

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды имени  
Б.В. Всесвятского

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Математическая модель гемодинамики человека. Гипертония у подростков

Секция: «Человек и его здоровье»

Выполнила работу: Чирва Элина,  
обучающаяся 9Б класса  
НЧОУ «Лицей «ИСТЭК»  
Руководители: Э.А. Чирва,  
учитель математики,  
С.Ф. Триандафилиди,  
учитель биологии.  
Научный консультант:  
Е.Л. Шухардина, врач-кардиолог  
высшей категории, к.м.н.

Краснодар 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	5
1.1. Физико-математическая модель сердечно-сосудистой системы.....	5
1.2. Физические основы гемодинамики.....	6
1.3. Математическая модель гемодинамики, применяемая в клинической практике.....	7
1.4. Понятие и причины развития гипертонической болезни.....	8
1.5. Гипертония подростков.....	12
1.6. Методы исследования гипертонической болезни подростков.....	14
1.7. Профилактика возникновения гипертонической болезни подростков.....	16
2. Практическая часть.....	18
2.1. Сравнение реальных и расчетных показателей артериального давления у подростков.....	18
2.2. Анонимное анкетирование учащихся 7-9 классов.....	20
Заключение.....	24
Список источников информации.....	25
Приложения.....	26

## ВВЕДЕНИЕ

Область знаний становится наукой только тогда, когда выражает свои законы в виде математических соотношений.

Галина Юрьевна Ризниченко  
профессор Биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук.

**Актуальность.** Математические методы занимают важное место в современных биологических исследованиях. Без них было бы невозможным выполнение таких глобальных проектов, как геном человека, расшифровка пространственной структуры сложных биомолекул, дистанционная диагностика, моделирование новых эффективных лекарств.

В связи с индивидуальностью биологических явлений говорят именно о математических моделях в биологии. Слово модель здесь подчеркивает то обстоятельство, что речь идет об абстракции, математическом описании скорее не самой живой системы, а некоторых качественных характеристик протекающих в ней процессов.

Первые систематические исследования, посвященные математическим моделям в биологии, принадлежат А.Д. Лотке (1910-1920 гг). Основателем современной математической теории биологических популяций считается итальянский математик Вито Вольтерра, разработавший математическую теорию биологических сообществ, аппаратом которой служат дифференциальные и интегро- дифференциальные уравнения. (Vito Volterra. Lecons sur la Theorie Mathematique de la Lutte pour la Vie. Paris, 1931). В.Вольтерра принадлежит самая знаменитая «биологическая модель» сосуществования видов типа хищник-жертва (1928 г.), которая входит во все учебники по теории колебаний.

Важную роль сыграли математические модели в изучении механизмов генерации нервного импульса А. Ходжкина и Э. Хаксли они удостоены Нобелевской премии в 1963 г.

Объяснению механизма сердечных аритмий при помощи аксиоматических моделей возбудимой среды была посвящена первая в этой области работа Н. Винера и А. Розенблюта (Wiener and Rosenblueth 1946). Русский перевод опубликован в книге: Кибернетический сборник. Вып.3. М. ИЛ, 1961.

**Проблемный вопрос:** существуют ли математические соотношения для описания гемодинамических процессов человека?

**Цель:** изучение основных показателей состояния сердечно-сосудистой системы человека, изучить проблему гипертонии подростков.

**Объект исследования:** основные показатели состояния сердечно-сосудистой системы человека.

**Предмет исследования:** методы математического моделирования биологических объектов.

**Гипотеза:** зная основные показатели состояния сердечно-сосудистой системы человека, возможно рассчитать математическую модель гемодинамики.

**Задачи:**

1. Разработать алгоритм исследования и построить математическую модель гемодинамики человека.
2. Рассмотреть факторы развития гипертонической болезни среди подростков.
3. Провести измерение артериального давления подростков 7-9 классов.
4. Провести анкетирование подростков 7-9 классов.
5. Проанализировать полученные результаты исследования.

Методологией данного исследования является изучение теоретического материала, анализ физических закономерностей, лежащих в основе жизнедеятельности организма, расчет основных гемодинамических показателей.

**Практическая значимость работы:** материал исследования можно использовать для внеклассной работы, в ходе которой приобретаются навыки междисциплинарного переноса знаний (математика – физика - биология).

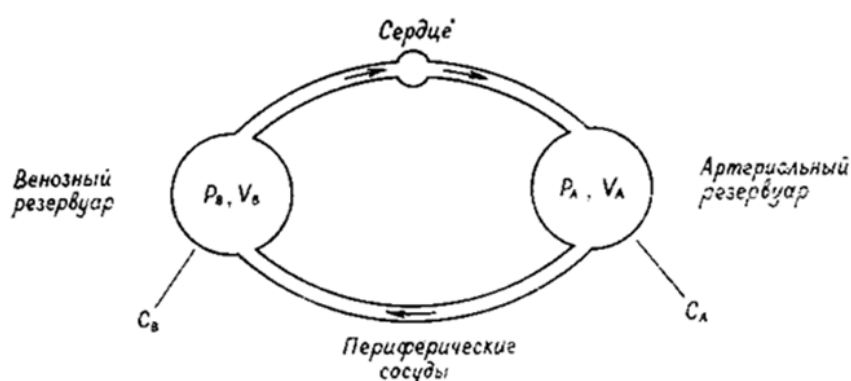
## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Физико-математическая модель сердечно-сосудистой системы

Такой сложный физиологический процесс, как кровообращение, в своей основе является физическим, так как связан с течением жидкости (гидродинамика), распространением упругих колебаний по сосудам и механической работой сердца (колебания и волны, биомеханика), генерацией биопотенциалов (электричество).

Одной из первых, если не самой первой, работой по математическому моделированию биологических процессов следует считать работу Леонарда Эйлера, в которой он развил математическую теорию кровообращения, рассматривая в первом приближении всю кровеносную систему как состоящую из резервуара с упругими стенками, периферического сопротивления и насоса.

Рассмотрим модель сердечно-сосудистой системы «Эластичный резервуар».



В ней рассматривается взаимодействие артериального и вензного резервуаров. Артериальный включает аорту и другие крупные сосуды артериального русла, вензный – крупные сосуды вензного русла. Оба резервуара считаются упругими и эластичными. Из вензного в артериальный резервуар кровь перегоняется сердцем.

Во время выталкивания крови из левого желудочка (систола) давление в аорте и артериях повышается, эластичный резервуар растягивается.

После окончания систолы он вследствие упругости стенок сокращается, перегоняя кровь через периферические сосуды в вензный резервуар.

Характеристиками артериального и вензного резервуаров будут  $P_a, P_v$  – внутреннее давление;  $V_a, V_v$  – объем.

Считая объем циркулирующей крови (ОЦК) в организме постоянным, можно записать:  $V_a + V_v = V_0$  (const).

Таким образом, я пришла к выводу, что характеристиками гемодинамики являются давление крови и объем.

## 1.2. Физические основы гемодинамики

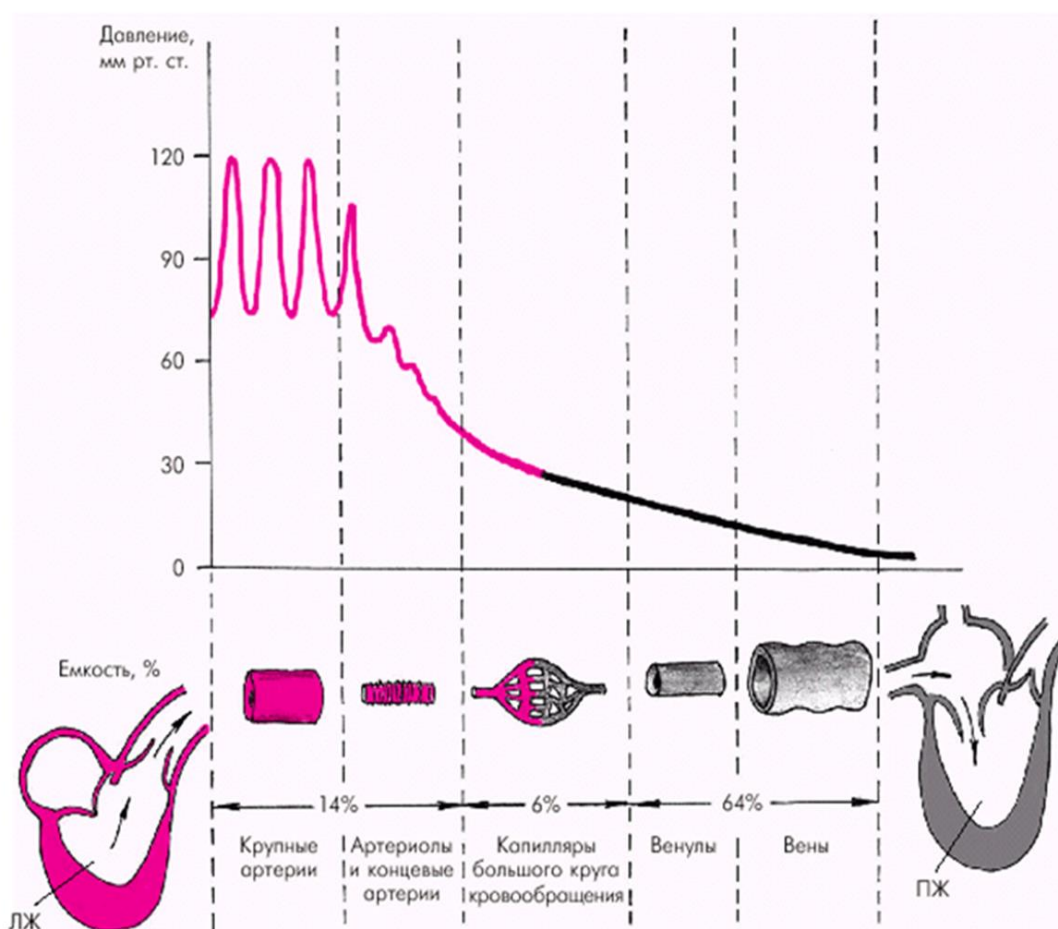
При сокращении сердечной мышцы (систола) кровь выбрасывается из сердца в аорту и отходящие от нее артерии. Если бы стенки этих сосудов были жесткими, то давление, возникающее в крови на выходе из сердца, со скоростью звука передалось бы к периферии.

Упругость стенок сосудов приводит к тому, что во время систолы кровь, выталкиваемая сердцем, растягивает аорту, артерии и артериолы.

Систолическое давление человека в норме равно 16 кПа.

Во время расслабления сердца (диастолы) растянутые кровеносные сосуды спадают и потенциальная энергия, переходит в кинетическую энергию тока крови.

Диастолическое давление при этом равно 11 кПа.



Один из показателей жизненно важных функций организма человека это Артериальное давление - это давление крови, которое постоянно поддерживается в кровеносной системе человека.

Когда мы измеряем артериальное давление, то всегда получаете две цифры. Одна из них больше - говорят, что она обозначает "верхнее" систолическое артериальное давление. Вторая – "нижнее" диастолическое.



Систолическое давление выше, потому что оно создается в момент очередного сокращения сердца, сопровождающегося выбросом крови.

Диастолическое давление возникает в тот момент, когда сердечная мышца расслабляется, то есть оно ниже систолического.

Я узнала, что существуют

### ***Граничные величины артериального давления у детей***

***Систолическое артериальное давление*** у детей в возрасте до 1 года равно:

$$76 + 2n \text{ (n - число месяцев)}$$

У детей в возрасте старше года **артериальное давление** равно:

$$90 + 2n \text{ (n - число лет)}$$

***Диастолическое артериальное давление*** составляет:

у детей до года - от 2/3 до 1/2 максимального СД,

у детей старше года -  $60 + n$  (n - число лет).

Верхняя граница нормы **систолического артериального давления** -  $105 + 2n$ ,

**диастолического артериального давления** -  $75 + n$ .

Нижняя граница **систолического артериального давления** -  $75 + 2n$ ,

**диастолического артериального давления** -  $45 + n$  (n - число лет).



### 1.3. Математическая модель гемодинамики, применяемая в клинической практике

Уровень артериального давления (АД) определяется основными гемодинамическими показателями:

1. Величиной сердечного выброса, который зависит от частоты сердечных сокращений (ЧСС), минутного объема кровотока (МОК).
2. Величиной общего периферического сопротивления (ОПСС).
3. Объемом циркулирующей крови (ОЦК).

Систолическое артериальное давление (САД) представляет собой максимальное давление во время систолы.

Диастолическое артериальное давление (ДАД) – это самое низкое АД в конце диастолы.

Пульсовое (АДп) — это разность между систолическим и диастолическим АД.

В клинике среднее АД принято вычислять по формуле Хикэма:

$$АД_{ср} = ДАД + \frac{(САД - ДАД)}{3}$$

Метод Старра позволяет рассчитать ударный объем крови

$$УО = 100 + 0,5 АДп - 0,6 ДАД - 0,6В, \quad (В - \text{возраст})$$

$$МОК = УО * ЧСС$$

Общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) – сопротивление, создаваемое потоку крови. ОПСС создает силу, которую должна преодолеть сокращающаяся мышца сердца:

$$ОПСС = АД_{ср} * 79,98 / МОК$$

При нарушении соотношения описанных гемодинамических показателей возможно формирование различных заболеваний.

#### 1.4. Понятие и причины развития гипертонической болезни

Артериальная гипертония в настоящее время представляет собой наиболее распространённое заболевание сердечно - сосудистой системы, а истоки её находятся, как правило, в подростковом возрасте. Раньше этот недуг считался заболеванием преимущественно взрослых, чаще всего пожилых людей. В последние годы отмечается увеличение частоты гипертонической болезни у детей, подростков и юношей. Эта болезнь является самостоятельным заболеванием и одним из главных модифицированных факторов риска, способствующих развитию ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, инсульта и в конечном итоге инвалидности и смертности.

Появление повышенного артериального давления в подростковом возрасте чревато риском сохранения его в последующие годы и неблагоприятным прогнозом в отношении возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Поэтому ранняя диагностика артериальной гипертонии в подростковом периоде весьма актуальна с целью проведения эффективной и своевременной профилактики и лечения, что позволит предотвратить серьёзный прогноз в зрелом возрасте.

Вопросы профилактики и лечения артериальной гипертонии у подростков остаются актуальными не только для детских врачей. Несвоевременная диагностика, неадекватное лечение в этом возрастном периоде может закончиться для конкретного больного гипертонической

болезнью, ухудшением качества социальной и личной жизни в относительно молодом возрасте

Меня глубоко заинтересовала эта проблема, и для того чтобы разобраться в ней я стала проводить исследовательскую работу по данной теме. Исследования проводила с учащимися 7-9 классов НЧОУ «Лицей «ИСТЭК».

Гипертония (от греч, hyper-'сверх, над' и tonos-'напряжение'), - это заболевание сердечно-сосудистой системы, сопровождающееся повышением артериального давления. Его проявления зависят от степени поражения сосудов головного мозга (головные боли, головокружения, раздражительность), сердца, почек, глазного дна.

Гипертоническая болезнь – это заболевание, основным симптомом которого является повышение артериального давления, обусловленное нервно-функциональными нарушениями тонуса сосудов.

Следует отметить, что повышение артериального давления вследствие физических или психоэмоциональных нагрузок - это нормальная компенсаторная реакция организма, хотя, у тренированных людей давление повышается значительно реже. Но в норме после такого ситуативного повышения давление должно вернуться к прежним показателям. И только длительное, устойчивое повышение давления свидетельствует о гипертонической болезни.

Гипертоническая болезнь в начале своего развития связана с функциональными нарушениями в деятельности многих отделов головного мозга и вегетативных узлов, регулирующих частоту сердечных сокращений, объём выталкиваемой каждым сокращением крови, просвет сосудов и эластичность сосудистой стенки. На этой стадии изменения ещё обратимы. Если болезнь развивается дальше, к функциональным нарушениям присоединяются, необратимы морфологические изменения: атеросклероз артерий, гипертрофия миокарда и другие.

При неблагоприятных воздействиях внешних факторов – стрессов, тяжёлых переживаний, травмирующих событий – у предрасположенного к артериальной гипертонии человека возникает сильная эмоциональная реакция, которая влечёт за собой значительное повышение артериального давления, причём последнее сохраняется значительно дольше, чем у человека с неотягощённой наследственностью.

Чем выше артериальное давление у человека, тем с большей нагрузкой работает его сердце. С течением времени оно начинает приобретать все большие размеры (гипертрофия), однако и это не позволяет до бесконечности справляться с непосильной работой. Интенсивный труд изнашивает сердце, его стенки истончаются, и сердце начинает ослабевать, а это может привести к сердечной недостаточности. При высоком артериальном давлении повреждаются и сами сосуды, т.к. они должны противостоять значительно более сильному напору крови. Это приводит к их утолщению и сужению просвета. С течением времени сосудистая стенка начинает терять

эластичность, становится ломкой, что означает высокую вероятность геморрагического инфаркта (кровоизлияния) в соответствующем органе. Кроме того, стойкий спазм сосудов, перерастая в анатомическое сужение, способствует поддержанию постоянно повышенного артериального давления. Это замыкает порочный круг нарушений, разорвать который становится намного сложнее.

Основным признаком гипертонической болезни является повышение артериального давления вследствие повышенного напряжения мышц в стенках мелких артерий.

Головокружения, тошнота, слабость, головные боли, болезненная реакция на смену погодных условий - признаки, наиболее характерные для гипертонической болезни.

В начальной стадии гипертонической болезни больной может и не высказывать никаких жалоб, хотя артериальное давление у него повышено, бывает головная боль, а иногда даже и кровотечения из носа. В этом-то и заключается коварство гипертонии - просто никто не воспринимает ее всерьез. Однако в дальнейшем, по мере развития болезни, появляются одышка, учащенное сердцебиение, боли в области сердца, повышенная утомляемость. Кроме того, при повышенном артериальном кровяном давлении сердце работает с большей нагрузкой, чем обычно. Со временем переутомленная сердечная мышца начинает все хуже и хуже справляться со своей работой. От этого страдают кровеносные сосуды, питающие мышцу сердца. Часто повторяющиеся спазмы этих сосудов неблагоприятно отражаются на питании сердечной мышцы, что вызывает боли в области сердца.

Нарушение нормального процесса кровоснабжения мозга влечет за собой головокружения, головную боль, шум в ушах и голове. У многих больных совсем пропадает сон, они начинают жаловаться на бессонницу, на резкое ухудшение памяти, общую слабость и быструю утомляемость. Решающую роль в ее развитии играет нарушение нормальной деятельности высших отделов центральной нервной системы, то есть сбои в работе головного мозга, регулирующего деятельность всех органов вообще и сердечно-сосудистой системы в частности. Поэтому к гипертонической болезни может привести даже лишь часто повторяющееся нервное перенапряжение, длительные и сильные волнения, а также очень сильные или часто повторяющиеся нервные потрясения.

Развитию этого заболевания может способствовать и излишне напряженная интеллектуальная деятельность, в особенности по ночам, без достаточного отдыха.

По мнению большинства исследователей, основная роль в происхождении гипертонической болезни принадлежит нервному перенапряжению и отрицательным эмоциям. Хорошо известно, что среди взрослых гипертонией чаще болеют люди «нервных» профессий: преподаватели, телефонистки, телеграфисты, журналисты и др. Среди

подростков и юношей самая высокая ее распространенность отмечается у школьников старших классов и студентов вузов.

Существенно увеличивает риск развития гипертонии наследственность. Если у кого-либо из кровных родственников выявлена гипертония - это уже достаточная причина, чтобы более внимательно отнестись к своему здоровью

Часто причиной формирования артериальной гипертонии у подростков, не исключая детей младшего школьного возраста, является поражение центральной нервной системы. Основными факторами, влияющими на нормальное внутриутробное развитие ЦНС, являются хроническая внутриутробная или родовая гипоксия, т.е. кислородная недостаточность, черепно-мозговые и спинальные родовые травмы, внутриутробная инфекция.

Подростковая артериальная гипертония является ответом на вегетативные «поломки» в организме. Подростковый период – переходный период между детством и зрелостью. С одной стороны он характеризуется бурными гормональными сдвигами: половое созревание, становление репродуктивной функции, а с другой – завершается процесс формирования ответа организма на внешние воздействия в процессе повседневной жизни.

Существенное значение для возникновения гипертонии имеет

- ожирение,
- курение,
- нерациональный образ жизни (характер питания, низкая физическая активность),
- нарушения жирового и углеводного обменов,
- нарушения дыхания во время сна.
- избыточное потребление соли.

В настоящее время ученые-медики создали модель так называемой солевой гипертонии. В Японии, в Китае, на Багамских островах был проведен ряд исследований, которые показали тесную связь между уровнем артериального давления и количеством потребляемой ежедневно человеком соли. Выяснилось, что потребление с пищей более 5 г соли ежедневно способствует возникновению гипертонической болезни, особенно если человек к гипертонии предрасположен.

Еще одной причиной заболевания является так называемый почечный фактор. Давно известно, что почки могут как повышать, так и понижать артериальное давление. Поэтому, если вы заболели гипертонией, вам обязательно следует проверить работу почек - возможно, причина недомогания кроется именно в них.

Важное значение имеет и нормальная работа надпочечников. При нарушениях их жизнедеятельности вполне может возникнуть стойкая гипертония.

Заболеваниями, которые чаще всего сопутствуют гипертонии, являются атеросклероз и сахарный диабет. Кроме того, увеличивает шансы заболеть наличие в организме хронических очагов инфекции, например таких, как тонзиллит.

## **Гипертоническую болезнь можно условно разделить на 2 типа.**

Первичная гипертония - это заболевание самостоятельное, не связанное с нарушениями работы других органов человеческого организма.

Вторичной гипертонией принято считать повышение артериального давления, которое возникает не как самостоятельное заболевание, а как симптом другой болезни, например нарушений работы сердца или почек.

### 1.5. Гипертония подростков

Проблема артериальной гипертензии (АГ) в нашей стране привлекает пристальное внимание не только терапевтов, кардиологов, но и педиатров. Это обусловлено тем, что первичная АГ существенно «помолодела» и не является редкостью у детей, и особенно у подростков. Распространенность первичной АГ среди школьников в России колеблется от 1 до 18%. В течение последующих 3-7 лет артериальное давление остается повышенным у 33-42% подростков, а у 17-26% АГ приобретает прогрессирующее течение с формированием гипертонической болезни. Тесная связь повышенного АД с развитием в дальнейшем гипертонической болезни требует внимательного отношения к каждому факту повышения АД у ребенка.

Артериальная гипертензия - это один из самых распространенных синдромов сердечно-сосудистых заболеваний. Под артериальной гипертензией или гипертонией понимают патологическое состояние, сопровождающееся постоянным или периодическим повышением АД по сравнению с возрастной нормой. В последние годы внимание исследователей, занимающихся изучением проблемы гипертонической болезни, все больше привлекает гипертония в молодом возрасте. Этот интерес может быть объяснен двумя причинами.

Во-первых, попыткой найти истоки заболевания, которые «уходят, по-видимому, в тот возрастной период, в котором более всего формируется характер человека, его высшая нервная деятельность. А этим периодом, несомненно, является детский и юношеский» (А. Л. Мясников).

Во-вторых, тем, что в последние годы отмечается увеличение частоты гипертонической болезни у детей, подростков и юношей.

Подростковая гипертония является ответом на вегетативные «поломки» в организме. Подростковый период – переходный период между детством и зрелостью. С одной стороны он характеризуется бурными гормональными сдвигами: половое созревание, становление репродуктивной функции, а с другой – завершается процесс формирования ответа организма на внешние воздействия в процессе повседневной жизни. Для активного выявления артериальной гипертонии в нашей стране всем учащимся, начиная с 7-ого класса при ежегодных медицинских осмотрах проводится измерение артериального давления.

Артериальная гипертония встречается в любом возрасте — как у малышей, так и у подростков. У малышей от рождения до года чаще

встречается симптоматическая (вторичная) артериальная гипертензия. Она обусловлена какой-либо другой патологией. Это могут быть эндокринные нарушения, заболевания сердечно-сосудистой системы, врожденная аномалия почек.

У детей старшего возраста наиболее часто регистрируется эссенциальная (первичная) артериальная гипертензия. Это самостоятельное заболевание, при котором основным признаком является повышение артериального давления.

Очень часто артериальная гипертония у детей и подростков протекает бессимптомно. В таком случае выявить патологию можно только при своевременном обследовании, то есть, измеряя уровень артериального давления.

В результате обследования студентов с помощью психологических тестов учёными установлено, что гипертония чаще возникает у подростков с определенными личностными чертами. Таким людям свойственна склонность к сомнениям, опасениям, им часто трудно принимать решение, и прежде чем выработать линию поведения, они многократно взвешивают возможные варианты. Для них характерны неуверенность в своих силах, излишняя озабоченность состоянием своего здоровья, пониженный уровень настроения. В то же время они стремятся быть в центре внимания окружающих. С личностными особенностями связана реакция сердечно-сосудистой системы на эмоциональный стресс.

Особое воздействие на развитие гипертонии влияет нервное перенапряжение. Причиной перенапряжения в этом возрасте могут быть большая учебная нагрузка и трудности учебной программы. Но нагрузка в школе и в ВУЗе одинакова для всех детей, а гипертония развивается лишь у некоторых. Следовательно, правильнее обратить внимание на внеклассные занятия школьника. Видимо, не для всех подростков бесследно проходят учеба в музыкальной школе, изучение второго иностранного языка и т. д. в ущерб физкультуре, спорту, отдыху. Многие ученики, готовясь поступать в вуз, занимаются с репетиторами, а затем экзаменационные испытания. При нерациональной организации труда школьника все перечисленное приводит к перенапряжению нервной системы и создает предпосылки для развития гипертонической болезни.

Отрицательные эмоции, особенно повторяющиеся; также играют немаловажную роль в возникновении артериальной гипертонии. У взрослых такие эмоции вызывают неприятности на работе, дома, потеря близкого человека и пр., а у детей, как правило, неблагоприятная обстановка в семье (ссоры родителей, их развод и пр.). Они могут вызвать неодинаковое, возбуждающее чувство ревности отношение родителей, учителей к детям, сложные взаимоотношения со сверстниками, неправильная реакция окружающих на изменение характера подростка.

Нередко у подростков оно связано с периодом полового созревания (пубертатный период). Чаще всего наблюдается у детей с избыточным весом.

Особое значение в происхождении гипертонической болезни у подростков и юношей, как и у взрослых, имеет наследственность. Если гипертония наблюдается у родителей или других членов семьи, то возрастает вероятность ее появления у детей. Риск развития артериальной гипертонии у детей составляет 15 — 57%, если один из родителей страдает этой болезнью. А если она проявляется и у отца, и у матери, то риск повышается до 44 — 73%. Но правильнее было бы считать, что «потомству передается не гипертоническая болезнь как таковая (ибо она всегда есть результат воздействия на организм факторов внешней среды), а особенности человеческого организма, способствующие ее развитию» (А. Л. Мясников). К таким особенностям относится структура личности человека.

Интенсивные нагрузки, постоянный психоэмоциональный стресс являются одним из факторов риска. Кроме того, к факторам, предрасполагающим к развитию артериальной гипертонии, относятся избыточный вес, неправильное питание, курение, гиподинамия, наследственность, отягощенная по гипертонической болезни.

В чем опасность высокого давления для детей и подростков? Все зависит от причины, на фоне которой оно появилось. Если стабильно высокий уровень артериального давления возникает на фоне другой патологии, то в дальнейшем это может привести к прогрессированию основного заболевания и развитию осложнений.

В то же время высокое давление приводит к нарушению качества жизни у детей и подростков. Они хуже учатся в школе, плохо переносят физические нагрузки, достаточно вспыльчивы и конфликтны.

У каждого третьего юного пациента в дальнейшем возможно формирование гипертонической болезни. Поэтому своевременная профилактика и лечение артериальной гипертонии в детском и подростковом возрасте позволят улучшить состояние здоровья и продолжительность их жизни в будущем.

Данные симптомы, указывают на возможность развития гипертонической болезни подростка.

- Головокружение,
- Головные боли (особенно по утрам),
- Кратковременные боли в сердце колющего характера. При стабильно высоком уровне артериального давления
- Возможны кровотечения из носа,
- Обмороки.

## 1.6. Методы исследования развития гипертонической болезни подростков

### ***Схема обследования пациентов с АГ***

I уровень.

#### 1. Сбор анамнеза.

При сборе анамнеза необходимо выяснить:

- жалобы больного (головная боль, головокружение, боли в области сердца, утомляемость, боли в животе);
- длительность существования АГ;
- соблюдение пациентом режима дня, отдыха, питания
- оценить его двигательную активность; наследственную отягощенность по АГ (ишемической болезни сердца, сахарному диабету и др.);
- психологический статус семьи;
- наличие вредных привычек (табакокурение, употребление пива и других алкогольных напитков);

## 2. Объективное исследование:

- оценка частоты и характера пульса, выявление измерений со стороны сердца перкуторно и аускультативно: границы, шумы, нарушения ритма;
- измерение роста и веса, вычисление индекса Кетле (вес в килограммах, деленный на квадрат роста в метрах), его интерпретация.

## 3. Лабораторные и инструментальные исследования:

- ЭКГ; эхокардиография сердца;
- анализ биохимических показателей крови (электролиты, глюкоза, общие липиды, общий холестерин, триглицериды, холестерин и липопротеиды высокой плотности, мочевая кислота);
- общий анализ крови и мочи;
- осмотр окулиста (состояние сосудов глазного дна);
- оценка уровня полового развития.

### II уровень.

Проводятся обследования для исключения симптоматических форм артериальной гипертензии. Симптоматические (вторичные) АГ выявляются случайно, чаще у детей младшего школьного возраста, характеризуются стойким повышением показателей АД, отсутствием наследственной отягощенности по АГ среди близких родственников. Вторичные АГ, как правило, резистентны к гипотензивной монотерапии.

Для исключения симптоматических форм АГ необходимо провести ряд лабораторных и диагностических исследований.

### Лабораторные исследования

- Общий анализ мочи, анализ мочи по Нечипоренко, Амбурже, проба по Зимницкому.
- Уровень креатинина, мочевины в сыворотке крови.
- Клиренс креатинина.
- Содержание кальция, паратгормона в сыворотке крови.
- Определение тиреотропного гормона (ТТГ), тироксина (Т4), трийодтиронина (Т3), антител к тиреоглобулину.
- Суточная экскреция катехоламинов, 17-оксикортикостероидов с мочой.
- Содержание в плазме крови ренина, альдостерона, кортизола, катехоламинов, калия.

### Инструментальные исследования

- Ультразвуковое исследование почек, щитовидной железы, надпочечников, сосудов шеи.
- Экскреторная урография.
- Почечная ангиография.
- Компьютерная (КТ) или магниторезонансная томография (МРТ) надпочечников, головного мозга, гипофиза.
- Пункционная биопсия почек.
- По генезу АГ может быть первичной и вторичной (симптоматической), то есть связанной с определенным заболеванием и являющейся ее симптомом. Первичная АГ обозначается как эссенциальная, при этом подразумевается повышение АД при отсутствии очевидной причины ее появления.

Для исследования мною использовалась лишь часть этих методов – сбор анамнеза. Прежде всего, я изучила литературу по данному виду заболевания. Провела сбор информации, опрос подростков – учащихся 7 - 9 классов (с помощью анкетирования), провела беседу с врачом-кардиологом.

### 1.7. Профилактика возникновения гипертонической болезни подростков

Выбор метода лечения данного заболевания строго индивидуален, он определяется уровнем давления, состоянием больного и т. д. В легких случаях — это нормализация режима дня (рациональная организация труда, достаточный сон, прогулки, занятия физкультурой), использование успокаивающей терапии (препараты валерианы, пустырника, малые транквилизаторы), в более тяжелых — гипотензивные препараты, подбор которых иногда приходится проводить в условиях стационара.

Немедикаментозная терапия включает:

- организацию рационального распорядка дня с достаточным временем сна
- ограничение потребления поваренной соли (4-6 г в сутки), включение в пищевой рацион продуктов, содержащих калий, магний, кальций;
- коррекцию пищевого рациона при ожирении;
- достаточную дозированную физическую активность. Рекомендуются динамические нагрузки (волейбол, баскетбол, плавание, велосипед, лыжи, коньки, ходьба быстрым шагом) и исключаются статические (тяжелая атлетика, культуризм, бокс, борьба).

Ограничения в занятиях спортом касаются подростков с АГ II степени. Им назначается подготовительная группа на уроках физкультуры в школе;

- отказ от вредных привычек;
- психологическую коррекцию (аутогенная тренировка в сочетании с мышечной релаксацией).

Некоторые общие принципы лечения и профилактики гипертонии можно рекомендовать всем. Прежде всего, надо обратить внимание на

атмосферу в семье: необходимо щадить психику подростка, оберегать его от воздействий, которые могут усугубить его состояние.

А также:

- исключить потребление поваренной соли или ограничить. Старайтесь готовить пищу без соли, на пару, отваривать или запекать, используйте в питании свежие овощи и фрукты, откажитесь от консервированных или имеющих соленый вкус продуктов;

- уменьшить потребление жирных и сладких продуктов (мороженое, шоколад, конфеты);

- регулярно выполнять физические упражнения.

- периодически проверять уровень холестерина (липидов) и глюкозы (сахара) в крови.

- очень важен режим дня.

Продолжительность сна должна быть не менее 9 ч в сутки. Большое значение имеет организация воскресного отдыха. Желательно, чтобы в этот день подросток посвятил свое время занятиям, совершенно не относящимся к его привычной деятельности: спортивным играм, работе на даче и т. д. Утром обязателен горячий завтрак. После школы следует сделать небольшую прогулку. Время обеда должно быть по возможности постоянным. Выполнение домашнего задания, начинать его следует со сложного материала, затем перейти к более легкому. Ужин должен быть не позднее 19 ч. Вечером 2—3 ч можно посвятить спорту, домашним делам, развлечениям, Не советуется допускать перед сном перенасыщения впечатлениями.

Гипертоническая болезнь прогрессирует не у всех подростков. Как показывают данные обследований, ее развитие можно задержать и даже добиться выздоровления у 10—30% больных. Залогом этого должны быть раннее выявление заболевания и своевременное настойчивое лечение.

## 2. Практическая часть

### 2.1. Сравнение реальных и расчетных показателей артериального давления у подростков

С помощью тонометра мы измерили артериальное давление в спокойном состоянии. В эксперименте приняли участие 43 подростка:

классы	количество человек
9 класс	20
8 класс	15
7 класс	8

По формулам **граничных величин артериального давления для детей** я получила расчетные величины для группы ( $n = 13$  – возраст)

Систолическое давление  $90 + 2n = 90 + 2 \cdot 13 = 116$  (мм.рт.ст.)

Систолическое давление максимальное  $105 + 2n = 131$  (мм.рт.ст.)

Систолическое давление минимальное  $75 + 2n = 101$  (мм.рт.ст.)

Диастолическое давление  $60 + n = 60 + 13 = 73$  (мм.рт.ст.)

Диастолическое давление максимальное  $75 + n = 88$  (мм.рт.ст.)

Диастолическое давление минимальное  $45 + n = 58$  (мм.рт.ст.)

Я работала с данными в программе Excel.

Класс	Имя	Систолическое давление	Диастолическое давление	Возраст	В границах модели	Сист. давление MAX	Сист. давление MIN	Диаст. давление MAX	Диаст. давление MIN	Возраст
7 кл	Александра	107	72	13	да	131	101	88	58	13
7 кл	Полина	126	92	13	НЕТ	133	103	89	59	14
7 кл	Артём	120	79	13	да	135	105	90	60	15
7 кл	Иван	109	67	14	да					
7 кл	Егор	128	83	14	да					
7 кл	Олег	123	77	13	да					
7 кл	Ярослав	112	76	13	да	Норма	Гипотония	Гипертония	ВСЕГО	
7 кл	Татьяна	129	91	13	НЕТ	26	9	8	43	
7 кл	Лера П	115	73	14	да	60	21%	19%	100%	
8 кл	Диана	88	58	14	НЕТ					
8 кл	Юра	134	87	14	НЕТ					
8 кл	Григорий	135	76	13	НЕТ					
8 кл	Соня	111	77	14	да					
8 кл	Алиса	109	70	14	да					
8 кл	Вика	108	69	13	да					
8 кл	Сабрина	115	83	14	да					
8 кл	Дима	115	73	14	да					
8 кл	Иван	136	79	15	НЕТ					
8 кл	Егор	133	89	14	да					
8 кл	Максим	110	64	14	да					
8 кл	Аня	101	64	13	да					
8 кл	Лера М	109	74	14	да					
8 кл	Элина	125	88	14	да					
9 кл	Платон	115	60	15	да					
9 кл	Руслан	158	80	15	НЕТ					
9 кл	Аркадий	113	68	15	да					
9 кл	Мария	121	71	15	да					
9 кл	Азана	122	67	15	да					
9 кл	Георгий	115	72	15	да					
9 кл	Ксения	137	80	15	НЕТ					
9 кл	Мария	117	73	15	да					
9 кл	Владимир	90	60	15	НЕТ					
9 кл	Тимофей	151	79	15	НЕТ					
9 кл	Лариса	90	60	15	НЕТ					
9 кл	Полина	100	60	15	НЕТ					
9 кл	Эдуард	114	71	15	да					
9 кл	Илона	90	60	15	НЕТ					
9 кл	Анастасия	100	60	15	НЕТ					
9 кл	Захар	90	70	15	НЕТ					
9 кл	Матвей	100	70	15	НЕТ					
9 кл	Владимир	114	70	15	да					
9 кл	Мария	100	60	15	НЕТ					

Вывод:

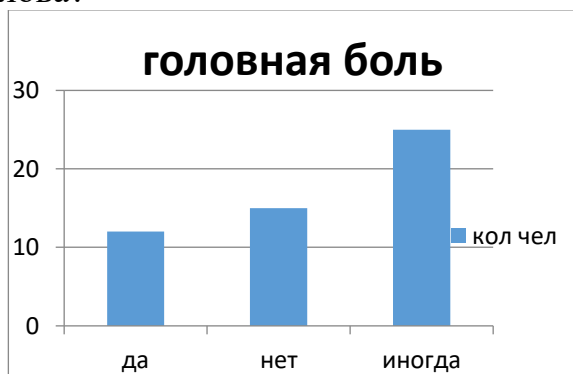
измеренные показатели артериального давления (АД) совпадают с рассчитанными возрастными нормами у 60% подростков, у 21% выявлено понижение АД, у 19% выявлено повышение АД.

Но, изменение АД может быть вызвано рядом факторов: физические нагрузки, стресс, приём медикаментов, чая или кофе. Поэтому, для того, чтобы определить характер отклонения – ситуационный или в следствии заболевания, необходимо провести ряд исследований.

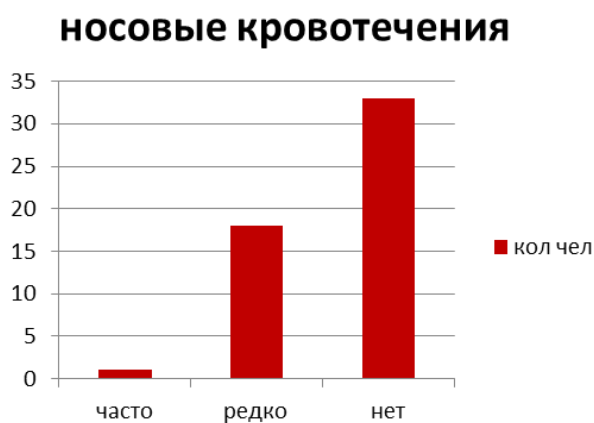
## 2.2. Анонимное анкетирование учащихся 7-9 классов

Для того что бы выяснить точное количество подростков, подверженных возникновению заболевания, проводилось анонимное анкетирование. (Приложение 1, 2). В анкетирование приняло участие 52 подростка 7-9 классов: 9 класс - 29 человек, 8 класс – 15 человек, 7 класс – 8 человек.

Часто ли болит голова?



Бывают ли у вас носовые кровотечения?

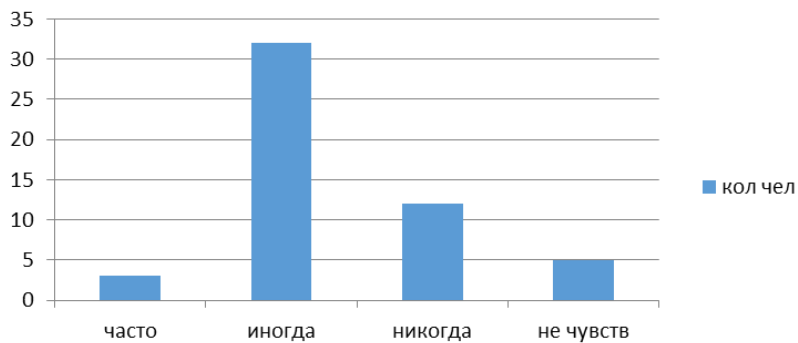


В какое время вы чувствуете недомогание?



Часто ли вы испытываете чувства дискомфорта?

### чувствуют дискомфорт



Бывает ли у вас боль в сердце?



Ощущаете ли вы скованность в области грудной клетки?

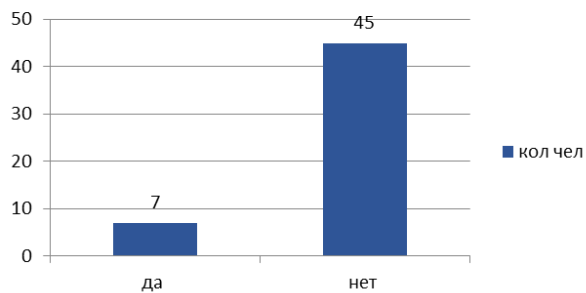


Бывает ли у вас онемение конечностей?



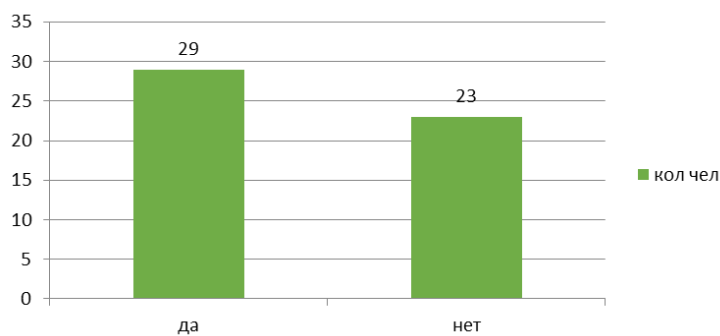
Бывают ли у вас приступы нехватки воздуха?

### приступы нехватки воздуха



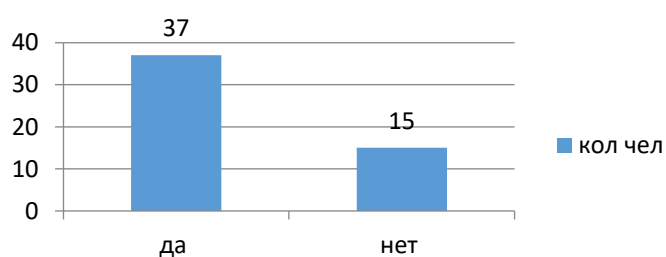
Ощущаете ли вы изменения в погоде?

### метеочувствительность



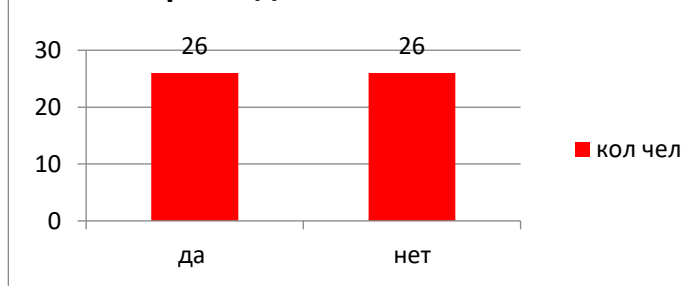
Вам известно что такое гипертония?

### знают, что такое гипертония



Измеряете ли вы давление?

### измеряют давление



Беспокоит ли вас давление?



Страдают ли гипертонией ваши родители?



**Выводы:**

Измеренные показатели артериального давления выявили у 19% подростков повышение артериального давления.

По результатам анкетирования:

общее понятие о гипертонии имеют 71% подростков;

измеряют артериальное давление 50% опрошенных;

метеочувствительность наблюдается у 56 %;

признаки гипертонии встречаются у 13 – 35%.

Для диагностики гипертонии нужны дополнительные исследования (лабораторные, аппаратные) и консультация врача.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения исследовательской работы было изучено огромное количество материала разных сфер и направлений.

Я изучила физические закономерности, лежащих в основе жизнедеятельности организма, основные показатели состояния сердечно-сосудистой системы человека, изучила проблему артериальной гипертонии подростков, построила математическую модель гемодинамики и визуализировали результаты исследований в Excel и презентации.

Практически мою работу можно использовать на уроках математики, физики, биологии и для внеклассной работы учеников.

Я планирую далее изучать тему артериальной гипертонии и изучить математическая модель гемодинамики, применяемую в клинической практике: какими основными гемодинамическими показателями определяется уровень артериального давления и как они взаимосвязаны.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Панченко Э.А., Жуков А.В., Шухардина Е.Л. Сердечно-сосудистая система: основы физики, анатомо-физиологические аспекты, клинические особенности. Учебно-методическое пособие. // Краснодар, КГМУ, 2010
2. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Издание 2-е, исправленное и дополненное // Изд-во РХД, М–Ижевск, 2011 г. 560 стр. ISBN 978-5-93972-847-8.
3. Титова Е. И., Мартынова А. Д. Математическое моделирование в биологии // Молодой ученый. — 2014. — №8. — С. 12-14. — URL <https://moluch.ru/archive/67/11389/>
4. Мюррей Д. Математическая биология, том 1. Введение // Изд. РХД-ИКИ, 2009
5. Бейли Н. Т. Дж. Математика в биологии и медицине: Пер. с англ. — М.: Мир, 1970. — 326 с.
6. Информационная система «Динамические модели в биологии» <http://dmb.biophys.msu.ru/>
7. [www.transhumanism-russia.ru](http://www.transhumanism-russia.ru)
8. [www.biomolecula.ru](http://www.biomolecula.ru)
9. [www.proteome.ru](http://www.proteome.ru)
10. Причины гипертонии. – Кардиология. Медицины для всех. <http://heartdiseases.popmed.ru/hypertension/hypertoniacause/>
11. Гипертония. Психологические причины гипертонии. <http://www.switching.ru/rs/hiperton.html>
12. Артериальная гипертония. Симптомы, признаки, причины. <http://www.switching.ru/rs/hiperton.html>
13. Артериальная гипертензия у подростков и лиц молодого возраста. <http://www.infarktu.net/catalog/articles/108>
14. Беяева Л.М., Король С.М. Артериальная гипертензия у детей и подростков. – Минск, 2005. 130 с
15. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков. Методические рекомендации,- М.-2003.
16. Мутафьян О.А. Артериальные гипертензии и гипотензии у детей и подростков. Практическое руководство.- М.-2002.- 143 с.
17. Рекомендации ВНОК и Ассоциации детских кардиологов России по диагностике, лечению и профилактике артериальной гипертензии у детей и подростков.- М.- 2004.

**Анкета №1**

1. Укажите ваш пол 1. Муж 2. Жен
2. Укажите ваш класс
3. Часто ли у вас болит голова 1. Да 2. Нет 3. Иногда
4. Бывают ли у вас носовые кровотечения? 1. Часто 2. Редко 3. Нет
5. В какой время вы чувствуете недомогание?
  1. 01:00 – 7:00
  2. 8:00 – 10:00
  3. 11:00 – 14:00
  4. 14:00 – 17:00
  5. 17:00 – 00:00
6. Часто ли вы испытываете чувство дискомфорта?
  1. Часто
  2. Иногда
  3. Никогда
  4. Затрудняюсь ответить
7. Вам известно, что такое гипертония? 1. Да 2. Нет
8. Измеряете ли вы давление? 1. Да 2. Нет
9. Беспокоит ли вас изменение давления?
  1. Серьёзное.
  2. Несерьёзное
10. Больны ли гипертонией ваши родители?
  1. Да, мама больна
  2. Да, папа болен
  3. Да, оба больны
  4. Нет, оба здоровы

**Анкета №2**

1. Укажите ваш пол 1. Муж 2. Жен

2. Укажите ваш класс

Ответы давать однозначными «ДА», «НЕТ»

3. Бывает ли у вас боль в сердце?

4. Испытываете ли вы чувство скованности в области грудной клетки?

5. Бывают ли у вас приступы нехватки воздуха?

6. Бывает ли у вас онемение конечностей?

7. Ощущаете ли вы изменение погоды? (Метеочувствительность)

8. Наблюдается ли у вас чувство «ползания мурашек»?

