

### МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО ВЛАЖНОГО КЛИМАТА

А. И. Кудрин<sup>1</sup>, О. В. Лучникова<sup>1</sup>, М. М. Леонтьев<sup>1</sup>, Т. А. Мартирова<sup>1</sup>, М. А. Михальченков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

### METHODS FOR CORRECTING THE FUNCTIONAL STATE OF MILITARY PERSONNEL IN A HOT HUMID CLIMATE

A. I. Kudrin<sup>1</sup>, O. V. Luchnikova<sup>1</sup>, M. M. Leont'yev<sup>1</sup>, T. A. Martirova<sup>1</sup>, M. A. Mikhal'chenkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, Saint Petersburg, Russia

#### Резюме

**Цель.** Исследовать три режима комбинированной или упреждающей тепловой адаптации военнослужащих в сочетании с физической нагрузкой.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в термобарокомплексе «Табай». Для оценки степени напряжения терморегуляторных систем определяли динамику ректальной температуры, интенсивность влагопотерь, динамику частоты сердечных сокращений в состоянии относительного покоя во время теплового воздействия.

**Результаты.** По эффективности механизмов срочной адаптации возможно дифференцировать людей на определенные типы, характеризующиеся разной выраженностью адаптационных свойств и, в связи с этим, реализовать разную стратегию адаптации.

**Заключение.** Высокие и продолжительные физические нагрузки во влажной и паро-изолирующей одежде в сочетании с рациональным режимом восполнения жидкости признаны эффективным средством стимуляции долговременных адаптационных реакций к высокой температуре (библ.: 8 ист.).

**Ключевые слова:** адаптационные изменения, влажный жаркий климат, индекс теплового напряжения, тепловая адаптация, термоадаптационные процессы, функциональное состояние организма.

Статья поступила в редакцию 23.09.2019 г.

#### Summary

**Objective.** Three modes of combined or pre-emptive thermal adaptation of military personnel in combination with physical activity are investigated.

**Materials and methods.** The studies were carried out in the thermal baroque complex "Tabay". To assess the degree of tension of thermoregulatory systems, we determined the dynamics of rectal temperature, the intensity of moisture loss, and the dynamics of heart rate (HR) in a state of relative rest during thermal exposure. **Results.** According to the effectiveness of urgent adaptation mechanisms, it is possible to differentiate people into certain types, characterized by different severity of adaptive properties and in connection with this implementation of a different adaptation strategy.

**Conclusion.** High and prolonged physical activity in moisture- and vapor-insulating clothing in combination with a rational regime of fluid replenishment are recognized as an effective means of stimulating long-term adaptation reactions to high temperatures (bibliography: 8 refs).

**Key words:** adaptation changes, body functional state, humid hot climate, thermal adaptation, thermal adaptation processes, thermal stress index.

Article received 23.09.2019.

#### ВВЕДЕНИЕ

Вопросам упреждающей адаптации военнослужащих к условиям жаркого влажного климата уделяется большое внимание, так как доказана значительная разница в уровнях работоспособности акклиматизированных и неакклиматизированных лиц. Упреждающая тепловая адаптация — это искусственное повышение тепловой устойчивости путем температурной тренировки, осуществляемой при высокой температуре окружающей среды (или в термоизолирующем снаряжении) с целью подготовки к последующему исполнению работы в условиях повышенных температур. Ускоренное

формирование состояния тепловой адаптации может быть достигнуто, во-первых, за счет оптимизации режима теплового воздействия и, во-вторых, за счет одновременного воздействия внешней температуры и дополнительного фактора, усиливающего адаптивный эффект. В качестве дополнительного фактора могут выступать физическая и/или гипоксическая нагрузка, фармакологические препараты, специальные пищевые и водно-солевые добавки и другие средства, способствующие формированию структурного следа адаптации. Важно подчеркнуть, что выбор дополнительного фактора должен осуществляться таким образом, чтобы стратегия приспособительно-компенсаторных реакций орга-

низма в ответ на его действие обеспечивала аддитивность и потенцирование эффекта адаптации и исключала возможность антагонистического влияния [1–3].

Необходимо отметить, что существует достаточно узкий оптимальный диапазон интенсивности теплового воздействия, выход за пределы которого ухудшает течение адаптивных процессов. Стимуляция низкой интенсивности оказывалась недостаточной для запуска адаптации, а превышающая оптимальный уровень — снижала ее эффективность, вероятно, за счет избыточно высокого напряжения регуляторных систем и их истощения. Основным раздражителем, вызывающим температурные ощущения, являлась скорость изменения кожной температуры [4, 5].

Исходя из изложенного, оптимальный режим тепловой адаптации должен подбираться индивидуально, с учетом исходного уровня устойчивости и реактивности организма таким образом, чтобы интенсивность адаптирующего воздействия не выходила за пределы гомеостатического диапазона регулирования физиологических систем. Интенсивность и длительность адаптирующего воздействия должна быть достаточной для полного развертывания комплекса физиологических реакций в ответ на экстремальное воздействие. При умеренной интенсивности воздействия оно должно быть достаточно длительным. В то же время, воздействия, способные по своей интенсивности вызвать состояние динамического рассогласования, при подпороговой длительности могут запускать адаптационные механизмы даже при однократном воздействии. Обычно реализация этих механизмов требует времени (не менее 5–7 суток) [6].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в термобарокомплексе «Табай». Для оценки степени напряжения терморегуляторных систем определяли динамику ректальной температуры, интенсивность влагопотерь, динамику частоты сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии относительного покоя во время теплового воздействия.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были исследованы три режима комбинированной или упреждающей тепловой адаптации в сочетании с физической нагрузкой:

1) ежедневное нахождение в климатическом комплексе «Табай» по 2,5 часа в течение 5 дней;

2) ежедневно по 2 часа — 7 дней;

3) ежедневно по 1,5 часа — 7 дней.

Все три режима при температуре воздуха 42 °С, влажности воздуха 50%, скорости движения воздуха 0,5–1 м/с) в сочетании с дозированной физической нагрузкой.

У лиц с разной степенью термочувствительности скорость нарастания индекса теплового напряжения (ИТН) различалась. Поэтому рассчитывали индекс термочувствительности (IТermo) как отношение ИТН к длительности теплового воздействия (в часах).

При первом режиме исследования у испытуемых отмечались выраженные адаптационные сдвиги, сопровождающиеся снижением на 20–25% интенсивности роста ректальной температуры, интенсивности влагопотерь, сменой избыточно возбужденного состояния ЦНС на состояние с преобладанием тормозных процессов.

При втором режиме указанные сдвиги функционального состояния испытуемых приводили к увеличению предельной длительности пребывания в термокамере на 35%.

При третьем режиме обеспечивалось увеличение времени предельного пребывания в условиях гипертермии в среднем на 25%.

Индивидуальный анализ выраженности адаптационных изменений показал их большую вариабельность. Так, у 20% добровольцев повторное тепловое тестирование не выявило нарастания термоустойчивости, у 33% испытуемых значения прироста времени предельной переносимости гипертермии находились в диапазоне 10–30%, а у 27% — однократное термоадаптирующее воздействие более чем в 1,5 раза увеличивало время переносимости теплового воздействия.

Методом корреляционного анализа было установлено, что у лиц с исходно более высокой исходной терморезистентностью адаптационные изменения были выражены слабее ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ). В то же время длительность переносимости повторного теплового воздействия свидетельствовала о достаточно существенной связи с индивидуальной эффективностью термоадаптационных процессов ( $r = +0,68$ ,  $p < 0,05$ ) [7, 8].

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В качестве наиболее эффективного был рекомендован ежедневный режим нахождения в климатическом комплексе по 2 часа в течение 7 дней (при температуре воздуха 42 °С, влажности 50%, скорости движения воздуха 0,5–1 м/с) в сочетании с дозированной физической нагрузкой.

Наиболее эффективным способом формирования адаптации к условиям жары являлось комплексное воздействие высоких температур и продолжительных физических нагрузок, требующих полной и длительной мобилизации систем теплопродукции и теплоотдачи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По эффективности механизмов срочной адаптации к высокой температуре возможно дифференцировать людей на определенные типы, характеризующиеся разной выраженностью адаптационных свойств и, в связи с этим, реализовать разную стратегию адаптации. Корректирующие воздействия следует проводить с учетом функционального состояния организма военнослужащих, оцененного в режиме реального времени:

1. Если системы адаптации способны адекватно реагировать на стрессор и повышать порог функционирования, можно применять сильное термическое воздействие.

2. При сниженной реактивности, когда имеется функциональная недостаточность систем адаптации, следует применять умеренные гипертермические нагрузки, усиливающие защитные реакции организма.

Однократное гипертермическое воздействие в условиях высокой температуры и влажности воздуха может служить и процедурой отбора, и способом предварительной адаптации.

Изучение физиологических механизмов адаптации к экстремальным воздействиям жаркого влажного климата позволило подобрать оптимальный способ коррекции, который, по нашему мнению, должен соотноситься с реактивностью основных физиологических систем и уровнем резистентности организма к гипертермии. Запуск механизмов адаптации может осуществляться даже при однократном воздействии достаточной длительности и интенсивности, приближающейся к границе гомеостатического диапазона регулирования, однако его реализация на системном, органном и клеточном уровнях требует более продолжительного времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Stattsenko E. A.* Prevention and correction of functional disorders in highly qualified athletes in the training process. In: *Adaptation to sports activities in hot climates* Moscow; 2014: 54. Russian (*Стаценко Е. А.* Профилактика и коррекция нарушений функционального состояния у высококвалифицированных спортсменов в условиях тренировочного процесса. Адаптация к спортивной деятельности в условиях жаркого климата. М.; 2014. 54).
2. *Novozhilov G. I.* Increasing the body's resistance to high ambient temperature. *Military Medical Journal*. 1981; 2: 142–5. Russian (*Новожиллов Г. И.* Повышение устойчивости организма к воздействию высокой температуры окружающей среды. *Воен.-мед. журн.* 1981; 2: 142–5).
3. *Ivanov Y. A.* Experimental substantiation of training regime and control method at accelerated adaptation to heat. *Military Medical Journal*. 1985; 11: 47–8. Russian (*Иванов Ю. А.* Экспериментальное обоснование режима тренировок и метода контроля при ускоренной адаптации к жаре. *Воен.-мед. журн.* 1985; 11: 47–8).
4. *Kovalenko V. P., Andronov A. S.* The impact of accelerated adaptation on the performance of military personnel in a hot climate. *Military Medical Journal*. 1990; 11: 48–51. Russian (*Коваленко В. П., Андронов А. С.* Влияние ускоренной адаптации на работоспособность военнослужащих в условиях жаркого климата. *Воен.-мед. журн.* 1990; 11: 48–51).
5. *Karpishchenko A. I.* Physiological and biochemical mechanisms of preliminary and accelerated adaptation to dry hot climate and mountain-desert terrain. D. Sc. thesis. Saint Petersburg: VMedA; 1995: 34. Russian (*Карпищенко А. И.* Физиолого-биохимические механизмы предварительной и ускоренной адаптации к сухому жаркому климату и горно-пустынной местности. Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб.: VMedA; 1995: 34).
6. *Novikov B. C., Shustov E. B., Goranchuk V. V.* Correction of functional states under extreme influences. Saint Petersburg: Nauka Publisher; 1998: 544. Russian (*Новиков В. С., Шустов Е. Б., Горанчук В. В.* Коррекция функциональных состояний при экстремальных воздействиях. СПб.: Наука; 1998: 544).
7. *Kozlov N. B.* Hyperthermia: biochemical bases of pathogenesis, prevention, treatment. Voronezh: Publishing House Voronezh. institute; 1990: 102. Russian (*Козлов Н. Б.* Гипертермия: биохимические основы патогенеза, профилактики, лечения. Воронеж: Воронеж. ин-т; 1990: 102).
8. *Ikhmalainen A. A., Dynin P. G., Shustov E. B.* Physiological criteria of human thermal stability. In: *Voprosy psikhologii, fiziologii i obespecheniye truda korabel'nykh spetsialistov. Materialy nauchnoy konf* (Issues of psychology, physiology and labor support for shipboard specialists. Proceedings of the Scientific Conference). Saint Petersburg; 1996: 115. Russian (*Ихмалайнен А. А., Дынин П. Г., Шустов Е. Б.* Физиологические критерии термоустойчивости человека. Вопросы психологии, физиологии и обеспечение труда корабельных специалистов. Материалы научной конф. СПб; 1996: 115).

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Кудрин Александр Иванович** — канд. мед. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (гигиены военного труда) научно-исследовательского отдела (обитаемости) научно-исследовательского центра, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

**Леонтьев Максим Михайлович** — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (гигиены военного труда) научно-исследовательского отдела (обитаемости) научно-исследовательского центра, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

**Лучникова Ольга Владимировна** — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (физиологии военного труда) научно-исследовательского отдела (обитаемости) научно-исследовательского центра, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

**Мартирова Татьяна Александровна** — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (обитаемости объектов) научно-исследовательского отдела (обитаемости) научно-исследовательского центра, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

**Михальченков Максим Андреевич** — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (измерительной аппаратуры и моделирования) научно-исследовательского отдела (обитаемости) научно-исследовательского центра, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Kudrin Aleksandr I.** — M. D., Ph. D. (Medicine), Senior Research Assistant Research Laboratory (military hygiene) of the Research Department (habitability) of the Research Center, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

**Leont'yev Maksim M.** — Junior Research Assistant Research Laboratory (military hygiene) of the Research Department (habitability) of the Research Center, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

**Luchnicova Ol'ga V.** — Research Assistant Research Laboratory (physiology of military labor) of the Research Department (habitability) of the Research Center, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

**Martirova Tatyana A.** — Junior Research Assistant Research Laboratory (habitability of objects) of the Research Department (habitability) of the Research Center, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

**Michal'henkov Maksim A.** — Junior Research Assistant Research Laboratory (measuring equipment and modeling) of the Research Department (habitability) of the Research Center, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044