

Как видно из представленной таблицы, отмечается существенное уменьшение температуры задней части ноги у пациентов (как у мужчин, так и у женщин) с нарушениями в поясничном отделе позвоночника. Изменения температур выходит за пределы погрешности оборудования.

**Выводы.** Проведено исследование температурных полей пирометром марки UnionTEST IR1150 поверхности тела пациентов неврологического отделения с заболеванием опорно-двигательной системы в сопоставлении с аналогичными измерениями для таких же поло-возрастных контрольных групп. Выявлено, что при исследовании температуры задней части ноги как слева, так и справа у пациентов с дистрофическими изменениями поясничного отдела позвоночника отмечалось понижение температуры. Это косвенно позволяет судить о нарушении кровотока конечностей.

### Литература

1. Uematsu S., Jankel W., Edwin D. et al. Quantification of thermal asymmetry. Part 2: Application in low-back pain and sciatica // J. Neursurg – 1988. – Vol. 69. – P.556–561.
2. Veldhuizen A.G., Wever D.J., Webb P.J. The aetiology of idiopathic scoliosis: Biomechanical and neuromuscular factors // Eur. Spine J. – 2000. – Vol. 9. – P.178–184.
3. Hildebrandt C., Raschner C., Ammer K. An overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria // Sensors. – 2010. – Vol. 10. – P. 4700–4715.

## ИЗМЕНЕНИЯ В МАЛОМ КРУГЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ОТВЕТ НА ГРАВИТАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

*Жиенгалиева А. К., Абсатирова В. К., Шандаулов А. Х.,  
Хамчиев К. М., Рахимжанова Ж. А., Ибраева С. С.*

Медицинский университет Астана, Астана, Казахстан

**Введение.** Известно, что гравитационное поле земли оказывает существенное влияние на распределение массы крови в организме. Феномен перераспределения крови в земных условиях ярко демонстрируется при перемене положения тела в пространстве. Неравномерность кровенаполнения и кровотока в малом круге во многом обусловлена силами земного тяготения. На основе анализа гравитационного механизма в легких выделены функционально различающиеся зоны [3, 7]. Установлено, что пребывание

человека или животных в горах приводит к существенным изменениям кровообращения в малом круге, и главная причина этому – гипоксия [5, 6]. Причем развивающейся в этих условиях легочной гипертензии рядом авторов отводится защитно-приспособительная роль, обеспечивающая повышение эффективности кровообращения в легких. Однако изменение вентиляции и кровотока при высокогорной гипоксии скорее относится к адаптационной перестройке функции легких, а не непосредственно к процессу регуляции гемодинамики газовым составом воздуха [6]. Ввиду того, что гравитационный механизм в условиях высокогорья действует так же, как и на равнине, изменение положения тела в пространстве относительно вектора гравитации может быть естественным тестом в горах. Полученные данные приближают понимание механизмов легочной гипертензии в условиях высокогорной гипоксии, а использованные ортостатические пробы являются адекватным тестом для изучения легочной гемодинамики. Хотя легкие крысы ввиду малых размеров в принципе недостаточно удобный объект для отслеживания гравитационных гемодинамических градиентов, ряд других преимуществ мелких животных и некоторые новые возможности исследования регионарного кровообращения и легких [1] позволили обойтись в данном случае без использования более крупных животных.

**Цель** – проследить за возможными гемодинамическими реакциями малого круга кровообращения в ответ на перемену положения тела относительно вектора земного тяготения.

**Методы исследования.** Удельное электрическое сопротивление крови (Ом/см), гематокрит и содержание гемоглобина определяли общепринятыми методами, число эритроцитов подсчитывали посредством «Пикоскейла Р-4» (Венгрия). Исследования проводили при горизонтальном (лежа на спине, на правом и левом боку), вертикальном (голова вверх) и обратном вертикальном (головой вниз) положениях животных, а также графически регистрировали момент изменения положения тела в пространстве, что осуществляли при помощи специального столика, угол наклона которого мог плавно изменяться от 0 до  $\pm 90$  градусов при неизменном уровне флебостатического давления.

Давление в легочной артерии измеряли посредством электроманометра (Сименс-Элема) без вскрытия грудной клетки методом катетеризации через правую яремную вену, а кровоток и кровенаполнение (в мл на 100 см кубический объема легких) оценивали по методу трансбронхиальной электроплетизмографии [1] в условно выделенных участках легких: апикальных, медиальных и базальных; в двух последних различали дорсальные и вентральные стороны. Положения зонда датчика электроплетизмографа контролировали рентгенографически (Арман-1) в двух проекциях и визуально – при вскрытии животного.

**Результаты и их обсуждение.** Обращает на себя внимание тот факт, что к 60-му дню адаптации к высокогорной гипоксии в одноименных участках легких независимо от положения, приданного телу животного в момент исследования, наблюдались однонаправленные для каждого участка легких изменения кровенаполнения: рост его в вентробазальных, дорсомедиальных, апикальных участках и снижение в дорсобазальных и вентромедиальных, причем в большинстве случаев изменения были статически достоверными. Изменения кровотока к этому же дню пребывания в горах напоминали картину изменений кровенаполнения. В вентромедиальных и дорсобазальных участках, а также в вентробазальных, независимо от положения тела животного в пространстве, отмечено уменьшение кровотока, причем и вентромедиальных участках весьма существенно (в среднем в 2 раза и более), в то время как увеличение кровенаполнения в дорсомедиальных участках было недостоверным. Давление в легочной артерии после 2-месячной экспозиции в горах претерпело значительные изменения. Систолическое давление в среднем возросло на 51%, а диастолическое осталось практически неизменным, в результате увеличилось пульсовое давление (в среднем на 79%). Ко времени 5-месячной адаптации к высокогорью средние показатели кровенаполнения и кровотока в подавляющем большинстве случаев приблизились к их величинам на равнине. Однако давление в легочной артерии не претерпело сколько-нибудь заметных изменений по сравнению с двухмесячным сроком, то есть осталось повышенным.

В целом наблюдалась положительная корреляция между кровотоком и кровенаполнением.

Реакция давления в легочной артерии в момент перемены положения тела была хорошо выражена и на равнине, и в горах. На равнине переход в пассивное ортостатическое положение сопровождался снижением и систолического, и в процентном соотношении в большей степени диастолического давления, а переход в пассивное антиортостатическое положение – повышением давления в легочной артерии при приблизительно таких же соотношениях изменений систолического и диастолического давления.

Полученные результаты в целом согласуются с представлениями о регионарной неравномерности кровообращения в легких, согласно которым величины градиента по кровенаполнению и кровотоку в легких определяются действием силы тяжести и существуют при любом положении тела в пространстве. Однако при горизонтальном положении (лежа на спине) и на равнине, и в горах мы не обнаружили у крыс достоверных гравитационных перепадов ни по кровенаполнению, ни по кровотоку.

**Выводы.** Полученные результаты в целом согласуются с представлениями о регионарной неравномерности кровообращения в легких,

согласно которым величины градиента по кровенаполнению и кровотоку в легких определяются действием силы тяжести и существуют при любом положении тела в пространстве, хотя при горизонтальном положении (лежа на спине) и на равнине, и в горах мы не обнаружили у крыс достоверных гравитационных перепадов ни по кровенаполнению по кровотоку. Результаты проведенных исследований расширяют понимание механизмов легочной гипертензии в условиях высокогорной гипоксии. Повышение давления в легочной артерии в качестве компенсаторного механизма, по видимому, происходит за счет повышения жесткости сосудистого русла легких. Мы также показали, что ортостатические пробы на мелких лабораторных животных (крысах) – адекватный тест для изучения легочной гемодинамики.

### Литература

1. Хромина С.И., Батыршина Н.А., Батыршин Р.Р. Сравнительный анализ результатов ортостатической пробы у студентов в период пандемии covid-19 // *Современные наукоемкие технологии*. – 2021. – № 3. – С. 230–234.
2. Vaillancourt M., Chia P., Sarji S. et al. Autonomic nervous system involvement in pulmonary arterial hypertension // *Respir. Res.* 2017. – Vol. 18, № 1. – P. 201–216.
3. Ribon A., Pialoux V., Saugy J.J. et al. Exposure to hypobaric hypoxia results in higher oxidative stress compared to normobaric hypoxia // *Respir Physiol Neurobiol.* – 2016. – Vol. 223. – P. 23–27.
4. Degache F., Larghi G., Faiss R. et al. Hypobaric versus normobaric hypoxia: same effects on postural stability? // *High Alt Med Biol.* – 2012. – Vol. 13, № 1. – P. 40–45.
5. Hussain A., Suleiman M.S., George S.J. et al. Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction in Humans: Tale or Myth // *Open Cardiovasc Med J.* – 2017. – Vol. 24, № 11. – P. 1–13.
6. Lesova E.M., SamoiloV V.O., Filippova E.B., Savokina O.V. Individual'nye razlichiya pokazatelej gemodinamiki pri sochetanii gipoksicheskoj i ortostaticheskoj nagruzok // *Vestnik rossijskoj voenno-medicinskoj akademii.* – 2015. – T. 1, № 49. – С. 157–163.
7. Drum S.N., Faude O., de Fay du Lavallaz E. et al. Acute effects of walking at moderate normobaric hypoxia on gait and balance performance in healthy community-dwelling seniors: A randomized controlled crossover study // *Arch Gerontol Geriatr.* – 2016. – Vol. 67. – P. 74–79.