



ТАРТУСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КАРЕЛЬСОН Калле Мейнхардович

УДК 612.43:766.1

**ДИНАМИКА В ГОРМОНАЛЬНОМ
АНСАМБЛЕ КРОВИ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ
УПРАЖНЕНИЙ**

14.00.17 Нормальная физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ТАРТУ 1990

Работа выполнена на кафедре спортивной физиологии и в лаборатории гормональной регуляции мышечной деятельности Тартуского университета.

- Научный руководитель - доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки ЭССР
А.А. ВИРУ
- Официальные оппоненты - доктор медицинских наук, профессор
Т.Д. БОЛЫШАКОВА
кандидат биологических наук, доцент
Т.А. МАТСИН
- Ведущая организация - Институт физиологии имени И.П. Павлова АН СССР

Защита диссертации состоится "___" _____ 1990 г. в _____ час. на заседании специализированного совета К069.02.12 Тартуского университета (202400, г. Тарту, ул. Юликооли, 18).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Тартуского университета.

Автореферат разослан "___" _____ 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного совета -
доктор медицинских наук,
профессор

Ю.П. Хуссар

Ю.П. Хуссар

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Развитие общей и спортивной работоспособности, а также укрепление здоровья в результате систематического выполнения физических упражнений основывается на расширении адаптационных возможностей организма. Адаптация к систематическим повторяющимся физическим упражнениям – это, с одной стороны, частное проявление адаптации вообще, а с другой, – хороший физиологический эксперимент изучения адаптационных процессов. Управление как срочными адаптационными реакциями, так и переходом от срочной к долговременной адаптации, связано с активностью многих эндокринных систем. Широкий круг частных задач, выполняемых гормонами, обуславливает то, что изменения в гормональном ансамбле при мышечной работе охватывают содержание в крови почти всех гормонов /Terjung, 1979; Виру, 1981; Виру, Кыргыз, 1983; Galbo, 1983; Viru, 1985/. Правда, не всегда это выявляется однозначно в результатах разных исследований. Нередко сопоставление результатов разных авторов обнаруживает противоречивость данных, иногда даже разнонаправленность изменений. В прошлом разноречивые данные были обусловлены недостаточной разработанностью проблемы и использованием невалидных методов исследования. Даже с использованием радиоиммунологических методов определения гормонов, которым свойственна высокая степень специфичности и чувствительности, могут возникнуть противоречия, если не учитываются качественные и количественные характеристики выполняемого упражнения, тренированности, эмоционального напряжения, факторы среды и диета. Однако, помимо этого, нельзя исключить и того, что различия в результатах разных исследований могут быть обусловлены недоучетом динамики изменений. Динамический процесс, отражающийся в изменениях концентрации гормонов в плазме крови, определяется полифакторным механизмом. Поскольку значение каждого фактора у отдельных людей может быть разным, то вполне ожидаемым является и индивидуальная вариативность рассматриваемого динамического процесса. Все это заставляет пересмотреть динамику изменений в гормональном ансамбле кро-

ви при выполнении физических упражнений с учетом индивидуальных особенностей исследуемых.

Регулятивный эффект, оказываемый гормонами на обменные процессы, зависит не только от концентрации гормонов во внутри- и внеклеточном пространствах, но и от количества и состояния клеточных рецепторов и пострецепторных процессов, также подвергаемых регуляторным воздействиям. Тем не менее, важными являются и изменения концентрации гормонов, являющихся важным фактором притока гормонов к тканям.

Цель и задачи исследования. Основной целью исследования является выяснение как общих закономерностей динамики концентрации кортикотропина, кортизола, тестостерона, прогестерона, соматотропина, альдостерона, инсулина и С-пептида в плазме крови, а также индивидуальной вариативности в осуществлении этих закономерностей при выполнении различных физических упражнений здоровыми взрослыми молодыми людьми. Основной экспериментальной моделью, использованной для достижения поставленной исследовательской цели, была двухчасовая работа на велоэргометре с мощностью, соответствующей 60% максимального потребления кислорода. Выполнение частных исследовательских задач, вытекающих из общей цели, требовало дополнительно применения также и других экспериментальных моделей с выполнением физических упражнений как в лабораторных условиях, так и непосредственно в практике тренировочных занятий и соревнований.

Для достижения поставленной общей исследовательской цели были выполнены следующие частные задачи:

1) охарактеризовать динамику содержания изучаемых гормонов в крови во время и после двухчасовой работы на велоэргометре, выполненной на предполагаемом уровне порога анаэробного обмена, и выяснить возможную индивидуальную вариативность динамики;

2) сопоставить изменения содержания глюкозы крови и изменения в гормональном ансамбле во время и после выполнения двухчасовой работы на велоэргометре;

3) выяснить особенности и условия активации гипофизарно-адренокортикальной системы при упражнениях, выполняемых до отказа при уровне мощности, превышающем порог анаэробного обмена;

4) охарактеризовать изменения в гормональном ансамбле крови при выполнении основных тренировочных упражнений на развитие выносливости, а также при упражнениях на развитие силы;

5) изучить уровень кортизола и других гормонов в крови на финише особо продолжительных соревнований по бегу, лыжному марафону, триатлону и многодневному бегу.

Научная новизна. Было установлено двухфазное увеличение концентрации кортикотропина в крови во время выполнения продолжительной мышечной работы. Выявлена возможность отсутствия адренкортикального ответа на эндогенный выброс кортикотропина во время работы, чем обуславливаются разные индивидуальные варианты динамики кортизола в крови. Подтвердилось наличие пороговой интенсивности нагрузки для активации гипофизарно-адренкортикальной системы. Повышенный уровень соматотропина и альдостерона, а также пониженный уровень инсулина и С-пептида обнаруживается при интенсивности нагрузки ниже пороговой для активации гипофизарно-адренкортикальной системы. Активация гипофизарно-адренкортикальной системы сочетается со значительным приростом концентрации лактата в крови. Установлено также наличие пороговой продолжительности нагрузки, проявляющейся в появлении активации гипофизарно-адренкортикальной системы при подпороговой интенсивности нагрузки при выполнении определенного объема мышечной работы. При надпороговых интенсивностях нагрузки достижение пороговой продолжительности работы заключается во вторичном усилении активности этой системы. Получены данные, указывающие на значение соматотропина в гомеостатической регуляции уровня глюкозы в крови во время продолжительной мышечной работы.

Научно-практическое значение. Полученные результаты показали, что гормоны различаются по стабильности и индивидуальной вариативности изменения их содержания в крови во время выполнения продолжительной мышечной работы. Наибольшая индивидуальная вариативность присуща изменениям кортизола, тестостерона и прогестерона. Однако в условиях особой напряженности адаптационных процессов в организме вариативность изменений заменяется одинаковой мобилизацией эндокринных функций. Так, стабильный подъем уровня кортизола в крови наблюдается при выполнении упражнений с мощностью, превышающей порог анаэробного обмена, обуславливающих значительное накопление лактата в крови, при выполнении интенсивных силовых упражнений, а также в конце упражнений, длительность которых превышает два часа. Следовательно, тесты для изучения эндокринных функций при выполнении мышечной работы дают наименее

вариативные результаты в тех случаях, когда мощность или продолжительность тестовой нагрузки существенно превышают соответствующие пороги для активации эндокринных функций. В то же время перспективным для изучения эндокринных функций и адаптированности организма к мышечной деятельности является определение как пороговой интенсивности, так и пороговой продолжительности нагрузки, приводящих к их активации.

Вариативность гормональных изменений обуславливает целесообразность пересмотра результатов исследования, выводы которого основываются на сопоставлении среднегрупповых данных с игнорированием индивидуального анализа. Даже выводы об отсутствии изменений не обязательно соответствуют действительности, так как неизменные групповые данные могут быть получены в результате суммирования индивидуальных изменений в обоих направлениях. Важным условием, требующим учета при пересмотре имеющихся результатов исследования, является необходимость выяснить динамику изменений. Определение содержания гормонов в крови в случайные моменты времени не обязательно гарантирует получение правильного представления о действительных изменениях.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на ХУП Всесоюзной конференции "Физиологические механизмы адаптации к мышечной деятельности" (Ленинград, 1984), на ХХШ республиканской научно-методической конференции по проблемам физкультуры (Таллинн, 1985), на ХУШ Всесоюзной научно-практической конференции "Физиология спорта" (Ленинград, 1986), на республиканской научной конференции по проблемам физиологии человека и животных (Тарту, 1986), на I Республиканском съезде по лечебной физкультуре и спортивной медицине (Рига, 1986), на Всесоюзной научно-практической конференции "Научные основы физкультурно-оздоровительной работы среди населения" (Таллинн, 1986), на ХШ Республиканской научной конференции по спортивной медицине и лечебной физкультуре" (Таллинн, 1986), на Республиканском симпозиуме "Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности" (Кяэрику, 1987), на научно-технической конференции "Научно-технические, медико-биологические аспекты тренирующей терапии и спортивной тренировки" (Сочи, 1987), на Ш Всесоюзном съезде по лечебной физкультуре и спортивной медицине (Ростов-на-Дону, 1987), на ХП региональной научно-методической конференции республик Прибалти-

ки и Белорусской ССР по проблемам спортивной тренировки (Таллинн, 1988).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием методики и главы с изложением полученных диссертантом результатов, обсуждения и выводов исследования.

Работа содержит страниц машинописного текста, имеет 14 рисунков и 32 таблицы. Список литературы включает 38 наименований советских и 198 - зарубежных авторов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в пяти сериях, направленных на изучение изменений концентрации гормонов в крови при выполнении различных физических упражнений (таблица I).

Таблица I

Серия	Количество исследуемых		Физическая нагрузка	Определяемые гормоны
	в спорте	не в спорте		
I	67	41	двухчасовая работа на велоэргометре	кортизол, кортикотропин, соматотропин, альдостерон, тестостерон, прогестерон, инсулин, С-пептид
II	46	26	анаэробно-аэробные упражнения	
III	6	6	упражнения на развитие выносливости	
IV	15	15	упражнения на развитие силы	
V	7	7	"классический" триатлон	альдостерон, кортизол, соматотропин, тестостерон, прогестерон, инсулин, С-пептид
	14	14	"короткий" триатлон	
	7	7	триатлон (исследование динамики изменений)	кортизол, соматотропин
	9	9	1000 км - бег	кортизол, соматотропин, кортикотропин
	18	18	60 км - лыжный бег	кортизол, соматотропин, тестостерон, инсулин, С-пептид
	26	26	20 км - бег	то же

В общей сложности в исследованиях участвовали 215 практически здоровых мужчин различной тренированности, у которых предварительно определяли максимальное потребление кислорода (МПК) по методике, разработанной Я. П. Пярнатом (1970). Концентрации гормонов определяли радиоиммунологически, используя коммерческие наборы различных фирм, гормоны кортикотропин, соматотропин и альдостерон - SEA SORIN (Италия - Франция), кортизол, тестостерон, инсулин и прогестерон - Институт биоорганической химии АН БССР, С-пептид - MALLINKRODT DIAGNOSTICA (ФРГ). В виде исключения в пятой серии при лыжном марафоне на 60 км и при полном триатлоне со взятием проб крови после окончания каждого отдельного вида упражнений в плазме крови исследуемых определяли гормон кортизол, используя набор фирмы SEA SORIN (Италия - Франция). Так же определяли в крови и концентрацию глюкозы и мочевины с помощью наборов фирм LASHEMA (ЧССР).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гормональный ансамбль при двухчасовой работе на велоэргометре. Анализ данных обеих групп (тренированных и нетренированных) с помощью средних величин показал, что общими были следующие изменения для мужчин при выполнении циклического упражнения продолжительностью 2 часа и интенсивностью, соответствующей приблизительно 60% от МПК:

1) активация гипофизарно-кортикотропной функции, наиболее выраженная в конце упражнения и только тогда сочетающаяся с повышением уровня кортизола в крови;

2) у спортсменов активация гипофизарно-кортикотропной функции наступает раньше (существенное отличие от исходных данных с 20-й минуты работы по сравнению с 60-й минутой работы у нетренированных людей); как и увеличение уровня кортизола, она носит у спортсменов более выраженный характер, чем у нетренированных лиц (рис. 1);

3) снижение активности гипофизарно-адренокортикальной системы во время послерабочего восстановительного периода (в пределах с 6 по 24 часа после работы);

4) прирост концентрации альдостерона в течение всего периода работы и ее постепенное снижение после упражнения вместе с медленной нормализацией во время восстановительного периода;

5) почти стабильные уровни прогестерона и тестостерона во время работы (исключая небольшое увеличение концентрации

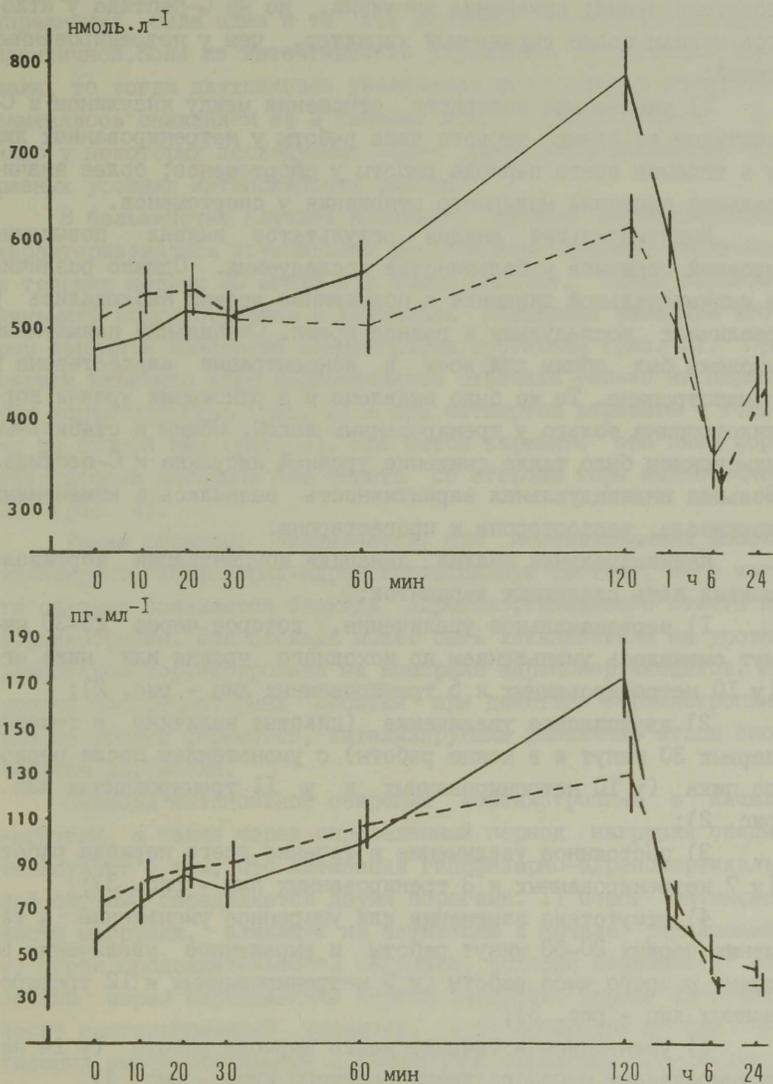


Рис. 1 Изменение концентрации кортизола (наверху) и кортикотропина (внизу) при 2-часовой работе у спортсменов (сплошная линия) и у нетренированных мужчин (прерывистая линия). Средние величины \pm ошибка среднего.

тестостерона у нетренированных людей в конце упражнения) и снижение уровня тестостерона в течение первых шести часов восстановительного периода;

6) выраженное повышение уровня соматотропина и снижение уровня инсулина и С-пептида в течение всего периода работы вместе с возвращением к исходным величинам к шести часам восстановления; изменения инсулина, но не С-пептида у атлетов носили более выраженный характер, чем у нетренированных людей;

7) уменьшение молярного отношения между инсулином и С-пептидом во время первого часа работы у нетренированных лиц и в течение всего периода работы у спортсменов; более значительное снижение молярного отношения у спортсменов.

Индивидуальный анализ результатов выявил повышение уровней гормонов у большинства исследуемых. Однако различия в индивидуальной динамике и повышенные уровни наблюдались у различных исследуемых в разное время. Стабильный повышенный уровень был общим для всех в концентрации альдостерона и соматотропина. То же было выявлено и в отношении уровня кортикотропина только у тренированных людей. Общим и стабильным изменением было также снижение уровней инсулина и С-пептида. Большая индивидуальная вариативность выявилась в изменениях кортизола, тестостерона и прогестерона.

Индивидуальный анализ динамики концентрации кортизола выявил пять следующих вариантов:

1) первоначальное увеличение, которое через 20–30 минут сменилось уменьшением до исходного уровня или ниже его (у I0 нетренированных и 5 тренированных лиц – рис. 2);

2) двухпиковое увеличение (пиковые величины в течение первых 30 минут и в конце работы) с уменьшением после первого пика (у I0 нетренированных и у I1 тренированных лиц – рис. 2);

3) постоянное увеличение в течение всего периода работы (у 7 нетренированных и 3 тренированных лиц – рис. 3);

4) отсутствие изменения или умеренное уменьшение в течение первых 20–60 минут работы и выраженное увеличение во время второго часа работы (у 9 нетренированных и I2 тренированных лиц – рис. 3);

5) уменьшение в течение всего периода работы (у I4 нетренированных и одного тренированного лица – рис. 4).

Исследуемые, выявляющие разные варианты динамики, не различались существенно между собой по величине МПК, относи-

тельной интенсивности выполненной работы (% МПК) и исходному уровню кортизола. Существенных различий в изменениях других гормонов не обнаруживалось.

У II исследованных двухчасовая работа повторялась 2-3 раза в течение одного года на одном и том же или на разных уровнях интенсивности. Если относительная интенсивность упражнения была одна и та же, динамика кортизола являлась идентичной. Если же интенсивность упражнения существенно снижали, то тогда двухпиковое увеличение концентрации кортизола заменялось снижением ее в течение всего периода работы. Однако у некоторых исследуемых общее уменьшение выявилось при разных уровнях интенсивности работы.

В большинстве случаев изменения уровня кортикотропина характеризовались двухпиковым увеличением (пиковые величины в течение первых 20 минут и в конце работы). Таким образом, динамика кортикотропина и кортизола совпадали лишь при втором варианте изменений концентрации кортизола (рис. 2). При первом варианте кора надпочечников отвечала только на первый пик кортикотропина (рис. 2) и при четвертом варианте - только на второй пик (рис. 3). При пятом варианте оба пика кортикотропина остались без ответа со стороны коры надпочечников (рис. 4).

Таким образом, оказывается, что использованная работа активизирует гипофизарно-адренкортикальную систему, но в части случаев появляется блокада адренкортикального ответа на кортикотропин. Эта блокада может быть локализована на уровне рецепторов кортикотропина на мембране адренкортикоцитов, на уровне пострецепторных событий при действии кортикотропина или на уровне ферментов, катализирующих различные этапы биосинтеза кортизола.

Периоды интенсивной секреции кортикотропина в начале нагрузки, а также через определенный период нагрузки свидетельствуют о том, что активация гипофизарно-адренкортикальной системы определяется двумя порогами: 1) порог интенсивности нагрузки, влияющей на активацию в начале упражнений; 2) порок продолжительности нагрузки, который становится решающим через определенный период нагрузки. Первая активация носит кратковременный характер, в то время как вторая активация имеет стабильный и длительный характер. Это выражается в высоких концентрациях кортизола в крови на финише длительных видов спорта.

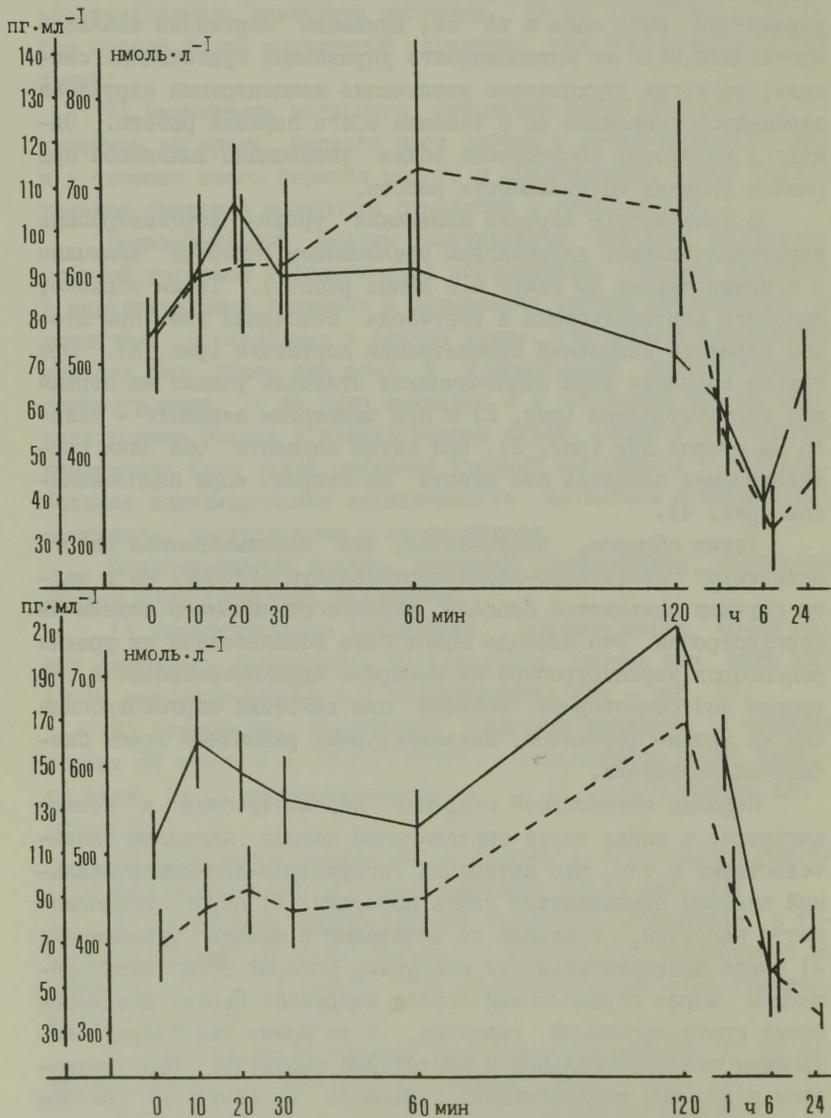


Рис.2 Динамика изменений концентрации кортизола (сплошная линия) и кортикотропина (прерывистая линия) при 2-часовой работе. Первый (наверху) и второй (внизу) тип динамики

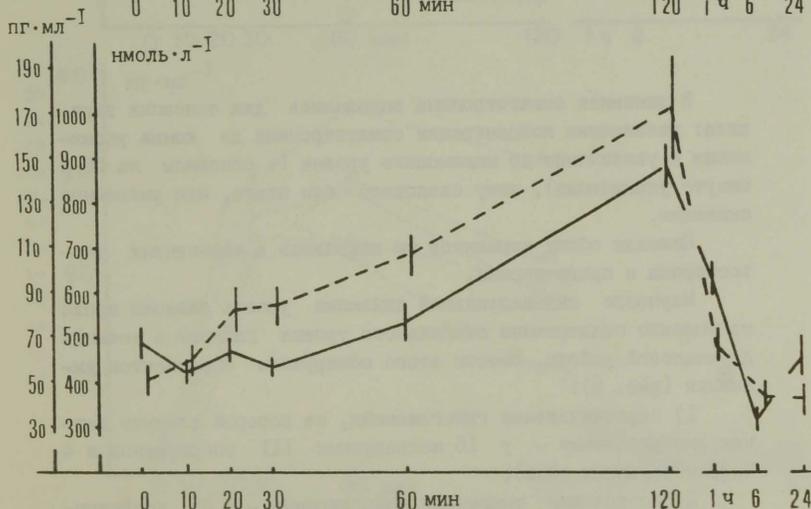
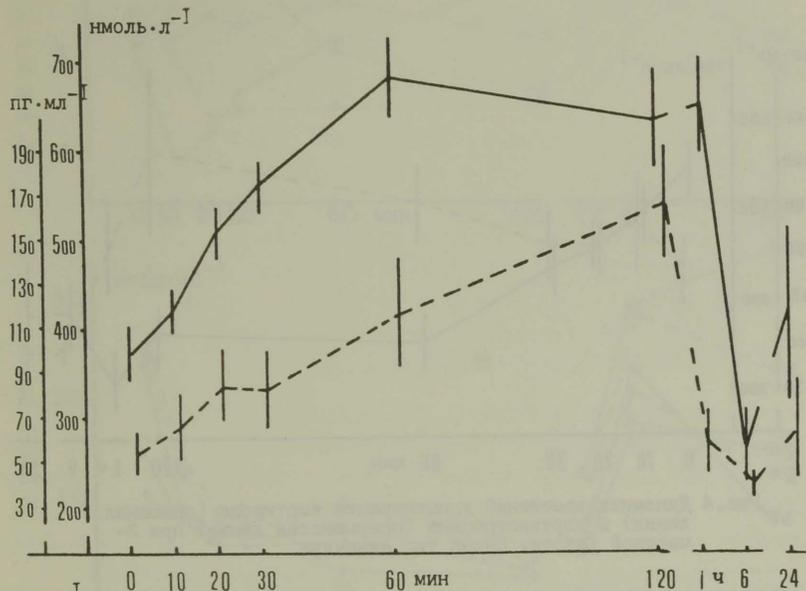


Рис.3 Динамика изменений концентрации кортизола (сплошная линия) и кортикотропина (прерывистая линия) при 2-часовой работе. Третий (наверху) и четвертый (внизу) тип динамики

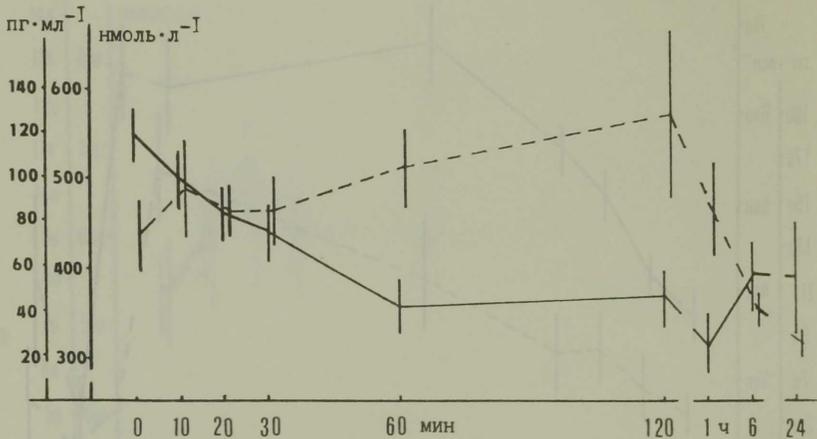


Рис. 4 Динамика изменений концентрации кортизола (сплошная линия) и кортикотропина (прерывистая линия) при 2-часовой работе. Пятый тип динамики

В динамике соматотропина выделялись два основных варианта: увеличение концентрации соматотропина до конца упражнения и увеличение до наивысшего уровня (в основном на 60-й минуте упражнения), чему следовало или плато, или умеренное снижение.

Никаких общих вариантов не выявилось в изменениях тестостерона и прогестерона.

Изучение индивидуальной динамики уровня глюкозы крови не выявило поддержания стабильного уровня глюкозы в течение двухчасовой работы. Вместо этого обнаружены 5 вариантов динамики (рис. 5):

1) первоначальная гипогликемия, за которой следует легкая гипергликемия - у 15 исследуемых (11 спортсменов и 4 нетренированных лица);

2) постоянная умеренная гипогликемия - у 25 исследуемых (8 спортсменов и 17 нетренированных лиц);

3) первоначальная гипергликемия, за которой следует умеренная гипогликемия, - у шести исследуемых (2 спортсмена и 4

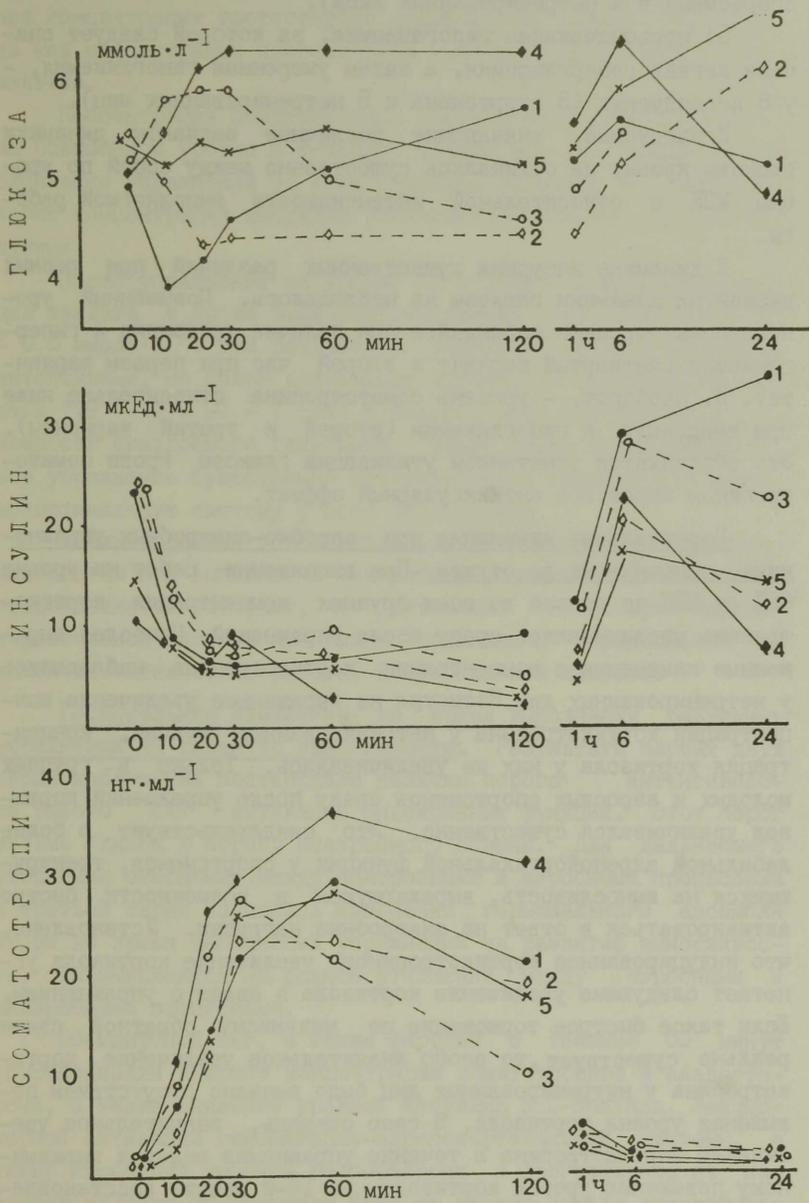


Рис.5 Динамика глюкозы, инсулина и соматотропина в плазме крови при 2-часовой работе: 1,2,3,4,5 - различные варианты динамики глюкозы

нетренированных лица);

4) постоянная легкая гипергликемия - у 7 исследуемых (3 спортсмена и 4 нетренированных лица);

5) первоначальная гипогликемия, за которой следует сначала легкая гипергликемия, а затем умеренная гипогликемия, - у 8 исследуемых (3 спортсмена и 5 нетренированных лиц).

Исследуемые, выявляющие различные варианты динамики глюкозы крови, не отличались существенно между собой по уровню МПК и относительной интенсивности выполняемой работы.

В динамике инсулина существенных различий при разных вариантах динамики глюкозы не наблюдалось. Повышенный уровень соматотропина наблюдался при наличии тенденции к гипергликемии (четвертый вариант и второй час при первом варианте). И, наоборот, - уровень соматотропина относительно ниже при тенденции к гипогликемии (второй и третий варианты). Это объясняется угнетением утилизации глюкозы крови соматотропином через его антиинсулярный эффект.

Гормональные изменения при аэробно-анаэробных упражнениях, выполняемых до отказа. При выполнении работ на уровне 85% от МПК до отказа во всех группах концентрация кортикотропина увеличивалась сразу после упражнений. Наиболее выраженные изменения в концентрации кортикотропина наблюдались у нетренированных лиц. Несмотря на выраженное увеличение концентрации кортикотропина у нетренированных мужчин, концентрация кортизола у них не увеличивалась. Только в группах молодых и взрослых спортсменов сразу после упражнений кортизол увеличивался существенно. Это свидетельствует о более лабильной адренкортикальной функции у спортсменов, тренирующихся на выносливость, выражающуюся в возможности быстро активироваться в ответ на анаэробные нагрузки. Установлено, что индуцированное кортикотропином увеличение кортизола угнетает следующее увеличение кортизола в связи с упражнением. Если такое быстрое торможение по механизму обратной связи реально существует, то особо значительное увеличение кортикотропина у нетренированных лиц было вызвано отсутствием повышения уровня кортизола. В свою очередь, значительное увеличение кортикотропина в течение упражнения ведет к выраженному повышению уровня кортизола на 15-й минуте восстановления. На 15-й минуте восстановления концентрация кортизола повышалась во всех группах. Наивысшая концентрация кортизола наблюдалась у нетренированных лиц. Концентрация альдостерона

увеличивалась в течение упражнения и сохранялась таковой в восстановительном периоде. Только в группе молодых спортсменов концентрация тестостерона увеличивалась существенно, тогда как концентрация прогестерона существенного увеличения не выявила.

Концентрация соматотропина увеличивалась и сохранялась на повышенном уровне в течение более чем 30 минут после окончания упражнений во всех группах. Несмотря на гипергликемию концентрация инсулина уменьшалась у большинства исследуемых.

После упражнений на уровне 85 и 140% от МПК концентрация лактата в крови была соответственно $12,6 \pm 0,7$ и $7,3 \pm 0,6$ ммоль·л⁻¹. Эти результаты указывают на то, что менее интенсивные, но более длительные упражнения (продолжительностью 779 ± 40 и 97 ± 7 сек) в большей мере используют возможности анаэробного гликолиза. Только более продолжительное упражнение существенно активизировало гипофизарно-адренортикальную систему у всех исследуемых.

Таким образом, подтвердилась активация разных эндокринных систем при выполнении анаэробных упражнений. Особо важным представляется тот факт, что активация гипофизарно-адренортикальной системы при таких упражнениях определяется не самой интенсивностью работы, а накоплением лактата.

Гормональные изменения во время выполнения различных упражнений на развитие выносливости. Результаты первых двух серий наблюдений подтвердили наличие порога интенсивности работы для активации эндокринных функций. Этот порог весьма близок к порогу анаэробного обмена. Для дальнейшего уточнения отношения между анаэробными и аэробными процессами в третьей серии изучались изменения гормонального ансамбля крови во время выполнения упражнений на развитие выносливости, основывающихся на разном отношении между аэробными и анаэробными процессами.

60-минутный бег, а также фартлек в течение 60 минут обуславливали прирост концентрации соматотропина и альдостерона, а также снижение уровней инсулина и С-пептида. Закономерной активации гипофизарно-адренортикальной системы, а также изменений уровней тестостерона и прогестерона не наблюдалось. При 30-минутном беге на уровне порога анаэробного обмена (уровень лактата $4,44 \pm 0,23$ мм·л⁻¹) наблюдалось нарастание концентрации соматотропина, альдостерона, кортикотропина и кортизола вместе со снижением концентрации инсули-

Таблица 2

Изменение концентрации гормонов и лактата при силовых ($\bar{x} \pm m$) упражнениях

Гормон метаболит	До работы	Непосредственно при работе	Через 1 ч	Через 6 ч	Через 24 ч
Кортизол, нМ · л ⁻¹	636 ± 30	884 ± 42 ^{***}	923 ± 59 ^{***}	454 ± 42 ^{**}	464 ± 37 ^{**}
Кортикотропин, пг · мл ⁻¹	25 ± 4	168 ± 28 ^{***}	35 ± 9	25 ± 5	17 ± 4
Соматотропин, нг · мл ⁻¹	1,4 ± 0,5	42,8 ± 4,3 ^{***}	13,4 ± 2,2 ^{***}	1,2 ± 0,3	1,2 ± 0,2
Альдостерон, пг · мл ⁻¹	132 ± 10	230 ± 14 ^{***}	230 ± 22 ^{***}	137 ± 13	139 ± 14
Тестостерон, нМ · л ⁻¹	22 ± 1,9	29 ± 2,3 [*]	22 ± 1,8	15 ± 1,3 ^{**}	22 ± 1,8
Прогестерон, нМ · л ⁻¹	28 ± 1,5	34 ± 2,6	35 ± 3,0	29 ± 2,3	25 ± 1,6
Инсулин, мкЕд · мл ⁻¹	15 ± 2,5	11 ± 0,8	17 ± 2,6	17 ± 2,5	16 ± 2,7
С-пептид, нМ · л ⁻¹	0,8 ± 0,08	0,8 ± 0,04	1,0 ± 0,21	0,9 ± 0,10	0,8 ± 0,10
Лактат, ммол · л ⁻¹	1,5 ± 0,18	9,0 ± 0,49 ^{***}			

Звездочками помечены достоверные отличия от исходных данных

* P < 0,05, ** P < 0,01 и *** P < 0,001

на и С-пептида. Интервальный бег (10 x 300 м, уровень лактата $9,41 \pm 0,91 \text{ мм}\cdot\text{л}^{-1}$) обуславливал те же сдвиги, что и бег на уровне порога анаэробного уровня за тем лишь исключением, что в концентрации инсулина и С-пептида существенных изменений не наблюдалось.

Полученные данные подтверждают результаты второй серии наблюдений, заключающиеся в том, что порог по интенсивности для активации гипофизарно-адренокортикальной системы связан со значительным подключением анаэробного гликолиза. Так, прирост концентрации кортикотропина и следовавшее за этим повышение уровня кортикостерона наступало тогда, когда содержание лактата в крови превышало $4,0 \text{ мм}\cdot\text{л}^{-1}$. Однако подключение анаэробных процессов не было необходимо для активации соматотропной функции адреногипофиза, усиления продукции альдостерона клетками клубочковой зоны коры надпочечников и угнетения секреции инсулина. Очевидно, разные эндокринные системы активируются или угнетаются различными регуляторными механизмами.

Гормональные изменения при выполнении силовых упражнений. Сразу после окончания выполнения программы силовых упражнений наблюдался повышенный уровень в крови кортизола, кортикотропина, соматотропина, тестостерона, альдостерона, лактата и глюкозы. Концентрация инсулина и С-пептида существенно не изменялась. (табл. 2)

Было бы заманчиво связывать повышенную продукцию соматотропина и тестостерона с индукцией синтеза белков, необходимых для реализации влияния силовых упражнений на мышечную гипертрофию. В связи с этим свое значение может иметь и снижение концентрации катаболического гормона кортизола в течение периода восстановления после силовой нагрузки. Увеличение концентрации тестостерона было умеренным.

Гормональные изменения при выполнении особо продолжительных упражнений. Полученные нами данные подтверждают факт высокой концентрации кортизола в крови на финише особо продолжительных упражнений. После бега на 20 км это наблюдалось у студентов, которые предварительно не занимались спортивной тренировкой. Принципиальных различий не отмечалось у студентов, которые до бега в течение шести недель специально тренировались на развитие выносливости, хотя тренировка была эффективной в отношении улучшения результата бега.

60-километровый лыжный марафон дал менее однородные результаты в отношении повышения уровня кортизола. Но все же в

большинстве случаев этот сдвиг наблюдался. Вместе с тем отмечалась пониженная концентрация тестостерона, что согласуется с литературными данными. Характерным был также высокий уровень соматотропина в крови.

Экстремальной нагрузкой на организм является соревнование по триатлону. В течение всего соревнования имеет место существенно повышенный уровень кортизола в крови.

В отношении прогестерона также отмечалось увеличение его содержания. Он вырабатывался у мужчин в коре надпочечников как предшественник кортикостероидов. Поэтому увеличение его содержания указывает на высокую активность биосинтеза гормонов в коре надпочечников с сохранением резервных возможностей. Что касается тестостерона, то во время более короткого соревнования его содержание также повышалось, а во время более продолжительного — снижалось в большинстве случаев. Содержание инсулина и С-пептида снижалось в одинаковой мере в обоих случаях. Концентрация альдостерона увеличивалась тем больше, чем длительнее было соревнование.

Особо тяжелой нагрузкой для организма является многодневный бег на общую дистанцию 1000 км. Чтобы пройти такую дистанцию, скорость бега должна быть очень невысокой.

Существенных изменений в концентрации кортизола под влиянием бега не отмечалось. Таким образом, существует определенная минимальная интенсивность нагрузки, при которой по мере продолжения работы достигается порог продолжительности для активации гипофизарно-адренкортикальной системы.

В ы в о д ы

1. При продолжительных физических упражнениях увеличение концентрации альдостерона и соматотропина, а также уменьшение концентрации инсулина и С-пептида в плазме крови составляют общие и стабильные гормональные реакции как у тренированных, так и у нетренированных лиц. У спортсменов, занимающихся развивающими выносливость видами спорта, но отнюдь не у нетренированных лиц увеличение концентрации кортикотропина также носит стабильный характер. Большая индивидуальная вариативность свойственна изменениям кортизола, тестостерона и прогестерона.

2. Динамике концентрации кортикотропина свойственно двухфазное увеличение в течение двухчасовой мышечной работы (прирост концентрации в первые 20 минут и в конце работы).

У части лиц кора надпочечников не отвечает повышенной секреции кортизола либо на первый, либо на второй, либо на оба пика повышения уровня кортикотропина. В связи с блокадой адренкортикального ответа на кортикотропин появляются 5 индивидуальных вариантов динамики кортизола в крови во время продолжительной работы.

3. Активация гипофизарно-адренкортикальной системы во время выполнения физических упражнений детерминирована двумя пороговыми: 1) порог интенсивности нагрузки, определяющий активацию при кратковременных упражнениях и в начале продолжительных упражнений; 2) порог продолжительности нагрузки, который становится решающим через выполнение определенного объема мышечной работы. Первая активация, обусловленная превышением порога интенсивности, имеет кратковременный характер. Вторая активация при достижении порога продолжительности имеет стабильный и длительный характер. Она выражается в высоких концентрациях кортизола в крови на финише длительных соревнований. Если порог интенсивности для активации гипофизарно-адренкортикальной системы связан с подключением анаэробного гликогенолиза, то активация соматотропной функции аденогипофиза, усиленная продукция альдостерона и угнетение секреции инсулина наступают при упражнениях, интенсивность которых ниже порога анаэробного обмена.

4. Восстановительный период после продолжительной мышечной работы характеризуется уменьшением концентрации кортикотропина и кортизола в течение первых суток и тестостерона - в течение первых шести часов после нагрузки, а также повышением секреции инсулина, возвращением концентрации соматотропина к исходному уровню за 6 часов и задержанной нормализацией альдостерона.

5. Начальному этапу продолжительной работы на уровне 60% от максимального потребления кислорода свойственна переходящая умеренная гипогликемия, наблюдающаяся у большинства тренированных и нетренированных лиц. Через 30-60 минут работы активностью гомеостатического механизма, обеспечивающего соответствие между продукцией глюкозы печени и ее утилизацией, создается новый стабильный уровень глюкозы крови, который у одной части лиц ниже, а у другой - выше исходного. Сочетание высокого уровня соматотропина в крови с тенденцией к повышению уровня глюкозы в крови указывает на значение антиинсулярного действия соматотропина в упомянутом гомеоста-

6. При выполнении кратковременной работы с интенсивностью, превышающей анаэробный порог, активация гипофизарно-адренкортикальной системы зависит больше от накопления лактата, чем от действительной мощности. У спортсменов активация адренкортикальной функции наступает раньше, чем у нетренированных лиц. Отдаленное начало прироста концентрации кортизола в крови сочетается сначала со значительным повышением уровня кортикотропина, что, в свою очередь, обуславливает выраженное увеличение концентрации кортизола на 15-й минуте восстановления.

7. Выполнение интенсивных силовых упражнений в течение 30 минут обуславливает увеличение концентрации кортикотропина, кортизола, соматотропина, тестостерона, прогестерона и альдостерона в крови без существенных изменений в секреции инсулина.

Список работ,
опубликованных по теме диссертации

1. Карельсон К.М., Смирнова Т.А., Хйр В.Э., Вознесенский Л.С., Костина Л.В., Виру А.А. Динамика активности гипофизарно-адренкортикальной системы и соматотропной функции при длительной работе // Взаимодействие эндокринных желез в адаптации к мышечной деятельности: Уч. зап. ТТУ. - Тарту, 1985. - Вып. 702. - С. 48-58.

2. Виру А.А., Карельсон К.М., Смирнова Т.А., Тендзекский Ж.Л. Вариативность изменений гормонов в крови при длительной мышечной работе // Сб. научных трудов "Аспекты адаптации". - Горький, 1985. - С. 89-93.

3. Виру А.А., Костина Л.В., Смирнова Т.А., Карельсон К.М., Дудов Н.С. Гормональный ансамбль крови на финише массового лыжного марафона // Теория и практика физической культуры. - 1985. - № 2. - С. 17-18.

4. Юрияэ Т.А., Виру А.А., Карельсон К.М., Смирнова Т.А. Влияние сверхмарафонского бега на некоторые биохимические показатели крови у мужчин // Физиологический журнал. - 1986. - Т. 32, № 4. - С. 591-594.

5. Юрияэ Т.А., Виру А.А., Нурмекиви А.А., Карельсон К.М., Линтси М.Э. Влияние 20-километрового бега на биохимические показатели крови у тренированных и нетренированных студентов // Физиологический журнал. - 1986. - Т. 32, № 2. - С. 227-229.

6. Виру А.А., Юрияэ Т.А., Смирнова Т.А., Карельсон К.М. Содержание кортизола соматотропина мочевины и триглицеридов в крови при сверхдлительной соревновательной нагрузке // Физиология человека. - 1987. - Т. 13, № 1. - С. 146-148.

7. Виру А.А., Карельсон К.М., Смирнова Т.А. Индивидуальная вариативность изменений гормонального ансамбля крови при длительной мышечной работе: Тез.респ. симп. "Эндокринные механизмы рег. приспособления организма к мышечной деятельности". - Кязрику, 19-20 мая 1987 г. - С. 11-14.

8. Виру А.А., Карельсон К.М., Смирнова Т.А., Юрмяэ Т.А. Изменения концентрации кортизола, кортикотропина и соматотропина в крови при упражнениях анаэробно-аэробного характера // Катехоламины и кортикостероиды при мышечной деятельности: Уч. зап. ТГУ. - Тарту, 1987. - Вып. 773. - С. 44-49.

9. Карельсон К.М., Смирнова Т.А., Юрмяэ Т.А., Виру А.А. Гормональный ансамбль при выполнении силовых упражнений // Катехоламины и кортикостероиды при мышечной деятельности: Уч. зап. ТГУ. - Тарту, 1987. - Вып. 773. - С. 62-65.

10. Юрмяэ Т.А., Виру А.А., Карельсон К.М., Линтси М.Э., Смирнова Т.А. Влияние занятий триатлоном на содержание некоторых гормонов и на энергетические субстраты в крови // Физиологический журнал. - 1989. - Т. 35, № 1. - С. 78-82.

11. Viru A., Karelson K., Smirnova T., Tendzekolskis Z. Dynamics of pituitary-adrenocortical activity during prolonged exercise // Clin. Physiol. - 1985. - Vol.5. - Suppl. 4.

12. Jürimäe T., Viru A., Karelson K., Smirnova T. Biochemical changes in blood during the long and short triathlon competition // J. Sports. Med. Phys. Fit. - 1989. - Vol. 29. - Suppl. 4. - P. 305-309.

13. Viru A., Karelson K., Smirnova T., Port K. Activity of the Pituitary-Adrenocortical System During Various Exercises // International Perspectives in Exercise Physiology. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois - 1990 - P. 160-165.

K. Karelson

Карельсон Калле Мейнхардович. ДИНАМИКА В ГОРМОНАЛЬНОМ АНСАМБЛЕ КРОВИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. На русском языке. Тартуский университет. ЭР, 202400, г.Тарту, ул.Дликоэли, 18. Подписано к печати 11.06.1990. Формат 60x90/16. Бумага писчая. Машинопись. Ротапринт. Учено-издательских листов 1,06. Печатных листов 1,25. Тираж 150. Заказ № 429. Бесплатно. Типография ТУ, ЭР, 202400, г.Тарту, ул.Тийги, 78.

Бесплатно