

Bone Fractures among U.K. Vegans: Implications and Recommendations

[\[source\]](#)



by Jack Norris, RD

Table of Contents

- [Summary](#)
- [Introduction](#)
- [Miscellaneous Concerns](#)

Переломи кісток серед веганів Великобританії: наслідки та рекомендації



Джек Норріс, RD

Зміст

- [Резюме](#)
- [Вступ](#)
- [Різні проблеми](#)

- [Limitations of Observational Research](#)
- [Fracture Rates in Context](#)
- [Body Mass Index and Caloric Intake](#)
- [β-carotene and Vitamin A](#)
- [Zinc](#)
- [Selenium](#)
- [Iodine](#)
- [Vitamin D](#)
- [Calcium](#)
- [Protein](#)
- [Vitamin B12](#)
- [Vitamin K2](#)
- [Iron](#)
- [Resistance Training](#)
 - [Resistance Training among Vegans](#)
 - [Resistance Training among Omnivores](#)
 - [Yoga](#)
 - [Vibration Therapy](#)
- [Conclusion](#)
- [Appendices](#)
 - [Appendix A: Diet Category Changes in EPIC-Oxford](#)
 - [Appendix B: NSP and AOAC Fiber](#)
 - [Appendix C: Censoring Due to Death](#)
 - [Appendix D: Fracture Rates in the U.K. Compared to EPIC-Oxford](#)
 - [Appendix E: Calcium and Vitamin D Supplements in Elderly Women with Low Vitamin D Levels](#)
- [Bibliography](#)

Summary

A report from the EPIC-Oxford study found a higher rate of bone fractures among vegans without any obvious explanation. In this article, we examine the evidence of whether disordered eating or low intakes of β-carotene, zinc, selenium, iodine, vitamin D, calcium, protein, vitamin

- [Обмеження обсерваційних досліджень](#)
- [Частота переломів у контексті](#)
- [Індекс маси тіла та споживання калорій](#)
- [β-каротин і вітамін А](#)
- [Цинк](#)
- [Селен](#)
- [Йод](#)
- [Вітамін D](#)
- [Кальцій](#)
- [Білок](#)
- [Вітамін B12](#)
- [Вітамін K2](#)
- [Залізо](#)
- [Силові тренування](#)
 - [Силові тренування серед веганів](#)
 - [Силові тренування серед всеїдних](#)
 - [Йога](#)
 - [Вібраційна терапія](#)
- [Висновок](#)
- [Додатки](#)
 - [Додаток А: Зміни категорії дієти в EPIC-Oxford](#)
 - [Додаток В: Некрохмальні полісахариди і клітковина за методом AOAC](#)
 - [Додаток С: Цензура через смерть](#)
 - [Додаток D: Частота переломів у Великобританії порівняно з EPIC-Oxford](#)
 - [Додаток E: Добавки кальцію та вітаміну D у жінок похилого віку з низьким рівнем вітаміну D](#)
- [Бібліографія](#)

Резюме

У звіті дослідження EPIC-Oxford виявлено вищий рівень переломів кісток серед веганів без будь-яких очевидних пояснень. У цій статті ми досліджуємо докази того, чи може невпорядковане харчування або низьке споживання β-каротину, цинку, селену, йоду, вітаміну D,

B12, vitamin K2, or iron could be responsible for the increased fracture risk.

Of those variables, there's evidence for β -carotene and zinc, and somewhat less evidence for selenium. Vegans should pay particular attention to these nutrients (see [Daily Needs](#) for how).

Exercise involving weights and jumping is the most reliable way for otherwise healthy people to increase their bone mineral density (see [Resistance Training](#)). I highly encourage everyone to follow a program to strengthen their bones; talk to your health professional before initiating a program if you're injured or older.

Introduction

In November of 2020, a report from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition, Oxford (EPIC-Oxford) found vegans to have a higher rate of bone fractures than meat-eaters, fish-eaters, and lacto-ovo-vegetarians [[Tong, 2020](#)].

EPIC-Oxford is conducted in the United Kingdom and is one of two large cohort studies that contain a significant portion of vegetarians and vegans; the other is the Adventist Health Study-2 from the United States and Canada.

For this particular report, EPIC-Oxford recruited participants between 1993 and 2001, and followed them until 2016. At baseline, there were 29,380 meat-eaters, 8,037 fish-eaters, 15,499 vegetarians, and 1,982 vegans. The majority of participants had followed the same diet for years before the start of the study.

About half (55.4%) of the participants completed a second follow-up questionnaire in 2010 to see if they continued to follow their original diet. If a person had changed diet groups, any subsequent bone fractures were

кальцію, білка, вітаміну B12, вітаміну K2 або заліза бути причиною підвищеного ризику переломів.

Щодо всіх цих перерахованих змінних: є докази для β -каротину та цинку, і дещо менше доказів для селену. Вегани повинні звернути особливу увагу на ці поживні речовини (див. [Щоденні потреби](#)).

Вправи з обтяженнями та стрибки є найнадійнішим способом для здорових людей збільшити мінеральну щільність кісткової тканини (див. [Силові тренування](#)). Я наполегливо рекомендую всім дотримуватися програми вправ для зміцнення своїх кісток; поговоріть зі своїм медичним працівником перед початком програми, якщо ви маєте травму або у похилому віці.

Вступ

У листопаді 2020 року звіт Європейського проспективного дослідження раку та харчування в Оксфорді (EPIC-Oxford) виявив, що вегани мають більший рівень переломів кісток, ніж всеїдні, ті, хто їдять рибу та лакто-ово-вегетаріанці [[Tong, 2020](#)].

Спостереження в рамках EPIC-Oxford проводяться у Сполученому Королівстві і це дослідження є одним із двох великих когортних досліджень, які включають значну частину вегетаріанців і веганів; інше – Adventist Health Study-2 із Сполучених Штатів і Канади.

Для цього конкретного звіту EPIC-Oxford набрав учасників між 1993 і 2001 роками та спостерігав за ними до 2016 року. На початковому етапі було 29 380 всеїдних, 8 037 тих, хто їсть рибу, 15 499 вегетаріанців і 1 982 веганів. Більшість учасників дотримувались однієї дієти роками до початку дослідження.

Близько половини (55,4%) учасників заповнили другу повторну анкету в 2010 році, щоб повідомити, чи продовжують вони дотримуватися своєї початкової дієти. Якщо людина змінювала групу дієти, будь-які

assigned to their new diet group (more info in [Appendix A: Diet Category Changes](#)).

Over the 17.6 year follow-up period, there were 3,941 fractures including 945 hip, 889 wrist, 566 arm, 520 ankle, 366 leg, 204 vertebral, 164 rib, 99 clavicle, and 188 miscellaneous (such as in the head, hands, and feet). The researchers weren't able to determine how many fractures were due to trauma like auto accidents and how many were due to osteoporosis.

The study found that vegans had a 43% increased risk of total fractures (from Table 2, Model 2: HR 1.43, CI 1.20-1.70). For specific fracture sites, statistically significant findings were for the hip (HR 2.31, CI 1.66-3.22) and leg (HR 2.05, CI 1.23-3.41).

When the study population was divided by sex, compared to meat-eaters, the vegan men didn't have a significantly higher rate of total fractures (HR 1.18, CI 0.85-1.62) while the vegan women did have a significantly higher rate (HR 1.53, CI 1.24-1.88).

When the study population was divided into those with a body mass index (BMI) of <22.5 and ≥22.5, vegans with a lower BMI had a significantly higher risk of total fractures (HR 1.66, CI 1.32-2.08) while vegans with a higher BMI did not (HR 1.10, CI 0.80-1.49).

There's no question that vegans in EPIC-Oxford had a higher rate of bone fractures. But there's a difference between vegans having a higher rate of fractures due to being vegan versus due to another reason. The rest of this article is an attempt to dispassionately examine the evidence to try to figure out what, if anything, can or needs to be done to improve the fracture rates of vegans.

Miscellaneous Concerns

наступні переломи кісток відносили до її нової групи дієти (більше інформації див. [Додаток А: Зміни категорії дієти](#)).

Протягом 17,6 років спостереження було зареєстровано 3941 перелом, у тому числі 945 переломів стегна, 889 зап'ястя, 566 рук, 520 щиколоток, 366 ніг, 204 хребців, 164 ребра, 99 ключиць і 188 різних (наприклад, голови, рук, і ноги). Дослідники не змогли визначити, скільки переломів було спричинено травмами, наприклад автомобільними аваріями, а скільки — остеопорозом.

Дослідження показало, що вегани мали на 43% підвищений ризик загальних переломів (з таблиці 2, модель 2: HR 1,43, CI 1,20-1,70). Для конкретних місць перелому статистично значущі результати були для стегна (HR 2,31, CI 1,66-3,22) і гомілки (HR 2,05, CI 1,23-3,41).

Коли досліджувану популяцію розділили за статтю, порівняно з всеїдними учасниками, у чоловіків-веганів не було значно вищого показника загальних переломів (HR 1,18, CI 0,85-1,62), тоді як у жінок-веганів був значно вищий показник (HR 1,53, CI 1,24-1,88).

Коли досліджувану популяцію розділили на тих, у кого індекс маси тіла (ІМТ) <22,5 та ≥22,5, вегани з нижчим ІМТ мали значно вищий ризик загальних переломів (HR 1,66, CI 1,32-2,08), тоді як вегани з вищим ІМТ - ні (HR 1,10, CI 0,80-1,49).

Немає сумніву, що вегани в EPIC-Oxford мали вищий рівень переломів кісток. Але є різниця в розумінні причини: чи вегани мають вищий рівень переломів через те, що вони вегани, чи це відбувається в зв'язку з іншою причиною. Решта цієї статті є спробою безпристрасного вивчення доказів, щоб спробувати з'ясувати, що (якщо це взагалі необхідно) можна або потрібно зробити, щоб покращити частоту переломів у веганів.

Різні проблеми

There are a few concerns that we can quickly address with the information we have at this time.

Whole Foods: Some people suggested that vegans in the EPIC-Oxford cohort have generally poorer diets as shown by their lower fiber intake (28.9 g/day; [Sobiecki, 2016] Table 2) compared to the fiber intake of vegans in Adventist Health Study-2 (46.7 g/day, [Rizzo, 2013]).

Most of this discrepancy can be attributed to the different ways of measuring fiber between the two studies; if EPIC-Oxford had used the same method as Adventist Health Study-2, the vegan fiber intake would be in the range of 36.4 to 44.3 g/day. See [Appendix B: NSP and AOAC Fiber](#) for details.

It's also worth noting that in EPIC-Oxford the fiber intake for vegan women (26.4 g/day) and men (27.7 g/day) were significantly higher at baseline than for meat-eating women (18.9 g/day) and men (18.7 g/day) [Davey, 2003], suggesting that not eating enough whole plant foods is unlikely to be the explanation for the higher vegan fracture rate.

Update Feb 12, 2021: There's a counterpoint to a lack of whole foods not playing a role in the higher fracture rates of vegans in EPIC-Oxford. β -carotene is the one nutrient for which I think there's plausible evidence for impacting the fracture rates to a meaningful degree (see [β-carotene and Vitamin A](#) below).

The RDA is 700 retinol activity equivalents (RAE) for women and 900 for men. The food highest in β -carotene is carrot juice which contains about 1,140 RAE per 1/2-cup; carrot juice may or may not fit one's definition of a whole food. There are also processed foods such as sweet potato fries (274 RAE per cup) and pumpkin pie (about 100-150 RAE per slice) which contain fat that can aid the absorption of β -carotene. But the most common way to obtain β -carotene is through whole foods such as carrots (509 RAE per medium carrot), sweet potatoes (595 RAE per 1/2 medium),

Є кілька проблем, які ми можемо швидко вирішити за допомогою інформації, яку ми маємо на даний момент.

Повноцінне харчування: деякі люди припустили, що вегани в когорті EPIC-Oxford загалом мають нутритивно бідніші раціони, про що свідчить їхнє споживання клітковини (28,9 г/день; [Sobiecki, 2016] Таблиця 2) порівняно зі споживанням клітковини веганами в Adventist Health Study-2 (46,7 г/день, [Rizzo, 2013]).

Більшу частину цієї розбіжності можна пояснити різними способами вимірювання клітковини між двома дослідженнями; якби EPIC-Oxford використовував той самий метод, що й Adventist Health Study-2, споживання веганської клітковини було б у діапазоні від 36,4 до 44,3 г/день. Див. [Додаток B: NSP і AOAC Fiber](#).

Варто також зазначити, що в дослідженні EPIC-Oxford споживання клітковини жінками-веганками (26,4 г/день) і чоловіками (27,7 г/день) було значно вищим на початковому рівні, ніж всеїдними жінками (18,9 г/день) і чоловіками (18,7 г/день) [Davey, 2003], що свідчить про те, що недостатнє споживання цілісної рослинної їжі навряд чи є поясненням вищої частоти переломів серед веганів.

Оновлення від 12 лютого 2021 р.: існує паралельна гіпотеза, альтернативна тому, що відсутність цільної їжі не відіграє ролі у вищих показниках переломів серед веганів у EPIC-Oxford. β -каротин — це єдина поживна речовина, для якої, на мою думку, є переконливі докази значного впливу на частоту переломів (див. [β-каротин і вітамін А](#) нижче).

RDA для вітаміну А становить 700 еквівалентів активності ретинолу (RAE) для жінок і 900 RAE для чоловіків. Їжею з найбільшим вмістом β -каротину є морквяний сік, який містить приблизно 1140 RAE на 1/2 склянки; морквяний сік може відповідати чи не відповідати визначенню цільної їжі. Існують також оброблені харчові продукти, такі як солодка картопля фри (274 RAE на чашку) і гарбузовий пиріг (приблизно 100-150 RAE на шматочок), які містять жири, що може сприяти засвоєнню β -каротину. Але найпоширенішим способом отримання β -каротину є цільні продукти, такі як морква (509 RAE на

and spinach (472 RAE per 1/2-cup cooked). See [Vitamin A](#) for more foods.

Animal agriculture: A funder of EPIC-Oxford is listed as Wellcome Trust Our Planet Our Health (Livestock, Environment, and People). This is not a pro-livestock group. According to their [website](#), “LEAP – Livestock, Environment and People – is a Wellcome funded project investigating the environmental, human health, economic and social consequences of changing patterns of global consumption of meat and dairy. The project is based at the University of Oxford and we work with a wide network of formal and informal collaborators around the world.”

Self-reporting: Some suggested the EPIC-Oxford results were unreliable because people had self-reported their diet and exercise. That could be an understandable concern of people unfamiliar with how large observational studies are conducted, but self-reporting is the only practical way to measure diet in epidemiological studies which involve tens of thousands of people. An effort is normally made to determine how valid the surveying methods are and to eliminate any self-reporting that seems suspect.

“**Censoring due to death**”: See [Appendix C: Censoring Due to Death](#) for a short explanation as to why “censoring due to death” probably didn’t significantly impact the results.

Limitations of Observational Research

Results reported in nutrition research are almost always based on the idea that if a finding has a 5% chance or less of being due to random chance then it’s statistically significant. At Vegan Health, we normally follow the rule that statistically significant findings are meaningful while non-statistically significant findings are not. In other words, if group A has

середню моркву), солодка картопля (595 RAE на 1/2 середньої) і шпинат (472 RAE на 1/2 склянки вареної). Див. більше прикладів в статті [Вітамін А](#).

Тваринництво: спонсор EPIC-Oxford значиться як Wellcome Trust Our Planet Our Health (Livestock, Environment, and People). Це не група, яка підтримує тваринництво. Відповідно до їх [веб-сайту](#), «LEAP – Livestock, Environment, and People (тобто тваринництво, навколишнє середовище та люди) – це проект, що фінансується Wellcome і досліджує екологічні, економічні та соціальні наслідки зміни моделей споживання м’яса та молочних продуктів у світі. Проект базується в Оксфордському університеті, і ми працюємо з широкою мережею офіційних і неофіційних співробітників по всьому світу».

Самозвітування: деякі припускали, що результати EPIC-Oxford були ненадійними, оскільки люди самі повідомляли про свою дієту та фізичні вправи. Це може викликати зрозуміле занепокоєння людей, які не знайомі з тим, як проводяться великі обсерваційні дослідження, але самозвіти є єдиним практичним способом вимірювання дієти в епідеміологічних дослідженнях, які охоплюють десятки тисяч людей. Зазвичай докладаються зусилля, щоб визначити, наскільки обґрунтованими є методи опитування, і усунути будь-які самозвіти, які здаються підозрілими.

“**Цензура через смерть**”: Див. [Додаток С: Цензура через смерть](#) для короткого пояснення того, чому можлива “цензура через смерть”, ймовірно, не суттєво вплинула на результати.

Обмеження обсерваційних досліджень

Результати досліджень харчування майже завжди ґрунтуються на ідеї, що якщо з ймовірністю 5% або менше результат є випадковим, то він є статистично значущим. У Vegan Health ми зазвичай дотримуємося такого правила, що статистично значущі результати є суттєвими, а статистично незначущі – ні. Іншими словами, якщо група А має на 30% вищий відносний ризик, ніж група В, але різниця не є статистично

a 30% higher relative risk than group B, but the difference isn't statistically significant, we say that group A has the same risk as group B.

A 5% threshold for statistical significance has arguably resulted in too many false-positives. [\[Grimes and Schulz \(2012\)\]](#) argue that relative risks in cohort studies should be less than 0.5 or greater than 2.0 for a finding to be considered worthy of interest. [\[Harris and Zollner \(2022\)\]](#) go further in saying, "Yet, sometimes cohort studies can infer cause-effect determinations in a situation in which it is un-ethical to apply a treatment (eg, make people smoke cigarettes or drink large amounts of alcohol long-term) and results in double-digit RR consistently across similar studies."

For a related discussion also see [\[Ioannidis, 2008\]](#).

Using [Grimes and Schulz's standard](#) would likely wipe out many findings, both pro and con, regarding vegan nutrition. While this article is written using the usual 5% standard we should keep in mind that many of the associations described herein could be spurious despite reaching that threshold.

Fracture Rates in Context

What sort of difference in fracture rates does the increase found in vegans in EPIC-Oxford mean for the average person?

Based on Table 3 in [\[Tong et al. \(2020\)\]](#), the probability of a meat-eater suffering a fracture over the course of 10 years is 4.72%, whereas for a vegan the probability is 6.66%. If we were to observe 1,000 vegans and 1,000 meat eaters of similar age and sex over a 10-year period we would expect about 19 more vegans than meat-eaters to suffer a fracture.

значущою, ми говоримо, що група А має такий самий ризик, як і група В.

Порогове значення 5% для статистичної значущості, ймовірно, призвело до занадто великої кількості хибнопозитивних результатів. [\[Grimes and Schulz \(2012\)\]](#) стверджують, що відносні ризики в когортних дослідженнях повинні бути меншими за 0,5 або більшими за 2,0, щоб результати вважалися вартими інтересу. [\[Harris and Zollner \(2022\)\]](#) йдуть далі, кажучи: «Іноді когортні дослідження можуть зробити висновок про визначення причинно-наслідкових зв'язків у ситуації, коли застосування певних засобів є неетичним (наприклад, змушувати людей палити сигарети або вживати велику кількість алкоголю протягом тривалого періоду) і це послідовно результує у вигляді двозначного відносного ризику (RR) в схожих дослідженнях».

Для відповідного обговорення також див. [\[Ioannidis, 2008\]](#).

Використання [стандарту Граймса та Шульца](#), швидше за все, скасувало б багато висновків щодо веганського харчування, як позитивних, так і негативних. Хоча ця стаття написана з використанням звичайного стандарту 5%, ми повинні мати на увазі, що багато асоціацій, описаних тут, можуть бути фальшивими, незважаючи на досягнення цього порогу.

Частота переломів у контексті

Що для звичайної людини означає збільшення ризику переломів, виявлене у веганів в EPIC-Oxford?

На підставі таблиці 3 в [\[Tong et al. \(2020\)\]](#), ймовірність того, що всеїдна людина отримає перелом протягом 10 років, становить 4,72%, тоді як для вегана ймовірність становить 6,66%. Якби ми спостерігали за 1000 веганами та 1000 всеїдними однакового віку та статі протягом 10 років, ми очікували б, що вегани перелом будуть мати приблизно на 19 випадків більше.

How do fracture rates in EPIC-Oxford compare to the greater population of the United Kingdom? I made a crude comparison and they appeared to be roughly similar (see [Appendix D: Fracture Rates in the U.K. Compared to EPIC-Oxford](#)).

Body Mass Index and Caloric Intake

As mentioned in the introduction, right away, we know that the increased rate of fracture among vegans in this study is largely driven by women and those with a lower body mass index (BMI). This could lead us to think that a higher proportion of women with eating disorders are deciding to be vegan and that these women are more likely to have fractures.

The [Centers for Disease Control and Prevention](#) considers a BMI of 18.5 to 24.9 to indicate a “normal or healthy weight” [\[CDC, 2020\]](#). In EPIC-Oxford, the average BMI of vegans at baseline was 21.9 (SD 3.0) for women and 22.5 (SD 3.0) for men, compared to 24.3 (SD 4.2) and 24.9 (SD 3.3) for meat-eaters, respectively [\[Tong, 2020\]](#).

A 2014 meta-analysis of 25 cohort studies looking at body mass index (BMI) and bone fractures in women found that a BMI >30 is associated with a significant, modest reduction in fracture risk [\[Johansson, 2014\]](#). This appears to be due to a higher bone mineral density, as once bone mineral density is adjusted for the risk of fracture increases with a higher BMI.

Figure 1 in the paper shows that as BMI decreases from about 22.5 to 15, the rate of fracture, especially hip fracture, increases exponentially.

Який рівень переломів у когорті EPIC-Oxford порівняно з даними щодо більшої популяції - всего населення Сполученого Королівства? Я зробив грубе порівняння, і вони виявилися приблизно схожими (див. [Додаток D: Частота переломів у Великобританії порівняно з EPIC-Oxford](#)).

Індекс маси тіла та споживання калорій

Як згадувалося у вступі, ми відразу знаємо, що підвищений рівень переломів серед веганів у цьому дослідженні в основному базується на більшій частоті випадків у жінок-веганок та у тих веганах, хто має нижчий індекс маси тіла (ІМТ). Це може наштовхнути нас на думку, що більша частка жінок з розладами харчової поведінки вирішує стати веганками, і що у цих жінок є більша ймовірність переломів.

Центри з контролю та профілактики захворювань США ([CDC](#)) вважають, що ІМТ від 18,5 до 24,9 означає «нормальну або здорову вагу» [\[CDC, 2020\]](#). У EPIC-Oxford середній ІМТ веганів на початку становив 21,9 (Стандартне відхилення SD=3,0) для жінок і 22,5 (SD=3,0) для чоловіків у порівнянні з 24,3 (SD=4,2) і 24,9 (SD=3,3) для всеїдних відповідно [\[Tong, 2020\]](#).

Метааналіз 25 когортних досліджень 2014 року, присвячений індексу маси тіла (ІМТ) і переломам кісток у жінок, виявив, що ІМТ >30 асоціюється зі значним, помірним зниженням ризику переломів [\[Johansson, 2014\]](#). Схоже, це пов'язано з вищою мінеральною щільністю кісткової тканини, оскільки коли мінеральна щільність кісткової тканини скоригована на ризик переломів, вона зростає зі збільшенням ІМТ.

На малюнку 1 у статті показано, що коли ІМТ зменшується приблизно з 22,5 до 15, частота переломів, особливо переломів стегна, експоненціально зростає.

So far, this research is consistent with what was found among vegans in EPIC-Oxford: Low BMI is associated with an increased risk of hip fractures.

A more recent prospective, observational study from the Nurse's Health Study examined associations between BMI, waist circumference, and vertebral fracture risk among females with a follow-up time of about 12 years [Paik, 2019]. The average BMI in the lowest quintile was 19.8 (SD 1.1) and was not associated with an increased risk of fracture.

There isn't a lot of data on bone fractures in people with a very low BMI. A Danish study used a case-control method to follow women with eating disorders for 19.3 years [Frølich, 2020]. Women with less severe cases of anorexia nervosa (n=230) had an average lowest BMI of 15.5 and a higher risk of all fractures than healthy controls (IRR 1.7, CI 1.1-2.7), but not a higher risk of hip fractures (IRR 2.9, CI 0.4–12.3).

Those with a more severe case of anorexia nervosa (n=194) had an average nadir BMI of 14.4 and a much greater risk of all fractures (IRR 2.6, CI 1.8-3.7) and hip fractures (IRR 9.8, 3.6-27.7). Women with a less severe form of bulimia nervosa (n=170) had an average nadir BMI of 18.7 with no significantly elevated risk of fractures.

As with the vegans in EPIC-Oxford with a low BMI, the Danish women with severe cases of anorexia nervosa had high rates of hip fractures, but their BMI was likely much lower than the vegans in EPIC-Oxford. If the BMI for vegans is assumed to be normally distributed, then about 34% had a BMI between 18.9 and 21.9 (n=430), while about 13.5% had a BMI between 15.9 and 18.9 (n=171). The Danish women with average nadir BMIs closer to the likely BMIs of vegans in EPIC-Oxford didn't have a higher rate of fracture.

I wrote Dr. Tammy Tong of EPIC-Oxford asking about the possibility that very low BMIs among a small percentage of vegans drove the majority of the increased risk and she responded that this was not a likely explanation, saying "For BMI and calcium, the choice of categories were

Наразі це дослідження узгоджується з тим, що було виявлено серед веганів у EPIC-Oxford: низький ІМТ пов'язаний із підвищеним ризиком переломів стегна.

У нещодавньому проспективному обсерваційному дослідженні Nurse's Health Study вивчався зв'язок між ІМТ, окружністю талії та ризиком перелому хребта серед жінок із періодом спостереження приблизно 12 років [Paik, 2019]. Середній ІМТ у найнижчому квінтілі становив 19,8 (SD 1,1) і не був пов'язаний із підвищеним ризиком переломів.

Немає багато даних про переломи кісток у людей з дуже низьким ІМТ. Данське дослідження використовувало метод випадок-контроль для спостереження за жінками з розладами харчування протягом 19,3 років [Frølich, 2020]. Жінки з менш важкими випадками нервової анорексії (n=230) мали середній найнижчий ІМТ 15,5 і вищий ризик усіх переломів, ніж здорові жінки з контрольної групи (IRR 1,7, CI 1,1-2,7), але не вищий ризик переломів стегна (IRR 2,9, CI 0,4–12,3).

Жінки з більш важким випадком нервової анорексії (n=194) мали середній найнижчий ІМТ=14,4 і набагато більший ризик усіх типів переломів (IRR 2,6, CI 1,8-3,7) і переломів стегна (IRR 9,8, 3,6-27,7). Жінки з менш важкою формою нервової булімії (n=170) мали середній найнижчий ІМТ 18,7 без істотно підвищеного ризику переломів.

Як і у веганів у EPIC-Oxford з низьким ІМТ, датські жінки з важкими випадками нервової анорексії мали високий рівень переломів стегна, але їхній ІМТ, ймовірно, був набагато нижчим, ніж у веганів у EPIC-Oxford. Якщо припустити, що ІМТ для веганів має нормальний розподіл, то близько 34% мали ІМТ між 18,9 і 21,9 (n=430), тоді як приблизно 13,5% мали ІМТ між 15,9 і 18,9 (n=171). У данських жінок із середнім найнижчим ІМТ, ближчим до ймовірного ІМТ веганів у EPIC-Oxford, частота переломів не була вищою.

Я написав доктору Теммі Тонг з EPIC-Oxford, запитуючи про можливість того, що дуже низький ІМТ серед невеликого відсотка веганів спричиняє більшу частину підвищеного ризику, і вона відповіла, що це малоімовірне пояснення, сказавши: «Щодо ІМТ і

driven both by the distribution of data across all dietary groups, and also after being assured that the main associations could not be driven by the extreme categories, which we checked for in preliminary analyses.”

Synthesizing the above information would suggest that although having a lower BMI was associated with a higher fracture rate in vegans, there isn't evidence that it's due to a high rate of disordered eating. This conclusion might be hard to follow, so I want to explain it a bit more. Women with eating disorders so severe that they result in higher rates of fracture, especially hip fracture, have BMIs on average lower than the BMIs of the vegan women in EPIC-Oxford on the lower end of the BMI spectrum (as predicted by a normal distribution).

This isn't to say that the vegans in EPIC-Oxford didn't have a higher rate of eating disorders than the meat-eaters, but rather that even if they did have a higher rate of eating disorders, their general BMIs aren't as low as the average BMIs in women with eating disorders who have higher rates of fracture (compared to healthy controls). So there is likely something else about being vegan (with or without an eating disorder) that is driving the higher rate of fracture among vegans.

In addition to disordered eating, a variable that would obviously be correlated with low BMI is lower caloric intake. In Table S5, EPIC-Oxford reports fracture rates adjusted for caloric intake which showed a similar total fracture rate for vegans (HR 1.42, CI 1.19-1.69) as the rate not adjusted for caloric intake from Table 2 (HR 1.30, CI 1.08-1.56). However, in the model adjusted for caloric intake, they also adjusted for BMI which would likely ameliorate any strong finding for caloric intake alone.

We can't rule out that lower bone health could be a result of lower caloric intake, possibly leading to lower vitamin or mineral intakes among vegans.

кальцію, вибір категорій ґрунтувався як на розподілі даних між усіма дієтичними групами, так і на висновку, що основні асоціації не можуть бути зумовлені крайніми категоріями, які ми перевірили в попередньому аналізі».

Узагальнюючи наведену вище інформацію, можна припустити, що, хоча нижчий ІМТ пов'язаний із вищою частотою переломів у веганів, немає доказів того, що це пов'язано з високим рівнем неупорядкованого харчування. Цей висновок може бути важко зрозуміти, тому я хочу пояснити його трохи докладніше. Жінки з настільки серйозними розладами харчової поведінки, що призводять до вищої частоти переломів, особливо перелому стегна, мають ІМТ в середньому нижчий, ніж ІМТ жінок-веганок в EPIC-Oxford на нижній частині спектра ІМТ (як передбачувано нормальним розподілом).

Це не означає, що вегани в EPIC-Oxford не мали вищого рівня розладів харчової поведінки, ніж м'ясоїди, але радше те, що навіть якщо у них був вищий рівень розладів харчової поведінки, їхній загальний ІМТ не такий низький, як середній ІМТ у жінок з розладами харчової поведінки, які мають вищий рівень переломів (порівняно зі здоровими контрольними групами). Отже, ймовірно, у веганстві (з розладом харчової поведінки чи без нього) є щось інше, що сприяє вищому ризику переломів серед веганів.

На додаток до неупорядкованого харчування, змінною, яка, очевидно, корелює з низьким ІМТ, є низьке споживання калорій. У Таблиці S5 EPIC-Oxford повідомляє про частоту переломів, скориговану на споживання калорій, яка показала загальну частоту переломів для веганів (HR 1,42, CI 1,19-1,69), подібну до загальної частоти без скоригування на споживання калорій з Таблиці 2 (HR 1,30, CI 1,08-1.56). Однак у моделі, скоригованій за споживанням калорій, дослідники також скоригували дані за ІМТ, що, ймовірно, покращило будь-який вагомий висновок, який був би лише для корекції виключно за споживанням калорій.

Ми не можемо виключити, що погіршення здоров'я кісток може бути результатом меншого споживання калорій, що, можливо, призводить до зниження споживання вітамінів або мінералів серед веганів.

β-carotene and Vitamin A

Preformed versions of vitamin A, known as retinoids, can be provided by animal products in the diet, whereas plant products provide the precursors to vitamin A, with the primary precursor being β-carotene. The body more tightly regulates vitamin A levels when it's derived from precursors than when ingested as preformed vitamin A [Wu, 2014]. There are a variety of theoretical ways in which too much or too little vitamin A could impact bone health [Zhang, 2017] and the research has found a variety of associations in different directions.

In their meta-analysis of 13 prospective, observational studies on vitamin A and fractures, [Zhang et al. (2017)] found that higher total vitamin A or retinol intake might slightly decrease the risk of total fracture but increase the risk of hip fracture.

They also found that higher β-carotene intake slightly increases the risk of total fracture but not hip fracture. They observed a weak but positive influence of lower blood retinol levels on both total and hip fracture risk. They didn't provide either intake or plasma retinol amounts, making it hard to compare with those of vegans.

[Wu et al. (2014)] conducted a similar meta-analysis on an almost-identical set of studies as [Zhang et al.] and found an increased rate of bone fracture at both the high and low ends of plasma retinol levels. They calculated the optimal blood retinol level to be 1.99 to 2.31 μmol/l.

They write:

β-каротин і вітамін А

Преформований вітамін А, тобто ретиноїди, в раціоні може бути отриманий з продуктів тваринного походження, тоді як рослинні продукти забезпечують прекурсорами вітаміну А, причому основним прекурсором є β-каротин. Організм більш жорстко регулює рівень вітаміну А, коли він отриманий із прекурсорів, аніж коли він потрапляє у вигляді вже сформованого вітаміну А [Wu, 2014]. Існують різноманітні теоретичні механізми, за допомогою яких занадто багато або занадто мало вітаміну А може вплинути на здоров'я кісток [Zhang, 2017] і дослідження виявили різноманітні асоціації в різних напрямках.

У своєму мета-аналізі 13 проспективних обсерваційних досліджень вітаміну А та переломів, [Zhang et al. (2017)] виявили, що більший загальний прийом вітаміну А або ретинолу може дещо знизити ризик всіх видів переломів, але збільшити ризик перелому стегна.

Вони також виявили, що підвищене споживання β-каротину трохи збільшує ризик всіх видів переломів, але не перелому стегна. Вони спостерігали слабкий, але послідовний вплив зниження рівня ретинолу в крові як на загальний ризик переломів, так і на ризик перелому стегна. Автори не наводять ані рівні споживання, ані кількості ретинолу в плазмі, що ускладнює порівняння з ретинолом у веганів.

[Wu et al. (2014)] провели подібний мета-аналіз майже ідентичного набору досліджень, як і [Zhang et al.], і виявили збільшення частоти переломів кісток як при високому, так і при низькому рівнях ретинолу в плазмі. Вони підраховували оптимальний рівень ретинолу в крові, отримавши діапазон від 1,99 до 2,31 мкмоль/л.

Вони пишуть:

“The clinical implication of this study is that blood retinol level is a double-edged sword for the risk of hip fracture. To avoid the risk of hip fracture caused by too low or too high a level of retinol concentration, we suggest that intake of beta-carotene (a provitamin A), which is mainly from plant-based foods and should be converted (through a process adjusted by a feedback mechanism) to retinol in the blood, may be better than retinol from meat (fish, liver, poultry, or dairy foods), which will be directly absorbed into the blood after intake.”

In EPIC-Oxford, after 5.2 years of follow-up, there was no association between retinol intake and bone fractures, or between β -carotene intake and fractures [Key, 2007]. There was no separate analysis for vegans. The earliest nutrient intake report from EPIC-Oxford didn't include β -carotene [Davey, 2003].

A follow-up survey from EPIC-Oxford, conducted in 2010, found vegans to have β -carotene intakes of 451 RAE/day for women and 432 RAE/day for men, well below their respective DRIs of 700 RAE and 900 RAE [Sobiecki, 2016].

Of five studies measuring blood retinol levels of vegans (see the table below), one study, from Australia, found vegan levels to be slightly higher than recommended by Wu et al., while the other four studies, from Germany, found them to be lower. Note that [Wu et al.'s] blood retinol recommendations are for a much smaller range than what's considered normal and that vegans fall well within the normal reference ranges listed in the table below. The range of β -carotene intakes of vegans in [Li et al.] and [Schüpbach et al.] were quite wide such that many vegans were likely not meeting the DRI.

Vitamin A Intakes and Status among Different Diet Groups

“Клінічний зміст цього дослідження полягає в тому, що рівень ретинолу в крові є палкою з двома кінцями по відношенню до ризику перелому стегна. Щоб уникнути ризику перелому стегна, спричиненого надто низьким або надто високим рівнем концентрації ретинолу, ми думаємо, що споживання бета-каротину (провітаміну А), який в основному походить із продуктів рослинного походження та має бути перетворений (через процес, що регулюється механізмом зворотного зв'язку) до ретинолу в крові, може бути кращим, ніж споживання ретинолу з м'яса (риби, печінки, птиці або молочних продуктів), бо в останньому випадку ретинол буде безпосередньо всмоктуватися в кров після їжі.”

У дослідженні EPIC-Oxford після 5,2 років спостереження не було виявлено зв'язку між прийомом ретинолу та переломами кісток або між прийомом β -каротину та всіма видами переломів [Key, 2007]. Окремого аналізу для веганів не було. Найперший звіт EPIC-Oxford про споживання поживних речовин не включав β -каротин [Davey, 2003].

Подальше опитування EPIC-Oxford, проведене в 2010 році, виявило, що вегани споживають 451 RAE/день для жінок і 432 RAE/день для чоловіків, що значно нижче їхніх відповідних норм DRI 700 RAE і 900 RAE [Sobiecki, 2016].

З п'яти досліджень вимірювання рівня ретинолу в крові веганів (див. таблицю нижче) одне дослідження, проведене в Австралії, виявило, що рівень ретинолу у веганів був дещо вищим, ніж було рекомендовано Wu et al., тоді як інші чотири дослідження, проведені в Німеччині, виявили, що вони були нижче. Зауважте, що рекомендації [Wu et al.] щодо вмісту ретинолу в крові стосуються набагато меншого діапазону, ніж той, який вважається нормальним, і що вегани цілком відповідають нормальним референтним діапазонам, наведеним у таблиці нижче. Діапазон споживання β -каротину веганами в дослідженні [Li et al.] і [Schüpbach et al.] був досить широким, тому багато веганів, ймовірно, не споживали достатньо β -каротину відповідно до норм DRI.

Споживання вітаміну А та статус серед різних груп дієт

	Meat-Eaters	Lacto-Ovo	Vegan	Reference
Australia (Li, 2000)				
Number	78	43	18	
Intakes (RAE)			1,049	
Blood retinol (μmol/l)	3.1	2.8	2.7	
Switzerland (Schüpbach, 2017)				
Number	100	53	53	
Intakes (RAE)			739	
Blood retinol (μmol/l)	1.9	1.6	1.6	.92–2.76
Germany (Weikert, 2020)				
Number	36		36	
Intakes (RAE)			1,390	
Blood retinol (μmol/l)	2.1		1.8	1.46–2.84
Germany (Manzel, 2021)				
Number	36		36	
Blood retinol (μmol/l)	2.1		1.8	
Germany (Dawczynski, 2022)				
Number	65	65	58	
Intakes (RAE)	1,614	1,513	1,742	
Blood retinol (μmol/l)	1.6	1.7	1.4	1.46–2.85
EPIC-Oxford (Sobiecki, 2016)				
Male				
Number			269	
Intakes (RAE)			432	
Female				
Number			534	
Intakes (RAE)			451	

The table shows that vegans who eat more β-carotene than those in EPIC-Oxford had retinol levels lower than what [\[Wu et al.\]](#) recommend. It, therefore, seems possible that low β-carotene intakes among EPIC-Oxford vegans could have contributed to higher fracture rates. It's easy for most vegans to get enough β-carotene through common, whole foods such as carrots, but if you neglect such foods it's possible to be quite low (see [Daily Needs: Vitamin A](#) for sources and amounts). It's best to consume food sources of β-carotene with fat for optimal absorption.

	Всеїдні	Лакто-Ово	Вегани	Референтні значення
Австралія (Li, 2000)				
Кількість	78	43	18	
Споживання (RAE)			1049	
Ретинол крові (мкмоль/л)	3.1	2.8	2.7	
Швейцарія (Schüpbach, 2017)				
Кількість	100	53	53	
Споживання (RAE)			739	
Ретинол крові (мкмоль/л)	1.9	1.6	1.6	0.92–2.76
Німеччина (Weikert, 2020)				
Кількість	36		36	
Споживання (RAE)			1390	
Ретинол крові (мкмоль/л)	2.1		1.8	1,46–2,84
Німеччина (Manzel, 2021)				
Кількість	36		36	
Ретинол крові (мкмоль/л)	2.1		1.8	
Німеччина (Dawczynski, 2022)				
Кількість	65	65	58	
Споживання (RAE)	1614	1513	1742	
Ретинол крові (мкмоль/л)	1.6	1.7	1.4	1,46–2,85
EPIC-Oxford (Sobiecki, 2016)				
Чоловіки				
Кількість			269	
Споживання (RAE)			432	
Жінки				
Кількість			534	
Споживання (RAE)			451	

Таблиця показує, що у веганів, які споживають більше β-каротину, ніж у EPIC-Oxford, рівень ретинолу нижчий, ніж рекомендує [\[Wu et al.\]](#). Тому здається можливим, що низьке споживання β-каротину серед веганів в EPIC-Oxford могло сприяти вищій частоті переломів. Для більшості веганів легко отримати достатню кількість β-каротину за допомогою звичайних цільних продуктів, таких як морква, але якщо ви нехтуєте такими продуктами, то отримана кількість β-каротину може бути досить малою (див. також [Щоденні потреби: вітамін А](#)).

Zinc

Zinc is both a component of bone and also involved in many metabolic pathways that could impact bone health. The DRI for zinc is 11 mg for men and 9 mg for women. Vegans typically ingest close to the DRI through food, but there's a concern that lower zinc absorption from plant foods could interfere with many vegans reaching optimal zinc status.

Studying the relationship between zinc intake and disease is complicated by the fact that zinc comes in high-protein foods and often in conjunction with a number of other minerals. There's also no easy way to assess zinc status.

A 2021 meta-analysis of 40 studies examined associations between zinc intakes (both from food and supplements), serum zinc levels, bone mineral density and markers, and fracture risk [Ceylan, 2021]. Low serum zinc levels were associated with a higher rate of osteoporosis among case-control studies.

Caloric intake and zinc intake from supplements, but not from food, were associated with higher serum zinc levels. Zinc supplementation appeared to be associated with higher BMD at the femoral neck but lower BMD in the lumbar spine. Figure 6 of Ceylan et al. shows higher BMD in the lumbar spine and femur was associated with a serum zinc level of about 80 to 90 µg/dl.

The table below lists the zinc levels and intakes of vegans compared to those of meat-eaters and lacto-ovo-vegetarians in several studies, including from the EPIC-Oxford survey conducted in 2010.

Найкраще вживати продукти-джерела β-каротину з джерелами жирів для оптимального засвоєння.

Цинк

Цинк є компонентом кісток, а також бере участь у багатьох метаболічних шляхах, які можуть впливати на здоров'я кісток. Норми DRI для цинку становить 11 мг для чоловіків і 9 мг для жінок. Вегани зазвичай споживають з їжею близько норми DRI, але існує занепокоєння, що низьке засвоєння цинку з рослинної їжі може перешкодити багатьом веганам досягти оптимального рівня цинку.

Вивчення зв'язку між споживанням цинку та захворюваннями ускладнюється тим фактом, що цинк міститься в продуктах з високим вмістом білка і часто в поєднанні з низкою інших мінералів. Також немає простого способу оцінити надходження цинку окремо.

Метааналіз 40 досліджень 2021 року вивчив зв'язок між споживанням цинку (як з їжею, так і з добавками), рівнем цинку в сироватці крові, мінеральною щільністю і маркерами здоров'я кісткової тканини та ризиком переломів [Ceylan, 2021]. Низький рівень цинку в сироватці асоціювався з вищим рівнем остеопорозу в дослідженнях типу «випадок-контроль».

Споживання калорій і споживання цинку з добавками, але не з їжею, було пов'язане з вищим рівнем цинку в сироватці крові. Додавання цинку виявилось пов'язаним із вищою мінеральною щільністю кісткової тканини (МЩКТ) у шийці стегнової кістки, але нижчою МЩКТ у поперековому відділі хребта. Ілюстрація 6 в документі від Ceylan et al. показує більш високу МЩКТ у поперековому відділі хребта та стегновій кістці, що було пов'язано з рівнем цинку в сироватці крові приблизно від 80 до 90 мкг/дл.

У таблиці нижче наведено рівень цинку та споживання його веганами порівняно з всеїдними та лакто-ово-вегетаріанцями. Дані декількох

Zinc Status among Diet Groups in Europe				
	Meat-Eaters	Lacto-Ovo	Vegan	Reference
Germany (Vallboehmer, 2025)				
Number	65	45	18	
Intakes (mg)	NR	NR	NR	
Zinc-deficient based on intake (%)	1.5%	71.1%	94.4%	
Serum zinc (µg/dl)	83.0	78.2	64.9	≥70
Germany (Klein, 2023)				
Number	40	45	40	
Intakes (mg)	12.0	8.6	7.1	
Serum zinc (µg/dl)	64.9	64.7	60.4	60–120
Germany (Weikert, 2020)				
Number	36		36	
Intakes (mg)	11		12	
Blood zinc (µg/dl)	87.0		80.0	60–120
Switzerland (Schüpbach, 2017)				
Number	100	53	53	
Intakes (mg)	11.2	10.2	11.5	
Blood zinc (µg/dl)	85.0	78.0	72.0	70–130
EPIC-Oxford (Sobiecki, 2016)				
Male				
Number	3,798	1,516	269	
Intakes (mg)	10.9	10.9	9.4	
Female				
Number	14,446	5,157	534	
Intakes (mg)	10.4	10.0	8.4	

The vegans in EPIC-Oxford had zinc intakes lower than the vegans in the studies from Switzerland and Germany, and the vegans from Switzerland and Germany had lower average serum zinc levels than those associated with higher bone mineral density in Ceylon et al.’s meta-analysis. One study from Germany ([Vallboehmer, 2025](#)) found a high rate of zinc deficiency among vegans. This suggests that poor zinc status might have contributed to reduced bone health among vegans in EPIC-Oxford.

досліджень, у тому числі з опитування EPIC-Oxford, проведеного в 2010 році.

Статус цинку серед дієтичних груп у Європі				
	Всеїдні	Лакто-Ово	Вегани	Референтні значення
Німеччина (Vallboehmer, 2025)				
Кількість	65	45	18	
Споживання (мг)	NR	NR	NR	
З дефіцитом споживання цинку (%)	1.5%	71.1%	94.4%	
Цинк у сироватці крові (мкг/дл)	83.0	78.2	64.9	≥70
Німеччина (Klein, 2023)				
Кількість	40	45	40	
Споживання (мг)	12.0	8.6	7.1	
Цинк у сироватці крові (мкг/дл)	64.9	64.7	60.4	60–120
Німеччина (Weikert, 2020)				
Кількість	36		36	
Споживання (мг)	11		12	
Цинк у крові (мкг/дл)	87,0		80,0	60–120
Швейцарія (Schüpbach, 2017)				
Кількість	100	53	53	
Споживання (мг)	11,2	10,2	11,5	
Цинк у крові (мкг/дл)	85,0	78,0	72,0	70–130
EPIC-Oxford (Sobiecki, 2016)				
Чоловіки				
Кількість	3798	1516	269	
Споживання (мг)	10,9	10,9	9,4	
Жінки				
Кількість	14446	5157	534	
Споживання (мг)	10,4	10,0	8,4	

Вегани в EPIC-Oxford мали нижчий рівень споживання цинку, ніж вегани в дослідженнях зі Швейцарії та Німеччини, а вегани зі Швейцарії та Німеччини мали в середньому нижчий рівень цинку в сироватці крові, ніж рівень цинку, пов’язаний з вищою мінеральною щільністю кісток у метааналізі Ceylon та ін. Одне дослідження, проведене в Німеччині ([Vallboehmer, 2025](#)), виявило високий рівень дефіциту цинку серед веганів. Це свідчить про те, що низький рівень

Vegans should make an effort to include foods high in zinc or take a multivitamin or modest zinc supplement. See [Daily Needs](#) for recommendations.

Selenium

In a prospective study from the U.K. of 1,144 postmenopausal women, higher selenium levels were associated with greater bone mineral density at the hip, but not the lumbar spine, at study entry but not after 6 years of follow-up [[Hoeg, 2012](#)]. There was also no association between selenium levels and bone fractures after 6 years of follow-up.

In EPIC-Oxford, a follow-up survey sent to participants an average of 14.3 years after recruitment, found that a high percentage of vegetarians weren't meeting the estimated average requirement (EAR) for selenium [[Sobiecki, 2016](#)].

Selenium Intakes in EPIC-Oxford				
	Meat-Eaters	Fish-Eaters	Lacto-Ovo	Vegan
Males				
Number	3,798	782	1,516	269
Food only				
Selenium intake (µg/day)	69	72	55	62
Intake below U.S. EAR of 45 µg/day	12%	12%	43%	33%
Selenium supplement	5%	6%	4%	7%
Females				
Number	14,446	3,749	5,157	534
Selenium intake (µg/day)	66	64	45	52
Intake below U.S. EAR of 45 µg/day	14%	20%	60%	49%
Selenium supplement	5%	5%	4%	5%

цинку міг негативно вплинути на здоров'я кісток серед веганів у EPIC-Oxford.

Вегани повинні докладати зусиль, щоб включати продукти з високим вмістом цинку або приймати полівітаміни чи невеликі добавки цинку. Див. також [Щоденні потреби](#) щодо цинку.

Селен

У проспективному дослідженні, проведеному у Великобританії за участю 1144 жінок у постменопаузі, вищий рівень селену був пов'язаний із більшою мінеральною щільністю кісток у стегнах, але не в поперековому відділі хребта, на початку дослідження, але не після 6 років спостереження [[Hoeg, 2012](#)]. Також не було зв'язку між рівнем селену та переломами кісток після 6 років спостереження.

У опитуванні EPIC-Oxford, яке проводилося з учасниками в середньому через 14,3 року після первинного включення їх в дослідження, було виявлено, що високий відсоток вегетаріанців не відповідає орієнтовній середній потребі (EAR) у селені [[Sobiecki, 2016](#)].

Споживання селену в EPIC-Oxford				
	Всеїдні	Споживали рибу	Лакто-Ово	Вегани
Чоловіки				
Кількість	3798	782	1516	269
Тільки їжа				
Споживання селену (мкг/день)	69	72	55	62
Споживання нижче U.S. EAR 45 мкг/день	12%	12%	43%	33%
Добавка селену	5%	6%	4%	7%
Жінки				
Кількість	14446	3749	5157	534
Споживання селену (мкг/день)	66	64	45	52
Споживання нижче U.S. EAR 45 мкг/день	14%	20%	60%	49%
Добавка селену	5%	5%	4%	5%

Source: Sobiecki, 2016.

Selenium supplements didn't include multivitamins.

In the case of EPIC-Oxford, vegans had higher selenium intakes than lacto-ovo-vegetarians, whereas lacto-ovo-vegetarians had total fracture rates similar to meat-eaters (HR 1.07, CI 0.97-1.18). If selenium was increasing the fracture rates of vegans, it seems like it should be doing the same for lacto-ovo-vegetarians.

In contrast to selenium intakes being higher for vegans than lacto-ovo-vegetarians in EPIC-Oxford, selenium levels in toenails from the U.K. county of Norfolk showed significantly different selenium levels between omnivores (685 ng/g, n=67), lacto-ovo-vegetarians (591 ng/g, n=23), and vegans (541 ng/g, n=34). The authors reported that Norfolk's soil is high in selenium [[Judd, 1997](#)].

A cross-sectional study from Germany comparing 36 sex and age-matched omnivores and vegans found no significant difference between median plasma selenium levels: 77 µg/l vs. 68 µg/l, respectively [[Weikert, 2020](#)]. However, there was a significant difference in selenoprotein P levels which are more indicative of selenium status (omnivores: 5.0 mg/l; vegans: 3.3 mg/l). No reference range was provided and selenium intakes weren't measured.

In comparing the German vegans in Weikert et al. to the quintiles of women with higher bone mineral density in Hoeg et al., the vegans would have had low selenium plasma levels but adequate selenoprotein P levels.

While it's unlikely that poor selenium status explains a significant portion of the higher fracture rate in EPIC-Oxford, because selenium intakes can be low in vegan diets in some countries, it's important that vegans in those countries ensure an adequate source (see [Selenium](#)).

Джерело: Sobiecki, 2016.

Селенові добавки не включали полівітаміни.

У випадку EPIC-Oxford вегани споживали більше селену, ніж лакто-ово-вегетаріанці, тоді як лакто-ово-вегетаріанці мали загальну частоту переломів, подібну до м'ясоїдів (HR 1,07, CI 0,97-1,18). Якщо селен збільшував частоту переломів у веганів, здається, що він повинен робити те саме для лакто-ово-вегетаріанців.

На відміну від споживання селену, яке було вищим для веганів, ніж для лакто-ово-вегетаріанців у дослідженні EPIC-Oxford, рівні селену в нігтях на ногах у графстві Норфолк у Великобританії показали значну різницю між всеїдними (685 нг/г, n=67), лакто-ово-вегетаріанцями (591 нг/г, n=23) і веганами (541 нг/г, n=34). Автори повідомили, що ґрунт Норфолка має високий вміст селену [[Judd, 1997](#)].

Перехресне дослідження в Німеччині, яке порівнювало 36 всеїдних і веганів відповідної статі та віку, не виявило істотної різниці між середніми рівнями селену в плазмі: 77 мкг/л проти 68 мкг/л відповідно [[Weikert, 2020](#)]. Проте була значна різниця в рівнях селенопротеїну Р, які більше вказують на статус селену (всеїдні: 5,0 мг/л; вегани: 3,3 мг/л). Референтний діапазон не надано, і споживання селену не вимірювалося.

Якщо порівняти німецьких веганів у дослідженні Weikert та ін. з відповідно квінтилями жінок з вищою мінеральною щільністю кісткової тканини у дослідженні Hoeg та ін., то бачимо, що вегани мають низький рівень селену в плазмі, але достатній рівень селенопротеїну Р.

Хоча малоймовірно, що низький рівень селену пояснює значну частину вищої частоти переломів у EPIC-Oxford, оскільки споживання селену може бути низьким у веганських раціонах у деяких країнах, все є так важливо, щоб вегани в цих країнах були забезпечені адекватним джерелом селену (див. також статтю [Селен](#)).

Iodine

[[Lightowler and Davies \(1998\)](#)] found a urinary iodine concentration (UIC) for vegans in the U.K. well below what's considered healthy for a population, and the second-lowest average vegan UIC recorded to date. However, there are problems in using UIC to assess the iodine status of vegans (see [Urinary Iodine Concentrations of Vegans](#)).

Through chemical analysis, Lightowler found baseline iodine intakes from food to be 87 µg/day which, while far short of the RDA of 150 µg/day, approximates the mean daily iodine turnover of ~95 µg/day [[Zimmermann, 2012](#)].

Dietary iodine is absorbed at a rate of >92% [[Zimmermann, 2012](#)], leaving these UK vegans with a slightly lower intake, on average, than required for iodine turnover unless they were taking supplements. [[Key et al. \(1992\)](#)] found mostly normal thyroid hormone levels among vegan men from the U.K., with the notable exception being vegans who were likely receiving excessive iodine by supplementing with kelp. It's noteworthy that vegans supplementing with kelp in Key et al. had hypothyroidism rather than hyperthyroidism.

A meta-analysis of subclinical thyroid dysfunction examined data from 17 cohort studies [[Zhu, 2020](#)]. Subclinical hypothyroidism was not associated with an increased risk of any fracture ($P = 0.166$), hip fracture ($P = 0.068$), or spine fracture ($P = 0.818$). The only (barely) significant association between subclinical hypothyroidism and bone mineral density (BMD) was an increased BMD in the higher femur neck in women (weighted mean difference 0.04, CI 0.01-0.08, $P=0.026$). In contrast, subclinical hyperthyroidism (not hypo- !) was associated with an increased risk of fracture (RR 1.17, CI 1.08–1.26).

Йод

[[Lightowler and Davies \(1998\)](#)] виявили, що концентрація йоду в сечі (urinary iodine concentration, UIC) для веганів у Сполученому Королівстві значно нижча, ніж вважається здоровою для населення, і це другий найнижчий середній показник UIC для веганів, зареєстрований на сьогоднішній день. Однак існують проблеми з використанням UIC для оцінки йодного статусу веганів (див. розділ [Концентрація йоду в сечі веганів](#)).

За допомогою хімічного аналізу Lightowler виявив, що базове споживання йоду з їжею становить 87 мкг/день, що, хоча й значно менше ніж RDA 150 мкг/день, але наближається до середнього добового обороту йоду ~95 мкг/день [[Zimmermann, 2012](#)].

Йод із їжею засвоюється зі швидкістю >92% [[Zimmermann, 2012](#)], тому в середньому ці британські вегани отримували дещо нижче споживання, ніж потрібно для обороту йоду, якщо вони не приймали добавки. [[Key et al. \(1992\)](#)] виявили в основному нормальний рівень гормонів щитовидної залози серед чоловіків-веганів із Великобританії, за винятком веганів, які, ймовірно, отримували надмірну кількість йоду, вживаючи ламінарію. Слід зазначити, що вегани, які вживали ламінарію в їжу в дослідженні Key et al., мали гіпотиреоз, а не гіпертиреоз.

Мета-аналіз субклінічної тиреоїдної дисфункції вивчив дані 17 когортних досліджень [[Zhu, 2020](#)]. Субклінічний гіпотиреоз не асоціювався з підвищеним ризиком будь-якого перелому ($P = 0,166$), перелому стегна ($P = 0,068$) або перелому хребта ($P = 0,818$). Єдиним (ледь) значущим зв'язком між субклінічним гіпотиреозом і мінеральною щільністю кісткової тканини (МЩКТ) було збільшення МЩКТ у верхній частині шийки стегнової кістки у жінок (зважена середня різниця 0,04, CI 0,01-0,08, $P=0,026$). Навпаки, субклінічний гіпертиреоз (не гіпо- !) асоціювався з підвищеним ризиком переломів (RR 1,17, CI 1,08–1,26).

Given that there isn't an association between subclinical hypothyroidism and increased fracture rates in the general population and that while vegans in the United Kingdom might have low iodine intakes they still appear to have normal thyroid hormone levels, it seems unlikely that iodine could have played much of a role in the higher fracture rates found among vegans in EPIC-Oxford. It's still prudent for vegans to make sure they have a reliable source of iodine (see [Daily Needs](#)).

Vitamin D

One of the more obvious nutrients to consider when assessing bone health is vitamin D, which plays a significant role in calcium homeostasis.

EPIC-Oxford didn't measure vitamin D intakes or blood levels for all the participants and was therefore not able to adjust the fracture results for vitamin D status. However, a 2011 report from EPIC-Oxford measured the average vitamin D levels of a subset of participants. Meat-eaters (n=1,388) had an average vitamin D level of 77 nmol/l (95% CI 75-79 nmol/l) while vegans (n=89) had an average level of 56 nmol/l (95% CI 51-61 nmol/l) [[Crowe, 2011](#)].

Despite the lower vitamin D levels of vegans, their average vitamin D levels were well above the 30 nmol/l threshold determined by the Institute of Medicine (IOM) to be necessary for bone health. The IOM says, "Practically all persons are sufficient at serum 25(OH)D levels of at least 50 nmol/L," and that optimal vitamin D levels are 50 to 125 nmol/l [[Ross, 2011](#)].

EPIC-Oxford conducted a nested case-control study after 5 years of follow-up comparing the vitamin D levels of participants who had suffered a bone fracture with those who hadn't [[Roddam, 2007](#)]. The vitamin D was measured from blood samples that had been taken at recruitment and stored. The results showed no association between vitamin D levels and risk of fracture among men or women.

Враховуючи, що немає зв'язку між субклінічним гіпотиреозом і підвищеною частотою переломів у загальній популяції та що, хоча вегани у Сполученому Королівстві й можуть споживати низький рівень йоду, вони все ще мають нормальний рівень гормонів щитовидної залози, здається малоімовірним, що йод міг зіграти велику роль у вищій частоті переломів серед веганів у EPIC-Oxford. Для веганів все ще розумно переконатися, що вони мають надійне джерело йоду (див. [Щоденні потреби](#) щодо йоду).

Вітамін D

Однією з найбільш очевидних поживних речовин, яку слід враховувати при оцінці здоров'я кісток, є вітамін D, який відіграє важливу роль у гомеостазі кальцію.

EPIC-Oxford не вимірював споживання вітаміну D або рівень вітаміну D в крові для всіх учасників і тому не зміг скоригувати результати переломів для статусу вітаміну D. Однак у звіті EPIC-Oxford за 2011 рік було виміряно середній рівень вітаміну D у підгрупі учасників. Всеїдні (n=1388) мали середній рівень вітаміну D 77 нмоль/л (95% ДІ 75-79 нмоль/л), а вегани (n=89) мали середній рівень 56 нмоль/л (95% ДІ, 51-61 нмоль/л) [[Crowe, 2011](#)].

Незважаючи на нижчий рівень вітаміну D у веганів, їхній середній рівень вітаміну D був значно вищим за межу 30 нмоль/л, визначену Інститутом медицини США (ІОМ) як необхідну для здоров'я кісток. ІОМ заявляє: «Практично для всіх людей рівень 25(OH)D у сироватці крові щонайменше 50 нмоль/л є достатнім», а оптимальні рівні вітаміну D становлять від 50 до 125 нмоль/л [[Ross, 2011](#)].

EPIC-Oxford провів вкладене дослідження типу «випадок-контроль» після 5 років спостереження, порівнюючи рівні вітаміну D в учасників, які зазнали перелому кістки, з тими, в кого переломів не було [[Roddam, 2007](#)]. Вітамін D вимірювали у зразках крові, які були взяті під час набору учасників та збережені. Результати показали

Based on this evidence, it's unlikely that lower vitamin D status played a significant role in the higher fracture rate of vegans in EPIC-Oxford.

Calcium

A 2009 meta-analysis on the bone mineral density of vegetarians concluded that vegans have statistically significant, moderately lower bone mineral density than meat-eaters, but that it's unlikely to result in a clinically important increase in fracture risk [[Ho-Pham, 2009](#)].

In 2007, a 5-year follow-up report from EPIC-Oxford found that vegans had a higher fracture rate than meat-eaters (IRR 1.30, CI 1.02-1.66) that was ameliorated upon adjusting for calcium intake (IRR 1.15, CI .89-1.49) [[Appleby, 2007](#)]. Among participants who obtained ≥ 525 mg/day of calcium (only 55% of the vegans compared to ~95% of the other diet groups), vegans had a similar fracture rate as meat-eaters (IRR 1.00, CI .69-1.44).

The study didn't give the average calcium intake of the vegans who obtained 525 mg/day or more, but it was possible to calculate that at a minimum, their average calcium intake was 640 mg. As of 2007, low calcium intake had full explanatory power for the higher fracture rate of vegans in EPIC-Oxford.

Now let's take a look at the relationship between calcium intake and fracture risk outside of EPIC-Oxford.

A meta-analysis of 44 cohort studies found that dietary calcium between about 800 to 1,000 mg per day isn't associated with risk of fracture, and there's no evidence that increasing dietary calcium within that range or higher prevents fractures [[Bolland, 2015](#)]. (An exception is that calcium

відсутність зв'язку між рівнем вітаміну D і ризиком переломів серед чоловіків і жінок.

Виходячи з цих доказів, малоймовірно, що низький рівень вітаміну D відігравав значну роль у вищій частоті переломів у веганів у EPIC-Oxford.

Кальцій

Мета-аналіз мінеральної щільності кісткової тканини вегетаріанців у 2009 році зробив висновок, що вегани мають статистично значущу, помірно нижчу мінеральну щільність кісткової тканини, ніж всеїдні люди, але це навряд чи призведе до клінічно важливого підвищення ризику переломів [[Ho-Pham, 2009](#)].

У 2007 році 5-річний звіт EPIC-Oxford показав, що у веганів частота переломів вище, ніж у м'ясоїдів (IRR 1,30, CI 1,02-1,66), яка зменшилася після коригування на споживання кальцію (IRR 1,15, CI 0,89-1,49) [[Appleby, 2007](#)]. Серед учасників, які отримували ≥ 525 мг/день кальцію (тільки 55% веганів порівняно з ~95% з інших дієтичних груп), вегани мали подібну частоту переломів, як і м'ясоїди (IRR 1,00, CI 0,69-1,44) .

Дослідження не вказувало середнє споживання кальцію веганами, які отримували 525 мг/день або більше, але можна було підрахувати, що як мінімум їхнє середнє споживання кальцію становило 640 мг. Станом на 2007 рік низьке споживання кальцію мало пояснення вищої частоти переломів у веганів у EPIC-Oxford.

Тепер давайте подивимося на зв'язок між споживанням кальцію та ризиком переломів за межами EPIC-Oxford.

Метааналіз 44 когортних досліджень виявив, що надходження кальцію з раціону в межах від приблизно 800 до 1000 мг на день не пов'язане з ризиком переломів, і немає жодних доказів того, що збільшення кальцію в раціоні всередині цього діапазону або вище запобігає

and vitamin D supplements have been found to help women aged 69 to 106 years old who normally have low calcium intake and poor vitamin D status; see [Appendix E: Calcium and Vitamin D Supplements in Elderly Women with Low Vitamin D Levels](#)).

Among omnivores with lower calcium intakes, there have been mixed results with some studies finding an increased risk of fracture among people with very low calcium intakes of about 300 mg/day or less [[Xu, 2004](#)].

A prospective, observational study of Koreans measured fracture rates of an older population with relatively low calcium intakes [[Kong, 2017](#)]. Quartiles of calcium intake for women were 178, 314, 455, and 778 mg per day, and for men were 208, 344, 489, and 803 mg per day. After 9 years, there was no association between calcium intake and fracture risk for men or women.

An observational study from Sweden followed 61,433 women for 19 years [[Warensjö, 2011](#)]. They were divided into quintiles of calcium intake (<751, 751-882, 882-996, 996-1,137, and >1,137). Calcium intakes below ~700 mg per day were associated with an increased risk of hip fracture, any fracture, and osteoporosis. Within the lowest quintile, the risk of fracture increased for every 100 mg decrease in calcium intake (first fracture: HR 1.08, CI 1.04-1.11; hip fracture: HR 1.07, CI 1.01-1.13). The paper provided a graph of hip fractures showing little change between calcium intakes of 700-1,000 mg/day, but a steady, exponential increase as intakes decrease from 700 to 400 mg/day.

In EPIC-Oxford's 2020 report, results were adjusted for calcium intakes using a stratification method with the categories <525, 525–699, 700–899, 900–1199, ≥1200 mg/day. In Table 2, they report fracture rates of vegans compared to meat-eaters adjusted for all variables except calcium and protein (HR 1.43, CI 1.20-1.70) and for all variables including calcium but not protein (HR 1.31, CI 1.10-1.57).

переломам [[Bolland, 2015](#)]. (Винятком є те, що добавки кальцію та вітаміну D, як було встановлено, допомагають жінкам віком від 69 до 106 років, які зазвичай мають низьке споживання кальцію та поганий статус вітаміну D; див. [Додаток Е: Добавки кальцію та вітаміну D у жінок похилого віку з низьким рівнем вітаміну D](#)).

Серед всеїдних людей із низьким споживанням кальцію були неоднозначні результати: деякі дослідження виявили підвищений ризик переломів серед людей із дуже низьким споживанням кальцію приблизно 300 мг/день або менше [[Xu, 2004](#)].

Проспективне обсерваційне дослідження корейців вимірювало частоту переломів серед літнього населення з відносно низьким споживанням кальцію [[Kong, 2017](#)]. Квартилі споживання кальцію для жінок становили 178, 314, 455 і 778 мг на день, а для чоловіків — 208, 344, 489 і 803 мг на день. Через 9 років не було виявлено жодного зв'язку між споживанням кальцію та ризиком переломів у чоловіків чи жінок.

Обсерваційне дослідження в Швеції спостерігало за 61 433 жінками протягом 19 років [[Warensjö, 2011](#)]. Вони були розділені на квінтилі споживання кальцію (<751, 751-882, 882-996, 996-1137 і >1137). Споживання кальцію нижче ~700 мг на день було пов'язане з підвищеним ризиком перелому стегна, будь-якого перелому та остеопорозу. У межах найнижчого квінтиля ризик переломів зростав на кожні 100 мг зниження споживання кальцію (перший перелом: HR 1,08, CI 1,04-1,11; перелом стегна: HR 1,07, CI 1,01-1,13). У документі наведено графік переломів стегна, що показує невеликі зміни між споживанням кальцію 700-1000 мг/день, але постійне, експоненціальне збільшення, коли споживання зменшується від 700 до 400 мг/день.

У звіті EPIC-Oxford за 2020 рік результати були скориговані за споживанням кальцію за допомогою методу стратифікації з категоріями <525, 525–699, 700–899, 900–1199, ≥1200 мг/день. У таблиці 2 вони повідомляють про ризики переломів у веганів порівняно з всеїдними людьми, скориговані за всіма параметрами,

That the HR decreased suggests low calcium intakes might have had a small impact on the higher rate of fracture among vegans. In a sub-analysis (Table 4), they found that among participants with calcium intakes ≥ 700 mg/day, vegans still had a higher risk of total fractures (HR 1.50, CI 1.12-1.99). In private correspondence, Dr. Tammy Tong of EPIC-Oxford said that preliminary testing of the results showed that the higher fracture rates of vegans weren't driven by the extreme categories of calcium intake.

In a 2016 report from EPIC-Oxford, calcium intake for vegans, lacto-ovo-vegetarians, and meat-eaters was 839 mg, 1,099 mg, and 1,078 mg for women, and 862 mg, 1,153 mg, and 1,120 mg for men [[Sobiecki, 2016](#)]. In a 2003 report from EPIC-Oxford, calcium intake for vegans, lacto-ovo-vegetarians, pesco-vegetarians, and meat-eaters was 582 mg, 1,012 mg, 1,021 mg, and 989 mg for women, and 610 mg, 1,087 mg, 1,081 mg, and 1,057 mg for men [[Davey, 2003](#)].

Putting all the research together, it's unlikely that low calcium intake accounts for much of the fracture rates among vegans, but it's prudent for vegans to ensure a dietary calcium intake of 700 mg/day, which is the United Kingdom's recommendation for adults [[Theobald, 2005](#)]. I hesitate not to recommend the full U.S. RDA for adults of 1,000 or 1,200 mg (depending on age and sex), but the data indicate that about 800 to 850 mg is likely adequate.

There are concerns about supplements increasing the risk of artery calcification, although these concerns probably aren't relevant to people on the lower end of calcium intakes (more info in [Safety of Calcium Supplements](#)).

Protein

крім кальцію та білка (HR 1,43, CI 1,20-1,70) і за всіма змінними, включаючи кальцій, але не білок (HR 1,31, CI 1,10-1,57). .

Те, що коефіцієнт ризику (hazard ratio, HR) знизився, свідчить про те, що низьке споживання кальцію могло мати невеликий вплив на більш високий рівень переломів серед веганів. Під час субаналізу (таблиця 4) автори виявили, що серед учасників із споживанням кальцію ≥ 700 мг/день вегани все ще мали вищий ризик загальних переломів (HR 1,50, CI 1,12-1,99). У приватному листуванні доктор Теммі Тонг з EPIC-Oxford сказала, що попереднє тестування результатів показало, що вищий рівень переломів у веганів не був зумовлений екстремальними категоріями споживання кальцію.

У звіті EPIC-Oxford за 2016 рік споживання кальцію для веганів, лакто-ово-вегетаріанців і всеїдних людей становило 839 мг, 1099 мг і 1078 мг для жінок і 862 мг, 1153 мг і 1120 мг для чоловіків відповідно [[Sobiecki, 2016](#)]. У звіті EPIC-Oxford за 2003 рік споживання кальцію для веганів, лакто-ово-вегетаріанців, песко-вегетаріанців і всеїдних людей становило 582 мг, 1012 мг, 1021 мг і 989 мг для жінок і 610 мг, 1087 мг, 1081 мг і 1057 мг для чоловіків відповідно [[Davey, 2003](#)].

З огляду на всі дослідження, малоймовірно, що низьке споживання кальцію є причиною більшої кількості переломів серед веганів, але веганам доцільно забезпечити споживання кальцію на рівні 700 мг/день, що є рекомендацією Сполученого Королівства для дорослих [[Theobald, 2005](#)]. Я вагаюся не рекомендувати повну рекомендовану добову дозу США для дорослих у 1000 або 1200 мг (залежно від віку та статі), але дані показують, що приблизно 800-850 мг є достатніми.

Існують занепокоєння щодо того, що добавки підвищують ризик кальцифікації артерій, хоча ці занепокоєння, ймовірно, не стосуються людей, які мають надходження кальцію ближче до нижньої межі споживання (більше інформації див. [Безпечність добавок кальцію](#)).

Білок

Vegans tend to have lower protein intakes, both in absolute amounts and as a percentage of calories, and the impact of protein on bone health has been a source of controversy in the vegan community.

[\[Shams-White et al. \(2017\)\]](#) explain that early studies suggested that higher protein intakes, especially animal protein, increase urinary calcium excretion. While it was originally thought that this excreted calcium comes from the demineralization of bones, research in the 2000s showed that this calcium comes from the diet by way of increased absorption. Because protein is a major component of bone, others have speculated that increased protein can help prevent bone loss due to aging.

A meta-analysis of 20 prospective observational studies and 16 randomized controlled trials found no significant association between dietary protein and fracture risk [\[Shams-White, 2017\]](#). There was some evidence that more protein reduced bone loss of the lumbar spine among older adults.

The study was supported by the Egg Nutrition Center and Dairy Management Inc. who were said not to have had any role in the design, analysis, interpretation, or presentation of the data or the results.

One study from France (included in the meta-analysis by Shams-White et al.) found that among women with calcium intakes lower than 400 mg/day, protein intake, which they suggested was mostly animal protein, increased the risk of fracture [\[Dargent-Molina, 2008\]](#).

In EPIC-Oxford's 2020 report, a stratification method was used to adjust for protein using categories of <13%, 13–14.4%, 14.5–15.9%, 16–18.0%, and ≥18.1% of energy. In Table 2, they report fracture rates of vegans compared to meat-eaters adjusted for all variables except calcium and protein (HR 1.43, CI 1.20-1.70) and for all variables including protein but not calcium (HR 1.39, CI 1.16-1.67); that the HR decreased suggests low protein intakes might have had a small impact on the increased rate of fracture among vegans.

Вегани, як правило, споживають менше білка, як в абсолютних кількостях, так і у відсотках від калорій, і вплив білка на здоров'я кісток є джерелом суперечок у спільноті веганів.

[\[Shams-White et al. \(2017\)\]](#) пояснюють, що ранні дослідження показали, що більш високе споживання білка, особливо білка тваринного походження, збільшує виведення кальцію з сечею. Хоча спочатку вважалося, що виведений кальцій походить від демінералізації кісток, дослідження 2000-х років показали, що цей кальцій надходить з раціону шляхом посиленого засвоєння. Оскільки білок є основним компонентом кістки, інші автори припускали, що збільшення білка може допомогти запобігти втраті кісткової маси через старіння.

Мета-аналіз 20 проспективних обсерваційних досліджень і 16 рандомізованих контрольованих досліджень не виявив істотного зв'язку між надходженням білку з раціоном і ризиком переломів [\[Shams-White, 2017\]](#). Існують деякі докази того, що більша кількість білка зменшує втрату кісткової маси в поперековому відділі хребта серед літніх людей.

Дослідження було підтримано Egg Nutrition Center і Dairy Management Inc., які, як стверджується, не брали жодної ролі в розробці, аналізі, інтерпретації чи представленні даних або результатів.

Одне дослідження у Франції (включене в мета-аналіз Shams-White et al.) показало, що серед жінок, які споживають менше 400 мг кальцію на день, споживання білка, який, як вони припустили, був переважно тваринним, підвищує ризик переломів [\[Dargent-Molina, 2008\]](#).

У звіті EPIC-Oxford за 2020 рік для коригування білка використовувався метод стратифікації з використанням категорій <13%, 13–14,4%, 14,5–15,9%, 16–18,0% і ≥18,1% від загальної калорійності раціону. У таблиці 2 вони повідомляють про ризики переломів у веганів порівняно з м'ясоїдами, скориговані за всіма параметрами, крім кальцію та білка (HR 1,43, CI 1,20-1,70) і за всіма змінними, включаючи білок, але не кальцій (HR 1,39, CI 1,16-1,67); те, що коефіцієнт ризику HR знизився, свідчить про те, що низьке

Given that the protein adjustment was based on the percentage of calories and that vegans in EPIC-Oxford have a significantly lower average caloric intake than meat-eaters, the protein adjustment might not have captured a higher rate of fracture among those with much lower absolute protein intakes. However, in Table 4, all participants with dietary protein intakes above .75 g/kg of body weight were compared and vegans still had a higher rate of fracture (HR 1.52, CI 1.24-1.87).

Based on this evidence, it's unlikely that lower protein intake played a significant role in the higher fracture rate of vegans in EPIC-Oxford.

Vitamin B12

Vitamin B12 isn't normally thought of as a nutrient associated with bone health, but there's evidence that it's related.

[\[Goerss et al. \(1992\)\]](#) found that people with pernicious anemia (an inability to absorb vitamin B12) had a higher rate of bone fracture. In contrast, in their systematic review of studies measuring associations between poor vitamin B12 status and bone fractures, [\[Macêdo et al \(2017\)\]](#) found an increased risk in only 3 of 17 studies. It's possible that a study of people with pernicious anemia could be more applicable to vegans as individuals in both groups might go extended periods without a source of B12.

Two cross-sectional studies, one from Slovakia on female lacto-ovo-vegetarians [\[Krivosikova, 2009\]](#) and one from Germany on male lacto-ovo-vegetarians and vegans [\[Herrmann, 2009\]](#), found associations between poor B12 status and markers of bone health. Although I would consider the associations fairly weak (see [Vitamin B12](#)

споживання білка могло мати невеликий вплив на збільшення частоти переломів серед веганів.

З огляду на те, що коригування щодо білка базувалося на відсотковому співвідношенні калорій і що вегани в EPIC-Oxford мають значно нижче середнє споживання калорій, ніж всеїдні люди, коригування за білком могло не зафіксувати вищий рівень переломів серед тих, хто має набагато нижче абсолютне споживання білку. Однак у таблиці 4 автори порівнювали всіх учасників, які мали споживання білку в раціоні понад 0,75 г/кг маси тіла, і вегани все одно мали вищий рівень переломів (HR 1,52, CI 1,24-1,87).

Виходячи з цих доказів, малоімовірно, що низьке споживання білка відіграло значну роль у вищій частоті переломів у веганів у EPIC-Oxford.

Вітамін B12

Вітамін B12 зазвичай не вважається поживною речовиною, пов'язаною зі здоров'ям кісток, але є докази того, що він має вплив.

[\[Goerss et al. \(1992\)\]](#) виявили, що люди з перніціозною анемією (нездатністю засвоювати вітамін B12) мають більший рівень переломів кісток. Навпаки, у своєму систематичному огляді досліджень, що вимірюють зв'язок між низьким вмістом вітаміну B12 і переломами кісток, [\[Macêdo et al \(2017\)\]](#) виявили підвищений ризик лише в 3 із 17 досліджень. Цілком можливо, що дослідження людей з перніціозною анемією може бути більш доречним для веганів, оскільки люди в обох групах дослідження мали б тривалий час обходитися без джерела B12.

Два перехресних дослідження, одне зі Словаччини з участю жінок лакто-ово-вегетаріанців [\[Krivosikova, 2009\]](#) і одне із Німеччини за участю чоловіків лакто-ово-вегетаріанців і веганів [\[Herrmann, 2009\]](#), виявили зв'язок між поганим статусом B12 і маркерами здоров'я кісток. Хоча я б вважав асоціації досить слабкими (див. [Вітамін B12 і](#)

[and Bone Mineral Density](#)), they provide evidence that poor B12 status might play a role in fracture risk among vegans.

The average B12 levels associated with bone turnover markers in Herrmann et al. was 141 pmol/l. In EPIC-Oxford, a sub-analysis [[Gillsing, 2010](#)] found male vegans to have significantly lower serum B12 levels (122 pmol/l, n=232) than male meat-eaters (281 pmol/l, n=226) and within the range associated with poor bone health found by Herrmann et al. Vitamin B12 status of EPIC-Oxford participants has only been studied among men.

Despite male vegans in EPIC-Oxford having lower B12 status, the fracture rates were only significantly elevated among vegan women. This would suggest that B12 didn't play a major role in the fracture rates unless vegan women had even lower B12 status than vegan men.

A baseline report from EPIC-Oxford showed a similar vitamin B12 intake among vegan men (.41 µg/day) and women (.49 µg/day). While these intakes are quite a bit lower than the RDA of 2.4 µg, supplements weren't included in the assessment [[Davey, 2003](#)] and we can't tell from this info if B12 status would be expected to be different between male and female vegans.

One other possibility is that low B12 status impacts bone health for women more than men. While I'm not aware of any research, given that postmenopausal women suffer fractures at higher rates than men, it doesn't seem impossible that B12 levels could be more important for women.

Of course, all vegans should ensure a reliable source of vitamin B12 regardless of its potential impact on bones (see [Daily Needs](#)).

Vitamin K2

[мінеральна щільність кісток](#)), вони надають докази того, що низький статус B12 може відігравати роль у ризику переломів серед веганів.

Середні рівні B12, пов'язані з маркерами метаболізму кісток у Herrmann et al. становив 141 пмоль/л. У EPIC-Oxford субаналіз [[Gillsing, 2010](#)] виявив, що у чоловіків-веганів рівень B12 у сироватці крові (122 пмоль/л, n=232) значно нижчий, ніж у всеїдних чоловіків (281 пмоль/л, n=226), і в межах діапазону, пов'язаного з поганим здоров'ям кісток, виявленого Herrmann та ін. Статус вітаміну B12 учасників EPIC-Oxford досліджувався лише серед чоловіків.

Незважаючи на те, що чоловіки-вегани в EPIC-Oxford мали нижчий статус B12, показники переломів були значно вищими лише серед жінок-веганок. Це свідчить про те, що B12 не відіграє великої ролі в частоті переломів, якщо тільки жінки-вегани не мають навіть нижчого статусу B12, ніж чоловіки-вегани.

Базовий звіт EPIC-Oxford показав однакове споживання вітаміну B12 серед чоловіків-веганів (0,41 мкг/день) і жінок (0,49 мкг/день). Хоча ці норми споживання трохи нижчі за RDA 2,4 мкг, харчові добавки не були включені в оцінку [[Davey, 2003](#)], і ми не можемо сказати з цієї інформації, чи очікується, що статус B12 буде відрізнятися між чоловіками та жінками-веганами.

Ще одна можливість полягає в тому, що низький рівень B12 більше впливає на здоров'я кісток жінок, ніж чоловіків. Хоча я не знаю про жодне дослідження, враховуючи, що жінки в постменопаузі страждають від переломів частіше, ніж чоловіки, не здається неможливим, що рівень B12 може бути більш важливим для жінок.

Звичайно, всі вегани повинні забезпечити надійне джерело вітаміну B12, незалежно від його потенційного впливу на кістки (див. [Щоденні потреби](#)).

Вітамін K2

Vitamin K comes in two main forms, K1 and K2. Vitamin K1 is found in plant foods, especially dark leafy greens, and numerous observational studies have found higher vitamin K1 intakes to be associated with a reduced risk of fractures [[Hao, 2017](#)].

While many animal products contain vitamin K2, the only plant food with appreciable amounts is the fermented soyfood [natto](#); however, human intestinal bacteria produce vitamin K2. Vitamin K2 is touted for bone health, but in clinical trials only pharmacological doses of vitamin K2 have been used which don't reflect dietary intakes (see [Vitamin K2 and Bone Health](#)).

An observational study from Norway found no benefit from higher intakes of vitamin K2 with respect to hip fractures, though the intakes of this population (middle quartiles ranged from 7.2 to 16.2 µg/day) were lower than the intakes in a study from the Netherlands (middle quartiles ranged from 20 to 40 µg/day), possibly explaining a lack of benefit.

At this time, there's no evidence suggesting that a lack of vitamin K2 in vegan diets puts them at a risk for bone fractures in comparison to omnivores with usual dietary intakes.

Iron

There are many physiological mechanisms by which poor iron status could theoretically increase the risk of fracture, though there has been little observational research looking for associations. Anemia associated with [thalassemia](#) or the [sickle cell trait](#) is also associated with reduced bone health [[Toxqui, 2015](#)], but there isn't enough data to assess whether iron status could play a role in fracture rates of vegan women.

Вітамін К представлений у двох основних формах, K1 і K2. Вітамін K1 міститься в рослинній їжі, особливо в темній листовій зелені, і численні обсерваційні дослідження показали, що більш високе споживання вітаміну K1 пов'язане зі зниженим ризиком переломів [[Hao, 2017](#)].

У той час як багато продуктів тваринного походження містять вітамін K2, єдиною рослинною їжею, яка містить його в значній кількості, є ферментовані соєві боби [натто](#); однак людські кишкові бактерії виробляють вітамін K2. Вітамін K2 рекламується для здоров'я кісток, але в клінічних дослідженнях використовувалися лише фармакологічні дози вітаміну K2, які не відображають споживання з їжею (див. [Вітамін K2 і здоров'я кісток](#)).

Обсерваційне дослідження, проведене в Норвегії, не виявило користі від більшого споживання вітаміну K2 для можливого зниження переломів стегна, хоча споживання цією популяцією (середні квартилі коливаються від 7,2 до 16,2 мкг/день) було нижчим, ніж споживання в дослідженні з Нідерландів (середні квартилі коливалися від 20 до 40 мкг/день), що, можливо, пояснює відсутність користі.

Наразі немає жодних доказів того, що брак вітаміну K2 у веганських раціонах піддає веганів ризику переломів кісток у порівнянні зі всеїдними людьми, які споживають звичайну їжу.

Залізо

Існує багато фізіологічних механізмів, за допомогою яких низький рівень заліза може теоретично підвищити ризик переломів, хоча обсерваційних досліджень, які шукали цей зв'язок, було мало. Анемія, пов'язана з [таласемією](#) або [серпоподібно-клітинною ознакою](#), також пов'язана з погіршенням здоров'я кісток [[Toxqui, 2015](#)], але недостатньо даних, щоб оцінити, чи може статус заліза відігравати роль у частоті переломів у жінок-веганок.

[\[Tong et al. \(2019\)\]](#) measured hemoglobin levels in a large number of people in the United Kingdom, including 398 vegans. While all diet groups had average hemoglobin levels in the normal range, there was a nonsignificant trend toward lower hemoglobin among vegan men and women compared to meat-eaters.

Vegan women had a non-significant trend toward higher hemoglobin levels than lacto-ovo-vegetarian women, which isn't a surprise since vegans in EPIC-Oxford have higher iron intakes than lacto-ovo-vegetarians [\[Davey, 2003\]](#) [\[Sobiecki, 2016\]](#). Given that lacto-ovo-vegetarians had a similar fracture rate to meat-eaters in EPIC-Oxford (HR 1.07, CI 0.97-1.18), it's unlikely that the higher fracture rate of vegans is due to poor iron status.

Resistance Training

The most likely way to maintain, and often increase, bone mineral density (BMD) is by doing strength training or activities that involve jumping. This will additionally increase body mass index due to increased muscle, counteracting the potential negative impact low body mass can have on bones.

Weight-training and bouncing exercises might sound intimidating, but a home program can be done using a set of dumbbells (where weight can be changed) and a few square feet of space to step back and forth. An efficient program can take 30 minutes, three times a week, and someone can ease into it at a pace that feels energizing rather than exhausting; there are many home workout plans to get ideas from on YouTube.

Warming up and easing into more weight over time is safest. Older people or those with injuries or osteoporosis should consult a healthcare professional to safely ease into a program.

[\[Tong et al. \(2019\)\]](#) виміряв рівень гемоглобіну у великій кількості людей у Сполученому Королівстві, включаючи 398 веганів. Хоча середній рівень гемоглобіну в усіх групах дієти був у межах норми, існувала незначна тенденція до зниження гемоглобіну серед чоловіків і жінок-веганів порівняно з всеїдними людьми.

Жінки-веганки мали незначну тенденцію до підвищення рівня гемоглобіну, в порівнянні з жінками лакто-ово-вегетаріанками, що не дивно, оскільки вегани в EPIC-Oxford споживають більше заліза, ніж лакто-ово-вегетаріанці [\[Davey, 2003\]](#) [\[Sobiecki, 2016\]](#). Враховуючи, що в EPIC-Oxford лакто-ово-вегетаріанці мали подібну частоту переломів, що й всеїдні (HR 1,07, CI 0,97-1,18), то малоймовірно, що більш висока частота переломів у веганів пов'язана з низьким статусом заліза.

Силові тренування

Найвірогідніший спосіб підтримувати, а часто й підвищувати мінеральну щільність кісткової тканини (МЩКТ), — це силові тренування або вправи, які передбачають стрибки. Це додатково збільшить індекс маси тіла за рахунок збільшення м'язів, протидіючи потенційному негативному впливу низької маси тіла на кістки.

Вправи з обтяженнями та підстрибуванням можуть здатися лякаючими, але домашню програму можна виконувати, використовуючи набір гантелей (де вагу можна змінювати) і кілька квадратних футів простору, щоб крокувати вперед і назад. Ефективна програма може займати 30 хвилин, три рази на тиждень, і хтось може зануритися в неї в темпі, який заряджає енергією, а не виснажує; на YouTube є багато планів домашніх тренувань, які можна знайти.

Розминка і поступовий перехід до більшої ваги з часом є найбезпечнішим. Літнім людям або тим, хто має травми чи остеопороз, слід проконсультуватися з медичним працівником, щоб безпечно приступити до програми тренувань.

Resistance Training among Vegans

[\[Wakolbinger-Habel et al. \(Austria, 2022\)\]](#) performed a cross-sectional study on the bone health of four groups of people aged 30 to 50: 20 vegans (9 F, 11 M) and 25 omnivores (8 F, 17 M) who performed resistance training at least once a week and 23 vegans (13 F, 10 M) and 20 omnivores (15 F, 5 M) who did no resistance training. There was little difference in bone health between vegans who performed resistance training and omnivores. Vegans who didn't perform resistance training had poorer bone health.

The duration of the vegan diet had no influence on bone microarchitecture. Vegans performing exclusively aerobic activities (n = 16) and vegans performing no sports activities at all (n = 6) had similar bone microarchitecture. The differences in bone couldn't be explained by any obvious differences in nutrition. The researchers concluded that resistance training seems to be particularly important to preserve bone health when adhering to a plant-based diet.

Resistance Training among Omnivores

Many cross-sectional studies have found that strength athletes have higher BMD, while results are mixed for distance runners [\[Suominen, 1993\]](#).

A 3-year prospective study found that collegiate female basketball, volleyball, and soccer players, and track sprinters and jumpers, had high baseline bone density that continued to increase over the course of the study. In the same study, a similar pattern, though less pronounced, was found in swimmers, and thought to be due more to their complementary weight-training program than the swimming [\[Stanforth, 2016\]](#).

Силові тренування серед веганів

[\[Wakolbinger-Habel et al. \(Austria, 2022\)\]](#) провели перехресне дослідження здоров'я кісток чотирьох груп людей віком від 30 до 50 років: 20 веганів (9 Ж, 11 М) і 25 всеїдних (8 Ж, 17 М), які виконували силові тренування принаймні раз на тиждень і 23 веганів (13 Ж, 10 М) і 20 всеїдних (15 Ж, 5 М), які не виконували силові тренування. Існувала незначна різниця у стані здоров'я кісток між веганами, які займалися силовими тренуваннями, та всеїдними. Вегани, які не виконували силові тренування, мали гірше здоров'я кісток.

Тривалість веганської дієти не мала впливу на мікроархітектуру кісток. Вегани, які займалися виключно аеробікою (n = 16), і вегани, які взагалі не займалися спортом (n = 6), мали схожу мікроархітектуру кісток. Відмінності в кістках не можна пояснити явними відмінностями в харчуванні. Дослідники дійшли висновку, що силові тренування є особливо важливими для збереження здоров'я кісток при дотриманні рослинної дієти.

Силові тренування серед всеїдних

Багато крос-секційних досліджень виявили, що спортсмени, які займаються силовими тренуваннями, мають вищу МЩКТ, тоді як результати для бігунів на дистанції неоднозначні [\[Suominen, 1993\]](#).

Трирічне проспективне дослідження показало, що студентки-баскетболістки, волейболістки та футболістки, а також спринтерки та стрибунки мали високу базову щільність кісткової тканини, яка продовжувала зростати протягом дослідження. У цьому ж дослідженні подібна закономірність, хоча й менш виражена, була виявлена у плавців, і вважалося, що це пов'язано більше з їхньою додатковою програмою тренувань з вагою, ніж з плаванням [\[Stanforth, 2016\]](#).

A meta-analysis of 15 studies involving multicomponent exercise (often aerobics plus resistance training) among women approximately 50 to 70 years old found that exercise regimes that combine resistance, weight-bearing exercise, and impact-aerobic activities can increase or prevent loss of muscle and skeletal mass [[Marín-Cascales, 2018](#)].

Among a small group of postmenopausal women with osteopenia and osteoporosis, [[Linero and Choi \(2021\)](#)] found that a 12-week, moderate-to-high intensity weight-training program improved markers of bone health more than did low-intensity training.

While more research is needed, increasing BMD in the upper body probably requires upper-body resistance training, and building BMD generally requires using heavier weight ([[Marín-Cascales et al.](#)] suggests 70-80% of someone's 1-repetition maximum).

Yoga

[[Lu et al. \(2016\)](#)] instructed participants to do 12 minutes daily of Iyengar yoga. Of the 227 compliant participants, 83% had been diagnosed with osteoporosis or osteopenia (average age at entry was 68.2 years). After 2 years of more than every-other-day yoga, BMD increased in some locations.

However, many of these participants appeared to be undergoing treatment for osteoporosis or osteopenia and there was no control group to determine if such treatment alone would have increased BMD. [[Kim et al. \(2015\)](#)] studied the impact of 8 months of 1 hour, twice per week of Ashtanga-based yoga among premenopausal women. They found a small, positive effect on bone formation markers compared to the control group, but BMD didn't increase. While yoga seems promising as a method for maintaining bone, more research is needed.

Мета-аналіз 15 досліджень, які включали багатокomпонентні вправи (часто аеробіку плюс силові тренування) серед жінок віком приблизно від 50 до 70 років, виявив, що режими вправ, які поєднують силові навантаження, фізичні вправи з навантаженнями та інтенсивна аеробіка можуть збільшити м'язову та скелетну маси або запобігти їхній втраті [[Marín-Cascales, 2018](#)].

Серед невеликої групи жінок у постменопаузі з остеопенією та остеопорозом, [[Linero and Choi \(2021\)](#)] виявили, що 12-тижнева програма тренувань з вагою середньої та високої інтенсивності покращила маркери здоров'я кісток більше, ніж тренування низької інтенсивності.

Хоча необхідні додаткові дослідження, збільшення МЩКТ у верхній частині тіла, ймовірно, потребує силових тренувань верхньої частини тіла, а для нарощування МЩКТ зазвичай потрібно використовувати все більшу вагу ([[Marín-Cascales et al.](#)] передбачає 70-80% від чийогось максимуму на 1 повторення).

Йога

[[Lu et al. \(2016\)](#)] наказав учасникам займатися йогою Айенгара по 12 хвилин щодня. З 227 учасників, які відповідали вимогам, у 83% був діагностований остеопороз або остеопенія (середній вік при вступі становив 68,2 року). Після 2 років занять йогою більше, ніж кожен день, МЩКТ збільшилася в деяких місцях.

Однак багато з цих учасників, як виявилось, проходили лікування остеопорозу або остеопенії, і не було контрольної групи, щоб визначити, чи тільки таке лікування збільшило б МЩКТ. [[Kim et al. \(2015\)](#)] вивчали вплив 8 місяців занять аштанга йогою двічі на тиждень серед жінок у пременопаузі. Вони виявили невеликий позитивний вплив на маркери формування кісток порівняно з контрольною групою, але МЩКТ не збільшилася. Хоча йога здається багатообіцяючим як метод підтримки кісток, необхідні додаткові дослідження.

Vibration Therapy

Vibration therapy shows promise in preventing and reducing osteoporosis [de Oliveira, 2023]. Medical News Today says, “Whole-body vibration therapy (WBVT) may have many health benefits, including strengthening muscle and bone. This could potentially help people with osteoporosis to alleviate certain symptoms.” [Veazey, K. March 31, 2022]

If you're at risk of osteoporosis, it might be worth asking your physician about vibration therapy.

Conclusion

Given the observational nature of EPIC-Oxford, we should keep in mind that the higher bone fracture rate for vegans could be due to confounding factors. It's also possible that a suboptimal intake of multiple nutrients, especially in people with lower body mass index, could be responsible for the higher fracture rate and that's why there's no single, obvious culprit.

Inadequate intake can result from a lack of information about the importance of some nutrients or from a low caloric intake.

The main nutrients of concern in the EPIC-Oxford cohort are vitamin A, and zinc, but vegans should pay attention to all nutrients on our [Daily Needs](#) page. Exercise involving weights and jumping is the most reliable way for otherwise healthy people to increase their bone mineral density; it also serves as a healthy way to increase body mass index and caloric intake.

Вібраційна терапія

Вібраційна терапія демонструє багатообіцяючі результати у запобіганні та зменшенні остеопорозу [de Oliveira, 2023]. У виданні Medical News Today зазначається: «Вібраційна терапія всього тіла (WBVT) може мати багато переваг для здоров'я, включаючи зміцнення м'язів і кісток. Це потенційно може допомогти людям з остеопорозом полегшити певні симптоми.» [Veazey, K., 31 березня 2022 р.]

Якщо у вас є ризик розвитку остеопорозу, можливо, варто звернутися до лікаря щодо можливості застосування вібраційної терапії.

Висновок

Враховуючи обсерваційний характер EPIC-Oxford, ми повинні пам'ятати, що вищий рівень переломів кісток у веганів може бути спричинений змішаними\супутніми факторами. Також можливо, що субоптимальне споживання кількох поживних речовин, особливо у людей з нижчим індексом маси тіла, може бути причиною більш високої частоти переломів, і тому немає єдиного очевидного винуватця-причини.

Недостатнє споживання може бути результатом відсутності інформації про важливість деяких поживних речовин або низького споживання калорій.

Основними поживними речовинами, які викликають занепокоєння в когорті EPIC-Oxford, є вітамін А і цинк, але веганам слід звернути увагу на всі поживні речовини в нашому списку [Щоденні потреби](#). Вправи з вагою та стрибками є найнадійнішим способом для здорових людей збільшити мінеральну щільність кісток; це також служить здоровим способом збільшення індексу маси тіла та споживання калорій.

Appendices

Appendix A: Diet Category Changes in EPIC-Oxford

In EPIC-Oxford, diet categories were assessed both at baseline (between 1993 and 2001) and again in 2010. A large number of people changed their diet with regard to the lacto-ovo-vegetarian and vegan categories, much of which was switching between the two ([see spreadsheet](#)). This shouldn't have impacted the results unless there's reason to believe someone became vegan shortly before suffering a fracture, which we currently have no reason to believe.

Appendix B: NSP and AOAC Fiber

EPIC-Oxford measured fiber as non-starch polysaccharides (NSP) and found vegan intake to average 28.9 g/day [[Sobiecki, 2016](#)]. In contrast, the Adventist Health Study-2 found vegan intake to average 46.7 g/day [[Rizzo, 2013](#)]. The Adventist Health Study-2 used the Nutrition Data System for Research (NDSR) 2008 database for measuring fiber in foods, which as of 2020 listed total dietary fiber as including unavailable carbohydrates (cellulose, hemicellulose, pectins, gums, and mucilages) and lignin [[NDSR, 2020](#)].

The NDSR defines fiber similarly to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), the definition normally used in the United States, and includes cellulose, hemicellulose, lignin, gums, modified cellulose, mucilages, oligosaccharides, pectins, and associated minor substances such as waxes, cutin, and suberin [[DeVries, 1999](#)].

Додатки

Додаток А: Зміни категорії дієти в EPIC-Oxford

У EPIC-Oxford категорії дієти оцінювали як на початковому етапі (між 1993 та 2001 роками), так і повторно в 2010 році. Велика кількість людей змінила свій раціон з огляду на лакто-ово-вегетаріанську та веганську категорії, більшість з яких переходили між ними ([дивіться електронну таблицю](#)). Це не мало вплинути на результати, якщо немає підстав вважати, що хтось став веганом незадовго до перелому, але зараз так вважати у нас дійсно немає підстав.

Додаток В: Некрохмальні полісахариди і клітковина за методом AOAC

EPIC-Oxford виміряв клітковину як некрохмальні полісахариди (NSP) і виявив, що вегани споживають її в середньому 28,9 г/день [[Sobiecki, 2016](#)]. Навпаки, Adventist Health Study-2 показало, що вегани споживають клітковини у середньому 46,7 г/день [[Rizzo, 2013](#)]. Adventist Health Study-2 використовувала базу даних Nutrition Data System for Research (NDSR) 2008 для вимірювання вмісту клітковини в харчових продуктах, у якій станом на 2020 рік загальна кількість харчових волокон включала недоступні вуглеводи (целюлозу, геміцелюлозу, пектини, камеді та слиз) і лігнін. [[NDSR, 2020](#)].

NDSR визначає клітковину подібно до визначення Асоціації офіційних хіміків-аналітиків (AOAC), визначення, яке зазвичай використовується в Сполучених Штатах, що включає целюлозу, геміцелюлозу, лігнін, камеді, модифіковану целюлозу, слизи, олігосахариди, пектини та пов'язані незначні речовини, такі як віск, кутин і суберин [[DeVries, 1999](#)].

The [\[Institute of Food Science & Technology \(2007\)\]](#) compared the fiber content of 8 foods using both the NSP and the AOAC methods; the AOAC method measured 26% more fiber than the NSP method. The UK Women's Cohort Study compared the fiber content of different diets using both the NSP and the AOAC methods; the AOAC method measured 53% higher than the NSP method [\[Threapleton, 2013\]](#). Using the AOAC method in EPIC-Oxford would, therefore, show average vegan fiber intake to be closer to 36.4 to 44.3 g/day.

See the [Fiber spreadsheet](#) in the Vegan Fracture Studies for the calculations.

Appendix C: Censoring Due to Death

The EPIC-Oxford fracture results weren't adjusted for censoring due to death [\[Tong, 2020\]](#). If meat-eaters died at a higher rate, or at a younger age than vegans, this could inflate the risk of fracture for vegans due to having more time in old age to fracture a bone.

A previous report from the Oxford Vegetarian Study and EPIC-Oxford [\[Appleby, 2016\]](#) found a similar rate of death among vegetarians (including vegans) compared to meat-eaters (HR 1.02, CI 0.94-1.10); separating vegans provided a similar result (HR 1.14, CI 0.97-1.35). After excluding participants who changed diet categories during follow-up, vegetarians had a lower risk of death (HR 0.92, CI 0.84, 0.99).

Dr. Tammy Tong of EPIC-Oxford doesn't think death due to censorship could have impacted the results because there was little difference in mortality across the diet groups and also because most people in the study were still alive.

Дослідники в [\[Institute of Food Science & Technology \(2007\)\]](#) порівняли вміст клітковини у 8 продуктах харчування за допомогою методів NSP і AOAC; метод AOAC виміряв на 26% більше клітковини, ніж метод NSP. Когортне дослідження жінок Великобританії порівнювало вміст клітковини в різних дієтах за допомогою методів NSP і AOAC; метод AOAC показував результат на 53% більше, ніж метод NSP [\[Threapleton, 2013\]](#). Таким чином, використання методу AOAC в EPIC-Oxford показало б, що середнє споживання клітковини у веганів було б ближче до 36,4-44,3 г/день.

Див. розрахунки в [Електронна таблиця з даними про клітковину](#) у Vegan Fracture Studies.

Додаток С: “Цензура через смерть”

Результати щодо переломів в EPIC-Oxford не були скориговані з урахуванням ефекту “цензури через смерть” [\[Tong, 2020\]](#). Якби всеїдні люди помирали частіше або в більш молодому віці, ніж вегани, це могло б підвищити ризик переломів для веганів через те, що вони мали більше часу для можливого перелому кісток у більш літньому віці.

Попередній звіт Оксфордського вегетаріанського дослідження (Oxford Vegetarian Study) та EPIC-Oxford [\[Appleby, 2016\]](#) виявили подібний рівень смертності серед вегетаріанців (включаючи веганів) порівняно з всеїдними людьми (HR 1,02, CI 0,94-1,10); відділення веганів окремо дало подібний результат (HR 1,14, CI 0,97-1,35). Після виключення учасників, які змінили категорію дієти під час спостереження, вегетаріанці мали менший ризик смерті (HR 0,92, CI 0,84-0,99).

Доктор Теммі Тонг з EPIC-Oxford не вважає, що ефект цензури через смерть міг вплинути на результати, оскільки різниця в смертності між групами дієти була незначною, а також тому, що більшість учасників дослідження були ще живі.

Appendix D: Fracture Rates in the U.K. Compared to EPIC-Oxford

[[Curtis et al. \(2016\)](#)] published fracture rates among a representative sample of the population in the United Kingdom. It appears that they measured the total fracture rates differently than did EPIC-Oxford and so my comparison is limited to specific sites that were calculated similarly (see table below).

Curtis et al. provides separate fracture rates for ages 18 to 49 and ages 50 and older, whereas EPIC-Oxford provides rates for all ages combined. I used a crude method to weigh Curtis et al.'s rates more toward the ages of EPIC-Oxford (see table below).

The rates for meat-eaters in EPIC-Oxford were similar to the overall rates in the U.K. Vegans fared much better for arm and wrist fractures combined, fared slightly better for ankle fractures, but fared much worse for hip fractures. See [this spreadsheet](#) for the calculations.

Absolute Fracture Rates of U.K. vs EPIC-Oxford					
	United Kingdom			EPIC-Oxford	
Rate per 10,000 person-years	18-49 yrs	50+ yrs	Weighted	Meat-Eaters	Vegans
Hip	0.5	19.6	9.2	11.5	26.5
All Arm/Wrist	36.1	52.8	42.8	47.5	23.6
Arm				6.7	10.4
Wrist				10.7	13.2
Humerus	5.3	15.2			
Radius and Ulna	10.1	25.1			
Carpus	20.7	12.5			
Ankle	7.5	10.4	8.6	6.3	6.5
Age of vegans at baseline	38.9 (SD 13.6)				

Додаток D: Частота переломів у Великобританії порівняно з EPIC-Oxford

[[Curtis et al. \(2016\)](#)] опублікував частоту переломів серед репрезентативної вибірки населення Сполученого Королівства. Схоже, що вони вимірювали загальну частоту переломів інакше, ніж EPIC-Oxford, тому моє порівняння обмежується конкретними ділянками, які були розраховані аналогічно (див. таблицю нижче).

Кертис та ін. надає окремі показники переломів для вікової категорії від 18 до 49 років і 50 років і старше, тоді як EPIC-Oxford надає показники для всіх вікових груп разом. Я використовував грубий метод, щоб зважити показники Кертиса та ін. більше до віку EPIC-Oxford (див. таблицю нижче).

Показники для всеїдних людей у EPIC-Oxford були подібні до загальних показників у Великобританії. Вегани мали набагато кращі результати щодо переломів руки та зап'ястка разом, трохи краще – щодо переломів щиколотки, але значно гірші – щодо переломів стегна. Див. розрахунки в [електронній таблиці](#).

Абсолютна частота переломів: Великобританія та EPIC-Oxford					
	Об'єднане Королівство			ЕПІС-Оксфорд	
Ризик на 10 000 людино-років	18-49 років	50+ років	Зважене значення	Всеїдні	Вегани
Стегно	0,5	19.6	9.2	11.5	26.5
Усі руки/зап'ястя	36.1	52.8	42.8	47.5	23.6
Рука				6.7	10.4
Зап'ястя				10.7	13.2
Плечова кістка	5.3	15.2			
Променева та ліктьова кістки	10.1	25.1			
Зап'ястя	20.7	12.5			
Щиколотка	7.5	10.4	8.6	6.3	6.5
Початковий вік веганів	38,9 (станд.				

Age range for 95% vegans at baseline	11.7-66.1			
Age range for 95% vegans at follow-up	29.3-83.7			
Lower age bound at midpoint of study	20.5			
Upper age bound at midpoint of study	74.9			
UK rates taken from Table 1 and 2 in Curtis et al. EPIC-Oxford censored people in the "total fractures" category after their first fracture, whereas Curtis et al. included subsequent fractures in the "any fracture" category if the subsequent fractures happened at different sites (hip, radius, etc.).				

Appendix E: Calcium and Vitamin D Supplements in Elderly Women with Low Vitamin D Levels

An exception to [\[Bolland et al.’s\]](#) finding that calcium supplements don’t prevent fractures is among women age 70 and older with low calcium intakes and poor vitamin D status.

In a large clinical trial of older women (n= 3,270, average age=84 years) with low vitamin D levels, those who took 1,200 mg of calcium and 800 IU (20 µg) of vitamin D per day had significantly fewer fractures and increased bone mineral density over 18 months [\[Chapuy, 1992\]](#); they also had fewer fractures over a subsequent 18 months [\[Chapuy, 1994\]](#).

The Institute of Medicine (IOM) considers 12 ng/ml to be an adequate vitamin D level for bone health. The baseline vitamin D levels in Chapuy et al. were 16±11 ng/ml; the standard deviation of 11 ng/ml indicates that many women were well below the IOM’s recommended threshold. Furthermore, [\[Bolland et al.\]](#) say that a modern vitamin D assay would show their average vitamin D level to be 10.6 ng/ml. Calcium intake at baseline was also low at an average of 511 mg/day.

	відхилення 13,6)			
Віковий діапазон для 95% веганів на початковому рівні	11,7-66,1			
Віковий діапазон для 95% веганів під час подальшого спостереження	29,3-83,7			
Нижня вікова межа в середині дослідження	20.5			
Верхня вікова межа в середині дослідження	74.9			
Ризики у Великобританії взяті з таблиць 1 і 2 у Curtis et al. EPIC-Oxford цензурував людей у категорії «всі переломи» після їхнього першого перелому, тоді як Curtis et al. включив наступні переломи в категорію «будь-який перелом», якщо наступні переломи сталися в інших місцях (стегно, променева кістка тощо).				

Додаток Е: Добавки кальцію та вітаміну D у жінок похилого віку з низьким рівнем вітаміну D

Відомим винятком з висновку [\[Bolland et al.\]](#) про те, що добавки кальцію не запобігають переломам, є категорія жінок віком 70 років і старше з низьким споживанням кальцію та низьким статусом вітаміну D.

У великому клінічному дослідженні літніх жінок (n = 3270, середній вік = 84 роки) з низьким рівнем вітаміну D ті, хто приймав 1200 мг кальцію та 800 МО (20 мкг) вітаміну D на день, мали значно менше переломів і збільшили мінеральну щільність кісткової тканини протягом 18 місяців [\[Chapuy, 1992\]](#); у них також було менше переломів протягом наступних 18 місяців [\[Chapuy, 1994\]](#).

Інститут медицини США (ІОМ) вважає 12 нг/мл достатнім рівнем вітаміну D для здоров’я кісток. Базові рівні вітаміну D у Chapuy et al. становили 16±11 нг/мл; стандартне відхилення 11 нг/мл вказує на те, що багато жінок мали рівні вітаміну D значно нижчі за рекомендоване ІОМ порогове значення. Крім того, [\[Bolland et al.\]](#) заявили, що сучасний аналіз вітаміну D показав би для тих самих учасників дослідження середній рівень вітаміну D 10,6 нг/мл. Початкове споживання кальцію також було низьким і становило в середньому 511 мг/день.

A smaller, more recent study found similar results [[Chapuy, 2002](#)].

Bolland et al. say, *“On the basis of the trial data summarized here, we do not think further randomized controlled trials of calcium supplements with or without vitamin D with fracture as the endpoint in the general population are needed. In the population of frail elderly women with low dietary calcium intake and low vitamin D concentrations studied by Chapuy and colleagues, co-administered [calcium plus vitamin D] was clearly beneficial.”*

Talk to your doctor about whether you might benefit from a calcium and vitamin D supplement.

Bibliography

[Apalset EM, Gjesdal CG, Eide GE, Tell GS. Intake of vitamin K1 and K2 and risk of hip fractures: The Hordaland Health Study. Bone. 2011 Nov;49\(5\):990-5.](#)

[Appleby PN, Crowe FL, Bradbury KE, Travis RC, Key TJ. Mortality in vegetarians and comparable nonvegetarians in the United Kingdom. Am J Clin Nutr. 2016 Jan;103\(1\):218-30.](#)

[Appleby P, Roddam A, Allen N, Key T. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. Eur J Clin Nutr. 2007 Dec;61\(12\):1400-6. Epub 2007 Feb 7.](#)

[Beulens JW, van der A DL, Grobbee DE, Sluijs I, Spijkerman AM, van der Schouw YT. Dietary phylloquinone and menaquinones intakes and risk of type 2 diabetes. Diabetes Care. 2010 Aug;33\(8\):1699-705.](#)

Менше, більш нове дослідження виявило подібні результати [[Chapuy, 2002](#)].

Bolland та ін. заявляють: *«На основі підсумованих тут даних досліджень ми не вважаємо, що потрібні подальші рандомізовані контрольовані дослідження добавок кальцію з вітаміном D або без нього з вивчення їхнього впливу на переломи в загальній популяції. У популяції слабких жінок похилого віку з низьким споживанням кальцію з їжею та низькими концентраціями вітаміну D, які вивчали Чапуї та його колеги, спільне додавання до раціону [кальцію та вітаміну D] було явно корисним».*

Поговоріть зі своїм лікарем про те, чи могли б ви отримати користь від добавки кальцію та вітаміну D.

Бібліографія

Bolland MJ, Leung W, Tai V, Bastin S, Gamble GD, Grey A, Reid IR. Calcium intake and risk of fracture: systematic review. BMJ. 2015 Sep 29;351:h4580.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Healthy Weight, Nutrition, and Physical Activity. About Adult BMI. Page last reviewed: September 17, 2020. Accessed February 5, 2021.

Ceylan MN, Akdas S, Yazihan N. Is Zinc an Important Trace Element on Bone-Related Diseases and Complications? A Meta-analysis and Systematic Review from Serum Level, Dietary Intake, and Supplementation Aspects. Biol Trace Elem Res. 2021 Feb;199(2):535-549.

Chapuy MC, Arlot ME, Delmas PD, Meunier PJ. Effect of calcium and cholecalciferol treatment for three years on hip fractures in elderly women. BMJ. 1994 Apr 23;308(6936):1081-2.

Chapuy MC, Arlot ME, Duboeuf F, Brun J, Crouzet B, Arnaud S, Delmas PD, Meunier PJ. Vitamin D3 and calcium to prevent hip fractures in elderly women. N Engl J Med. 1992 Dec 3;327(23):1637-42.

Chapuy MC, Pamphile R, Paris E, Kempf C, Schlichting M, Arnaud S, Garnero P, Meunier PJ. Combined calcium and vitamin D3 supplementation in elderly women: confirmation of reversal of secondary hyperparathyroidism and hip fracture risk: the Decalys II study. Osteoporos Int. 2002 Mar;13(3):257-64.

Crowe FL, Steur M, Allen NE, Appleby PN, Travis RC, Key TJ. Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: results from the EPIC-Oxford study. Public Health Nutr. 2011 Feb;14(2):340-6.

Curtis EM, van der Velde R, Moon RJ, van den Bergh JP, Geusens P, de Vries F, van Staa TP, Cooper C, Harvey NC. Epidemiology of fractures in

the United Kingdom 1988-2012: Variation with age, sex, geography, ethnicity and socioeconomic status. Bone. 2016 Jun;87:19-26.

Dargent-Molina P, Sabia S, Touvier M, Kesse E, Bréart G, Clavel-Chapelon F, Boutron-Ruault MC. Proteins, dietary acid load, and calcium and risk of postmenopausal fractures in the E3N French women prospective study. J Bone Miner Res. 2008 Dec;23(12):1915-22.

Davey GK, Spencer EA, Appleby PN, Allen NE, Knox KH, Key TJ. EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK. Public Health Nutr. 2003 May;6(3):259-69.

de Oliveira RDJ, de Oliveira RG, de Oliveira LC, Santos-Filho SD, Sá-Caputo DC, Bernardo-Filho M. Effectiveness of whole-body vibration on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Osteoporos Int. 2023 Jan;34(1):29-52.

DeVries JW, Prosky L, Li B, Cho S. A historical perspective on defining dietary fiber. Cereal Foods World. 1999 May;44(5):367-369. (PDF)

Frølich J, Winkler LA, Abrahamsen B, Bilenberg N, Hermann AP, Støving RK. Fractures in women with eating disorders-Incidence, predictive factors, and the impact of disease remission: Cohort study with background population controls. Int J Eat Disord. 2020 Jul;53(7):1080-1087.

Gilsing AM, Crowe FL, Lloyd-Wright Z, Sanders TA, Appleby PN, Allen NE, Key TJ. Serum concentrations of vitamin B12 and folate in British male omnivores, vegetarians and vegans: results from a cross-sectional analysis of the EPIC-Oxford cohort study. Eur J Clin Nutr. 2010 Sep;64(9):933-9.

Goerss JB, Kim CH, Atkinson EJ, Eastell R, O'Fallon WM, Melton LJ 3rd. Risk of fractures in patients with pernicious anemia. J Bone Miner Res. 1992 May;7(5):573-9.

Grimes DA, Schulz KF. False alarms and pseudo-epidemics: the limitations of observational epidemiology. Obstet Gynecol. 2012 Oct;120(4):920-7.

Hao G, Zhang B, Gu M, Chen C, Zhang Q, Zhang G, Cao X. Vitamin K intake and the risk of fractures: A meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2017 Apr;96(17):e6725.

Harris JE, Zoellner J. Pointers and Pitfalls in Interpreting Nutrition and Dietetics Research: The Importance of Statistical and Clinical Significance. J Acad Nutr Diet. 2022 Apr;122(4):709-721.

Herrmann W, Obeid R, Schorr H, Hübner U, Geisel J, Sand-Hill M, Ali N, Herrmann M. Enhanced bone metabolism in vegetarians—the role of vitamin B12 deficiency. Clin Chem Lab Med. 2009;47(11):1381-7.

Hoeg A, Gogakos A, Murphy E, Mueller S, Köhrle J, Reid DM, Glüer CC, Felsenberg D, Roux C, Eastell R, Schomburg L, Williams GR. Bone turnover and bone mineral density are independently related to selenium status in healthy euthyroid postmenopausal women. J Clin Endocrinol Metab. 2012 Nov;97(11):4061-70.

Ho-Pham LT, Nguyen ND, Nguyen TV. Effect of vegetarian diets on bone mineral density: a Bayesian meta-analysis. Am J Clin Nutr. 2009 Oct;90(4):943-50.

Institute of Food Science & Technology (IFST). Dietary Fibre. Information Statement. April, 2007. [\(PDF\)](#)

Ioannidis JP. Effect of formal statistical significance on the credibility of observational associations. Am J Epidemiol. 2008 Aug 15;168(4):374-83; discussion 384-90.

Johansson H, Kanis JA, Odén A, McCloskey E, et al. A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women. J Bone Miner Res. 2014 Jan;29(1):223-33. Erratum regarding author affiliation.

Judd PA, Long A, Butcher M, Caygill CP, Diplock AT. Vegetarians and vegans may be most at risk from low selenium intakes. BMJ. 1997 Jun 21;314(7097):1834. (PDF)

Key TJ, Appleby PN, Spencer EA, Roddam AW, Neale RE, Allen NE. Calcium, diet and fracture risk: a prospective study of 1898 incident fractures among 34 696 British women and men. Public Health Nutr. 2007 Nov;10(11):1314-20.

Key, T. J. A., Thorogood, M., Keenan, J. and Long, A. Raised thyroid stimulating hormone associated with kelp intake in British vegan men. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 1992;(5):323–326.

Kim S, Bemben MG, Knehans AW, Bemben DA. Effects of an 8-Month Ashtanga-Based Yoga Intervention on Bone Metabolism in Middle-Aged Premenopausal Women: A Randomized Controlled Study. J Sports Sci Med. 2015 Nov 24;14(4):756-68.

Kim SM, Kim AS, Ko HJ, Moon H, Choi HI, Song J. Association between Bone Mineral Density and Serum Iron Indices in Premenopausal Women in South Korea. Korean J Fam Med. 2020 May;41(3):175-182. doi: 10.4082/kjfm.18.0142. Cross-sectional. Not cited.

Kong SH, Kim JH, Hong AR, Cho NH, Shin CS. Dietary calcium intake and risk of cardiovascular disease, stroke, and fracture in a population with low calcium intake. Am J Clin Nutr. 2017 Jul;106(1):27-34.

[Krivosikova Z, Krajcovicova-Kudlackova M, Spustova V, Stefikova K, Valachovicova M, Blazicek P, Nemcova T. The association between high plasma homocysteine levels and lower bone mineral density in Slovak women: the impact of vegetarian diet. Eur J Nutr. 2009 Oct 7.](#)

[Li D, Sinclair AJ, Mann NJ, Turner A, Ball MJ. Selected micronutrient intake and status in men with differing meat intakes, vegetarians and vegans. Asia Pac J Clin Nutr. 2000 Mar;9\(1\):18-23.](#)

[Lightowler HJ, Davies GJ. Iodine intake and iodine deficiency in vegans as assessed by the duplicate-portion technique and urinary iodine excretion. Br J Nutr. 1998 Dec;80\(6\):529-35.](#)

[Linero C, Choi SJ. Effect of blood flow restriction during low-intensity resistance training on bone markers and physical functions in postmenopausal women. J Exerc Sci Fit. 2021 Jan;19\(1\):57-65.](#)

[Lu YH, Rosner B, Chang G, Fishman LM. Twelve-Minute Daily Yoga Regimen Reverses Osteoporotic Bone Loss. Top Geriatr Rehabil. 2016 Apr;32\(2\):81-87.](#)

[Macêdo LLG, Carvalho CMRG, Cavalcanti JC, Freitas BJESA. Vitamin B12, bone mineral density and fracture risk in adults: A systematic review. Rev Assoc Med Bras \(1992\). 2017 Sep;63\(9\):801-809.](#)

[Marín-Cascales E, Alcaraz PE, Ramos-Campo DJ, Rubio-Arias JA. Effects of multicomponent training on lean and bone mass in postmenopausal and older women: a systematic review. Menopause. 2018 Mar;25\(3\):346-356.](#)

[NDSR Nutrients, Nutrient Ratios, and Other Food Components. Nutrition Coordinating Center. University of Minnesota. 2020 version. Accessed January 30, 2021.](#)

Paik JM, Rosen HN, Katz JN, Rosner BA, Rimm EB, Gordon CM, Curhan GC. BMI, Waist Circumference, and Risk of Incident Vertebral Fracture in Women. Obesity (Silver Spring). 2019 Sep;27(9):1513-1519.

Rizzo NS, Jaceldo-Siegl K, Sabate J, Fraser GE. Nutrient profiles of vegetarian and nonvegetarian dietary patterns. J Acad Nutr Diet. 2013 Dec;113(12):1610-9.

Roddam AW, Neale R, Appleby P, Allen NE, Tipper S, Key TJ. Association between plasma 25-hydroxyvitamin D levels and fracture risk: the EPIC-Oxford study. Am J Epidemiol. 2007 Dec 1;166(11):1327-36.

Ross AC, Taylor CL, Yaktine AL, Del Valle HB, Editors. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium. Food and Nutrition Board. Institute Of Medicine of The National Academies. The National Academies Press. Washington, D.C. 2011.

Schüpbach R, Wegmüller R, Berguerand C, Bui M, Herter-Aeberli I. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. Eur J Nutr. 2017 Feb;56(1):283-293.

Shams-White MM, Chung M, Du M, Fu Z, et al. Dietary protein and bone health: a systematic review and meta-analysis from the National Osteoporosis Foundation. Am J Clin Nutr. 2017 Jun;105(6):1528-1543.

Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE, Key TJ. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. Nutr Res. 2016 May;36(5):464-77.

Stanforth D, Lu T, Stults-Kolehmainen MA, Crim BN, Stanforth PR. Bone Mineral Content and Density Among Female NCAA Division I Athletes

Across the Competitive Season and Over a Multi-Year Time Frame. J Strength Cond Res. 2016 Oct;30(10):2828-38.

Suominen H. Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. Sports Med. 1993 Nov;16(5):316-30.

Theobald HE. Dietary calcium and health. British Nutrition Foundation. London, UK. Nutrition Bulletin. 2005;30:237–277.

Threapleton DE, Greenwood DC, Burley VJ, Aldwairji M, Cade JE. Dietary fibre and cardiovascular disease mortality in the UK Women's Cohort Study. Eur J Epidemiol. 2013 Apr;28(4):335-46.

Tong TYN, Appleby PN, Armstrong MEG, Fensom GK, Knuppel A, Papier K, Perez-Cornago A, Travis RC, Key TJ. Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. BMC Med. 2020 Nov 23;18(1):353.

Tong TYN, Key TJ, Gaitskell K, Green TJ, Guo W, Sanders TA, Bradbury KE. Hematological parameters and prevalence of anemia in white and British Indian vegetarians and nonvegetarians in the UK Biobank. Am J Clin Nutr. 2019 Aug 1;110(2):461-472.

Toxqui L, Vaquero MP. Chronic iron deficiency as an emerging risk factor for osteoporosis: a hypothesis. Nutrients. 2015 Apr 2;7(4):2324-44.

Wakolbinger-Habel R, Reinweber M, König J, Pokan R, König D, Pietschmann P, Muschitz C. Self-reported Resistance Training Is Associated With Better HR-pQCT-derived Bone Microarchitecture in Vegan People. J Clin Endocrinol Metab. 2022 Sep 28;107(10):2900-2911.

Warensjö E, Byberg L, Melhus H, Gedeberg R, Mallmin H, Wolk A, Michaëlsson K. Dietary calcium intake and risk of fracture and

osteoporosis: prospective longitudinal cohort study. BMJ. 2011 May 24;342:d1473.

Weikert C, Trefflich I, Menzel J, Obeid R, Longree A, Dierkes J, Meyer K, Herter-Aeberli I, Mai K, Stanql GI, Müller SM, Schwerdtle T, Lampen A, Abraham K. Vitamin and Mineral Status in a Vegan Diet. Dtsch Arztebl Int. 2020 Aug 31;117(35-36):575-582.

Wu AM, Huang CQ, Lin ZK, Tian NF, Ni WF, Wang XY, Xu HZ, Chi YL. The relationship between vitamin A and risk of fracture: meta-analysis of prospective studies. J Bone Miner Res. 2014 Sep;29(9):2032-9.

Xu L, McElduff P, D'Este C, Attia J. Does dietary calcium have a protective effect on bone fractures in women? A meta-analysis of observational studies. Br J Nutr. 2004 Apr;91(4):625-34.

Zhang X, Zhang R, Moore JB, Wang Y, Yan H, Wu Y, Tan A, Fu J, Shen Z, Qin G, Li R, Chen G. The Effect of Vitamin A on Fracture Risk: A Meta-Analysis of Cohort Studies. Int J Environ Res Public Health. 2017 Sep 10;14(9):1043.

Zhu H, Zhang J, Wang J, Zhao X, Gu M. Association of subclinical thyroid dysfunction with bone mineral density and fracture: a meta-analysis of prospective cohort studies. Endocrine. 2020 Mar;67(3):685-698.

Zimmermann MB, Andersson M. Assessment of iodine nutrition in populations: past, present, and future. Nutr Rev. 2012 Oct;70(10):553-70.

Vitamin A Intakes and Status among Different Diet Groups				
	Meat-Eaters	Lacto-Ovo	Vegan	Reference
Australia (Li, 2000)				
Number	78	43	18	
Intakes (RAE)			1,049	
Blood retinol (µmol/l)	3.1	2.8	2.7	
Switzerland (Schüpbach, 2017)				
Number	100	53	53	
Intakes (RAE)			739	
Blood retinol (µmol/l)	1.9	1.6	1.6	.92–2.76
Germany (Weikert, 2020)				
Number	36		36	
Intakes (RAE)			1,390	
Blood retinol (µmol/l)	2.1		1.8	1.46–2.84
Germany (Manzel, 2021)				
Number	36		36	
Blood retinol (µmol/l)	2.1		1.8	
Germany (Dawczynski, 2022)				
Number	65	65	58	
Intakes (RAE)	1,614	1,513	1,742	
Blood retinol (µmol/l)	1.6	1.7	1.4	1.46-2.85
EPIC-Oxford (Sobiecki, 2016)				
Male				
Number			269	
Intakes (RAE)			432	
Female				
Number			534	

Intakes (RAE)			451	
---------------	--	--	-----	--

Zinc Status among Diet Groups in Europe				
	Meat-Eaters	Lacto-Ovo	Vegan	Reference
Switzerland (Schüpbach, 2017)				
Number	100	53	53	
Intakes (mg)	11.2	10.2	11.5	
Blood zinc (µg/dl)	85.0	78.0	72.0	70–130
Germany (Weikert, 2020)				
Number	36		36	
Intakes (mg)	11		12	
Blood zinc (µg/dl)	87.0		80.0	60–120
EPIC-Oxford (Sobiecki, 2016)				
Male				
Number	3,798	1,516	269	
Intakes (mg)	10.9	10.9	9.4	
Female				
Number	14,446	5,157	534	
Intakes (mg)	10.4	10.0	8.4	

Selenium Intakes in EPIC-Oxford				
	Meat-Eaters	Fish-Eaters	Lacto-Ovo	Vegan
Males				
Number	3,798	782	1,516	269
Food only				
Selenium intake (µg/day)	69	72	55	62

Intake below U.S. EAR of 45 µg/day	12%	12%	43%	33%
Selenium supplement	5%	6%	4%	7%
Females				
Number	14,446	3,749	5,157	534
Selenium intake (µg/day)	66	64	45	52
Intake below U.S. EAR of 45 µg/day	14%	20%	60%	49%
Selenium supplement	5%	5%	4%	5%
Source: Sobiecki, 2016. Selenium supplements didn't include multivitamins.				

Absolute Fracture Rates of U.K. vs EPIC-Oxford					
	United Kingdom			EPIC-Oxford	
Rate per 10,000 person-years	18-49 yrs	50+ yrs	Weighted	Meat-Eaters	Vegans
Hip	0.5	19.6	9.2	11.5	26.5
All Arm/Wrist	36.1	52.8	42.8	47.5	23.6
Arm				6.7	10.4
Wrist				10.7	13.2
Humerus	5.3	15.2			
Radius and Ulna	10.1	25.1			
Carpus	20.7	12.5			
Ankle	7.5	10.4	8.6	6.3	6.5
Age of vegans at baseline	38.9 (SD 13.6)				
Age range for 95% vegans at baseline	11.7-66.1				
Age range for 95% vegans at follow-up	29.3-83.7				

Lower age bound at midpoint of study	20.5			
Upper age bound at midpoint of study	74.9			
UK rates taken from Table 1 and 2 in Curtis et al. EPIC-Oxford censored people in the "total fractures" category after their first fracture, whereas Curtis et al. included subsequent fractures in the "any fracture" category if the subsequent fractures happened at different sites (hip, radius, etc.).				