

# 擬似心拍ぬいぐるみを用いた緊張の緩和

## Stress reduction using a pseudo-heartbeat plush toy

米澤 一就<sup>1</sup>      中西 英之<sup>2</sup>  
Kazunari Yonezawa<sup>1</sup>      Hideyuki Nakanishi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 近畿大学大学院 総合理工学研究科 エレクトロニクス系工学専攻

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

<sup>2</sup> 近畿大学 情報学部 / 近畿大学情報学研究所

<sup>2</sup> Faculty of Informatics, Kindai University / Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

**Abstract:** 他者からの評価に晒される社会的場面における過度な緊張（あがり）は、個人のパフォーマンスを著しく低下させる要因となる。本研究では、こうした精神的ストレスの緩和を目的とし、抱擁可能な「ぬいぐるみ」と、心臓の鼓動を模した「擬似心拍振動」を統合したデバイスシステムを提案する。提案手法は、ぬいぐるみの抱擁による心理的な安心感（接触慰安）と、定常的な心拍リズムによる生理的な鎮静化（引き込み現象）を複合的に利用するものである。有効性を検証するため、まず予備実験として複数の社会的ストレス条件を比較し、最も緊張を誘発する要因を選定した。その結果に基づき、被監視下でのスピーチ課題を用いた評価実験を行った。生理指標（心拍数・呼吸数）および主観評価による分析の結果、ぬいぐるみの抱擁が主観的な落ち着きを有意に向上させること、および振動との併用が心拍上昇を抑制する傾向にあることが示された。本稿では、提案システムの構成と一連の実験結果について報告し、擬似心拍がもたらす「生き物らしさ」が情動調整に与える影響について考察する。

## 1 はじめに

人前でのスピーチや面接、競技スポーツなど、他者からの評価に晒される場面において、過度な緊張により本来の実力を発揮できなくなる現象は「あがり」として知られている [1]。こうした社会的ストレスは、自律神経系（特に交感神経系）の過剰な興奮を伴い、心拍数の増加や発汗といった生理反応を引き起こすだけでなく、パフォーマンスの低下や社会生活における QOL の低下をも招く要因となる。特に、人前で話すことへの不安（Public Speaking Anxiety: PSA）は、多くの人にとって主要な社会恐怖症の一つであり、生理的覚醒や否定的な認知を伴うコミュニケーション障害として位置づけられている。

これに対し、近年では Virtual Reality (VR) を用いた曝露療法や、生体情報をフィードバックしてリラックスを促すシステムなど、工学的なアプローチによるメンタルヘルスケアの研究が進められている [5]。しかし、既存の手法の多くは、心拍グラフの提示や聴覚ガイドといった「視覚・聴覚」への介入が主である。スピーチや面接といった高負荷なタスク中において、視覚的な情報は認知資源を競合し、かえってユーザーの負担となる可能性がある。

一方、生物にとって根源的な安心感をもたらす「物理的な接触」や、外部リズムへの身体的な同期現象である「引き込み」を統合したアプローチについては、十分な検討がなされていない。Porges のポリヴェーガル理論 [2] によれば、哺乳類は安全を感じる環境下において、社会的な関わりシステムを活性化させ、副交感神経優位のリラックス状態へと移行する。特に、他者との触れ合いや温かさは、安全信号として機能し、過剰な防衛反応（緊張）を抑制する効果が期待できる。

そこで本研究では、社会的評価場面における即時的なストレス緩和を目的とし、ユーザーが抱擁可能な「ぬいぐるみ」と、心臓の鼓動を模した「擬似心拍振動」を統合した触覚デバイスシステムを開発した。本システムは、ユーザーがぬいぐるみを能動的に抱きしめることで得られる「接触慰安 (Contact Comfort)」による心理的な安心感の醸成と、定常的な心拍リズム（擬似心拍）を身体に提示することで生じる生理的な鎮静化効果を複合的に利用するものである。本稿では、提案システムの概要、適切なストレス課題を選定するための予備実験、および有効性検証実験の結果について報告する。

## 2 関連研究と着想

### 2.1 社会的評価ストレスと介入手法

社会的自己保存理論によれば、他者からの評価に晒される状況は、人間にとって生存に関わる強力なストレスとなる。Kirschbaum らが開発した「トリーア社会ストレステスト (TSST)」は、面接官の前でのスピーチと暗算課題を組み合わせることで、実験参加者に社会的評価への懸念と制御不可能性を感じさせ、コルチゾールや心拍数の著しい上昇を安定して引き起こすプロトコルとして確立されている [3]。これに対し、Nakamura らは計測した生体情報を偽ってフィードバック (虚偽心拍提示) することで、ユーザの生体状態を意図的に制御できる可能性を示した [4]。また、Dey らは VR 空間内で視覚的なフィードバックを操作する実験を行ったが、生理指標への有意な影響は確認されなかった [5]。視覚情報は解釈に認知的処理を要するため、緊張下ではその効果が限定的になる可能性がある。対して、触覚刺激はより直感的かつ原始的な感覚入力であり、認知負荷をかけずに情動へ介入できる利点がある [6]。

### 2.2 接触とアニメーションによる情動調整

Pescara らの研究では、触覚的なフィードバックが体験の没入感を高めることが示されている [7]。また、Sumioka らは、人型メディア「ハグビー」を抱擁することで、コルチゾールレベルが有意に低下し、ストレス緩和効果が得られることを報告している [8]。さらに、米澤らはロボットやぬいぐるみに「呼吸」や「心拍」などの生理現象表現を持たせることで、ユーザに「生き物らしさ (Animacy)」や親密感を感じさせ、情動伝染を引き起こす効果があることを報告している [9, 10]。本研究では、これらの知見を統合し、単なる機械的な振動ではなく、ぬいぐるみに内在する「鼓動」として振動を提示することで、ユーザに「落ち着いたパートナーと共にいる」という感覚を与え、社会的ストレスを緩和できるのではないかと考えた。Harlow のアカゲザルを用いた実験に示されるように、柔らかい物体への接触は生物にとって根源的な安心感 (Contact Comfort) をもたらす [11]。社会的ストレス下において、ユーザが能動的に抱きしめることができる対象を用意することは、心理的な安全性を確保する上で有効であると考えられる。

## 3 提案システム

本研究では、ユーザの胸部および腹部に振動刺激を伝達しつつ、抱擁による安心感を提供するための「擬



図 1: 開発した擬似心拍ぬいぐるみ

似心拍ぬいぐるみ」を作成した。

### 3.1 システム構成

振動提示デバイスとして、心拍リズムの出力に優れたウェアラブルデバイス「Woojer Strap Edge」を採用した。本装置は、PC やスマートフォン等の音声出力端子に接続することで、入力された音声信号を触覚刺激 (振動) へと変換する。これを市販のぬいぐるみの内部 (腹部付近) に埋め込み、外部から見えないように加工した (図 1)。振動パターンとしては、安静時の人間の平均的な心拍数である 60 bpm (1 秒に 1 回) の定常リズムを採用した。これは、Bernardi ら [12] や Yamamoto らが指摘する「引き込み現象」を応用し、緊張して速くなったユーザの心拍や呼吸を、ゆったりとしたリズムへと生理的に誘導・鎮静化させる効果を期待するものである。

## 4 評価実験

提案システムの有効性を検証するため、社会的評価不安を惹起する「スピーチ課題」を用いた実験参加者実験を行った。本節では、まず適切なストレス課題を選定するための予備実験について述べ、続いて本実験の結果を報告する。

### 4.1 予備実験：緊張要因の選定

本実験に先立ち、どのような環境が実験参加者に最も効果的に社会的ストレス (緊張) を与えるかを検討するため、予備実験を実施した。実験参加者 8 名を対象に、以下の 3 条件下で 5 分間のスピーチ課題を行わせ、心拍数および主観的緊張度を比較した。

1. 統制条件: 壁に向かって独話を行う (他者の不在)。



図 2: 予備実験で用いた AI 面接画面



図 3: 被監視条件の聴衆映像

2. **AI 面接条件:** 画面上の AI アバターからの質問に答える (対話的負荷)。図 2 に示すような面接官エージェントを使用し、就職面接を模した対話を行った。
3. **被監視条件:** モニタに映し出された無表情の 4 人の聴衆に見つめられながら話す (社会的評価懸念)。使用した映像を図 3 に示す。

実験の結果、心拍数の変化量 (安静時との差) は、「被監視条件」において平均 +6.57 bpm と最も高い上昇を示した (統制条件: +1.34 bpm, AI 面接条件: +1.30 bpm)。また、主観評価においても「被監視条件」が最も緊張したと回答した実験参加者が全体の 62.5% を占めた。以上の結果より、他者からの視線 (社会的評価) が最も強力なストレスラーとして機能することが確認されたため、本実験 (次節) においては「被監視条件」をストレス刺激として採用することとした。

## 4.2 本実験：緊張緩和効果の検証

### 4.2.1 実験参加者

本実験には、大学生・大学院生および社会人を含む、18 歳から 28 歳の健康な成人 21 名 (男性 13 名、女性 8 名) が参加した。全ての実験参加者は、矯正視力を含め視覚・聴覚に異常がないことを確認した。なお、実

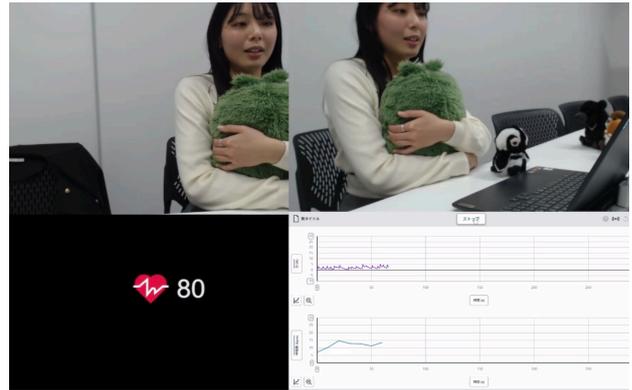


図 4: 実験中の様子 (スピーチ課題)

験に先立ち、実験内容およびデータ収集に関するインフォームド・コンセントを書面にて得た。

### 4.2.2 実験条件

以下の 2 要因 (2×2) の実験参加者内計画とした。これらを組み合わせた計 4 条件について、順序効果を相殺するためカウンターバランスをとって実施した。具体的な条件は以下の通りである。

1. **条件 1 (何もしない):** むいぐるみも振動装置も持たず、手ぶらの状態でスピーチを行う (コントロール条件)。
2. **条件 2 (振動のみ):** むいぐるみは持たず、振動装置 (Woojer) のみを装着した状態でスピーチを行う。
3. **条件 3 (むいぐるみのみ):** 振動機能をオフにした状態のむいぐるみを抱擁しながらスピーチを行う。
4. **条件 4 (両方あり):** 擬似心拍振動 (60 bpm) を提示したむいぐるみを抱擁しながらスピーチを行う (提案手法)。

### 4.2.3 タスクと手順

ストレス刺激として、予備実験で選定された「被監視条件下での即興スピーチ課題」を採用した。実験参加者はディスプレイ越しに表示される「無表情の聴衆」の映像 (図 3 参照) を見ながら、指定されたテーマ (自己紹介、旅行の計画など) について 5 分間話し続けるよう指示された。実験中の実験参加者の様子を図 4 に示す。

手順として、まず生理指標計測用のセンサ (心拍センサ、呼吸ベルト) を装着し、実験前の精神状態を把

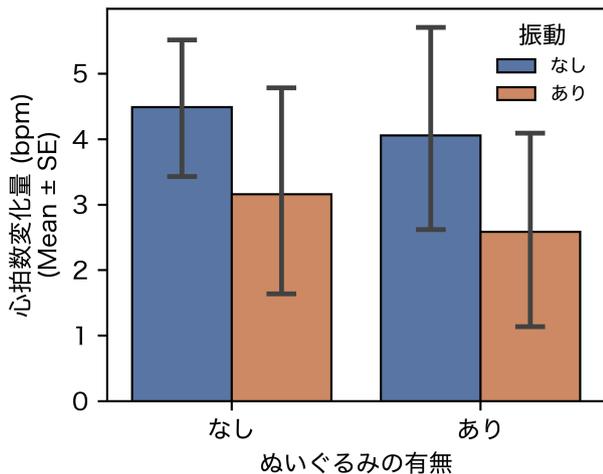


図 5: 各条件における心拍数変化量の比較 (平均+標準誤差)

握するための事前アンケートを行った。その後、椅座姿勢にて5分間の安静状態を保ち、ベースラインを記録した。メインとなる実験セッションでは、4つの異なる条件下において各5分間のスピーチを行わせた。各条件の終了直後には休憩時間を設け、事後アンケートを実施して主観的な緊張度やリラックス度を聴取した。

### 4.3 実験結果

#### 4.3.1 心拍数の変動

各条件におけるスピーチ中の平均心拍数から安静時心拍数を引いた「心拍数変化量 ( $\Delta HR$ )」を算出した。図 5 に結果を示す。全ての条件下において変化量は正の値を示し、安静時よりも心拍数が高い状態にあった。条件ごとの平均値を確認すると、「(1) 何もしない条件」が最も上昇が大きく (約 4.5 bpm)、「(4) 両方あり (ぬいぐるみ+振動) 条件」が最も上昇が抑制される (約 2.6 bpm) 結果となった。また、ぬいぐるみを提示した条件は、提示しなかった条件に比べて、振動の有無にかかわらず平均値が低くなる傾向が見られた。一元配置分散分析の結果、条件間の主効果に統計的な有意差は認められなかった ( $F(3, 60) = 2.76, p = 0.36$ ) もの、数値的な傾向として提案手法が生理的な覚醒レベルの上昇を抑える可能性が示唆された。

さらに、心拍数の経時的変化を図 6 に示す。解析にはデータ欠損のない 20 名のデータを用いた。全体的な傾向として、発話課題の「開始時」に心拍数がピークを示し、その後「1 分後」、「2 分後」と時間が経過するにつれて緩やかに低下していくトレンドが観察された。条件間を比較すると、視覚的には「(4) 両方あり条件 (赤線)」が、開始時から終了時 (5 分後) に至るま

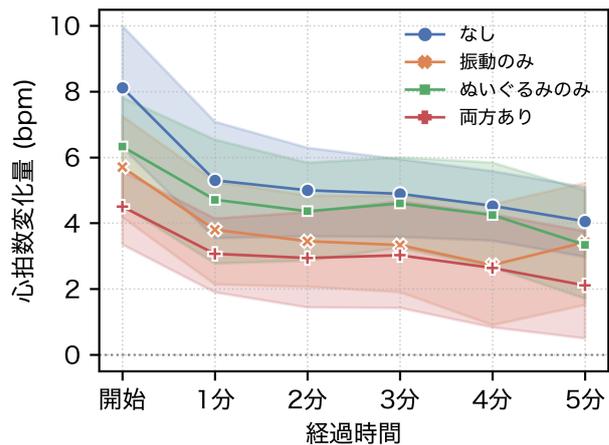


図 6: 各条件における心拍数の経時的推移 (Mean ± SE)

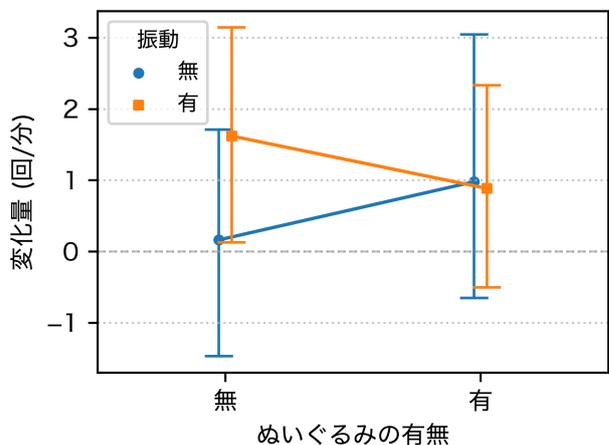


図 7: ぬいぐるみ要因と振動要因による呼吸数変化量の交互作用プロット (Mean ± SE)

での全ての時間帯を通じて、他の 3 条件よりも低い心拍数水準を推移している様子が見受けられる。

#### 4.3.2 呼吸数の変動

呼吸数に関しては、ぬいぐるみの有無と振動の有無の間に交互作用において有意傾向 ( $p < .10$ ) が見られた。図 7 に示すように、「ぬいぐるみ無」の水準では、振動なしから振動ありへ向かって呼吸数が励起される傾向が見られた。これに対し、「ぬいぐるみ有」の水準では、振動を与えても呼吸数は安定、あるいは低下する傾向が見られた。このグラフ上の直線の非平行性は、振動刺激が呼吸数に及ぼす影響が、ぬいぐるみの有無に依存している可能性を示唆するものである。

表 1: 最もリラックスできた条件 (回答人数)

条件	人数
(1) 何もしない	1
(2) 振動装置のみ	1
(3) ぬいぐるみのみ	13
(4) 両方あり (提案手法)	6

表 2: VAS による「落ち着き」の評価平均値 (0: 全く落ち着かない - 100: 非常に落ち着いている)

条件	VAS 平均スコア
(1) 何もしない	42.5
(2) 振動装置のみ	45.2
(3) ぬいぐるみのみ	68.4
(4) 両方あり (提案手法)	65.1

#### 4.3.3 主観評価

実験後のアンケートにおいて、「最もリラックスできた条件」を尋ねたところ、「(3) ぬいぐるみのみ」と回答した者が 13 名と最も多く、次いで「(4) 両方あり」が 6 名であった (表 1)。

また、スピーチ終了後の VAS (Visual Analog Scale, 0-100) による「落ち着き」の評価結果を表 2 に示す。一元配置分散分析および多重比較の結果、ぬいぐるみ有りの条件群 (条件 3, 条件 4) は、ぬいぐるみ無しの条件群 (条件 1, 条件 2) と比較して有意に高いスコアを示した ( $p < .05$ )。

実験参加者の自由記述では、ぬいぐるみ条件に対して「抱きしめることで安心感があった」「一人ではない感じがした」といった肯定的な意見が多く見られた。これは、Harlow の接触慰安 (Contact Comfort) 効果が社会的ストレス場面でも機能したことを示唆している。一方で、振動条件 (条件 4) に関しては、「鼓動のように感じて落ち着いた」という意見があった反面、「自分の心拍リズムとズレていて違和感があった」「振動が機械的に感じられた」という意見も散見された。表 1 において、条件 3 (ぬいぐるみのみ) が最も支持された要因として、一定リズムの振動が一部の実験参加者にとっては「強制感」や「ノイズ」として知覚され、純粹な抱擁による安心感を阻害した可能性が考えられる。しかし、生理指標 (心拍数) においては条件 4 が最も抑制効果を示しており、主観的な「好み」と生理的な「鎮静効果」の間に乖離が生じている点は興味深い知見である。

## 5 考察

### 5.1 「生き物らしさ」による情動調整

実験結果より、振動装置を単独で身体に当てるよりも、ぬいぐるみに内蔵して提示した方が、生理的・心理的にポジティブな効果が得られることが示された。これは、振動刺激が単なる「機械的な振動」ではなく、ぬいぐるみに内在する「生き物の鼓動」として知覚されたことによる効果 (アニマシー知覚) と考えられる。米澤らが指摘するように [9]、触覚刺激に擬人化された文脈が付与されることで、ユーザは対象に対して親密感を抱きやすくなり、刺激を好意的に受容したと推察される。特にスピーチのような孤独な評価場面において、擬似心拍を持つぬいぐるみは「落ち着いたパートナー」として機能し、ユーザの情動を同調させる (情動伝染) ことで、精神的な支えとなった可能性がある。吉田・米澤らの研究では、ロボットが沈黙モード (遅い呼吸・心拍) を示すことでユーザの心理状態も沈黙化する傾向が確認されている [10]。本研究においても、ぬいぐるみが提示するゆったりとした定常的な心拍振動が、ユーザに対して「この存在は落ち着いている」という情動的メッセージとして伝わり、それがユーザ自身の情動にも伝染 (情動同調) することで、スピーチ課題による緊張が緩和された可能性がある。すなわち、本システムの効果は、物理的なリズムの引き込み現象だけでなく、リズムと情動表現の統合による「共感」や「没入」のプロセスが複合的に作用した結果であると考えられる。

### 5.2 振動のリズムと個人差

一方で、主観評価では「振動なし (ぬいぐるみのみ)」を支持する声も多かった。これは、提示した 60 bpm という一定のリズムが、緊張して心拍が上昇しているユーザにとっては乖離が大きく、違和感を生じさせた可能性が考えられる。今後は、ユーザのリアルタイム心拍数に合わせて徐々にリズムを遅くしていくバイオフィードバック制御の導入などが課題となる。

## 6 本研究の限界と今後の課題

本研究で明らかになった課題と、それを踏まえた今後の展望について述べる。第一に、振動伝達の物理的制約である。本実験は冬季に実施されたため、実験参加者が厚手の衣服を着用しているケースがあり、これがダンパーとなって振動の知覚を阻害した可能性がある。振動による引き込み効果を最大化するためには、振動モータの出力を衣服の厚みに応じて動的に調整す

る機能の実装や、より皮膚に近い位置（首元や手首など）で振動を提示するデバイス形状の再検討が必要である。第二に、実験環境への順応である。条件間のカウンターバランスは実施したが、同一の実験環境で課題を繰り返すことによる「慣れ」が、後半のセッションにおける生理反応の鈍化に影響した可能性がある。今後は、負荷レベルが均質な異なるテーマやタスクを用意し、慣れの影響を最小限に抑える実験デザインが求められる。

## 7 おわりに

本研究では、社会的緊張場面におけるストレス緩和を目的とし、擬似心拍発生機能付きぬいぐるみデバイスを提案した。評価実験の結果、本デバイスの使用により、スピーチ課題中の心拍上昇が抑制される傾向と、主観的な落ち着きの向上が確認された。今後は、振動パターンの改善や、より多様なストレス環境下での検証を行い、非薬物的なメンタルヘルスケア手法としての確立を目指す。

## 謝辞

本研究の評価実験において、実験参加者としてご協力いただいた皆様、ならびに有益な助言をいただいた近畿大学バーチャルインタラクション研究室の皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 村山 孝之, 田中 美吏, 関矢 寛史: 「あがり」の発現機序の質的研究, 体育学研究, Vol. 54, No. 2, pp. 329-346, 2009.
- [2] Stephen W. Porges: The Polyvagal Theory: Neurophysiological Foundations of Emotions, Attachment, Communication, and Self-regulation, W. W. Norton & Company, 2011.
- [3] Clemens Kirschbaum, Karl-Martin Pirke, and Dirk H. Hellhammer: The 'Trier Social Stress Test' – A Tool for Investigating Psychobiological Stress Responses in a Laboratory Setting, *Neuropsychobiology*, Vol. 28, No. 1–2, pp. 76–81, 1993.
- [4] 中村 健二, 片山 拓哉, 寺田 努, 塚本 昌彦: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御システム, 情報処理学会インタラクション 2012 論文集, pp. 65–72, 2012.
- [5] Arindam Dey, Hao Chen, Mark Billinghurst, Robert W. Lindeman: Effects of Manipulating Physiological Feedback in Immersive Virtual Environments, *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pp. 101–111, 2018.
- [6] Hugo D. Critchley, Stefan Wiens, Pia Rotshtein, Arne Öhman, and Raymond J. Dolan: Neural systems supporting interoceptive awareness, *Nature Neuroscience*, Vol. 7, No. 2, pp. 189–195, 2004.
- [7] Erik Pescara, Alexander Wolpert, Matthias Budde, Andrea Schankin, Michael Beigl: Life-tact: utilizing smartwatches as tactile heartbeat displays in video games, *Proceedings of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, pp. 97–101, 2017.
- [8] Hidenobu Sumioka, Aya Nakae, Ryota Kanai, and Hiroshi Ishiguro: Huggable communication medium decreases cortisol levels, *Scientific Reports*, Vol. 3, Article No. 3034, 2013.
- [9] 米澤 朋子, 山添 大丈, 安部 伸治: 擬人化表現を伴う触覚インタラクションロボットの検討, HAI シンポジウム 2011, II-1B-3, 2011.
- [10] 吉田 直人, 米澤 朋子: ユーザに対するロボットの生理的働きかけによるコンテンツ覚醒度の増幅と親密感への影響, 知能と情報 (日本知能情報フェジィ学会誌), Vol. 34, No. 3, pp. 627–635, 2022.
- [11] Harry F. Harlow: The nature of love, *American Psychologist*, Vol. 13, No. 12, pp. 673–685, 1958.
- [12] Luciano Bernardi, Cesare Porta, and Peter Sleight: Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence, *Heart*, Vol. 92, No. 4, pp. 445–452, 2006.