

〔原著論文〕

知覚運動学習におけるレミニッセンス現象： 休息时间における自律神経系の活動

阿部祥子¹⁾，吉村裕之²⁾

¹⁾ 聖カタリナ大学人間健康福祉学部看護学科

²⁾ 人間環境大学松山看護学部基礎看護学領域

(2019年9月10日受理)

【要旨】

【目的】本研究は、知覚運動学習課題としてコンピューター制御の鏡映描写を用い、レミニッセンス現象と自律神経系の活動状態の関連性を検討した。【方法】女子大学生を対象に、星形の鏡映描写を学習課題として、遂行中に心電図を連続的に記録した。その後、副交感神経系及び交感神経系の活動状態を周波数解析した。【結果】対象者38人を、レミニッセンス現象が認められた群 (R (+) 群; n=26) と認められなかった群 (R (-) 群; n=12) に区分した。心電図解析の結果、R (+) 群は、休息中に交感神経活動 (LF/HF) が高く、R (-) 群は、休息中に副交感神経活動 (HF) が低いことが判明した。【考察】本研究の結果、R (+) 群は休息中に言語指示と回想学習などを行い緊張状態にあり、R (-) 群は休息中に回想学習する緊張感がないことが推測された。今後、さらに課題の難度や言語指示の内容による変動を詳細に検討したい。

キーワード：鏡映描写法、レミニッセンス効果、心電図解析、交感神経系、副交感神経系

I. 緒言

鏡映描写法は、鏡に映る形を見ながら、鏡映像の枠内をはみ出さないよう鉛筆で辿るもので、鏡映像の視覚刺激と図形の枠内を辿る手指の運動を協応させることから、古くから実験心理学において知覚運動学習の成立過程や達成意欲の研究に用いられてきた (吉村, 2018)。近年、実験心身医学や臨床薬理学の領域にも導入され、課題遂行成績が被験者の不安や緊張など情動と密接に関連することから、抗不安薬の薬効評価や、心臓神経症を予測するのに援用されている (Matthews et al., 1998)。また、このような知覚運動学習は、被験者に作業負荷による急性ストレスを惹起させるとの観点から、精神薬理学の分野でも活用されている (Nakano et al., 1978)。

このような知覚運動の学習過程において、試行間に適切な休息時間を設けると、その直後の試行成績が休息前の試行成績よりも改善されるレミニッセンス現象が観察される。しかし、レミニッセンス現象を発現しない個体や、逆に、休息直後の成績が直前の成績よりも悪くなる個体もみられ、この差は、休息時間にそれまでの試行を想起して試行成績を良くしようとしたか、漫然と休息して回想学習をしなかったか、すなわち、学習課題を達成しようとする意欲 (やる気) の差が反映したものと考えられている (吉村,

2018)。知覚運動学習には注意力や集中力が必要であり、試行中に誤反応を少なくして、課題を早く達成しようとする緊張感が存在する。

自律神経系の高位中枢は、精神的な緊張状態あるいは安楽状態と密接な関係を持ち、出力される交感神経系と副交感神経系は自律器官に相反する神経支配をしている。代表的な自律器官である心臓は、心電図記録を周波数解析することにより、交感神経 (LF/HF と略) と副交感神経 (HF と略) の活動状況が測定できる。この方法を用いれば、鏡映描写における知覚運動学習の途中で休息時間を設け、レミニッセンス現象の有無と自律神経系の活動を解析すれば、被験者の内的状態を知る手掛かりが得られ、学習意欲の高い者と低い者の特性が判明できるのではないかと考えた。鏡映描写の成績と被験者の不安水準との関連性については、不安水準が低い群が、不安水準が高い群よりもエラー回数が少なく、作業は速いことが報告 (熊井, 1979) されているが、自律神経系の活動性についてはほとんど報告されていない。そこで、本研究では、知覚運動学習におけるレミニッセンス効果の有無あるいは休息時間における自律神経系の活動状態を検討した。

II. 研究方法

1. 対象

本研究の目的と方法及び得られた資料の取り扱いについて、文書及び口頭で十分に説明し理解を得た上で、文書によって同意が得られた女子大学生38名(22.3±0.7歳)を対象とした。なお、これまでに、コンピューター制御の鏡映描写装置を制作途上で経験していた者は、除外した。

2. 鏡映描写装置

本研究では、新たに開発したコンピューター制御できる鏡映描写装置を用いた(吉村, 2018)。対象に休息時間の前後に3試行してもらい、休息時間の直前と直後の試行成績を比較して、レミニッセンス現象を判定した(以下、現象が認められた群をR(+群, 認められなかった群をR(-群と略)。鏡映描写法は、提示された図形を一周してゴールに到達するまでの時間を指標とする作業制限法と、制限時間内にどれだけ図形を辿れるかを指標とする時間制限法があるが、本研究では、到達目標が明確で疲労の影響が少ない作業制限法を採用した。

被験者が、画面の図形を見ながら、タブレット(WACOM社製, UD-1212-RSR)上で電子ペンを上下左右に動かすと、画面上に軌跡が黒い線で描かれるよう、ディスプレイおよび端末コンピューター(NEC社製, VALUESTAR G)と、実験制御コンピューター(NEC社製, Express 5800)をLAN構成した。図形を提示する画面の背景色は、練習試行中は薄緑色(残り時間とともに背景色が減少)、テスト試行中は白色を用い、図形の色は暗緑色、枠の幅は24ピクセル(約6mm)、五角形の星形(周辺長45cm)を画面中央に提示した。図形の枠線をはみ出すと、警告音と共にその箇所に黄緑色の○印(直径約4mm)が示され、同時に「図形からはみ出ました。緑の丸に戻ってください。」というエラーメッセージが提示される。被験者のペン先がタブレットから浮いた場合にも、「ペンが浮きました。ペンを置いて緑の丸に戻ってください。」という表示が提示される。はみ出た軌跡は赤い線となるが、緑色の○印内で図形の枠内に戻ると、○印は緑色から青色に変わり、そこから再び黒い線で辿ることができる。図形の頂点を出発点として、左右どちら廻りでも元の位置に戻ればゴールとなる。

実験では、エラー時間(図形の枠線を外れてから、再び逸脱点まで戻るのに要した時間を試行ごとに累積したもの)、エラー回数(図形の枠線から外れた回数)、ゴールまでの到達時間を指標に選び自動計測した。なお、実験室(広さ3.4 m×3.0 m)は、温度25±2℃を保ち、鏡映描写実施時のタブレット上の照度は約550ルクスであった。

実験者は、実験室に隣接する制御室から、実験室上部に設置したビデオカメラで被験者をモニターして、図形の提示、操作の指示、言語指示などを録音テープからスピーカーにより聞かせ、バイアスの関与を除外した。

3. 心電図の測定

ベッドサイドモニター(BSM-2351, 日本光電社製)により心電図を測定し、インターフェイス(PowerLab4/25, AD Instruments社製)を介して、パソコン(LaVie G, NEC社製)に記録し、解析ソフト(Chart 5 for Windows, AD Instruments社製)により解析した。心電図中のR波を明確に測定するために、胸部第2誘導法(右鎖骨下, 左鎖骨下, 左第5肋骨上に心電図モニター用ディスボ電極Gビトロードを貼付)を用いた。周波数解析は、LFは0.04Hz以上0.15Hz未満, HFは0.15Hz以上0.40Hz未満の周波数とし、HFを副交感神経系, LF/HFを交感神経系の活動の指標とした。なお、心電図測定は、安静時を含め課題学習が終了するまで連続的に記録した。

4. 実験手続

被験者には、実験前1時間は飲食を控えること、実験前に激しい運動を避けること、排泄は済ませておくことなどを予め説明し、実験直前にチェックリストで確認した。実験室内にて、心電図モニターの電極装着後、被験者は、属性質問紙に解答し、その後(入室から約30分後)3分間の安静を保った。次に、被験者に装置の前に着席してもらい、実験者は制御室に退室した。予め録画していたビデオにて、被験者に図形描写の方法、電子ペンの操作方法を説明した。まず、録音していた指示に沿って、練習1分間の後、続けて前半3試行及び後半3試行の計6回実施した。本研究では、練習試行は被験者の電子ペンの動きと同じ軌跡が描けるが、実験試行では、被験者の電子ペンの動きと上下逆の軌跡(鏡映像)が画面上に描かれるように設定した。その際、前半と後半の間には3分間の休息時間を置いた。実験試行前に課題として、「できるだけ速く、正確に星型を一周してゴールインすることをめざして下さい」、休息開始時には「これまでの3回を思い浮かべて、どのようにすれば、速く正確にゴールインできるかを考えて下さい」と言語指示を行った。なお、実験中に必要となった指示は、すべて隣接する制御室からマイクを通して行い、実験室への入室を避けた。

5. 統計解析

統計解析には、統計処理ソフトSPSSを用い、ノンパラメトリック法を採用した。対応のある群内比較にはFriedman testを用いて分散分析を行い、有意差が認められた場合は、対間比較をWilcoxon matched-pairs signed-ranks testで行った。群間比較にはMann-Whitney U-testを適用した。いずれの場合においても、有意水準は5%以下とした。

III. 結果

1. 鏡映描写テスト

1) R(+群(図1))

休息の直前（第3試行）と直後の試行（第4試行）を比較すると、第4試行はエラー時間が有意に短く ($z = -4.372, p < 0.01$), エラー回数も少なく ($z = -4.375, p < 0.01$), ゴールに到達するまでの時間は有意に短かった ($z = -4.153, p < 0.01$).

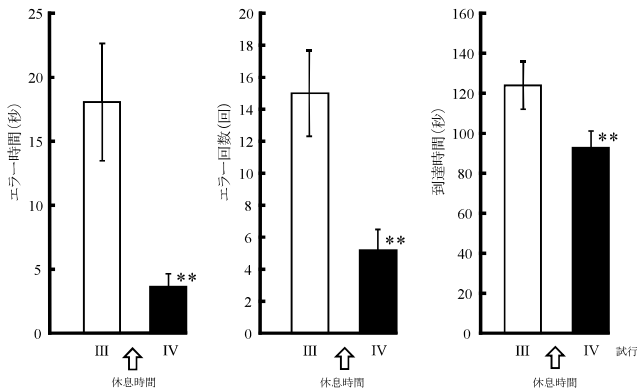


図1. R (+) 群における鏡映描写テストの成績
** $p < 0.01$; 第III試行と第IV試行との間に有意差 ($n=26$)

2) R (-) 群 (図2)

休息の直前（第3試行）と直後の試行（第4試行）を比較すると、第4試行はエラー時間が有意に長く ($z = -2.197, p < 0.05$), エラー回数も有意に多くなっていった ($z = -2.260, p < 0.05$). ゴールに到達するまでの時間には、有意差が認められなかった.

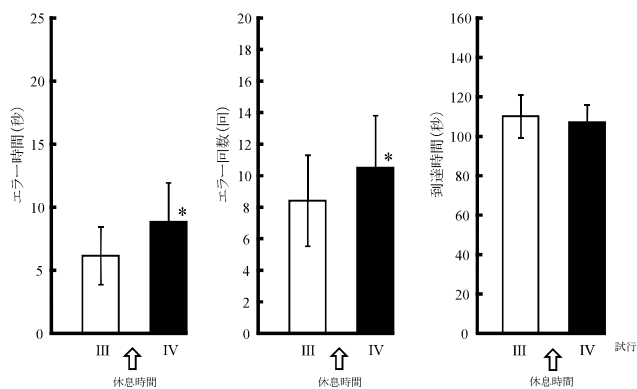


図2. R (-) 群における鏡映描写テストの成績
* $p < 0.05$; 第III試行と第IV試行との間に有意差 ($n=12$)

2. 心電図の解析

1) LF/HF (図3)

交感神経系活動の指標として用いられるLF/HFでは、R (+) 群において、休息中が休息直前 ($z = -2.019, p < 0.05$) や休息直後 ($z = -4.051, p < 0.01$) の試行時に比べて有意に高かったが、R (-) 群では、有意差は得られなかった。群間の比較では、休息直前や休息中の値に有意差は認められなかったが、休息直後の試行において、R (-) 群がR (+) 群よりも有意に高かった ($z = -2.104, p < 0.05$).

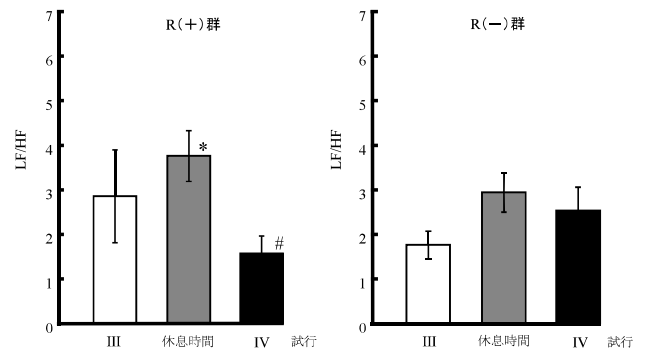


図3. 鏡映描写テストにおける交感神経活動(LF/HF)の変化
* $p < 0.05$; 第III試行と休息時間との間に有意差.
$p < 0.05$; 休息時間と第IV試行間との間に有意差

2) HF (図4)

副交感神経系活動の指標として用いられるHFは、R (+) 群において、休息直前の試行と休息中あるいは休息直後の試行との間では有意差がなかった。しかし、休息直後と休息中を比較すると、休息直後が有意に低かった ($z = -1.968, p < 0.05$). R (-) 群では、逆に、休息直前の試行と休息中との間で有意差が認められた ($z = -2.667, p < 0.05$). 群間の比較では、休息前後の試行、休息中いずれの過程においても、R (+) 群とR (-) 群の間で有意差は認められなかった.

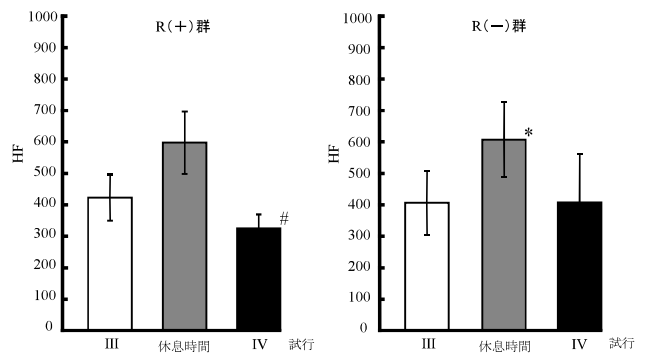


図4. 鏡映描写テストにおける副交感神経活動(HF)の変化
* $p < 0.05$; 第III試行と休息時間との間に有意差.
$p < 0.05$; 休息時間と第4試行との間に有意差

3) 心拍数 (図5)

1分間の平均心拍数は、R (+) 群において、休息直後の試行時が休息直前の試行時 ($z = -2.261, p < 0.05$) 及び休息中 ($z = -2.045, p < 0.05$) に比べて有意に高かった。R (-) 群では、休息中が休息直前の試行時よりも有意に低かった ($z = -1.961, p < 0.05$). 群間の比較では、休息前後の試行、休息中いずれの過程においても、R (+) 群とR (-) 群の間で有意差は認められなかった.

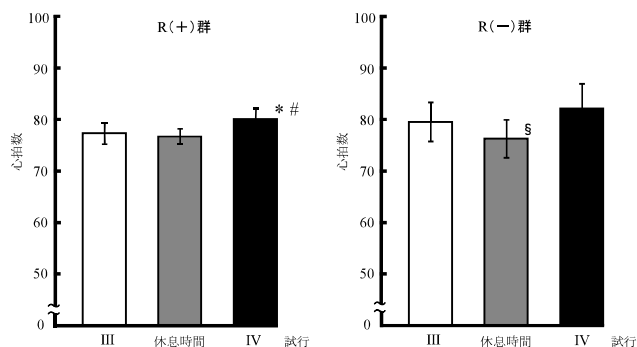


図5. 鏡映描写テストにおける心拍数の変化
 * p<0.05; 第Ⅲ試行と第Ⅳ試行との間に有意差.
 # p<0.05; 第Ⅲ試行と第Ⅳ試行との有意差.
 § p<0.05; 第Ⅲ試行と休息時間との間に有意差

IV. 考察

自律神経系の活動状態は、交感神経系の活動が高いと不安・緊張・焦燥感など情動性と密接に関連し、副交感神経系の活動が高いと安楽・緩和・くつろぎ感などに関連することは周知の事実である。しかし、課題学習の成立過程、とくに回想学習をする試行間の休息時間に自律神経系が如何に変動するのか、さらにレミニッセンス効果が発現する者と発現しない者とは異なるのかなどは、ほとんど研究されていなかった。鏡映描写による知覚運動学習は、視覚刺激と手指の運動との協応から成り立つが、さらに被験者のペンの動きが上下逆に軌跡が示されることから、提示された星形図形の枠内からはみ出さないように辿る試行中には、注意力と集中力が必要となる。本研究では、到達目標が明確となるように、出発点から星形を辿り、再び出発点に戻るまでの時間を課題遂行の指標とする作業制限法を採用した。さらに、実験試行前に、「できるだけ速く、正確に星型を一周してゴールインすることをめざして下さい」と言語指示を行った。これによって、被験者に、速く正確にゴールに戻ろうという緊張感と焦燥感が生じるものと考えた。また、前半3試行終了後の3分間の休息時間に、「これまでの3回を思い浮かべて、どのようにすれば、速く正確にゴールインできるかを考えて下さい」と回想学習を促す言語指示を与え、その後、後半3試行を行った。レミニッセンス現象に重要な鍵となる休息時間に、緊張状態を維持して第4試行で速く正確にゴールに到達しようと回想する意欲的な者と、緊張から解放され前半3試行の学習経験を顧みない者との差が反映するのではないかと仮定した。これを、休息時間における自律神経系の活動状況で客観的に捉えることができないか、が本研究の主題である。

被験者38人のうち、レミニッセンス現象が得られ、休息時間後の試行成績が良かった者(R(+))群は26人、逆に、休息時間後の試行成績が悪くなった者(R(-))群が12人であった。エラー時間は、R(+))群では第4試行が第

3試行よりも有意に短く、R(-))群では、逆に有意に長くなっていた。しかし、休息直前の第3試行を比較すると、R(-))群の方がR(+))群よりも有意に短く、第3試行の成績はR(-))群の方が良かった。R(+))群は、第3試行と比較して第4試行の成績が向上し、R(-))群は低下していた。今回の実験の結果では、38人中12人の被験者にレミニッセンス現象が認められず、休息時間直後の試行成績が悪くなっていた。Kitanaka et al. (1978) は、統合失調症患者の場合に低いレミニッセンス現象しか現れないことを報告し、患者の学習障害の背景要因として、意欲の欠如を挙げている。しかし、本研究における休息直前のエラー時間、エラー回数、到達時間の各試行成績を、R(+))群と比較したところ、エラー時間においては有意差が得られるほどに成績が良く、また、エラー回数や到達時間においても、有意差は得られないものの、R(-))群の方が、R(+))群のそれよりも良かった。松坂(1964)は、レミニッセンス現象が記憶学習や運動学習ともに、学習の程度が不完全な場合に見られる現象であり、学習の程度が著しく低い状態では、休息による向上の余地は少なく、また、学習の程度が高くなって限界に近づけば、休息による向上の余地は少なくなることを指摘した。本研究では、瀬戸(2005)の先行研究で明らかとなった、顕著なレミニッセンス現象が得られる実験条件を用いたが、R(-))群が、休息直前の試行成績が良すぎたために、レミニッセンス現象が得られず、成績がほとんど向上されることがなかった可能性も否定できない。

一方、R(+))群は、休息時間中に交感神経系の活動が有意に上昇し、休息時間直後の第4試行では有意に低下していた。この休息中の交感神経系の活動亢進は、休息時間中に回想学習に集中し精神活動が亢進していたことを示唆している。あるいは、休息直前の試行成績が良くなかったことを思い出し、休息直後の試行に対して不安や緊張を抱いた可能性も除外できない。また、R(+))群では、副交感神経系活動の指標が第4試行で低下していた。Berntson et al. (1996) は、課題が注意を伴う場合に心臓迷走神経系活動が亢進する可能性があり、この典型とみなされているのが、課題遂行時に図形への強い注意が生じる鏡映描写であると述べている。しかし、なんらかの付加条件が加わり、能動的対処や認知的努力が要求される度合いが高まると、交感神経系の反応性が増大され、迷走神経系活動の亢進が妨害されることになる。したがって、R(+))群の休息直後の第4試行で副交感神経系活動の指標が低下したのは、休息時間直前の成績よりも良い結果を出そうとして認知的努力が増大した結果であるとも考えられる。また、実験開始時と休息時間開始時に言語指示したことも、心理的影響を及ぼしていたのかも知れない。このことは、R(+))群の休息直後の試行における心拍数が、休息直前の試行時

や休息中よりも有意に高くなっていたという結果からも推察される。一方、R (-) 群においては、交感神経系活動の指標に有意差は認められなかったが、副交感神経系活動の指標が休息時間中に有意に上昇しているという結果が得られた。すなわち、レミニッセンス効果を発現しなかった者は、休息時間中に回想学習をあまり行わなかった可能性があると考えられる。R (-) 群の休息中の心拍数が試行時より低いことから、休息時間中は回想学習よりも休息していた可能性がある。

V. 結語

1. コンピューター制御の鏡映描写装置を用いたが、レミニッセンス効果が発現した群26人と、発現しなかった群12人が得られた。レミニッセンス現象を発現した群では、エラー時間、エラー回数、到達時間、すべてにおいて休息時間後に有意な成績改善が見られたが、レミニッセンス現象を発現しなかった群では、到達時間にわずかな成績改善がみられた以外はすべて有意に成績が悪くなっていた。
2. レミニッセンス現象を発現した群の自律神経系活動の状況は、休息直前の試行よりも休息中の方がLF/HFが有意に高くなり、休息直後の試行ではLF/HF、HFがともに休息中よりも有意に低下、心拍数は有意に上昇していた。
3. レミニッセンス現象を発現しなかった群の自律神経系活動の状況は、休息直前の試行よりも休息中にHFが有意に高く、心拍数が有意に低くなっていたが、休息中と休息直後の試行の間では、LF/HF及びHF、心拍数いずれにおいても有意差は認められなかった。

本研究の成果は、レミニッセンス現象の少なくとも一部が、自律神経系の活動と密接な関係があることを示唆している。今後、学習課題の難易度も含め、自我状態や情動性との関連などの検討を進めたい。

文 献

- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C., Cohen, R.J. (1981) Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213 (4504) : 220-222.
- 青山宏, 青山真美, 小野武也, 境信哉, 村井真由美, 山内祐一 (2000) 心理ストレス負荷時の作業遂行に影響をおよぼす要因について—ストレス関連疾患患者についての検討—, *山形保健医療研究*, 3 : 29-33.
- Berntson, G.G., Cacioppo, J.T., Fieldstone, A. (1996) Illusions, arithmetic, and the bidirectional modulation of vagal control of the heart. *Biological Psychology*, 44 : 1-17.
- 早野順一郎 (2001) 心拍変動による自律神経機能解析, 循環器疾患と自律神経機能 第2版 (井上博編), 71-109, 医学書院, 東京.
- 石村貞夫 (1995) SPSSによる統計処理の手順, 東京図書株式会社, 東京.
- Karen, A. Matthews, Jane F. Owens, Lewis H. Kuller, Kim Sutton-Tyrrell, Holly C. Lassila, and Sidney, K. Wolfson (1998) Stress-induced pulse pressure change predicts women's carotid atherosclerosis. *Stroke*, 29 : 1525-1530.
- 木下富雄, 上里一郎, 中谷和夫, 難波精一郎, 辻敬一郎 (2000) 教材心理学 第4版, ナカニシヤ出版, 京都.
- Kitanaka, I., Ogawa, N., Yoshimura, H., Miyamoto, M. (1978) The Impairment of Reminiscence Phenomenon in the Percept-Motor Learning in Schizophrenic Patients. *Folia Psychiatrica et Neurologica*, 32 (4) : 471-477.
- 熊井桂子 (1979) 知覚・運動学習に及ぼす不安の効果, *旭川医科大学紀要*, 1 : 43-56.
- 松坂末三 (1964) 練習量および休止時間間隔のレミニッセンスに及ぼす効果, *教育心理学研究*, 12 (2) : 92-96.
- 水口公信, 下仲順子, 中里克治 (1991) 日本版STAI使用手引, 三京房, 京都.
- 長野祐一郎 (2002) 鏡映描写時における圧反射感度の変化: 課題難易度の影響, *生理心理学と精神心理学*, 20 (3) : 233-239.
- Nakano, S., Gillespie, H.K., Hollister, L.E. (1978) A model for evaluation of anxiety drugs with the use of experimentally induced stress : Comparison of nabilone and diazepam. *Clinical Pharmacology and Therapy*, 23 (1) : 54-62.
- 中塚晶子 (2002) 閉経周辺期症状の自己評価と客観評価に関する健康科学的研究, 愛媛大学大学院医学系研究科修士論文.
- 岡本敏雄 (1977) 状態不安—特性不安のパターンによる学習行動の差異の検討—プログラム学習時において—, *教育心理学研究*, 25 (2) : 85-96.
- 大久典子, 半沢秋帆, 菊池亜紀子, 山家智之, 吉田克己, 賀来満夫 (2002) 計算負荷とゲーム負荷による心拍変動解析, *自律神経*, 39 (2) : 204-209.
- 瀬戸裕美 (2005) 知覚運動学習の応用による意欲を客観的に測定する方法論の開発, 愛媛大学大学院医学系研究科看護学専攻, 修士論文.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996) Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17 : 354-381.
- 横山和仁, 荒記俊一 (2000) 日本版POMS手引, 金子書房, 東京.
- 吉村裕之 (2018) 知覚運動学習におけるレミニッセンス現象を用いた学習意欲「やる気」の測定法, *健康生活と看護学研究*, 1 : 7-12.

【付記】 本研究に利益相反関係は存在しない。

Abstract: *A reminiscence phenomenon appearing in percept-motor learning: A possible correlation with activity of autonomic nervous system.* Journal of Nursing Science in Human Life, 2:7-12 (2019). Sachiko Abe¹⁾ and Hiroyuki Yoshimura²⁾ (Department of Nursing¹⁾, Faculty of Human Health and Welfare, St. Catherine University and Fundamental Nursing Laboratory, Faculty of Nursing Sciences at Matsuyama Campus, University of Human Environments).

We investigated a possible relationship between reminiscence phenomena observed in percept-motor learning using a computer-controlled mirror drawing and activity of autonomic nervous system. Subjects were female university students and used the star-shaped mirror drawing as a learning task. We recorded continuously electro-cardiogram of subject, and later time, analyzed the activity of parasympathetic and sympathetic nervous system by means of frequency analyzer. Thirty eight subjects were divided into two groups: a group in which the reminiscence phenomena was positive (R (+) group; n = 26) and a group in which the reminiscence phenomena was negative (R (-) group; n = 12). Electrocardiogram analysis indicated that sympathetic nervous activity (LF/HF) during resting period was significantly high level in the R (+) group, while parasympathetic nervous activity (HF) during resting period was significantly high level in the R (-) group. Interestingly, heart rate of R (+) group was reliably high in the fourth trial comparing with the third trial and resting period, whereas heart rate of R (-) group during resting period was significantly lower than that of the third or the fourth trial. These findings suggest that the balance of autonomic nerve activity during resting period might play an important role in mediating the reminiscence phenomenon. Based on the present results, we will elucidate the effects of difficulty of the task and verbal instruction.

Keywords: percept-motor learning, reminiscence, sympathetic nerve, parasympathetic nerve, electrocardiogram