素食对人体骨密度状况的影响

摘要

背景：素食是指食物中不包含肉类、家禽类、海鲜类等动物性食物的膳食类型。随着素食人群的日益增加，素食者的骨密度状况受到广泛关注。已有研究结论不一，且研究对象主要是西方素食人群；国内此方面的研究匮乏，有限的研究仅限于佛教徒这一特殊人群。

目的：探究素食对人体骨密度情况的影响，并分析不同素食类型及素食时间对素食者骨密度的影响，为我国素食者的饮食指导提供科学依据。

方法：采用配对设计，招募 279 对性别年龄相匹配的素食者和非素食者。使用超声骨密度测定仪 CM-200 检测其跟骨部骨密度，并计算其骨质疏松患病率；使用一般情况问卷收集研究对象的社会人口学和生活方式资料，进行体格检查，使用 24 小时膳食回顾调查研究对象营养素的摄入情况。通过配对 t 检验和配对卡方检验比较素食者和非素食者超声骨密度值及骨质疏松患病率的差异，运用协方差分析和多元 Logistic 回归，探究不同素食类型（纯素食、蛋奶素）和素食时间（五年以内和五年以上）对素食者骨密度情况的影响。

结果：素食者和非素食者跟骨部骨密度值无统计学差异（分别为 1515.0±32.42 和 1521.79±33.56，单位：m/sec，P=0.763），两组间骨质疏松患病率无统计学意义（分别为 45.9%和 3.9%，44.1%和 5.4%，P=0.698）；且不同素食类型和不同素食时间对素食者骨密度无显著影响（P＞0.05）。

结论：素食膳食对人体骨密度可能无不良影响，素食者的骨健康状况可能与不同素食类型及素食时间长短无关。

关键词：素食膳食，素食类型，素食时间，骨密度

THE EFFECT OF VEGETARIAN DIET ON BONE MINERAL DENSITY

ABSTRACT

BACKGROUND Vegetarian food refers to the food does not contain meat, poultry, seafood and other animal food types. With the increasing vegetarian population, the bone mineral density of vegetarian has received widespread attention. In the existing studies, the effects of vegetarianism on bone mineral density have different conclusions, and the research objects are mainly Western vegetarian populations.Previous researches among vegetarians are scarce in China,and several limited studies are limited to Buddhist.

OBJECTIVE To study the changes of bone mineral density(BMD)in vegetarians, and to analyze the effects of different vegetarian types and vegetarian time on BMD.

METHODS 279 vegetarians and 279 age and sex matched omnivores aged 18-60 were recruited in Shanghai.Ultrasound-bone mineral density analyzer CM-200 was used to measure the bone mineral densities of root bone in them,and the Prevalence of osteoporosis was calculated.We surveyed demographic characteristics and lifestyle factors using a questionnaire. The intake of several nutrients were assessed by a 24-hour recall survey.Paired t-test and Chi-square tests were utilized to examine the impact of differences between matched vegetarians' and omnivores' BMD and Prevalence of osteoporosis. Analysis of Covariance and Multivariate logistic regression were used to examine the vegetarians' BMD differences between groups (vegans, lacto-ovo vegetarians, ovo-vegatarian, lacto-vegetarian) and time(within five years and more than five years).

RESULTS Compared with control group, there was no significant difference in bone mineral density between the vegetative group (1515.0 ±32.42 vs 1521.79 ±33.56, P = 0.763); osteopenia and osteoporosis (45.9% and 3.9% vs 44.1% and 5.4%, Unit:m / sec,P = 0.698). The effects of vegetarian type and vegetarian time on BMD were statistically insignificant(P＞0.05).

CONCLUSION Vegetarian diet might had no adverse effect on bone mineral density, and bone health status was not related to different vegetarian types and vegetarian time.

Key words: Vegetarian diet, Vegetarian types, Vegetarian time, bone mineral density

目 录

第一章 前言----------1
1.1 素食者骨密度状况研究现状----------1
1.2 本研究的目的与意义----------2
第二章 素食对骨密度影响的研究对象和方法----------3
2.1 研究对象----------3
2.2 现场调查----------3
2.2.1 骨密度检测----------3
2.2.2 体格检查----------4
2.2.3 人体成分测定----------4
2.2.4 问卷调查----------4
2.3 质量控制----------4
2.4 数据整理和分析----------5
第三章 素食对骨密度影响的研究结果----------6
3.1 研究对象的一般情况----------6
3.1.1 素食类型、素食时间等基本情况----------6
3.1.2 社会人口学特征、生活方式和体格检查指标----------7
3.2 素食者的骨密度状况及可能的影响因素----------8
3.2.1 素食者的骨密度状况----------8
3.2.2 素食类型对骨密度状况的影响----------9
3.2.3 素食时间对骨密度状况的影响----------9
3.3 骨密度相关的营养素摄入情况----------10
第四章 讨论----------11
第五章 结论----------13
参考文献----------14
谢辞----------18
综述----------19
译文及原文（一）----------25
译文及原文（二）----------32
本科期间发表的文章----------36

第一章 前言

素食人群是指以不食肉、家禽、海鲜等动物性食物为饮食方式的人群。按照所戒食物种类不同，可分为全素、蛋素、奶素和蛋奶素人群等。完全戒食动物性食物及其产品的为全素人群（vegan）；不戒食蛋奶类及其相关产品的为蛋奶素人群（lacto-ovo-vegatarian）[1]。近年来，越来越多的证据表明合理搭配的素食对身体健康是有益的[2]，例如对肥胖、糖尿病[3-4]、高血压、血脂异常[5]、心血管疾病和一些癌症[6-9]有积极的作用，也因此素食膳食模式日趋流行。目前，世界范围内已有不少数量的素食者，据调查数据显示，欧洲素食人群比例约为 6%-9%[10]。在美国，有 730 万的素食人群，占人口的 3.2%，并且有接近 10%的人群认为他们是近素食饮食[11]。台湾的全素人口已达到 200 多万，接近总人口的 10%[12]。据沈秀华等[13]调查显示，上海市居民中素食人群占 0.77%，宗教信仰和追求健康是他们食素的两大主要原因；素食者中以女性为主，这与其他国家结果一致[10]。

骨密度(Bone Mineral Density,BMD)全称骨骼矿物质密度，是反映骨骼强度的重要指标，也是诊断骨质疏松的重要指标[14]。骨质疏松是以骨量减少、骨的微观结构退化为特征的，致使骨的脆性增加以及易于发生骨折的一种全身性骨骼疾病。骨量的减少使得骨密度逐渐下降，到一定程度后产生骨质疏松。因此骨密度的测量不仅可以体现骨骼的健康程度，更成为世界卫生组织(WTO)用来定义骨质疏松(OP)的诊断标准[15]。在生命的不同时期，人体骨量有着不同的差异，从出生至 20 岁，随着年龄的增长骨量持续增加；从 20-30 岁，骨量仍在缓慢增加，年增长率为 0.5%-1%，属于骨量缓慢增长期；到 30-40 岁达到峰值骨量[16]。骨是人体代谢非常活跃的组织，在我们的生命周期中需要很丰富的营养素来维持骨质健康。

1.1 素食者骨密度状况研究现状

关于素食膳食模式对骨密度状况的影响，社会各界有其不同的看法。素食膳食中钙、维生素 D、蛋白质和 n-3(ω-3)系列必需脂肪酸等含量较低，这些物质的缺乏不利于骨骼健康。但健康的素食膳食也有保护骨健康的营养素，如镁、钾、维生素 K、抗氧化物质以及抗炎的植物营养素[17]，碱性盐离子中和食物中的柠檬酸、果酸等，使得素食膳食更偏碱性，减少食物中的钙流失，这对骨密度是一个保护因素[18-19]。目前，国内外此方面的研究报告主要分为两类。

第一类研究报告：和非素食者相比，素食对骨密度无明显影响。Ho-Pham 等[20]随机抽取越南 105 名绝经期后佛教徒女性及 105 名绝经后非素食女性，用双能 X 线吸收测定法检测其腰椎、股骨颈及全身骨密度。结果显示，虽然素食者饮食中的钙和蛋白质摄入量比非素食者低，但他们的骨密度并无统计学差异。一项对台湾 1865 名成年人骨密度情况的研究[21]中，素食时间超过 5 年以上的素食者 872 人。研究者采用双能 X 线吸收法对男性受试者右臀及女性受试者腰椎 L2-L4 的骨密度进行测定后发现，虽然随着年龄的增长，男性和女性骨密度均会有所下降，但是素食对骨密度影响没有统计学意义。2015 年[22]美国有一项研究对 56 名年龄为 19-50 岁，素食时间超过一年的素食者和 27 名杂食者采用双能 X 线吸收测定法进行全身骨密度检测，结果表明素食膳食对年轻人的骨密度没有不良影响。另一项[23]对 290 名美国绝经期妇女（其中素食者 144 人）前臂骨密度进行检测结果也证明，膳食模式对骨密度的影响无统计学意义。

第二类研究报告：不同素食膳食模式（纯素、蛋奶素）对骨密度影响有所不同。纯素

膳食模式对骨密度有不良影响：英国 Appleby 等人进行了关于成年素食者和非素食者骨折风险的队列研究[24]，研究对象中素食者 9420 人，其中纯素食者为 1126 人。随访调查他们 5 年期间的骨折情况。结果显示纯素食者的骨折风险是非素食者骨折风险的 1.3 倍，而蛋奶素食者和非素食者骨折风险相似。有研究者[25]测定了台湾 258 名绝经女性佛教徒（纯素食者 170 人）腰椎(L2-L4)和股骨颈的骨密度情况，发现长期纯素食者患腰椎骨折(OR=2.48,95%CI=1.03-5.96)和股骨颈骨质疏松(OR=3.94,95%CI=3.94,1.21-12.82)的风险较大。同样在亚洲地区，一项对中国大陆 76 名年龄在 70-89 岁之间，且素食时间都超过 30 年的女性佛教徒髋部和脊柱骨密度情况的研究[26]，结果为素食者和非素食者脊柱的骨密度相似，但是纯素食者臀部的骨密度则明显低于非素食者($P<0.05$)。陈庆福等[27]对厦门南普陀寺素食时间 5 年以上的 62 名男性僧侣及与其同性别同年龄健康体检的非素食者 60 名，进行腰椎前后位、股骨颈及股骨大粗隆部位的骨密度测定后进行比较，结果显示素食者在腰椎、股骨颈及大转子部位骨密度较非素食者低。与纯素食膳食模式相比，蛋奶素膳食模式对骨密度没有不良影响：有研究者[28]对美国 366 名 60-98 岁（88 名为蛋奶素者）老年女性桡骨中远端骨密度情况检测后发现蛋奶素和非素食者之间的骨密度相似。另一项关于 28 对年龄、身高、体重严格匹配的蛋奶素和非素食的白种绝经期女性骨密度的研究中[29]，研究者用单、双能 X 线吸收测定法对研究对象腰椎(L1-L4)的骨密度进行测定，结果也显示素食者和非素食者骨密度无明显差异。英国[30]一项 25 名(女性 17 名)蛋奶素手指骨骨密度的研究调查，并用年龄和性别相匹配的 25 名非素食者与他们骨密度检测结果进行对照，结果发现蛋奶素者的骨密度明显比非素食者高。

1.2 本研究目的及意义

从上述研究报告中可发现国内在此方面的研究甚少，有限的几个研究均局限于僧侣、绝经期女性等特殊群体。本研究通过调查上海地区普通素食人群的骨密度状况，比较素食者和非素食者的骨密度情况及骨质疏松发生率，分析素食膳食是否对骨密度有所影响；同时进一步探究不同素食类型（蛋奶素、全素、奶素、蛋素）及素食时间长短（五年以上和五年以内）对素食者骨密度状况的影响。为我国营养工作者在素食饮食方面的指导提供科学依据。

第二章 素食对骨密度影响的研究对象和方法

2.1 研究对象

2016 年 5 月以来借助素社等素食社会团体的力量，通过网上广告、微信公众号推送等网络手段，以及在上海各社会团体活动场所、上海市区素餐厅作为招募地点进行素食志愿者的招募。

素食组的纳入标准为：1）上海市常住人口 ，在上海居住在某地区一定时间（指半年以上）的人口；2）年龄 18-60 周岁 ；3）素食（不食用动物性食物的行为）一年及以上，素食类型包括全素，奶蛋素，奶素，蛋素；4）过去 12 个月内无妊娠史或生育史；5）文化水平达到能理解问卷内容的程度。

排除标准为：1）将有明确诊断的严重骨密度的疾患（如骨压缩、骨内钙化等）排除；2）患有影响营养吸收与能量代谢的疾病；3）明确诊断的癌前病变或者癌症患者。

同时招募与素食组人群性别相同、年龄相差在一岁以内、生活习惯相似的非素食者作为非素食对照组。除饮食方式外，其纳入标准和排除标准同素食组；非素食对照组主要来源为：素食者的亲属、朋友以及新华医院附近鞍山四村的居民。

2.2 现场调查

将招募到的受试者邀请到上海交通大学附属新华医院门诊大楼六楼临床营养科进行现场调查。现场调查的主要内容如下：

2.2.1 骨密度检测

使用超声骨密度测定仪 CM-200（声速范围 1400-1700m/sec±1.0%，精度 SOS＜0.2%CV）测定研究对象跟骨部骨密度，仪器内置标准东方人种骨质数据库。专业人员每次使用前对仪器进行校准，研究对象脱下鞋袜后将惯用足赤足放置在仪器可测量足长的踏板上，专业人员设定好研究对象年龄、足长，旋转已涂好明胶的移动探头使其与跟骨部直接接触，微机将自动呈现出研究对象骨密度值（单位：m/sec）以及其对应的性别年龄段骨密度值的标准范围及其图像，并显示出研究对象骨密度对应的 T 值和 Z 值，自动打印成临时报告，便于本研究进行进一步的研究分析。

骨密度 T 值为：将检测者检测所得到骨密度与 30-35 岁健康年轻人的骨密度作比较，以得出高于(+)或低于(-)年轻人的标准差数。据 1994 年世界卫生组织 WHO 的标准，根据骨密度呈现出来的 T 值将骨健康状况分为以下三类：①T＞-1 时，判断为骨量正常；②-1≥T≥-2.5 时，判断为骨量减少；③ T 值＜-2.5，表示骨质疏松症。Z 值也是一个相对的数值，其根据同年龄、同性别和同种族分组，将相应检测者的骨密度值与参考值作比较：① -2＜Z 值，表示骨密度值在正常同龄人范围内；②Z 值≤-2 表示骨密度低于正常同龄人。临床上通常用 T 值来判断人体的骨密度是否正常。

2.2.2 体格检查

由专业人员为研究对象进行身高、体重、腰围、臀围、血压情况的测量。

①测量身高时，受检者脱去鞋帽，双脚平放地面，脚后跟并紧，直立，双肩放平，双眼正视前方，头部保持水平，背部直立靠量杆，面向外。调查员手扶滑测板向下滑动，直到底面与颅顶点相接触，读取屏幕所示读数。以厘米为单位，记录到小数点后一位，测量精确到

0.1cm。

②测量体重时，受试者脱去鞋帽，取出所穿衣物口袋中的物品（特别是钥匙或钱包）。测量精确到 0.1kg。

③测量腰围时，被测者自然站立，平视前方。测量者选肋下缘最底部和髂前上棘最高点，连线中点，以此中点将卷尺水平绕腰一周，在被测者呼气末、吸气末开始时读数。卷尺绕腰围水平面与身体垂直，测量精确至 0.1cm。

④测量臀围时，被测者自然站立，臀部放松，平视前方。将卷尺置于臀部向后最突出部位，以水平围绕臀一周测量，读数精确至 0.1cm。

⑤腰臀比（WHR）=腰围（cm）/臀围（cm）

2.2.3 人体成分测定

研究对象在排空二便后，脱去鞋帽和外套，将可能影响测量结果的金属物品取下后，赤足站在已校准后的 Inbody720 人体成分分析仪电极上，双手按照指示握住手柄的电极以保证全身电极电流连通，双手自然下垂、微微离开身体两侧，双肩放平，双眼正视前方。专业人员在连接人体成分分析仪的电脑上输入研究对象的基本信息并保存后，点击“Analysis”图表，仪器将自动对研究对象身体质量指数（Body Mass Index,BMI）进行测量，并对其体成分进行分析，整个过程在安静的环境下进行，受检者保持平静及姿势不便。

2.2.4 问卷调查

研究对象在专业人员的辅助下完成一般情况和生活方式问卷、24 小时膳食回顾问卷。

（1）一般情况和生活方式问卷

由研究对象自主填写后，由专业人员进行信息查漏核对，在现场及时将漏缺的信息填补好。本问卷主要调查内容为：①社会人口学资料：姓名、性别、 年龄、民族、婚姻状况、职业、文化程度等；②生活习惯资料：吸烟情况；饮酒情况；工作强度（轻度、中度、中度）；每周锻炼时间（小于 1 小时、1-4 小时、大于 4 小时）；接受光照情况；素食类型和素食时间等；③健康状况资料：既往骨折情况；既往病史及现病史；家族史；女性研究对象初潮时间、绝经时间、月经情况及生育史等。

（2）24 小时膳食回顾问卷

依据行业标准 WST 426.1-2013 完成设计，由调查者一对一的形式对研究对象进行过去 24 小时实际食物摄入情况进行调查。包括早、午、晚及加餐所摄入的主食、奶制品、豆制品、蔬菜水果、蛋类、饮料、食用油、调味品、营养素补充剂等。如被调查者前一天饮食与典型饮食相差很大（如外出就餐或断食），则选取过去 72 小时中最典型的一天进行记录。调查者向研究对象在调查过程中提供标准碗、勺以及食物模型和食物图谱，帮助研究对象回忆以及对摄入食物进行量化估计。

2.3 质量控制

（1）调查问卷经查阅文献资料，结合调查目的确定。在本课题开展之前进行了小范围的预调查，以便及时对问卷进行校正和修订，确保效度和信度。问卷题目设计简洁，方便理解。整个调查过程都处于安静、独立的房间内，调查前研究对象均已签署知情同意书。当研究对象对问卷理解有偏差和困惑时，调查员指导填写并及时回收，由专业人员现场质控。

（2）项目开展之前对调查员进行统一培训，包括对体格检查及超声骨密度测定仪 CM-200 和 Inbody720 人体成分分析仪使用的培训，并统一每个调查员在 24 膳食回顾和食物频率调查方面对食物量估计的评估标准。

2.4 数据整理和分析

核查和修正所有调查表，补充遗漏的数据，剔除数据不完善的表格，保证资料尽可能完善及高质量。所有研究对象的骨密度值及 T 值和 Z 值录入进 Excel 表格；一般情况与生活方

式信息、体格检查情况以及食物频率调查情况通过 Epidata3.0 统一录入计算机，导出成 Excel 统计表格；24 小时膳食回顾问卷录入到中国大陆地区疾病预防控制中心营养与食品安全所联合开发的“营养计算器”软件，该软件能自动计算出每人每日三大营养素摄入量以及部分营养素的摄入量。最后将素食组与非素食组严格配对好，所有研究对象的信息整理成一份完成的数据库。

数据录入后所有统计分析由 SPSS20.0 完成，所有的计量资料用均数±标准差($x\pm s$)表示，计数资料用率构成比(n,%)表示。素食组和非素食组间采用配对 t 检验来比较素食组与非素食对照组间骨密度值的差异；采用卡方检验分析素食组与非素食对照组间骨质疏松患病率的差异。比较不同素食类型和不同素食时间对素食者骨密度的影响采用协方差分析和有序多分类 Logistic 回归分析。统计水平定义为 $P<0.05$ 差异有统计学意义。

第三章 素食对骨密度影响的研究结果

3.1 研究对象的一般情况

3.1.1 素食类型、素食时间等基本情况

本研究共收录 279 对人口特征学完整的严格匹配的素食者和非素食者，平均年龄为 34.5±8.80 岁，其中男性研究对象 48 对。279 名素食者中有 73 名纯素食者、168 名蛋奶素者、16 名蛋素者、22 名奶素者（图 3-1）；素食者的素食原因主要为：宗教信仰（44.1%）、营养健康（28.3%）、关心动物权益（15.7%）等；素食者的平均素食时间为 5.43±5.00 年，纯素食者 5.8±5.17 年、蛋奶素食者 5.3±4.93 年（图 3-2）。素食时间 1-5 年的素食者有 191 人（68.5%），5 年以上的素食者为 88 人（31.5%）。

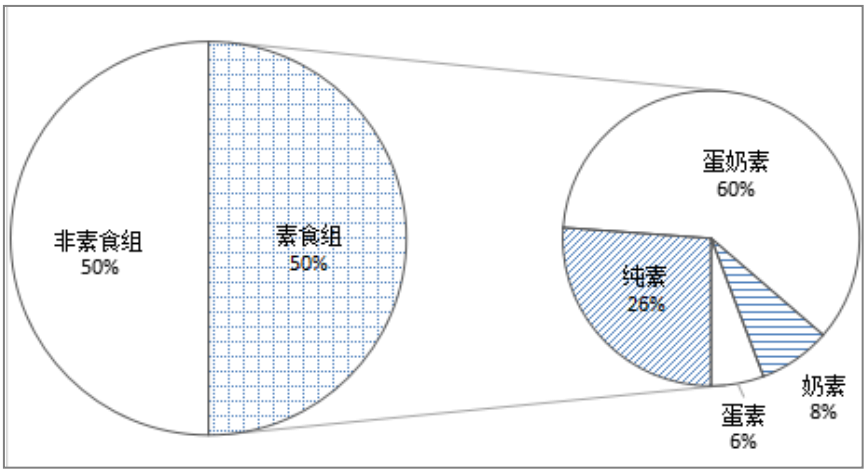

图 3-1 研究对象的膳食类型构成情况

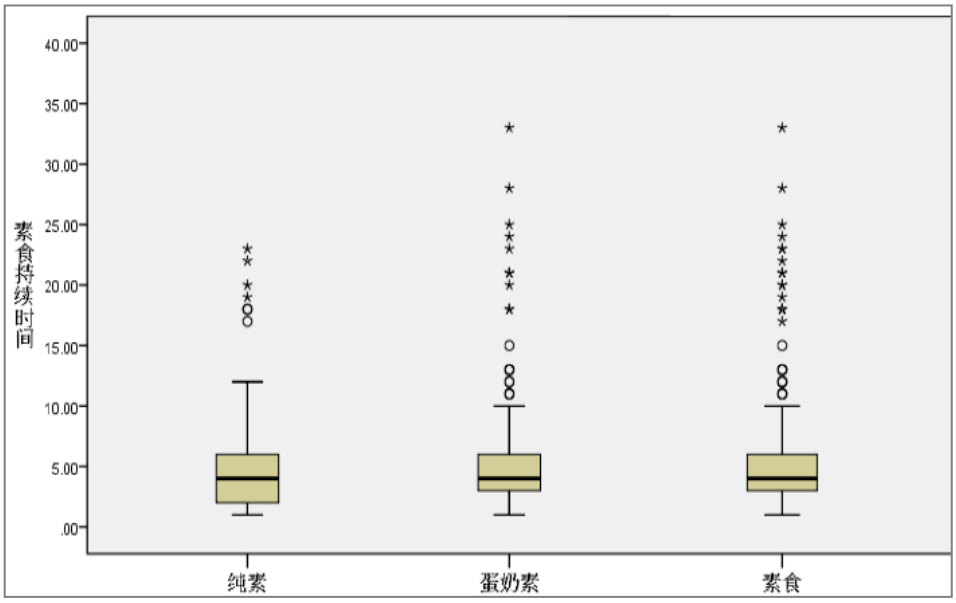

图 3-2 素食者素食时间的分布

3.1.2 社会人口学特征、生活方式和体格检查指标

一般情况问卷调查了素食组和非素食组年龄、学历、工作强度、每周锻炼时间、吸烟情况、饮酒情况、骨折情况等可能会对骨密度造成影响的相关数据情况。由表 3-1 中可知，相较于非素食者，素食人群中饮酒人数较少（素食者饮酒饮酒人数占 5%，非素食者饮酒人数占 18.3%，P＜0.05）、每周锻炼时间较长（素食者每周锻炼 4 小时以上者占 14%，非素食者占 7.2%，P＜0.05）；但素食者的学历、工作强度、每周锻炼时间、吸烟情况和骨折情况与非素食者没有显著差异。在体格检查的指标中，统计了两组的身高、体重、BMI 和腰臀比情况。由表 3-2 可知，素食者的腰臀比明显小于非素食者（素食者腰臀比为 0.78±0.06，非素食者腰臀比为 0.80±0.07，P＜0.05），身高、体重和 BMI 在两组间没有显著差异。

表 3-1 素食者与非素食者社会人口学特征、生活方式的比较

变量	素食组（n=279）	非素食组（n=279）	P 值
年龄（y）	34.89±8.75	34.39±8.85	0.558 [a]
吸烟（n,%）	28（10.0）	21（7.5）	0.185 [b]
饮酒（n,%）	14（5.0）	51（18.3）	＜0.05 [b]
学历（n,%）			
初中及以下	8（2.9）	12（4.3）	
高中/中专	37（13.3）	36（13.0）	
大专/职大	46（16.5）	51（18.5）	0.663 [b]
大学本科	136（48.9）	120（43.5）	
研究生及以上	51（18.3）	57（20.7）	
工作强度（n,%）			
轻	245（87.7）	246（88.5）	
中	23（8.2）	19（6.8）	0.76 [b]
重	11（3.9）	13（4.7）	
每周锻炼时间（n,%）			
＜1h	129（46.2）	139（49.8）	
1-4h	111（39.8）	120（43.0）	＜0.05 [b]
＞4h	39（14.0）	20（7.2）	
骨折（n,%）	34（12.2）	47（16.8）	0.149 [b]

a.配对 t 检验; b.配对卡方检验

表 3-2 素食者与非素食者体格检查指标的比较

变量	素食组（n=279）	非素食组（n=279）	P 值 [a]
身高（cm）	162.63±7.14	162.58±7.09	0.940
体重（kg）	55.50±8.38	55.41±8.41	0.908
BMI（kg/m2）	20.95±2.61	20.93±2.62	0.924
腰臀比	0.78±0.06	0.80±0.07	＜0.05

a.配对 t 检验

3.2 素食者的骨密度情况及可能的影响因素

3.2.1 素食者的骨密度状况

素食组跟骨部超声骨密度值为 1515.0±32.42m/sec，非素食组跟骨部超声骨密度值为 1521.79±33.56m/sec，经配对 t 检验分析，两组间骨密度值无统计学差异（P=0.763）。

素食组中诊断为骨质疏松的人数为 11 人，占总人数的 3.9%；非素食组中诊断为骨质疏松的人数为 15 人，占总人数的 5.4%；素食组和非素食组中被诊断为骨质疏松者均为女性（图 3-3）。素食组中骨量正常者为 140 人，占总素食者的 50.2%，非素食组中骨量正常者为 141 人，占总非素食者的 50.3%，经配对卡方检验分析，素食组和非素食组间骨质疏松患病率无统计学差异（P=0.698）。如表 3-3 所示。

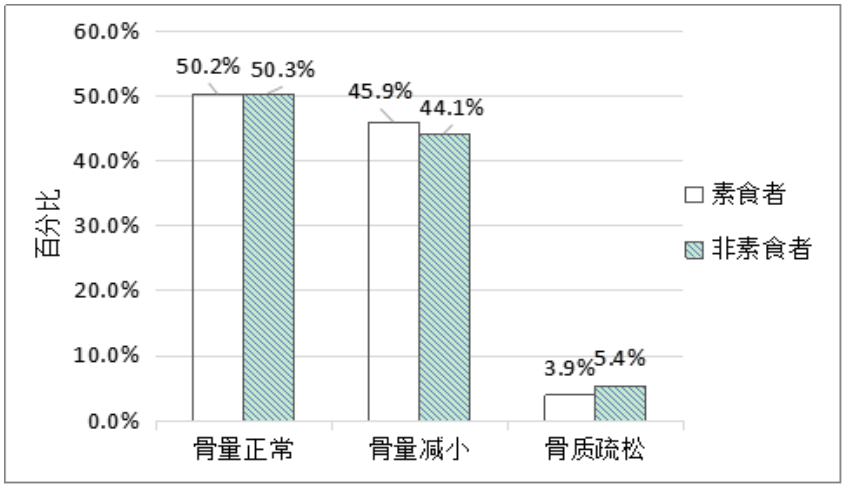

图 3-3 研究对象骨质情况分布

表 3-3 素食者骨密度情况及骨质疏松患病率

变量	素食组（n=279）	非素食组（n=279）	P 值
骨密度超声（m/sec）	1515.0±32.42	1521.79±33.56	0.763[a]
骨质情况（n,%）			
骨量正常	140（50.2）	141（50.5）	0.698[b]
骨量减少	128（45.9）	123（44.1）	
骨质疏松	11（3.9）	15（5.4）	

a. 配对 t 检验; b.配对卡方检验

3.2.2 素食类型对骨密度状况的影响

（1）协方差分析：比较不同素食类型素食者组间骨密度值的差异

以素食者超声骨密度值（单位：m/sec）为因变量，研究对象的不同素食类型（纯素、蛋奶素、蛋素、奶素）为自变量，分析不同素食类型两两之间骨密度值的差异，计算结果为 F=0.490，P=0.743（P＞0.05）；以年龄、BMI、学历、工作强度、每周锻炼时间、是否吸烟、是否饮酒、是否骨折为协变量，再次进行协方差分析不同类型素食者组间骨密度值的差异，计算结果为 F=0.125，P=0.974（P＞0.05）。据此可知，调整组间混杂因素的影响后，不同类型素食者组间的骨密度值没有统计学差异。协变量中的年龄（F=29.613，P=0.000）、每周锻炼时间（F=4.548，P=0.033）在不同类型素食人群中有统计学差异，而 BMI、学历、工作强度、每周锻炼时间、是否吸烟、是否饮酒、是否骨折这些方面的情况在不同类型素食者组间中无统计学差异。

（2）有序多分类 Logistic 回归：比较不同素食类型素食者骨质疏松发生率的差异

以研究对象骨密度 T 值（①T＞-1，骨量正常；②-1≥T≥-2.5，骨量减少；③T≤-2.5，骨质疏松）为因变量，研究对象的不同素食类型（纯素、蛋奶素、蛋素、奶素）为自变量，分析不同类型素食者之间骨质情况的差异。以年龄、BMI、学历、工作强度、每周锻炼时间、是否吸烟、是否饮酒、是否骨折为协变量，调整这些因素的组间差异后，计算结果为全素食者 P=0.911，蛋奶素食者 P=0.791，蛋素者 P=0.508，奶素者 P=0.923（P＞0.05）。据此可得，调整组间混杂因素的影响后，不同素食类型对素食者骨质疏松发生率的影响无统计学意义。

3.2.3 素食时间对骨密度状况的影响

（1）协方差分析：比较素食时间不同的素食者组间骨密度值的差异

以素食者超声骨密度值（m/sec）为因变量，素食时间为自变量，分析素食时间 5 年以内和素食时间 5 年以上的素食者组间骨密度的差异，计算结果为 F=0.591，P=0.554 （P＞0.05）；以年龄、BMI、学历、工作强度、每周锻炼时间、是否吸烟、是否饮酒、是否骨折为协变量，调整这些因素的组间差异后，再次分析不同素食时间素食者骨密度间的差异，计算结果为 F=0.345，P=0.708（P＞0.05）。据此可知，排除以上混杂因素后，素食时间 5 年以内和素食时间 5 年以上的研究对象骨密度间没有统计学意义。分析结果中年龄（F=28.88，P=0.000）、每周锻炼时间（F=4.447，P=0.035）在不同素食时间素食人群中有统计学差异，而其他因素在不同素食时间素食人群中无统计学差异。

（2）有序多分类 Logistic 回归：比较不同素食时间素食者骨质疏松发生率的差异

以研究对象骨密度 T 值（①T＞-1，骨量正常；②-1≥T≥-2.5，骨量减少；③T＞-2.5）为因变量，素食时间为自变量，分析素食时间 5 年以内和素食时间 5 年以上的两组素食者骨质情况之间的差异，以年龄、BMI、学历、工作强度、每周锻炼时间、是否吸烟、是否饮酒、是否骨折为协变量，调整这些因素的组间差异后，计算结果为素食时间 5 年以内 P=0.597，素食时间 5 年以上 P=0.488（P＞0.05），据此可得，调整组间混杂因素的影响后，素食时间长短对素食者骨质疏松发生率的影响没有统计学意义。

3.3 骨密度相关的营养素摄入情况

素食组和非素食组一天的平均能量、营养素摄入情况具体如表 3-4 所示。其中非素食组能量、蛋白质、脂肪、膳食纤维、钙、磷、维生素 D、维生素 B12 摄入量均大于素食组（P＜0.05），素食组膳食纤维摄入量大于非素食组（P＜0.001）。碳水化合物摄入量在两组间没有统计学意义（P=0.07）。

表 3-4 骨密度相关营养素摄入情况

营养素	素食组（n=279）	非素食组（n=279）	P 值 [a]
能量（kcal）	1504.71±514.17	1764.04±582.60	＜0.001
蛋白质（g）	46.25±20.25	70.24±32.90	＜0.001
脂肪（g）	41.94±21.20	66.06±32.90	＜0.001
碳水化合物（g）	228.84±87.70	216.2±78.59	0.070
膳食纤维（g）	15.51±9.59	11.91±6.94	＜0.001
钙（mg）	454.4±266.73	532.57±303.48	＜0.05
磷（mg）	787.96±339.11	993.33±397.43	＜0.001
维生素 D（ug）	3.26±12.05	7.35±25.44	＜0.05
维生素 B12（ug）	0.47±1.03	3.92±6.97	＜0.001

a.配对 t 检验

第四章 讨论

本课题研究发现素食膳食对骨密度无不良影响，并且不同的素食类型及素食时间长短对素食者骨密度的影响无统计学意义。对于以上研究结果，考虑以下几点影响因素：

第一，年龄和素食时间：本次研究中招募到的上海地区素食者平均年龄为 35 岁。据沈秀华等[13]采用分层分阶段的调查方法发现，上海地区素食者平均年龄在 65 岁左右。由于本次招募到的素食者以自愿报名为主，而非按年龄区间分层抽样，因而本研究中的素食者主要来源为微信网络平台，他们普遍年轻，吃素时间不长，大部分素食者的年龄段正处于他们骨量的上升期或者峰值时期，这可能是他们与非素食者骨密度值无明显差异的原因之一。台湾一项对素食者骨密度的研究表明[21]，骨量达到峰值以后，骨密度状况与年龄呈负相关，是否素食对骨密度的影响无统计学意义。女性在绝经期后骨量减少是常见的现象，有研究表明这种骨量流失的程度可以达到每年流失 1%左右[31-32]，因此对于女性素食者而言，相较于是否素食，年龄可能是影响其骨密度更主要的因素。本次研究的素食者中非严格素食者的比例为 74%，素食者中素食时间 5 年以内者占 68.5%。在前言所列的第二类研究报告中，纯素膳食模式对骨密度有不良影响，这些研究的对象大部分为否佛教徒这类严格的素食者，且素食时间均较长（5-30 年）[25-27]。综上，对比其他研究发现，年龄和素食时间长短是影响素食者骨密度值的因素。假设本项目招募的研究对象中素食时间长的严格素食者人数较多时，研究结果是否会所不同，还有待进一步研究调查。

第二，运动与生活方式：本研究中的人口学特征显示，与非素食者相比，素食者的生活方式更为健康，他们较非素食者每周的体育锻炼时间更长，且更少饮酒。很多研究者探究过关于运动与骨量之间的关系，Smith 等[33]研究表明坚持体育运动可以降低或延缓骨量的减少量。每周 3 小时的体育锻炼可以抵抗围绝经期女性骨质的流失[34]。咖啡因和酒精是对骨健康的不利因素[35]，在 Hunt 等人的研究调查中发现非素食者咖啡因和酒精的摄入明显较高，这将会对非素食者的骨密度造成影响[23]。本研究发现宗教信仰和追求健康是素食者选择素食最常见的原因，这和其他调查者的发现一致[36-37]。美国一项研究中曾表明 82%成年素食者因为健康选择素食膳食，健康是选择素食最主要的原因[38]。在本研究的现场调查中，我们也发现大部分素食者非常关注自身的营养与健康状况和膳食质量，心态积极自信。在美国，60%年轻素食者在开始食素后心态更为积极[39]，良好的心态有利于健康。据此，运动和生活方式可能是本研究中素食者维持骨密度健康的积极因素。

第三，动物蛋白和内源性酸负荷：本研究中素食者与非素食者蛋白质的摄入量分别为 46.25g±20.25g 和 70.24g±32.90g，在 2013 版的中国居民膳食营养素参考摄入量中蛋白质的推荐摄入量（RNI）为 55-65g/d[40]。本研究中素食者蛋白质摄入量明显较非素食者低（P=0.000），且低于推荐摄入量，而非素食者蛋白质的摄入量高于推荐摄入量，其来源主要是动物蛋白。有研究表明动物蛋白的摄入量与骨量流失呈正相关[41]，也增加了骨折的风险[42]。这是因为动物蛋白在代谢过程中产生的氨基酸在氧化过程会增加内源性酸负荷，使骨矿化发生障碍，加速骨质的流失，危害非素食者骨健康。[43-44]减少肉制品的摄入将有效减少人体血液中的磷钙比以及硫氨酸含量，血液中的内源性酸含量下降，因而减少血液中钙的排泄[45-46]。一些流行病研究发现，水果和蔬菜的大量摄入对骨健康起保护作用，素食者的血浆 PH 更偏碱性，这是由于果蔬中钾镁等离子含量较高，中和柠檬酸、苹果酸等，对骨健康起保护作用[47-50]。但是关于蛋白质的摄入尤其是动物蛋白的摄入与骨健康的关系仍具有争议。也有研究发现高蛋

白质的摄入有助于降低骨折风险[51-52]，骨骼的形成与维持需要大量的蛋白质作为基础[53]。本研究中素食者与非素食者蛋白质摄入量有统计学意义，但两组的骨密度情况没有差异，非素食者动物蛋白摄入量较大，内源性酸负荷可能是本结果的影响因素之一，但关于动物蛋白质摄入量对骨密度的影响仍有待进一步的探究。

第四，钙和维生素 D 的摄入量：本研究中素食者与非素食者钙和维生素 D 的摄入量分别为 454.4±266.73mg/d、532.57±303.48mg/d 和 3.26±12.05ug/d、7.35±25.44ug/d，在 2013 版的中国居民膳食营养素参考摄入量中钙和维生素 D 的推荐摄入量（RNI）为 800-1000mg/d 和 10ug/d[40]。两组研究对象的钙和维生素 D 摄入量均低于推荐摄入量，且素食者钙和维生素 D 摄入量明显低于非素食者（P=0.001），但在本研究中钙的摄入量对骨密度的影响没有统计学意义。这与 Ho-Pham 等[31]对越南地区绝经期素食女性骨密度情况研究的发现一致，他们认为此结果表明素食膳食不会对身体产生有害的影响。之前也有对白种人素食者骨密度的研究报道[54]发现，低钙摄入对骨密度影响没有统计学意义。但大部分研究都表明钙和维生素 D 对于骨健康起着非常重要的作用[55-58]，钙的摄入量与骨质流失呈负相关。有研究者认为由于素食者和非素食者的钙摄入量均低于推荐量，两组的钙摄入量可能均未达到能对骨密度起保护作用的临界需求量[26]，这也可能是本研究中素食组与非素食组骨密度值无统计学差异的原因之一。

第五章 结论

根据本次研究的结果，可初步得出如下结论：

第一，素食膳食对人体骨密度状况可能无不良影响。

第二，素食者骨密度的健康状况可能和不同的素食类型及素食时间的长短无关。

本研究可以考虑在以下三方面进行完善：

首先，由于本研究的对象集中在青年素食者，可以考虑扩大对年长的严格素食者骨密度状况的调查，以保证各年龄段各类型的素食者样本量充分；

其次，可以考虑对研究对象进行随访，进一步探究素食者的可能影响骨密度的因素；

再次，条件和经费允许的情况下，运用双能 X 射线骨密度检测仪对研究对象再进行骨密度检测，使研究结果更加明确。

参考文献

[1]中国营养学会.中国居民膳食指南 2016 版[M].北京：人民卫生出版社，2016：255.
[2]Key T J, Appleby P N, Rosell M S. Health effects of vegetarian and vegan diets.[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2006, 65(1):35-41.
[3]Risérus U, Willett W C, Hu F B. Dietary fats and prevention of type 2 diabetes[J]. Progress in Lipid Research, 2009, 48(1):44–51.
[4]李学军,闫冰,杨叔禹. 素食膳食对人体代谢的影响及机制探讨[J]. 医学综述,2010,(09):1351-1353.
[5]刘见民,王辉华,陈伟军. 饮食习惯对血脂水平的影响[J]. 中国现代医生,2014,(09):46-48.
[6]Dewell A, Weidner G, Sumner M D, et al. A very-low-fat vegan diet increases intake of protective dietary factors and decreases intake of pathogenic dietary factors.[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2008, 108(2):347-356.
[7]Key T J, Appleby P N, Spencer E A, et al. Cancer incidence in British vegetarians.[J]. British Journal of Cancer, 2009, 101(1):192-197.
[8]Chang-Claude J, Hermann S, Eilber U, et al. Lifestyle Determinants and Mortality in German Vegetarians and Health-Conscious Persons: Results of a 21-Year Follow-up[J]. Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention, 2005, 14(4):963-968.
[9]Key T J, Appleby P N, Spencer E A, et al. Cancer incidence in vegetarians: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Oxford).[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2009, 89(5):1620S.
[10]Matthew B. Ruby. Vegetarianism. A blossoming field of study[J]. Appetite, 2012, 58(1):141–150.
[11]Newport,F. In U.S., 5% Consider Themselves Vegetarians. Available online:http://www.gallup.com/poll/156215/consider-themselves-vegetarians.aspx (accessed on 24 March 2017).
[12]余洁. 新加坡素食市场分析及其对我国之借鉴[J]. 现代企业教育,2008(4):114 -5.
[13]毛绚霞,沈秀华,唐文静,等. 上海素食人群构成及素食者健康和饮食行为调查[J]. 卫生研究,2015,02:237-241.
[14]李婵,李亮,陈志强. 双能 X 射线骨密度仪技术进展综述[J]. CT 理论与应用研究, 2014, 05:717-730.
[15]石倩,杨雨佳,高丽,倪国玉. 骨密度异常人群骨质疏松知识与自我效能的调查分析[J]. 中华护理杂志,2013,04:331-334.
[16]刘忠厚. 骨质疏松研究与防治[M]. 化学工业出版社, 1994.
[17]Tucker KL. Vegetarian diets and bone status. American Journal of Clinical Nutrition. 2014;100(Supplement_1):329S-35S.
[18]Wynn E.; Krieg, M.A.; Lanham-New, S.A.; Burckhardt, P. Postgraduate symposium: Positive influence of nutritional alkalinity on bone health. Proc. Nutr. Soc. 2010, 69, 166–173.
[19]Deriemaeker, P.; Aerenhouts, D.; Hebbelinck, M.; Clarys, P. Nutrient based estimation of acid-base balance in vegetarians and non-vegetarians. Plant Foods Hum. Nutr. 2010, 65, 77–82.
[20]Ho-Pham L T, Nguyen P L T, Le T T T, et al. Veganism, bone mineral density, and body

composition: a study in Buddhist nuns[J]. Osteoporosis international, 2009, 20(12): 2087-2093.
[21]Wang Y F, Chiu J S, Chuang M H, et al. Bone mineral density of vegetarian and non-vegetarian adults in Taiwan[J]. Asia Pacific journal of clinical nutrition, 2008, 17(1): 101-106.
[22]Knurick J R, Johnston C S, Wherry S J, et al. Comparison of correlates of bone mineral density in individuals adhering to lacto-ovo, vegan, or omnivore diets: A cross-sectional investigation[J]. Nutrients, 2015, 7(5): 3416-3426.
[23]Hunt I F, Murphy N J, Henderson C, et al. Bone mineral content in postmenopausal women: comparison of omnivores and vegetarians[J]. The American journal of clinical nutrition, 1989, 50(3): 517-523.
[24]Appleby P, Roddam A, Allen N, et al. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford[J]. European journal of clinical nutrition, 2007, 61(12): 1400-1406.
[25]Chiu J F, Lan S J, Yang C Y, et al. Long-term vegetarian diet and bone mineral density in postmenopausal Taiwanese women[J]. Calcified tissue international, 1997, 60(3): 245-249.
[26]Lau E M C, Kwok T, Woo J, et al. Bone mineral density in Chinese elderly female vegetarians, vegans, lacto-vegetarians and omnivores[J]. European journal of clinical nutrition, 1998, 52(1): 60-64.
[27]陈庆福，杨叔禹，闫冰，等. 素食者与普食者骨密度及骨质疏松症发病情况的对比分析[J]. 吉林大学学报：医学版, 2010, 36(4): 794-796.
[28] Tylavsky F A, Anderson J J. Dietary factors in bone health of elderly lactoovovegetarian and omnivorous women[J]. The American journal of clinical nutrition, 1988, 48(3): 842-849.
[29] Tesar R, Notelovitz M, Shim E, et al. Axial and peripheral bone density and nutrient intakes of postmenopausal vegetarian and omnivorous women[J]. The American journal of clinical nutrition, 1992, 56(4): 699-704.
[30] Ellis F R, Holesh S, Ellis J W. Incidence of osteoporosis in vegetarians and omnivores[J]. The American journal of clinical nutrition, 1972, 25(6): 555-558.
[31]Ho-pham L T, Vu B Q, Lai T Q, et al. Vegetarianism, bone loss, fracture and vitamin D: a longitudinal study in Asian vegans and non-vegans[J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2012, 66(1):75-82.
[32]Nguyen N D, Center J R, Eisman J A, et al. Bone loss, weight loss, and weight fluctuation predict mortality risk in elderly men and women.[J]. Journal of Bone & Mineral Research the Official Journal of the American Society for Bone & Mineral Research, 2007, 22(8):1147-1154.
[33]Jr S E, Reddan W, Smith P E. Physical activity and calcium modalities for bone mineral increase in aged women.[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1981, 13(1):60.
[34]Aloia J F, Cohn S H, Ostuni J A, et al. Prevention of involutional bone loss by exercise.[J]. Annals of Internal Medicine, 1978, 89(3):356-8.
[35]Matikainen N. Osteoporosis: a clinical perspective[J]. Duodecim. 2016;132(11):1051-8.
[36]Barr S I, Chapman G E. Perceptions and practices of self-defined current vegetarian, former vegetarian, and nonvegetarian women[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2002, 102(3):354-360.
[37]Jabs J, Devine C M, Sobal J. Model of the Process of Adopting Vegetarian Diets: Health Vegetarians and Ethical Vegetarians[J]. Journal of Nutrition Education, 1998, 30(4):196-202.
[38]WASSERMAN D,STAHLER Readersurvey results[J]. Vegetarian J,1998,17(1):4.
[39]Beezhold B L, Johnston C S, Daigle D R. Vegetarian diets are associated with healthy mood

states: a cross-sectional study in Seventh Day Adventist adults[J]. Nutrition Journal, 2010, 9(1):26.
[40]中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量 2013 版[M].北京：人民标准出版社，2014：14-21.
[41]Sellmeyer D E, Stone K L, Sebastian A, et al. A high ratio of dietary animal to vegetable protein increases the rate of bone loss and the risk of fracture in postmenopausal women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2001, 73(1):118.
[42]Feskanich D, Willett W C, Stampfer M J, et al. Protein Consumption and Bone Fractures in Women[J]. American Journal of Epidemiology, 1996, 143(5):472-479.
[43]Barzel U S, Massey L K. Excess dietary protein can adversely affect bone.[J]. Journal of Nutrition, 1998, 128(6):1051.
[44]Burckhardt P. The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review[J]. Swiss medical weekly. 2016;146:w14277.
[45]Marsh A G, Sanchez T V, Mickelsen O, et al. Cortical bone density of adult lacto-ovo-vegetarian and omnivorous women.[J]. Journal of the American Dietetic Association, 1980, 76(2):148.
[46]Anderson G H, Draper H H. Effect of dietary phosphorus on calcium metabolism in intact and parathyroidectomized adult rats[J]. Journal of Nutrition, 1972, 102(9):1123-1132.
[47]Adeva, M.M.; Souto, G. Diet-induced metabolic acidosis[J]. Clin. Nutr. 2011, 30, 416–421.
[48]New S A, Boltonsmith C, Grubb D A, et al. Nutritional influences on bone mineral density: a cross-sectional study in premenopausal women.[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1997, 65(6):1831-1839.
[49]Tucker K L, Hannan M T, Chen H, et al. Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1999, 69(4):727-736.
[50]Macdonald H M, New S A, Fraser W D, et al. Low dietary potassium intakes and high dietary estimates of net endogenous acid production are associated with low bone mineral density in premenopausal women and increased markers of bone resorption in postmenopausal women.[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2005, 81(4):923-933.
[51]Hannan M T, Tucker K L, Dawsonhughes B, et al. Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study.[J]. Journal of Bone & Mineral Research the Official Journal of the American Society for Bone & Mineral Research, 2000, 15(12):2504.
[52]Munger R G, Cerhan J R, Chiu B C. Prospective study of dietary protein intake and risk of hip fracture in postmenopausal women.[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1999, 69(1):147.
[53]Tylavsky F A, Anderson J J. Dietary factors in bone health of elderly lactoovovegetarian and omnivorous women.[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1988, 48(3 Suppl):842-849.
[54]Siani V, Mohamed E I, Maiolo C, et al. Body composition analysis for healthy Italian vegetarians[J]. Acta Diabetologica, 2003, 40 Suppl 1(S1):S297-8.
[55]Dawson-Hughes B, Dallal G E, Krall E A, et al. A controlled trial of the effect of calcium supplementation on bone density in postmenopausal women.[J]. New England Journal of Medicine, 1990, 323(13):878-883.
[56]Wickham C A, Walsh K, Cooper C, et al. Dietary calcium, physical activity, and risk of hip fracture: a prospective study.[J]. Bmj Clinical Research, 1989, 299(6704):889-892.

[57]Lau E, Donnan S, Barker D J, et al. Physical activity and calcium intake in fracture of the proximal femur in Hong Kong.[J]. Bmj Clinical Research, 1988, 297(6661):1441-3.
[58]Lindsay R. Prevention of postmenopausal osteoporosis[J]. Obstetrics & Gynecology Clinics of North America, 1987, 14(1):63-76.

谢辞

转眼间，毕业课题已临近尾声，也为我四年的大学学习生活画上了一个圆满的句点。从大二暑假开始，加入到沈秀华老师“素食与健康”课题组，在沈老师和王变师姐的带领下第一次真正意义上开始接触科研。“素食者骨密度状况”这个课题也悄然伴随了我两年的大学时光，这是我们已被评为“上海市级大学生科学创新训练”的课题，也是我最终的毕业课题。从志愿者的招募到现场调查，再到数据的整理分析到最后已经有文章被录用，这一路走来，我成长很多，收获很多，要感谢的更多。首先，感谢指导老师沈秀华老师，从课题的策划安排开始，到最后的论文修改指导，她认真细致地帮助我，给了我很大的积极性，让我对科学研究越来越热爱，她的指导和鼓励是我选择继续读研究生的重要原因之一。其次感谢王变师姐和崔雪莹师姐，每一次的现场调查都有王变师姐亲自为我们把关，为我解决了一个个难题，带着我一起学习；在后期运用统计软件数据分析中，也是她们手把手地教我，给了我很多的指导和帮助。还要感谢一起参与本课题的同学，在整个过程中，我们互相帮助共同成长，我很荣幸能在这个很棒的团队里。最后，要感谢新华医院临床营养科为我们课题提供设备和场地，感谢对我们招募工作给予帮助的素餐馆及社区居委会，感谢所有节假日来参加我们课题的志愿者，谢谢所有给予过我帮助的人！

综述

素食膳食与骨密度状况研究进展

摘要

随着素食日趋流行，素食与骨密度的关系广受关注。目前关于素食膳食对骨密度的影响有不同的研究结论，存在争议。通过两组关键词，第一组为“素食（vegetarian）”“纯素食（vegan）”“蛋奶素（lacto-ovo-vegetarian）”，第二组为“骨（bone）”“骨健康（bone health）”“骨密度（bone mineral density）”“骨质疏松（osteoporosis）”，在 PubMed、ISI Web of Knowledge、CNKI 中国学术期刊网全文数据库、万方数据库等数据库查找国内外此研究的相关文献，通过评阅共选用文献 12 篇，本文就此作一综述。

关键词：素食；骨密度

RESEARCH PROGRESS OF VEGETARIAN DIET AND BONE MINERAL DENSITY

ABSTRAT

With the growing popularity of vegetarian, the relationship between Vegetarian diet and bone mineral density(BMD)attracts widely attention. In this study, we searched all the related researches by the keywords “vegetarian” or “vegan” or “lacto-ovo-vegetarian” ,and “bone” or “bone health” or “bone mineral density” or “osteoporosis” in the PubMed for the articles published in English and in the CNKI for Chinese publication respectively We reviewed all the 12 included studies in this article.

Key words: vegetarian, BMD

素食人群是指以不食肉、家禽、海鲜等动物性食物为饮食方式的人群。按照所戒食物种类不同，可分为全素、蛋素、奶素和蛋奶素人群等。完全戒食动物性食物及其产品的为全素人群；不戒食蛋奶类及其相关产品的为蛋奶素人群[1]。目前，世界范围内已有不少数量的素食者，据调查数据显示，欧洲素食人群比例约为 6%-9%[2]。在美国，有 730 万的素食人群，占人口的 3.2%，并且有接近 10%的人群认为他们是近素食饮食[3]。台湾的全素人口已达到 200 多万，接近总人口的 10%[4]。我国素食主义者研究数据匮乏。据沈秀华等[5]调查显示，上海市居民中素食人群占 0.77%，宗教信仰和追求健康是他们食素的两大主要原因。骨密度(Bone Mineral Density, BMD)全称骨骼矿物质密度，是反映骨骼强度的重要指标，也是诊断骨质疏松的重要指标[6]。

目前，素食膳食对骨密度的影响受到广泛关注，且颇有争议，国内外并无统一结论。本文将对国内外此方面的现有研究进行综述。

1 文献的检索与纳入标准

本次文献查阅聚焦于两组检索词。第一组为素食相关关键词，包括素食、纯素食、蛋奶素；第二组为骨密度相关关键词，包括骨密度、骨健康、骨质疏松、骨。检索 PubMed、ISI Web of Knowledge、Embase 等数据库，查找相关的英文文献。中文文献检索 VIP 维普中文科技期刊全文数据库、CNKI 中国学术期刊网全文数据库、万方数据库。检索时限为 1970 年 1 月至 2016 年 4 月。

2 素食膳食模式对骨密度状况的影响

2.1 第一类研究报告：和非素食者相比，素食对骨密度无明显影响

Ho-Pham 等[7]随机抽取越南 105 名绝经期后佛教徒女性及 105 名绝经后非素食女性，用双能 X 线吸收测定法检测其腰椎、股骨颈及全身骨密度。结果显示，虽然素食者饮食中的钙和蛋白质摄入量比非素食者低，但他们的骨密度并无统计学差异。该研究组之后对上述研究对象为期两年的随访[8]，所得结果仍然提示，素食膳食对骨质的流失和骨折的发生无不良影响。在台湾，一项对台湾 1865 名成年人骨密度情况的研究[9]中素食者 872 人，且素食时间在五年以上，占总人数的 46.8%。研究者采用双能 X 线吸收法对男性受试者右臀及女性受试者腰椎 L2-L4 的骨密度进行测定后发现，虽然随着年龄的增长，男性和女性骨密度均会有所下降，但是否素食对骨密度影响没有统计学意义。2015 年[10]美国有一项研究对 56 名年龄为 19-50 岁，素食时间超过一年的素食者和 27 名杂食者采用双能 X 线吸收测定法进行全身骨密度检测，结果表明素食膳食对年轻人的骨密度没有不良影响。另一项[11]对 290 名美国绝经期妇女（其中素食者 144 人）前臂骨密度进行检测结果也证明，膳食模式对骨密度的影响无统计学意义。

素食膳食中钙、维生素 D、蛋白质和 n-3(ω-3)系列的必需脂肪酸含量较低，这些均不利于骨骼健康[12]。那么，如何解释上述关于素食者和非素食者的骨密度情况无统计学差异的研究发现呢？有研究者[13]提出非素饮食中由于动物蛋白的大量摄入，氨基酸的氧化过程会增加内源性酸负荷，使骨矿化发生障碍，将危害非素食者骨健康。另有研究表明素食者的血浆 PH 更偏碱性，这是由于果蔬中钾镁等离子含量较高，中和柠檬酸、苹果酸等，对骨健康起保护作用[14]。此外，台湾研究者[9]在对当地素食者膳食调查后发现，台湾素食者中大部分是蛋奶素人群，豆制品在台湾素食者饮食中所占比重大，钙摄入丰富对骨健康起着保护作用，这也是台湾地区素食者骨密度与非素食者无差异的重要原因之一。除饮食模式外，生活方式对骨密度的影响也同样不可忽视。咖啡因和酒精是对骨健康的不利因素[15]，在 Hunt 等人的研究调查中发现非素食者咖啡因和酒精的摄入明显较高，这将会对非素食者的骨密度造成影响[11]。

2.2 第二类研究报告：不同素食模式（纯素、蛋奶素）对骨密度影响有所不同

2.2.1 纯素膳食模式对骨密度有不良影响

英国 Appleby 等人进行了关于成年素食者和非素食者骨折风险的队列研究[16]，研究对象中素食者 9 420 人，其中纯素食者为 1 126 人。随访调查他们 5 年期间的骨折情况。结果显示纯素食者的骨折风险是非素食者骨折风险的 1.3 倍，而蛋奶素食者和非素食者骨折风险相似；对膳食问卷数据统计后发现纯素食者的钙摄入偏低，蛋奶素食者和非素食者钙的摄入量相似。在对纯素食者和非素食者钙摄入进行校正后，结果显示纯素食者和非素食者骨折风险相似。据此作者认为纯素的膳食模式对骨健康有不良影响，骨折发生率与钙的摄入情况相关，纯素者高的骨折发生率是钙摄入低造成的。有研究者[17]测定了台湾 258 名绝经女性佛教徒（纯素食者 170 人）腰椎(L2-L4)和股骨颈的骨密度情况，发现长期纯素食者患腰椎骨折(OR=2.48,95%CI=1.03-5.96)和股骨颈骨质疏松(OR=3.94,95%CI=3.94,1.21-12.82)的风险较大。同样在亚洲地区，一项对中国大陆 76 名年龄在 70-89 岁之间，且素食时间都超过 30 年的女性佛教徒髋部和脊柱骨密度情况的研究[18]，结果为素食者和非素食者脊柱的骨密度相似，但是纯素食者臀部的骨密度则明显低于非素食者(P＜0.05)。陈庆福等[19]对厦门南普陀寺素食时间 5 年以上的 62 名男性僧侣及与其同性别同年龄组健康体检的非素食者 60 名，进行腰椎前后位、股骨颈及股骨大粗隆部位的骨密度测定后进行比较，结果显示素食者在腰椎、股骨颈及大转子部位骨密度较非素食者低。以上研究可看出：纯素食者骨密度较非素食者低，尤其是亚洲地区的纯素食者。纯素膳食中蛋白质和钙的含量低，且植物性食物中的植酸、草酸等会影响钙的吸收，纯素食者蛋白质和钙的摄入量普遍较非素食者低，由此可见蛋白质和钙的低摄入是纯素食者造成骨密度低的重要原因。

2.2.2 蛋奶素膳食模式对骨密度没有不良影响

蛋奶素膳食模式中，钙和蛋白质的摄入明显较纯素食者提高，那么蛋奶素膳食模式对骨密度是否不良影响呢？有研究者[20]对美国 366 名 60-98 岁（88 名为蛋奶素者）老年女性桡骨中远端骨密度情况检测后发现蛋奶素和非素食者之间的骨密度相似。另一项关于 28 对年龄、身高、体重严格匹配的蛋奶素和非素食的白种绝经期女性骨密度的研究中[21]，研究者用单、双能 x 线吸收测定法对研究对象腰椎(L1-L4)的骨密度进行测定，结果也显示素食者和非素食者骨密度无明显差异。英国[22]一项 25 名(女性 17 名)蛋奶素手指骨骨密度的研究调查，并用年龄和性别相匹配的 25 名非素食者与他们骨密度检测结果进行对照，结果发现蛋奶素者的骨密度明显比非素食者高。上述研究结果均提示：蛋奶素膳食模式对骨密度没有不良影响，蛋白质和钙的充分摄入是骨密度重要的保护因素。

4 总结

综上，现阶段关于素食膳食对骨密度的影响仍有争议，但大部分研究认为严格的纯素饮食对骨密度有不良影响。目前此方面研究的主要研究对象集中在佛教徒、绝经期后女性素食者等特殊素食群体，而对于其他年龄段、无宗教信仰的普通素食者密度情况的研究仍为空缺，尚有待学者进一步的研究调查。此外，素食者与非素食者的生活方式对骨密度造成的影响没有在以上研究报告中进行探讨；关于绝经期后女性的骨密度状况，年龄和体内激素水平的变化也是影响骨密度状况的重要因素，以上的报告中均没有明确地探究其骨密度值发生变化主要是饮食模式的影响还是本身的激素调节作用占主导因素。因此，关于素食膳食与骨密度的关系需要更多的研究加以证实。

表1 截止到目前为止国内外素食与骨密度研究报告汇总

作者，发表时间	研究对象及研究设计	研究对象地理分布	骨密度指标	检测方法	研究结果
Ho-Pham 等,2012	105 名绝经期后佛教徒女性，105 名绝经期后非素食女性	越南	腰椎、股骨颈及全身骨密度	双能 X 射线吸收法	素食者和非素食者骨密度无统计学差异
Wang YF 等,2008	872 名素食时间五年以上成年素食者，993 名非素食者	中国台湾	男性右臀，女性腰椎 L2-L4 骨密度	双能 X 射线吸收法	素食者和非素食者骨密度无统计学差异
Knurick 等,2015	56 名成年素食者,27 名成年非素食者	美国	全身骨密度	双能 X 射线吸收法	素食者和非素食者骨密度无统计学差异
Hunt 等，1989	144 名绝经期后素食女性，146 名绝经期后非素食女性	美国	前臂骨密度	单光子骨密度分析法	素食者和非素食者骨密度无统计学差异
Appleby，2007	9420 名成年素食者（纯素食者为 1126 名），数名非素食者	英国	骨折发生率	问卷调查	纯素食者骨折风险为非素食者的 1.3 倍
Chiu 等，1996	170 名绝经期后女性佛教徒,88 名绝经期后非素食女性	中国台湾	腰椎(L2-L4)和股骨颈的骨密度	双能 X 射线吸收法	长期纯素食患骨质疏松的风险较大
Lau 等，1998	76 名素食时间 30 年以上的老年女性佛教徒	中国大陆	脊柱和臀部骨密度	双能 X 射线吸收法	纯素食者臀部的骨密度则明显低于非素食者
陈庆福等,2010	62 名素食时间 5 年以上的男性僧侣，60 名同性别年龄组的非素食者	中国厦门	腰椎前后位、股骨颈部位的骨密度	双能 X 射线吸收法	素食者腰椎、股骨颈及大转子部位骨密度较非素食者低
Tylavsky 等,1988	88 名老年蛋奶素女性，278 名老年非素食女性	美国	桡骨中远端骨密度	单光子骨密度分析法	蛋奶素食者和非素食者骨密度无统计学差异
Tesar 等,1992	28 对年龄、身高、体重严格匹配的蛋奶素和非素食的绝经后女性	白种人	腰椎(L1-L4)的骨密度	单、双能 x 线吸收测定法	蛋奶素食者和非素食者骨密度无统计学差异
Ellis 等,1972	25 对年龄、性别匹配的蛋奶素食者和非素食者（女性 17 对）	英国	手指骨骨密度	X 射线测定法	70-79 岁年龄组的蛋奶素者骨密度比 50-59 岁的非素食者高

参考文献

[1]中国营养学会.中国居民膳食指南[M].2016 版.北京：人民卫生出版社，2016，255.
[2]Matthew B. Ruby. Vegetarianism. A blossoming field of study[J]. Appetite, 2012, 58(1):141–150.
[3]Newport,F. In U.S., 5% Consider Themselves Vegetarians. Available online:http://www.gallup.com/poll/156215/consider-themselves-vegetarians.aspx (accessed on 24 March 2017).
[4]余洁. 新加坡素食市场分析及其对我国之借鉴[J]. 现代企业教育,2008(4):114 -5.
[5]毛绚霞,沈秀华,唐文静,等. 上海素食人群构成及素食者健康和饮食行为调查[J]. 卫生研究,2015,02:237-241.
[6]李婵,李亮,陈志强. 双能X射线骨密度仪技术进展综述[J]. CT理论与应用研究，2014, 05:717-730.
[7] Ho-Pham LT, Nguyen PL, Le TT, et al. Veganism, bone mineral density, and body composition: a study in Buddhist nuns[J]. Osteoporos Int.2009 Dec;20(12):2087-93.
[8] Ho-Pham LT, Vu BQ, Lai TQ, et al. Vegetarianism, bone loss, fracture and vitamin D: a longitudinal study in Asian vegans and non-vegans[J]. European journal of clinical nutrition. 2012;66(1):75-82.
[9] Wang YF,Chiu JS,Chuang MH, et al. Bone mineral density of vegetarian and non-vegetarian adults in Taiwan[J]. Asia Pac J Clin Nutr. 2008; 17(1):101-6.
[10] Knurick JR, Johnston CS, Wherry SJ, et al. Comparison of Correlates of Bone Mineral Density in Individuals Adhering to Lacto-Ovo, Vegan, or Omnivore Diets: A Cross-Sectional Investigation[J]. Nutrients. 2015;7(5):3416-26.
[11] Hunt IF. Bone mineral content in postmenopausal women comparison of omnivores and vegetarians[J]. The American journal of clinical nutrition. 1989.
[12] Tucker KL. Vegetarian diets and bone status[J]. American Journal of Clinical Nutrition. 2014;100(Supplement_1):329S-35S.
[13] Burckhardt P. The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review[J]. Swiss medical weekly. 2016;146:w14277.
[14] Adeva, M.M.; Souto, G. Diet-induced metabolic acidosis[J]. Clin. Nutr. 2011, 30, 416–421.
[15] Matikainen N. Osteoporosis: a clinical perspective[J]. Duodecim. 2016;132(11):1051-8.
[16] Appleby P, Roddam A, Allen N, et al. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford[J]. European journal of clinical nutrition. 2007;61(12):1400-6.
[17] Chiu JF, Lan SJ, Yang CY,et al. Long-Term Vegetarian Diet and Bone Mineral Density in Postmenopausal Taiwanese Women. Calcif Tissue Int. 1997 Mar;60(3):245-9.
[18] Lau EM,Kwok T, Woo J,et al. Bone mineral density in Chinese elderly female vegetarians vegans,lacto-vegetarians and omnivores[J]. European journal of clinical nutrition. 1998 Jan;52(1):60-4.
[19] 陈庆福,杨叔禹, 李学军,等. 素食者与普食者骨密度及骨质疏松症发病情况的对比分析[J]. 吉林大学学报(医学版),2010,04:794-796

[20] Tylavsky FA,Anderson JJ. Dietary factors in bone health of elderly lactoovovegetarian and omnivorous women[J]. The American journal of clinical nutrition. 1988 Sep;48(3 Suppl):842-9.
[21] Tesar R,Notelovitz M,Shim E, et al. Axial and peripheral bone density and nutrient intakes of postmenopausal vegetarian and omnivorous women[J]. The American journal of clinical nutrition. 1992 Oct;56(4):699-704
[22] Ellis FR,Holesh S,Ellis JW. Incidence of osteoporosis in vegetarians and omnivores[J].The American journal of clinical nutrition. 1972 Jun;25(6):555-8.

译文及原文（一）

素食膳食和骨质状况

摘要

骨质疏松症是一种常见慢性疾病，与骨骼矿物质密度（Bone Mineral Density,BMD）的进行性下降和骨强度受损相关，随着时间的推移会导致骨折风险进一步增加。素食膳食中钙、维生素 D、维生素 B12、蛋白质和 n-3（w-3）脂肪酸含量较低，而这些营养素在维持骨骼健康方面都发挥重要的作用。虽然在素食膳食中锌摄入量不一定是低的，但它的生物利用度却相对较低，这表明锌需要更高的摄入量才能使其维持在足量的水平。当然，健康的素食饮食中有些营养素含量更高，比如说镁、钾、维生素 K、抗氧化剂和抗炎植物营养素，这些物质对骨健康是保护因素。有证据表明，素食主义者，特别是纯素食者发生骨密度低和骨折的风险更大。素食者可以通过仔细挑选一些食品或强化过食品或使用营养素补充剂来补充可能会短缺的营养素，以帮助素食者维持健康的骨骼状态以及减少骨折的风险。

1 引言

骨质疏松症是一种常见慢性疾病，与骨骼矿物质密度（Bone Mineral Density,BMD）的进行性下降和骨强度受损相关，随着时间的推移会导致骨折风险进一步增加。美国国家骨质疏松症基金会的近期流行病学资料表明，美国约有 900 万成年人患有骨质疏松症，4800 万人骨密度低，存在发生骨折的危险。2005 年美国 50 岁以上的人口中约有 200 万人发生骨折，其中大部分为女性。据估计，50 岁以上女性有 1/3、男性 1/5 会发生不同程度的骨折。骨折回给他们的生活带来不便、痛苦还有高昂的医疗费用，更主要的是有后续的风险，例如：高达 50％的老年髋骨骨折患者不能重新获得独立行走的能力；很多人因此需要被他人长期照顾；10-20％骨折的人寿命也因此收到影响。骨骼矿物质含量是由连续重塑期间破骨细胞的骨吸收和成骨细胞骨形成之间的微妙平衡的结果。随着衰老，破骨细胞活性逐渐超过成骨细胞活性因而导致骨质流失。绝经后妇女骨量丢失尤其严重，因为发生绝经后不久，骨质疏松的发生加速至绝经前的 2-6 倍，然后在接下来的 10 年内逐渐减缓至下降接近至每年 1%。

2 素食者的骨质状况

尽管研究仍然有限，但有证据表明，素食主义者发生骨密度低和骨折的风险更大。2009 年一项包含了 9 项比较素食者和非素食者的 meta 分析，研究对象包括 1880 名女性和 869 名 20-79 岁的男性，在他们的股骨颈和腰椎两侧均显示出素食者的骨密度比非素食者低 4％（95％CI：2％，7％）。进一步研究发现，与非素食者相比，纯素食者的骨密度低 6%（95％CI：2％，9％）。台湾的一项对女性素食者的研究表明，长期严格素食股骨颈骨质减少的风险是蛋奶素食者和非素食者的 4 倍（调整后 OR：3.9；95％CI：1.2，12.8）。

目前关于素食膳食与骨折情况的研究缺乏。英国进行了一项关于关于成年素食者和非素食者骨折风险的前瞻性队列研究，研究对象中 7 947 名男性和 26 749 名 20-89 岁的女性，其中素食者 9 420 人，纯素食者为 1 126 人。随访调查他们 5 年期间的骨折情况。调查发现纯素食者的骨折风险较高并且他们摄入的钙含量低 （＜525 mg / d），但非素食食者和蛋奶素食者的骨折情况没有差异。

综上，目前有证据表明素食者发生骨质疏松和骨折的风险较大，特别是纯素食者。因此，更加深入地去研究素食者的饮食，以便学者在降低骨折风险、保护骨骼健康方面给素食者提供更专业的饮食指导。

3 饮食模式与骨健康

近年来，很多相关的研究都表明了通过食物和营养素来维持骨密度状况并预防骨折的重要性。骨骼对于其微环境敏感很强，骨质方面长期微小的不平衡可能会使骨质损失表达出来。钙和维生素 D 对骨骼健康的影响已被大家认可，此外还有许多其他的营养素也会影响骨密度状况和骨折的发生情况。

素食膳食在满足人体可能的营养需求方面与非素食膳食不同。一项大型研究发现，相对于非素食者，蛋奶素食者和纯素食者饮食中的蛋白质，维生素 B-12，维生素 D 和视黄醇的摄入量较低，特别是对于纯素食者而言。此外，纯素食者的钙摄入量明显低于蛋奶素食者和非素食者。虽然锌摄入的总量似乎没有变化，但它在不同膳食模式中的食物来源不同，所以考虑这些营养素的生物利用率是非常重要的。蛋奶素食者和纯素食者的这些可能会影响其骨密度的营养素来源及其营养素的含量如表 1 所示。只要维生素 A 从类胡萝卜素摄入中获取足够量，那么视黄醇摄入量较低将可能是骨骼健康的积极因素，因为在美国的膳食中发现视黄醇的摄入量较高时，骨折风险更高。此外，值得一提的是，健康的素食饮食往往需要提高保护性抗炎和抗氧化营养素摄入量，以防止骨密度的下降。在一项研究中，纯素食者的叶酸，维生素 C，维生素 E 和镁摄入量高于其他组。他们还倾向于摄入维生素 K，这种维生素 K 在绿叶蔬菜和植物油中发现，维生素 K 与降低骨折发生风险有关。

表 1 素食膳食中与骨健康相关的营养素及其食物来源

营养素，成人RDA/AI	蛋奶素食者食物来源	每份的食物量	每份的营养素含量	纯素食者食物来源	每份的食物量	每份的营养素含量
钙,1000-1200mg	酸奶	244g（1c）	368mg	强化豆奶	245g（1c）	299mg
	牛奶	244g（1c）	293mg	老豆腐	100g（3.5oz）	683mg
	奶酪	244g（1 oz）	191mg	强化早餐谷物	15g（0.5c）	500mg
				深绿色蔬菜	90g（0.5c）	122mg
				黑糖蜜	20g（1Tb）	120mg
维生素 D, 600IU	强化牛奶	244g（1c）	120IU	强化豆奶	245g（1c）	105IU
	强化酸奶	245g（1c）	107IU	强化早餐谷物	15g（0.5c）	50IU
	鸡蛋	11g	41IU	紫外光下蘑菇	0.5c	316IU
维生素 B12,2.4ug	牛奶	244g（1c）	1.3ug	强化早餐谷物	15g（0.5c）	3.0ug
	酸奶	244g（1c）	1.2ug			
	鸡蛋	11g	0.4ug			
锌,8-11mg	-	-	-	强化早餐谷物	15g（0.5c）	7.5mg
				南瓜子	28g（1 oz）	2.2ng
				豆腐乳	100g（3.5 oz）	1.6mg
				坚果	28g（1 oz）	1.3mg
蛋白质, 46-56g	酸奶	244g（1c）	11.2g	豌豆干	89g（0.5c）	7.7g
	牛奶	244g（1c）	8.1g	豆奶	245g（1c）	6.3g
	鸡蛋	11g	6.3g	豆腐乳	100g（3.5 oz）	15-18g
	奶酪	28g（1 oz）	6.6g	坚果	28g（1 oz）	4.4g
n-3 脂肪酸,1.1-1.6g	-	-	-	核桃	28g（1 oz）	2.6g
				核桃油	14g（1 Tb）	1.4g
				亚麻籽油	14g（1 Tb）	2.4g
				菜籽油	14g（1 Tb）	7.2g
					14g（1 Tb）	1.3g

4 钙

由于成人体内接近 99%的钙都以羟基磷灰石的形式存在于骨骼中，所以钙是公认的“骨骼营养物质”。在 52 项关于钙干预试验中，除 2 项试验外，其他结果均显示钙对骨健康有改善作用。然而，对于一项随访 3 年的关于钙和维生素 D 作为补充剂，安慰剂对照试验中的结果分析显示：在补充剂停止后两年，试验期间累积的骨密度值大幅度减少。一项妇女健康的研究中，对于 36 282 例年龄在 50-79 岁之间的绝经后妇女，每天随机分配 1000 mg 钙和 400 IU（10 ug）维生素 D3，与使用安慰剂的对照组进行比较，长达七年的随访后在健康的绝经后妇女中并没有发现此补充剂可降低髋骨骨折风险。这些研究表明钙补充剂可能不足以预防骨折风险，并强调饮食中钙足量是非常重要的。

关于饮食中钙摄入的研究表明钙对骨骼状态和骨折预防的重要性。一项 NHANES III 随访分析中发现，年龄在 50 岁以上的女性有两倍的骨折风险由于她们在儿童期和青春期牛奶摄入量较低。在英国妇女基线钙摄入量 525mg/d 与摄入 1200mg/d 相比，骨折风险高出 75%。

食物干预研究显示了益处；当将乳制品添加到绝经后妇女的饮食中，钙摄入从 900mg 增加至 1500mg（22.5-37.5mmol）/ d 时，干预组相相比于对照组的骨丢失明显降低；在另一项研究中，饮食中每天加入 3 份酸奶，老年妇女排尿中骨质的生物标记明显减少。

牛奶和酸奶等食品中的钙可以比补充剂来讲更加有效地被吸收，因为一份牛奶里包括钙、维生素 D、蛋白质、钾和镁在内的其他重要营养素，它们可以一起发挥作用。这些食物对于蛋奶素而言饮食中含量较多，对比于素食者，从而保护蛋奶素食者的骨骼健康。 然而，对于不食用蛋奶的纯素者，低钙是他们需要考虑的重要因素。虽然几种蔬菜含有钙，包括绿叶蔬菜和豆类，但这些来源的钙生物利用率很低。素食者可以从豆腐，强化豆制品或强化橙汁中获得钙，但需要重视以确保充分摄入。

5 维生素 D

除了钙意外，维生素 D（胆钙化醇）是保护骨骼健康第二重要的的营养物质。活化的维生素 D [1,25（OH）2D（骨化三醇）]增强了骨质矿化和骨形成。维生素 D 以动物来源为主（主要来自脂肪鱼，蛋黄，强化牛奶）中作为胆钙化甾醇（维生素 D3）从饮食中获得的，而且来自植物来源的麦角钙化醇（维生素 D2） 暴露于紫外光下。大多数素食饮食含有很少的维生素 D。重要的是，维生素 D3 也是通过阳光（UVB）暴露从 7-脱氢胆固醇皮肤合成的。然而，在纬度较高的冬季，合成量较低，而且日益使用广泛的空调和防晒霜的原因，使得食物来源成为重要的维生素补充来源。

2007 年的一个综述包括循环 25-羟基维生素 D [25（OH）D]浓度与骨健康结果得出结论，证据显示血清 25（OH）D 与血清甲状旁腺激素，骨密度和骨密度改变之间呈反相关，但在骨折方面的结论仍然不一致。随后公布的 76 507 名绝经后妇女的国家骨质疏松症风险评估研究发现维生素 D 摄入量＞600 IU（15 mg）与＜200 IU（5 mg）相比，骨质疏松症的几率降低了 27%（95%CI：0.66,0.81），但不具有骨折风险。然而，其他几项研究显示维生素 D 与骨折之间存在关联。在美国的一项研究中，老年妇女使用高浓度的 1,25（OH2）D≤23 pg/ml（60pmol/l）4 年以上髋部患有两倍骨折风险的；在老年成年人的 NHANES III 随访研究中，血清 25（OH）D 浓度＞24ng/ml（60nmol/L）与较低浓度相比，已被证实臀部骨折的风险降低了 36%；而在荷兰，6 年以上的随访中，血清 25（OH）D 浓度≤12ng/ml(30nmol/l）与较高浓度相比，有 3 倍的骨折风险。

虽然维生素 D 的状态显然很重要，但考虑到摄入维生素 D 摄入日晒时，饮食摄入维生素 D 产生的作用已不太明显。几项研究表明，维生素 D 的饮食摄入与血清维生素 D 状态和骨骼健康有关。例如，在一项 18 年的 72,337 名绝经后妇女前瞻性分析中，与 140IU 维生素 D（3.5 mg）/ d 相比，500IU 维生素 D（12.5 mg）/ d 的摄入量与髋部骨折风险降低了 37%。维生素 D 补充剂的临床试验结果不一。然而，最近对老年成人非椎骨骨折 12 项试验的 meta 分析和 8 例髋骨骨折试验得出结论，剂量为 400IU（10 mg）/ d，髋骨骨折减少 18%，非椎体减少 20% 骨折。

维生素 D 含量低的人群中，维生素 D 含量较低的素食主义者，维生素 D 维生素 D 的风险较高，重要的是要注意适量摄入。虽然蛋奶素食者可以从强化的牛奶和蛋黄中获得维生素 D，但是纯素食者需要特别留意他们饮食中维生素 D 的来源。许多大豆制品以及橙汁和早餐谷物现在都被维生素 D 强化，这些可以提供防止缺陷的保护。在使用防晒霜之前定期暴露于阳光下 10 分钟是有助于维生素 D 的吸收的。 然而，那些在阳光下摄入量有限的饮食来源和年龄较大的老年人（皮肤中维生素 D 转化效率较低）可能会考虑使用维生素 D 补充剂，特别是在北纬北部的冬季时使用。

6 维生素 B12

维生素 B-12 是素食者特别容易缺乏的营养素，因为它几乎完全来自动物产品。维生素 B12 对骨健康是保护因素。在 4 项对 7475 人的前瞻性研究的 meta 分析表明，维生素 B-12 浓度（RR：0.96；95％CI：0.92,1.00）每增加 50pmol/L 时骨折风险降低 4％。在 Framingham 对骨质疏松症研究中的老年人中，与较高浓度相比，血浆维生素 B-12 浓度 200 pg/ml（148 pmol/L）与较低 BMD 显着相关。在 NHANES III 的参与者中，随着血清甲基丙二酸（MMA）增加，维生素 B-12 不足的功能指标，BMD 较低，骨质疏松症显着更有可能（P＜0.01）血清维生素 B-12 以剂量反应方式与 BMD 相关，几乎达到 200pmol/ L。此外，在血清维生素 B12 浓度低于第 25 百分位数的参与者中，骨质疏松症或骨质减少是血液维生素 B12 高于该临界值（95％CI：1.0,3.9）的受试者中的两倍。据报道，在荷兰，血清维生素 B-12 浓度＜285 pg/ml（210 pmol/l）患者的骨质疏松症患病率高达 7 倍，与浓度＞434 pg/ml（320 pmol/L）。纵向研究中，与较高浓度相比，美国老年妇女的 42 个月随访研究显示，维生素 B-12 浓度≤280 pg / mL（206 pmol / L），总髋骨密度明显下降。一项研究发现特别是纯素食者，低维生素 B12 浓度与骨重塑有关，这可能加速骨质流失。

除维生素 B-12 可能直接影响骨骼状态外，低维生素 B12 可能导致同型半胱氨酸升高，这可能与骨折风险相关联。8 项对 11,511 人的研究荟萃分析中显示，高半胱氨酸浓度每增加 1umol / L 增加的骨折风险增加 4％（RR：1.04;；95％CI：1.02,1.07）。 在 Framingham 骨质疏松症研究中，与最低四分位数相比，同型半胱氨酸最高四分位数的年龄调整发生率约为女性的两倍，男性高达四倍。NHANES III 研究还发现血清高半胱氨酸≥20 umol/L 的个体与血清高半胱氨酸＜10 mmol / L 的受试者相比，骨密度明显降低。

相对于非植物精油，素食者的维生素 B12 和高半胱氨酸浓度较低。欧洲的一项研究直接比较了非素食者和蛋奶素食者与纯素食者之间的差异，发现低维生素 B12 状态（全传运谷氨酸素 II＜35 pmol/L）的发生率在非素食者中占 11％，蛋奶素食者占 77％，纯素食者占 92％。类似地，在 5％的非素食者，68％的蛋奶素食者和 83％的纯素食者中观察到升高的 MMA；高同型半胱氨酸观察到非素食者占 16％，蛋奶素食者占 38％和纯素食者占 67％。因此，显然，确保维生素 B12 的充分摄入对于素食主义者至关重要。维生素 B12 的非主要来源包括强化早餐谷物，营养酵母和维生素 B12 强化大豆制品。由于维生素 B12 缺乏症在素食者中非常普遍，建议定期检查血清维生素 B12 浓度，如果血清维生素 B12＜258 pmol/L（350 pg/mL），则对 MMA 进行后续检测）。然而，即使没有进行检测，也可以建议素食者服用维生素 B12 补充剂以确保其充分摄入。

7 锌

与肉类摄入量相关的另一种矿物质，在素食饮食中常有不足的是锌元素。在骨质疏松症患者中已经注意到血清和骨中较低的锌。在 2 年对照试验中，绝经后妇女随机分配钙加铜和锌治疗，与钙加玉米淀粉相比，平均每日摄入锌摄入量 8.0 mg，受益于铜和锌补充剂。尽管锌在坚果，豆类和全谷物中都发现，但这些食物中的植酸盐使其生物利用度低于动物来源。这些食物可能需要更高的锌摄入量，而不是从动物产品达到要求。食物与营养委员会建议，从素食者那里获得锌至少有 50％以上。浸泡，加热，发芽，发酵和发酵过程有助于限制植酸盐对锌的可利用性的影响，因此，诸如豆腐乳和酸面团面包之类的食物可能是一个不错的选择，还有在烹饪前浸泡干豆的做法。另一个来源是强化早餐谷物。锌摄入量应包括在任何素食饮食的考虑范围中。

8 蛋白质

近年来，蛋白质因其在骨骼健康中的积极作用而受到关注，在素食饮食中蛋白摄入量可能会受到一些影响。由于代谢研究表明高蛋白摄入会导致钙损失，所以通常认为蛋白质对BMD 具有负面影响。然而，最新的一些流行病学研究表明，蛋白质摄如量越高，骨密度越高，骨折风险越低。例如，在老年人的 Framingham 骨质疏松症研究中，4 年的随访发现蛋白质摄取量最高骨质流失的最少，蛋白质摄入量低的人群比蛋白质摄入量高的人群臀部发生骨折的风险较大。类似地，在爱荷华妇女健康研究中，观察到蛋白摄入和髋部骨折风险呈负相关。相比之下，Nurse 健康研究中没有发现蛋白质摄入量和髋部骨折之间的关联。

动物与植物蛋白质摄入对骨骼状态的平衡仍不清楚，蛋白质摄入对骨骼影响的可能性取决于其他营养素。在美国的一项研究中，膳食蛋白质似乎只能在钙摄入量高的人群中最有效地防止骨丢失。饮食的总体酸碱平衡也可能影响对蛋白质的反应，更有利的结果是存在碱性成型食物。足够的蛋白质摄入对于骨骼状态显然是重要的，但是需要进一步的研究来了解与其他营养物质的可能相互作用。因为素食饮食倾向于产生更多的碱，而杂食性饮食更多的是产酸，这可能会是影响素食者骨骼健康的因素。

最后，值得一提的是，足量的蛋白质摄取对于维持肌肉量与延缓老化是重要的，对于防止跌倒和骨折的作用超过其对骨健康的直接影响。

9 n-3(ω-3)脂肪酸

脂肪酸在代谢的许多方面是重要的，PUFA 可以通过几种复杂的机制影响骨骼健康，包括对炎性细胞因子的影响，前列腺素 E2 产生的调节，以及使钙运输和储存增强。基本的 n-3 和 n-6 脂肪酸及其衍生物也作为过氧化物酶体增殖物激活受体的配体。这些参与了间充质干细胞向脂肪细胞或成骨细胞的分化。从花生四烯酸合成的脂氧素和来自 EPA 和 DHA 的溶血素具有抗炎作用，被认为是在动物研究的基础上保护骨骼。虽然素食膳食在 n-6 脂肪酸中往往较高，但排除鱼类食物意味着许多素食主义者具有低摄入量的 n-3 脂肪酸，特别是 DHA 和 EPA，这是最具生物活性的形式。然而，它们可能从植物来源获得 n-3 脂肪酸，例如来自核桃，亚麻籽和卡诺拉油中发现的亚油酸（ALA）。

在 Rancho Bernardo 研究中，n-6 与 n-3 脂肪酸的摄入比例较高与髋关节骨密度下降有关。在 Framingham 骨质疏松症研究中，每周食用≥3 分的脂肪酸含量高的与保护了股骨颈的骨密度，膳食 ALA 与髋骨骨折风险降低有关。现有的脂肪酸摄入和骨折报告的结论不一。 补充鱼油在绝经后妇女中表达出对骨密度的保护作用，但另外一项研究发现，与单独补充钙与钙和鱼油一起补充治疗 12 个月相比，对于妇女的骨密度影响没有任何区别。

要了解脂肪酸对骨骼健康的影响有待进一步的研究调查。但可以肯定的是，n-3 脂肪酸是重要的保护因素，并且它们在大部分素食者群体中往往是低的。n-3 脂肪酸的素食来源包括某些藻类，核桃，亚麻籽，卡诺拉油和鳄梨。大多数素食来源是 ALA 的形式。虽然 ALA 摄入量已被证明可以防止髋部骨折，但长链脂肪酸的最佳剂量还有待进一步研究调查。ALA 可以转化为身体中的 EPA 和 DHA，但这种转化效率不高。由藻类作为补充剂可以成为提供 DHA 的直接来源。

10 素食膳食中的保护因素

尽管如上所述，许多营养素需要素食主义者特别注意补充，才能更好地保护骨骼健康，但优质素食饮食通常包括许多健康的食物，并且饮食中几种保护骨骼的重要营养素含量较非

素饮食更大。这些营养物质包括镁，钾，维生素 K，抗氧化剂，包括维生素 C 和 E 以及类胡萝卜素，以及水果，蔬菜，坚果，豆类，茶叶和草药中的抗炎植物营养素。

丰富的坚果、豆类和全谷物的饮食往往是高镁饮食，这是典型的美国饮食中通常较低的营养素。镁可以增强骨强度并调节活性肠钙运输。一些研究记录了镁摄入对骨质的保护作用，血清镁浓度在骨质疏松症患者中显着低于骨密度正常者。

水果和蔬菜中的饮食通常钾含量相对较高。钾促进肾钙保留并中和膳食酸负荷，从而防止钙损失。在绝经前妇女中，钾摄入量最高和最低四分位数之间的股骨颈骨密度差异为 8%。在围绝经期妇女中，钾摄入量与骨密度的增加和骨吸收有关。在 Framingham 骨质疏松症研究中，钾摄入量与男性和女性骨密度增加相关，可以使骨质流失减小。

含有大量水果和蔬菜（包括大豆制品）的素食饮食也倾向于提供较高含量的维生素 C，类胡萝卜素，类黄酮和其他植物营养素。最近，这些抗氧化和抗炎营养物质已被证明可以保护骨骼。在 Framingham 骨质疏松症研究中，维生素 C 摄入量高男性相对于摄入量较低的患者，骨密度流失明显降低。此外，维生素 C 摄入量高的男性和女性的髋部骨折风险降低了 44%，同时也减少了骨质流失。与维生素 C 最低摄入量的素食者相比，髋骨骨折风险降低了 45%，其中总胆固醇摄入量高达三分之一。在这两项研究中，最强烈的关联被认为是番茄红素。澳大利亚最近的一项研究还发现，在男性和女性中，番茄红素与全身和腰椎之间的关系，而日本研究显示与血清 β-隐黄质和径向 BMD 相关。一起，这些数据以及镁和钾的保护作用的证据支持了健康饮食与丰富的水果和蔬菜的保护作用。大豆产品含有植物雌激素，其也与骨健康相关，但仍然存在争议。有证据表明，富含植物雌激素的饮食可以保护骨骼，但是动作机制还没有研究最终证实。

11 总结

素食饮食包含许多有益的因素。然而，素食膳食会使素食者处于营养素摄入不足的风险中，特别是保护骨健康重要因素的摄入不足。骨骼的保护因素如何与素食饮食的不足相互补充仍然有待进一步探究。然而，对于素食者骨骼状况和骨折结果的研究表明，素食膳食可能会使素食者，特别是纯素食者有骨质流失和骨折的风险。对素食膳食进行进一步的指导和改善，许多这些营养素可以通过强化产品的食物来源获得。在某些情况下，建议补充营养素补充剂确保必须营养素的充分摄入。注意以上考虑的几点，进一步改善素食饮食后可为建立和维持健康的骨骼状况以及预防骨折提供基础。

原文出处：

Tucker KL. Vegetarian diets and bone status[J]. American Journal of Clinical Nutrition. 2014;100(Supplement_1):329S-35S.

译文及原文（二）

素食膳食中的低酸负荷对骨骼健康的影响

摘要

素食膳食和纯素饮食中蛋白质和钙的含量低，通常认为这会造成素食者骨密度(BMD)低和患骨质疏松症。但除了那些钙摄入量特别低的纯素食者，其他素食者的骨密度并非如此。他们的骨密度健康可能是由于素食膳食中低酸负荷。营养素的酸负荷与骨密度呈负相关，与骨折风险呈正相关。低的酸负荷与骨骼的再吸收和高骨密度相关。并且酸负荷与富含钾的食物摄入量有关，例如在素食中的水果和蔬菜富含钾元素。最近几项关于素食和纯素饮食的研究中，对总营养素量进行了评估，发现低酸负荷不仅是由于食物营养素中钾含量高，而是在素食者的饮食中酸负荷本身就是很低的，相比之下，西方的非素食饮食每天会产生 50 到 70 毫克的酸。据此，低酸负荷可能是保护素食者骨密度健康、不患骨质疏松症的一个重要因素。

1 引言

素食者和纯素食者通常摄入的蛋白质和钙较低。这两种营养素对骨骼的发育和维持都是必需的。因此通常认为素食者和纯素食者比非素食者更容易患骨质疏松症。此外，其他营养因素也可能对素食者的骨骼健康产生负面影响。素食饮食中磷、锌、铜、维生素 B12 和维生素 K 含量较低，这些营养素对骨骼健康均有影响。本文综述了素食饮食对骨骼健康的影响的研究，并以高钾摄入量和低酸负荷的积极效应解释了目前此方面一些研究的结果。

2 素食饮食与骨健康相关的特征

2.1 钙和蛋白质的摄入量不足

与杂食动物的饮食相比，素食者的饮食，特别是纯素食者的饮食，含有较少的蛋白质，较少的钙，较少的维生素 D 和其他对骨骼健康有积极影响的营养成分；另一方面，素食饮食含有更多的钾，因此有更低的酸负荷，这两种因素都被认为对骨骼有好处。钙和蛋白质主要存在于乳制品和肉类中。因此，奶素食者缺钙的风险比较低。当钙摄入量低于 800 毫克/天时，髋部骨折的风险明显增加。因此，钙的摄入量少于 800 毫克/天被认为属于低摄入量。一般来说，只有不到 0.8 克/公斤体重的蛋白质摄入量被认为对骨骼健康是不利的。根据比较研究可以得出结论:素食者和纯素食者的蛋白质和钙含量通常比非素食者低。因此，素食者和纯素食者是患骨质疏松症的危险人群。

2.2 水果和蔬菜的摄入量高

素食也有一些对骨骼有益的特征。几项研究显示，水果和蔬菜的摄取量与骨质流失呈负相关性，但一项重要的研究发现，这种关联仍然存在问题。一项对非素食者(超过 100 万病人)的大型调查结果显示，当水果和蔬菜摄入量低于两份/天时，髋部骨折的风险增加，但水

果和蔬菜摄入量高的人没有降低风险的趋势。

水果和蔬菜的积极作用可以部分解释为钾的刺激效应。大量的水果和蔬菜代表着高钾摄入量。一项针对老年妇女的研究显示，排尿量最高的女性，以及摄入最高的水果和蔬菜的女性，也拥有最高的骨密度。

3 营养素的酸负荷对骨骼健康的影响

西方非素食者饮食所产生的酸负荷相当于 50 - 70 毫克/天，主要通过增加对骨的再吸收来缓冲产生的酸负荷，碱性化食物可以刺激骨骼形成。这在对动物和人类的试验中已经有所显示。可以根据两种方法来计算营养素的酸负荷，即 PRAL(潜在的肾酸负荷)和 NEAP(净内源性酸产量)。这两个参数都是用毫当量(mEq / day)表示的。

PRAL 值表明在 mEq/100g 中，某一食物提供的酸碱负荷。PRAL 值是用以下公式计算而来，这个公式的准确性已通过测量尿液的分泌物进行过检测。PRAL (mEq/d)=0.49 ×protein (g/d)+0.037×phosphorus (mg/d) 一 0.021×potassium (mg/d) 一 0.026×magnesium(mg/d) 一 0.013×calcium (mg/d)

NEAP 的应用更为广泛，因为它只由蛋白质的酸化作用决定，主要是含硫氨基酸的肉以及从弱有机酸中钾的碱化作用。这个公式是为：NEAP (mEq/d) = (0.91×protein g/d)-(0.57×potassium mEq/d) + 21；或者= (54.5×protein g/d / potassium mEq/d) -10.2

根据这些公式，肉类呈酸性，而大多数水果和蔬菜都有碱化作用。几个横断面研究证实了营养素酸负荷对骨密度的影响。例如，一项针对 1056 名女性的研究表明，营养素酸负荷与骨密度之间呈负相关。最近发表的对水果和蔬菜摄入量对骨骼作用的前瞻性研究，四项研究中有三项发现水果和蔬菜对骨骼有积极作用。有干预研究表明，富含碱性营养成分的饮食，以及富含碳酸氢盐的富含钙的矿物质，降低了对骨骼的吸收。口服碳酸氢钠改善钙平衡，而柠檬酸钾的处方甚至可以改善老年人的骨密度。因此，近期发表的文献中均认可素食和纯素饮食的碱化效应对骨骼有积极的影响。

4 素食膳食中的营养性酸负荷

1998 年的一项研究显示，年长纯素食者的股骨颈骨密度比普通素食者和非素食者低，他们的腰椎骨密度也不相同。虽然没有直接测量酸负荷，但是间接地对其进行了评估。在素食者中，骨密度与蛋白质和钙的摄入量有关。蛋白质的摄入量非常低，这使得人们认为营养酸的负荷很低。观察到非素食者骨密度并没有更高，而素食者骨密度也没有被影响，是因为没有考虑酸负荷的影响。但该研究测量了钾的排泄量，在纯素食者中，这几乎是非素食者的两倍，因为水果和蔬菜的摄入量很高，这意味着素食饮食中营养性酸负荷也很低或不存在。

最近的研究包括对纯素食者的营养酸负荷的评估，一项对绝经后妇女进行的对照研究表明，以其对骨骼(如梅子、柑橘类水果、洋葱、花椰菜、大白菜等)的积极作用而闻名的特定水果和蔬菜对骨骼代谢的影响比普通水果和蔬菜更好，这主要可以用酸负荷程度的不同来解释。平均 PRAL 值与特定的水果和蔬菜是-23mEq/d，即碱性；而中性对照组的 PRAL 值为-3mEq/d。另一项研究还发现一个非常不同的酸负载(PRAL)在非素食者和素食者之间：非素食者为+ 19.6mEq/d，素食者为-1.5mEq/d，纯素食者为-15.2mEq/d。后一种价值表明一种绝对的碱性营养，可以减少骨骼的吸收，有利于骨骼的形成。它弥补了素食主义者和纯素食者的营养缺乏，他们平均每天只吃 69 和 68 克蛋白质(非素食者 97 克/天)，每天摄入 800 毫克以上的钙/天(非素食者 939 毫克/天)。在德国对严格纯素食者的营养研究中也发现了一种强碱性的- 39 mEq/d 的效用价值，在另一项研究中也发现了同样的现象：素食者的酸度(NEAP)

比杂食性饮食(43.6 mEq/d)低，而素食者的饮食价值最低(17.3mEq/d)。已经有报道发现，素食者越吃素，其酸负荷就越低。这就可以解释为什么在素食主义者和大多数纯素食者中，尽管他们的蛋白质和钙摄入量很低，但他们的骨密度值并没有减少。

表 1 与非素饮食相比，蛋奶素和纯素饮食的营养素酸负荷评估

作者	参数	非素食者 mEq/d	蛋奶素食者 mEq/d	纯素食者 mEq/d		显著性
Knurick	PRAL [3]	9	-1.5	-15.2		0.001
Ausman	NAE [1]	42.6	31.3	17.3		0.01
Ströhle				适中：	严格：	
2011	PRAL	-	-	-46.5	-39.0	0.037
	NEAP [2]	-	-	-6.19	+2.41	0.026
	NEAP	-	-	+16.3	+12.6	0.002
Ströhle 2010	NEAP	95%动物性食物+109	85%植物性食物-186	-		-
Gunn	PRAL	-3	水果＋蔬菜＋草本植物-17	水果＋蔬菜＋草本植物-23		0.001

1 NAE=估计酸的净排泄量
2 NEAP=内源酸净生产量
3 PRAL=潜在的肾酸负荷

5 素食者和纯素食者的骨折风险

素食饮食对骨骼的保护作用可以降低骨折风险。这很难进行评估，因为此类研究需要大量的研究对象，并且对营养酸负荷的评估是一个耗时的过程。地中海饮食是素食饮食，但接近素食饮食，在一项非常大的流行病学研究中观察到地中海地区人群髋部骨折风险有所降低。但素食饮食与地中海饮食的不同之处在于，它完全被排除在肉类和鱼类之外，而素食主义者的饮食则是将鸡蛋和奶制品排除在外。更具体地说，一项针对素食者的英国流行病学研究显示，素食者和非素食者的骨折风险是相似的，以及具有相似的骨密度值。然而，在纯素食者中，他们的骨折风险增加 30%。作者通过对纯素食者的蛋白质和钙的缺乏来解释这一现象，因为当纯素食者的钙摄入量非常低的时候，他们的骨折风险就会被排除在计算之外。这意味着，当钙摄入量很低时，碱化饮食的骨保护效应就消失了。出于这个原因，学者们提出了促进纯素食者钙摄入量的建议。

一些研究报告了相矛盾的结果，其中之一，在纯素食者的手腕骨折的比例比非素食者少。这可能是由于吃肉食者的内源性酸负荷高，但该研究中没有进行评估。然而，在素食者中，低蛋白摄入量会增加腕关节骨折的风险。在佛教徒素食者研究中，纯素食者和非素食者表现出相同的骨折发生率，但两者骨折发生率都相对较高(分别占 21%和 23%)，这可能与两组中营养成分的摄入量低有关。可以得出结论，尽管蛋白质和钙的摄入量低，但素食者的骨折风险并不高，但在纯素食者中，尤其是钙摄入量非常低的人，发生骨折的风险更高。

显然，素食和素食营养的其他营养因素也会对骨健康有一定效应，如维生素 K、镁、锌、铁等，但它们对骨骼健康的影响相对较弱，而且部分较少被检查。素食中维生素 B12 和 omega - 3 脂肪酸含量低也同样有影响。维生素 D 对骨骼健康的影响很小。但必须提到的是，在素食者和纯素食者中，血浆 25 羟维生素 D 的含量比肉食者低，甚至低于吃鱼的人，这可能会

导致纯素食者的钙摄入量非常低。

一些水果和蔬菜对骨骼代谢有特定的积极作用，这与素食饮食的碱化作用无关。例如，食用洋葱、西红柿、浆果、沙拉和绿色蔬菜可能与抑制骨骼再吸收和人类腰椎更高的骨密度密切相关。蓝色的水果，如李子和蓝莓也可以抑制骨骼的吸收，增加人体的骨密度。因此，一些水果和蔬菜可以独立地对素食和纯素饮食的骨骼产生影响，但前提是它们经常大量消耗，这是不寻常的。酸负荷是一种更普遍的参数，因为它来自于一个人的总习惯，可能是终生的食物摄入量。此外，其他的生活方式因素可能有助于素食者和素食者的骨骼健康。尽管在这方面没有分析，但必须提到：素食者的生活方式更健康，他们的肥胖患病率更低，吸烟更少；他们的身体活动水平通常比非素食者高。所有这些因素也可能对骨骼健康产生积极影响。

6 回顾

素食者和纯素食者的饮食通常是低蛋白质和钙，这增加了骨质疏松的风险。蛋奶素食者避免了这种营养不足的情况，严格的素食主义者则有一定风险，但他们的骨密度并没有减少或只减少了一点点。纯素食者一般都有较低的骨密度和较高的骨折风险，除非他们选择了较多钙含量丰富的蔬菜。素食者中骨质疏松发生率不高，部分是由于钙摄入量充足，另一种解释为水果和蔬菜的碱化效应，可以减少人体对骨骼的再吸收。正如临床研究中所显示的，这两种结果都是交叉的和介入性的。素食者，特别是纯素食者应该提醒自己保持正常的蛋白质摄入量，如果有必要的话，进行营养补充，多选择富含生物钙的蔬菜。据推测，营养素的酸负荷将成为未来素食和素食营养对骨骼健康影响的研究的一部分。这对素食者和非素食者而言，都是重要的发现。

7 总结

尽管素食者的蛋白质和钙摄取量较低，但素食者的骨骼健康受到其饮食中的低酸负荷的保护。只有纯素食者可能会有低骨密度和骨折发生率增高的风险，而这与纯素食者摄入特别低的钙有关。

原文出处：

Burckhardt P. The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review[J]. Swiss medical weekly. 2016;146:w14277.

本科期间发表的文章

谢璐遥,王变,马康,毛绚霞,沈秀华.中国常见食物维生素 B12 含量.中国食物与营养.(已录用)