能動的対処は圧反射感度を抑制するか¹⁾

札幌医科大学心理学教室

長野 祐一郎

Does active coping suppress baroreceptor reflex sensitivity?

Yuichiro NAGANO

Department of Psychology, Sapporo Medical University,
South 1 West 17, Chuo-ku, Sapporo, 060-8556, Japan

Recently, baroreceptor reflex sensitivity (BRS) has been the focus of much attention as a noninvasive index of cardiac vagal activity. BRS is known to be suppressed in the defense reaction and is expected to be so in active coping. In this study, two mental arithmetic tasks were employed as active coping, and suppression of BRS was assessed. Namely, a group of 13 undergraduates executed serial subtraction, and another 13 answered arithmetic questions on a computer display. These two tasks were classified as internally vs. externally generative type (IGT vs. EGT), based on the nature of the stimulus presentation. Systolic blood pressure (SBP) and heart rate (HR) were measured continuously, and BRS was calculated from SBP recordings by the sequence scanning method (Bertinieri et al., 1985).

Results indicated that in the IGT task, a significant suppression of BRS took place, though moderate elevations of SBP and HR were observed. In contrast, in the EGT task a tendency of suppression of BRS was accompanied by remarkable elevations of SBP and HR.

These contradictory results were attributable to the subjects paying greater attention to the external stimulus in the EGT task than the internal stimulus of the IGT task.

Key words: Active coping, mental arithmetic, baroreceptor reflex sensitivity, cardiac vagal activity, attention

【要 約】 近年、非侵襲的な心臓迷走神経活動指標として、圧受容体反射感度 (BRS) が大きな注目を集めつつある。BRSは、防衛反応時に抑制されるため、能動的対処においても同様に抑制される事が期待される。本実験では、能動的対処課題として二種の暗算課題が用いられ、両課題により生じるBRSの抑制の度合いが評価された。すなわち、13名の大学生が連続引き算課題を行い、また、別の13名がコンピュータディスプレイ上の計算問題に回答した。これら二つの課題は、刺激の提示方式の違いにより、内部生成型 (IGT) 対外部生成型 (EGT) に分けられた。収縮期血圧 (SBP) と、心拍数 (HR) が連続的に計測され、SBP記録からBRSが、Bertinieri et al. (1985) のシーケンス検索法を用いて算出された。

結果からは、IGT課題では、SBPとHRの上昇は少量であるにもかかわらず、BRSの有意な抑制が認められ、一方EGT課題では、顕著なSBPとHRの上昇があったが、BRSは抑制傾向を示すに留まった。このような矛盾した結果は、EGT課題における外部刺激への注意集中により生じたものであると考えられる。

はじめに

定常状態における血圧は、神経性、液性、局所性の様々な生理的制御機構により、ある一定の値に維持されているが、その中でも短期的な血圧調節機構として、最も重要な役割を果たすのが圧反射である。圧受容器を破壊した犬は、一過性に血圧が上昇すると同時に、血圧の変化が上昇下降ともに増大する(Edis, 1971)。このような事実から、圧反射系には、血圧の急激な変化を緩和する働きがある事が理解できる。

圧反射は、頸動脈洞、大動脈弓に存在する圧受容器(伸展受容器)を介して行われる。血圧が上昇すると、圧受容器が興奮し求心性のインパルスが増加し、その情報は延髄孤束核を介して循環中枢に伝えられる。すると、主として心臓迷走神経活動の亢進、副次的に心臓交感神経活動の抑制により心拍数が減少し、また、末梢の交感神経活動の抑制により末梢血管抵抗が減少し、血圧の降下を引き起こす。血圧が下降した場合は、逆の現象が生じる。

すなわち圧反射は、血圧の変動幅を小さくするためのネガティブフィードバック機構であり、血圧変化を緩衝するように働く。そしてその働き具合(一定の血圧変化に対する心臓血管系の応答の度合い)を評価したものが圧反射感度である。

通常圧反射感度を測定する場合は、その計測の容易さから、血圧対心拍数の関係から求められるが、圧反射の遠心路の内、心拍数の調節に関与するのは主に迷走神経であり、そのため圧反射感度は心臓迷走神経活動の特異的な指標となりうる(Bertinieri, di Rienzo, Cavallazzi, Ferrari, Pedotti, & Mancina, 1988; Kollai, Jokkel, Bonyhay, Tomcsanyi, & Naszlady, 1994)。同様の指標としては、呼吸性不整脈の評価が広く行われているものの、呼吸統制が必須となるため(Berntson, Bigger, Eckberg, Grossman, Kaufmann, Malik, Nagaraja, Porges, Saul, Stone, & van der Molen, 1997)、実験内容の制限される点が短所である。圧反射感度は、呼吸活動の影響を受けない(田中・澤田, 1994)ため、より広い範囲に適用可能である。

圧反射は、その性質から高血圧の発症機序に深く関与していると考えられ、圧反射感度は高血圧

症の病因究明という目的で計測されてきた。実際、圧反射感度は、高血圧、慢性心不全などの疾患、もしくは加齢に伴い慢性的に低下する。しかしそれ以外にも、精神的負荷により一過性に抑制される事が知られている。Robbe, Mulder, Ruddel, Langewitz, Veldman, & Mulder (1987)は、騒音を伴う暗算課題および記憶探索課題を用い、課題遂行中に圧反射感度の低下を見出した。また、Reyes del Paso, Langewitz, Robles, & Perez (1996)も、記憶探索課題により、圧反射感度が低下することを報告した。Steptoe & Sawada (1989)は、暗算課題および寒冷昇圧課題を用いた結果、暗算課題中のみ統計的に有意な圧反射感度の低下を見出し、またリラクセーション中には圧反射感度が上昇するとした。田中・澤田・藤井(1994)では、暗算課題および反応時間課題が用いられたが、暗算課題においてのみ統計的に有意な圧反射感度の低下が認められた。

また、精神負荷時だけでなく、運動中も圧反射感度は変化する。運動中は、圧反射による血圧調節は安静時よりも高圧側へ移動し、運動強度に応じて、感受性が低下する(Bristow, Brown, Cunningham, Howson, Petersen, Pickering, & Sleight, 1971; Mancina, Iannos, Jamieson, Lawrence, Sharman, & Ludbrook, 1978)。したがって、運動中は、血圧の上昇にもかかわらず、心拍数が上昇する。このような、精神負荷や運動時の変化は、反射経路が中枢からなんらかの修飾を受けた結果と考えられる。特に、防衛反応時には、圧受容器から入力を受ける孤束核ニューロンに視床下部が抑制的な影響を与える事が知られている(Gebber & Snyder, 1970; Hilton, 1963; Mifflin, Spyer & Withington-Wray, 1988)。このような事実は、運動反応時もしくは防衛反応時には、代謝要求に応じた適切な値まで、中枢が血圧を上昇させるように働く事を示唆し、精神負荷時に同様の反応が生じる事は興味深い。

能動的対処—受動的対処は、Obrist (1981)により提唱された概念であり、能動的対処には反応時間課題におけるショック回避パラダイム、受動的対処には嫌悪条件付けパラダイムがそれぞれ背景に存在する。努力次第ではショックを回避できる

場合、被験者は環境に対するコントロールをある程度持つことになり、このような場合、心拍数は増加する。逆に、環境に対するコントロールをなにも持たない嫌悪条件付け課題では、被験者の心拍数はしばしば減少方向への変化を示す。このように、能動的対処－受動的対処という概念は、環境に対するコントロールの有無という視点で表現される。

暗算課題は、結果が遂行者の努力次第という点で、明らかにコントロールが存在する。古くから多くの研究で用いられてきた経緯もあり、能動的対処課題の典型と言えよう。さらに、能動的対処時に生じる心臓血管系の反応が防衛反応のそれと類似していることから、暗算課題中には圧反射感度の低下が期待される。しかし、実際には暗算課題にもさまざまなタイプが存在し、刺激の提示・回答の方法などによって、心臓血管系に見られる反応は異なる(Linden, 1991)。特に、近年では実験機器のコンピュータ化が進み、暗算課題もコンピュータを用いた形式が一般的になりつつある。そのため、それらの手法が持つなんらかの要素が、心臓血管系に生じる反応に影響を与える可能性が考えられる。そこで、本研究では、出題形式の違いに注目し、比較的古くから用いられている連続引き算課題と、近年多く用いられるコンピュータを用いた暗算課題とを用意し、両課題に関して遂行中の圧反射感度変化を検討する。

方 法

実験 1（内部生成型暗算課題）

被験者は男女大学生13名（男性4名、女性9名、平均年齢24歳）であった。被験者は、実験の始まる前に教示を受け、5 minの安静の後、5 minの暗算課題を行った。課題内容は、1000から7ずつ引き続けるものであり、被験者は課題終了後、最終的な答えを実験者に報告した。課題中は沈黙したまま計算を行い、口頭による回答は一切行わなかった。したがって、最初の数が与えられた後は、被験者は自らの中で、新たな問題を生成する。このような特徴を踏まえ、実験1に用いた暗算課題を、内部生成型暗算課題と表現する。

実験 2（外部生成型暗算課題）

被験者は、実験1とは別の男女大学生13名（男性5名、女性8名、平均年齢21.8歳）であった。被験者は、実験の始まる前に教示を受け、5 minの安静の後、5 minの暗算課題を行った。課題内容は、コンピュータ画面に表示された計算問題（たとえば、 $10 \div (2 + 3) \times 8 - 7$ ）に対し、マウスを用い4肢選択で答えるという方式であった。問題は、10 s毎に1問ずつ表示され、10 s以内に回答できない場合は、不正解とした。また、コンピュータディスプレイ右上に、残り時間を表示し、正解の場合は正解音（「ピンポン」）、不正解の場合は不正解音（「ブザー」）を提示した。計算問題は、被験者の頭の中ではなく、外的環境、すなわちコンピュータにより生成されつづけるため、実験2に用いた計算課題を、外部生成型暗算課題と表現する。

実験1、実験2の、すべての区間において、被験者は座位、開眼状態を維持することを教示により指示された。

装置

日本電気三栄製 ポリグラフシステム360を介して、心電図（胸部誘導）および、血圧（日本コーリン JENTOW 7700）が連続的に記録された。生体情報は12 bitの分解能、1000 Hzの精度でAD変換された後、コンピュータのハードディスクに記録された。LabVIEW言語を用いたソフトウェアにより、心電図波形から心拍間隔（inter beat interval: IBI）の算出が、連続血圧波形から一拍毎に収縮期血圧（systolic blood pressure: SBP）、および拡張期血圧（diastolic blood pressure: DBP）の算出が行われた。独自に開発したソフトウェアを用い、Bertinieriグループのシーケンス検索法（Bertinieri, di Rienzo, Cavallazzi, Ferrari, Pedotti, & Mancia, 1985）に基づき、圧反射感度（baroreceptor reflex sensitivity: BRS）の算出を行った。具体的には、SBPの上昇（または下降）が3心拍以上連続し、しかもこれと同じ心周期でIBIが3心拍以上延長（または短縮）するような特別のシーケンスをコンピュータで検索し、各シーケンス内のSB

PとIBIの直線回帰の傾き (ms/mmHg) を計算した。安静時の場合で、全心拍の20%前後に、こうした特別のシーケンスが存在する。BRSはその単位からして、SBPが1 mmHg上昇(または下降)するとき、IBIが何ms延長(または短縮)するかを表していると理解される。

結 果

実験1, 実験2ともに、安静期の最後2.5 minをベースライン期とし、暗算中の前半および後半それぞれ2.5 minを前半および後半課題期とし、各期間の平均を用いて分析を行った。計測上の問題から、実験1(内部生成型課題)に参加した被験者の内の3人、実験2(外部生成型課題)に参加した被験者の内1人が分析から除外された。なお、拡張期血圧に関しては分析を行わなかった。

実験1

Fig. 1-aに実験1におけるIBI, SBPの変化を示した。IBIはベースライン期に比べ、課題期で短縮していた。IBIに関し、期間の要因について1要因の分散分析を行ったところ、その主効果が有意であった($F(2, 18)=7.27, p<.01$)。TukeyのHSD検定による多重比較の結果、ベースライン期と課題前半期の間($p<.05$)、および、ベースライン期

と課題後半期の間($p<.01$)には有意な差があったが、両課題期の間には有意な差が認められなかった。

SBPはベースライン期に比べ、課題期で上昇していた。同じく、1要因の分散分析を行ったところ、主効果が有意であった($F(2, 18)=9.26, p<.01$)。多重比較の結果、ベースライン期と課題前半期の間($p<.05$)、および、ベースライン期と課題後半期の間($p<.01$)には有意な差があったが、両課題期の間には有意な差が認められなかった。

Fig. 1-bに実験1における、BRSの変化を示す。BRSはベースライン期に比べ、課題期で減少していた。分散分析の結果、主効果が有意であった($F(2, 18)=4.22, p<.05$)。多重比較により、ベースライン期と課題後半期の間($p<.05$)にのみ有意な差が認められた。

実験2

Fig. 2-aに実験2におけるIBI, SBPの変化を示した。IBIはベースライン期に比べ、課題期で短縮していた。IBIに関し、期間の要因について1要因の分散分析を行ったところ、その主効果が有意であった($F(2, 22)=31.68, p<.01$)。TukeyのHSD検定による多重比較の結果、ベースライン期と

Fig. 1-a Inter beat interval and systolic blood pressure in the first experiment (internal generative type: IGT).

Fig. 1-b BRS in the first experiment (internal generative type: IGT).

両課題期の間には有意な差があったが（双方ともに $p<.01$ ），両課題期の間には有意な差が認められなかった。

SBPはベースライン期に比べ，課題期で上昇していた。同じく分散分析を行ったところ，期間の主効果が有意であった（ $F(2, 22)=19.96, p<.01$ ）。多重比較の結果，ベースライン期と両課題期の間には有意な差があったが（双方ともに $p<.01$ ），両課題期の間には有意な差が認められなかった。

Fig. 2-b に実験 2 における，BRS の変化を示す。BRS はベースライン期に比べ，課題期で減少していた。しかし，分散分析の結果，統計的に有意な差は認められなかった。

考 察

本研究では，ベースラインに比べ，課題中の SBP は，内部生成型，外部生成型ともに上昇し，両者とも，ストレス課題として有効である事が示唆される。ベースラインからの SBP 変化量は，外部生成型暗算課題の方が大きく（12.5 mmHg 対 4.6 mmHg），これは両課題のストレス刺激としての強度が異なる事を示唆している。

内部生成型暗算課題は，「なるべく速く計算を行う」という条件はあるものの，計算のペースは，自らの計算速度に依存し，時間切迫感はその

ほど明瞭でないと思われる。しかし，外部生成型暗算課題は，一問につき 10 s という，外部から与えられた明確な時間制限があるため，強い時間切迫感を伴うと考えられる。外的にペースが規定され，時間切迫感が喚起されると，自ら設定したペースで行う場合より，様々な課題において顕著な SBP の増加が生じることが知られており（Bohlin, Eliasson, Hjemdahl, Klein, & Frankenhaeuser, 1986; Hutt & Weidner, 1993; Steptoe, Fieldman, Evans, & Perry, 1993），本実験の外部生成型暗算課題においても同様の効果の存在が想定される。

また，内部生成型暗算課題は連続引き算であり，遂行結果に対する評価は，実験終了時である。しかし，外部生成型は，被験者本人のみだけでなく実験者にもわかる形で，遂行結果が，10 s 毎にフィードバックされる。Obriest (1981) は，交感神経を介して心筋活動の増加をもたらす心理学的な要素として，刺激に対するコントロールの有無，刺激の新規性，課題遂行結果のフィードバックの有無という 3 種の要素に言及している。最初の要素が，いわゆる能動的対処，受動的対処に関与する部分であるが，最後の要素において，本研究の両暗算課題は異なっていたと考えられる。

外部生成型暗算課題における SBP の顕著な上昇

Fig. 2-a Inter beat interval and systolic blood pressure in the second experiment (external generative type:EGT).

Fig. 2-b BRS in the second experiment (external generative type:EGT).

は、暗算課題の難易度の差だけでなく、むしろ時間切迫感や、結果のフィードバックなどの、付加的な要素を反映した結果と理解可能であり、さらに、これらの付加的要素が、心臓交感神経を介し IBI の顕著な減少を生じたと考えられる。

能動的対処—受動的対処は、コントロールの有無という点により刺激側から定義された概念であるが、血行動態分析の導入により、能動的対処は心筋反応、したがって、心拍出量の増大に起因する血圧上昇を、受動的対処は血管反応、したがって、全末梢抵抗の増大に起因する血圧上昇を、それぞれ引き起こす事が明らかにされた (Sherwood, Dolan, & Light, 1990)。その反応の性質から、能動的対処は闘争か—逃走か反応 (Cannon, 1929)、もしくはいわゆる防衛反応の性質を分有していると考えられ、能動的対処である暗算課題では、圧反射感度の低下が期待される。

本研究と直接比較可能な研究は多くないが、暗算課題中の BRS を検討した例 (Brooks, Fox, Lopez, & Sleight, 1978; Conway, Boon, Jones, & Sleight, 1983; Conway, 1984; Robbe et al., 1987; Steptoe & Sawada, 1989; 田中・澤田, 1994) では、いずれも課題遂行中における BRS の低下を報告している。また間接的に比較可能な研究としては、暗算課題中の呼吸性不整脈を検討したものがあげられる。呼吸統制下の呼吸性不整脈は BRS と類似の変化を生じるとされ (田中・澤田, 1994)、同様に暗算時の低下が報告されている (Allen & Crowell, 1989; Berntson, Cacioppo, & Fieldstone, 1996; Grossman, Stemmler, & Meinhardt, 1990)。

本研究では、内部生成型暗算課題中に、BRS の低下が認められたのに対し、外部生成型暗算課題中にはこうした低下は生じないことが明らかになった。すなわち、内部生成型暗算課題のみが、先行研究と一致する結果を得た事になる。しかし、単純にストレス強度だけで考えるならば、SBP 変化量の大きい外部生成型暗算課題において、より大きな BRS の低下が生じる事が想定される。SBP 変化の少ない内部生成型で、むしろ有意な変化が生じたのは、非常に興味深い結果である。

Lacey & Lacey (1974) の環境の取り入れ—拒否

(intake-rejection) 仮説によれば、環境の取り入れ (つまり課題への注意) は、迷走神経活動の亢進をもたらし、IBI を増加させるのに対し、環境の拒否 (つまり、内的認知活動への集中) は、逆の反応を喚起すると言う。実際、Berntson et al. (1996) によれば、暗算課題は迷走神経抑制と交感神経興奮を同時に生じ、IBI を減少させるのに対し、錯視課題は迷走神経活動の増加を特徴とし、IBI の増加を生じるという。また、Bohlin et al. (1986) は、スライド提示方式の暗算課題において、出題ペースを上げると、それに応じて SBP は上昇するが、分時心拍数は変化しないことを見出し、ペースの上昇によるスライド画面への注意集中が、迷走神経活動の亢進をもたらす可能性を示唆している。本研究における外部生成型暗算課題は、コンピュータによる問題提示方式を採用している。そのため、課題への注意 (Lacey 的に言えば環境の取り入れ) の要素が混入し、暗算課題に本来期待される BRS の低下が、いくぶん打ち消されたものと考えられる。

既述のごとく、能動的対処における典型的な血行動態は、心拍出量の増加と、全末梢抵抗の減少であるとされる (Sherwood et al.)。しかし、暗算課題の知見を検討すると、典型的なケース (Allen & Crowell, 1989; Brod, Fencel, Hejl, & Jirka, 1959) は少なく、心拍出量は増加するものの全末梢抵抗は変化なし、もしくは、後者の増加を認めるケースがしばしばである (Allen, Obrist, Sherwood, & Crowell, 1987; Kasprovicz, Manuck, Malkoff, & Krantz, 1990; 田中・澤田・藤井, 1994)。それどころか、心拍出量の増加すら生じず、完全に受動的対処時の反応に類似した血行力学的パターンを生じる例さえある (Ring, Carroll, Willemsen, Cooke, Ferraro, & Drayson, 1999; Willemsen, Ring, McKeever, & Carroll, 2000)。暗算課題でも、外部生成型であれば、BRS の低下は不明瞭になるとする本実験の結果は、心拍出量の顕著な増加が生じない場合の知見と一致するものである。

このような矛盾の生じる原因としては、能動的対処、受動的対処というモデルが、それぞれショック回避、古典的嫌悪条件付けという非常に

限定されたパラダイムのみから導きだされた事実にあると思われる。ストレス刺激に対する反応パタンの分化が生じる背景には、コントロールの有無以外にも様々な要素が関与していると考えられるが、本研究の結果においても示唆されたように、特に課題の持つ注意喚起性は無視しがたい要素である。今後、注意の要素を組み入れた、新しいモデルの構築が望まれる。

謝辞

執筆にあたりご指導下さいました札幌医科大学の澤田幸展先生、研究の機会を与えて下さいました早稲田大学人間科学部の児玉昌久先生にこの場を借りて御礼申し上げます。

引用文献

- Allen, M. T., & Crowell, M. D. 1989 Patterns of autonomic response during laboratory stressors. *Psychophysiology*, 26, 603-614.
- Allen, M. T., Obrist, P. A., Sherwood, A., & Crowell, M. D. 1987 Evaluation of myocardial and peripheral vascular responses during reaction time, mental arithmetic, and cold pressor tasks. *Psychophysiology*, 24, 648-656.
- Berntson, G. G., Bigger, J. T., Jr., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H., & van der Molen, M. W. 1997 Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34, 623-648.
- 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.
- Bertinieri, G., di Rienzo, M., Cavallazzi, A., Ferrari, A. U., Pedotti, A., & Mancia, G. 1985 A new approach to analysis of the arterial baroreflex. *Journal of Hypertension - Supplement*, 3, S79-81.
- Bertinieri, G., di Rienzo, M., Cavallazzi, A., Ferrari, A. U., Pedotti, A., & Mancia, G. 1988 Evaluation of baroreceptor reflex by blood pressure monitoring in unanesthetized cats [published erratum appears in Am J Physiol 1988 Sep;255(3 Pt 2):following H405]. *American Journal of Physiology*, 254, H377-383.
- Bohlin, G., Eliasson, K., Hjelm Dahl, P., Klein, K., & Frankenhaeuser, M. 1986 Pace variation and control of work pace as related to cardiovascular, neuroendocrine, and subjective responses. *Biological Psychology*, 23, 247-263.
- Bristow, J. D., Brown, E. B., Cunningham, D. J., Howson, M. G., Petersen, E. S., Pickering, T. G., & Sleight, P. 1971 The Effect of bicycling on the baroreflex regulation of pulse interval. *Circulation Research*, 28, 582-592.
- Brod, J., Fencel, V., Hejl, Z., & Jirka, J. 1959 Circulatory changes underlying blood pressure elevation during acute emotional stress (mental arithmetic) in normotensive and hypertensive subjects. *Clinical Science*, 18, 269-279.
- Brooks, D., Fox, P., Lopez, R., & Sleight, P. 1978 The effect of mental arithmetic on blood pressure variability and baroreflex sensitivity in man [proceedings]. *Journal of Physiology*, 280, 75-76.
- Cannon, W. B. 1929 *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage*. New York: D. Appleton.
- Conway, J. 1984 Hemodynamic aspects of essential hypertension in humans. *Physiological Reviews*, 64, 617-660.
- Conway, J., Boon, N., Jones, J. V., & Sleight, P. 1983 Involvement of the baroreceptor reflexes in the changes in blood pressure with sleep and mental arousal. *Hypertension*, 5, 746-748.
- Edis, A. J. 1971 Aortic baroreflex function in the dog. *American Journal of Physiology*, 221, 1352-1357.
- Gebber, G. L., & Snyder, D. W. 1970 Hypothalamic control of baroreceptor reflexes. *American Journal of Physiology*, 218, 124-131.
- Grossman, P., Stemmler, G., & Meinhardt, E. 1990 Paced respiratory sinus arrhythmia as an index of cardiac parasympathetic tone during varying behavioral tasks. *Psychophysiology*, 27, 404-416.
- Hilton, S. M. 1963 Inhibition of baroreceptor reflexes on hypothalamic stimulation. *Journal of Physiology*, 165, 56-57.
- Hutt, J., & Weidner, G. 1993 The effects of task demand and decision latitude on cardiovascular reactivity to stress. *Behavioral Medicine*, 18, 181-188.
- Kasprowitz, A. L., Manuck, S. B., Malkoff, S. B., & Krantz, D. S. 1990 Individual differences in behaviorally evoked cardiovascular response: temporal stability and hemodynamic patterning. *Psychophysiology*, 27, 605-619.
- Kollai, M., Jokkel, G., Bonyhay, I., Tomcsanyi, J., & Naszlady, A. 1994 Relation between baroreflex sensitivity and cardiac vagal tone in humans. *American Journal of Physiology*, 266, H21-27.
- Lacey, B. C., & Lacey, J. I. 1974 Studies of heart rate and other bodily processes in sensorimotor behavior. In P. A. Obrist, A. H. Black, J. Brenner and L. V. DiCara (Eds.), *Cardiovascular Psychophysiology*. Chicago: Aldine. Pp. 538-564.
- Linden, W. 1991 What do arithmetic stress tests measure? Protocol variations and cardiovascular responses. *Psychophysiology*, 28, 91-102.
- Mancia, G., Iannos, J., Jamieson, G. G., Lawrence, R. H., Sharman, P. R., & Ludbrook, J. 1978 Effect of isometric hand-grip exercise on the carotid sinus baroreceptor reflex in man. *Clinical Science & Molecular Medicine*, 54, 33-37.
- Mifflin, S. W., Spyer, K. M., & Withington-Wray, D. J. 1988 Baroreceptor inputs to the nucleus tractus solitarius in the cat: modulation by the hypothalamus. *Journal of*

- Physiology*, 399, 369-387.
- Obrist, P. A. 1981 *Cardiovascular psychophysiology*. New York: Plenum Press.
- Reyes del Paso, G. A., Langewitz, W., Robles, H., & Perez, N. 1996 A between-subjects comparison of respiratory sinus arrhythmia and baroreceptor cardiac reflex sensitivity as non-invasive measures of tonic parasympathetic cardiac control. *International Journal of Psychophysiology*, 22, 163-171.
- Ring, C., Carroll, D., Willemsen, G., Cooke, J., Ferraro, A., & Drayson, M. 1999 Secretory immunoglobulin A and cardiovascular activity during mental arithmetic and paced breathing. *Psychophysiology*, 36, 602-609.
- Robbe, H. W., Mulder, L. J., Ruddel, H., Langewitz, W. A., Veldman, J. B., & Mulder, G. 1987 Assessment of baroreceptor reflex sensitivity by means of spectral analysis. *Hypertension*, 10, 538-543.
- Sherwood, A., Dolan, C. A., & Light, K. C. 1990 Hemodynamics of blood pressure responses during active and passive coping. *Psychophysiology*, 27, 656-668.
- Steptoe, A., Fieldman, G., Evans, O., & Perry, L. 1993 Control over work pace, job strain and cardiovascular responses in middle-aged men. *Journal of Hypertension*, 11, 751-759.
- Steptoe, A., & Sawada, Y. 1989 Assessment of baroreceptor reflex function during mental stress and relaxation. *Psychophysiology*, 26, 140-147.
- 田中豪一・澤田幸展 1994 呼吸の影響からみた呼吸性洞性不整脈と圧受容体反射感受性の比較 心身医学, 34, 473-479.
- 田中豪一・澤田幸展・藤井力夫 1994 ストレス作業時の迷走神経抑制 心理学研究, 65, 9-17.
- Willemsen, G., Ring, C., McKeever, S., & Carroll, D. 2000 Secretory immunoglobulin A and cardiovascular activity during mental arithmetic: effects of task difficulty and task order. *Biological Psychology*, 52, 127-141.