

ідеально підходить для учнів 7-9 класів для візуалізації таких тем як «Будова атома», «Балансування хімічних рівнянь», «Розчини та їх властивості», «Шкала рН». Симуляції мають ігрові елементи, що підвищує мотивацію.

- *ChemCollective*: віртуальна лабораторія, створена Університетом Карнегі-Меллон. Вона є незамінною для старшокласників та класів хімічного профілю. Ресурс вимагає від учня точних математичних розрахунків, самостійного приготування розчинів заданої молярності, проведення титрування та роботи зі спектрофотометром.
- *Mozaik Education (mozaWeb)*: платформа, що пропонує високоякісні 3D-сцени та мікро-симуляції. Хоча платформа є комерційною, вона пропонує потужний інструментарій для демонстрації складних хімічних структур, кристалічних ґраток та промислових хімічних виробництв.

Системне використання онлайн-лабораторій у процесі вивчення хімії в закладах загальної середньої освіти є об'єктивною вимогою часу та потужним засобом інтенсифікації освітнього процесу. Віртуальний хімічний експеримент не має на меті повністю витіснити роботу з реальним обладнанням, оскільки формування дрібної моторики та практичних навичок роботи з речовинами залишається фундаментальним завданням навчального предмета. Проте, інтеграція цифрових симуляцій дозволяє подолати бар'єри матеріально-технічного забезпечення, забезпечити абсолютну безпеку учнів, розширити спектр доступних для дослідження об'єктів та сприяє глибокому засвоєнню хімічних знань завдяки візуалізації мікропроцесів. Перспективи подальших досліджень у цій галузі полягають у розробці детальних методичних рекомендацій для вчителів щодо використання конкретних платформ у межах чинних навчальних програм.

Список використаних джерел

1. Бабенко О.М. Хімічний експеримент в умовах дистанційної освіти. *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. 2022. № 1(19). С. 123–131. URL: <https://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/12566>
2. Кривов'яз А.О., Кохан О.П., Сливка М.В. Віртуальні хімічні лабораторії, як альтернатива шкільного хімічного експерименту. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Хімія»*. 2025. № 1(53). С. 75–82. URL: <https://visnyk-khim.uzhnu.edu.ua/article/view/334348>
3. Rutten N., van Joolingen W.R., van der Veen J.T. The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*. 2012. Vol. 58, No. 1. P. 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>

Власенко К.А., Костюк Є.В.

СИНДРОМ НИЗЬКОГО Т3 ПРИ РІЗНИХ СИСТЕМНИХ ЗАХВОРЮВАННЯХ

Харківський національний медичний університет

e-mail: kavlasenko.1m24@knmu.edu.ua, yvkostiuk.2m24@knmu.edu.ua

Науковий керівник: Денисенко Світлана Андріївна

e-mail: sa.denysenko@knmu.edu.ua

Актуальність дослідження: синдром низького Т3 може бути у пацієнтів із хронічними системними захворюваннями та свідчить про вторинні порушення метаболізму тиреоїдних гормонів. Їх неправильна інтерпретація може призвести до помилкової постановки діагнозу гіпотиреозу та призначення неефективного лікування. Дослідження метаболізму даного синдрому має важливе значення для правильної оцінки стану пацієнтів та вибору відповідного лікування.

Мета дослідження: з'ясувати особливості синдрому низького Т3 та їх клінічне значення при різних системних захворюваннях.

Методи дослідження: аналіз і систематизація наукових та експериментальних даних.

Результати дослідження. Синдром низького Т3 (синдром нетиреоїдної патології) – це стан, за якого у пацієнта знижений рівень трийодтироніну (Т3) в крові, але немає первинного захворювання щитоподібної залози. Ці зміни не пов'язані з ураженням гіпоталамо-гіпофізарно-тиреоїдної системи, а свідчать про важкий стан організму. При цьому синдромі знижений рівень вільного Т3 при нормальній або трохи зниженій концентрації тиреотропного гормону (ТТГ) і вільного тироксину (Т4), в залежності від захворювання. Також може бути підвищення рівня зворотного трийодтироніну (rТ3), а співвідношення Т3/rТ3 є показником для діагностики цього синдрому. Проте його не завжди використовують у клінічній практиці, оскільки визначення rТ3 не входить до стандартних аналізів гормонів щитовидної залози. [1, 4]

Периферичний метаболізм тиреоїдних гормонів регулюється селенозалежними дейодиназами (D1, D2 та D3), які перетворюють різні форми йодтиронінів. При важких захворюваннях може бути порушення активності дейодиназ. Це призводить до зменшення перетворення Т4 на активний Т3 та збільшення утворення неактивного rТ3, і розвитку синдрому низького Т3. [3, 4]

У пацієнтів із синдромом низького Т3 зменшується утворення мРНК тиреоліберину (який стимулює секрецію ТТГ), і тому буде знижуватися синтез тиреоїдних гормонів. Водночас у гіпофізі підвищується активність ферменту D2, який сприяє перетворенню Т4 на активний Т3. Завдяки цьому в деяких тканинах може підтримуватися нормальний рівень гормону (локальний еутиреоз), навіть якщо в крові рівень Т3 знижений. Тобто, організм може компенсувати низький рівень Т3 у крові, збільшуючи його утворення в тих тканинах, де він потрібен. [1]

Зміни рівнів гормонів також пов'язані з білками-переносниками, зокрема тироксин-зв'язувальним глобуліном (TBG). При синдромі низького Т3 часто може бути зниження TBG, особливо у разі втрати білка організмом при нефротичному синдромі, тоді як захворювання печінки або ВІЛ можуть підвищувати рівень TBG. [1, 4]

Підвищення прозапальних цитокінів (інтерлейкіну-6, фактора некрозу пухлини тощо) сприяє зниженню рівня Т3 через пригнічення перетворення Т4 на активний Т3. Враховуючи виражений запальний процес більшості хронічних захворювань, це має важливе значення, адже подібні взаємозв'язки також виявлені при хронічному обструктивному захворюванні легень, Covid-19 та цукровому діабеті. Також за даними досліджень при туберкульозі понад 50% пацієнтів мають низький рівень Т3 за нормальних показників ТТГ, Т4. [2, 4]

При цукровому діабеті низький рівень Т3 пов'язаний із підвищеним рівнем глікозильованого гемоглобіну, порушенням активності дейодиназ, хронічним запаленням, інсулінорезистентністю та метаболічним синдромом. [4]

ВІЛ-інфекція сприяє розвитку синдрому низького Т3 через хронічний інфекційний процес та виснаження організму. Зниження рівня Т3 виявляється приблизно у 20% ВІЛ-інфікованих пацієнтів та до 50% – за наявності опортуністичних інфекцій. Для цієї групи характерні низькі рівні Т3 та підвищення тироксинзв'язуючого глобуліну, а також зміни rТ3. Визначення показників тиреоїдних гормонів у пацієнтів з ВІЛ ускладнюється можливою інфільтрацією щитовидної залози опортуністичними патогенами, впливом медикаментозної терапії, втратою маси тіла та синдромом відновлення імунітету. [1, 4]

При гострому інфаркті міокарда також може бути зниження Т3, Т4 та ТТГ, а рівень rТ3 підвищується. Чим тривала ішемія тим більш виражене буде зниження Т3. При покращенні стану пацієнта рівні гормонів нормалізуються протягом двох тижнів. У патогенезі цих змін бере участь оксидативний стрес, а протизапальна терапія може попередити розвиток синдрому низького Т3. [3, 5]

При застійній серцевій недостатності синдром зустрічається у 18-23% пацієнтів. Більш тяжкий перебіг захворювання супроводжується вираженішими порушеннями тиреоїдних гормонів, а зниження Т3 при цьому пов'язане з підвищеним ризиком смертності. [5]

При хронічній нирковій недостатності також спостерігається синдром низького Т3 через зниження перетворення Т4 в Т3. На відміну від інших захворювань, рівні rT_3 при цьому зазвичай в межах норми. Загальний та вільний Т4 будуть нормальними або злегка зниженими. Гемодіаліз не усуває дисбалансу тиреоїдних гормонів; відновлення нормальних показників можливе лише після трансплантації нирки. [1, 4]

Печінка бере участь у метаболізмі гормонів щитовидної залози, включаючи перетворення дейодиназами Т4 на Т3, синтез білків-переносників, та вивільнення гормонів в кровотік. Зважаючи на це, порушення її функціонування, зокрема цироз, жирова інфільтрація печінки, гепатити можуть сприяти розвитку синдрому низького Т3. [4]

Крім того, пацієнти з хронічними системними захворюваннями приймають препарати, що також можуть порушувати метаболізм тиреоїдних гормонів (β -блокатори при серцевій і печінковій патології, аміодарон при серцевій недостатності, літій при психічних розладах). [3, 5]

Висновки. Отже, розвиток синдрому низького Т3 вказує на важкий стан організму, внаслідок хронічних захворювань. Якщо стан пацієнта покращується, то рівні Т3 нормалізуються, але це залежить від тяжкості захворювання. Специфічна гормональна терапія не призначається, але це питання потребує подальшого дослідження.

Список використаних джерел

1. Fliers E., Boelen A. An update on non-thyroidal illness syndrome // Journal of Endocrinological Investigation. 2021. Vol. 44, No. 8. P. 1597–1607. <https://doi.org/10.1007/s40618-020-01482-4>
2. Gumus A., Ozyurt S., Ozcelik N., Yilmaz Kara B. Prevalence of non-thyroidal illness syndrome in COPD exacerbation and effect of hypoxaemia and hypercapnia on thyroid functions // Clinical Respiratory Journal. – 2020. – Vol. 14, No. 9. – P. 806–812. <https://doi.org/10.1111/crj.13200>
3. Shatynska-Mytsyk I., Tshngryan G., Makar O., Harbar M. Non-thyroidal illness syndrome in cardiology: insights into pathogenesis, diagnosis, and treatment approaches // World Journal of Medical Innovations. – 2024. – Vol. 4, No. 1. – P. 28–32. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13926581>
4. Vidart J., Jaskulski P., Kunzler A. L., Marschner R. A., de Azeredo da Silva A. F., Wajner S. Non-thyroidal illness syndrome predicts outcome in adult critically ill patients: a systematic review and meta-analysis // Endocrine Connections. – 2022. – Vol. 11, No. 2. – P. e210504. – <https://doi.org/10.1530/EC-21-0504>
5. Рудик Ю.С., Пивовар С.М. Синдром низького трийодтироніну та серцева недостатність: клінічні, фармакогенетичні й терапевтичні аспекти: монографія. – Харків: Дім Реклами, 2023. – 264 с.