

ハンガー反射の機序解明を目的とした睡眠時の応答の観察

○山地 康之 (電気通信大学), 今 悠気 (電気通信大学),
中村 拓人 (電気通信大学, 日本学術振興会), 梶本 裕之 (電気通信大学)

Observation of response during sleep aiming at elucidating the mechanism of Hanger Reflex

○Yasuyuki YAMAJI(UEC), Yuki KON (UEC), Takuto NAKAMURA (UEC, JSPS Research Fellow),
and Hiroyuki KAJIMOTO (UEC)

Abstract: Hanger Reflex is a phenomenon in which the head turns involuntarily by wearing a hanger on the head. In this study, we discuss experimental method to confirm Hanger Reflex during sleep to elucidate the brain process of Hanger Reflex. If Hanger Reflex occurs during sleep, the brain process is considered to involve unconscious reaction to skin irritation.

1. はじめに

ハンガー反射は針金ハンガーを頭に被ると意図せず頭が回ってしまう現象 (Fig. 1) である¹。

従来の研究により, ハンガー反射は頭部への圧迫により生起し, その際に生じる皮膚変形がハンガー反射の方向に寄与していることが明らかにされている。ハンガー反射による頭部回旋運動は, デバイスによる頭部圧迫が内力であることからユーザの錯覚による自発的運動であるはずだが, ユーザはその運動を強い他動的運動かつ若干の能動的運動であると知覚するという特徴がある。この特徴から運動性疾患に関するリハビリテーションへの応用が期待されている。ハンガー反射の医療応用として, 頭が異常な方向に向いたまま戻せなくなってしまう痙性斜頸という運動性疾患に対して, 症状と反対方向にハンガー反射を提示することで正面を向けるようになるという報告がされている。しかし, ハンガー反射を生じる脳内プロセスについては明らかとなっておらず, ハンガー反射の脳内プロセスを解明することはリハビリテーション等への応用のために必要であると考えられる。

本稿では, ハンガー反射の脳内プロセスを解明する目的で, 覚醒時においてハンガー反射を生じる皮膚刺激を睡眠時に提示し, ハンガー反射の有無を確認する実験について検討する。睡眠時にハンガー反射が生じるならば, ハンガー反射の脳内プロセスには皮膚刺激に対する無意識下の反応が含まれると考えられ, 例えば寝返りを打つように促すことで褥瘡を防止するといった応用が期待される。

2. 関連研究

2.1 ハンガー反射

ハンガー反射については, 皮膚の2点圧迫により発生し¹, 皮膚変形の向きがハンガー反射の運動の向きに寄与していることが報告されている²。

また, ハンガー反射は頭部以外にも手首, 腰部, 足首にて類似の現象が確認されている³。また, ハンガ

ー反射に対してユーザの解釈が介入することでハンガー反射の出力を変調可能であることが報告されている⁴。



Fig. 1 Hanger Reflex¹

2.2 刺激に対する睡眠時の反応計測

睡眠中に入力される刺激への反応性と睡眠段階の関係の調査は古くから検討されている⁵。Okumaらは, 睡眠中の被験者に光刺激を数回呈示し, その回数だけボタンを押して反応させる課題を行い, 睡眠段階の進行に伴い刺激に対する反応が減少することを示した⁶。

3. 仮説

ハンガー反射を生じる脳内プロセスについて, 考え得る仮説を Fig. 2 に示す。

まずハンガー反射は, 「外力を意識下で知覚している」「運動を生成している」という2つの事実がある。この2つの因果関係に関して, 片方がもう片方の原因となっているという2つの可能性がまず考えられる。すなわち「外力を意識下で知覚した」結果として「運動が生じる」, あるいは逆に「運動が生じた」結果に対する解釈として「外力」を知覚する, というものである。それぞれ仮説 (A), 仮説 (B) として図中に示す。さらに外力知覚と運動生成が共に同時並行して生じ, その認識された外力及び運動を統合して外力に寄って運動が生じたと解釈された可能性が考えられる。これを仮説 (C) とする。

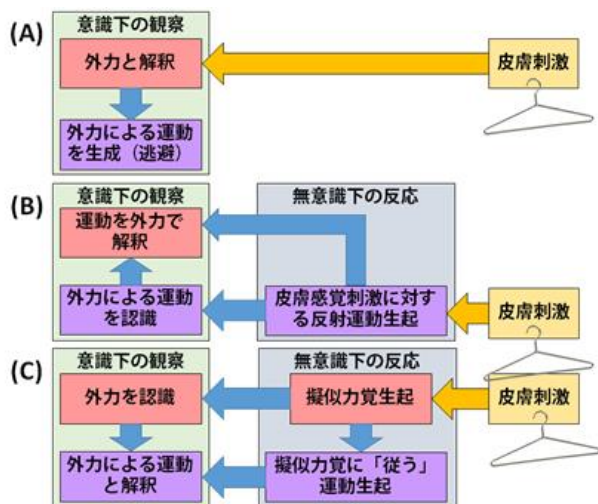


Fig. 2 Hypothesis about intracerebral process of Hanger Reflex

本稿では、まず仮説(A)とそれ以外を切り分けるために、皮膚刺激に対して意識が集中していない状態（睡眠状態）を作り、ハンガー反射が生じるかを検証する。例えば睡眠中にもハンガー反射を生じるなら(A)は否定される。

4. 皮膚刺激の提示手法

本章では、空気駆動バルーンを用いた皮膚刺激の提示手法と、それを利用した回旋デバイスについて述べる。

4.1 空気駆動バルーンによる皮膚刺激の提示

2.1 に述べた通り、ハンガー反射は皮膚の2点圧迫により発生する。本稿では、ハンガー反射を引き起こす皮膚刺激を発生させるために、空気圧アクチュエータを用いたハンガー反射再現デバイス⁷を用いた。

4.2 頭部回旋デバイス

頭部回旋デバイスは、4.1 の空気駆動バルーンと、ハンガー反射誘発装置の特許をベースに開発された一般医療機器非能動型簡易牽引装置ラクビ（製造販売：株式会社 TSS）⁸によって構成される。Fig. 3 のように2つの空気駆動バルーンを取り付けることによって、頭部への2点圧迫を行い、頭部を回旋させる。

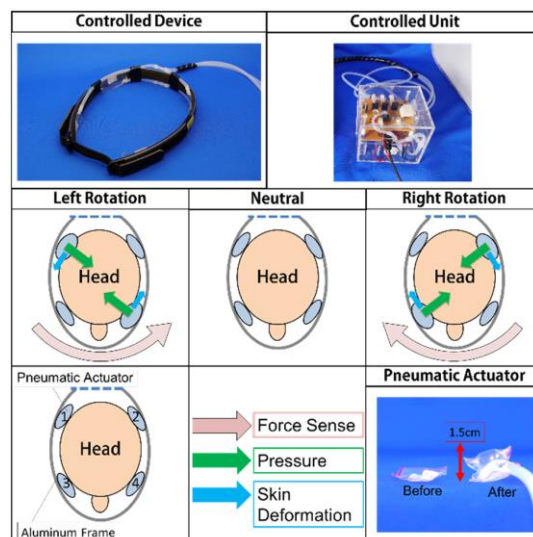


Fig. 3 The device that rotates the head⁷

4.3 手首回旋デバイス

手首回旋デバイスは、4.1 の空気駆動バルーンと、U字型に湾曲させたステンレスフラットバーによって構成される。4.2 と同様に2つの空気駆動バルーンによって2点圧迫を行い、手首の回旋を実現する。Fig. 4 に、手首回旋デバイスを示す。

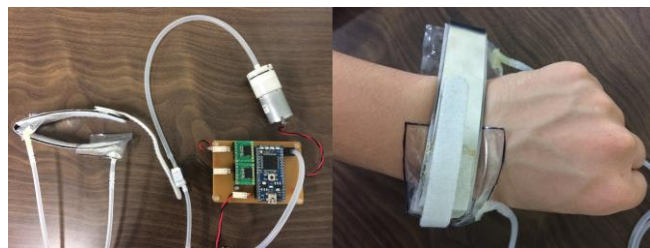


Fig. 4 The device that rotates the wrist

4.2, 4.3 のデバイスはマイクロコントローラ（mbed1768, NXP 社）によって制御される。シリアル通信によって PC から指定された時間をマイクロコントローラが内部のタイマーによってカウントすることで、任意の時間に空気駆動バルーンを動作させることができる。

5. 予備実験

本格的な実験を行う前に、睡眠中にハンガー反射を生じる皮膚刺激を提示し、ハンガー反射が確認できるかを調べるために、2つの予備実験を実施した。以下では、椅子に座った状態とベッドに横になった状態で、頭部回旋デバイスを装着し、皮膚刺激を提示した実験について述べる。

5.1 予備実験1：頭部ハンガー＋椅子

被験者を椅子に座らせ、4.2 の頭部回旋デバイスを取り付けた状態で眠ってもらった。睡眠開始から一定時間が経過後、空気圧アクチュエータによる皮膚刺激を提示し、ハンガー反射の有無を確認した。Fig. 5 に、予備実験1の様子を示す。



Fig. 5 Preliminary experiments 1

予備実験1では、睡眠開始から約15分後、30分後に皮膚刺激を提示したが、被験者から「皮膚刺激が強すぎて目が覚めてしまう」といったコメントを得た。椅子に座った状態での睡眠は、通常の睡眠に比べ浅いものとなりやすいため、皮膚刺激を与えると覚醒しやすく、長時間の実験に向かないといった問題点があった。

5.2 予備実験2：頭部（牽引）＋ベッド

予備実験2では、長時間の実験を実現するために、被験者がベッドに横になった状態で、4.2の頭部回旋デバイスを装着し実験を行った。

ただし、通常の就寝時の様に頭部を枕に乗せていると、頭部の回旋を妨害してしまうことから、頭部牽引装置（首牽引器具 ストレッチャー、CC 堂）を用いた。Fig. 6に予備実験2の様子を示す。

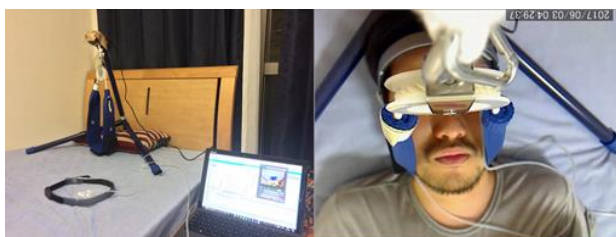


Fig. 6 Preliminary experiments 2

しかし、頭部を牽引した状態では、ハンガー反射による頭部の回旋が覚醒時であっても非常に小さいという問題があった。これは、牽引器具が頭部を牽引する際、牽引の位置が頭部回旋デバイスの装着位置と近いことで、頭部を牽引する力が、頭部2点の圧迫を

妨害していたと考えられる。

6. 実験方法

5.の予備実験から、睡眠時にハンガー反射の有無を正確に確認するためには、ベッドに横になった状態で、被験者の睡眠と皮膚刺激を妨害しない様に、回旋する部位を牽引する必要があると考えた。そこでベッドに横になった状態で頭部ではなく腕を牽引し、手首に皮膚刺激を提示することで、ハンガー反射の有無を確認することとした。

6.1 実験装置の構成

Fig. 7に、本実験の構成を示す。本実験では、4.3の手首回旋デバイス、デバイスの制御・撮影データの保存を行うノートパソコン、ノートパソコンの操作を行うためのコントローラ（XBOX コントローラ）、撮影用のWebカメラ、手首の牽引装置（5.2で使用したものと同等のもの）が使用される。

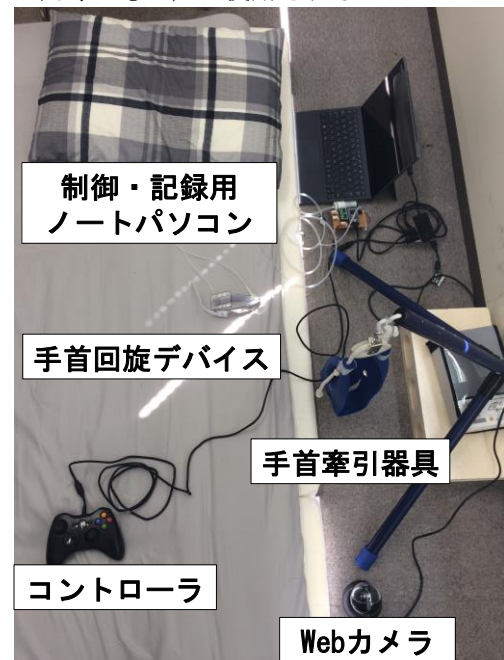


Fig. 7 Structure of experimental apparatus

6.2 実験手順

本実験の手順を以下に示す。

1. 手首回旋デバイスを装着し、ベッドに横になる。
2. デバイスを装着した方の手を牽引装置に乗せる。
3. コントローラを操作し、手首に回旋のための皮膚刺激を提示し、牽引装置上で手首が回旋するかを確認する。回旋しない場合、装着をやり直す。
4. コントローラで皮膚刺激を提示する時間を設定し、録画開始とともにタイマーを起動する。起動したら就寝する。
5. 撮影後、録画映像を確認し、ハンガー反射の有無を確認する。

7. 実験結果

被験者は25才の男性1名であった。被験者が就寝を開始してからそれぞれ、30、60、90、120分後に手首に皮膚刺激を提示し、ハンガー反射の有無を確認したところ、いずれのタイミングでも、ハンガー反射による手首の回旋は確認されなかった。

8. 考察

8.1 仮説の検証

実験の結果，現状では睡眠中のハンガー反射は確認できなかったことから，3. の仮説 (A) は否定されなかった．一方で仮説 (B) と (C) は共に無意識下のハンガー反射生成を仮定しており，現在までの実験結果とは矛盾していると考えられる．ただし睡眠イコール意識のない状態，という図式は単純にすぎることでも確かであり，単に睡眠自体が運動を阻害する要因となっていることや，睡眠によって無意識下の擬似力覚生起自体が阻害されている可能性も考えられる．現時点で言えることは，「睡眠中にハンガー反射を生じるとは言えない」ということである．

8.2 実験手法の制限

本稿の実験手法では，睡眠時に圧迫感の伴う皮膚刺激を提示すると目が覚めてしまう，睡眠時の意図せぬ体の動きによって，装着しているデバイスがずれてしまう，などの要因で実験が失敗してしまうことがあった．実験手法の改善策としては，バルーンで圧迫するのではなく，皮膚変形を提示するといった皮膚刺激の提示方法の変更や，提示する速度を遅くすること，被験者の身体を固定するなどが考えられる．

また，本実験では被験者数が1名であったため，被験者数を増やすことも今後必要である．被験者を増やす場合，被験者の状態について客観的指標を得るため，脳波や筋電計測による，睡眠段階の測定も必要になると考えられる．

9. おわりに

本稿では，ハンガー反射の脳内プロセスを解明する目的で，睡眠時にハンガー反射を生じる皮膚刺激を提示し，ハンガー反射を確認する方法について検討した．実験の結果，睡眠時にハンガー反射を生じる皮膚刺激を与えても，ハンガー反射を生じなかったことから，ハンガー反射には睡眠によって阻害される要因があることが考えられる．

今後は実験手法について改善を行うとともに，睡眠段階の測定を行い，任意の睡眠段階でのハンガー反射を確認することで，より正確に，仮説の検証が可能になると考えられる．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K12079 の助成を受けたものです．

参考文献

- 1) 佐藤未知，松江里佳，橋本悠希，梶本裕之：ハンガー反射－頭部圧迫による頭部回旋反応の条件特定と再現－，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.19，No.2，pp.295／pp.301 (2014)
- 2) 佐藤未知，中村拓人，梶本裕之：ハンガー反射における皮膚せん断変形による触錯覚と運動誘発，第5回テレイグジスタンス研究会 (2014)
- 3) T. Nakamura, T. Nishimura, M. Sato, H. Kajimoto : Application of Hanger Reflex to wrist and waist, IEEE VR 2014 (2014)
- 4) Y. Kon, T. Nakamura, H. Kajimoto :

Interpretation of Navigation Information Modulates the Effect of the Waist-Type Hanger Reflex on

Walking, IEEE 3DUI, pp.107／pp.115 (2017)

- 5) 鈴木博之：睡眠中の情報処理，生理心理，25巻，1号，pp.17／pp.34 (2007)
- 6) T. Okuma, K. Nakamura, A. Hayashi, M. Fujimori : Psychophysiological study on the depth of sleep in normal human subjects, Electroencephalography Clinical Neurophysiology, 21, pp.140／pp.147 (1966)
- 7) 今悠気，中村拓人，梶本博之：空気圧アクチュエータを用いた頭部ハンガー反射回旋角度制御の試み，インタラクシオン2017(第21回一般社団法人情報処理学会シンポジウム)，2017.
- 8) 一般医療機器 非能動型簡易型牽引装置 ラクビ．2015: 35519001