



centre for research in
occupational safety and health
at Laurentian University

centre de recherche sur la
santé et sécurité au travail
à l'Université Laurentienne



A Field Evaluation of the Physiological Demands During a Simulated Mine Rescue

Полевая оценка физиологических потребностей
во время имитации спасения шахт



Justin Konrad, MHK Candidate
Centre for Research in Occupational Safety and Health
Laurentian University, Sudbury, ON, Canada

Risks Associated with Mine Rescue

Риски, связанные с спасением от мин



2



- Underground mines are extremely hot and humid
 - ▣ Miners may endure temperatures of 48°C at rock face
- Extensive Personal Protective Equipment (PPE)
- Inability to hydrate
- Limited Rest
- Подземные шахты чрезвычайно жаркие и влажные
 - ▣ Шахтеры могут выдерживать температуру 48 ° C на поверхности горной породы
- Обширное личное защитное оборудование (СИЗ)
- Невозможность гидратации
- Ограниченный отдых

Purpose of Project

Цель проекта



3



1. Understand physiological demands

2. Change operating procedures and policies

3. Reduce the risk profile of mine rescue operations (specifically, risk to individual rescuers and teams deployed in the field)

1. Понять физиологические требования

2. Изменение рабочих процедур и политик

3. Уменьшите профиль рисков операций по спасению мин (в частности, риск для отдельных спасателей и команд, развернутых в полевых условиях)

Background Information

Исходная информация

4

Captain (капитан) #2 #3 #4 #5



- Team structure that was measured
 - ▣ 5 member team
 - ▣ Briefing Officer / Incident commander
- Emergency Task expectations that were measured
 - ▣ multi task search & rescue
 - ▣ under breathing apparatus
 - ▣ exposure to adverse environmental conditions and situational stress

Briefing Officer / Incident Commander
Брифинг / Командир инцидента



- Структура команды, которая была измерена
 - ▣ 5 членов команды
 - ▣ Командир инцидента
- Ожидаемые ожидания в отношении Чрезвычайных задач
 - ▣ Поиск и спасение нескольких задач
 - ▣ Под дыхательный аппарат
 - ▣ Воздействие неблагоприятных условий окружающей среды и ситуационного стресса

Research Questions

Вопросы исследования



5

- 1) What are the physical demands of primary tasks performed in a mine rescue?
- 2) Is there a difference in physical demand between appointed positions on mine rescue teams?
- 3) Describe heat strain during a simulated mine rescue.

- 1) Каковы физические потребности первичных задач, выполняемых при спасении мин?
- 2) Существует ли разница в физическом спросе между назначенными должностями в шахтных спасательных командах?
- 3) Опишите тепловую деформацию во время имитации спасения шахты.

Methodology • методология

- Measurement tools • Инструменты измерения
- Participants • Участники
- Study design • Дизайн исследования
- International Mine Rescue Competition • Международная горноспасателей конкуренции

Measurement Tools

Измерительные инструменты

Equivital EQO2 Life Monitor



Measurements

- Heart Rate (HR)
- Heart Rate Variability (HRV)
- Energy Expenditure (EE)
- Estimated VO_{2max}
- Respiration Rate (RR)
- Skin temperature

Измерения

- частота сердцебиения
- Изменчивость сердечного ритма
- Расход энергии
- Оцененный VO_{2max}
- Частота дыхания
- Температура кожи

Vitalsense Thermometric Capsule Термометрическая капсула



Participants

участники

135 eligible participants (27 teams x 5 members)

- ▣ Equivital Life monitor: n = 74 (Response Rate: 54.8%)
- ▣ Equivital Life monitor and Core temperature capsules: n = 52 (Response Rate: 38.5%)

Table 1: Subject characteristics for all tasks and designated position

Measurement измерение	Total Итого (n=74)	Captain Капитан (n=14)	Team команда (n=60)	Top 90 th percentile 90 th процентиль	Bottom 10 th percentile 10 th процентиль
Age (years) Возраст (лет)	36.7	37.7	36.4	44 (n=8)	29 (n=10)
Height (m) Высота (метры)	1.78	1.78	1.78	1.89 (n=7)	1.68 (n=8)
Weight (kg) Вес (кг)	88.2	91.8	87.4	109.3 (n=7)	70.8 (n=7)
BMI (kg/m²) BMI (Кг / м ²)	27.8	28.9	27.6	33.1 (n=7)	23.8 (n=7)
Heart Rate_{max predicted} (bpm) предсказанная максимальная частота сердечных сокращений (бить в минуту)	182	182	182	188 (n=10)	177 (n=8)
Estimated VO_{2 max} (ml/kg/min) Рассчитанный максимум VO ₂ (Мл / кг / мин)	45.5	43.9	46.0	50.0 (n=9)	39.3 (n=7)

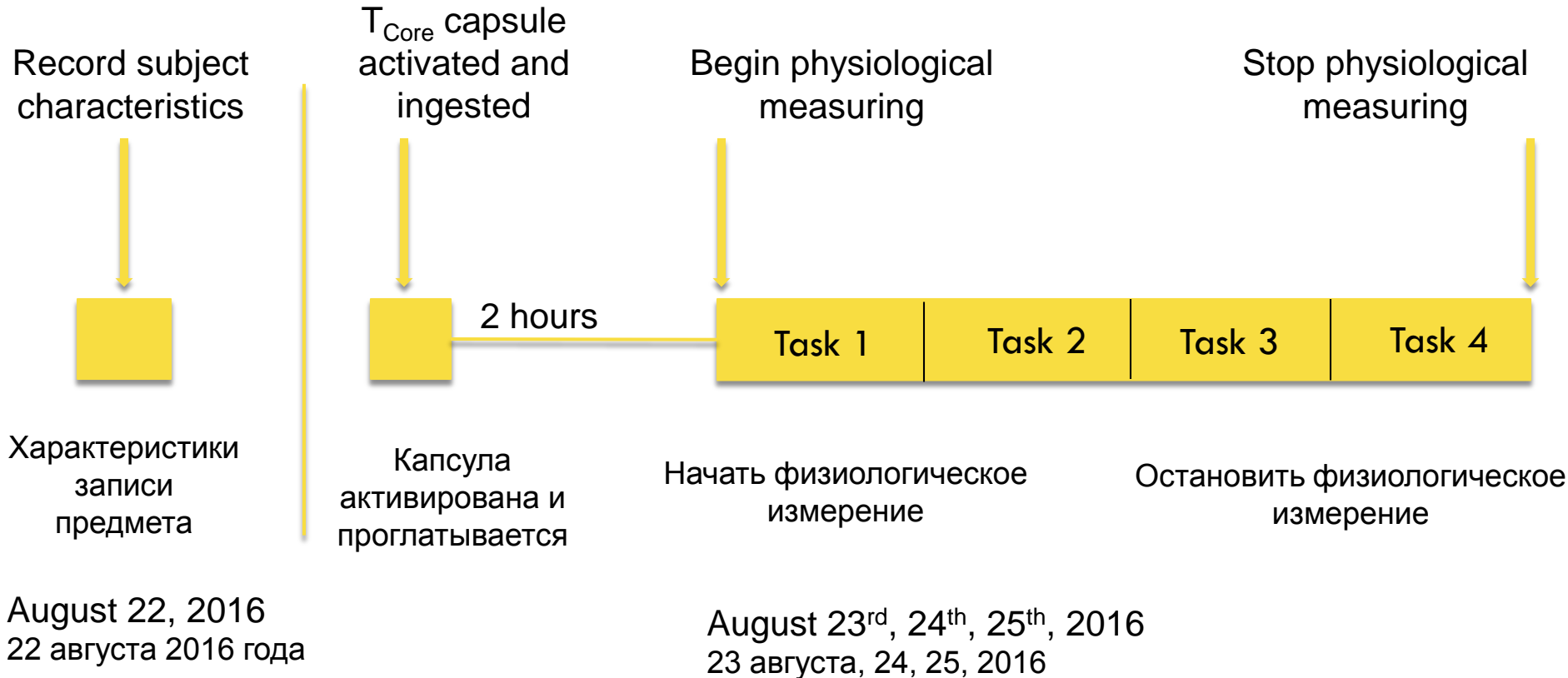


Study Design

Дизайн исследования



9



Phase 1



0:00 – 0:40 mins

Phase 2

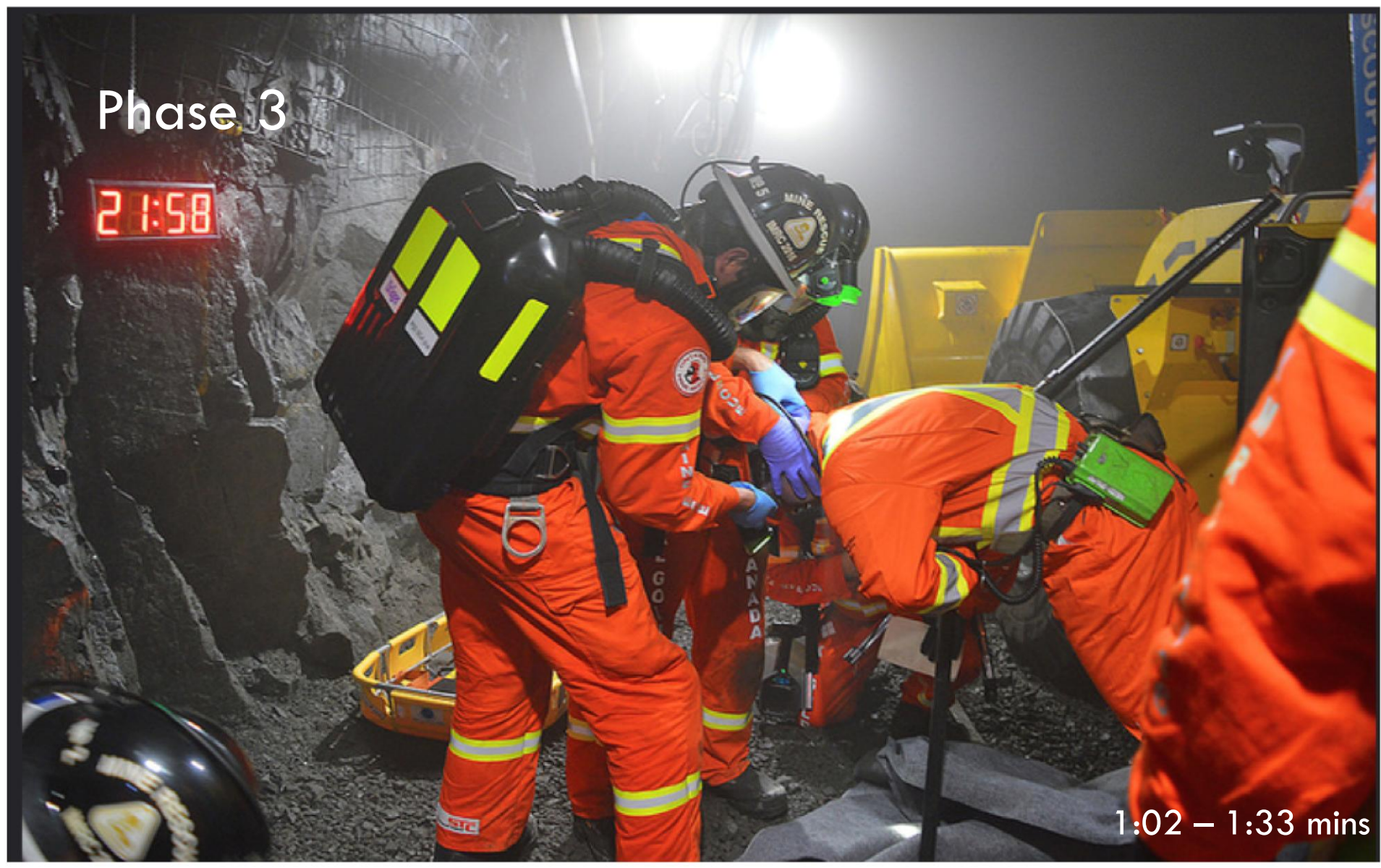


0:40 – 1:02 mins

Phase 3

21:58

1:02 – 1:33 mins



Phase 4



1:33 – 1:48 mins

Heart Rate

частота сердцебиения

Figures 1.1, 1.2 and 1.3 demonstrating median heart rate for positions and tasks

Рисунки 1.1, 1.2 и 1.3, демонстрирующие средний сердечный ритм для должности и задачи

Figure 1.1 demonstrates the mean heart rate for each position during the Underground scenario at the IMRC

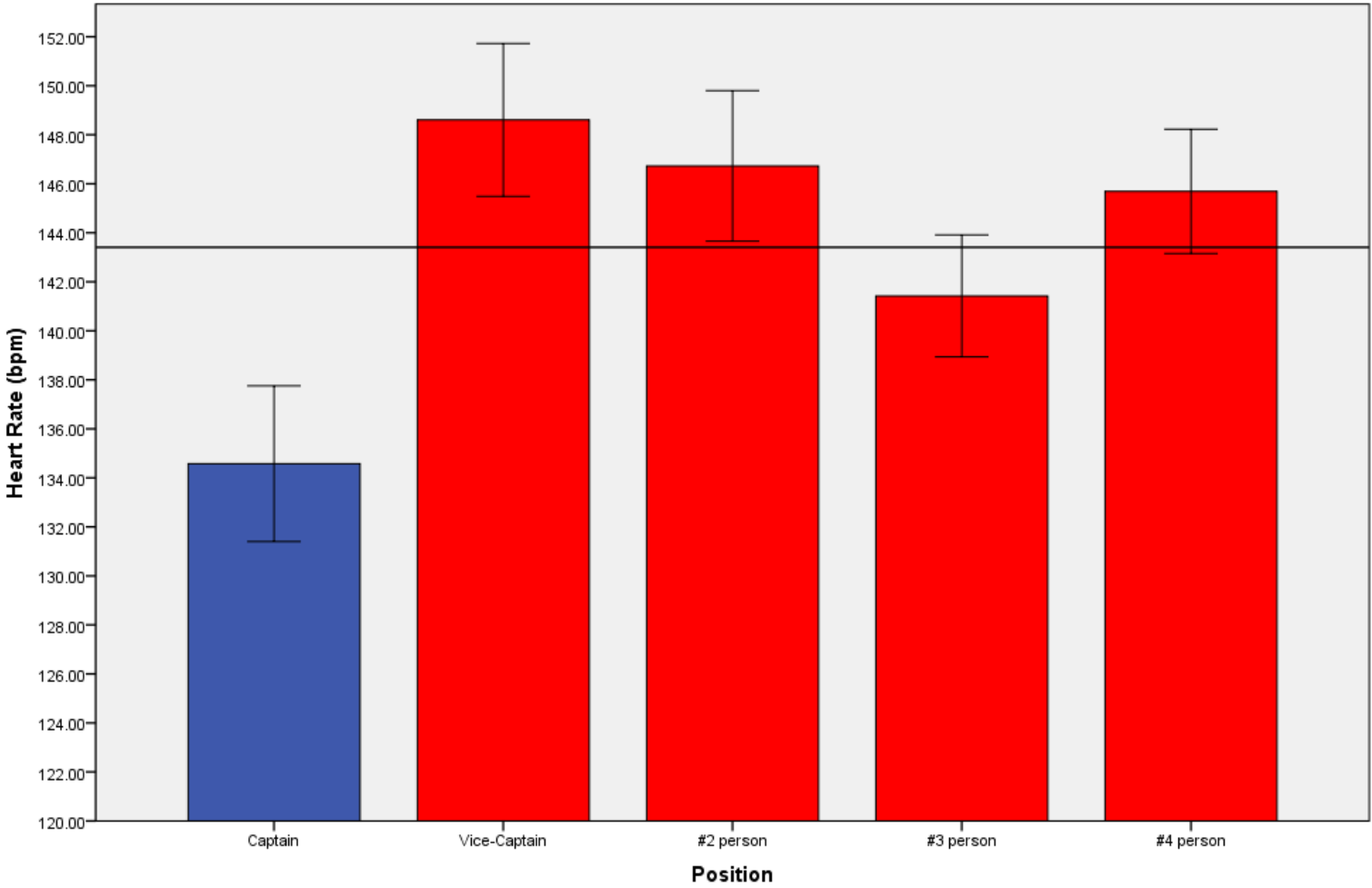


Figure 1.2 demonstrates the median heart rate for each position during the four tasks at the IMRC

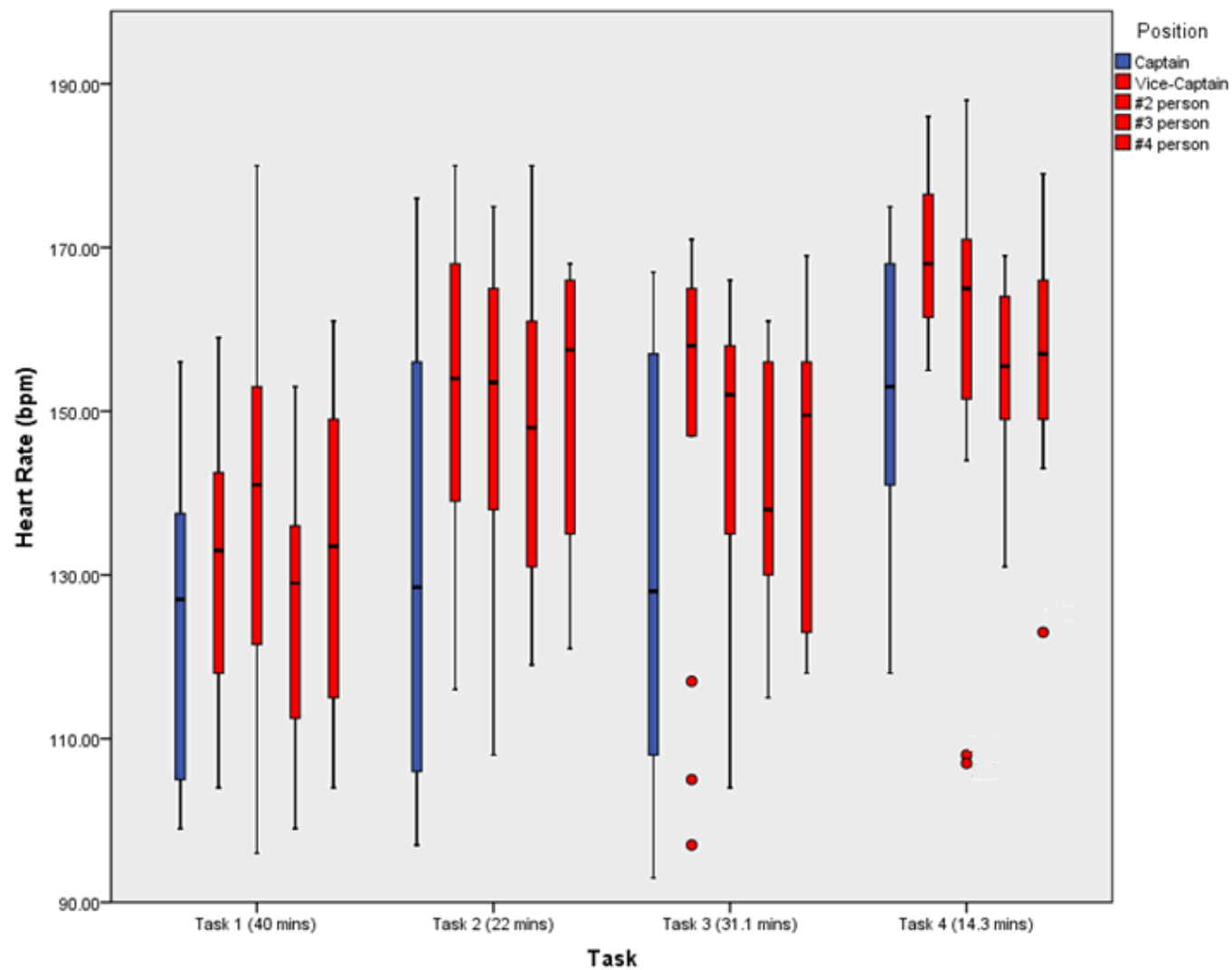
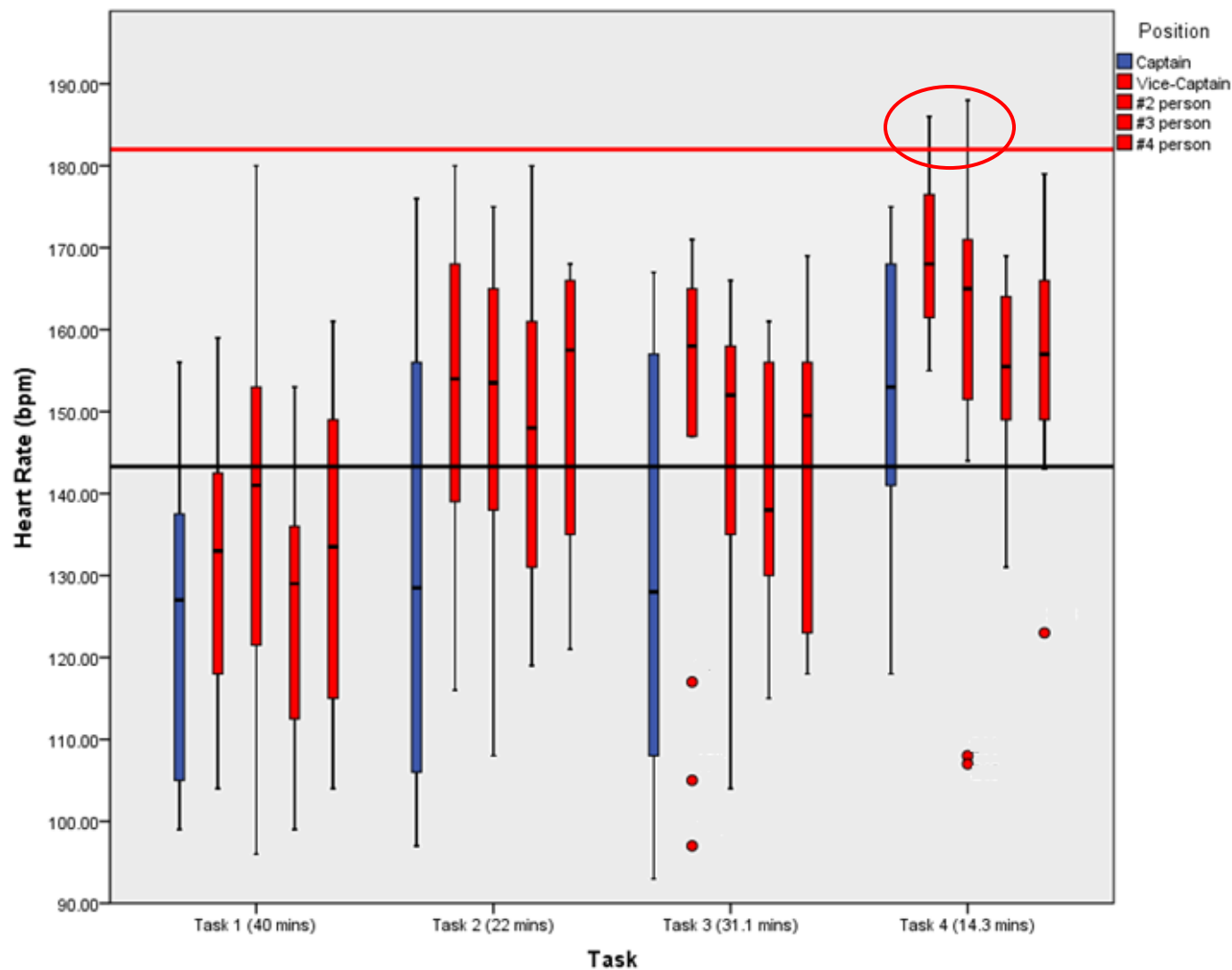


Figure 1.3 demonstrates the median heart rate for each position during the four tasks at the IMRC



Core Temperature

Температура процессора

Figures 2.1, 2.2 and 2.3 demonstrating median core temperature for positions and tasks

На рисунках 2.1, 2.2 и 2.3 показаны медианное ядро температура для позиций и задач

Figure 2.1 demonstrates the mean core temperature for each position during the Underground scenario at the IMRC

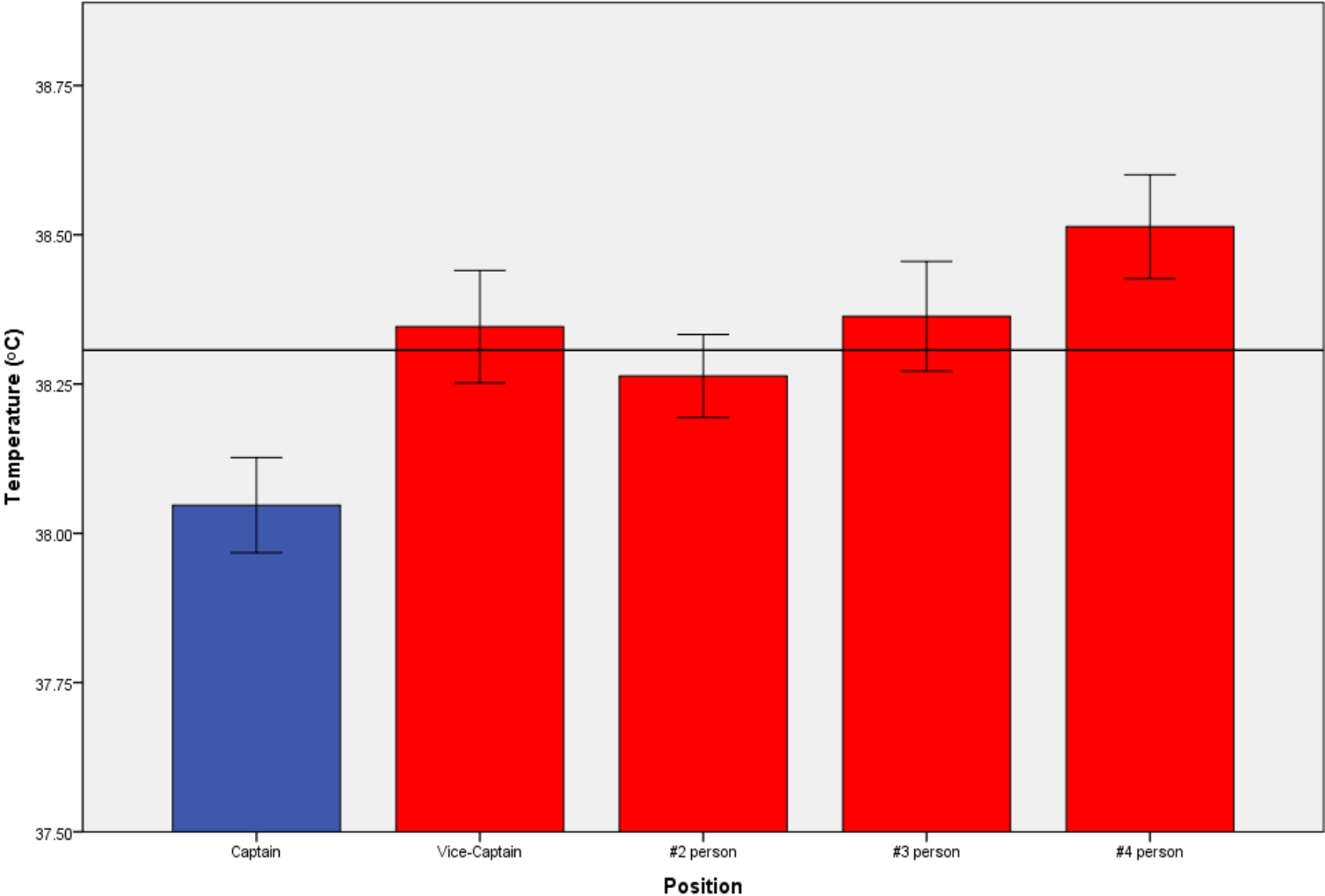


Figure 2.2 demonstrates the median core temperature for each position during the four tasks at the IMRC

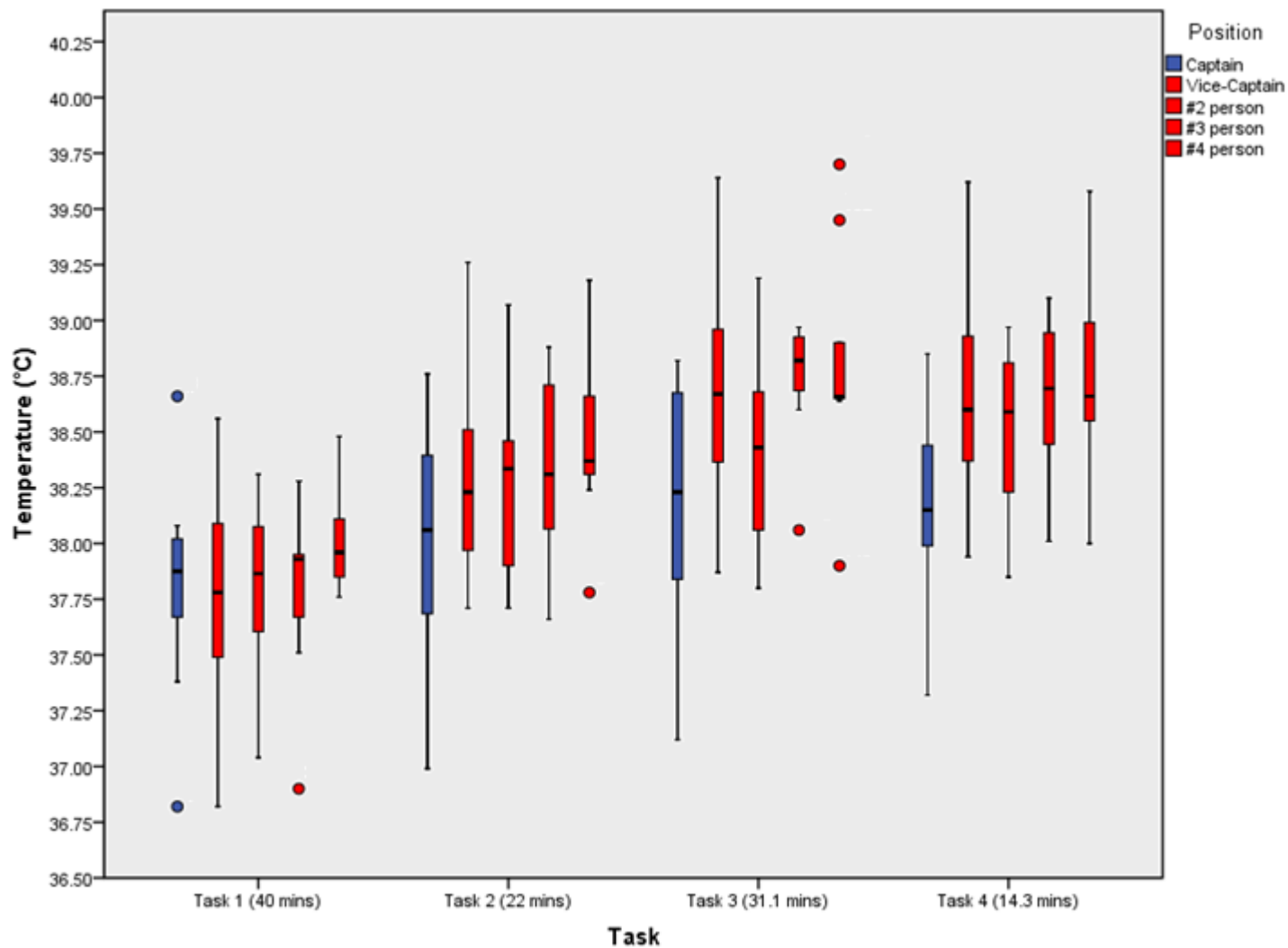
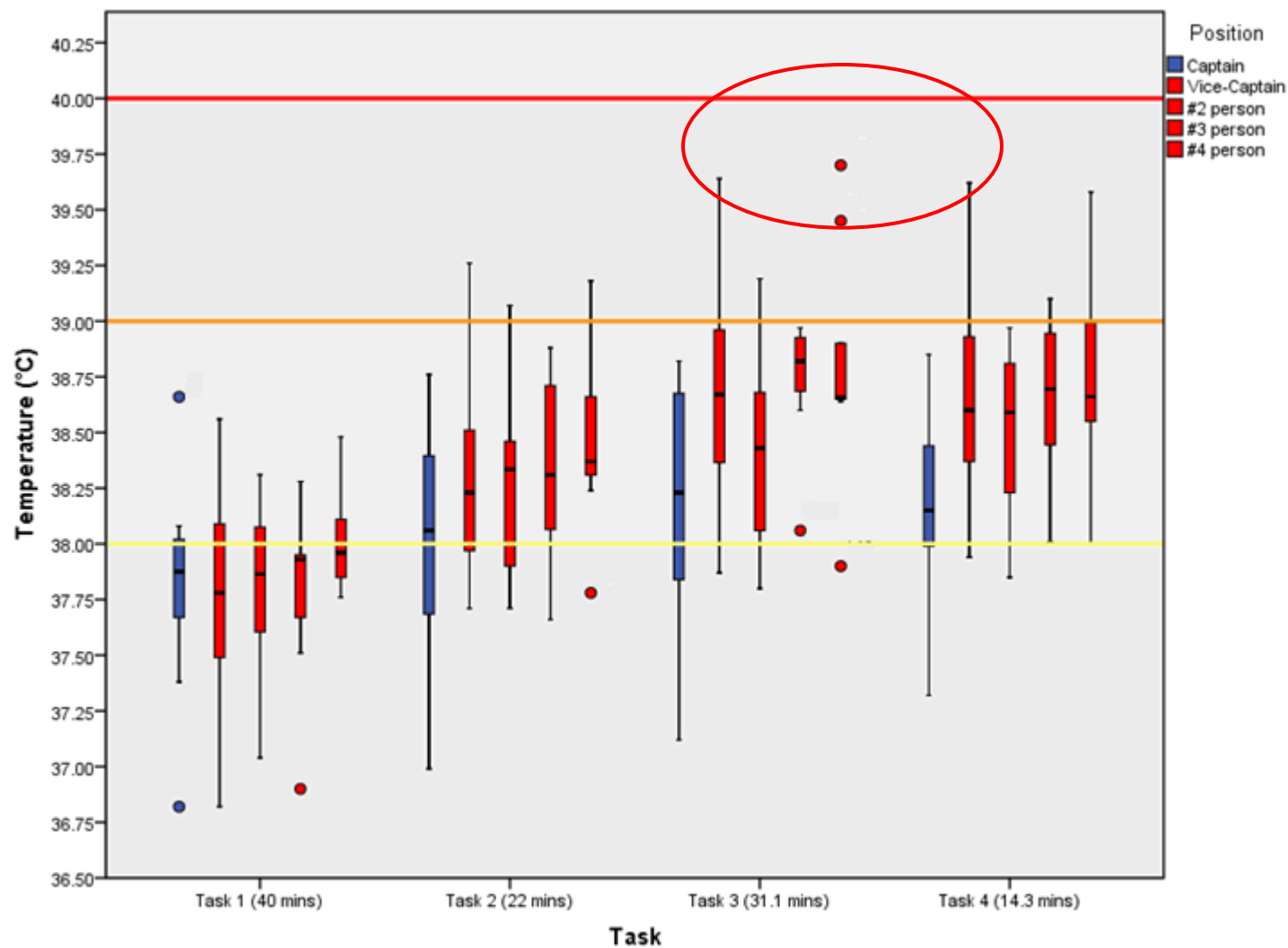


Figure 2.3 demonstrates the median core temperature for each position during the four tasks at the IMRC



Respiration Rate

частота дыхания

Figures 3.1, 3.2 and 3.3 demonstrating median respirations for positions and tasks

На рисунках 3.1, 3.2 и 3.3 показаны медианные респираторы для должности и задачи

Figure 3.1 demonstrates the mean respiration rate for each position during the Underground scenario at the IMRC

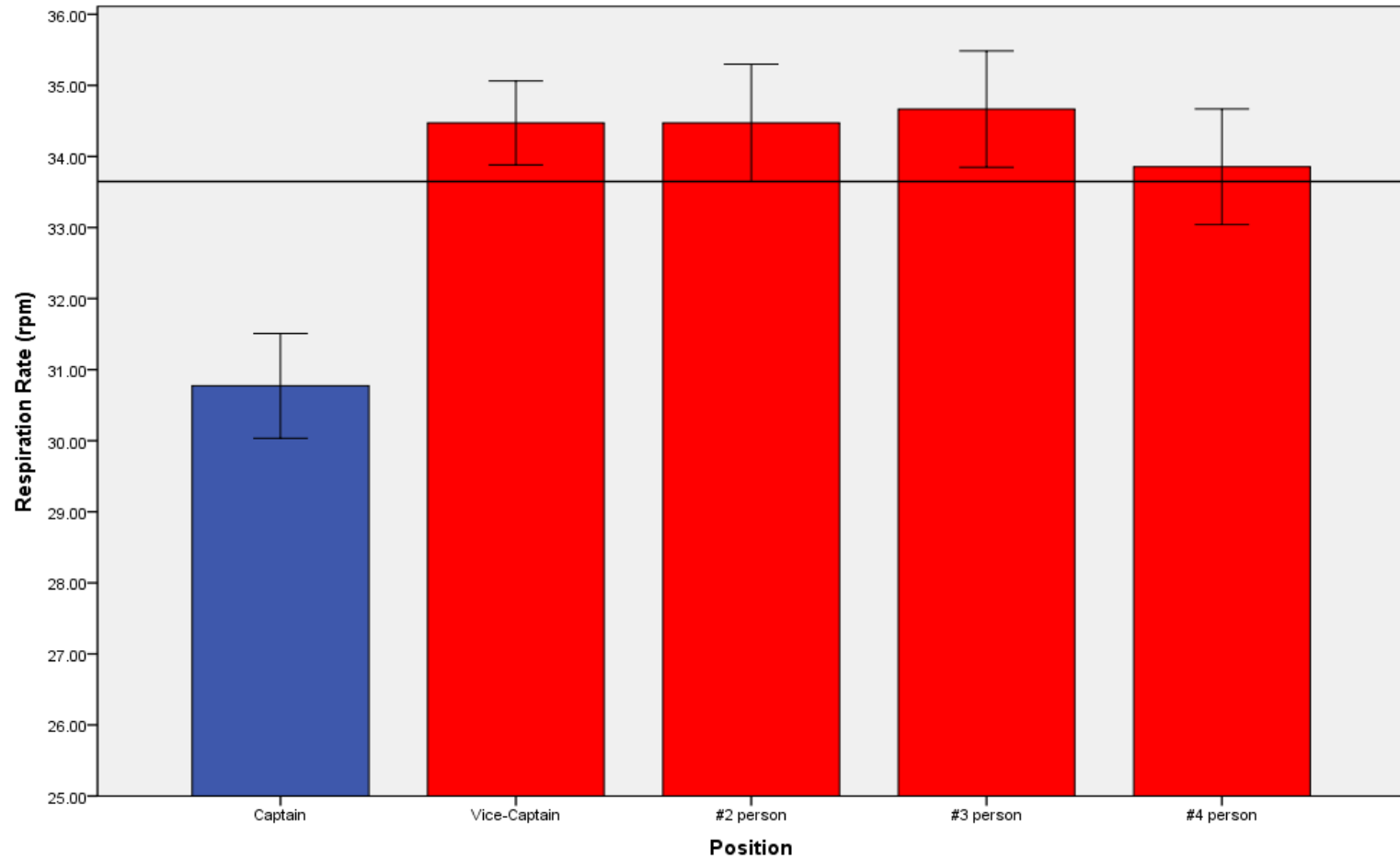


Figure 3.2 demonstrates the median respiration rate for each position during the four tasks at the IMRC

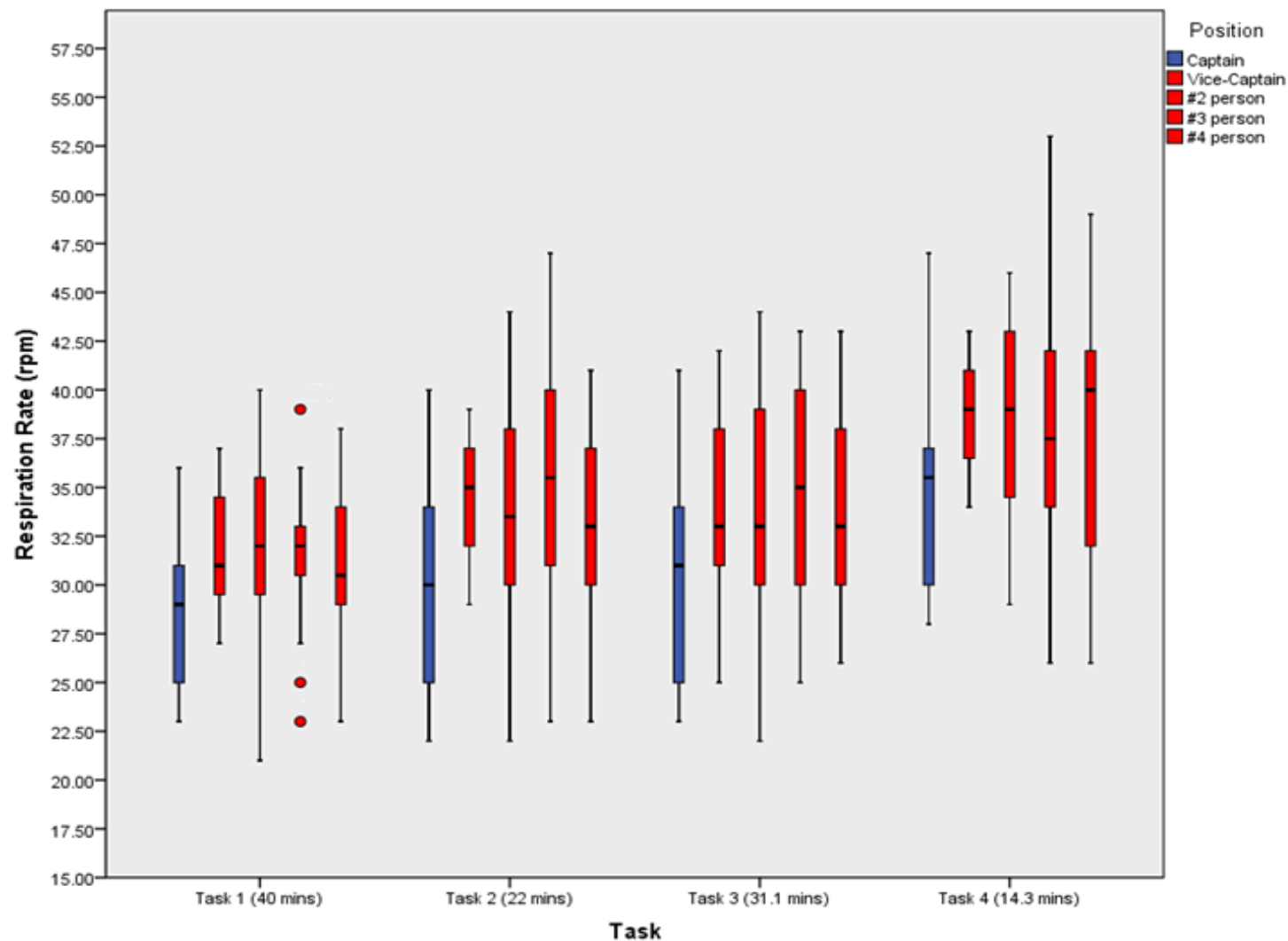
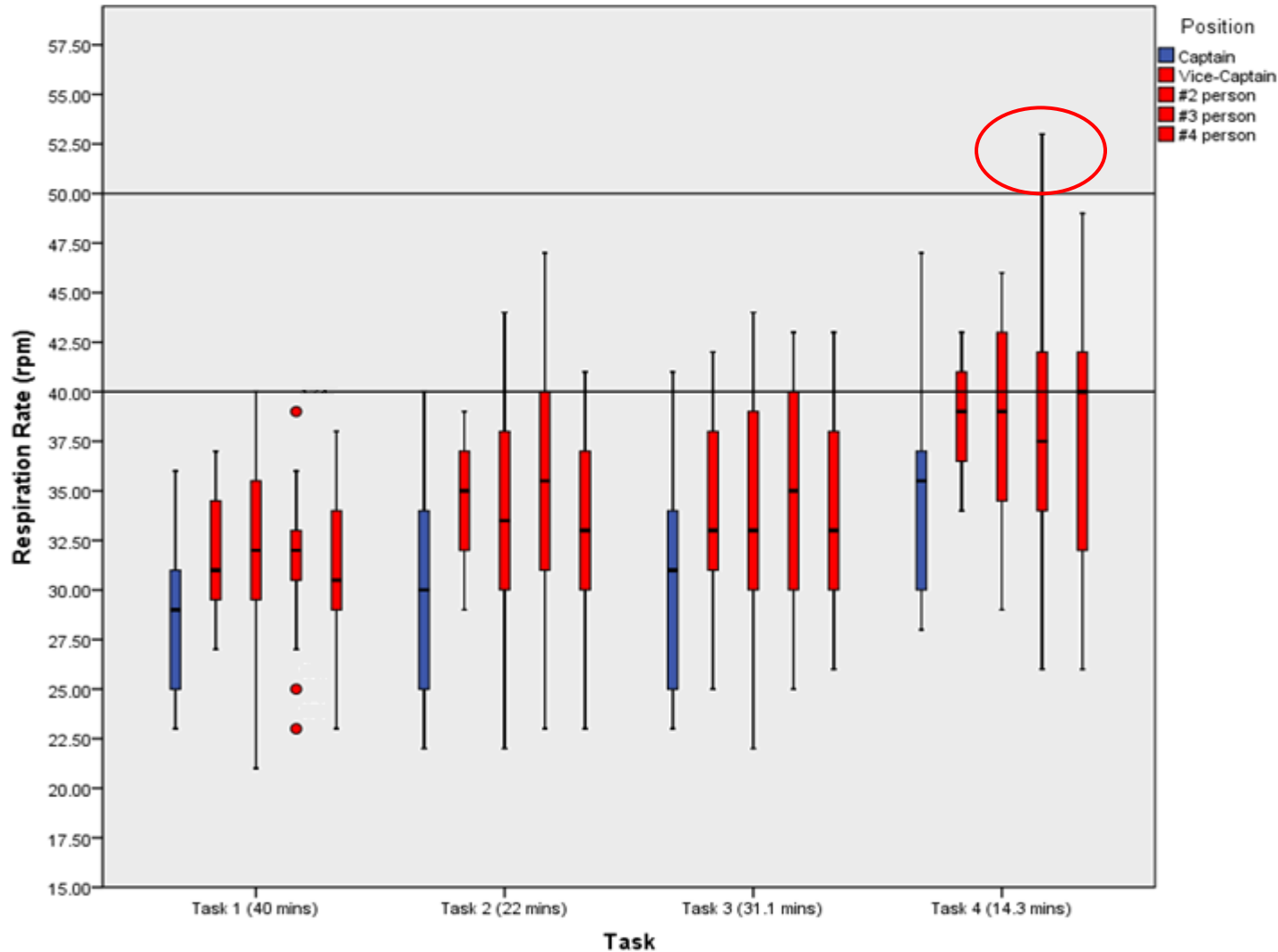


Figure 3.3 demonstrates the median respiration rate for each position during the four tasks at the IMRC



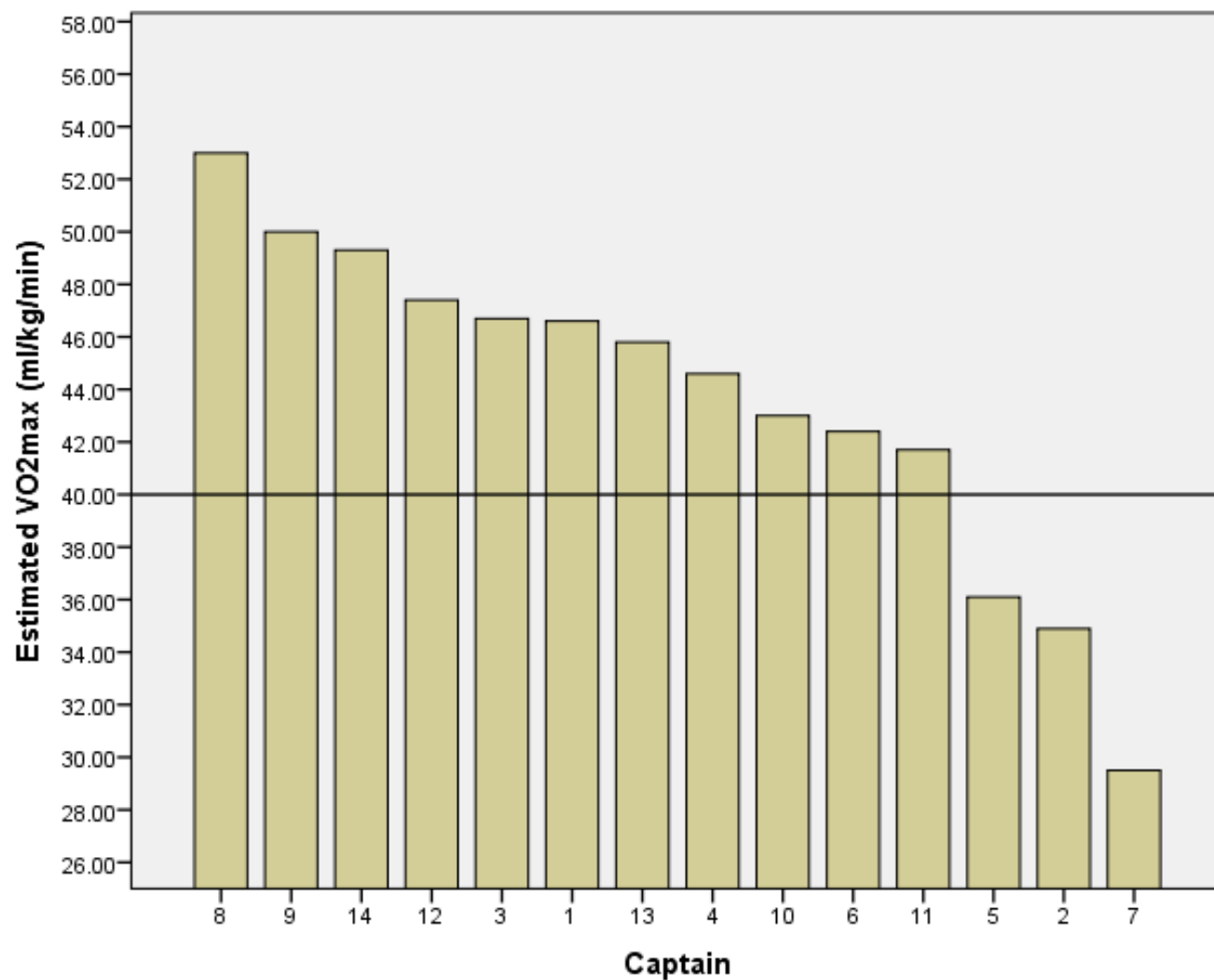
Estimated $VO_{2\text{ max}}$

Расчетный $VO_{2\text{ максимум}}$

Figure 4 demonstrates estimated $VO_{2\text{ max}}$ for all Captains participating in this study during the IMRC

На рисунке 4 показан оценочный максимум VO_2 для всех капитанов участие в этом исследовании во время IMRC

Figure 4 demonstrates the estimated $\text{VO}_{2\text{max}}$ for all of the Captains participating the IMRC



Conclusions

Выводы



28

- 1) The physical demands of mine rescue are high for all positions
Физические требования спасательной шахты высоки для всех позиций
- 2) Highest exertions are seen with Fire suppression and Mine escape; lowest exertions are seen with casualty rescue
Высокие усилия видны с тушения пожаров и побег из подземелья; Самые низкие усилия видны с спасения раненых

Conclusions

Выводы



29

- 3) The Team Captain has the least amount of physical demand for all tasks during a rescue event

Капитан команды имеет наименьшее количество физического спроса для всех задач во время события спасения

- 4) There is risk of a heat event during a 2 hour rescue

Существует риск возникновения события тепла во время 2 часа спасения

Recommendations

рекомендации



30

- 1) All jurisdictions adopt some form of minimum fitness standard (baseline/entry & ongoing upkeep)

Все юрисдикции принять некоторые формы минимальный стандарт Фитнес (базовый/запись & продолжающегося содержания)

- 2) Captain/ leader role in all jurisdictions appears to require a lower standard of fitness. Can allow older, less physically fit mine rescue responders to qualify at this standard to retain experience

Капитан / роль лидера во всех юрисдикциях, как представляется, требуют более низкого уровня физической подготовки. Можно разрешить старых, менее физически горноспасателей ответчиков, чтобы претендовать на этот стандарт сохранить опыт

Recommendations

рекомендации



31

- 3) Live measurement of vital signs is interesting, however not necessary

Живой измерения жизненно важных признаков является интересным, однако не обязательно

- 3) Mine Rescue policy & procedure should resource operations with enough teams and equipment to limit team work to 1-2 arduous tasks maximum before being relieved

Шахта спасения политики & процедура должна операций ресурсов с достаточно команд и оборудование ограничить команды работать 1-2 трудной задачи максимум до будучи освобожден

Acknowledgements

Ted Hanley

Tim Ebbinghaus

Shawn Rideout



Ed Wiesnewski

Shaun Peplinski



Anand Vasudev



Emily Jago

Brandon Vance

Wes Killen

Jordan Nixon



Questions

Justin Konrad, MHK Candidate.
E-mail: JX_Konrad@laurentian.ca

Sandra Dorman, Ph.D.
Director, CROSH
Tel: 705-675-1151 ext. 1015
E-mail: sdorman@laurentian.ca



www.crosh.ca



crosh@laurentian.ca



[@crosh_crsst](https://twitter.com/crosh_crsst)

References

34

1. González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of applied physiology*, 86(3), 1032-1039.
2. Handbook of training in mine rescue and recovery operations. (2001). Ontario: Mines and Aggregates, Safety and Health Assoc. (MASHA).
3. IMRB: International Mine Rescue Body. (n.d.). *IMRB History*. [url]. Retrieved from <http://www.minerescue.org/history.htm>
4. Kampmann, B., Bresser, G., & Piekarski, C. (1997). Stress and strain of mine rescue teams during a standard training procedure. *Applied occupational and environmental hygiene*, 12(12), 952-956.
5. Karlsen, A., Nybo, L., Nørgaard, S. J., Jensen, M. V., Bonne, T., & Racinais, S. (2015). Time course of natural heat acclimatization in well-trained cyclists during a 2-week training camp in the heat. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(S1), 240-249.
6. Laerd Statistics (2015). One-way MANOVA using SPSS Statistics. *Statistical tutorials and software guides*. Retrieved from <https://statistics.laerd.com/>
7. Läubli, E. (2014). *Analysis of the assessment of risks related to working conditions in mines and how to improve it* (Doctoral dissertation, Haute école de gestion de Genève).
8. Lim, C. L., Byrne, C., & Lee, J. K. (2008). Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Annals Academy of Medicine Singapore*, 37(4), 347.



References

35

9. Liu, Y., Zhu, S. H., Wang, G. H., Ye, F., & Li, P. Z. (2013). Validity and reliability of multiparameter physiological measurements recorded by the Equivital LifeMonitor during activities of various intensities. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 10(2), 78-85.
10. Taylor, N. A., Tipton, M. J., & Kenny, G. P. (2014). Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of thermal biology*, 46, 72-101.
11. Stewart IB, McDonald MD, Hunt, AP and TW Parker. (2008) Physical capacity of rescue personnel in the mining industry. *J Of Occupational Medicine and Toxicology* 3:22.
12. Tomaskova, H., Jirak, Z., Lvoncik, S., Buzga, M., Zavadilova, V., & Trlicova, M. (2015). Health status and physical fitness of mines rescue brigadesmen. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 28(3), 613-623.
13. Queens Government Department of Natural Resources and Mines. (2008). *Guideline for the Medical Assessment of Mines Rescue Personnel*. [pdf]. Retrieved from https://www.dnrm.qld.gov.au/data/assets/pdf_file/0015/241017/QMRS-guideline.pdf



References

36

14. Workplace Safety North Injury Statistics Update 2015. (2015, February). *Workplace Safety North*. Retrieved November 10, 2016, from <https://www.workplacesafetynorth.ca/sites/default/files/resources/WSN - Injury Statistics Update 2015.pdf>
15. Zlotnikov, D. (2012 August). Mining in the Extreme: Smart solutions for operations in tough settings. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum. Retrieved from <http://www.cim.org/en/Publications-and-Technical-Resources/Publications/CIM-Magazine/2012/August/Features/Mining-in-the-extreme.aspx?page=2>