

## **Анализ клеточного состава крови после воздействия низкочастотным ультразвуком в эксперименте**

*Белорусский государственный медицинский университет, ЦНИЛ БГМУ*

Проведён анализ форменных элементов крови после воздействия ультразвуком частотой 60,80 и 100кГц на костную ткань челюсти кролика.

**Ключевые слова:** низкочастотный ультразвук, клетки крови, костная ткань

Ортодонтическое лечение у взрослых затруднено в связи с увеличением плотности компактной пластинки и губчатого вещества костной ткани, снижением ее пластичности, ослаблением обменных процессов. Разработано много различных методов инвазивного и неинвазивного воздействия на костную ткань с целью оптимизации ортодонтического лечения. Ни у кого не вызывает сомнения, что хорошего результата ортодонтического лечения у взрослых можно добиться только при комплексном подходе [1]. Ослабить костную ткань и сделать её более податливой к перемещению зубов можно воздействуя на костный матрикс и содержание в ней кальция и фосфора. Одним из путей решения данной проблемы является применение низкочастотного ультразвука. Он оказывает разностороннее биологическое действие: вызывает микромассаж клеточных структур, тепловой эффект, физико-химические изменения и др. Озвучивание низкочастотным ультразвуком повышает проницаемость клеточных мембран, улучшает проницаемость и введение лекарственных веществ [7,8].

Целью проведенного экспериментального исследования явился анализ клеточного состава крови у кроликов, подвергшихся озвучиванию низкочастотным ультразвуком частотой 60,80 и 100 кГц.

**Материал и методы**

Эксперимент проведен на 36 кроликах породы шиншилла одинакового веса и возраста. Кроликов разделили на десять групп. Одну контрольную-9 особей и девять опытных-по 3 особи в каждой. В первой, второй и третьей опытной группах проводили озвучивание костной ткани и слизистой альвеолярного отростка нижней челюсти в области центральных резцов ультразвуком частотой 60 кГц вычислением средней арифметической величины (M), стандартного отклонения (SD), критериев достоверности Стьюдента (t), вероятности достоверности сравниваемых величин (P). Различия рассматривались как достоверные при  $P < 0,05$  [2,5,6].

**Результаты и обсуждение**

Полученные данные экспериментальных исследований приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Морфологические показатели периферической крови кроликов после воздействия низкочастотным ультразвуком частотой 60 кГц на костную ткань челюсти

Показатель	Контроль	Группа животных		
		Опыт I	Опыт II	Опыт III
		5 процедур	10 процедур	15 процедур
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,1 \pm 0,35$	$5,2 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,13$
N	9	3	3	3
Средний объем эритроцитов, $мкм^3$	$74,7 \pm 3,37$	$74,8 \pm 3,06$	$64,5 \pm 3,23^*$	$71,6 \pm 4,01$
N	9	3	3	3
Гемоглобин, г/л	$109,6 \pm 5,03$	$119,3 \pm 4,93$	$110,3 \pm 5,77$	$112,7 \pm 4,93$
N	9	3	3	3
Среднеклеточный гемоглобин, $мкм^3$	$21,4 \pm 0,74$	$22,0 \pm 0,45$	$20,4 \pm 0,08^*$	$22,2 \pm 1,06$
N	9	3	3	3
Среднеклеточная концентрация гемоглобина, г/л	$284,6 \pm 7,42$	$293,0 \pm 10,4$	$299,0 \pm 3,61^*$	$295,7 \pm 1,53^*$
N	9	3	3	3
Гематокрит, %	$38,1 \pm 2,37$	$38,7 \pm 1,15$	$37,0 \pm 1,61$	$38,3 \pm 1,76$
N	9	3	3	3
Лейкоциты, $10^9/л$	$8,4 \pm 0,85$	$10,6 \pm 1,31$	$11,8 \pm 0,12^*$	$9,6 \pm 2,46$
N	9	3	3	3
Тромбоциты, $10^9/л$	$259,7 \pm 32,76$	$316,3 \pm 89,51$	$330,3 \pm 38,99$	$241,3 \pm 105,5$
N	9	3	3	3
Тромбоциты $>12 мкм^2$ , %	$6,6 \pm 0,94$	$6,1 \pm 1,42$	$5,2 \pm 0,49^*$	$5,5 \pm 1,52$
N	9	3	3	3
Средний объем тромбоцитов, $мкм^3$	$6,1 \pm 0,42$	$6,1 \pm 0,21$	$5,8 \pm 0,06$	$5,8 \pm 0,35$
N	9	3	3	3

Примечание:

\*-статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

N – количество животных

Таблица 2. Морфологические показатели периферической крови кроликов после воздействия низкочастотным ультразвуком частотой 80 кГц на костную ткань челюсти

Показатель	Контроль	Группа животных		
		Опыт I	Опыт II	Опыт III
		5 процедур	10 процедур	15 процедур
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,1 \pm 0,35$	$5,2 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,30$	$5,4 \pm 0,13$
N	9	3	3	3
Средний объем эритроцитов, $мкм^3$	$74,7 \pm 3,37$	$74,8 \pm 3,06$	$64,5 \pm 3,23^*$	$71,6 \pm 4,01$
N	9	3	3	3
Гемоглобин, г/л	$109,6 \pm 5,03$	$119,3 \pm 4,93$	$110,3 \pm 5,77$	$112,7 \pm 4,93$
N	9	3	3	3
Среднеклеточный гемоглобин, $мкм^3$	$21,4 \pm 0,74$	$22,0 \pm 0,45$	$20,4 \pm 0,08^*$	$22,2 \pm 1,06$
N	9	3	3	3
Среднеклеточная концентрация гемоглобина, г/л	$284,6 \pm 7,42$	$293,0 \pm 10,4$	$299,0 \pm 3,61^*$	$295,7 \pm 1,53^*$
N	9	3	3	3
Гематокрит, %	$38,1 \pm 2,37$	$38,7 \pm 1,15$	$37,0 \pm 1,61$	$38,3 \pm 1,76$
N	9	3	3	3
Лейкоциты, $10^9/л$	$8,4 \pm 0,85$	$10,6 \pm 1,31$	$11,8 \pm 0,12^*$	$9,6 \pm 2,46$
N	9	3	3	3
Тромбоциты, $10^9/л$	$259,7 \pm 32,76$	$316,3 \pm 89,51$	$330,3 \pm 38,99$	$241,3 \pm 105,5$
N	9	3	3	3
Тромбоциты $>12 мкм^2$ , %	$6,6 \pm 0,94$	$6,1 \pm 1,42$	$5,2 \pm 0,49^*$	$5,5 \pm 1,52$
N	9	3	3	3
Средний объем тромбоцитов, $мкм^3$	$6,1 \pm 0,42$	$6,1 \pm 0,21$	$5,8 \pm 0,06$	$5,8 \pm 0,35$
N	9	3	3	3

Примечание:

\*-статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

N – количество животных

Таблица 3. Морфологические показатели периферической крови кроликов после воздействия низкочастотным ультразвуком частотой 100 кГц на костную ткань челюсти

Показатель	Группа животных			
	Контроль	Опыт VII	Опыт VI IX	Опыт IX
		5 процедур	10 процедур	15 процедур
Эритроциты. $10^{12}/л$	$5,1 \pm 0,35$	$5,3 \pm 0,43$	$5,3 \pm 0,07$	$5,1 \pm 0,21$
N	3	3	3	3
Средний объем эритроцитов, $мкм^3$	$74,7 \pm 3,37$	$72,7 \pm 2,37$	$72,9 \pm 2,31$	$72,4 \pm 2,47$
N	3	3	3	3
Гемоглобин. г/л	$109,6 \pm 5,03$	$115,0 \pm 8,19$	$114,7 \pm 1,53$	$108,3 \pm 5,13$
N	3	3	3	3
Среднеклеточный гемоглобин, $мкм^3$	$21,4 \pm 0,74$	$21,6 \pm 0,36$	$21,5 \pm 0,49$	$21,5 \pm 1,15$
N	3	3	3	3
Среднеклеточная концентрация гемоглобина, г/л	$284,6 \pm 7,42$	$297,3 \pm 13,87$	$295,3 \pm 3,51$	$296,3 \pm 7,51$
N	3	3	3	3
Гематокрит, %	$38,1 \pm 2,37$	$38,8 \pm 3,29$	$38,9 \pm 1,05$	$38,6 \pm 0,96$
N	3	3	3	3
Лейкоциты. $10^9/л$	$8,4 \pm 0,85$	$8,2 \pm 1,07$	$9,9 \pm 0,56$	$7,4 \pm 2,17$
N	3	3	3	3
Тромбоциты, $10^9/л$	$259,7 \pm 32,76$	$317,3 \pm 74,54$	$314,0 \pm 43,71$	$224,3 \pm 67,14$
N	3	3	3	3
Тромбоциты $>12 мкм^3$ , %	$6,6 \pm 0,94$	$5,8 \pm 1,37$	$5,3 \pm 1,78$	$5,6 \pm 1,28$
N	3	3	3	3
Средний объем тромбоцитов, $мкм^3$	$6,1 \pm 0,42$	$6,0 \pm 0,25$	$5,9 \pm 0,30$	$5,9 \pm 0,17$
N	3	3	3	3

Примечание:

\*-статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

Как видно из данных, представленных в таблице 1, содержание эритроцитов у кроликов контрольной и опытных групп не имеет статистически значимых отличий. Так, у контрольной группы данный показатель составил  $5,1 \pm 0,35 \cdot 10^{12}/л$ , а у опытных животных находился в пределах от  $5,2 \cdot 10^{12}/л$  до  $5,4 \cdot 10^{12}/л$ .

Средний объем эритроцитов у животных контрольной группы составил  $74,7 \pm 3,37$   $мкм^3$ , а у опытных животных первой и третьей групп находился в пределах от  $71,6$  до  $74,8$   $мкм^3$ , а у животных второй опытной группы составил  $64,5$   $мкм^3$ , что достоверно ниже чем у контроля ( $74,7 \pm 3,38$ ).

Статистически значимых отличий не имеет также параметр концентрация гемоглобина: у контрольной группы он составил  $109,6 \pm 5,03$  г/л, а у опытных от  $110,3$  до  $113,3$  г/л.

Среднеклеточный гемоглобин у кроликов опытной группы после 5 и 15 процедур ультразвука находился в пределах  $22,0$ - $22,2$   $мкм^3$ , что статистически достоверно не отличается от контроля. У кроликов же опытной группы после 10 физиопроцедур этот показатель составил  $20,4 \pm 0,06$   $мкм^3$ , что статистически достоверно отличается от контроля.

Аналогичная картина наблюдается и с параметром среднеклеточная концентрация гемоглобина. Так, у кроликов опытной группы после 5 процедур ультразвука он находился в пределах  $293$  г/л. У животных же, получивших 10 и 15 физиопроцедур, среднеклеточная концентрация гемоглобина составила  $299,0$  и  $295,7$  г/л., что достоверно выше чем у контроля ( $284,6 \pm 7,42$  г/л).

Содержание гематокрита у кроликов контрольной группы составило  $38,1 \pm 2,37$  %, а у опытных животных находилось в пределах от  $37,0$  % до  $38,7$  %, что также не имеет статистически значимых отличий.

Показатель белой крови – количество лейкоцитов тоже различен. Так, у контрольной группы этот показатель составил  $8,4 \pm 0,85 \cdot 10^9/л$ , а у животных первой и третьей опытных групп колебался в пределах от  $9,6 \cdot 10^9/л$  до  $10,6 \cdot 10^9/л$ , а у животных второй опытной группы составил  $11,8 \pm 0,12 \cdot 10^9/л$ , что достоверно выше чем у контроля ( $8,4 \pm 0,85 \cdot 10^9/л$ ).

Достоверных различий между количеством тромбоцитов у контрольной и опытных групп не выявлено. У контрольной группы среднее количество тромбоцитов

составило  $259,7 * 10^9/л$ , а у опытных животных находилось в пределах от  $244,3 * 10^9/л$  до  $330,3 * 10^9/л$ .

Из таблицы 1 также следует, что параметр большие тромбоциты имеет статистически значимые отличия. А именно: у кроликов второй опытной группы тромбоциты  $>12$  мкм<sup>3</sup> находились в количестве  $5,2 \pm 0,49$  %, у контрольной же группы данный показатель составил  $6,6 \pm 0,94$  %.

Средний объем тромбоцитов у животных контрольной группы составил  $6,1 \pm 0,42$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $5,8$  мкм<sup>3</sup> до  $6,1$  мкм<sup>3</sup>.

Данные, представленные в таблице 2 показывают, что содержание эритроцитов у кроликов контрольной и опытных групп не имеет статистически значимых отличий. Так, у контрольной группы данный показатель составил  $5,1 \pm 0,35 * 10^{12}/л$ , а у опытных животных находился в пределах от  $4,9 * 10^{12}/л$  до  $5,1 * 10^{12}/л$ .

Средний объем эритроцитов у животных контрольной группы составил  $74,7 \pm 3,37$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $75,1$  мкм<sup>3</sup> до  $73,7$  мкм<sup>3</sup>.

Статистически значимых отличий не имеет также параметр концентрация гемоглобина: у контрольной группы он составил  $109,6 \pm 5,03$  г/л, а у опытных от  $102,7$  до  $108,7$  г/л.

Среднеклеточный гемоглобин у кроликов опытных групп после 5,10 и 15 процедур ультразвука находился в пределах  $21,1-21,3$  мкм<sup>3</sup>, что статистически достоверно не отличается от контроля. Аналогичная картина наблюдается и с параметром среднеклеточная концентрация гемоглобина. Так, у кроликов опытных групп он находился в пределах  $281,3-289,3$  г/л., что достоверно не отличается от контроля ( $284,6 \pm 7,42$  г/л).

Содержание гематокрита у кроликов контрольной группы составило  $38,1 \pm 2,37$  %, а у опытных животных находилось в пределах от  $36,7$  % до  $37,7$  %, что также не имеет статистически значимых отличий.

Аналогичная картина наблюдается и с показателем состояния белой крови – количеством лейкоцитов. Так, у контрольной группы этот показатель составил  $8,4 \pm 0,85 * 10^9/л$ , а у опытных групп животных колебался в пределах от  $8,7 * 10^9/л$  до  $9,9 * 10^9/л$ .

Достоверные различия выявлены между показателями количества тромбоцитов у контрольной и опытных групп. У контрольной группы среднее количество тромбоцитов составило  $259,7 * 10^9/л$ , а у животных четвертой и шестой опытных групп находилось в пределах от  $214,0 * 10^9/л$  до  $228,7 * 10^9/л$ . У кроликов пятой опытной группы среднее количество тромбоцитов составило  $296,3 * 10^9/л$ , что достоверно отличается от контроля ( $259,7 \pm 32,76$  г/л).

Из таблицы 2 также следует, что параметр большие тромбоциты статистически значимых отличий не имеет. А именно: у опытных групп кроликов тромбоциты  $>12$  мкм<sup>3</sup> находились в пределах от  $6,1$  % до  $7,3$  %, у контрольной же группы данный показатель составил  $6,6 \pm 0,94$  %.

Средний объем тромбоцитов у животных контрольной группы составил  $6,1 \pm 0,42$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $6,0$  мкм<sup>3</sup> до  $6,4$  мкм<sup>3</sup>, что также не имеет статистически значимых отличий.

Показатели периферической крови, представленные в таблице 3 свидетельствуют о том, что содержание эритроцитов у кроликов контрольной и опытных групп не

имеет статистически значимых отличий. Так, у контрольной группы данный показатель составил  $5,1 \pm 0,35 \cdot 10^{12}/л$ , а у опытных животных находился в пределах от  $5,1 \cdot 10^{12}/л$  до  $5,3 \cdot 10^{12}/л$ .

Средний объем эритроцитов у животных контрольной группы составил  $74,7 \pm 3,37$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $72,4$  мкм<sup>3</sup> до  $72,9$  мкм<sup>3</sup>.

Статистически значимых отличий не имеет также параметр концентрация гемоглобина: у животных контрольной группы он составил  $109,6 \pm 5,03$  г/л, а у опытных животных от  $108,3$  до  $115,0$  г/л.

Среднеклеточный гемоглобин у кроликов опытной группы после 5,10 и 15 процедур ультразвука находился в пределах  $21,5-21,6$  мкм<sup>3</sup>, что статистически достоверно не отличается от контроля. Аналогичная картина наблюдается и с параметром среднеклеточная концентрация гемоглобина. Так, у кроликов опытных групп он находился в пределах  $295,3-297,3$  г/л., что достоверно не отличается от контроля ( $284,6 \pm 7,42$  г/л).

Содержание гематокрита у кроликов контрольной группы составило  $38,1 \pm 2,37$  %, а у опытных животных находилось в пределах от  $36,6$  % до  $38,9$  %, что также не имеет статистически значимых отличий.

Аналогичная картина наблюдается и с показателем состояния белой крови – количеством лейкоцитов. Так, у контрольной группы этот показатель составил  $8,4 \pm 0,85 \cdot 10^9/л$ , а у опытных групп животных колебался в пределах от  $7,4 \cdot 10^9/л$  до  $9,9 \cdot 10^9/л$ .

Достоверных различия не выявлены между показателями количества тромбоцитов у контрольной и опытных групп. У животных контрольной группы среднее количество тромбоцитов составило  $259,7 \cdot 10^9/л$ , а у животных опытных групп находилось в пределах от  $224,3 \cdot 10^9/л$  до  $317,3 \cdot 10^9/л$ .

Из таблицы 3 также следует, что параметр большие тромбоциты статистически значимых отличий не имеет. А именно: у опытных групп кроликов тромбоциты  $>12$  мкм<sup>3</sup> находились в пределах от  $5,3$  % до  $5,8$  %, у контрольной же группы животных данный показатель составил  $6,6 \pm 0,94$  %.

Средний объем тромбоцитов у животных контрольной группы составил  $6,1 \pm 0,42$  мкм<sup>3</sup>, а у опытных групп животных находился в пределах от  $5,9$  мкм<sup>3</sup> до  $6,0$  мкм<sup>3</sup>, что также не имеет статистически значимых отличий.

Анализ показателей периферической крови кроликов при воздействии низкочастотным ультразвуком частотой  $60,80$  и  $100$  кГц в таблицах 1,2 и 3 свидетельствует о том, что между этими данными нет значительных статистически достоверных отличий.

#### Выводы

1. Показатели периферической крови кроликов при воздействии низкочастотным ультразвуком частотой как  $60$  кГц, так  $80$  и  $100$  кГц не имеют значимых статистически достоверных отличий.

2. Увеличение количества процедур от пяти до пятнадцати не оказывает большого влияния на изменение показателей крови во всех опытных группах по сравнению с контролем.

3. Проведенные исследования показали, что при воздействии низкочастотным ультразвуком на костную ткань челюсти кролика существенных отклонений от

контроля со стороны морфологических показателей периферической крови не выявлено.

### **Литература**

1. Ивашенко, С. В. Изменение костной ткани после воздействия низкочастотным ультразвуком // Медицинский журнал. 2007. № 2. С. 46 – 48.
2. Клинико-диагностическое значение лабораторных показателей / Долгов В., Морозова В., Мартишевская Р., Мадрала А., Якубовский З., Кабата И., Калиновский Л., Щепаньская-Конкель М., Ангельский С. М.: «Лабинформ», «Центр», 1995. 224 с.
3. Лабораторные животные / И. П. Западнюк, В. И. Западнюк, Е. А. Захария, Б. В. Западнюк. Киев: Вища школа, 1983. 382 с.
4. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. П. и др.; под редакцией В. В. Меньшикова. М.: Медицина, 1987. 368 с.: ил.
5. Наумович, С. А. // Здравоохранение Беларуси. 1994. № 6. С. 12 – 15. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск, «Вышэйш. школа», 1973. 320с.:ил.
6. Трахтенберг Исаак Михайлович и др. Проблема нормы в токсикологии: (современные представления и методические подходы, основные параметры и константы) / И. М. Трахтенберг, Р. Е. Сова, В. О. Шефтель, Ф. А. Оникиенко; под ред. И. М. Трахтенберга. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Медицина, 1991.
7. Diagnostic ultrasound treatment increases the bone fracture-healing rate in an internally fixed rat femoral osteotomy model. Heybeli N; Yesildag A; Oyar O; Gulsoy UK; Tekinsoy MA; Mumcu EF Ultrasound Med 2002 Dec;21(12): p. 1357-63.
8. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates bone maturation in distraction osteogenesis in rabbits.. Shimazaki A; Inui K; Azuma Y; Nishimura N; Yamano Y-J Bone Joint Surg Br 2000 Sep;82(7): p1077-82.