Heart Rate の変容に及ぼすフィードバック信号とモデル信号の効果

京都大学 近 藤 文 良¹

THE EFFECTS OF FEEDBACK SIGNAL AND MODEL SIGNAL ON HEART RATE CHANGES

FUMIYOSHI KONDO

Kyoto University

An attempt was made to modify heart rate by presenting the Ss: E1—visual feedback and model signals, E2—feedback signals, E3—model signals, or C—no signals as a control group (6 Ss in each group). Model signal was a weak light which flickered at the rate of 20% above or below the pre-stimulus base IBI. All groups were required to either raise or lower HR alternately and E1 group was instructed to synchronize the feedback signal with the model signal. Significant bidirectional HR changes were found in 3 experimental groups and most effective changes were obtained in E1 group. In the second study, extended training to one S with E1 condition resulted in HR increases of 16 bpm and decreases of 9 bpm.

自律反応系は古典的条件づけの手続によって変容できるが、道具的条件づけの対象となりえない (Kimble, 1961; Konorski & Miller, 1937) とされてきたが、近年、心臓血管系、GSR、体温調節系などのいわゆる不随意性反応も道具的条件づけの手続によって変容するという報告が数多くなされてきている。

人間の心拍反応に限っても、Heart Rate (HR) の増加をみた Engel & Hansen (1966)、減少を方向づけた Engel & Chism (1967)、HR の増加と減少を cyclic に行なうことを条件づけた Levene, Engel, & Pearson (1968)、HR と最高血圧を互いに独立させて分化させることを示した Shapiro, Tursky, & Schwartz (1970)、さらにそれらの分化と統合に成功した Schwartz, Shapiro, & Tursky (1971)、Schwartz (1972)、HR の多量変容を試みた Stephens, Harris, & Brady (1972)、強化刺激の役割を検討した Blanchard, Young, Scott, & Hayness (1974) などの報告がある。これらの研究では、要求される適切な反応が生起した際に強化をうける道具的条件づけの手続に従っているが、一方これらの道具的条件づけによる自律系の変容と同じ理論的枠組みをもちながら、被験者の生体情報を何らかの外受容性の情報に変換し、その情報に従って被験者の自律反応系を変容させる手法 (feedback technique) に基づいた研究がある。しかしこの手法による HR の変容を得る場合のフィードバック信号の役割に関しては、必ずしも一定した見解は得られていない。Brener & Hothersall (1966)

は、HR 増大試行時にはフィードバック信号である高音を、HR 減少試行時には低音をフィードバックさせた結果、増大試行時と減少試行時に有意な差を認めたことからフィードバック信号の HR 変容に及ぼす効果を述べ、Finley (1971) も同様に HR 減少に及ぼす視覚フィードバックの効果を確認している。また Brener, Kleinman, & Goesling (1969) においても聴覚フィードバックをうけた試行数の割合によって HR 変容の大きさが異なることが示されている。さらに HR の多量変容を求めた Wells (1973) はメータ表示による視覚フィードバックの手続で 1 系列 1 時間×13 系列の長期訓練によって、9 名中 6 名は増加方向へ 16.7 bpm (beat per minutes) から 35 bpm の変容を示し、減少方向へは平均 3.16 bpm の変容が可能であった。Headrick, Feather, & Wells (1971) も 1 人の被験者で視覚フィードバックを用いて 1 系列 2 時間×12 系列の訓練の結果、増加方向へ 15—35 bpm の変容を得ている。また HR の変動を一定範囲に統制する課題でも視覚フィードバックをうけた群はうけなかった群、あるいは虚偽フィードバックをうけた群より変動を抑えることが容易であった (Hnatiw & Lang, 1965; Lang, Sroufe, & Hastings, 1967)。

以上のように HR の道具的変容に及ぼすフィードバック信号の効果が肯定的であるという知見に対して、有意な効果をもつといえないことを示す報告もある。Bergman & Johnson (1971) は、心拍の聴覚フィードバックが与えられない短期 (6 秒) の試行中でも増大・減少の両方向への変容が可能であることを示し、Bergman & Johnson (1972) でも、反応する方向の情報と聴覚フィードバックとが与えられる群と、反応する方向の情報の

¹ 本論文をまとめるに際し御指導下さった京都大学教育学部荻阪良二教授 (現在名古屋大学)、坂野登助教授、百名盛之助教授の諸先生方に厚く感謝します。

み与えられる群はほぼ同様にHR増加を示し、両者とも与えられなかった群は増加が認められなかったことから、フィードバックの効果よりむしろ被験者の学習事態に関する意識化の問題を重視している。また Johns (1970), Blanchard & Young (1972) は、フィードバックの与えられない群はHR減少は可能であるが増加は困難であるという結果を得ている。さらにHRの変動を統制した Hnatiow (1971) でも視覚フィードバックをうけた実験群においても Yoked control 群においても変動を減少させることができたという報告がある。

このようなフィードバック信号の効果の有無に関してはフィードバックされる刺激の感覚モダリティの問題 (Blanchard & Young, 1972), binary feedback か proportional feedback かの問題 (Young & Blanchard, 1974) などのいわゆるフィードバックのタイプの問題が検討される必要があるが、これらの問題は総じて被験者にとって呈示されるフィードバック信号がどのように適切な有効性をもちうるのかという議論に集約されると思われる。

露本研究では、心拍反応を点滅光によって継続的に視覚フィードバックするとともにフィードバック信号の近傍にフィードバック信号周期より一定間隔だけ長く (あるいは短かく) 点滅する信号 (以下モデル信号とよぶ) を布置し、モデル信号周期にフィードバック信号周期を同期化するように教示した場合HRの増加・減少に有意な効果をもつか否かを実験Ⅰで検討し、実験Ⅱでは両信号とも呈示される条件で比較的長期の訓練を施行してHRの多量変容を得ることを目的とする。

実 験 Ⅰ

方 法

被験者 心臓血管系に特別な障害をもたない男女大学生及び大学院学生 24 名でこの種の実験経験はない (年齢 19—27 歳)。

装置 三栄測器製 8 チャンネルポリグラフ (140 system) により、CTG (Cardiotachogram), EKG, 呼吸, SPR (Skin Potential Response), EMG, 指尖容積脈波が記録された。IBI (Inter Beat Interval) は EKG の R-R 間隔を刺激間々隔測定装置 (Osaka NF 社製 OD-162 型) により msec 単位で測定し、Digital Recorder (Takeda Riken) によってプリントアウトされた。EKG は三栄測器製心電用電極及び同電極糊を用いて第2誘導で導出し、呼吸は同社製鼻孔型サーミスタ、容積脈波は左手第1指尖に反射型光電脈波計のトランスジューサを装着して記録。SPR, EMG は各々皿状銀電極を右手掌、前腕屈筋部に装着して導出した。

心拍のフィードバック信号は、赤色発光ダイオードの点滅 (30 msec 持続) により呈示。モデル信号はフィードバック信号の右 3 cm に位置し、電子スイッチ (リオン社製 SB-04 型) を用いて 30 msec 持続の緑色ネオン

管の点滅として呈示され、信号間々隔は msec 単位で変化できるようになっている。

呼吸率 (RR) 統制のため、電子管刺激装置 (日本光電) を用いて黄色光が反復呈示された。

教示用ランプとして赤色光 (HR 増加試行)、緑色光 (HR 減少試行) 及び白色光 (試行開始の予告信号) が用いられた。以上の光源類の呈示時間はタイマー (Omron) を用いて制御され、すべて被験者の正面約 1 m のパネルに配置された。

手続 被験者は 1 群 6 名からなる 4 群 (E1 群——フィードバック信号+モデル信号の呈示, E2 群——フィードバック信号のみ呈示, E3 群——モデル信号のみ呈示, C 群——フィードバック信号もモデル信号も与えられない統制群) に分けられた。各群とも赤色光の教示ランプが呈示されている時 (以下 R 期と略す) は HR を増大させ、緑色光の教示ランプの場合 (以下 G 期と略す) は HR を減少させるよう教示された。さらに E1 群には心拍のフィードバック信号をモデル信号の周期にできるだけ一致させるように教示し、E3 群には自分の心拍をモデル信号の周期に一致させるように、また E2 群にはフィードバック信号を手掛りに HR を変容するよう教示した。各群とも、呈示される信号の性質は説明され、実験中は体動を避けること、黄色光の反復に呼吸を一致させること、さらに意識的に情動的興奮をひきおこすことを考えずに、与えられた信号を注視して HR の変容を行なうことが強調された。

実験は 15 分間の安静期を経た後に、1 分間の IBI 値、呼吸数のサンプルをとり、IBI 値の平均値を求めてこれを刺激前の基準値 (Pre-Stimulus Base Level) とし、呼吸周期を求めて黄色光の反復周期として示した。E1 群、E3 群については、この IBI 基準値の 80% 値及び 120% 値を求め、各々 R 期、G 期のモデル信号周期とした。

安静期に続いて実験試行に入り R 期、G 期交互にそれぞれ 7 試行ずつ計 14 試行がなされた。各試行の開始を予告する白色光が 3 秒呈示された後、1 分間の各試行がなされる。試行間々隔は 10 秒から 15 秒の範囲でランダム。実験室は防音・暗室状態で室温は 20°C 前後に保たれた。

結果の処理 IBI 値の変化は各試行毎に得られた IBI 値の平均値 (Post) を求め、試行前の基準値 (Pre) に対する変化率を $(\text{Post}-\text{Pre})/\text{Pre}$ の算式によって求めた。呼吸周期は各試行毎の呼吸数 (吸気相の数) から周期を求めた。なお SPR, EMG, 指尖容積脈波に関しては視察を中心にして、統計的処理はなされない。

結 果

Fig. 1 は 3 実験群と 1 統制群における IBI 値の変容を基準値に対する変化率で示したものである。Fig. 1 から明らかなように、C 群では HR の増加・減少両方向とも顕著な変化は示されていないが、3 実験群では両方向への変化が認められる。基準値との比較では、E1 群で HR 増加・減少の両方向へ、E2 群では増加の方向へ、

E3 群ではむしろ減少方向への変化がみられる。即ち増加・減少各 7 試行の平均変化率においては、増加方向へ E1 群で 3.7%, E2 群で 0.2%, E3 群で 2.9%, C 群で 0.2% の変化を示し、減少方向へは E1 群で 2.1%, E2 群で 3.1%, E3 群で 1.0%, C 群で 0.7% の変化が認められた。

次に、R 期から G 期、G 期から R 期への IBI 値変化量を基準値に対する変化率であらわしたのが Fig. 2 である。Fig. 2 にもとづく分散分析の結果は各条件群間 ($F=3.26$, $df=3, 20$, $p<.05$), 試行間 ($F=2.84$, $df=12, 240$, $p<.01$) および被験者間 ($F=9.42$, $df=20, 240$, $p<.01$) に有意差が認められ、実験群×試行の交互作用は有意でなかった。

FIG. 1. Average changes in IBI during training for three Experimental groups and a Control group (E1—feedback and model signals, E2—feedback signal, E3—model signal, C—no signals). Red periods (R) show HR speeding trials and Green periods (G) show HR slowing trials.

FIG. 2. Average changes in IBI from R to G or G to R. Increase of IBI from R to G or decrease of IBI from G to R is shown as positive change, and decrease of IBI from R to G or increase of IBI from G to R as negative change.

Fig. 2 にみられるように、試行数増大に伴う IBI 値の変化率が最も高い条件は E1 群においてみられ、最終試行では R 期から G 期へ 10.4% (7.7 bpm) の変化率を示した。

更に E1 群と E3 群ならびに E2 群と E3 群に関してはそれぞれの群間に有意差は見い出せなかったが、E1 群と E2 群との間に有意な差が認められた ($F=5.10$, $df=1, 10$, $p<.05$)。

一方、呼吸周期の変化を条件群間と HR 変容方向に関して示したのが Fig. 3 である。Fig. 3 について分散分析を行えば、HR 変容方向 ($F=19.92$, $df=1, 20$, $p<.01$) および個人間 ($F=19.98$, $df=20, 20$, $p<.01$) には有意な呼吸周期差がみられたが、条件群間および条件群×HR 変容方向の交互作用に有意な差は認められなかった。さらに、R 期、G 期それぞれについて各群間の呼吸周期の平均値の差の検定を行なってみても、R 期における E1 群と C 群との間にのみ有意差が認められた ($t=2.82$, $df=10$, $p<.05$) だけで、他の実験条件群間に有意な差はみいだされなかった。

なお、SPR、指尖容積脈波、EMG の所見では、これらの指標から推察されるような情動的、認知的要因、あるいは身体緊張、体動などの特徴的な反応は、条件間、HR 変容方向を問わず認められなかった。

実 験 II

実験 I ではフィードバック信号とモデル信号の対呈示による条件が HR 変容への効果が大いことが示されたが、最大の変容量でも 7.7 bpm であった。実験 II では、この条件下で比較的長期の試行を重ねた場合に HR の多大な変容が得られるかを検討する。その際、呼吸周期はできるだけ一定となるよう訓練が施され、情動的にも安定した被験者が選ばれる。

方 法

被験者 実験 I の E1 群の中から SPR、指尖容積脈波、EMG 所見によって情動の変動の最も少なく、変容

FIG. 3. Changes in Respiratory cycle for all groups by R-G periods.

の中等度（最大変容率 8.21%）の被験者が 1 名（22 歳，男子大学院学生）選ばれた。

装置及び手続 実験 I の E1 群に準じるが，呼吸周期をできるだけ一定に統制するために試行前 15 分間の安静時に黄色光の反復呈示による統制訓練が毎日行なわれた。試行数は 1 日につき R 期，G 期とも 10 試行なされ，5 日間（隔日）にわたって実験がなされた。被験者は R 期，G 期とも計 50 試行ずつ行うことになる。IBI 基準値は安静期の後，毎回求められ，それに基づいてモデル信号周期も変換された。実験終了後，被験者に内省報告を求めた。

結果

Fig. 4 は基準値に対する各試行の平均 IBI 値の変化率を全試行について求めたものである。

Fig. 4 にみられるように，試行数の増大に伴い IBI 値の増加率，減少率がともに増大する傾向が顕著である。10 試行 1 ブロックとして 5 ブロック間で分散分析すれば，G 期 ($F=17.65$, $df=4, 36$, $p<.005$) および R 期 ($F=57.69$, $df=4, 36$, $p<.005$) で有意差が認められ，ブロック数増大につれ IBI 値の変容が両方向とも有意に増加していくことが示された。この変化は R 期では第 4 ブロックで著しく，G 期では第 3 ブロックから漸増の傾向であった。基準値との比較においては，第 1 ブロック，第 2 ブロックで HR 増加方向への変化が減少方向より大であり，第 4，第 5 ブロックになれば HR 増加方向への変化は更に明瞭になってくる。また第 5 ブロックでは第 1 試行において HR 増加方向へ IBI 値で 10.2% (9.8 bpm)，減少方向へ 9.2% (7.6 bpm) の変化がみられ，ブロック当初から大きな変容が示された。最大の変容は第 5 ブロック最終試行において，基準値に対して

HR 増加方向へ 16.1% (16.0 bpm)，減少方向へ 12.0% (9.1 bpm) の変容が示され，増加試行から減少試行へは 28.0% (25.1 bpm) の変容が得られた。

次に，呼吸周期についてみれば，全試行を通じて，R 期，G 期の平均呼吸周期の間に有意な差はみられず（R 期— $M=4.11$ 秒， $SD=0.19$ ，G 期— $M=4.16$ 秒， $SD=0.26$ ， $t=1.14$ ），各ブロック間での差も検出されなかった。

指尖容積脈波の所見では，R 期で血管収縮反応，G 期で血管拡張反応がみられ，基線変動も G 期より R 期において大きい。このパターンは第 3 ブロックから現われ，第 5 ブロックではほぼ例外なくみられる。

なお，SPR，EMG 所見では特徴的な反応はみられていない。

考察

実験 I では，フィードバック信号とモデル信号を対呈示し，フィードバック信号の周期をモデル信号の周期に同期化させるよう教示した群が他の実験群，統制群と比較して HR 増加から減少，減少から増加への変化率が大きいことが示され，実験 II ではフィードバック信号とモデル信号との対呈示による条件で HR の多量変容を試みた結果，最終試行では 25 bpm（増加方向 16 bpm，減少方向 9 bpm）の変容量を得ることができた。

HR の多量変容を得た 3 報告 (Headrick et al., 1971; Stephens et al., 1972; Wells, 1973) と比較しても，3 報告とも 12—17 session (days) に及ぶ長期の訓練であることと，Stephens らのようにフィードバック信号とともに強化刺激（金銭報酬）を伴わせて得られた結

FIG. 4. Changes in IBI during five days' training for one S (..... indicates pre-stimulus base level in each day).

果であることを考えれば、本研究で得られた変容量はかなり大きいと思われる。また、これまで比較的困難とされてきた減少方向への変化が大きいことも特徴的である。

これらの変容を可能ならしめた要因の中でも、とりわけ循環系と密接に関連している呼吸系、骨格筋系などの随意的調節系からの媒介的影響の問題を無視することはできない。

本実験においても、EMG 所見では特徴的反応は得られていないが、呼吸周期については実験 I で R 期と G 期の間に周期差が認められている。この意味では呼吸周期の随意的統制によって R 期、G 期の HR の差を生ぜしめたと考えられなくはないが、一方で実験 I で条件群間に有意な呼吸周期差がみられないこと、および呼吸統制訓練を受けた実験 II では、ほぼ同一周期であったことなどを考慮すれば、本実験における HR 変容を単純に呼吸周期差に帰因せしめることはできないと思われる。また呼吸周期差でもって実験 I での実験群間の HR 変容の違いを説明することはできない。但し、従来の知見 (Sroufe, 1971; 梅沢・新美, 1974 など) にみられる呼吸量の HR 変容に及ぼす影響の問題については、本実験において呼吸量の実験的統制はなされておらず、この面からの分析は今後の検討課題として残されているが、実験 I での実験群、統制群が呼吸量の差を生ぜしめるような条件であるとは見做しえないと考えられる。

こうした点から、本実験で得られたフィードバック信号にモデル信号を付加した条件で HR 変容が大きいという結果について考える際に、モデル信号のもつ HR 変容への特定の効果を無視することはできないと思われる。

現段階においてモデル信号をフィードバック信号とともに採用した報告が得られていないので比較考察は不可能であるが、モデル信号の役割を推論すれば次のような考え方があろう。

第 1 の考え方は、モデル信号の呈示がフィードバック信号の効果をより明瞭にするようにと作用し、その結果としてフィードバック信号の強化要因としての役割が強められるとするものである。そもそもフィードバック信号は、求心性情報の遠心性効果を復帰求心 (reafferentation) させ、既存の求心性情報との間の比較照合を行なう (modeling) ことにある (Anokhin, 1969) のだから、モデル信号はモデル化すべき目標を、明確な求心性情報を付加することによって与えたことになる。

同様の考え方として、Brener (1974a, b) の随意的統制の一般モデルを心臓血管系の変容に適用させた仮説を付加することもできよう。

Brener は何らかの随意運動が遂行される場合には、ある特定の反応にたえず外受容性の信号が伴えば、継起的な内受容性のフィードバック信号との連合の過程 (cali-

bration) で、中枢において Response Image が形成され、これに対応した特定の運動行為が導かれるというモデルを想定し、このモデルを心臓血管系の随意的統制に適用しているが、この仮説にもとづけば、本研究の場合外受容性の継起的フィードバック信号がモデル信号と対呈示されることによってフィードバック信号の単独呈示よりも更に明瞭な Response Image が形成され、心拍反応の随意的統制を促進していく過程が予想されるのではないと思われる。

第 2 の考え方は、フィードバック信号とモデル信号の周期の一致による 2 光点の同時点滅、あるいは接近した周期による 2 光点の同時的な点滅が、フィードバック信号に付加された様式で HR 変容に効果的な強化刺激としての役割を果しているのではないかとするものである。即ち両信号の継起的な周期比較がなされることにより、単なるフィードバック信号呈示の場合よりも、要求される心拍反応の変容との関連において一層明確な瞬時心拍反応の情報が与えられることになり、このことが HR 変容に有意な強化作用を及ぼしているのではないかということである。

現段階のところ、これらの議論に確定的な結論を下すことはできないが、フィードバック信号、モデル信号の役割を論ずる際には、強化要因としての効果性の問題との関連において、モデル信号の周期を段階的に変換させた場合の HR 変容の度合を検討する必要がある。

引用文献

- Anokhin, P. K. 1969 Cybernetics and the integrative activity of the brain. In M. Cole, & I. Maltzman (Eds.), *A handbook of contemporary Soviet psychology*. New York: Basic Books. Pp. 830—856.
- Bergman, J. S., & Johnson, H. J. 1971 The effects of instructional set and autonomic perception on cardiac control. *Psychophysiology*, 8, 180—190.
- Bergman, J. S., & Johnson, H. J. 1972 Sources of information which affect training and raising of heart rate. *Psychophysiology*, 9, 30—39.
- Blanchard, E. B., & Young, L. D. 1972 Relative efficacy of visual and auditory feedback for self-control of heart rate. *Journal of General Psychology*, 87, 195—202.
- Blanchard, E. B., Young, L. D., Scott, R. W., & Hayness, M. R. 1974 Differential effects of feedback and reinforcement in voluntary acceleration of human heart rate. *Perceptual and Motor Skills*, 38, 683—691.
- Brener, J. M. 1974a A general model of voluntary control applied to the phenomena of learned cardiovascular change. In P. A. Obrist, A. H. Black, J. Brener, & L. V. Dicara (Eds.), *Cardiovascular psychophysiology*. Chicago: Aldine-Atherton.

- Brener, J. M. 1974 b Factors influencing the specificity of voluntary cardiovascular control. In L. V. Dicara (Ed.), *The limbic and autonomic nervous systems: Advances in research*. New York: Plenum Publishing Corporation.
- Brener, J. M., & Hothersall, D. 1966 Heart rate control under conditions of augmented sensory feedback. *Psychophysiology*, **3**, 23—28.
- Brener, J. M., Kleinman, R. A., & Goesling, W. J. 1969 The effects of different exposures to augmented sensory feedback on the control of heart rate. *Psychophysiology*, **5**, 510—516.
- Engel, B. T., & Chism, R. A. 1967 Operant conditioning of heart rate speeding. *Psychophysiology*, **3**, 418—426.
- Engel, B. T., & Hansen, S. P. 1966 Operant conditioning of heart rate slowing. *Psychophysiology*, **3**, 176—187.
- Finley, W. W. 1971 The effect of feedback on the control of cardiac rate. *Journal of Psychology*, **77**, 43—54.
- Headrick, M. W., Feather, B. W., & Wells, D. T. 1971 Unidirectional and large magnitude heart rate changes with augmented sensory feedback. *Psychophysiology*, **8**, 132—142.
- Hnatiow, M. 1971 Learned control of heart rate and blood pressure. *Perceptual and Motor Skills*, **33**, 219—226.
- Hnatiow, M., & Lang, P. J. 1965 Learned stabilization of cardiac rate. *Psychophysiology*, **1**, 330—336.
- Johns, T. R. 1970 Heart rate control in humans under paced respiration and restricted movement: The effect of instructions and exteroceptive feedback. *Dissertation Abstracts International*, **30**, 5712—5713.
- Kimble, G. A. 1961 *Hilgard and Marquis' conditioning and learning*. 2nd. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Konorski, J., & Miller, S. 1937 On two types of conditioned reflex. *Journal of Genetic Psychology*, **16**, 264—272.
- Lang, P. J., Sroufe, L. A., & Hastings, J. E. 1967 Effects of feedback and instructional set on the control of cardiac rate variability. *Journal of Experimental Psychology*, **75**, 425—431.
- Levene, H. I., Engel, B. T., & Pearson, J. A. 1968 Differential operant conditioning of heart rate. *Psychosomatic Medicine*, **30**, 837—845.
- Schwartz, G. E. 1972 Voluntary control of human cardiovascular integration and differentiation through feedback and reward. *Science*, **175**, 90—93.
- Schwartz, G. E., Shapiro, D., & Tursky, B. 1971 Learned control of cardiovascular integration in man through operant conditioning. *Psychosomatic Medicine*, **32**, 57—62.
- Shapiro, D., Tursky, B., & Schwartz, G. E. 1970 Differentiation of heart rate and systolic blood pressure in man by operant conditioning. *Psychosomatic Medicine*, **32**, 417—423.
- Sroufe, L. A. 1971 Effects of depth and rate of breathing on heart rate variability. *Psychophysiology*, **8**, 648—655.
- Stephens, J. H., Harris, A. H., & Brady, J. V. 1972 Large magnitude heart rate changes in subjects instructed to change their heart rates and given exteroceptive feedback. *Psychophysiology*, **9**, 283—285.
- 梅沢章夫・新美良純 1974 呼吸の実験的操作に伴う心搏率の変化——自律反応の道具的条件づけの基礎研究——第38回日本心理学会大会発表論文集, 1038—1039.
- Young, L. D., & Blanchard, E. B. 1974 Effects of auditory feedback of varying information content on the self-control of heart rate. *Journal of General Psychology*, **91**, 61—68.
- Wells, D. T. 1973 Large magnitude voluntary heart rate changes. *Psychophysiology*, **10**, 260—269.