がどのような支援ニーズをもちうるかを想定し、それに基づいて初年次教育あるいは導入教育のあり方を検討する必要があるが、保健医療系大学における学修支援について具体的に検討する報告はほとんどないのが現状である。

本来、大学生全般に指摘されている学力低下の問題と、発達障害を有する学生の問題とは質的に異なるが、「学修支援」をするうえでは、両者を視野に入れた対応が重要である。そこで本稿では、学修するうえで関わりがあると思われる、自己調整学習研究からの知見と大学における発達障害学生への支援研究からの知見、さらにはこれまで主に総合大学で行われてきた初年次教育に関する報告をまとめ、保健医療系大学における学修支援のあり方について検討することを目的とした。

2. 自己調整学習研究

近年、「自ら学び、自ら考える力」といわれるような自己教育力が重視されている(9)のを受け、心理学、とくに教育心理学において、自ら学ぶ力を理論的に解明しようとする自己調整学習(self-

regulated learning) に関する研究が注目されている (40)。自己調整学習とは、学習者が自分の状態を積極的にモニタリングし、学業目標を達成するために必要に応じて学習方略を効果的に使用し、時には修正しながら、目標を達成するまで自己の行動を調整しつつ、意思をもって努力し続けるプロセスであり (20)、そのプロセスには学習目標を設定する段階、学習行動を行う段階、そしてその行動を評価する段階が設定されている (5)。Pintrich & De Groot によると、さまざまある学習方略の中で自己調整方略を使用することと学業成績との間に正の相関があることがわかっており (26)、学生を教育・指導するうえで、自己調整方略の使用を促すことの重要性が示唆されている。そのため自己調整学習に関する研究は、自己調整方略の使用を促し、維持する要因を検討するものが多く、自己効力感、内発的価値、原因帰属といった「動機づけ」との関連からみる研究と、学習方略に対する信念や認知（方略の有効性、学業への情緒など）を扱う「認知的要因」との関連からみる研究に大別される。

(1) 自己調整学習を促す動機づけ要因

Pintrich & De Groot は MSLQ (Multivated Strategies for Learning Questionnaire) 尺度を作成し、動機づけと学習方略との関連を検討している (26)。その結果、自己調整学習における学習方略には、自己調整方略（メタ認知的方略；プランニング、モニタリングなど：努力調整方略）と認知的方略（リハーサル、精緻化など）があり、それぞれの学習方略は自己効力感（自分は勉強が得意だと思う、いい成績をとれるだろうと思うなど）と内発的価値（学ぶことは自分にとって大切である、好きであるなど）と関連していることを明らかにした。我が国においても、伊藤が Pintrich & De Groot (26) の作成した MSLQ を日本語訳し、自己効力感、内発的価値、原因帰属、

学習方略との関連を検討したところ、自己効力感と内発的価値がそれぞれの学習方略と関連することを報告している (8)。

また達成目標と学習方略との関連をみた研究 (1) では、習得目標（学習内容を習得する）を重視する生徒ほど、効果的な学習方略を用いることを明らかにし、塩見、芦塚、中田も、学業評価目標（よい成績をとりたいなど）は自己調整方略との関連が認められなかったが、学業熟達目標（学習内容を理解したいなど）は自己調整方略との強い関連があると述べている (31)。このように自己効力感、内発的価値、達成目標が効果的な学習方略、とくに自己調整方略の使用を促すという点では、わが国でも海外と同じような結果が示されることが明らかとなっている。

一方、成功・失敗の原因を何に帰属するかという原因帰属理論 (39) の観点を盛り込むと、我が国特有の傾向が示されている。Weiner は、成功・失敗の原因として能力、ふだんの努力、一時的な努力、課題の困難度、気分、運、教師の態度、他者からの異例の援助といった 8 つの帰属因を挙げ、帰属次元を①統制可能性（統制可能・統制不可能）、②安定性（安定・不安定）、③所在（内的・外的）の 3 次元に分類した (20)。失敗を努力に帰属すると、（努力を内的で統制可能、不安定なもの、つまり「努力は自分の意思でやろうと思えばできることで、時と場合によって努力したりしなかったりするもの」として考えられるため）その後の達成行動を促すとされている。そこで、伊藤は失敗の原因を努力に帰属した場合、自己効力感が高く、その結果、各学習方略の使用が促されると予測して、自己効力感と原因帰属、学習方略との関係を検討したところ、自己効力感と失敗の原因帰属との関連は認められず、学習方略の使用とも関連しないことを明らかにした (8)。さらに、塩見らも習得目標と原因帰属、学習方略との関連

を検討した結果、習得目標が高くても、失敗の原因を努力帰属した場合、学習方略に影響を及ぼさないことを示している(31)。こうした結果の背景として、伊藤は「努力すればできるのは知っているが、どうすればよいのかわからない、努力できないという形で原因帰属しているものがある」ことを指摘し、自己効力感を高め、失敗を努力に帰属するとともに、努力の仕方に相当する学習方略を高める介入が必要であるとしている(8)。また、森は中間テストの成功・失敗の原因を何に帰属するか、さらに失敗の原因を努力に帰属したとき、努力をどの帰属次元(Weiner理論における統制可能性、安定性、所在の次元)に帰属するかを調査した結果、中間テストの失敗の原因を努力に帰属する生徒は7割にのぼるが、そのうちWeiner理論の指摘するように努力を統制可能で内的なものであり、不安定なものとする生徒が最も多いものの、次いで努力を統制可能で内的、安定したものと捉えている生徒が多いことがわかり、従来の原因帰属研究で検討されてきたのとは異なる努力の捉え方があると指摘している(21)。そして、森は努力を統制可能で内的、安定したものと捉える生徒が多いということは「努力とは、自分の性質や性格のようなもので、努力したりしなかったりすることはない」と捉える生徒が多いということであり、努力を強調しすぎると、努力を自分の能力の一部と考え、無力感に陥る可能性があり、日本においては努力観を考慮した学習方略の指導が必要であると考察している(21)。

以上に示したように、動機づけ要因に関する研究においては、自身にとっての学習することの価値を明らかにし(内発的価値)、習得することを目標として設定し(習得目標、学業熟達目標)、自己効力感を高めることで、学習に対してポジティブな姿勢が形成されること、さらに個々人の努力観を考慮しつつ習得するために効果的な学習方略

を指導していくことの重要性が示されている。

(2) 学習方略に関する認知的要因

学習方略に関する認知的要因として、学習や学習方略に対する信念や認知をとりあげ、学習方略の使用に及ぼす影響について検討されている。植木は、「学習とはどのようにして起こるのか、勉強はどうすると効果的なのか」という学習成立に関する信念を学習観として捉え、学習方略の使用への影響を検討している(37)。①学習観として、塾や教え方の上手な教師といった外的な学習環境を整える「環境志向」、勉強の仕方を工夫する「方略志向」、学習量や時間を重視する「学習量志向」を想定し、②学習方略については、「精緻化方略(既存の知識と関連付けて覚える)」と「モニタリング方略(自分の理解状態を監視する)」を取り上げている。その結果、「方略志向」の学習者は両方の方略をよく用い、「学習量志向」の学習者はどちらの方略ともあまり用いず、「環境志向」の学習者は精緻化方略については「方略志向」の学習者と同程度に使用するが、モニタリング方略については「学習量志向」の学習者と同程度にしか使用しないことが明らかとなった。つまり、学習への認知のあり方が実際の学習方略の使用に影響していることが示唆された。そこで、植木は高校生を対象として、学習観の介入もしくは方略知識の教授が自己モニタリングの使用に影響するかを検討したところ、さまざまな勉強の仕方を教え(方略知識)、勉強の仕方を工夫する(方略志向)ことを促すだけでは自己モニタリング方略の使用に効果がなく、「方略知識」と「推論方略(理解できない箇所を自らの経験や知識に結び付け、大まかな意味を推論する方略)」を併せて教授すれば、自己モニタリング方略が使用されることを明らかにしている(38)。

また、佐藤は学習方略に対する有効性の認知とコストの認知、そして学習方略の好み学習方略

の使用に影響を与えるかを検討し、学習方略に対するコストの認知が低い場合と有効性の認知が高い場合に、その学習方略の使用が多くなることを示している(27)。村山は、学習方略に対する有効性の認知を、長期的な有効性の認知(長期的な学習に対する有効性の認知)と短期的な有効性の認知(目前のテストなどに対する有効性の認知)の二つに分け、学習方略に与える影響を検討している(22)。その結果、短期的な有効性の認知は方略使用に対して直接の効果を持つが、長期的な有効性の認知は短期的な有効性の認知を媒介した間接的な効果しか持たないことを明らかにし、学習方略を推進する教育介入プログラムでは、学習方略の長期的な有効性の認知を介入によって強調していても、短期的な有効性の認知が伴わなければ方略使用が促進されないと考察している。そして、歴史の授業を例にして、授業の中で「大きな流れをつかむと後の役に立つ」といったマクロ理解方略の長期的な有効性の認知を強調していながら、テストが細かい年号や人物の名前を問う問題などで構成されていると、学習者のマクロ理解方略使用は促されないとしている。保健医療系大学では、必修科目で教授される知識量は多く、それを習得していくためには、流れや概要を把握し、知識間の関連性をつかむことが重要であると学生に指導することが多い。しかし、常日頃そのような指導をしつつも、テストが用語のみを問う問題であれば、点数をとるために丸暗記しようとするだけになってしまうことになる。実際、テスト形式が学習方略に影響を与えることを示唆する研究(23)もあり、長期的な有効性の認知を規定する教育理念と、短期的な有効性の認知を規定する評価方法(テスト内容や形式)とが合致するように考慮することが重要である(22)。

以上に示したように、学習方略の実際の使用には動機づけだけでなく、学習に対する信念や学習

方略に対する認知からの影響があることが明らかとなっており、その点に注目しながら学習方略の指導を行う必要がある。おそらく、こうした認知的要因は、学生が抱える学修上の躓きを把握するうえで重要となる視点と思われる。

3. 高等教育機関における発達障害学生への支援に関する研究

(1) 発達障害学生の抱える問題と支援

2005年に施行された発達障害者支援法は、「発達障害に対する社会の理解を促進していく啓発法(理念法)であり、発達障害に対する具体的な支援策がこの法律から導かれるものではない」(19)ため、これまで各大学・短期大学において具体的な支援方法が模索されてきた。国立特別支援教育総合研究所(15)は、こうした先進的な取り組みを行っている大学の事例をもとに、支援内容やサービスについてまとめている(Table1)。

Table1 支援内容・サービスの一覧(案)(国立特別支援教育総合研究所,2007)

支援が必要となる理由		支援内容例
入試		文書伝達、口頭伝達、提出期限の延長、時間延長・別室受験
講義	通常講義	教材の拡大、読み上げソフト、コンピュータ筆記、ノートテイク、講義内容の録音、教材の電子ファイル化
	少人数講義(ゼミ等)	ルールの明確化、スケジュールの明確化、対応・配慮ポイント
	実習・フィールド・ワーク	語学特別クラス設置、ルールの明確化、スケジュールの明確化
	実習・フィールド・ワーク(学外)・インターンシップ	実習先との連携、ジョブコーチ
定期試験		文書伝達、口頭伝達、時間延長・別室受験、提出期間の延長、レポートの書き方指導
学内生活		科目履修アドバイス、心理カウンセリング、社会的スキル等、時間管理スキル、空き時間の居場所提供、障害理解・自己理解へのカウンセリング
安全対策		パニック時の対応マニュアル
就職支援		職業適性評価、面接試験対策、障害者職業センター等との連携
その他		保護者との面接、理解啓発マニュアル、一人暮らしのスキル、金銭管理スキル

こうした支援方法が検討されている背景には、発達障害(ここでは、発達障害者支援法の「発達障害の定義」に基づく「自閉症、アスペルガー症候群その他の広汎性発達障害(以下、PDD: Pervasive Developmental Disorders)、学習障害(以下、LD: Learning Disorders)、注意欠陥多動性障害(以下、ADHD: Attention Deficit Hyperactivity Disorder)その他これに類する脳

機能の障害」を指す)を有する学生が学生生活上抱えやすい問題として、①対人関係の問題、②個人的な行動や情緒面の問題、③学業上の問題、④就労の問題、さらには学生生活上の困難や障害から生じる⑤二次的な問題(不登校、休学、自身の障害への違和感、不適応感、抑うつなど)がある(34)ことに基づいている。また、障害の特性として、学生自身が問題点を自覚できていないこともあるため、当該学生への直接的な支援だけでなく、その学生に関係する教職員や友人学生等を通じた間接的な支援も行われる。直接的な支援においては、学生が直面している「困り感」に焦点をあて、その背後にある問題行動を明確にし、その行動面の改善を目指す(17)だけでなく、とくに学業上の支援として「障害のために、障害のある子どもや成人が通常の施設利用や活動・プログラムへの参加が困難にならないように、制度・手続き、やり方をその子どもや成人の困難さに応じて調節する(16)」環境調整と合理的配慮(文部科学省:http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/gakuseishien/shugaku/1324325.htmを参照)の重要性が指摘されている。一方、間接的な支援においては周囲の者が感じる戸惑いを受け止めるとともに、当該学生への理解と対応のあり方などを支援していく(30)ことが必要となる。なお大学生という「青年期」にあることから、「アイデンティティの確立」や「他者と親密な関係を築くこと」は青年期における重要な課題であり、支援していくうえでは、障害特性についての理解や受容を含めた自己理解や自己受容、さらには同級生や身近な他者の中で受け入れられるという体験を得ることが重要である(17)。

(2) 発達障害に関するスクリーニング研究

これまで行われてきた実態調査(3, 15, 29)において、発達障害の学生の定義等が多様であること、またそのために発達障害のある学生の存在

が十分に認識されず、組織的な支援体制が進まない現状が指摘されている(6)。そこで、原田、米山、佐藤、衛藤は障害によって学生生活で体験しうる「困り具合」をもとに発達障害全般に関するチェックリストを作成している(6)。このチェックリストは、①困り具合に関するセルフチェックリスト、②面接場面で見られやすい、もしくは推測できるチェック項目例、③得意・不得意に関するチェックリスト、④検討することが考えられるサービス例、から構成されており、入学後のスクリーニング・テストとして、あるいは相談に訪れた学生について発達障害の可能性を探るために活用できるだけでなく、学生本人が自己を見つめる際のツールとしても用いることができ、また、その後の支援につなげることを視野に入れて作成されたものである。

このチェックリストの有効性は、2回の調査結果の比較から、代表的な3つの発達障害(PDD, ADHD, LD)に該当する症状のスクリーニングが可能であることや、「抑うつ・不安因子」、「PDDもしくは対人関係の困難因子」「ADDもしくは注意・衝動性の因子」では両調査によってそれぞれ100%、73.7%、66.7%の項目が同様の因子として抽出されたことから示されている。一方、「LDもしくは学習困難の因子」では40%の項目しか同様の因子として抽出されなかったことも指摘されている。つまり、ある程度活用性のあるチェックリストではあるが、それぞれの調査が特定の大学の学生を対象とした分析であることから、今後多様な大学の学生を対象として検討する必要性も示されている。

そのほかにも、立石、立石、園田は保健・福祉系大学生を対象(36)に、また松田は私立大文系学部(2校)及び国立大理系学部の学生を対象にして(18)、上記のチェックリストの項目の検討を行っている。その結果、保健・福祉系大学生の

発達障害スクリーニング検査として有用である可能性が示されている(36) 一方、大学間で尺度構成が異なり、専攻や学年に応じた項目の選択の必要性がうかがわれるなど、さらなる項目の検討が必要である(18) ことが示されている。

以上に示したように、スクリーニング・テストとしての有用性が示される一方で、さらなる項目の検討の必要性や、こうした学生本人に回答してもらうチェックリストの場合、生物学的マーカーを欠くことや広汎性発達障害と分裂病型人格障害(注：原著者の言葉)との医学的鑑別の難しさも指摘されている(32)。さらに、発達障害を有する学生の場合、学生自身が自身の困難さを意識していない場合も考えられる(17) など、妥当性・信頼性の点で課題があり、今後、こうしたチェックリストあるいはその他のスクリーニング・テストの精度や活用方法について検討する必要がある。

4. 大学における初年次教育

初年次教育とは「高校(と他大学)から大学への円滑な移行を図り、学習および人格的な成長に向けて大学での学問的・社会的な諸経験を“成功”させるべく、主に大学新入生を対象に総合的につくられた教育プログラム」(13) と定義されている。その内容は、①スタディ・スキル(レポートの書き方など)、②スチューデント・スキル(学生生活における時間管理や学習習慣などの態度)、③オリエンテーションやガイダンス(履修登録など)、④専門教育への導入(基礎演習など)、⑤学びへの導入(教育ゼミなど、学び全般への導入)、⑥情報リテラシー(ネット利用など)、⑦自校教育(その大学の特徴など)、⑧キャリアデザイン(将来像)、に集約される(14)。

こうした初年次教育の内容は、すべての学生を対象としたものであるが、発達障害の学生にとっても重要である(12)。発達障害の学生は「学業上

の問題」を抱えやすいため、①スタディ・スキルや、④専門教育への導入、⑤学びへの導入は役に立つであろうし、こうした学修を支える手段としての⑥情報リテラシーを促すことも有用である。さらに、とくに ADHD の学生は計画化が不得手なことから、②スチューデント・スキルも重要である。また、発達障害の学生は新しい環境におけるルールを理解することに時間がかかる(12) ため、③オリエンテーションやガイダンスを通じて、履修登録など学生生活の始まりをサポートする必要がある。そして、⑧キャリアデザインに関しては、保健医療系大学の場合、目指すべき方向が定まっているため、自分の特性をどのようにいかにすることができるのか、またそれができない場合、ほかにはどのような選択肢があるのかを考えるきっかけになるものと思われる。

このように発達障害の学生にとっても、初年次教育は重要であることは明確であるが、注意の向け方や情報の入手の仕方に特徴のある彼らの特性ゆえに、初年次教育の目的が果たされていないことも大いに考えられる。現在のところ、わが国では発達障害の学生に焦点を当てて初年次教育を検討した研究がない(12) ため、障害学生支援において先進国であるアメリカに目を転じてみると、LD、ADHD と診断された学生を対象としたランドマーク大学における報告(11) がある。ランドマーク大学は、2年制の短期大学であり、卒業生の多くが4年制大学に編入する。そして、初年次教育では、新入生オリエンテーションを通じてアカデミック・スキルの形成やスチューデント・スキルの養成を行うほか、障害の自己認知を促す科目群が実施され、さらにはアカデミック・サポートセンターの設置や学業アドバイザー(学生から挙げられた問題に対して他のスタッフと連携しつつ、支援を采配)による週一回の個人面談、コーチングスタッフ(たとえば、レポート課題の内容

をかみ砕いて説明したり、課題への取り組み方を支援したりするなど)の配置による学習面と、寄宿舎スタッフ(全寮制のため。対人関係やアルバイトなどの悩みに対応)やカウンセラー・医療スタッフによる生活面の支援体制を整えている。また、上級生が「メンター(新入生の相談役として、学生生活をサポートする役割)」として新入生の世話をする制度もある。

つまり、LDやADHDの学生の存在を意識した配慮として、学業アドバイザーやコーチングスタッフなど個別に支援・対応する窓口を複数整備していることと、メンター制度によって、新入生には上級生というロールモデルを、上級生には新入生に対応していく中で自身の力を高める機会を提供していること、そして障害の自己認知を促す科目群として、自己認識の向上、批判的思考、方略的学習、自己権利擁護に焦点をあてた「学習の展望」のほか、「学習スキルの向上と読解」「応用学習スキルと包括的方略」などの科目が用意されていることである。これらの科目群は必修共通科目として位置づけられており、とくに「学習の展望」については週に110分のセッションが2回行われ、授業日の合間のオフィスアワーに参加することが推奨されていることから、学生の特性に応じた指導が可能となり、その結果として着実にスタディ・スキルを身に着けることができ(12)。

また、ランドマーク大学において常に配慮されていることとして「伝え方」があり、たとえば新入生オリエンテーションの際には、説明すると同時に、今説明したことすべてが書かれた書類をフォルダに入れて渡し、「今から話すことはここ(シート)に書かれているので、メモを取る必要はありません。その代わりに、しっかりと聞いてください。集中できるように短時間で終わります」と幾度となく指示を与えている(11)という配慮もなされている。

5. 保健医療系大学における学修支援の充実に向けて

ランドマーク大学の初年次教育で行われる、障害の自己認知を促す科目群には、自己調整学習研究の項で紹介した学習方略に関する知見が盛り込まれており、発達障害の学生でなくとも、すべての学生にとって役立つ内容である。昨今は、単純に反復することで機械的に暗記し、理解ではなく結果を求めようとする「ごまかし勉強」の傾向が強いとの指摘(4)もあることから、初年次にすべての学生を対象として、学習スキルの向上と維持を目標としたプログラム(以下、学習スキル養成プログラム)を教養教育の根幹として用意することは、むしろ必要なことのように思われる。

そして、このプログラムにおいて、自己調整学習研究や発達障害学生への支援研究での知見を参考に、まずは自身の学習に対する自己効力感や努力観、学習観(どのような勉強が効果的だと思うか)や、やりやすい勉強方法(学習方略に対する認知)、学習上で難しさを感じる点(発達障害のチェックリストなど)などを振り返り、学生自らが効果的な学習習慣が身につけているのか、いないのか、またその原因について把握し、それへの対応策を検討する機会を提供すると良いであろう。おそらく、こうした振り返りの作業の中で、低い自己効力感をもつ学生や発達障害を有する学生の存在を把握することができるため、そのような学生に対しては、プログラムによる指導だけでなく、ランドマーク大学における学業アドバイザーのように、学生の躓いている点を明らかにし、他の教職員と連携して、支援を采配していくような個別の対応を行う必要がある。

また、効果的な学習方略を身に着けるためには、経験を通して学んでいくことが重要となる(28)ため、学習目標の立て方(良い評価を得ることではなく習得することに目標を設定)やさまざまな学習方略について紹介した後、具体的な科目(た

例えば、専門基礎科目)の学習を通じて、学習方略を習得する機会を設けるのが望ましいと思われる。その際、グループ学習により、受け身的に「教わる」体験だけでなく、「教える」体験もすることや、また内容が分からなければ、何がわからないのか、どのように質問したらいいのかを整理させて、各自のモニタリング方略(自分の理解状態を監視する)の向上を促すことも重要である。

さらに、自己効力感の向上と、新たに身に着けた学習方略の有効性を認識させるために、小テストを実施する必要がある。可能であれば、その小テストを専門基礎科目において実施してもらい、学習スキル養成プログラムで身に着けたスキルを実際に生かすことができたという体験につなげ、その他の科目への般化を促すことも必要と思われる。

なお、北米では Weiner の原因帰属理論に基づき、学業上の失敗の原因を能力に帰属し、そのために学業不振に陥っている学生を対象に帰属の再教育(以下、AR: Attributional Retraining)を実施し、失敗の原因を努力に帰属しなおすことで、学業成績を向上させるプログラムの効果が報告されている(7)。前述のとおり、日本においては失敗の原因を努力に帰属することが必ずしも自己効力感や学業成績の向上につながらないため、ARを試みた報告は見当たらない。しかし、上記のような学修支援を行うにあたり、ARのプロトコルを参考にできる。ARは、新学期が始まった1ヵ月後の、履修科目における最初の試験結果を受け取った頃より、1)Pre-AR Diagnostic Assessment(学習上の心理的側面や学習状態などに関する質問紙の実施)、2)Causal Search Activation(試験結果に対する原因帰属を探る質問紙を実施)、3)ARの実施(望ましい原因帰属のあり方を紹介)、4)AR Consolidation(望ましい原因帰属を定着させる段階:グループ・ディスカッションを通じて自身の原因帰属を振り返らせたり、学業成績が悪い

時には望ましくない原因帰属をしていることを確認させたりする、望ましい原因帰属を心がけたうえで勉強させ、Achievement Testでその有効性を認識させるなど)、5)Post-AR Assessment(AR実施後、数ヶ月してから、①原因帰属や、原因帰属によって変化するとされるコントロール感(Perceived Control)と動機づけ(Motivation)、心理的变化に関する質問紙と、②実際の学業成績などからARの効果を見る)の5ステップを経て、実施される。これらを参考に、たとえば入学後の1ヶ月間は、スチューデント・スキルやアクティブ・リーディング、ノート・テイキングなどのスキルを促す導入教育を実施し、5月頃には専門基礎科目で小テストを実施してもらい、その結果が出たところで、6月にかけて1)大学における学習の振り返り(学習目標や大学での学習に対する自己効力感、努力観に関する質問紙の実施とその結果のフィードバック)と、2)大学での学習スキル上の問題点の把握(学習観や、やりやすい・よく用いる勉強方法、学習上での難しさなどに関する質問紙の実施とその結果のフィードバック)を行い、その後、3)望ましい学習観と学習方略の紹介と、4)学習方略の定着を目指したグループ・ディスカッションとグループ学習を7月にかけて行う。そして、7月初めに、5)専門基礎科目における2回目の小テストを実施し、あわせて学習スキルについての振り返り(学習方略の有効性の確認)を行い、6)学期末試験後に1)と2)で回答した質問紙を再度実施し、以前の結果と比較して自身の変化を確認するとともに、期末試験に向けた学習の仕方を確認するという流れでプログラム計画をたてる(Figure1)と、大学における学習スキルの習得を促すことができると思われる。また、このように大学教育の方策の一つとして指導内容を定めることで、各教員からの指導に一貫性が出、プログラムが終了した後も、継続的に指導・支援

していくことが可能になるものと思われる。

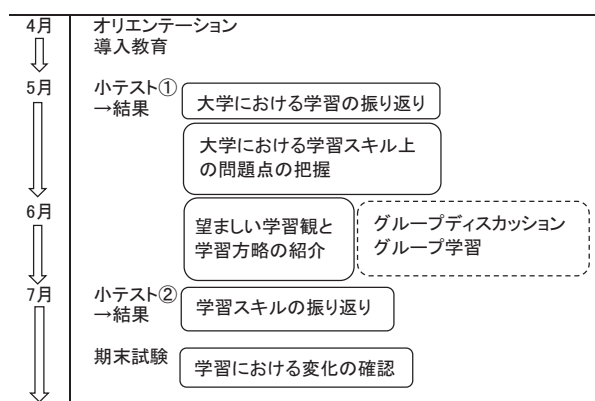


Figure1 学習スキル養成プログラムの流れ

文献

- 1) Ames, C., & Archer, J. (1988). Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivational processes. *Journal of Educational Psychology*, 80, 260-267.
- 2) 浅原千里, 上野千代子, 若山隆, 柿本誠(2008). 社会福祉現場実習を希望した発達障害学生への自己認知支援の実際—セルフ・エスティームを低下させない学内機関との連携のありかた—. *日本福祉大学社会福祉論集*, 119, 193-207.
- 3) 独立行政法人日本学生支援機構学生生活部特別支援課(2008). 高等教育機関における障害学生の実態について. *大学と学生*, 60, 42-45.
- 4) 藤澤伸介(2002). *ごまかし勉強(上)*. 新曜社.
- 5) 畑野快(2010). 自己調整学習の有効性と検討課題及び大学教育への導入についての一考察. *京都大学 高等教育研究*, 16, 61-72.
- 6) 原田公人, 米山直樹, 佐藤克敏, 衛藤祐司(2009). 高等教育機関における発達障害のある学生に対する支援に関する研究. 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所・日本学生支援機構.
- 7) Haynes, T.L., Perry, R.P., Stupnisky, R. H., & Daniels, L.M. (2009). A Review of Attributional Retraining Treatments: Fostering Engagement and Persistence in Vulnerable College Students. Smart, J.C. (ed) *Higher Education: Handbook of Theory and Research*. Springer Science & Business Media B.V., Dordrecht, pp227-272.
- 8) 伊藤崇達(1996). 学業達成場面における自己効力感, 原因帰属, 学習方略の関係. *教育心理学研究*, 44, 340-349.
- 9) 伊藤崇達・神藤貴昭(2003). 自己効力感, 不安, 自己調整学習方略, 学習の持続性に関する因果モデルの検証—認知的側面と動機づけ的側面の自己調整学習方略に着目して—. *日本教育工学会論文誌*, 27, 377-385.
- 10) 葛西康子(2007). 特別なニーズをもつ大学生への支援. *障害者問題研究*, 35, 1, 11-18.
- 11) 片岡美華(2008). 学習障害のある学生への支援モデル—米国ランドマーク大学の例より—. *鹿児島大学教育学部研究紀要教育科学編*, 59, 37-47.
- 12) 片岡美華・玉村公二彦(2009). 高等教育における発達障害学生への導入・初年次教育—LD・ADHDに特化したランドマーク・カレッジの場合—. *奈良教育大学紀要*, 58, 57-67.
- 13) 川嶋太津夫(2006). 初年次教育とは何か. 濱名篤・川嶋太津夫編『初年次教育: 歴史・理論・実践と世界の動向』, 丸善, 東京.
- 14) 川島啓二(2008). 初年次教育の展開とGP事業. *大学と学生*, 54, 24-30.
- 15) 国立特別支援教育総合研究所(2007). 発達障害のある学生支援ケースブック—支援の実際とポイント—. *ジアース教育* 新書, 東京.
- 16) 国立特殊教育総合研究所(2005). 大学における支援体制の構築のために 発達障害のある学生支援ガイドブック—確かな学びと充実した生活を目指して—. *ジアース教育* 新書, 東京.
- 17) 楠本久美子・八木成和・広瀬香織(2010). 大学・短期大学における発達障害及びその疑いのある学生への支援の現状と課題. *四天王寺大学*

- 紀要, 49, 447-460.
- 18) 松田美登子(2012).「大学生版発達障害スクリーニング・テスト」の基礎的研究—多様な学生の比較による項目の検討—. 日本心理臨床学会第31回大会論文集, 564.
 - 19) 松浦光和・坂原明(2007). 高機能広汎性発達障害の学生に対する大学内の支援について. 宮城学院女子大学発達科学研究, 7, 47-54.
 - 20) 森陽子(2003). 自己制御学習における学習方略について. 広島大学大学院教育学研究科紀要, 52, 53-58.
 - 21) 森陽子(2004). 努力観, 自己効力感, 内発的価値及び自己制御学習方略に対する有効性とコストの認知が自己制御学習方略の使用に及ぼす影響. 日本教育工学会論文誌, 28, 109-118.
 - 22) 村山航(2003a). 学習方略の使用と短期的・長期的な有効性の認知との関係. 教育心理学研究, 51, 130-140.
 - 23) 村山航(2003b). テスト形式が学習方略に与える影響. 教育心理学研究, 51, 1-12.
 - 24) 仲律子(2009). 大学における発達障害学生への支援についての一考察. 鈴鹿国際大学紀要 CAMPANA, 16, 71-87.
 - 25) 小方直幸(2011). 大学生の学力と仕事の遂行能力. 日本労働研究雑誌, 4, 28-38.
 - 26) Pintrich, P.R., & De Groot, E.V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82, 33-40.
 - 27) 佐藤純(1998). 学習方略の有効性の認知・コストの認知・好み学習方略の使用に及ぼす影響. 教育心理学研究, 46, 367-376.
 - 28) 佐藤純(2004). 学習方略の経験と使用の関連. 筑波大学心理学研究, 27, 57-64.
 - 29) 佐藤克敏・徳永豊(2006). 高等教育機関における発達障害のある学生に対する支援の現状. 特殊教育学研究, 44, 157-163.
 - 30) 篠田晴男・田中康雄(2004). ADHDを有する学生への医療と連携した心理教育的特別支援. 精神科治療学, 19, 585-590.
 - 31) 塩見邦雄・芦塚文也・中田栄(1998). 小学生の自己調整学習方略及びそれに影響を及ぼす要因の研究. 兵庫教育大学研究紀要第1分冊学校教育, 幼児教育, 障害児教育(兵庫教育大学).
 - 32) 杉山登志郎(2001). 高機能広汎性発達障害の青年期. 青年期精神療法, 1, 41-49.
 - 33) 鈴木規夫・荒井克弘・柳井晴夫(2000). 大学生の学力低下に関する調査結果について. 大学入試フォーラム, 22, 50-56.
 - 34) 竹山佳江(2007). 発達障害の学生への支援の現状について. 武庫川女子大学学生相談センター紀要, 17, 73-78.
 - 35) 田村節子・飯田順子・山口正寛・根津克己(2012). 大学生における発達障害・学習リテラシーと精神的健康に関する調査. 日本心理臨床学会第31回大会論文集, 628.
 - 36) 立石恵子・立石修康・園田徹(2012). 保健・福祉系大学生への発達障害スクリーニング検査の信頼性と妥当性の検討. 九州保健福祉大学研究紀要, 13, 63-69.
 - 37) 植木理恵(2002). 高校生の学習観の構造. 教育心理学研究, 50, 301-310.
 - 38) 植木理恵(2004). 自己モニタリング方略の定着にはどのような指導が必要か—学習観と方略知識に着目して—. 教育心理学研究, 52, 277-286.
 - 39) Weiner, B. (1979). A theory of motivation for some classroom experiences. *Journal of Educational Psychology*, 71, 3-25.
 - 40) 山田恭子・堀匡・國田祥子・中條和光(2009). 大学生の学習方略使用と達成動機, 自己効力感の関係. 広島大学心理学研究, 9, 37-51.

嚥下運動に関与する咽頭運動の視覚化および定量化 - 超音波画像診断装置と嚥下音に対する周波数解析を併用した検討 -

内田学¹⁾ 林大二郎²⁾ 小林裕司³⁾ 加藤宗規⁴⁾

- (1) 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科、東京都多摩市
- (2) 田村外科病院リハビリテーション科、神奈川県川崎市
- (3) 東京女子体育大学大学院スポーツ科学研究科スポーツ科学専攻、東京都世田谷区
- (4) 了徳寺大学健康科学部理学療法学科、千葉県浦安市

Visualization and quantification of pharynx movement involved in deglutition movement - ultrasonic wave imaging analysis -

Manabu Uchida¹⁾, Daijiro Hayashi²⁾, Hiroshi Kobayashi³⁾, Munenori Katou⁴⁾

- (1) University of Tokyo Health Sciences, Tokyo 206-0033, Japan
- (2) Tamura surgery Hospital
- (3) Tokyo Womens Physical Education College graduate school
- (4) Ryotokuji University

ABSTRACT :

We aimed to develop a visual and quantitative method to evaluate the dynamics of deglutition by combining the frequency analysis of swallowing sound and an ultrasonic imaging of pharynx movement. A cardiac microphone and an ultrasonic diagnostic imaging device were used. Six healthy adults were subjected to this experiment. Pharynx movement time was measured and frequency analysis of swallowing sound was performed. The data were compared with those by contrast radiography of swallowing which is the most reliable method for evaluation of pharynx movement. Reproducibility of the measured values was comparable to that by contrast radiography. We, therefore, conclude that the method utilizing an ultrasonic imaging device is effective to quantitatively evaluate patients suffering from aspiration.

Key words : deglutition (嚥下), frequency (周波数), swallowing time (嚥下時間).

著者連絡先 : 〒 206-0033 東京都多摩市落合 4-11

東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科 E-mail:m-uchida@u-ths.ac.jp

要旨：(目的) 嚥下動態の視覚化、定量的評価法の開発に向けて新たに考案された超音波画像診断装置による画像と、心音マイクにより録音された嚥下音の周波数解析との組み合わせによる咽頭運動分析方法の妥当性と再現性を検討することを目的とする。(対象) 健常成人6名(男性3名、女性3名)とした。(方法) 嚥下音の周波数解析と算出された咽頭運動時間の再現性を従来法である嚥下造影法によるものと比較した。本研究の妥当性を検討するために嚥下造影法でも同様の測定を実施し比較検討を行った。(結果) 超音波画像診断装置と心音マイクを用いた嚥下音の周波数解析は、最も咽頭運動の視覚的判断が優良である嚥下造影法を用いた測定値と比較して同程度の再現性が得られた。(結語) 超音波画像診断装置を用いた評価は、誤嚥状態にある患者の定量的な評価手法として有効な手法であると考えられた。

I. はじめに

植松(2)によると、近年、日本人の死亡率要因として第4位である肺炎の9割以上が65歳以上の高齢者であり、そのうち3～5割が誤嚥性肺炎で亡くなっている。高齢者では加齢に伴い口腔機能の低下を背景とした不顕性肺炎の発症が多くなっている。また、認知症などの因子も合併することで呼吸器症状を訴えられず、客観的にも気づきにくい特徴があり重症化してから気づかれる事も日常的に起こっている。リハビリテーションの摂食嚥下領域において、専門的立場には言語聴覚士の範疇であるが、言語聴覚士の在籍に関しては医療保険領域に集中している傾向がある。愛知県言語聴覚士協会の調査(1)によると、高齢者が多く存在する介護保険領域での言語聴覚士の在籍率は38%であり、その中でも非常勤雇用が42%を占めておりこの分野における医療体制の低さが報告されている。介護保険領域における理学療法士の在籍に関しては作業療法士、言語聴覚士と比較しても大幅な職場配置がなされており(9)、高齢者の摂食嚥下領域における介入は理学療法士の職域として必要不可欠であると考えられる。新屋(15)は、嚥下障害を有する症例に対するリハビリテーションは嚥下機能向上のための介入のみならず身体機能改善や環境適応調整などの総合的な介入が必要であり、嚥下状態における的確な評価が最も重要であると述

べている。したがって、実際の嚥下時での総合評価は重要であり、誤嚥性肺炎の予防、および早期発見・早期治療のためにも、理学療法士が実施できる評価方法の確立が望まれる現状にある。

現在、摂食嚥下障害に対する感度、特異度の高い検査法として嚥下造影法(Video fluoroscopic Examination of swallowing)が用いられている(8)。嚥下造影法は透視下でバリウムを含んだ試験食品を患者に摂食させることにより、画像を用いた摂食・嚥下動態の視覚的評価が出来るものの嚥下状態の定量化には困難性が存在する。さらに放射線被曝の問題や、医療費の負担が大きいことなどによりこの方法は積極的に実施されていないのが現状である。また、この実施には専門知識を有するスタッフや特殊機器が必要であり、在宅や高齢者施設で行うことが不可能である。したがって、この標準的な従来法の実施上の困難性により嚥下障害が見逃され誤嚥性肺炎による死亡、身体機能の低下を招いているのが現状である。

摂食・嚥下障害に対する検査として、臨床の現場では嚥下造影法以外には改定水飲みテスト(Modified Water Swallowing Test)や反復唾液嚥下テスト(Repetitive Saliva Swallowing Test)などの簡易スクリーニング法が多用されている(4)。これらの検査は間接的な手法であり誤嚥リスクの判定はできるが、反復唾液嚥下テストは、感度

69.4%、特異度 40.0%、改訂水飲みテストは、感度 71.4%、特異度 42.9% であったと報告 (18) されており、嚥下造影法のような咽頭運動の視覚化も困難であるため誤嚥が見逃される可能性もある。また改訂水飲みテスト、反復唾液嚥下テストと嚥下造影法所見の乖離も報告 (5) されており誤嚥の検出に関しては臨床現場においては多数見逃されている可能性がある。

諸臓器の動態を視覚的に、かつ安全に検査できる方法として広く超音波画像診断が循環器疾患や消化器疾患などで用いられている。特徴として、超音波は X 線と比較して被曝の問題もなく、比較的簡便に画像診断に用いることが可能である。しかし、超音波画像診断を嚥下検査に用いた場合、誤嚥の有無、および咽頭運動の開始と終了を特定し、視覚化することは可能となるが、咽頭運動の程度、および誤嚥の程度を判定することが困難である。一方、咽頭運動の程度、および誤嚥の有無と程度は聴診器を用いて嚥下音を検査することにより評価することが臨床的に一般に用いられているが、咽頭運動の検出が不可能であり、また、妥当性や再現性を高めるためには多くの知識と経験が必要である。

そこで我々は、理学療法士が嚥下状態を明確に把握し、的確な診断治療介入を遂行するための評価手法として、被曝の問題がなく、嚥下動態を視覚的、定量的に評価できる改訂水飲みテストを実施する際に、超音波画像診断装置と Cardio Microphone (心音マイク) を併用して、咽頭運動時間とその間の平均周波数解析を行う方法を考案し検討した。本研究では周波数毎の強さを定量的に評価するためにスペクトル解析を用いて実施した。これらの手法を嚥下造影法と心音マイクを用いた方法と比較することにより新たな診断法の妥当性を検討するとともに、再現性についても検討した。

II. 対象と方法

被検者は、疾患を有さない健常成人 6 名 (男性 3 名、女性 3 名) とした。平均年齢 21.3 ± 0.4 歳、平均身長は 163.3 ± 3.7 cm、平均体重は 63.46 ± 5.1 kg (いずれも平均値 \pm 標準偏差) である。過去に呼吸、循環、代謝に関する既往がなく、胸郭や脊柱に変形も認められていない。被検者には事前に研究の趣旨を説明し、同意を得たあとに測定を実施した。

被検者に対し嚥下造影法と心音マイクを用いた改訂水飲みテスト、および超音波画像診断装置と心音マイクを用いて改訂水飲みテストを行った。

改訂水飲みテストに用いた検査食は、嚥下造影法での実施には 40% に希釈した水と同程度の粘稠度に調整した硫酸バリウム液、超音波画像診断装置での実施には不純物を除去した水を用いた。測定法は、最初にシリンジにて計量した 5ml の検査食を摂取させた後に口腔内に保持させた。次に行う口腔内に検査食を含んだ嚥下では、被検者が飲み込みやすい任意のタイミングで実施し 1 回で飲み込んでもらう手法を取った。測定姿勢は安楽な立位姿勢とし、頭頸部を前額面と矢状面の中間位に保持させ、全ての嚥下を実施した。

嚥下音の測定に用いる心音マイク (MLT201 ADINSTRUMENTS 社製) の固定部位は、Takahashi ら (10) の頸部聴診法に準じ、輪状軟骨直下の気管外側部位とした。心音マイクによる音声は、Powerlab (ML142GP, ADINSTRUMENTS 社製) を介してパーソナルコンピュータにデータ化して取り込んだ。また、心音マイクによって発生するアーチファクトの影響を除外するために、咽頭に接触させたマイク (心音マイク①) の上面に、同型の心音マイク (心音マイク②) の集音側を外側に向けて固定し、解析の過程でマイク①のデータからマイク②のデータを減算した。嚥下音の測定は、超音波画像診断 (図

1)、あるいは嚙下造影法（図2）に合わせて行った。モニター画面に映し出された映像を Web カメラ（BWC-35H01 BUFFALO 社製）にて撮影し、映像をパーソナルコンピュータに取り込み、Powerlab の Video Capture を用いて音声データと画像を同期させた。

超音波画像診断装置は、SonoSite 社製 MicroMaxx を使用し、咽頭撮影にはリニアプローブ（HFL38/13-6 SonoSite 社製）を甲状軟骨外側から後内側方面に向けて固定し咽頭全体を撮影した。周波数は 7.6MHz とし咽頭運動全体を撮影し、超音波画像をモニターに映し出した。なお、超音波画像診断装置での測定は、検者間の測定上の不一致が生じないようにするため同一検者が実施する事とした。

嚙下造影法には、日立メディコ製 CUREVISTA を使用し、咽頭撮影は被検者の利き手側の側方から行い、頭部から上胸部が視野となる距離に照射口を設置し、嚙下造影法画像をモニターに映し出した。

なお、超音波画像診断装置と心音マイクを用いた改定水飲みテスト、および嚙下造影法と心音マイクを用いた改定水飲みテストでは、田澤ら（11）が改定水飲みテストの嚙下量が少なく不顕性誤嚙を検出しにくいと述べている事から合計 15 回の嚙下運動に対して検討した。それぞれの測定間隔は、3 分以上の休憩を設け疲労や慣れの影響を除外した。咽頭運動時間と平均周波数の再現性を確認するために、測定は 3 日から 7 日の間を空けて 2 セッション実施した。

そして、Powerlab にて取り込んだ嚙下音データと同期した Video Capture の画面から視覚的に咽頭運動の開始と終了を確認し、咽頭運動における嚙下音の範囲を特定するとともに咽頭運動時間を算出した。咽頭運動の開始と終了の確認においては、嚙下時の Video Capture を再生しながら画面上にて咽頭運動の開始点と終了点をマークした。得られた

嚙下音データからアーチファクトを除外するにあたり、咽頭運動時間に対応した時間軸内の嚙下音波形を心音マイク①側、②側共にテキストデータに変換し、エクセル上にてマイク①の測定値からマイク②からの測定値を減算した値を補正された嚙下音データとした。この補正された嚙下音データに対し Kyplot5.0 の Spectral Analysis にて 1 変量の高速フーリエ変換を行い平均周波数の算出を行った（図3）。なお、サンプリング間隔は 1/1000Hz とした。

嚙下造影法および超音波画像診断における周波数、咽頭運動時間の再現性は、セッション内、およびセッション間での再現性について級内相関（ICC (1,1)）を用いて検討した。嚙下造影法を基準とした超音波画像診断の妥当性は、各セッションにおける全被検者の周波数と咽頭運動時間を採用した嚙下造影法と超音波画像診断間における t 検定、および各セッションにおける各被検者の平均値を採用した嚙下造影法と超音波画像診断間のスピアマンの順位相関を用いて検討した。統計ソフトは、PASW Statistics 18 for windows を用い、有意水準は 5% とした。

なお、これら嚙下機能の測定は、医師、看護師、および診療放射線技師の立ち会いの下で行い、緊急時には吸引などの処置が可能な環境設定で行った。本研究は健康科学大学倫理委員会の承諾を得た（健倫-03 2011 年）。

III. 結果

嚙下造影法と超音波画像診断装置による嚙下運動における平均周波数、咽頭運動時間、セッション内、セッション間の ICC、嚙下造影法と超音波画像診断装置間の相関係数の測定結果を表 1 に示す。

嚙下造影法における平均周波数は 1 日目で 612.2Hz、2 日目で 587.5Hz、超音波画像診断装置における平均周波数は 1 日目で 597.6Hz、2 日目で 602.4Hz、嚙下造影法における平均咽頭運動時

間はセッション1で0.94秒、セッション2で0.96秒、超音波画像診断装置における平均咽頭運動時間はセッション1で0.91秒、セッション2で0.93秒であった。

セッション内における平均周波数の再現性について、ICC(1,1)の値は、嚙下造影法のセッション1で0.82、セッション2で0.76、超音波画像診断のセッション1で0.80、セッション2で0.78であった。セッション内における平均咽頭運動時間の再現性について、ICC(1,1)の値は、嚙下造影法のセッション1で0.77、セッション2で0.71、超音波画像診断のセッション1で0.74、セッション2で0.70であった。セッション間における平均周波数の再現性について、ICC(1,1)の値は、嚙下造影法で0.76、超音波画像診断で0.73、セッション間における平均咽頭運動時間の再現性について、ICC(1,1)の値は、嚙下造影法で0.81、超音波画像診断で0.77であった。嚙下造影法を基準とした超音波画像診断の妥当性について、両セッションともに嚙下造影法と超音波画像診断間において平均周波数および平均咽頭運動時間には有意な差を認めなかった。嚙下造影法と超音波画像診断間における周波数の相関係数は、セッション1で0.81、セッション2で0.72、嚙下造影法と超音波画像診断間における咽頭運動時間の相関係数は、セッション1で0.63、セッション2で0.62であり、いずれも有意な相関 ($p < 0.05$) を示した。

IV. 考察

今回実施した超音波画像診断装置と音声マイクを用いた嚙下音の周波数解析は、咽頭運動の視覚的判断が優良であるとされる嚙下造影法を用いた測定値と比較して同程度の結果を示した。平均周波数帯域は両群において差を認めない結果から周波数の解析結果が嚙下造影法においても、超音波画像診断装置においても同等の結果が導き出され

ているものと考えられる。また、同日における15回の測定に対する再現性と日をあらためた再現性の検討においても、いずれも0.7以上の係数が確認された。桑原(7)らは、大まかな目安として再現性検定が0.7以上の場合は普通、0.8以上の場合は良好であると述べていることから、今回の手法は再現性を有した測定方法であると考えられる。超音波画像診断装置と音声マイクを併用して検討した周波数解析は、嚙下造影法を基準とした基準関連妥当性と検者内再現性を有するものと考えられる。嚙下音の解析には嚙下時に生じる咽頭運動の開始点と終了点を明確にすることが必要条件であり、過去の研究において咽頭運動の視覚的判断に優れているという理由から、嚙下造影法を用いたもの(17)～(12)が主となっている。しかし、意識障害のある患者や安静を強いられる患者に対する実施が困難である(16)という報告があるように、対象者が限定されてしまう事と、実施する環境が限定されてしまうという点などから汎用性という意味では問題が残る。また、被曝の問題から複数回にわたって検査を実施することは疑問視されている。今回、我々が実施した超音波画像診断装置にて撮影した咽頭運動の視覚情報を嚙下造影法の代用とすることで、環境条件を限定することなく測定を行うことが可能であり、被曝の問題も考えられないことから、汎用性が期待できる。咽頭運動の視覚化は運動幅を明確に捉える事は可能であるが、検査時に明確に発生しない誤嚙を見逃してしまうなど、直接的な検査であるがゆえに運動の質の判断、および運動時間や量の定量化が困難となる問題が内在している。我々は、咽頭運動の視覚化に加えてその運動の質を定量化するために、咽頭運動中に発生した嚙下音の解析をSpectral Analysisを用いた周波数解析にて判別したものである。過去の嚙下音に関する先行研究として、浦上ら(3)は嚙下音の画像化を

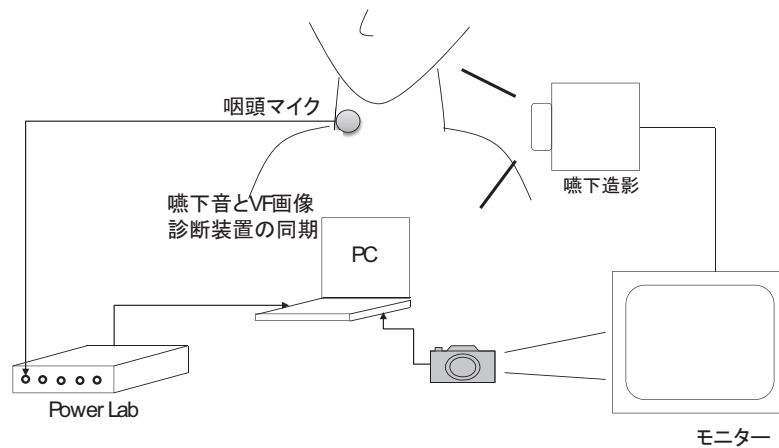


図1 嚥下造影での嚥下音測定条件

嚥下時の咽頭運動と音声を同期させる測定条件である。運動は、嚥下造影法にて観察する際にモニターに映し出された咽頭運動をカメラにて撮影し、音声は、咽頭マイクからの嚥下音を同時に録音し、Labchartにて画像と音声を同期させた。

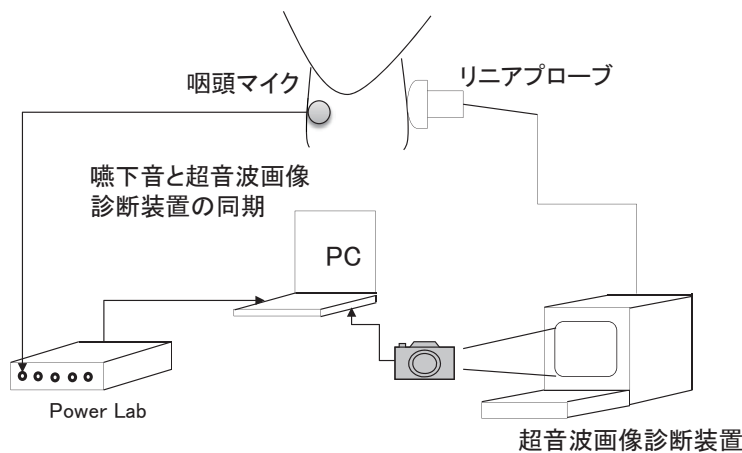


図2 超音波画像診断装置での嚥下音測定条件

嚥下造影法の代用として超音波画像診断装置にて測定する測定条件である。超音波画像診断装置にて観察する際にモニターに映し出された咽頭運動をカメラにて撮影し、音声は、咽頭マイクからの嚥下音を同時に録音し、Labchartにて画像と音声を同期させた。

表1 測定結果

		セッション1		セッション2		セッション間
		測定値	ICC(1,1) ¹⁾	測定値	ICC(1,1) ¹⁾	ICC(1,1) ²⁾
平均周波数	嚥下造影(Hz)	612.2±32.5	0.82	587.5±41.4	0.76	0.76
	超音波画像診断(Hz)	597.6±60.2	0.8	602.4±92.1	0.78	0.73
	相関係数 ³⁾	0.81		0.72		
咽頭運動時間	嚥下造影(秒)	0.94±0.3	0.77	0.96±0.6	0.71	0.81
	超音波画像診断(秒)	0.91±0.5	0.74	0.93±0.4	0.7	0.77
	相関係数 ³⁾	0.63		0.62		

± : mean±SD, ICC: 級内相関係数, 1)セッション内でのICC, 2)セッション間でのICC, 3)嚥下造影と超音波画像診断間の

試みており、小型聴診器から得られた音声を電位変化し、音圧と嚥下持続時間の関係から検討している。この手法は電位活動を dot 数で検討しており単位面積の大小で判断することから、低い電位と長い嚥下時間のパターンと、高い電位と短い嚥下時間のパターンを同等に扱う危険性がある。また、中山ら (14) の嚥下音発生部位の検討では、音声の出現を確認できたのは舌根部通過音では 64%、喉頭蓋通過音は 89.5%、食道入口部通過音は 95.8% であり、嚥下最終段階における音声は良好な成績で確認できるものの、嚥下初期段階における音声の把握が困難であることを報告した。嚥下時間のみでの解析は喉頭蓋の閉鎖不全などの軽度な摂食障害の患者など、咽頭運動が延長しても嚥下自体には問題が発生しない病態などの詳細の評価が困難である。今回、我々が実施した超音波画像診断装置を用いた咽頭運動の視覚化と、マイクによる音声の測定を同時に行うことで、嚥下初期段階の音声も確実に特定できるものと考えられる。本研究で実施した超音波画像診断装置を用いた咽頭運動の視覚化と嚥下音に対する周波数解析は、嚥下に要した時間の特定が極めて重要な因子となる。嚥下機能全体を全般的に把握する為には咽頭運動の開始から終了までの全ての範囲を視覚的に確認しながら測定する必要がある。特に、聴診などの音声情報だけの分析では舌根部通過音における音声の把握が困難である事から、得られた嚥下音の周波数解析だけの定量化は咽頭運動全体をとらえている事とは言い難い。咽頭運動全体を超音波画像診断装置にて視覚的に特定し、それにかかる時間的要因を明確にした状態での周波数解析が必要であると考えられる。今回は、超音波画像診断装置から得られた咽頭運動時間に関しても同日内に計測を繰り返す場合の検者内再現性、および日を改めて計測する場合の検者間再現性を示す良好な結果が得られた。その時間内における

周波数解析の結果が、嚥下造影法を用いた場合と比較して差が生じないという事と、相関係数の大きさから今回の測定方法の信頼性を有していると考えられる。葛谷 (6) は、介護保険施設における今後の課題として、言語聴覚士がいない為に摂食嚥下機能評価が困難であると述べていると共に、誤嚥を疑う兆候が診られても嚥下造影法や VE を実施する連携体制が確立していない事を問題提起している。我々が検討した測定法は、嚥下造影法と聴診における両者の欠点を補い合える優良な手法になるものと考えられ、嚥下造影法など検査環境が整っていない医療機関や介護保険領域の施設、在宅患者などでも嚥下造影法の代用として咽頭運動を評価できる測定方法であり、今後の介護保険領域における汎用性が期待できるものと考えられる。

Teasell (13) らは、嚥下機能の低下が低栄養や QOL 低下の要因になり、誤嚥が療養上の問題となると述べている。日常的に誤嚥が起こっているにも関わらず、摂食嚥下機能に対する意識が低い。これも、直接的な摂食嚥下機能評価が行えていない状況が物語っていると考えられることから臨床応用が急務であると考えられる。今回は超音波画像診断装置が嚥下造影法の代用となるための検討を実施したが、今後の課題として、実際に誤嚥を生じている患者に対して測定を実施し、正常嚥下と対比することで誤嚥を呈する患者の周波数解析、および咽頭運動時間の特徴を明確にしていくことが必要である。

研究の限界として、本手法は音声と画像の両面を加味しなければ嚥下機能を反映することが困難であることがあげられる。誤嚥には沈下性に発生する silent aspiration も存在する。本研究は、随意的な嚥下を発生させている際に起こる嚥下音をもとに解析する手法である。このような観点から silent aspiration のように嚥下機能が起こらず音

声が録音できない状態での測定は困難である。今後は、silent aspiration に対しての解析手法の検討も必要である。

文献

- 1) 愛知県言語聴覚士協会 (2007) 介護老人保健施設に勤務する ST 実態調査のアンケート (第1報). 愛知県言語聴覚士協会報告書:1 - 3.
- 2) 植松宏 (2005) セミナーわかる! 摂食・嚥下リハビリテーションⅡ 誤嚥性肺炎の予防と対処法. 医歯薬出版, 東京:16 - 22.
- 3) 浦上裕司, 後藤義朗, 生駒一憲 (2008) 嚥下音の画像化の試み. 日本摂食嚥下リハビリテーション研究会誌 12 (3): 187-196.
- 4) 小口和代, 才藤栄一, 水野雅康 (2000) 機能的嚥下障害スクリーニングテスト「反復唾液嚥下テスト」の検討 (1) 正常値の検討. リハビリテーション医学, 37:375-382.
- 5) 小口和代, 才藤栄一, 馬場尊 (2000) 機能的嚥下障害スクリーニングテスト「反復唾液嚥下テスト」(the Repetitive Salva Swallowing Test: 反復唾液嚥下テスト) の検討 (2) 妥当性の検討. リハビリテーション医学 37,383—388.
- 6) 葛谷雅文 (2011) 高齢者の経口摂取の維持ならびに栄養ケア・マネジメントの活用に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金 (長寿科学総合研究事業) 総合研究報告書: 1-16.
- 7) 桑原洋一, 斎藤俊弘, 増田善昭 (1993) 検者内および検者間の Reliability の検討. 呼吸と循環 42: 945-952.
- 8) 佐々木英忠 (2006): エビデンス老年医療. 医学書院, 東京: 89-94.
- 9) 杉原素子, 谷口敬道, 三井速雄 (1996) 特別介護老人ホーム・老人保健施設、特例許可老人病院・療養型病床群における高齢者の日常生活機能の比較と施設機能. 医療経済研究 vol3: 131 - 141.
- 10) Takahashi K, Groher ME, Michi K (1994) Methodology for detecting swallowing sounds. Dysphagia, 9 (1): 54-62.
- 11) 田澤悠, 前島伸一郎, 大沢愛子 (2010) 60cc水飲みテストと誤嚥の有無、経口摂取の可否、認知機能の関係. 日本摂食嚥下リハビリテーション研究会誌 (14): 485 - 485.
- 12) 千葉 由美 (2008) 摂食・嚥下障害患者の包括的医療・看護ケアにおける臨床評価と安全性の基準作成. 平成 16 ~ 19 年度文部科学省基盤研究 (B) 研究成果報告書: 15-21.
- 13) Teasell RW, McRae M, Marchuk (1996) Pneumonia associated with aspiration following stroke. Arch Phys Medical Rehabilitation 77 (7): 707-709.
- 14) 中山祐司, 南雲正男, 高橋浩二 (2006) 嚥下音発生部位の検討. 第 25 回昭和歯学会例会抄録集: 105-105.
- 15) 新屋順子 (2011): 高齢者の嚥下障害に対する理学療法. 理学療法 28 (9): 1136 - 1143.
- 16) 平岡千穂, 前島伸一郎, 大沢愛子 (2009) 脳卒中急性期におけるベッドサイドの嚥下評価と嚥下造影法検査の比較検討. 脳卒中 31 (3): 148-151.
- 17) 森 俊子, 陣内重三, 藤川知美 (2003) 192 例の高齢者に行った嚥下造影法検査所見と水のみテストおよび反復唾液のみテストの結果との相関性. 日本摂食嚥下リハビリテーション研究会誌 (7): 240 - 241.
- 18) 渡邊哲 (2007) 脳卒中後の誤嚥に関連する因子の検討. 愛院大歯誌 45: 579—590.

加圧トレーニングが血圧，心拍数，自覚的運動強度，自律神経活動に及ぼす影響 — 加圧運動と非加圧運動の比較 —

山口育子¹⁾，秋山政子²⁾

(1) 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法専攻、東京都多摩市 (2) トライデントスポーツ医療看護専門学校、愛知県名古屋市

The influence of Kaatsu training on the blood pressure, heart rate, rating of perceived exertion and the autonomic nervous system function - Comparison of the Kaatsu exercise and non-Kaatsu exercise - Ikuko Yamaguchi¹⁾, Masako Akiyama²⁾

(1) Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Health Sciences, University of Tokyo Health Sciences, Tokyo, 206-0033, Japan. (2) Department of Physical Therapy, Trident College of Sports, Medical Care and Nursing, Aichi, 464-8611, Japan

ABSTRACT

[Purpose] Kaatsu training is a muscle training which is performed under restricted muscle circulation by compressing limb(s) with pressure band(s). This training method was developed and established as effective muscle training for athletes. Kaatsu training has recently been employed in the field of rehabilitation, yet a safety and risk management of this training have not been well documented. It is, therefore, necessary to evaluate a safety of the training method. For this purpose we examined the effects of Kaatsu training on cardiovascular functions by recording and analyzing the electrocardiogram and blood pressure during the muscle training with and without Kaatsu (restricted muscle circulation). [Subjects and Methods] The subjects were 11 healthy young persons. They performed two exercises. One is the normal exercise of a squat, and the other was a squat with pressure bands at femoral base. Heart rate, modified Borg scale, autonomic nervous activity index, systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were recorded. [Results] Squat exercise significantly increased HR, SBP and modified Borg scale. Kaatsu did not significantly change all the measured values. [Conclusion] The results indicate that Kaatsu do not influence the function of sympathetic nervous system and circulatory system in healthy young people. Therefore, Kaatsu training is safe for healthy young people on the proper pressure setting. It is, however, necessary to carry a similar examination in aged persons and patients with various diseases when applying Kaatsu training to rehabilitation.

キーワード：加圧トレーニング (Kaatsu training), 自律神経活動 (autonomic nervous system activity), リスク管理 (risk management)

著者連絡先：〒 206-0033 東京都多摩市落合 4-11 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科
E-mail:i-yamaguchi@u-ths.ac.jp

略語：DBP, diastolic blood pressure; HF, high frequency; HR, heart rate; LF, low frequency, SBP, systolic blood pressure.

I. 諸言

加圧トレーニングは四肢の基部を専用の加圧トレーニングベルトで圧迫し、適度に筋循環血流を制限した状態で運動を行う筋力トレーニングである。一般的な筋力トレーニングでは、最大反復回数（1 Repetition Maximum：以下 1RM）の 65%以上の負荷を与えなければ明らかな筋肥大・筋力増強は起こらないと報告されている（14）。一方、加圧トレーニングでは 20% 1RM というきわめて低強度の負荷でも、短期間行うだけで著しい筋肥大効果と筋力増強が得られるといわれ（24）、現在、スポーツ選手の筋力増強トレーニングにおいて確立した方法として用いられている。また近年では、各種疾患患者の筋力トレーニングや高齢者のリハビリテーションにも応用されるようになってきた。

加圧トレーニングの主な研究報告では、平均年齢 60 歳の健常女性を対象とし、上腕屈筋の加圧トレーニングを強度 30～50% 1RM、1 回につき 3 セット（所要時間約 10 分）を週 2 回、4 ヶ月間実施した結果、上腕二頭筋の筋断面積と筋力がともに平均で約 20% 増加し、強度 80% 1RM のトレーニングと同等の効果が示されている（22）。この場合、加圧を行わずに 30～50% 1RM の強度でトレーニングを行った場合にはほとんど効果がみられなかった。一方、トレーニング量がほぼ上限に達しているようなトップアスリートの場合にも、膝伸筋の加圧トレーニングを強度 20～30% 1RM、1 回につき 5 セットを週 2 回、2 ヶ月間実施により、平均で約 10% の筋肥大と 15% の筋力増加が報告されている（23）。この場合も、同強度で加圧をかけないトレーニングでは、筋肥大も筋力増加も認められなかった。これらの研究から、加圧トレーニングは対象者の年齢やトレーニング歴によらず大きな効果をもたらし、その効果の主要因は加圧そのものである可能性が示され

た。また、健常者の下肢筋を対象として、朝晩 2 回の加圧トレーニング（強度約 20% 1RM）を毎日行った場合の効果検証では、2 週間という短期のうちに約 8% の筋断面積の増加が起こることが報告されている（1）。筋力トレーニングでは一般に筋肥大に先立って筋力増加が起こり、有意な筋肥大が検出されるまでには最低でも 10 週間を要するとされているが、加圧トレーニングでは低強度負荷、短期間トレーニングにおいて効果をあげることが可能といえる。

加圧トレーニング効果のメカニズムについては近年の基礎研究によって、筋肥大の局所的解剖生理学的メカニズムが関与していると考えられている。これには、筋線維やその周辺の細胞から分泌される成長因子の関与が指摘され、石井らは、加圧の動物モデル（ラット後肢筋からの静脈を外科的手術により選択的にブロックするモデル）を用いた実験により、血流制限後 10 日ほどで速筋線維に肥大が起こることを報告し（11）、この肥大した筋では、①ミオスタチンの発現低下、②活性型肝細胞増殖因子（HGF）の増加、③神経型一酸化窒素合成酵素（nNOS）の増加、④骨格筋グリコーゲン量の増加が認められている。特にミオスタチンは筋の成長を強く抑制する因子であり、この変化は筋の成長を促進する要因と考えられることから、加圧により、これらの局所因子の変化により筋肥大を生じる可能性がある。また近年では、健常人を対象にした研究から血中成長ホルモン、血中インスリン様成長因子、血管内皮増殖因子濃度の増加、静脈血の血流停滞（プーリング作用）による静脈還流の抑制効果（前負荷の軽減）などの効果が確認されている（21,19）。加圧トレーニングは様々なメカニズムを介して、有効に筋肥大、筋力増強をきたす可能性があるといえる。

このように、加圧トレーニングの主効果に関する研究は数多く、メカニズムも解明されつつあり、

その成果から近年では心臓リハビリテーションの筋力トレーニングや高齢者のリハビリテーション、介護予防、健康増進の場面で効果を上げる可能性が示唆され、応用されている(16)。そのような背景の中、心臓リハビリテーションへ本トレーニングを採り入れる過程で、心疾患患者における静脈還流量、一回拍出量、心拍出量、換気量、血圧、血液凝固系因子の観点から、加圧トレーニングの安全性について検討されている(20,15)。しかし、本トレーニングの対象や運動方法が多岐にわたるため、十分とは言えない現状である。そこで我々は、本トレーニングの安全性の検証やリスク管理の必要性について検討する目的で、健康者における加圧トレーニング時の心拍数、血圧、自覚的運動強度などのいわゆるリスク管理指標と自律神経活動を測定し、加圧運動と非加圧運動を比較した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は健康若年者11名(平均年齢 21.5 ± 2.2 歳、男性7名、女性4名)とした。医療系専門学校に通う学生に対して公募し、インフォームドコンセントを得た上で専門学校倫理委員会の許可を取得して実施した。対象者除外基準としては、心疾患、呼吸器疾患等の現病歴、既往歴をもつこと、運動負荷試験の禁忌事項に該当する者とした。対象者には研究の趣旨、内容および研究結果の取り扱い等に関して書面並びに口頭で説明し書面にて同意を得た。本研究は東京医療学院大学研究倫理委員会の承認も得て行った。(承認番号12-06H)

2. 方法

対象者11名に対して2つの運動負荷を行った。1つは通常のスquatの運動負荷とし、1つ

は大腿基部を加圧した状態でスクワットを負荷した。2つの負荷方法の順序は、初めに加圧しないで運動を実施し(以下、非加圧運動)、一定期間をあけた別の日に、加圧をした状態で運動を実施した(以下、加圧運動時)。対象者11名の加圧運動時と非加圧運動時のそれぞれの指標について測定を行い、測定者とは別の者が比較検討を行った。

3. 運動方法

運動の種類はスクワットとした。スクワットは両下肢を肩幅に開いた立位を開始姿勢とし、股関節と膝関節が 90° 屈曲位になるまで4秒かけて腰を落とし、そののち4秒かけて立位に戻るといった動作を実施した(図1)。腰を落とした時に膝関節が足尖より前方に出ないように実施した。運動方法の説明と確認は加圧トレーナーが実施した。スクワットは20回を1セットとし、2セット実施した。セット間隔は60秒とした。

4. 加圧による血流制限

加圧運動時の両大腿部の加圧は、加圧トレーナーによって実施した。空圧式加圧ベルトを両大腿基部に装着し、加圧装置(Kaatsu master mini, KAATSU JAPAN 株式会社、東京)を用いて150mmHgに設定した圧で下肢の血流を制限した(図2)。加圧時間は10分を超えないようにした。

5. 評価指標

本研究では、心拍数(Heart Rate: HR)、収縮期血圧(systolic blood pressure: SBP)、拡張期血圧(diastolic blood pressure: DBP)、自覚的運動強度(修正Borg指数)、自律神経活動指標とした。

自律神経機能の評価には心臓支配の交感神経と



図1 スクワット方法 (左：非加圧時、右：加圧時)



図2 加圧ベルトによる加圧
(左：加圧装置、右：空圧式加圧ベルト装着場面)

迷走神経（副交感神経）の両機能を各々定量化できる心拍変動スペクトル解析を用いた。心拍変動は心臓の自律神経緊張の指標で知られており、その妥当性はすでに実証されている(5,17)。スペクトル解析によって0.04～0.15Hzの成分である低周波成分(LF:low frequency)と、0.15～0.40Hz成分である高周波成分(HF:high frequency)とに分類し、高周波成分(HF)は心臓迷走神経をブロックすることにより消失することから、純粋な迷走神経機能(副交感神経活動)の指標とされている。一方、低周波成分(LF)は心臓迷走神経系と心臓血管交感神経系の両活動を反映し、一般にLF/HFを心臓交感神経の指標とされている(13)。

心拍数、心拍変動はメモリー心電計(LRR-03, 株式会社ジー・エム・エス, 東京)にて測定し、同時に心拍ゆらぎ解析システム MemCalc/Tarawa (諏訪トラスト社)にて解析を行い、10秒ごとのデータを記録した(図3, 図4)。その際、低周波成分(LF)は0.04～0.15Hz, 高周波成分(HF)は0.15～0.40Hzとして解析し、心拍数(HR), 副交感神経活動の指標と

して高周波成分(HF), 交感神経活動の指標として低周波成分と高周波成分の比(LF/HF)を用いて自律神経活動の評価を行った。また、血圧は自動血圧計(HEM-7200 オムロン株式会社, 京都)にて、運動前後に左上腕部で測定した。自覚的運動強度として運動前後に修正ボルグ指数を聴取した。Borg 指数は生体にかかる運動負荷を運動者がどの程度の「きつさ」として感じるかを主観的運動強度(rating of perceived exertion: RPE)として尺度化したものである(2)。Borg 指数は6～20の段階で評価するが、今回は0～10に0.5を加えた15段階で表される修正 Borg 指数(3)を用いた(図5)。

運動および指標の測定は、空調設備の整った、室温 22.5～23.5℃, 湿度 40～60%の室内で行い、照明、音も一定に設定した。

6. 統計処理

すべての値は平均値±標準偏差(mean ± SD)で示した。結果はSPSS13.0を用いて統計処理を行った。加圧運動と非加圧運動の各群の運動前後の値の比較は対応のあるt検定を用いた。さらに運動によるSBP, DBP, HR, 修

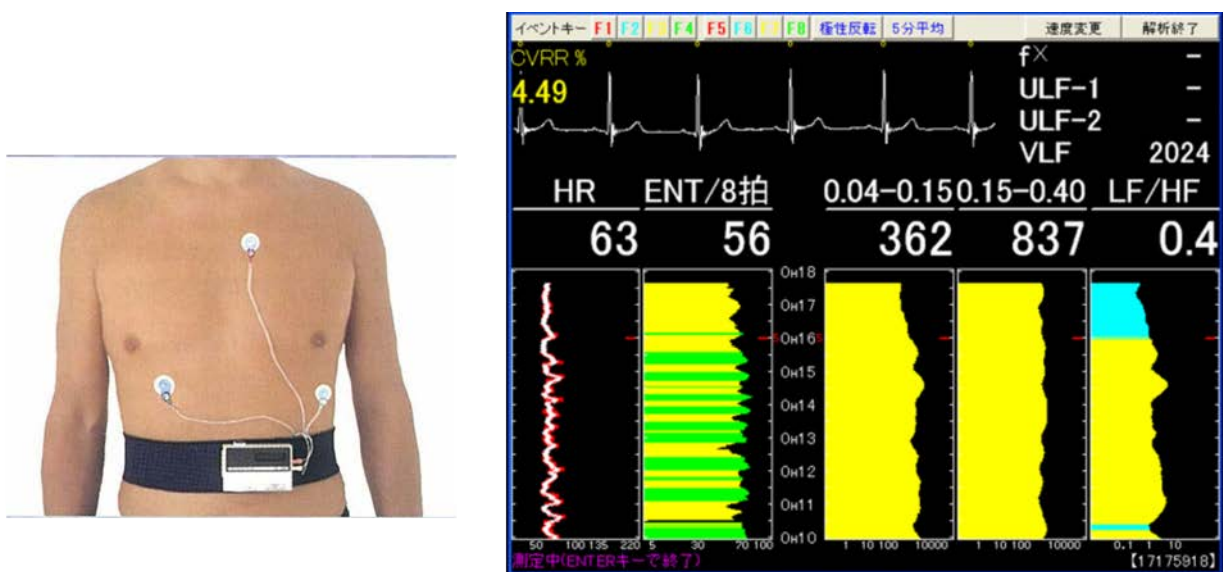


図3 メモリー心拍計装着場面 図4 MemCalcによるリアルタイム心拍変動解析画面

Borgスケール (Borg RPE scale)			修正Borgスケール (Borg CR10 scale)			
6	何も感じない	No exertion at all	0	何も感じない	Nothing at all	"No P"
7	非常に楽である	Extremely light	0.3			
8			0.5	非常に弱い	Extremely weak	Just noticeable
9	かなり楽である	Very light	1			
10			1.5			
11	楽である	Light	2	弱い	Weak	Light
12			2.5			
13	ややきつい	Somewhat hard	3	中程度	Moderate	
14			4			
15	きつい	Hard (heavy)	5	強い	Strong	Heavy
16			6			
17	かなりきつい	Very hard	7	とても強い	Very strong	
18			8			
19	非常にきつい	Extremely hard	9			
20	最大限のきつさ	Maximal exertion	10	非常に強い	Extremely strong	"Max P"

(Borg G (1998) : Borg' s perceived exertion and pain scales. Human Kinetics (3) より)

図5 Borg指数と修正Borg指数

正 Borg 指数, HF 成分, LF/HF の変化について, 加圧の有無 (加圧運動時と非加圧運動時) と時間 (安静時, 運動 1 セット終了後, 運動 2 セット終了後) を用いた二元配置分散分析にて相互関連性の有無を検討した。有意水準は 5% ($P < 0.05$) とした。

Ⅲ. 結果

対象者の属性は年齢 18 ~ 26 歳で平均年齢は

21.5 ± 2.2 歳であった。男性 7 名, 女性 4 名であった。各指標の運動前後の結果を表 1 に示す。

1. HR

非加圧運動時と加圧運動時における運動前から運動 1 セット終了後, 2 セット終了後の心拍数の推移を図 6 に示す。非加圧運動時における心拍数は, 運動前 (78 ± 8bpm/min) から運動 1 セッ

表1 評価指標の運動前後の変化

	加圧運動時			非加圧運動時		
	運動前	運動後	p値	運動前	運動後	p値
HR (bpm/min)	81.0 ± 9.0	106.0 ± 9.0**	0.000	78.0 ± 8.0	106.0 ± 7.0**	0.000
SBP (mmHg)	126.1 ± 8.1	143.3 ± 9.6**	0.000	126.8 ± 6.5	137.0 ± 15.0*	0.015
DBP (mmHg)	77.4 ± 4.4	81.8 ± 8.0*	0.044	78.1 ± 8.4	79.6 ± 8.9	0.568
HF (ms ²)	273.7 ± 216.1	188.7 ± 155.1	0.222	412.3 ± 269.6	193.1 ± 110.2*	0.015
LF/HF	4.9 ± 3.0	5.8 ± 4.1	0.359	5.0 ± 4.6	5.9 ± 4.2	0.623
修正Borg指数	0.0 ± 0.0	2.6 ± 2.0**	0.001	0.0 ± 0.0	1.4 ± 1.3**	0.005

mean ± SD.

* p < 0.05 vs. 運動前, ** p < 0.01 vs. 運動前

ト終了後 (102 ± 6 bpm/min), 2セット終了後 (106 ± 7 bpm/min) と, 運動前と2セット終了後で有意に増加した。加圧運動時においても, 運動前 (81 ± 9 bpm/min) から運動1セット終了後 (100 ± 15 bpm/min), 2セット終了後 (106 ± 9 bpm/min) と, 運動前と運動2セット終了後で有意に増加した。二元配置分散分析により, 非加圧運動時と加圧運動時のそれぞれの心拍数の経時的な変化には運動前後において有意な差を認めた ($P < 0.05$)。

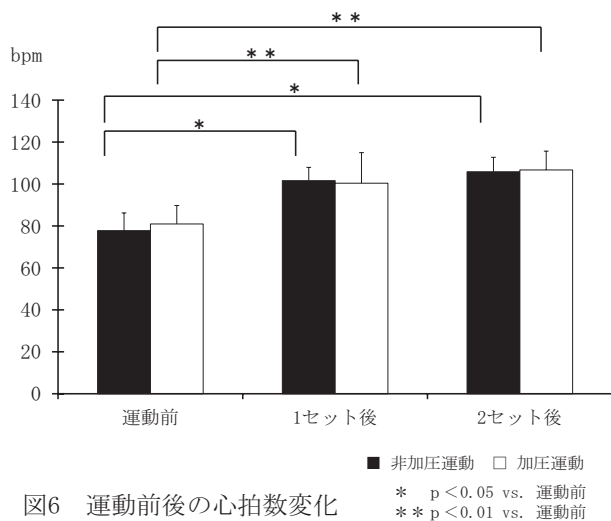


図6 運動前後の心拍数変化

2. 血圧

非加圧運動時と加圧運動時における運動前と運動後のSBPとDBPの推移を図7, 図8に示す。非加圧運動時におけるSBPは, 運動前 (126.8 ± 6.5 mmHg) から運動後 (137.0 ± 15.0 mmHg) と変化したが統計学的有意差は認められなかった。加圧運動時においては, 運動前 (126.1 ± 8.1 mmHg) から運動後 (143.3 ± 9.6 mmHg) と変化し有意差を認めた。二元配置分散分析により, 非加圧運動時と加圧運動時のそれぞれのSBPの経時的な変化には有意が認められた ($P < 0.05$, 図7)

また, 非加圧運動時におけるDBPは, 運動前 (78.1 ± 8.4 mmHg) から運動後 (79.6 ± 8.9 mmHg) と変化したが統計学的有意差は認められなかった。加圧運動時においては, 運動前 (77.4

± 4.4 mmHg) から運動後 (81.8 ± 8.0 mmHg) と有意差をもって増加した。二元配置分散分析により, 非加圧運動時と加圧運動時のそれぞれのDBPの経時的な変化には有意差を認めた ($P < 0.05$, 図8)

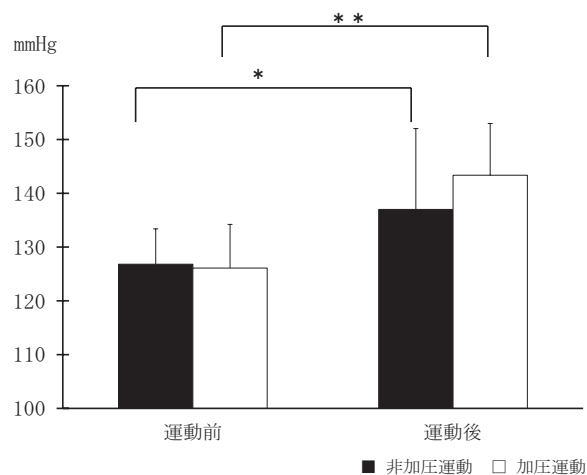


図7 運動前後の収縮期血圧変化

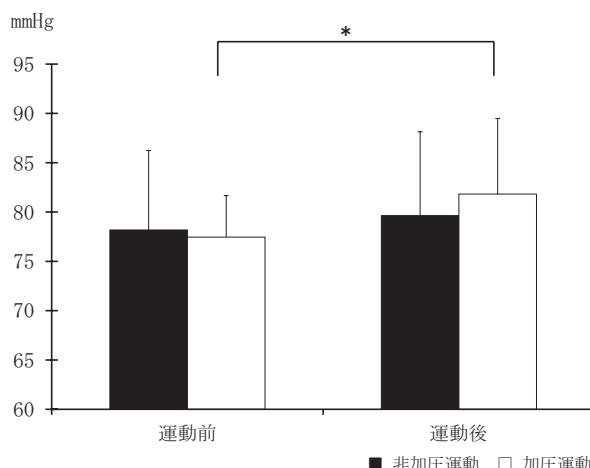


図8 運動前後の拡張期血圧変化

3. 自律神経機能

心電図より得られたRR間隔の時系列データから心拍変動の周波数解析をして得られた結果は, 0.04 ~ 0.15Hzを低周波成分 (LF), 0.15 ~ 0.40Hzを高周波成分 (HF) と定義しHF成分は副交感神経の活動のみを反映する成分, LF成分とHF成分の比 (LF/HF) は交感神経を反映する成分として, それぞれの非加圧運動時と加圧運動時に

における運動前から運動1セット終了後、2セット終了後の推移を図9、図10に示す。

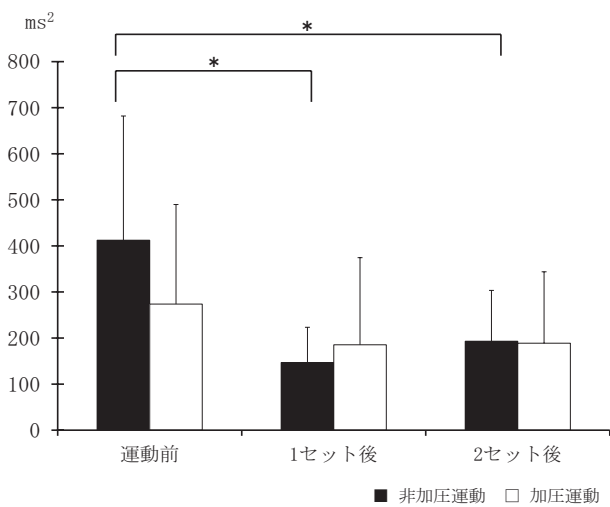


図9 運動前後のHF成分変化 * p < 0.05 vs. 運動前

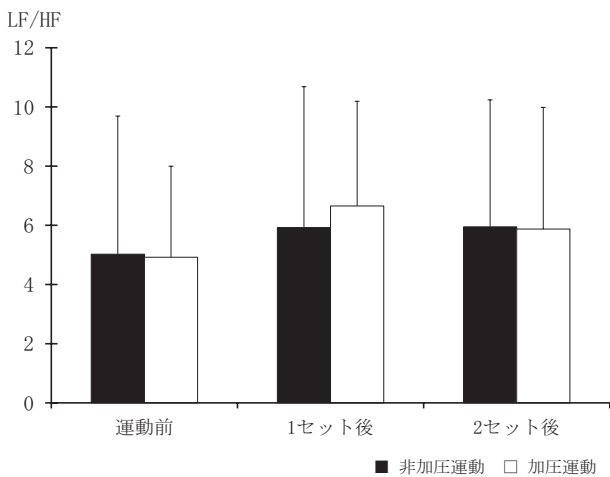


図10 運動前後のLF/HF変化

非加圧運動時におけるHF成分は、運動前(412.3 ± 269.6 ms²)から運動1セット終了後(146.7 ± 76.5 ms²)、2セット終了後(193.1 ± 110.2 ms²)と有意に低下した。加圧運動時においても、運動前(273.7 ± 216.1 ms²)から運動1セット終了後(185.4 ± 189.0 ms²)、運動2セット終了後(188.7 ± 155.1 ms²)と有意に低下した。二元配置分散分析により、非加圧運動時と加圧運動時それぞれのHF成分の経時的な変化には有意差を認めた(P < 0.05, 図9)。また運動前の非加圧時と加圧時のHF成分は、それぞれ412.3 ± 269.6 ms²

と273.7 ± 216.1 ms²であったが、有意差は認められなかった。

非加圧運動時における交感神経指標であるLF/HFは、運動前(5.0 ± 4.6)から運動1セット終了後(5.9 ± 4.7)、2セット終了後(5.9 ± 4.2)と変化した。加圧運動時においても、運動前(4.9 ± 3.0)から運動1セット終了後(6.6 ± 3.5)、2セット終了後(5.8 ± 4.1)と変化した。二元配置分散分析により、非加圧運動時と加圧運動時それぞれのLF/HFの経時的な変化には有意差を認めなかった。(図10)

4. 自覚的運動強度(修正Borg指数)

非加圧運動時と加圧運動時における運動前から運動1セット終了後、2セット終了後の推移を図11に示す。非加圧運動時における修正Borg指数は、運動前(0.0 ± 0.0)から運動1セット終了後(1.0 ± 1.0)、2セット終了後(1.4 ± 1.3)と有意に増加した。加圧運動時においても、運動前(0.0 ± 0.0)から運動1セット終了後(2.3 ± 2.1)、2セット終了後(2.6 ± 2.0)と有意に増加した。二元配置分散分析により、非加圧運動時と加圧運動時のそれぞれの修正Borg指数の経時的な変化には前後において有意差が認められた(P < 0.05)。

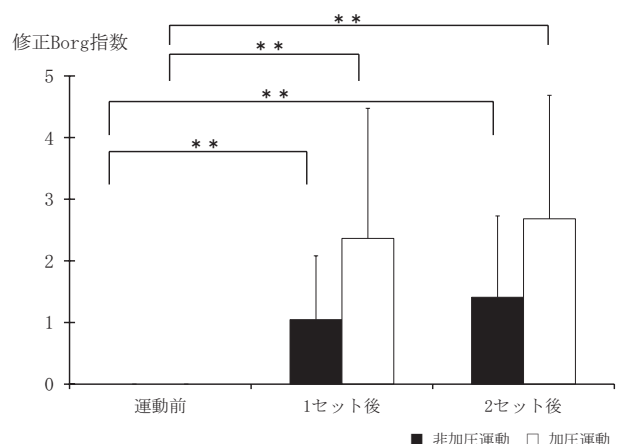


図11 運動前後の修正Borg指数変化 ** p < 0.01 vs. 運動前

IV. 考察

本研究では以下のことが明らかになった。

- 1) 加圧運動, 非加圧運動ともに, HR, SBP, 修正 Borg 指数が有意に増加した。
- 2) SBP と DBP の値は, 加圧運動のほうが統計的により有意な上昇を認めた。
- 3) 交感神経指標である LF/HF は加圧運動時, 非加圧運動時ともに有意な変化は認められなかった。
- 4) 副交感神経指標である HF 成分は加圧運動において, 運動前後に有意差は認められなかったが, 非加圧運動では有意に低下を認めた。

加圧運動によって SBP, DBP ともに非加圧運動よりも顕著な上昇がみられたことは, 高野らの加圧トレーニングでは同負荷で加圧を用いないトレーニングと比べ, 急性に血圧を上昇させるという報告 (19) と同様の結果が得られた。これは, 大腿基部に圧を加えたため末梢血管抵抗が上昇したことによるものと考えられる。また, 加圧トレーニングによって血中ノルアドレナリン濃度が上昇するとの報告 (11) から, 交感神経系の活性化が推測され, これらはいずれも, 急激な血圧上昇との関連が考えられた。血圧上昇が大きいことはリスク管理の上で重要な点であり, 臨床の現場において注意を要する。たとえば心筋梗塞急性期 1 週間以内は, 梗塞に陥った心筋梗塞部が壊死と生存心筋の混在で浮腫を認め, 過度の負荷は血圧の上昇をきたし局所の脆弱化のため心破裂の可能性があり, 急激な血圧上昇は, 解離性大動脈瘤, 胸・腹部大動脈瘤患者に対しては禁忌であることから, 循環系疾患への加圧トレーニングの導入は臨床経過を考慮しながら慎重に行うべきであると考ええる。

しかし一方で, 同程度の骨格筋肥大効果をもつ通常の高強度トレーニング (80% 1RM) では,

SBP は平均 230mmHg まで上昇することがわかっており (25), この高強度トレーニングと比較すれば, 加圧トレーニングは血圧上昇を低く抑えつつ筋肥大効果を得ることができるので, 血圧に考慮すれば安全なトレーニング方法であると考えられる。

また, 今回の加圧 (150mmHg 以下) では心拍数, 心拍変動に運動前後で有意差は見られたものの非加圧運動との比較では変動に有意差は認められなかった。中島らの両側下肢を加圧ミニベルトで 15 分間加圧のみを負荷したときの循環器系に及ぼす効果を検討した研究 (15) において, 加圧を 50, 100, 150, 200, 250mmHg に増加させ, 15 分間両下肢に加圧を与えたときの血行動態, 血液中のカテコールアミン, レニン活性, 抗利尿ホルモン濃度などの測定を行った結果, 加圧が 150mmHg 以下では, 心拍数変化は認めず, 一回拍出量の低下, 心拍出量の低下が加圧の数値に依存してみられたと報告している。心拍変動解析では, 副交感神経は抑制され, 交感神経優位になることも認められている。今回の結果では, 150mmHg の加圧に運動負荷を与えたことで, 心拍数と心拍変動に有意な変化が認められた。非加圧運動においても心拍数と心拍変動に有意な変化を認めたことから, この変化は運動そのものが関与していると考えられる。よって, 加圧そのものによる心拍数と心拍変動への影響は少ないと考える。しかし, 加圧の圧が高くなると動脈の循環血流も障害され, 加圧が 150 ~ 200mmHg 以上では, 立位刺激と同程度の血流の停滞 (プーリング作用) を示すことや, 加圧のみで心拍数は上昇し, 一回拍出量の低下, 心拍出量の低下, 末梢血管抵抗の上昇, 交感神経活動が亢進することが認められている (8)。さらに, 加圧 200mmHg では, 立位以上に, 下肢の血流停滞による一回拍出量の減少とともに, 体液の下肢への移行によるレニン活性

の増加ならびに抗利尿ホルモンの増加が認められている。さらに、高度加圧においては、血中のノルアドレナリン濃度も上昇を示している。よって、加圧の値や加圧時間の違いによっては、今回の測定指標も異なる変化を示す可能性が推測される。ゆえに、加圧トレーニングを実施する際は、適正な圧設定が重要と考えられる。

今まで加圧トレーニングのリスク管理と注意点に関しては、加圧が外的に生体末梢循環を制限するため、虚血・再灌流や局所的乱流による血栓形成が懸念されている(9)。しかし、1万件を超える実施例についてのアンケート調査では、血栓生成が疑われる事例は1件のみであったとの報告がある(16)。また、加圧トレーニング後には、血栓生成を助長するPAI-1の血中濃度は変わらず、線溶系因子であるtPA(tissue plasminogen activator)の血中濃度は逆に増加するとの報告もあり(20)、加圧による血栓形成のリスクに関しては低いと考える。また中島らは心臓リハビリテーションへの応用の際の注意点として、加圧トレーニングが前負荷を軽減して、心臓に負荷の少ないトレーニング方法である一方、加圧の程度によって、一回拍出量の低下、心拍出量の低下がみられるので、心臓のポンプ機能が著明に低下した患者では、心拍出量の低下を助長する可能性があり、特に注意が必要であると述べている(6)。さらに下肢に停滞した血液が急速に心臓にもどるため、1回拍出量が増大し、さらに下肢にたまっていった乳酸が急速に全身にもどり、これを代償するため呼吸器による換気量の増加が生じる(9,10)との報告から、加圧を開放する場合にも注意が必要と考える。したがって、このような症例は、加圧の数値を減らすか、上肢のみ、あるいは片側のみとするなどの慎重な配慮が必要であるととも、十分な監視下で医師との連携が必須である。

また、安静時と運動時の自律神経機能につい

て、高齢者と若齢者とでは自律神経の活動様式が異なっていることが明らかになっている(4)。なかでも高齢者の安静時の自律神経機能のバランスの特徴は、若年者に比べ交感神経活動が増加しており(12)、その根拠として、高齢者では運動時に増加すべき血中ノルアドレナリン濃度や筋交感神経活動の振幅が安静時においても高い値を示し、心臓迷走神経機能活性が低いことが挙げられている(4)。さらに高齢者の運動時の自律神経機能の活動の特徴は、心臓迷走神経の低下の程度が緩やかで交感神経の活動が亢進しにくいといわれている(18)。よって、今回の研究では健常若年者について検討したが、高齢者では自律神経の変動は異なった結果が得られる可能性もあり、高齢者に関する検討も必要と考え今後の課題とする。

今回、自覚的運動強度(修正Borg指数)は運動により有意に増加し、加圧運動と非加圧運動では加圧運動のほうが有意に高く、言い換えれば、加圧運動はよりきつさを感じるという結果であった。静脈還流を抑制することで下肢に乳酸が貯留したためと推察するが、この原因については今回の研究では不明であるため、今後の課題としたい。

さらに今後の課題として、局所的な筋力増強トレーニングだけでなく、エルゴメーターを駆動するなどの全身運動においても、加圧無しで測定した嫌気性代謝閾値(anaerobic threshold: AT)から運動処方をする場合には、加圧を強くすると循環器系への過負荷が生じる可能性があると考えられる。よって、運動処方の際には、加圧下で嫌気性代謝閾値(AT)を決定するか、循環動態が安定するような負荷を用いる必要があると考える。

このようなことから、数多くの研究報告によって、加圧トレーニングは、筋肥大、筋力増強作用という主効果は明らかである一方、そのリスク管理を把握することが重要であり(7)、特に循環、

呼吸, 代謝疾患患者や高齢者に対して用いる際には個々の症状, 障害程度回復状況に合わせ, できるだけ最適の条件設定を行う必要があり, 加圧トレーニングに関する十分な知識と豊かな経験が必要であると考ええる。

V. 結語

加圧トレーニングの安全性の検証やリスク管理の必要性について検討する目的で, 健常若年者11名を対象に加圧運動時の心拍数, 血圧, 自覚的運動強度などのいわゆるリスク管理指標と自律神経活動を測定し, 非加圧運動のそれと比較検討を行った。結果, 循環系の指標であるHR, SBP, DBPと自覚的運動強度の指標である修正Borg指数において, 加圧運動時, 非加圧運動時ともに運動前後で有意な増加が認められた。副交感神経指標であるHF成分は非加圧運動でのみ有意な低下を認めた。しかし交感神経指標であるLF/HFは加圧運動時, 非加圧運動時ともに有意な変化は認めなかった。これらの結果より, 健常若年者においては加圧による循環系と交感神経系への影響はないものと考えられ, 適正な圧設定をすれば加圧トレーニングは安全に実施できると考える。しかし, 各種疾患を有する患者や高齢者のリハビリテーションに加圧トレーニングを導入するには, それらを対象とした同様のデータを構築する必要があると考え, 今後の研究課題としていく。

文献

- 1) Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, et al. (2005): Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *Int J KAATSU Tr Res* 1: 6 - 12
- 2) Borg G (1982): Psychological bases of perceived exertion. *Med.Sci.Sports Exerc.*14:377-381.

- 3) Borg G (1998): Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*
- 4) 早野順一郎, 岡田暁宣 (1997): 心拍変動による自律神経機能評価とその応用: 加齢と心臓迷走神経機能. *自律神経*, 34 (3): 207 - 213.
- 5) 林博史編 (2004): 心拍変動の臨床応用-生理的意義, 病態評価, 予後予測-. 医学書院
- 6) 広瀬 健, 中島敏明 (2004): 心臓リハビリテーションにおける筋力増強-その効果と意義: 加圧筋力トレーニング. *リハビリテーション医学* 41 (10): 668-672.
- 7) 寛田司 (2008): 加圧トレーニングの功罪. *アンチ・エイジング医学* 4 (2): 203-205.
- 8) 飯田陽子, 高野治人 (2008) 24時間-6度ヘッドダウンベッドレストにおける加圧トレーニングの循環器系, 自律神経, 内分泌系に及ぼす影響. *心臓リハビリテーション* 13 (1): 82-87.
- 9) 石井直方 (2004): 加圧トレーニングのメカニズム. *臨床スポーツ医学* 21 (3): 215-222.
- 10) 石井直方 (2006): 加圧トレーニング. *JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION* 15(10): 990-992.
- 11) Kawada S, Ishii N (2005): Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Med Sci Sports Exerc* 37: 1144 - 1150.
- 12) 高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会 (2004): 高血圧治療ガイドライン2004. 日本高血圧学会, 東京.
- 13) Malliani A, Pagani M, Lombardi F et al. (1991): Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 84: 482-489.
- 14) McDonagh M J N and Davies C T M (1984): Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur*,

- J.Applied Physiol. 52 : 139 – 155.
- 15) 中島敏明 (2007) : 加圧トレーニングと心臓リハビリテーション. 心臓リハビリテーション 12 (2) : 217-226.
- 16) 小田切研一 (2004) : 疾患別による加圧リハビリテーションの有効性. 臨床スポーツ医学 21 (3) : 253-257.
- 17) 佐々木一裕, 安田猛彦, 寺山靖夫 (2007) : 心電図 R-R 間隔変動 - スペクトル解析, 自律神経機能検査第 4 版, 日本自律神経学会編, 文光堂, 164-168.
- 18) 高見澤薫理, 山田拓実 (2009) : 高齢者に対する介護予防運動器の機能向上トレーニングによる循環系および自律神経機能に与える影響. 理学療法学 24 (1) : 131-134.
- 19) Takano H, Morita T, Iida H et al (2005) : Hemodynamic and hormonal responses to a short – term low – intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. Eur J Appl Physiol 95 : 65 – 73.
- 20) 高野治人, 久保田奈実 (2008) : 加圧トレーニングの血液凝固系に及ぼす影響について. 心臓リハビリテーション 13 (suppl) : 5096-5096.
- 21) Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S et al. (2000) : Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. J Appl Physiol 88 : 61 – 65.
- 22) Takarada Y, Sato Y, Takebayashi S, et al. (2000) : Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. J Appl Physiol 88 : 2097-2106.
- 23) Takarada Y, Sato Y, Ishii N (2002) : Effects of resistance exercise training with vascular occlusion on muscular function in athletes. Eur J Appl Physiol 86 : 308-314.
- 24) Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N (2004) : Cooperative effects of exercise and Occlusive Stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. Japanese Journal of Physiology 54 : 585-592.
- 25) Tanimoto M, Madarame H, Ishii N (2005) : Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise. Comparison between KAATSU and other types of regimen. Int J KAATSU Tr Res 1 : 51-56

単一矩形パルス法を用いた経絡 - 臓器機能測定器の後発機種信頼性

曾根 幸喜

東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法学専攻、東京都多摩市

Reliability of the late-departure model of the apparatus using a single square voltage pulse method for measuring the function of the meridian corresponding internal organs

Koki SONE

University of Tokyo Health Sciences, Tokyo 206-0033, Japan.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to evaluate the reliability of the late-departure model of the apparatus using a single square voltage pulse method for measuring the function of the meridian corresponding internal organs. [Subjects and Methods] Five healthy subjects participated in this study. The subjects were underwent ten repeated measurements of before-polarization (BP) values with two apparatuses, AMICA (the late-departure model) and PRECARE-NADI (the precedent model). The BP values obtained with AMICA and PRECARE-NADI were analyzed with Pearson's correlation coefficient. [Results] There was a statistically significant correlation between the values obtained by two different apparatuses. The coefficient of variation in the values by AMICA was smaller than those by PRECARE-NADI. [Conclusion] The results suggest that the measurement by AMICA is more reliable than that by PRECARE-NADI.

Key words: measuring method of a single square voltage pulse (単一矩形パルス法), reliability (信頼性), coefficient of variation (変動係数).

要旨: [目的] 単一矩形パルス法を用いた経絡-臓器機能測定器の後発機種信頼性について検討することである。
[対象と方法] 健常者5名の分極前電流値を後発機種であるアミカと先行機種であるプリケアナディにより繰り返し10回の測定を行い、2種の測定値間の関係をPearsonの相関係数を用いて分析した。[結果] アミカとプリケアナディの測定値間には高い相関が認められた。変動係数の比較ではアミカがプリケアナディより小さかった。[結語] アミカはプリケアナディに対して十分な信頼性があり、測定精度が高いことが示唆された。

著者連絡先: 東京医療学院大学保健医療学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
東京都多摩市落合4丁目11番(〒206-0033) TEL 042-373-8118 FAX 042-373-8111
E-mail:k-sone@u-ths.ac.jp

略語: A1, ミワテック製アミカ; A2, ミサワホーム総合研究所製プリケアナディ; AMI, Apparatus for measuring the function of the Meridian and corresponding Internal organs, 経絡-臓器機能測定器; BP, Before Polarization-Current, 分極前電流値; AP, After Polarization-Current, 分極後電流値; GSR, Galvanic Skin Response, 皮膚電気反射; IQ, Integrated Electrical Charge, 積算電荷量; SSVP, Single Square Voltage Pulse method, 単一矩形パルス法.

I . 緒言

単一矩形パルス法 (Single Square Voltage Pulse methods ; SSVP) とは本山ら (3-7) により開発された経絡 - 臓器機能測定器 (Apparatus for measuring the function of the Meridian and corresponding Internal organs ; AMI) に採用されている皮膚インピーダンス法を用いた経絡の電流測定法の一方法である。

東洋医学において経絡とは気血を全身に運行して身体各臓器・組織・器官を栄養するための通路であるとされ、疾病の発生と密接な関係があると言われている (2)。また、気血の運行状態は生体内の細胞外液である間質液の量や質の変化に現れるとされる (3)。怪我や炎症などの他覚所見がないにもかかわらず痛みや冷えが自覚される時は間質液の量の過不足や質の低下を伴っており、身体に 14 ある各経絡上において気血が運行される部位の脱水状態が気の虚実として間質液の異常に現れるとされる。虚は正気の不足を指し、ナトリウムイオン濃度が低下して冷えや全身倦怠感を起こす低張性脱水に該当する一方、実は邪気の有余を指し、ナトリウムイオン濃度が上昇して発熱や興奮状態を起こす高張性脱水に該当するとされる (11)。

このように東洋医学の身体に対する考え方は陰陽五行説のような自然哲学思想に基づき、生体を含めた宇宙を支配する基本原理を最初に定め、これにあらゆる現象を配置していくという演繹主義をとる (15)。東洋医学は疾患を生体の恒常性維持機構の不調和と捉えているように、個体全体の現象と機能とを対象として調和機構を操作する医療体系と考えられている (16)。

これに対して西洋医学は自然科学に立脚し、実証主義で客観的に生命現象と病気の発症メカニズムを分析する (14)。西洋医学は物質レベルで理解された個別の生物現象と生体機能を個体全体の現象と機能として再構成を行う。すなわち、西洋

医学は還元または帰納主義による医療体系と考えられている (15)。

このような考え方の違いにより、経絡は東洋医学では生体の恒常性を維持する機能であるとされているが、西洋医学では客観的に視認可能な解剖学的器官や組織ではないとされるため、間質液の病理に対する経絡のかかわりについてはこれまでのところ西洋医学による十分な検証を受けてはいない。

東洋医学ではこれまで述べたような生体の恒常性維持機構の異常に対し、AMI を用いて間質液が多い真皮層の物性を測定すれば、間質液の水分量やイオン濃度を推測できるとされる (4)。このことより、AMI は患者がどの経絡に脱水症状を起こしているかどうかという気の虚実の判定と筋の緊張を解く鍼や血液循環を促す灸を行った後の治療効果判定に有用とされ、鍼灸院など東洋医学の臨床現場において活用されている。

SSVP の測定方法は関電極 (マイナス極) を両手足の指にある 14 経絡の井穴 (手足の指の爪の後縁の隅から斜め外側かつ中枢側へ約 3mm 離れた部位) = 左右合計 28 点の経穴に配し、不関電極 (プラス極) を外関穴 (両側前腕手関節の両茎状突起の中線中枢側 5cm の部位) = 左右合計 2 点に配して直流 3V の矩形波を印加して電流量を測定する (図 1)。

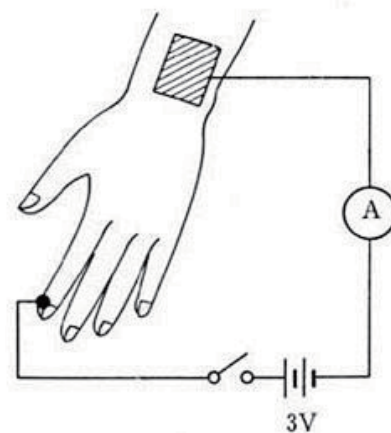


図1 単一矩形パルス法による電流量測定
(大腸経井穴における測定例を示す。指に関電極を、手関節に不関電極を配して直流3Vを印加する)

各経路において得られた電流波形から、分極前電流値 (Before Polarization-Current ; BP), 分極後電流値 (After Polarization-Current ; AP), 積算電荷量 (Integrated Electrical Charge ; IQ), 分極の初期の速さ (θ) の4つのパラメーターを算出する (図2)。BPは表皮の基底膜の上下で分極が生じる前に流れる初期電流量であり (図3), その構成は表皮の顆粒層から真皮層を流れる減衰電流成分である I_1 初期値 I_1^0 と真皮層のみを流れる減衰電流成分である I_2, I_3 初期値 I_2^0, I_3^0 の和であるとされている ($BP = I_1^0 + I_2^0 + I_3^0$) (8)。BPの測定値は経路-臓器機能を表わして東洋医学における気の虚実を示すとされる。APは表皮の基底膜の上下で分極が生じた後に流れる定常電流であり、自律神経検査法の一つである精神性発汗を評価する手段として用いられる皮膚電気反射 (Galvanic Skin Response ; GSR) の測定パラメーターに該当するとされる (10)。IQは皮膚の分極が成立するまでに必要となった電荷の総量であり、炎症の有無や免疫機能と関連があるとされる (4, 5)。

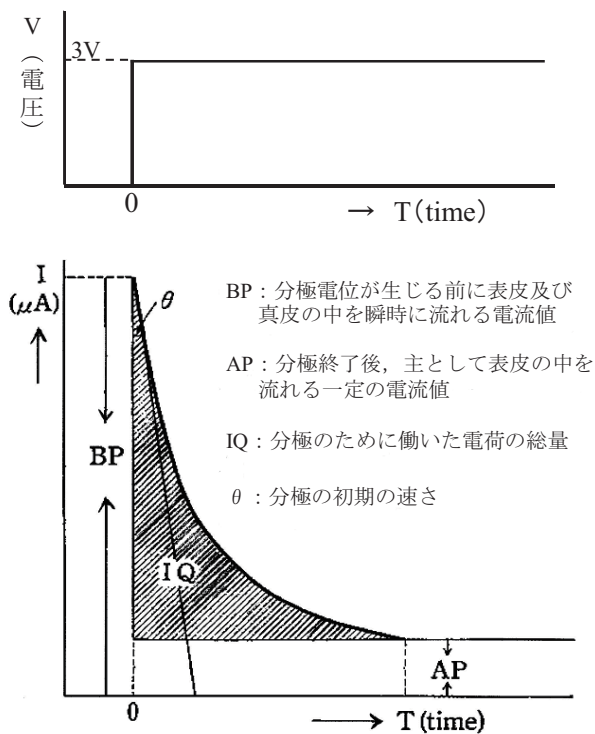


図2 AMI測定波形と4つのパラメーター

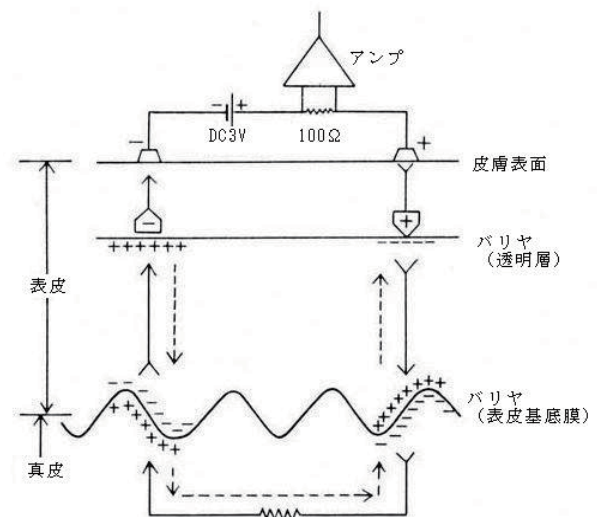


図3 表皮内と真皮内のイオン、集積の模式図

この測定法の特徴は印加する電圧が直流3Vと小さく、生体へ与える侵襲が少ないため生体の防衛機能や恒常性保持機能である分極現象をとらえることができることである (4)。

このような特徴をいかした測定機器としては株式会社ミワテック製アミカ (以下, A1) が、先行機種である株式会社ミサワホーム総合研究所製プリケアナディ (以下, A2) の生産終了にともない、測定方法を改善した後発機種として販売されている (図4)。この2種の機器の測定方法の違いは、A1がゲル電極を用いずに電解質水溶液を含ませたプローブを直接井穴に接触して電流量を測定するのに対して、A2は井穴に貼付した一辺7mmの方形型の銀箔-ゲル電極を通して電流量を測定することである (図5)。

SSVPの信頼性については本山が測定電圧と時間を少なくした改良機器を用いて2回の連続測定を行ったところ、初回の測定における細胞への侵襲はなく、2回目の測定への影響が少ないことを報告している (4)。また、人体に対する数種の外部からの刺激効果をSSVPにより1日に10回測定したところ、BPは微細な生体の反応を反映することを伊藤が報告している (1)。しかし、同一時における測定精度の信頼性を検討した研究はあまり

ない。

そこで本研究はSSVPを採用した経絡-臓器機能測定器の後発機種A1と先行機種A2を用いて

同一被検者のBPを繰り返して測定を行い、後発機種A1の測定精度の信頼性について検討することを目的とした。

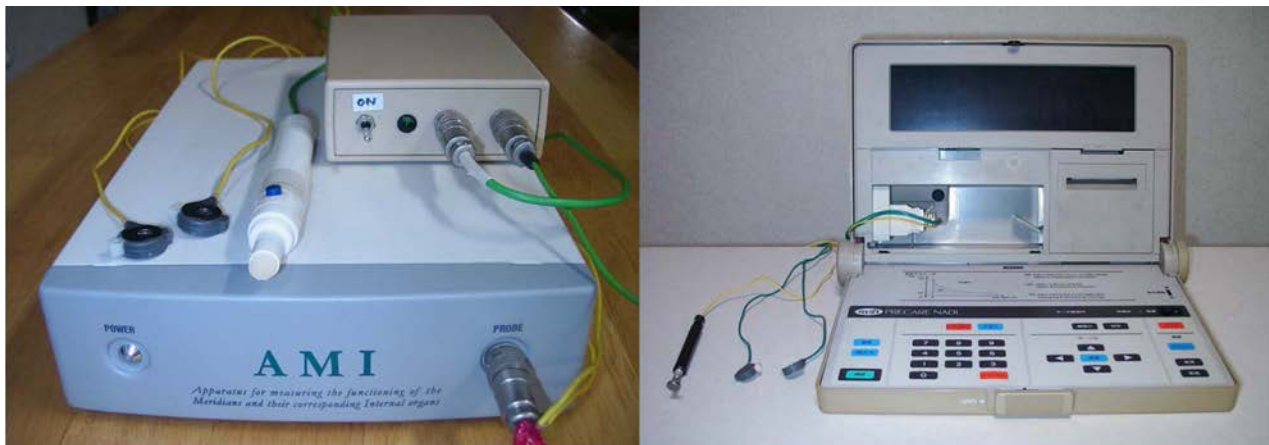


図4 単一矩形パルス法を採用した経絡-臓器機能測定器（左：アミカ、右：プリケアナディ）



図5 脾経井穴における測定（左：アミカ、中央：プリケアナディ、右：プリケアナディに用いる銀箔-ゲル電極）

II. 対象と方法

1. 対象

対象は本実験の目的、方法、および結果の取扱いを説明した上で協力の同意を得ることのできた健康者5名（年齢：46, 43, 14, 12, 10歳）とした（表1）。本研究は総合病院一心病院研究倫理委員会の承認を得て実施した。

2. 方法

SSVPによるBP測定にはA1とA2の2種の測定器を用いた。測定箇所は隣接する足指と接触してインピーダンス測定の影響を受けることが少

なく、また他の足指と比較して井穴中央部にプローブを正確に当てることが可能な第1足指の右脾経井穴とした（図4）。関電極はA1が株式会社ユニークメディカル社製湿式電極（食塩水に浸した直径7mmのアクリルフェルトと銀-塩化銀電極）を使用し、A2は株式会社中村電気製銀箔-ゲル電極（一辺7mmの方形）を使用した。不関電極はA1、A2ともに株式会社アドバンス社製レクトロードE-38（カラヤゴムを使用した直径38mmのセンタースタッド型ソリッドゲル電極）を用いた。測定時の環境条件を室温23℃、湿度60%とした。各測定法において各回の測定間隔は30秒として繰り返し10回の測定を行った。

A1の測定値とA2の測定値との関係にはPearson

の相関分析を使用し、変動係数の差の検定には対応のある t 検定を用いて分析した。有意水準は 5% とした。

Ⅲ．結果

1. 対象者の身体特性

対象者 5 例の身体特性を表 1 に示した。

2. A1, A2 の測定値間の相関と変動係数の比較 対象者別の BP の平均値と標準偏差とを表 2 に

示した。A1 と A2 の相関分析では正の相関 ($r = 0.957, p < 0.05$) が認められ、回帰分析により $Y = 0.8680X + 402.9244, R^2 = 0.916$ が求められた。

2 種の測定法の変動係数の平均値と標準偏差を表 3 に示した。変動係数は A1 が 0.014 ± 0.005 (range ; 0.009 ~ 0.022), A2 は 0.043 ± 0.011 (range ; 0.029 ~ 0.060) であり、A2 に比し、A1 は有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。

表 1 対象者の身体特性

	A	B	C	D	E	平均と標準偏差
年齢 (age)	46	43	14	12	10	25.0 ± 17.9
性別 (sex)	M	F	F	M	F	
身長 (cm)	171.5	160.0	152.0	162.0	135.0	156.1 ± 13.7
体重 (kg)	61.4	52.3	44.4	47.8	26.0	46.4 ± 13.1
BMI (kg/m ²)	20.9	20.4	19.2	18.2	14.3	18.6 ± 2.6

表 2 分極前電流 (BP) の連続 10 回測定値

	A		B		C		D		E	
A1 (μA)	2751.5 ±	43.6	2495.0 ±	55.7	2284.1 ±	22.4	2449.4 ±	22.6	2009.1 ±	26.5
A2 (μA)	2728.0 ±	124.4	2643.2 ±	102.8	2308.8 ±	95.0	2601.6 ±	74.5	2140.0 ±	127.8

A1 : アミカ, A2 : プリケアナディ (平均値 ± 標準偏差)

表 3 分極前電流 (BP) の連続 10 回測定値の変動係数

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
A1	0.014**	0.005	0.022	0.009
A2	0.043	0.011	0.060	0.029

A1 : アミカ A2 : プリケアナディ
** $p < 0.01$ vs. A2 (paired t test)

IV. 考察

2種の機器による繰り返し測定値間には強い相関が認められ ($r = 0.957$), 回帰式における寄与率は高かった ($R^2 = 0.916$)。このことより A2 に対する A1 の良好な測定の信頼性が認められ, A1 の測定結果は A2 にみられた BP の増減によく反映するものと考えられる。

繰り返し測定の変動係数は A1 が, A2 に比し, 有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。この原因について測定機器に考えられる要因を考察する。電気インピーダンス法は人体皮膚へ通電するために, その測定には電極-皮膚間の電気抵抗が影響を及ぼすと考えられる。A1 では皮膚と電極の間に電解質を含んだ水分が被膜を作り密着度が高まるために常時電気抵抗が安定していると考えられる。一方, A2 において用いられる銀箔-ゲル電極は測定中の時間経過に伴って銀箔に覆われていない部分のゲルが外気へ露出しているために自然乾燥が避けられない。さらに 1 回の測定毎にゲル電極へのプローブの接触圧が変われば柔らかいゲルは変形して皮膚と電極の接触面積が増減することも考えられる。これらのことにより, ゲル電極を用いる A2 は同一箇所の繰り返し測定において電気抵抗が変動しやすいと考えられる。

次に測定中の対象者における生理的な変動要因について検討する。皮膚の等価回路はコンデンサ (C) と抵抗器 (R) とで構成される CR 回路が知られているが, この回路の初期電流量は抵抗値 R によって決まるとされる (13)。この抵抗値 R は①導電部位の素材 (導電率), ②導電部位の経路の長さ, ③導電部位の断面積の 3 つの要因によって決定される。本研究における測定では健常者を対象にして同一部位を連続 10 回繰り返し測定しているため, 上記①については生体の恒常性により測定中における真皮層の間質液イオン濃度は

ほぼ一定であり導電率に変化はないと考えられる (11)。また, ②についても関電極-不関電極間の距離は不変であるため経路の長さは測定中を通して一定であると考えられる。よって, ゲルの乾燥やプローブの接触圧の変動などの測定機器を原因とする抵抗値の変動要因を除けば, ③の間質液の水分量の増加・減少が抵抗値を減少・増加させることによって BP 値を増加・減少させると考えられる。このことと本山の 2 回繰り返し測定の結果より, 今回の実験において 2 種の測定機器に認められた BP の変動は直前の測定による生体への侵襲による影響ではなく, 間質液の水分量の変動すなわち東洋医学でいう経絡における気の流れの変動が含まれていると考えられる。

気の流れの速さについては長浜ら (12) によると秒速 15.2 ~ 48.1 cm, 本山 (10) によると秒速約 4 ~ 5cm から 50 cm と報告されている。「気」は流れであり秒単位で変動する間質液の量であるとすれば, BP の値は繰り返し測定においても変動しているために毎回の測定値に反映されるのではないかと思われる。このことより A1 は A2 より BP の変動をより誤差が少なく測定可能な機器であると考えられる。

今後の課題としては A1 の測定精度をより高めるために気の流れを反映する真皮の変動する水分量の定量的測定を行う一方, 表皮の電気抵抗による測定値の変動を可能な限り小さくする方法を検討することである。

V. 結語

健常者 5 名を対象に単一矩形パルス法 2 種による BP を 10 回繰り返し測定を行い, 測定値間の相関と変動係数により信頼性を検討した。単一矩形パルス法による BP は 2 種の測定値間に高い相関が認められた。測定値の変動係数は A1 が A2 と比較して小さかった。A1 は A2 と比較して

測定値のばらつきがより小さく，測定精度の信頼性が高いことが示唆された。これらのことより，アミカ (A1) はプリケアナディ (A2) と比較して，気の虚実と継時的な気の流れの変動をより精度よく測定することが可能であり，東洋医学の臨床における診断と鍼灸治療の効果判定に有用な測定機器であると考えられる。

謝辞

稿を終えるに当たり，測定に快くご協力いただきました被検者ならびに総合病院一心病院リハビリ科の皆様へ深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 伊藤公紀 (1997) 矩形波電圧法による人体に対する外部刺激効果の解析. 国際生命情報科学会誌 15 : 293-300.
- 2) 神戸中医学研究会編 (1995) 基礎中医学. 燎原, 東京, pp99-101.
- 3) 本山博 (2009) 気の科学. 宗教心理出版, 東京, pp6-10.
- 4) 本山博 (1974) 経絡—臓器機能測定について. 宗教心理出版, 東京, pp78-79.
- 5) 本山博 (1974) 東洋医学 気の流れの測定・診断と治療. 宗教心理出版, 東京, pp13-23.
- 6) Motoyama,H., Smith,WT.& Harada,T. (1984) Pre-Polarization Resistance of the Skin as Determined by the Single Square Voltage Pulse Method. Psychophysiology 21 : 541-550.
- 7) Motoyama,H. (1986) Before Polarization Current and the Acupuncture Meridians, Journal of Holistic Medicine 8 : 15-26.
- 8) 本山博, 小林啓介, 板垣美子 (1990) AMI 測定電流の波形解析とその意味. 生命物理研究 1 : 1-14.
- 9) 本山博 (1997) 東西医学による診断の比較.

宗教心理出版, 東京, pp58-66.

- 10) 本山博 (1988) AMI による神経と経絡の研究. 宗教心理出版, 東京, pp26-28.
- 11) 本山玉城 (2008) 矩形波応答による経絡の研究 (1) 初期電流の特性. 東方医学 24 : 1-9.
- 12) 長浜善夫, 丸山昌朗 (1950) 経絡の研究. 杏林書院, 東京, pp33-35.
- 13) 小澤孝夫 (1980) 電気回路Ⅱ (過渡現象・伝送回路編). 昭晃堂, 東京, pp1-7.
- 14) 曾野維喜 (1993) 東西医学 - 基礎と臨床応用 -. 南山堂, 東京, pp5-7
- 15) 高木健太郎, 山村秀夫監修 (1984) 東洋医学を学ぶ人のために. 医学書院, 東京, pp5-9
- 16) 吉村晴光編 (1989) 東洋医学の科学的解明に関する調査 (昭和 63 年度) 成果報告書. 科学技術庁研究開発局, 東京, pp11-15

編集後記

昨年（2012年）4月に一期生を迎えて、はや1年が過ぎました。この一年間、図書紀要委員会は、図書館の充実と本学紀要第1巻の刊行をめざして活動してきました。図書館については、専門書だけでなく、平凡社大百科事典をはじめ日本語・外国語の辞書類をそろえて、学習環境の充実をはかりました。また、学生が理学療法士・作業療法士として育っていくとともに、人間として大きく成長していくことを願い、思想、哲学、文学、歴史、美術などの書籍も拡充しました。本との出会いは、その人の人生に何らかの影響を与えます。紀要についても無事刊行の運びとなりました。第1巻は、幕末の吉田久庵までさかのぼる、本学の歴史から始まります。つづけて一般臓性感覚系についての総説、森林浴に関する総説、保健医療系大学における学修支援の検討、そして理学療法分野の3論文が掲載されています。来年度は本学特定研究の成果も報告され、さらに充実した内容になると確信しています。また、本学における教育についても、実習を中心に順次紹介する予定です。

2013年3月吉日 加藤 昌克

図書紀要委員会

加藤 昌克（図書館長、紀要編集長）、吉本 正美、近藤 照彦、三浦 香織、羽田 圭宏、岩田 萌

紀要論文査読者

浅沼 辰志、内田 学、岡田 守弘、金子 誠喜、加藤 昌克、近藤 照彦、佐久間 康夫、曾根 幸喜、武田 淳史、羽田 圭宏、吉井 智晴、吉本 正美

東京医療学院大学図書紀要委員会

〒206-0033 東京都多摩市落合 4-11

☎ 042-373-8118 FAX:042-373-8111

URL: <http://www.u-ths.ac.jp/>

東京医療学院大学紀要投稿規定

本誌には次のものを掲載する。

原著、総説、その他編集委員会が依頼あるいは認めたもの。

投稿者は原則として本学教職員とする。なお、実験動物を使った研究、臨床研究およびボランティアを使った研究は、本学あるいは各専門分野で定められた実験指針及び基準を満たし、本学研究倫理委員会で承認されたものでなければならない。

原著・総説

原稿は15000字以内とする。図・表・写真はそれぞれ1枚と数え、本文も含めてA4版15枚以内。本文は和文とし、英文抄録を付す。和文はMS明朝、英文はTimes New Romanを使用する。原稿はワード、図・表・写真はパワーポイント、エクセル等で作成する。図・表・写真は原則として白黒とする。単位は国際単位系(SI)を用いるが、慣用的に使われているものは認める場合もある。

自然科学系の原著論文の構成

- 1) 表紙、抄録(和文500字、英文300ワード以内)、Key words(5個以内)、緒言、材料と方法、結果、考察、文献、図・表・写真の説明、図・表・写真。英略語を使用する場合は初出箇所でもfull spellと和訳を記す。さらに略語一覧を1ページ目脚注として記載する(略語、full spell、和訳)。
- 2) 表紙：表題・著者名・所属(和文)、表題・著者名・所属(英文)、連絡先。
- 3) 文献
アルファベット順(和英とも)、一連の番号をつけて、本文中での引用は、次のように番号で示す。
……………(1)。 ……………(2, 5, 9) ……………。 ……………(5-10)。

著者名は全員を記載。

雑誌名は省略せずフルスペルで。

- 1) 著者名1, 著者名2(発行年) タイトル. 雑誌名 巻: 始頁-終頁.
- 2) 著者名1, 著者名2(発行年) タイトル. 単行本名. 出版社名, 都市名 pp 始頁-終頁.

文献の記載例

- 1) 吉田久庵(1890) 線状揉みについて. 吉田流あん摩塾紀要 1: 1-10.
- 2) Yoshida K (2005) Physiological responses to modified Yoshida-ryu anma massage. Bulletins of Yoshida-Ryu Anma Juku 110: 50-60.
- 3) Yoshida K (2006) Yoshida-Ryu Anma-Jutsu. Edo Shuppan, Tokyo, pp 25-30.

社会科学・人文科学系の論文

論文の構成は、材料と方法・結果・考察の構成をとる必要はなく、各学問分野の形式を踏襲する。その他は上記の自然科学系に従う。

原稿は東京医療学院大学紀要編集委員会(図書紀要編集委員会内)に提出する。

投稿論文は委員会の指定した審査員が査読し、その結果を踏まえて紀要編集委員会が採否を決定する。

紀要編集委員会(図書紀要委員会内)(2012年6月、2013年3月改定)



University of
Tokyo Health Sciences