

医療BCP (事業継続計画) 策定における 人工呼吸器代替手段の最適化検討と 評価法開発

We optimize respirator substitute method and developed the assessment model for Medical Business Continuity Plan (m-BCP).



西 謙一

臨床工学技士・電気工事士

一般社団法人日本医療福祉設備協会理事

一般社団法人日本の技術をいのちのために委員会理事

NE S株式会社

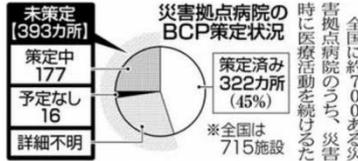
医工学治療学会 COI開示

筆頭発表者名：西 謙一

演題発表に関連し、開示すべきCOI関係にある企業などはありません。

BCP : Business Continuity Plan

災害時に医療活動を継続できるBCP策定が必要 実効性の無い書式的・形骸的なBCPは医療には不要



災害拠点病院のBCP策定状況

「被災時の計画ある」45%

災害拠点病院 策定に遅れ

全国に約700ある災害拠点病院のうち、災害時に医療活動を継続するためのマニュアルを整備済みの施設が45%に上まることが6日、共同通信の調査で分かった。病院の被災やライフラインの途絶で多くの病院が機能を失った東日本大震災を教訓に、国はマニュアル作りを促してきたが、震災から6年たったにもかかわらず、まだ十分な進捗が見られなかった。マニュアルは被害を最小限に抑えるための事前の備えや、平時の機能を



災害拠点病院 水害に不安

災害時に高度な救命医療を提供する全国の災害拠点病院のうち、約9割にあたる154病院は豪雨や洪水などで周辺道路が冠水した場合、患者の受け入れが難しいことが20日まで、厚生労働省の調査で分かった。厚労省は「自衛と連携し、早急に対策を進めてほしい」と呼びかけている。

厚労省「早急に対策を」

整備が進まない理由と「マンパワー不足」を挙げ、1施設を除き未策定。一定の鹿兒島は「人的、時間的調整に時間がかかると回答が少なく」と答。かつ「そろそろ」として、山口は「ノウハウ、た



京都市府知事市で昨年8月、災害拠点病院の周辺道路が豪雨のため冠水し、約10時間閉鎖された。救急車による患者の搬送ができなくなる事態が発生した。厚労省は「全」を受け、同年11月、全施設の調査を実施した。今年4月時点の調査で、冠水時の対応をどう進めたいかと答えた。大半は「自衛と連携し、早急に対策を進めてほしい」と答えた。

「1病院が最も多く、98病院」が「豪雨や洪水が冠水した場合、周辺道路が冠水する恐れ」と回答。このうち97病院は「代替道路を確保したい」とし、25病院は代替道路は「自衛と連携し、早急に対策を進めてほしい」と答えた。救急患者を受け入れる手段がないとして、全体の約3割にあたる154病院は「1（ヘリコプターやゴムボートなど搬送）」が最も多く、219病院は「代替道路を確保したい」と答えた。

言葉 写真 実行 方針

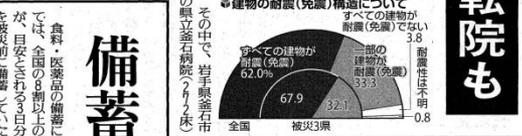


災害医療の中心となる災害拠点病院。宮城県石巻市の石巻赤十字病院には患者が次々と搬送され、医師が口ビエでも治療した（3月25日）＝森田昌孝撮影

災害拠点病院 耐震に課題

東日本大震災で、岩手、宮城、福島3県にある青森県立病院の耐震強化が十分だった病院は、例外なく地震による建物被害を受けていた。全国が、耐震化が十分でない病院が4割に上ることが、耐震化の徹底が求められている。

「すべて耐震」6割と割り。調査では、全国609カ所を調査した。被災地では、3割の病院（30%）から回答があった。東北3県では、33病院中28カ所（85%）が免震構造で、ほか5カ所（15%）が免震構造ではない。被災地以外の病院では、免震構造が2割（20%）に上った。被災地以外の病院では、免震構造が2割（20%）に上った。



「建物に被害 200人転院も」。本館の壁にひびが入り、24床が使用不可能。入院患者200人以上を別の病院に移送した。宮城県大崎市の市民病院でも本館が一時は、入院患者を受け入れが困難な状態に陥った。院長は「6割程度に耐震化が完了している」と話している。

「自家発電だけでは支障」。非常用の電力について、岩手県大川町小川町長は「ほぼ100%自家発電で稼働している」と話している。また、同町長は「自家発電が止まると、CTやMRIが使えなくなる」と話している。

「被災情報への入り」。東北3県は4割。災害情報ネットワーク。東北3県は4割。災害情報ネットワーク。東北3県は4割。災害情報ネットワーク。

「道路冠水なら 患者搬送、2割が困難」。災害時に高度な救命医療を提供する全国の災害拠点病院のうち、約9割にあたる154病院は豪雨や洪水などで周辺道路が冠水した場合、患者の受け入れが難しいことが20日まで、厚生労働省の調査で分かった。

補助拡充を

日本集団災害医学会代表理事の山本保博・東京臨海病院院長の話「今回の震災では、死者の膨大さに比べて重傷患者は少なかったが、今後、大勢の重傷者が出る大災害が起こると、現在の災害拠点病院では対応しきれない恐れがある。コストがかかるとは思いますが、これまでも『無駄』とみなされがちだったが、これを機に、国や都道府県が病院への補助を増やすべきだ」

食料・医薬品 「被災後に不足」

見通しが立たず、患者同様の食料の不足に悩む。食料の不足に悩む。食料の不足に悩む。食料の不足に悩む。

被災情報への入り

東北3県は4割。災害情報ネットワーク。東北3県は4割。災害情報ネットワーク。

厚労省「早急に対策を」

整備が進まない理由と「マンパワー不足」を挙げ、1施設を除き未策定。一定の鹿兒島は「人的、時間的調整に時間がかかると回答が少なく」と答。かつ「そろそろ」として、山口は「ノウハウ、た

備蓄量不十分

食料・医薬品の備蓄量について、全国の8割以上が病院が、目をさそる3日以上は食料を被災地に備蓄できないが、東北3県の約7割の病院が、被災後不足したと答えた。



「自家発電だけでは支障」。非常用の電力について、岩手県大川町小川町長は「ほぼ100%自家発電で稼働している」と話している。また、同町長は「自家発電が止まると、CTやMRIが使えなくなる」と話している。

「被災情報への入り」。東北3県は4割。災害情報ネットワーク。東北3県は4割。災害情報ネットワーク。

厚労省「早急に対策を」

整備が進まない理由と「マンパワー不足」を挙げ、1施設を除き未策定。一定の鹿兒島は「人的、時間的調整に時間がかかると回答が少なく」と答。かつ「そろそろ」として、山口は「ノウハウ、た

人工呼吸療法継続計画 (BCP)

▽人工呼吸器の代替法

- 生命維持管理装置は不意の緊急事態に備える代替手段がある
- 人工呼吸器 (Respirator) では用手換気装置 (BVM : Bag Valve Mask) の常備が求められている
- 前提条件として用手換気装置 (BVM) の適正操作が必要

表6 施設内ライフラインチェックリストの例

	非常用電源 (自家発電装置)	水道	医療用ガス		
			医療用酸素(混合空気用)	医療用酸素	医療用圧縮空気
	自動切替(40秒)		自動切替	自動切替	自動切替
能力・容量	2	2	1	1	0
	1200kw(合計)	118t(合計)	8000Jt	8000Jt	17t
外部補充	A車油	貯水槽への給水	液体酸素タンク車	液体酸素タンク車	—
外部補充頻度	72時間毎	2-3回/週	1-2回/週	1-2回/週	—
非常時使用量(施設全体)	1300kw	280t/日	1000k/日	1000k/日	—
災害時最低必要量(施設全体)	kw	—	700k/日	700k/日	—
災害時最低必要量(NICU)	30kw	—	280k/日	170k/日	—
レベル4	直接被害時対応	各機器内蔵バッテリー	ポンプ在庫分	ポンペ在庫分	ポンペ在庫分
	直接被害時対応可能期間	0-6時間	0-1日	2-6時間	2-6時間
レベル3	停電時使用可能期間	—	不可	2時間	2時間
レベル2	非常用電源下使用可能期間 (外部補充なし)	72時間	日	8日	10日
レベル1	外部補充下使用可能期間	連続使用可	連続使用可	連続使用可	連続使用可

設定：小児総合病院・総合産科産婦人科医療センター(230床)
NICU15床・GGU35床
人工呼吸管理20床
保育器20台
輸液20名

【VI】緊急事態への対応

停電、人工呼吸器の故障、呼吸回路の損傷などの緊急事態に備えて、酸素投与下の**用手換気装置一式**(蘇生バッグ、ジャクソンリース回路など)、気管挿管用器材一式、蘇生用薬剤をベッドサイドに**常備**しなければならない。また、担当看護師が異常事態を随時把握できるシステムであること、医師が即応できる体制であることが望まれる。担当医、担当看護師は**ACLS/BLS**に習熟していることが望ましい。

【VII】人工呼吸器の定期点検について

耐用年数を超えた人工呼吸器の定期点検、使用頻度の低い人工呼吸器の定期点検は、頻回にしかも綿密に行うべきである。

1. 病院管理責任者および医療機器安全管理責任者は、製造あるいは販売会社の使用説明書に従い、定期点検が実施できていることを確認すること。
2. 定期点検は、患者の専門技術者または病院所属の臨床工学技士が分担すること。6カ月毎の点検が望ましい。

に残すこと(参考資料②)。

人工呼吸器安全使用のための指針 第2版

用後の処理について

表(参考資料⑤)に従い、人工呼吸器、呼吸回路および加湿加湿器は必ずしも。ディスプレイ製品の再使用は行わないこと。

参考文献

- 人工呼吸器安全使用のための指針. 人工呼吸. 2001; 18: 39-52.
01.html
- ventilator-associated pneumonia: a model for identifying the optimal clinical
on ventilator-associated pneumonia: a systematic review and meta-analysis.
- Sに対する Clinical Practice Guideline 第2版. 人工呼吸. 2004; 21: 44-61.
02.html
- vetta J: A prospective randomized comparison of an in-line heat moisture
es of ventilator associated early-onset (community-acquired) or late-onset
otracheal tube occlusion. Chest. 1997; 112: 1055-1059.

以下に、被災状況に応じた施設内での各種**ライフライン**の**途絶**に対する対応を記載する。

① 電気

外部電源遮断時には通常、非常用電源に自動的に切り替わるが、切り替え時に一定時間完全電力停止状態になる場合がある。その時間は施設設備によって異なるため防災訓練時に確認し、その間

日本未熟児新生児学会・新生児医療連絡会 災害時の新生児医療体制復旧手順

ノセントと非常電源用コンセントは使い分けられているべき機器が非常用コンセントに接続されていること

が電気機器の連続使用が可能である。制限内で優先する限の医療安全を確保する。非災害時に、使用可能な電数を確認しておく。

め、復旧あるいは燃料確保の目処を確認し、期限内に手配する。

吸管理中の児は病棟内ポンペを使用した**用手換気**へ切も人工呼吸管理数だけの医療スタッフの確保が必要で策定しておく必要がある。安全な施設、地域へのすみによっては、トリアージが必要となる。輸液ポンプはるため原則、生命維持に必要な薬剤投与にのみ1台を数台を確保する。

2012年3月作成 (Ver.2)

災害時新生児医療体制再構築手順のためのワーキンググループ編

ることが多いので、以下のことは不要であるかもしれない。また、そのような体制をとり、発電ができるようになるまでの間を

人工呼吸療法継続計画 (BCP)

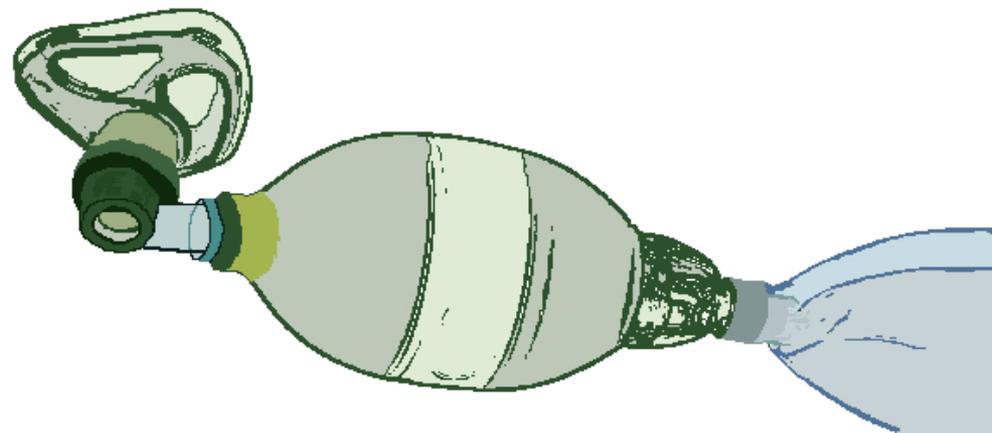
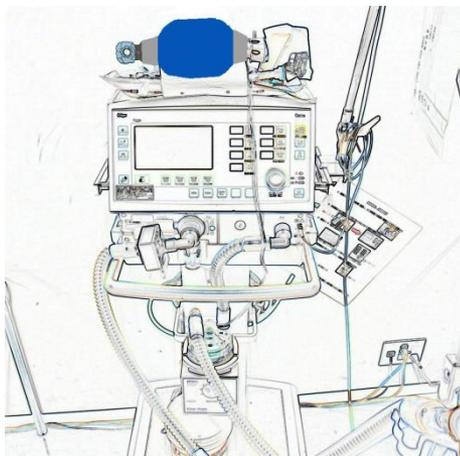
▽人工呼吸器の代替法

- 生命維持管理装置は不意の緊急事態に備える代替手段がある
- 人工呼吸器 (Respirator) では用手換気装置 (BVM : Bag Valve Mask) の常備が求められている
- 前提条件として用手換気装置 (BVM) の適正操作が必要

▽質の良い代替法

1. BVMが人工呼吸器のベッドサイドに**常備**
2. BVMの適正な**組立て**ができる
3. BVMの適正な**取扱い**ができる
4. BVMを使った用手換気の**臨床的操作**ができる
5. 適正な**1回換気量**を送気することができる
6. 適正な**気道内圧**で換気することができる
7. 適正な**分時換気量**を維持することができる
8. 限られた手段で適正に**患者の観察**ができる

1~4は事前準備・トレーニング、5~7は現場での用手操作、8は医療従事者としての観察力



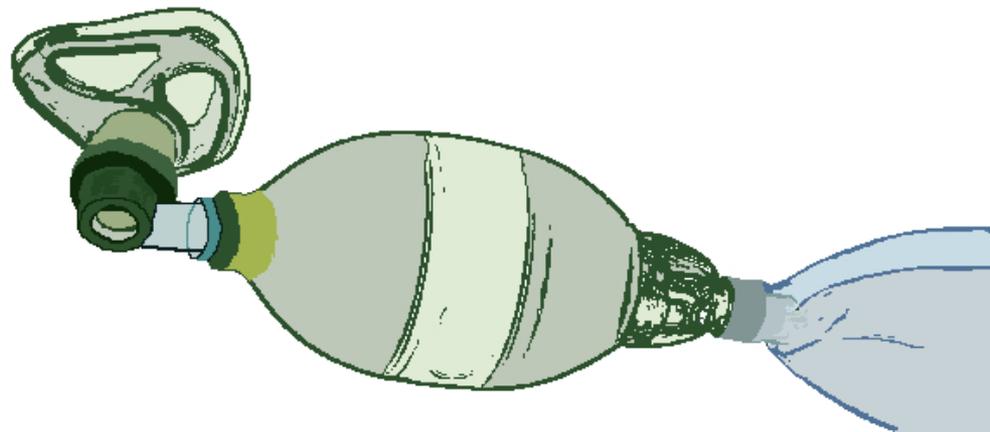
人工呼吸療法継続計画 (BCP)

▽人工呼吸器の代替法

- ▶ 生命維持管理装置は不意の緊急事態に備える代替手段がある
- ▶ 人工呼吸器 (Respirator) では用手換気装置 (BVM : Bag Valve Mask) の常備が求められている
- ▶ 前提条件として用手換気装置 (BVM) の適正操作が必要

▽質の良い代替法

1. BVMが人工呼吸器のベッドサイドに常備
 2. BVMの適正な組立てができる
 3. BVMの適正な取扱いができる
 4. BVMを使った用手換気の臨床的操作ができる
 5. 適正な1回換気量を送気することができる
 6. 適正な気道内圧で換気することができる
 - 7. 適正な分時換気量を維持することができる ←1回換気量×換気回数(適正I:E比の繰返し)**
 8. 限られた手段で適正に患者の観察ができる
- 1～4は事前準備・トレーニング、5～7は現場での用手操作、8は医療従事者としての観察力



人工呼吸療法継続計画 (BCP)

▽人工呼吸器の代替法

- ▶ 生命維持管理装置は不意の緊急事態に備える代替手段がある
- ▶ 人工呼吸器 (Respirator) では用手換気装置 (BVM : Bag Valve Mask) の常備が求められている
- ▶ 前提条件として用手換気装置 (BVM) の適正操作が必要

▽質の良い代替法

1. BVMが人工呼吸器のベッドサイドに常備
2. BVMの適正な組立てができる
3. BVMの適正な取扱いができる
4. BVMを使った用手換気の臨床的操作ができる
5. 適正な1回換気量を送気することができる
6. 適正な気道内圧で換気することができる
- 7. 適正な分時換気量を維持することができる**
8. 限られた手段で適正に患者の観察ができる

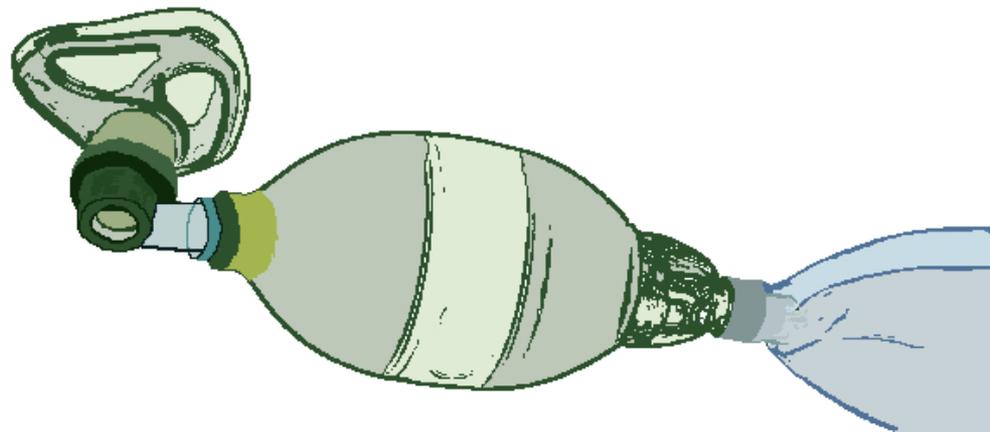
1~4は事前準備・トレーニング、5~7は現場での用手操作、8は医療従事者としての観察力

BVMの収縮(吸気)・膨張(呼気)を
繰り返すだけならできるだろう

一定周期となると容易ではない

非常事態で周囲を観察しながら
会話しながら一定周期となると
難易度は相当に高まる

←1回換気量×換気回数(適正I:E比の繰り返し)



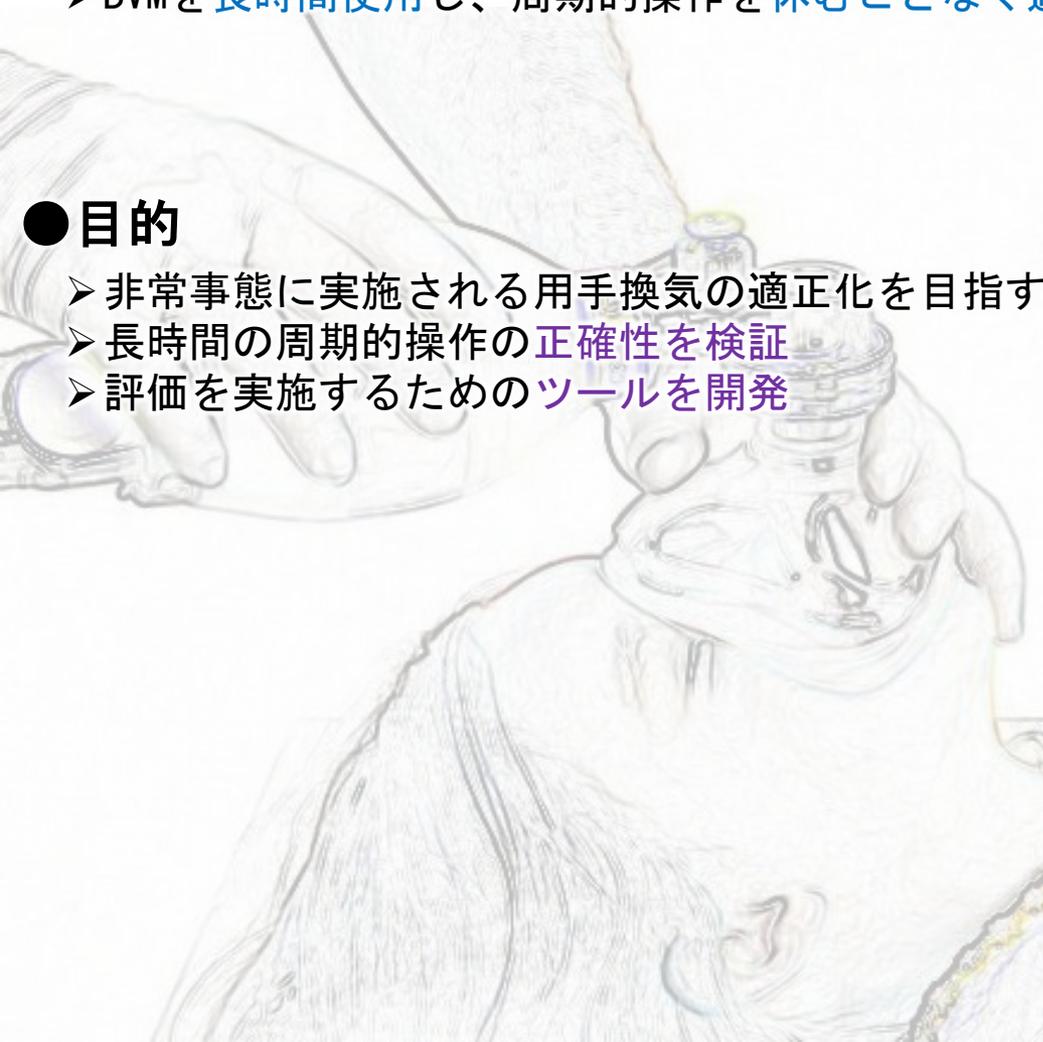
Summary

●背景

- 実効性あるBCP策定には**確実性**の高い手段を明示する必要がある
- 人工呼吸器の**非常事態**に備える代替手段として**用手換気装置 (BVM)**の常備が求められている
- BVMを**適正**に取り扱うための教育やトレーニングは実施されている
- BVMを**長時間使用**し、**周期的操作を休むことなく適正に続ける**ことは**評価を受けていない**

●目的

- 非常事態に実施される**用手換気**の**適正化**を目指す
- 長時間の**周期的操作**の**正確性を検証**
- 評価を実施するための**ツールを開発**

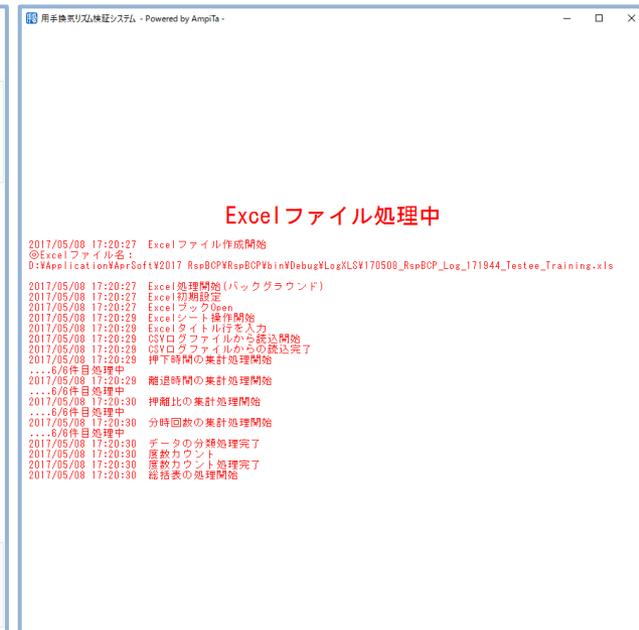
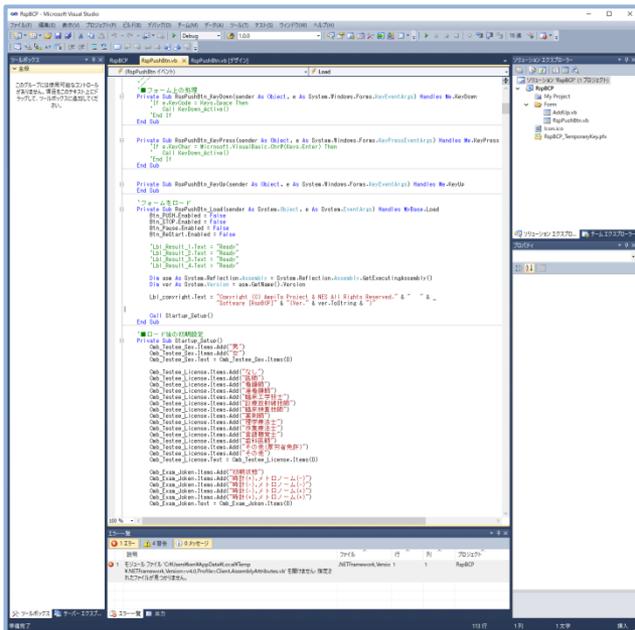


方法

Method

●検証用ソフトウェア (RspBCP)

- Microsoft Visual Studio 2010 (BASIC) を用いて独自にプログラミング
- パソコン用マウスのボタン操作 (クリック) を計測
- ボタン押下を吸気、離すと呼気に置き換え
- その操作を自動で計測・記録
- 1操作 (1呼吸) ずつ・全ての計測結果をCSVファイルに出力 (記録)
- 計測終了指示 (ボタン操作) すると個別データを集計しExcelシート (XLS) に出力



Method

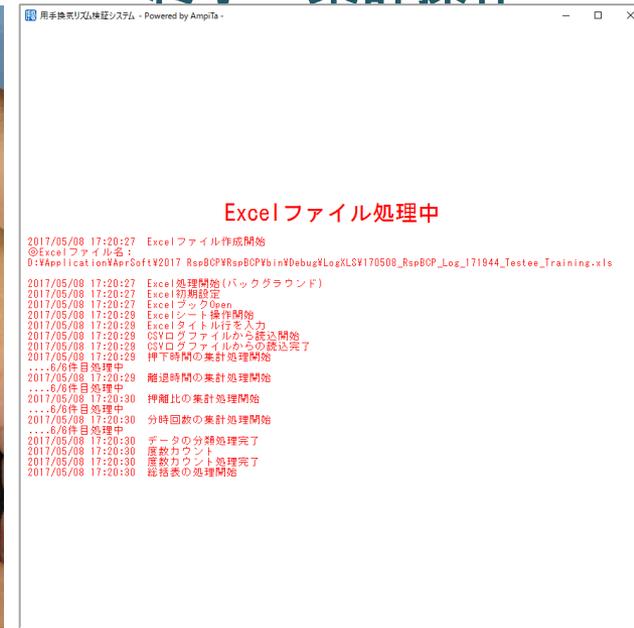
吸気の操作



呼気の操作



終了・集計操作



計測開始	計測終了	一時停止	再発動	説明	閉じる		
<input checked="" type="checkbox"/> 押下時間 0:00.96	目標値 1	0.10%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	<input checked="" type="checkbox"/> 00:00:30
<input checked="" type="checkbox"/> 離退時間 0:05.37	目標値 5	0.10%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	
<input checked="" type="checkbox"/> 押離対比 4.738	目標値 5	0.05%	0.25%	0.50%	1.00%	2.00%	
<input checked="" type="checkbox"/> 分時回数 9.2	目標値 10	1%	2%	3%	4%	5%	

計測開始	計測終了	一時停止	再発動	説明	閉じる		
<input checked="" type="checkbox"/> 押下時間 0:01.18	目標値 1	0.10%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	<input checked="" type="checkbox"/> 00:00:15
<input checked="" type="checkbox"/> 離退時間 0:05.04	目標値 5	0.10%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	
<input checked="" type="checkbox"/> 押離対比 3.969	目標値 5	0.05%	0.25%	0.50%	1.00%	2.00%	
<input checked="" type="checkbox"/> 分時回数 8.8	目標値 10	1%	2%	3%	4%	5%	

計測開始	計測終了	一時停止	再発動	説明	閉じる		
<input type="checkbox"/> 押下時間	目標値 1	0.10%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 離退時間	目標値 5	0.10%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	
<input type="checkbox"/> 押離対比	目標値 5	0.05%	0.25%	0.50%	1.00%	2.00%	
<input type="checkbox"/> 分時回数	目標値 10	1%	2%	3%	4%	5%	

吸気
(送気)

呼気
(解放)

PUSH

協力者情報
氏名 氏名英字(イニシャル) ID(個人番号)
性別 年齢 実務年数 産数 予備

練習用 入力全消 初期状態 設定

協力者情報
氏名 氏名英字(イニシャル) ID(個人番号)
性別 年齢 実務年数 産数 予備

練習用 入力全消 初期状態 設定

協力者情報
氏名 氏名英字(イニシャル) ID(個人番号)
性別 年齢 実務年数 産数 予備

練習用 入力全消 初期状態 設定

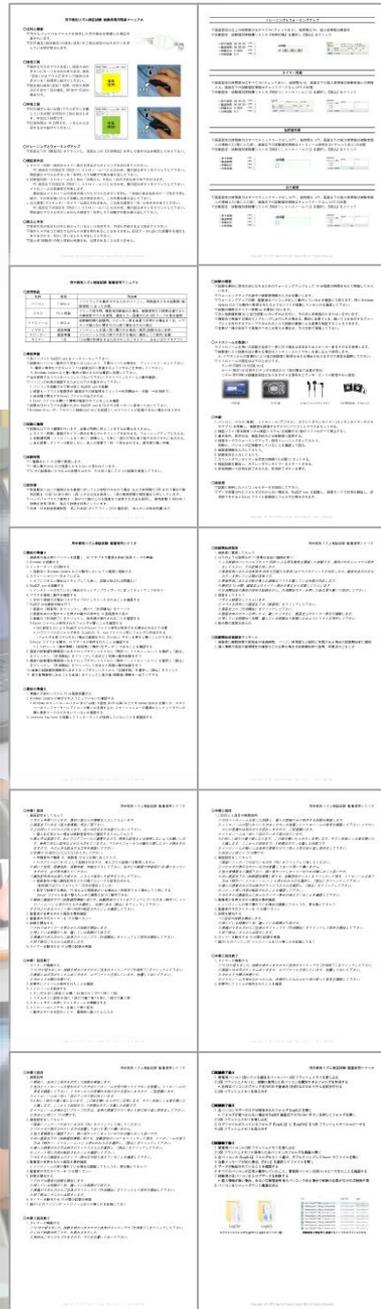
Method

●手順

1. 被験者の概要説明、被験者用マニュアル配布
2. 練習モードで被験者ウォーミングアップ、監督者はパソコン記録状態確認
3. 検証条件(視覚法・聴覚法・本能法)のいずれの回であるか確認し試験開始

●条件

- 被験者は大学生8名、1回4名×2回実施、男女比は4:4
- 同大学研究申請・倫理審査済



結果

●集計

- 全実験が自動的にCSV・XLSファイルとして出力(保存)された
- 分析のため全データを1つのExcelファイルに統合した

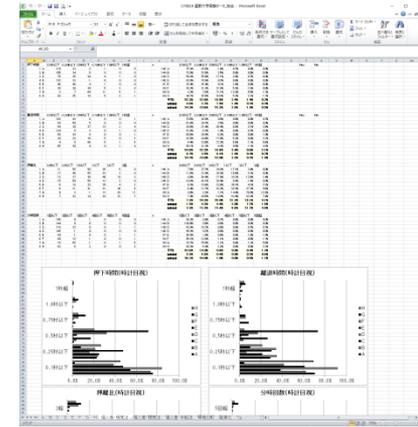


図2. 統合Excelデータ

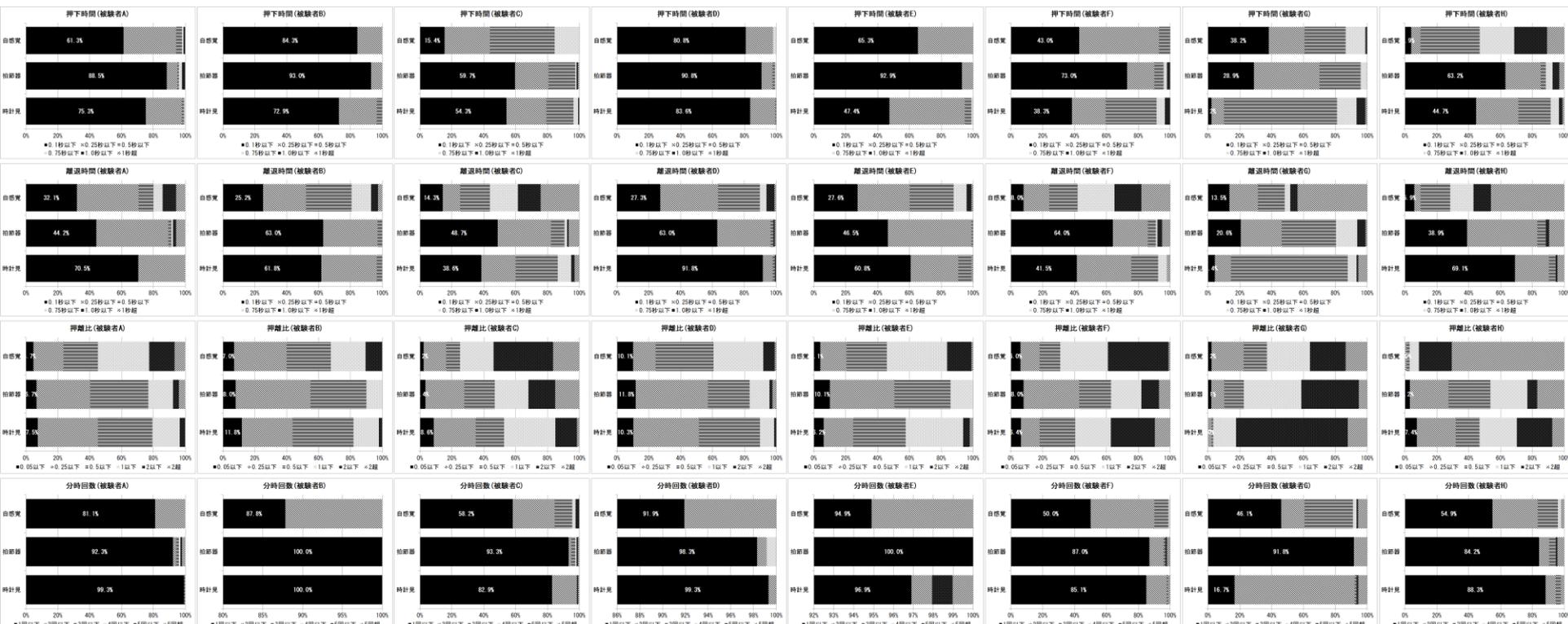


図1. 被験者8名の個人別データ

Result

離退(呼気)時間、押下(吸気)時間、押離比(IE比)、分時回数の集計結果

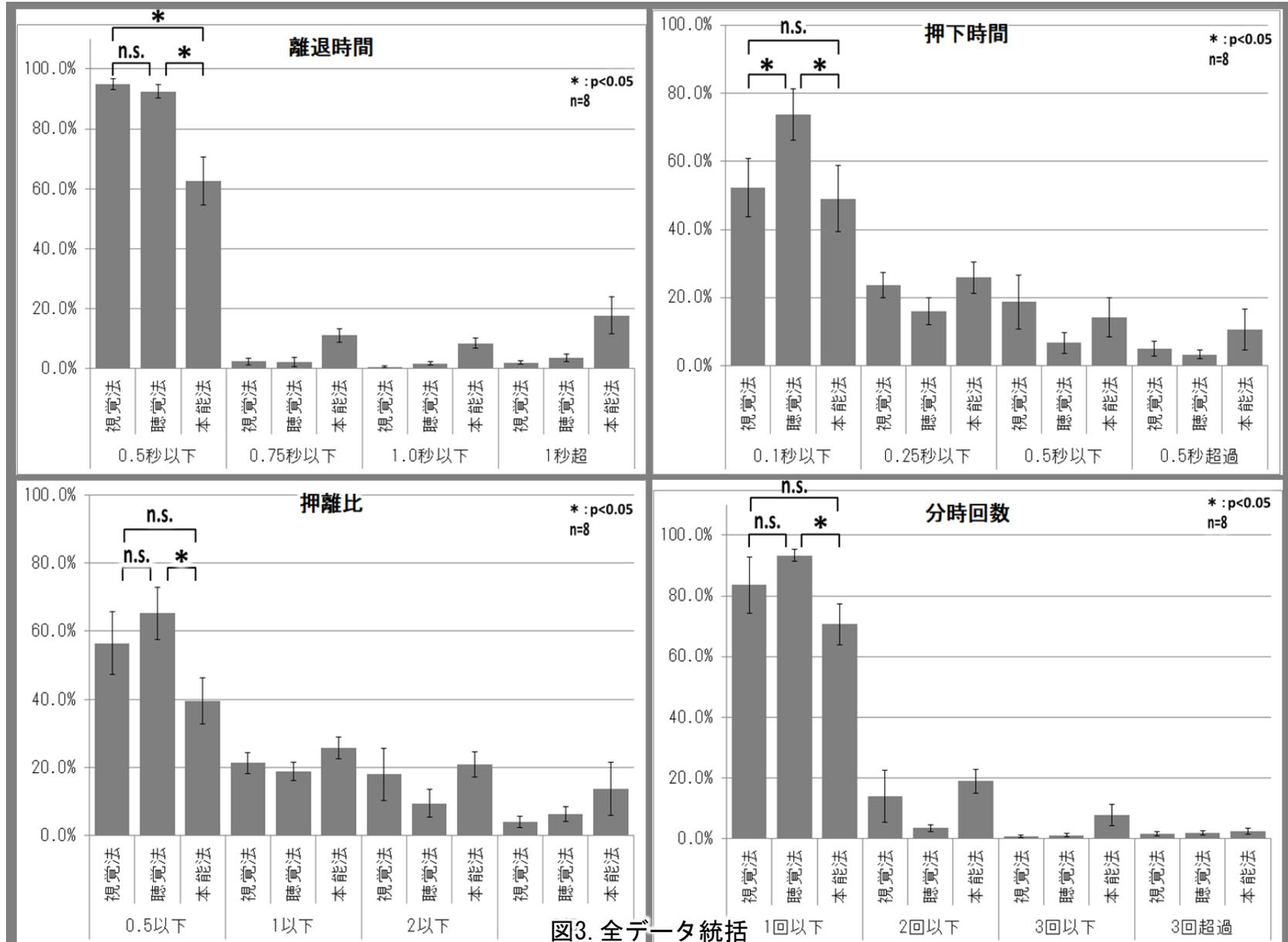
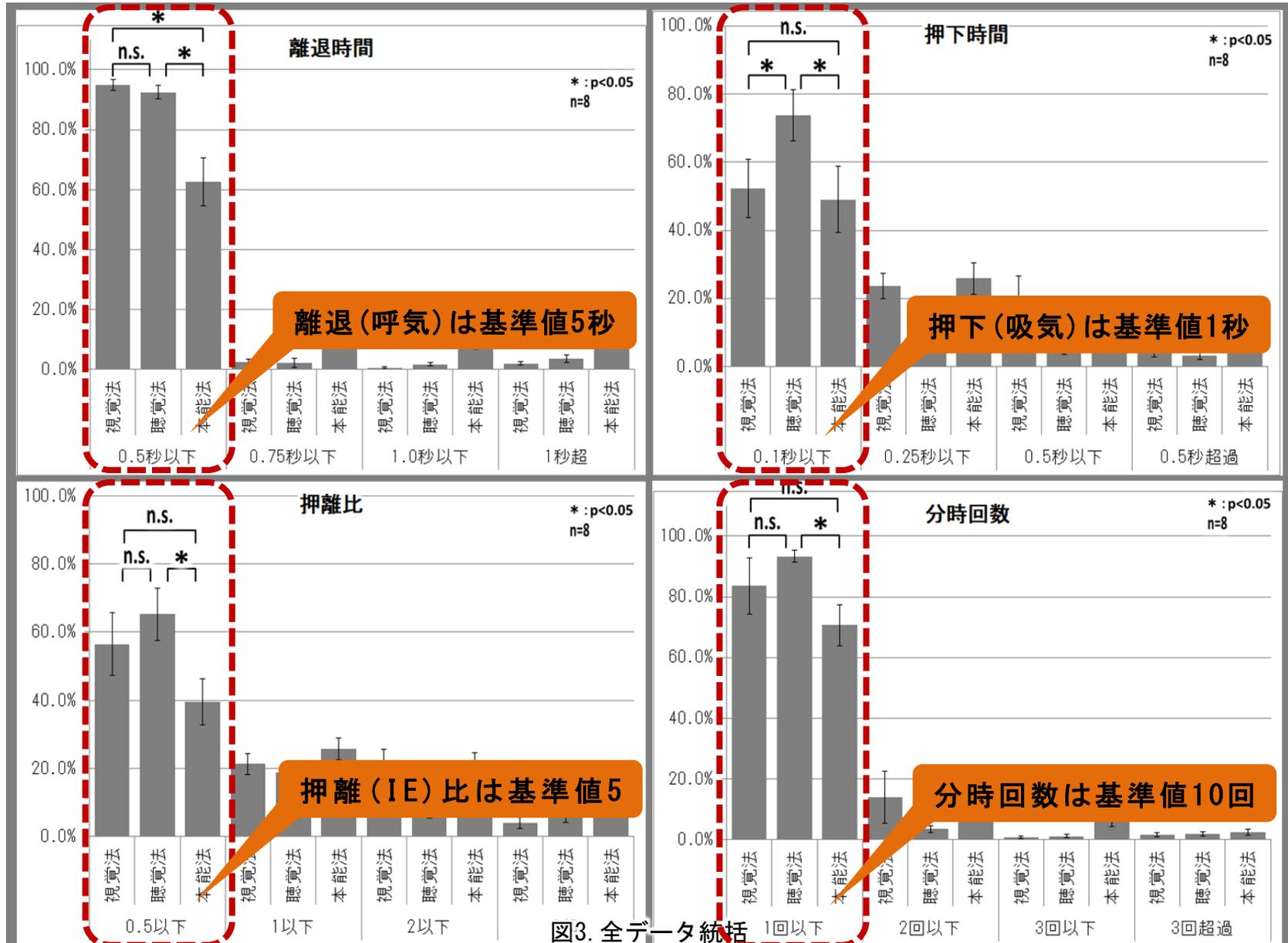


図3. 全データ統括

Result

度数はいずれも基準値の10%以内が最高



Result

聴覚法は、全項目で本能法に有意差

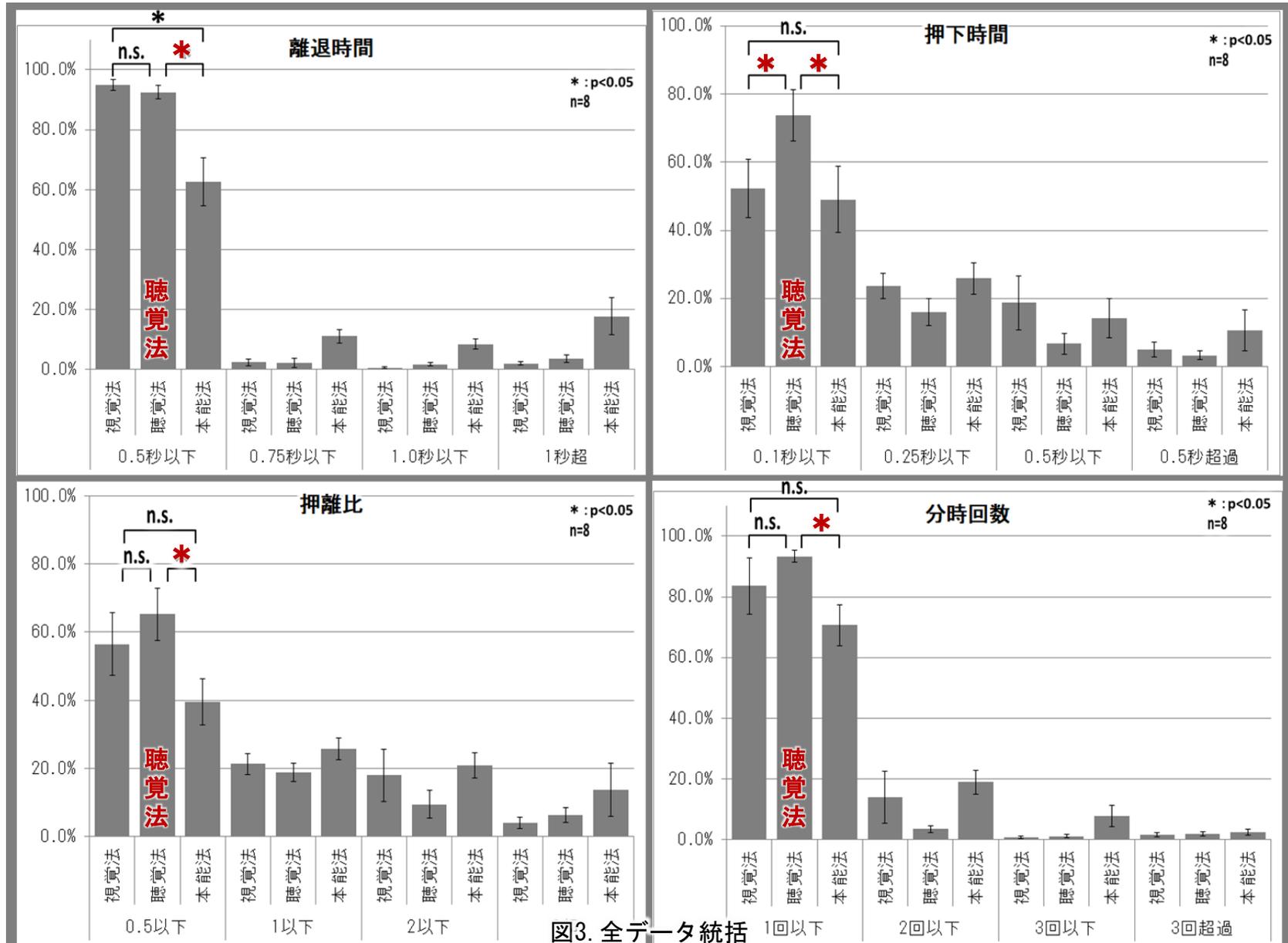


図3. 全データ統括

Result

聴覚法73.7%が0.5秒以下、視覚法(52.3%)と本能法(49.0%)に対し有意差あり

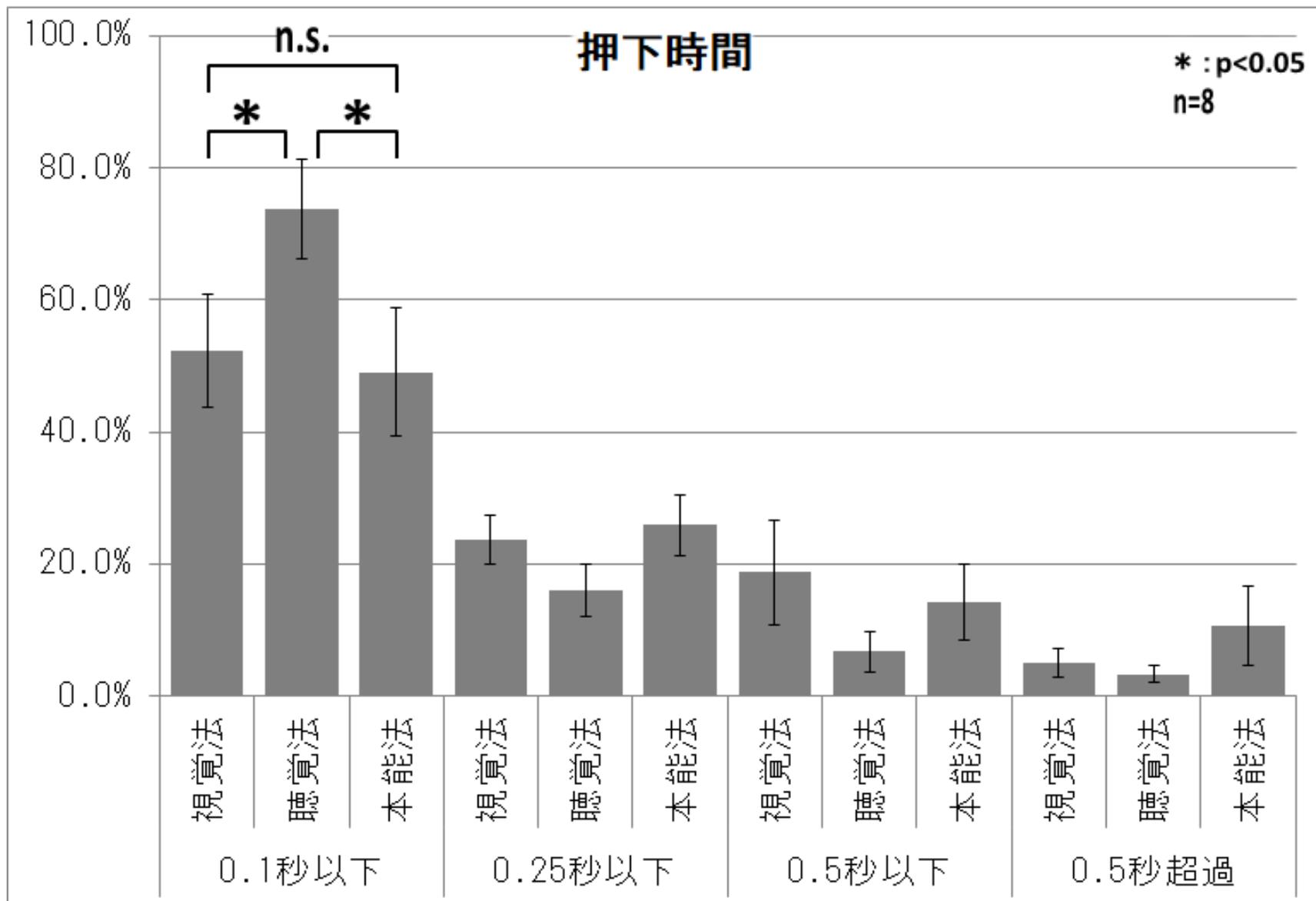


図5. 押下(吸気)時間の集計結果

考察

Discussion

● 停電想定

停電発生時はバイタルサインモニタも使用不可となる可能性があり、暗闇では患者の目視確認も容易でない事が想定される。

人工呼吸器での治療中は容体が安定していた患者に限れば、装置と同等に正確な用手換気を実施することで容体は安定を維持できる可能性がある。

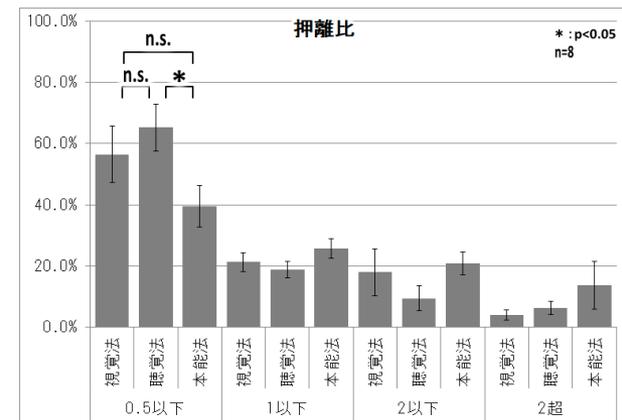
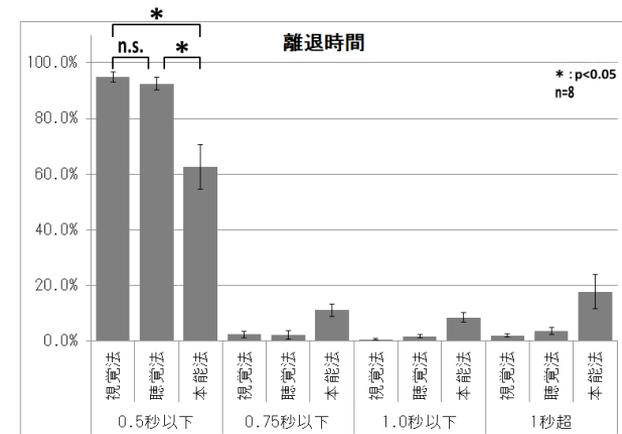
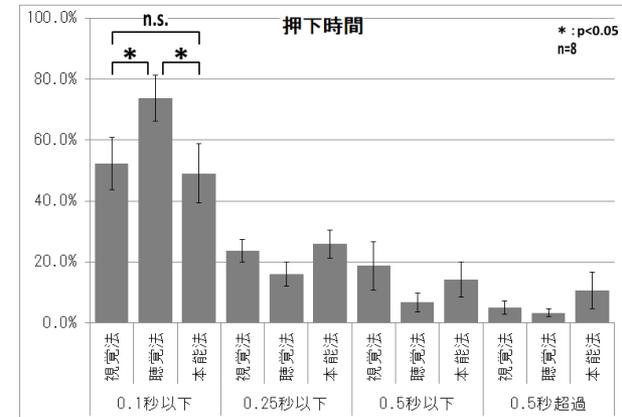
人工呼吸器代替法としての用手換気における正確性の追求は、ACLS/BLSなどの救命措置と異なる目的が伴うと考える。



● 本能法の正確性

個人の本能で操作した場合は正確性が低い事がわかった。

対して器具を使う視覚法、聴覚法は本能法に比較して正確性が高いことがわかった。



Discussion

●視覚法

視覚法は一点に集中して操作しなければならず精神的疲労が大きかったと考える。Langnerらの研究によれば、疲労など精力的要因(energetic factors)により反応時間(reaction-time)が延長するとの報告があり、本実験においても同様の現象が起きた可能性がある。数十分の作業であっても正確性低下への注意が必要であると考ええる。

●視覚法と聴覚法の比較

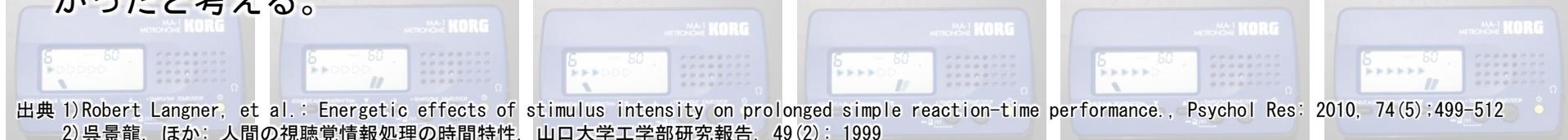
視覚法と聴覚法の間で押下時間に有意差が見られた。

文献調査では視覚反応時間は聴覚反応時間に比べ長いとする結果が得られており、この影響が顕在化したと考える。

視覚は一点集中、聴覚は全方向の複数音が同時入力しても対処できるため、多少の注意散漫が影響する程度に差が生じると考える。

いずれの方法も次の操作が発生する時期が客観的に明示されているが、視覚法は1秒⇔5秒の異なる時間が満たされるのを待つため操作者(ヒト)が周期を作りづらいのではないかと考える。

一方で聴覚法は常に1秒毎のテンポが刻まれており、音程が異なった場合のみ押下(吸気)の作業が入ることの繰返しであり、操作者(ヒト)が周期を作りやすい、あるいはテンポに乗りやすかったと考える。



出典 1) Robert Langner, et al.: Energetic effects of stimulus intensity on prolonged simple reaction-time performance., Psychol Res: 2010, 74(5):499-512

2) 吳景龍, ほか: 人間の視聴覚情報処理の時間特性, 山口大学工学部研究報告, 49(2): 1999

3) 永井大介, ほか: 聴覚・視覚刺激反応時間に関する研究, 昭医会誌, 46(1), p27-34: 1986

4) Amano, et al.: Neural correlates of the time marker for the perception of event timing, eNeuro, 3(4): 2016

Discussion

●安全確認への感性配分

聴覚は複数の音を同時に受けて処理でき、視覚を他の注意に向けられるため非常事態における病室内や患者観察が可能になると考える。

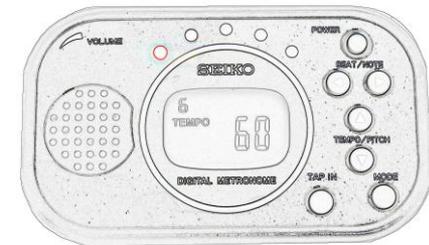
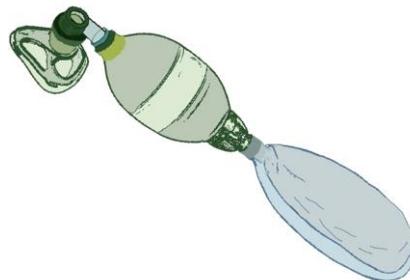
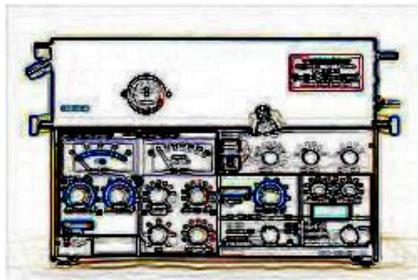
●他覚の活用

聴覚法はメトロノーム音を病室内で共有するため、換気を実施しなかった場合やタイミングが合っていない場合などに周囲の気づきや指摘を受ける事ができると考える。

●教育

BVMと共にメトロノームを配備することでBCPの質向上を図ることができると考える。

今回制作したソフトウェア (RspBCP) を用い、自らのBVM操作を客観視することで長時間の一定周期作業の継続の難しさを知ることができればメトロノーム使用がマニュアル化されていなくとも使用される可能性が高まり、質向上に寄与すると考える。



人工呼吸器にはBVM+メトロノームを常備、教育も併用することでBCP質向上

結語

Conclusion

●BVM操作の適正

- 実効性あるBCP策定には確実性の高い手段を明示する必要がある
- 人工呼吸器の非常事態に備える代替手段として用手換気装置 (BVM) の常備が求められている
- BVMを長時間、適正に周期的操作を継続することが必要

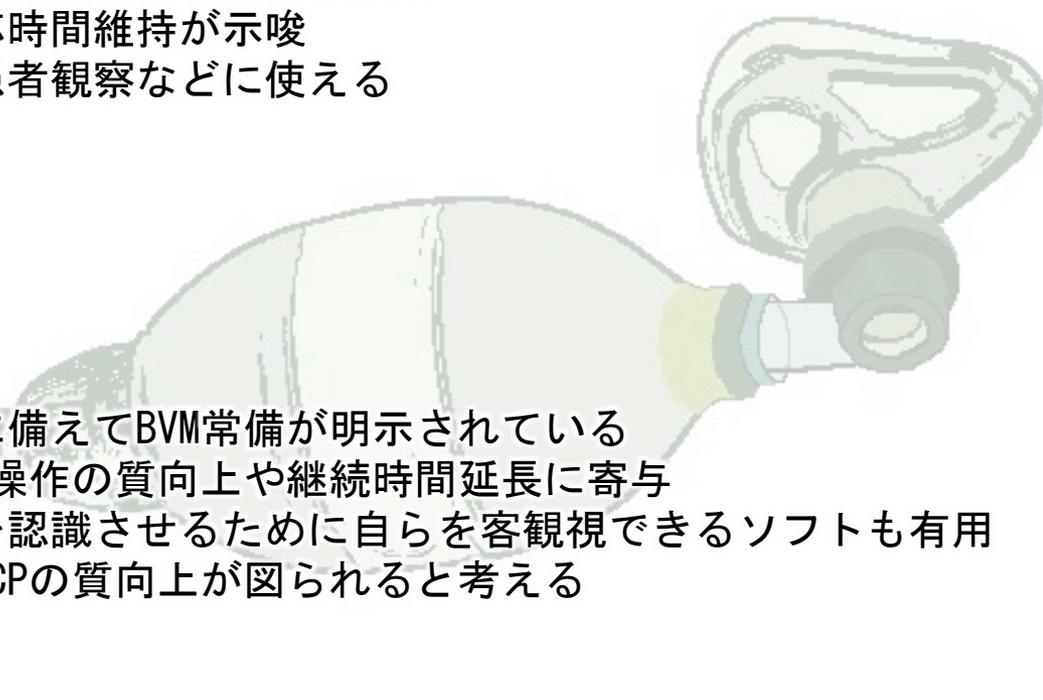


●聴覚法が優位

- 視覚法、本能法と比べ有意差をもって聴覚法が優れた実験結果
- 文献調査においても集中力の持続・反応時間維持が示唆
- 同時に複数の入力に対応でき、視覚を患者観察などに使える

●メトロノーム常備

- 安全指針等では人工呼吸器の緊急事態に備えてBVM常備が明示されている
- メトロノームを同時配備することでBVM操作の質向上や継続時間延長に寄与
- 医療従事者にメトロノーム使用の意義を認識させるために自らを客観視できるソフトも有用
- メトロノーム配備、教育の実施によりBCPの質向上が図られると考える



Acknowledgments

本実験を行うにあたりご協力頂いた藍野大学の山崎康祥先生、学生の玖村彩さん、被験者の皆さんに深謝申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。