

УДК 616.45-001.1/3:612.67

Влияние гипергравитационного стресса на интенсивность газообмена и выживаемость молодых и старых морских свинок

Х. К. Мурадян, А. Н. Тимченко

Институт геронтологии АМН Украины, Київ

Надійшла до редакції 19.04.99

При старінні резистентність до гіпергравітаційного стресу морських свинок знижується. Діапазон допустимої гіпергравітації для них помітно вужчий, ніж для інших досліджених видів ссавців — мишей, хом'ячків і щурів. Крім того, при гіпергравітаційному стресі у морських свинок обох вікових груп не спостерігається зниження інтенсивності газообміну і температури тіла, характерні для інших вказаних видів. В цілому резистентність морських свинок до гіпергравітації, очевидно, ближче до людської, і вони можуть бути більш адекватною експериментальною моделлю.

Гипергравитационный стресс является физиологическим феноменом, которым начинается и кончается любой космический полет с участием биологических объектов, так как взлет и посадка неизменно сопровождается возникновением значительных ускорений. В последние годы накоплен значительный материал о влиянии различных стадий орбитальных полетов на основные физиологические системы человека [5, 6]. Предполагаемое расширение целей, возрастного состава и продолжительности будущих космических экспедиций делает оправданным выяснение возрастных и видовых отличий резистентности к острой гипергравитации. Ранее нами были изучены функциональное состояние ряда систем жизнеобеспечения и результирующая выживаемость у молодых и старых дрозофил, мышей, хомячков и крыс в условиях острой гипергравитации в максимально широком диапазоне силы воздействий — от мягкой нелетальной до полностью летальной. Было обнаружено, что по мере увеличения возраста и массы тела гравирезистентность испытанных лабораторных популяций животных заметно снижается [1—4]. Вместе с тем следует признать, что указанные виды намного превосходят человека по гравирезистентности, верхний допустимый предел которой обычно ограничи-

вается 10g [5]. В этом смысле морские свинки представляются более привлекательной моделью.

Цель настоящей работы — изучить влияние краткосрочного гипергравитационного стресса на интенсивность газообмена, температуру тела и выживаемость у молодых и старых морских свинок. Как показали полученные данные, они оказались ближе к величинам, наблюдаемым у человека, и следовательно, модели с использованием морских свинок могут оказаться более адекватными поведению систем человека в аналогичных условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы зрелые (10—12-месячные) и старые (30—32-месячные) беспородные морские свинки. Острую (10 мин) гипергравитацию моделировали центрифугированием подопытных животных в центрифугах с диаметром 0.5 м или 4 м. Интенсивность потребления кислорода и выделения углекислого газа определяли до, во время и в различные периоды постстрессового восстановительного периода с помощью газоанализатора фирмы Gerb MIJNHARDT (Нидерланды). Ректальную температуру измеряли с помощью электрического

термометра с полупроводниковым датчиком, вмонтированным в тонкую полиэтиленовую трубку.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Морские свинки были самыми крупными из испытанных нами видов животных, поэтому мы предполагали, что они окажутся наименее устойчивыми к гипергравитационным нагрузкам. Действительно, полная выживаемость морских свинок наблюдалась только при нагрузках $P \leq 5g$. При повышении степени гипергравитации до $10g$ и выше выживаемость V резко уменьшалась (рис. 1). При $P = 15g$ выживали единичные животные. В целом резистентность морских свинок к гипергравитационному стрессу оказалась заметно ниже, чем у мышей, хомячков и крыс, не говоря уже о дрозофилах [3, 4]. С другой стороны, характер возрастных отличий этого показателя для всех испытанных нами видов оказался одинаковым: выживаемость в группе взрослых особей была выше, чем у старых. Однако группы и взрослых, и старых морских свинок оказались неожиданно однородными по гравирезистентности, и при последующем увеличении силы гипергравитационного стресса подопытные животные погибали в довольно узком диапазоне, соответствующем примерно $5g$. Так, 50 % гибели взрослых и старых морских свинок соответствовали нагрузке $13g$ и $11g$, а практически полное вымирание животных обеих возрастных групп наблюдалось уже при $16g$. Этим морские свинки существенно отличались от мышей, хомячков и крыс, диапазон летальных гипергравитационных нагрузок которых обычно был «растянут» на $20-60g$.

Другой отличительной чертой морских свинок, которая, кстати, может в определенной степени

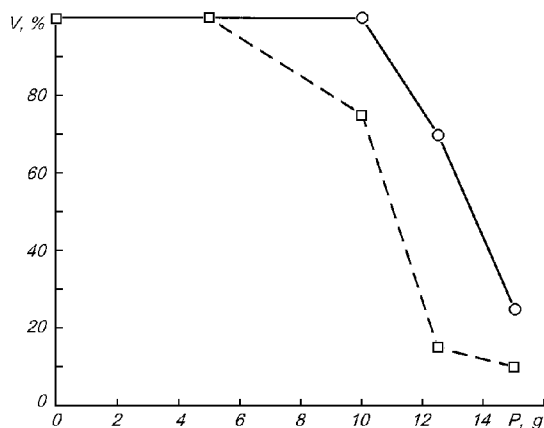


Рис. 1. Выживаемость V взрослых (кружки) и старых (квадратики) морских свинок после краткосрочного (10 мин) гипергравитационного стресса разной силы P

быть причиной их низкой резистентности, является то, что они не проявляли практически никакой метаболической «гибкости», характерной для мышей и крыс, многие из которых выживали несмотря на то (или благодаря тому?), что интенсивность их газообмена и температура тела существенно снижались во время сеанса острой гипергравитации. Уровень газообмена у морских свинок практически не снижается при летальных значениях гипергравитации. Если у мышей и крыс зависимость интенсивности газообмена от силы гипергравитации имела двухфазный характер, увеличиваясь в диапазоне сублетальных и снижаясь при летальных нагрузках, то у морских свинок нам не удалось обнаружить диапазона нагрузок, где бы интенсивность газообмена снижалась. Все выжившие морские свинки неизменно имели газообмен I выше, чем в исходе во всем испытанном нами диапазоне нагрузок (рис. 2). Обращает на себя внимание то, что в группе взрослых животных усиление газообмена после сеанса гипергравитации выше, чем у старых животных во всем испытанном диапазоне.

Примерно такая же картина наблюдалась при измерении ректальной температуры тела, которая у выживших морских свинок практически не отличалась от уровня интактных животных и потому не представлена. По этому параметру морские свинки также существенно отличаются от мышей и крыс, температура тела которых во время острой гипергравитации снижалась на $5-10^\circ C$ (примерно с $38^\circ C$ до $30^\circ C$).

Динамика интенсивности газообмена в постстрессовый восстановительный период у морских свинок

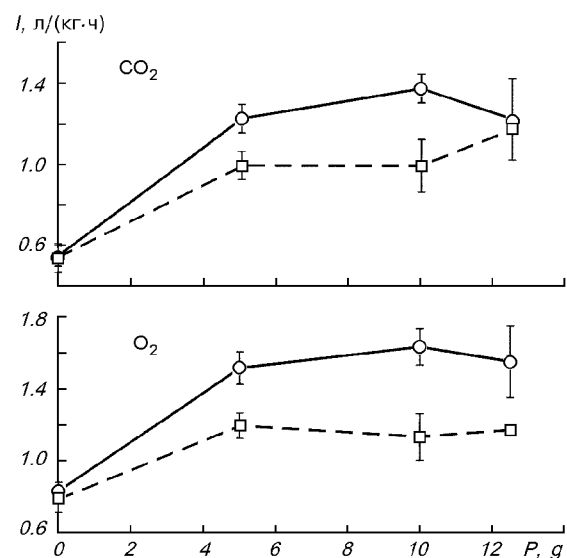


Рис. 2. Выделение углекислого газа и потребление кислорода у взрослых (кружки) и старых (квадратики) морских свинок во время гипергравитационного стресса разной силы P

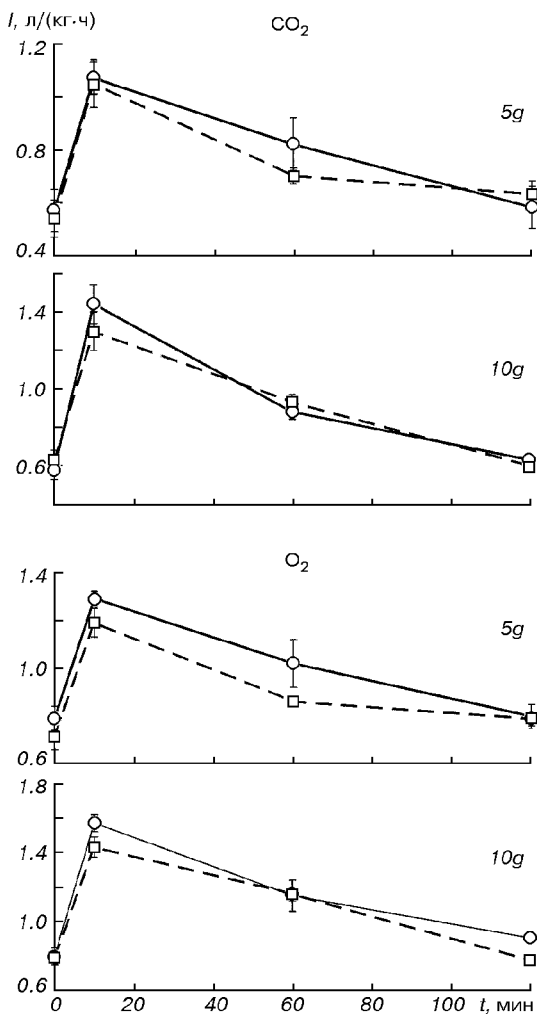


Рис. 3. Динамика восстановления исходного уровня выделения углекислого газа и потребления кислорода у взрослых (кружки) и старых (квадратики) морских свинок после гипергравитационного стресса силой 5g и 10g

обеих возрастных групп носит монотонный характер в отличие от мышей и крыс, но, как и у последних, продолжительность периода нормализации у них не превосходит нескольких часов (рис. 3).

Таким образом, среди всех испытанных нами видов лабораторных насекомых и млекопитающих морские свинки оказались наименее устойчивыми и наиболее гомогенными по устойчивости к острому гипергравитационному стрессу. Диапазон умеренных и летальных гипергравитационных нагрузок у них невелик и, вероятно, весьма сходен с таковым

у человека. У морских свинок обеих возрастных групп не удалось обнаружить фазу снижения интенсивности газообмена и температуры тела, характерную для других испытанных нами видов млекопитающих. В отличие от мышей и крыс у морских свинок не были обнаружены также существенные возрастные отличия динамики нормализации исходного уровня газообмена в постстрессовый восстановительный период. Вместе с тем, как и для всех других испытанных видов животных, для морских свинок характерно повышение газообмена при нелетальных гипергравитационных нагрузках, а также возрастное снижение выживаемости во всем диапазоне краткосрочного гипергравитационного стресса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Национального космического агентства Украины.

1. Мурадян Х. К., Тимченко А. Н. Возрастные особенности влияния гипергравитационного стресса на выживаемость, газообмен и терморегуляцию крыс // Проблемы старения и долголетия.—1996.—6.—С.11—16.
2. Тимченко А. Н., Мозжухина Т. Г., Мурадян Х. К. Влияние гипергравитационного стресса на выживаемость, газообмен, терморегуляцию и синтез РНК и белка у мышей разного возраста // Проблемы старения и долголетия.—1996.—6.—С. 145—150.
3. Фролькис В. В., Мурадян Х. К., Тимченко А. Н., Мозжухина Т. Г. Влияние гипергравитационного стресса на интенсивность газообмена, биосинтез РНК и белка, терморегуляцию и выживаемость у животных разных видов // Космічна наука і технологія.—1997.—3, № 3/4.—С. 16—21.
4. Фролькис В. В., Мурадян Х. К., Тимченко А. Н. и др. Геропротекторы как гравипротекторы? // Космічна наука і технологія.—1997.—3, № 3/4.—С. 28—33.
5. Miquel J., Souza K. Gravity effects on reproduction, development, and aging // Adv. Space Biology and Medicine.—1991.—1.—P. 71—97.
6. Space Physiology and Medicine / Eds A. E. Nicogossian, C. L. Huntton, S. L. Pool.—3rd edition. — Philadelphia: Lea & Febiger, 1993.—573 p.

EFFECT OF HYPERGRAVITY STRESS ON GASEOUS EXCHANGE AND SURVIVAL OF YOUNG AND OLD GUINEA PIGS

Kh. Muradian and A. Timchenko

Hypergravity tolerance decreases in aging Guinea pigs, the range being lower than in other studied species of laboratory mammals — mice, hamsters, and rats. Moreover, for the gaseous exchange rate and body temperature, the decline during the stress is not characteristic for Guinea pigs of the both age groups, in contrast to other species. In general, hypergravity tolerance of Guinea pigs seems more similar to that of humans, and Guinea pigs could be more appropriate experimental models.