

基于Web of Science的关于2型糖尿病与牙周稳态相关性领域的文献计量分析

赵辰¹, 陈瞳², 张利方², 丁巍², 韩迪^{2*}

¹青岛大学医学部, 山东 青岛

²青岛大学附属医院全科医学科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年3月8日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月9日

摘要

目的: 应用文献计量分析方法分析近30年2型糖尿病与牙周稳态相关性领域的研究现状、研究热点及未来趋势。方法: 检索Web of Science核心数据库中自建库起至2024年12月31日关于2型糖尿病与牙周稳态相关性研究领域的研究类和综述类文献, 利用Excel、VOSviewer和CiteSpace (6.3.R1)软件进行国家、研究机构、作者、关键词及相关引文可视化分析。结果: 最终纳入900篇文献, 涉及74个国家或地区, 1258个机构和4522位作者。通过分析发现全球在2型糖尿病与牙周稳态相关性研究领域的发文量整体呈增长趋势, 美国是目前发文量及研究总被引用次数最多的国家。关键词分析结果表明在研究的起始阶段(1999~2004)各国的科学家以2型糖尿病与牙周稳态相互影响的病理生理机制为重点探讨两者关系, 而近五年的研究重点已转向如何为处理多病共存的治疗提出更好的建议。共被引文献聚类分析结果显示, 该领域包含多个聚类模块, 如#0 “systematic review” (系统评价), #1 “adiponectin” (脂联素), #2 “hemoglobin-a” (血红蛋白), #3 “oral microbiome” (口腔微生物), #4 “interleukin-1” (白细胞介素-1), #5 “obesity” (肥胖), #6 “retinopathy” (视网膜病变), #7 “bidirectional relationship” (双向关系), #8 “glucose tolerance” (葡萄糖耐量)等研究方向。研究前沿主要聚焦于多病共存的综合管理策略等方面。结论: 近30年2型糖尿病与牙周稳态相关性领域的研究主要聚焦于2型糖尿病与牙周炎相互影响的病理生理机制, 当前研究热点逐步转向多病共存的综合管理策略, 未来需进一步探索两者之间未阐明的分子机制, 并逐渐面向临床, 为多病共存的患者提出更佳的治疗建议。

关键词

2型糖尿病, 牙周稳态, 慢性牙周炎, 文献计量分析学, 数据可视化

*通讯作者。

Bibliometric Analysis of the Correlation between Type 2 Diabetes Mellitus and Periodontal Homeostasis Based on Web of Science

Chen Zhao¹, Tong Chen², Lifang Zhang², Wei Ding², Di Han^{2*}

¹Medical Department, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of General Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: March 8, 2026; accepted: April 2, 2026; published: April 9, 2026

Abstract

Objective: To analyze the current status, research hotspots, and future trends in the field of the correlation between type 2 diabetes mellitus (T2DM) and periodontal homeostasis over the past 30 years using bibliometric methods. **Methods:** Research articles and reviews related to T2DM and periodontal homeostasis were retrieved from the Web of Science Core Collection up to December 31, 2024. Excel, VOSviewer, and CiteSpace (6.3. R1) were employed to conduct visual analyses of countries, institutions, authors, keywords, and co-cited references. **Results:** A total of 900 articles were included, involving 74 countries or regions, 1258 institutions, and 4522 authors. The analysis revealed a global upward trend in publications on this topic. The United States contributed the highest number of publications and total citations. Keyword analysis indicated that early research (1999~2004) focused on elucidating the pathophysiological mechanisms underlying the bidirectional relationship between T2DM and periodontal homeostasis. In contrast, recent studies (past five years) have shifted toward proposing improved strategies for managing multimorbidity. Co-citation clustering identified multiple research themes, including #0 “systematic review,” #1 “adiponectin,” #2 “hemoglobin-A,” #3 “oral microbiome,” #4 “interleukin-1,” #5 “obesity,” #6 “retinopathy,” #7 “bidirectional relationship,” and #8 “glucose tolerance”. Current research frontiers emphasize comprehensive management strategies for coexisting chronic conditions. **Conclusion:** Over the past three decades, research on the correlation between T2DM and periodontal homeostasis has primarily focused on their pathophysiological interactions. Current hotspots are gradually transitioning toward integrated management strategies for multimorbidity. Future studies should further explore unelucidated molecular mechanisms and translate findings into clinical applications to optimize therapeutic recommendations for patients with coexisting chronic diseases.

Keywords

Type 2 Diabetes Mellitus, Periodontal Homeostasis, Chronic Periodontitis, Bibliometric Analysis, Data Visualization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2型糖尿病(Type 2 Diabetes Mellitus, T2DM)是由胰岛素抵抗或胰岛素分泌不足引起的以血糖水平升高为主要临床特征的慢性代谢紊乱性疾病[1]。目前,糖尿病在全球的患病率仍处于持续增长趋势,根据国际糖尿病联盟(IDF)发布的《2021全球糖尿病地图》显示,2021年全球糖尿病患者人数达到5.37亿,中国的糖尿病患者人数更是高居榜首,达到了1.4亿[2]。糖尿病患者血糖控制不良引起的急慢性并发症更是导致患者死亡的主要原因。因此控制糖尿病患者血糖,延缓各种并发症的发生发展是刻不容缓的任务。牙周区域免疫受复杂的局部刺激持续激活,与上皮屏障、软组织细胞外基质、骨耦联系统产生复杂的交互作用,共同塑造了牙周稳态。生理条件下,适度的区域免疫依靠屏障功能、固有免疫细胞控制菌群,维持稳态。病理条件下,失衡菌群通过中性粒细胞、辅助性T细胞17和B细胞等过度激活的区域免疫推动牙周稳态失衡,引起牙周炎[3]。慢性牙周炎(Chronic Periodontitis, CP)目前已被医学界认定为糖尿病的第6位常见并发症[4]。目前越来越多的证据支持糖尿病和牙周炎之间存在双向关系。从大量文献中获取该领域的研究现状、研究热点和未来趋势,从而为临床决策和临床指南提供信息至关重要。文献计量学是一门交叉学科,通过数学和统计学的方法定量分析文献,采用可视化图谱呈现研究领域的知识结构和新兴趋势[5]。本研究检索Web of Science (WOS)核心数据库中近三十年阐述2型糖尿病与牙周稳态相关性的相关文献,并借助VOSviewer和CiteSpace软件进行文献计量分析,以期提供2型糖尿病与牙周稳态相关性领域的知识结构和未来趋势,为该领域的后续研究提供参考。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

选择Web of Science核心数据库(WOS)中SCI-EXPANDED和SSCI进行检索。使用主题检索途径,检索式为TS=((“type 2 diabetes” OR “type 2 diabetes mellitus” OR T2DM) AND (“Periodontal homeostasis” OR periodontitis OR “periodontal disease” OR “chronic periodontitis”)),文献类型限定为“Article”和“Review article”,语种限制为“English”,文献检索时间跨度为建库起至2024年12月31日。共检出相关文献1057篇,由2名研究人员独立对纳入文献进行筛选,浏览文章的标题和摘要后删除与本研究无关以及重复文献,意见分歧通过讨论确定。最终共纳入900篇相关文献(图1),检索结果以“全记录与引用参考文献”txt格式导出。

2.2. 文献计量分析

采用Microsoft Excel 2021软件绘制文献的发文量随年份变化趋势图。采用VOSviewer (1.6.18版)和CiteSpace (6.3.R1版)软件提取文献中的作者、国家、机构、关键词和参考文献数据。采用VOSviewer软件绘制国家、研究机构和作者的合作网络,网络图中相同颜色的节点表示同一聚类,节点的大小代表出现的频次,节点之间的连线宽度由“total link strength”总联系强度指标进行定量,代表合作的密切程度[6]。基于CiteSpace软件内置的对数似然比算法对文献中的关键词和共被引参考文献进行聚类分析,聚类标签分别提取于文献的关键词和标题,并根据模块值(Modularity, Q值)和平均轮廓值(Silhouette, S值)判断聚类效果,其中 $Q > 0.3$ 表示各聚类结构显著, $S > 0.5$ 表示聚类内部一致性较好, $S > 0.7$ 表示该聚类令人信服[7]。同时采用CiteSpace软件对关键词进行突现词分析和时间线图分析,其中突现词是指在一定时间跨度内某个关键词出现的频率显著增加,其突变强度(strength)值越大,突现强度越高,意味着此关键词在该时间跨度内对该领域研究的影响力越大[8],是该领域的研究热点;时间线图是对每个聚类模块中关键词随时间发生变化的分析,以体现该领域的研究趋势[9]。

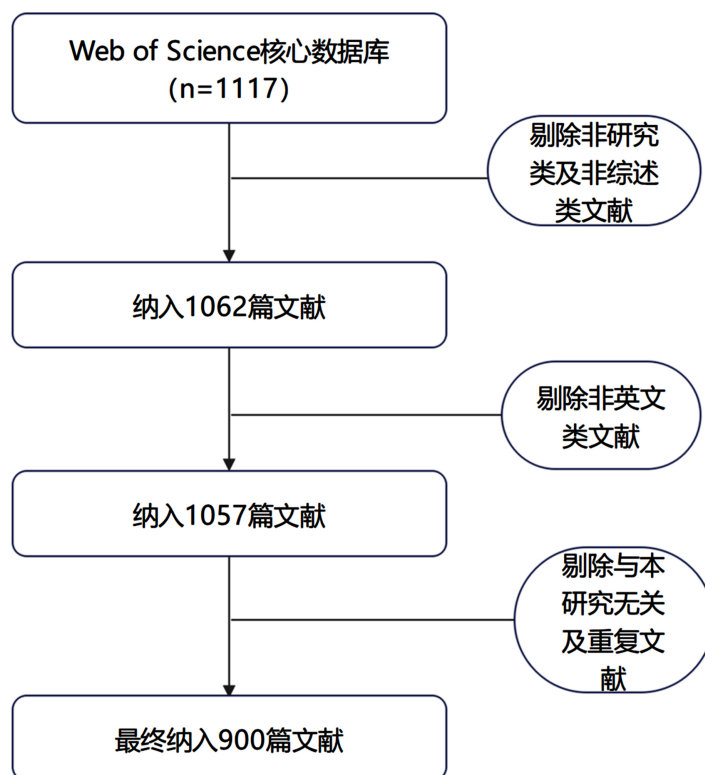


Figure 1. Literature screening flowchart on the correlation between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

图 1. 1994~2024 年 2 型糖尿病与牙周稳态相关性领域文献筛选流程图

3. 结果

3.1. 文献发文量随时间变化情况

由图 2 可见, 关于 2 型糖尿病与牙周稳态相关性研究的文章自 1999 年开始出现, 此后发文量呈逐年上升趋势。

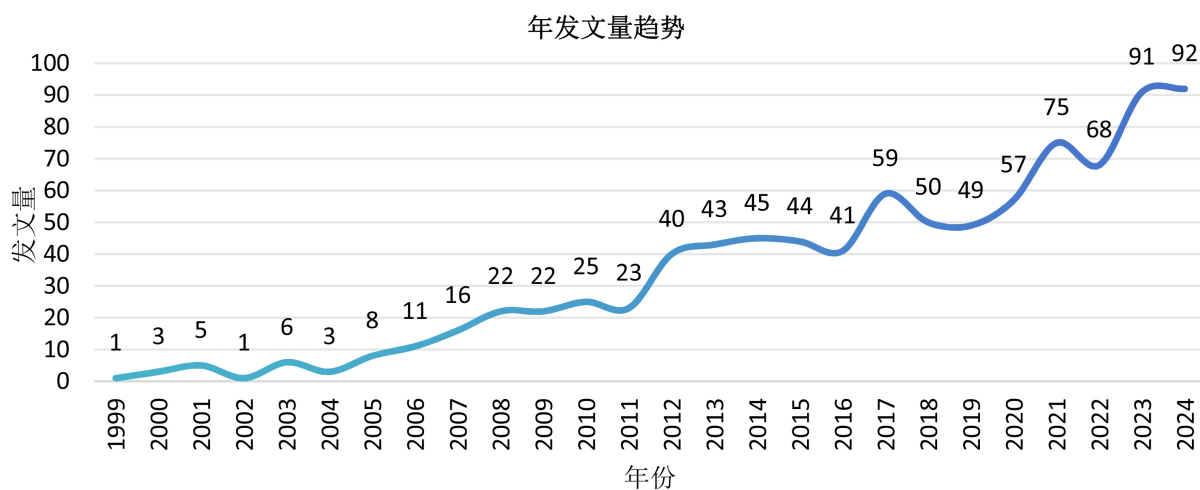


Figure 2. Number of publications on the correlation between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

图 2. 1994~2024 年 2 型糖尿病与牙周稳态相关性领域文献发文量随时间变化图

3.2. 国家或地区贡献

近三十年来,共有 74 个国家或地区开展了相关研究。发文量 5 篇及以上的国家或地区的合作网络图显示(图 3),总联系强度最高的 3 个国家是美国(163)、英国(83)和巴西(72)。美国的发文量最多(206 篇,占 22.89%),其次为中国(149 篇,占 16.56%)和巴西(112 篇,占 12.44%)。在被引频次方面,来自美国的研究总被引次数最多(10,631 次),其次为英国(4411 次)和德国(3133 次)。

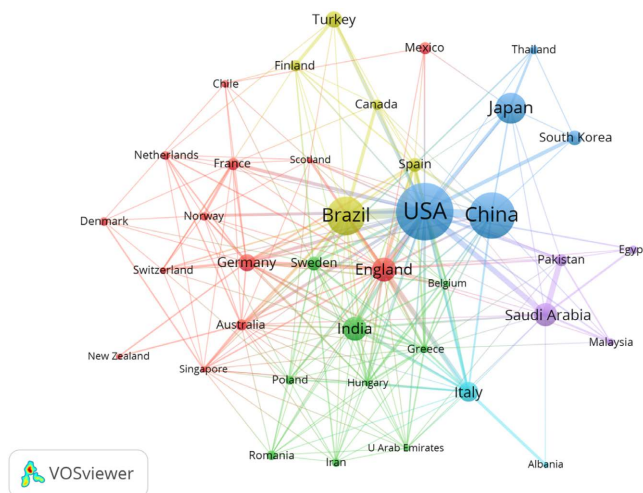


Figure 3. Geographic distribution by country/region of literature on the correlation between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

图 3. 1994~2024 年 2 型糖尿病与牙周稳态相关性研究领域文献的国家或地区分布情况

3.3. 机构贡献

1999~2024 年,全球共有 1258 个科研机构参与了近视领域的研究。机构合作网络图显示(图 4),总联系强度最高的 3 个机构分别是 Columbia University (8)、Forsyth Institute (隶属于哈佛大学医学院) (8)和 The University of Hong Kong (7)。King Saud University 发文量最多(30 篇,占 3.33%),其次为 University of São Paulo (25 篇,占 2.78%)和四川大学(20 篇,占 2.22%)。Columbia University 相关研究总被引用次数最多(1622 次),其次为 University of London (1302 次)和 Boston University (1156 次)。

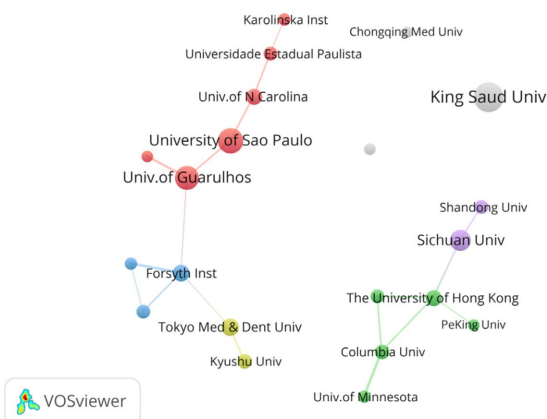


Figure 4. Contributions of various institutions to the research on the relationship between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

图 4. 1994~2024 年各机构在 2 型糖尿病与牙周稳态相关性研究领域的贡献情况

3.4. 作者贡献

共有 4522 名作者参与领域的研究。作者合作网络图显示(图 5)，总联系强度最高的 3 位作者分别是 Takanori Iwata (31)、Risako Mikami (31)和 Koji Mizutani (31)。来自佛罗里达大学的 Poliana Mendes Duarte 发表文章数量最多(11 篇，占 1.22%)，其次是来自圣保罗州立大学的 Silvana R P Orrico (10 篇，占 1.11%)和东京理科大学的 Koji Mizutani (9 篇，占 1%)。在被引频次方面，Ryan T Demmer 文献总被引次数最多(1057 次)，其次是 Soren Jepsen (870 次)和 Thomas Kocher (641 次)。

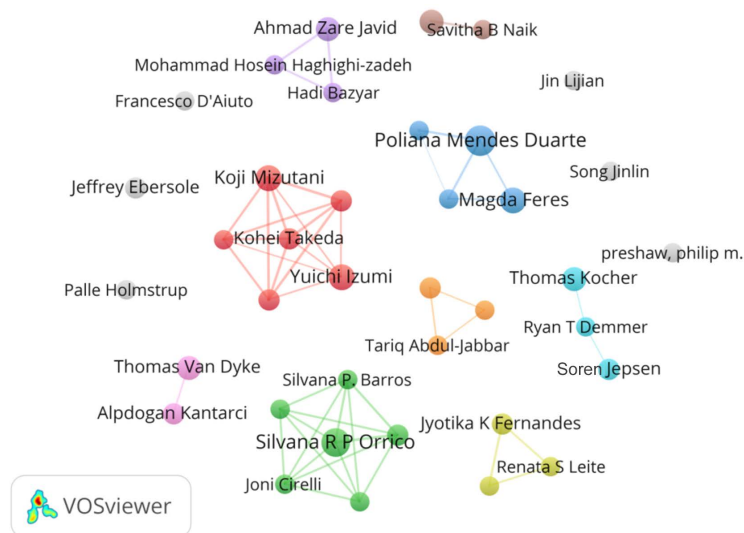


Figure 5. Contributions of authors to the research on the relationship between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

图 5. 1994~2024 年作者在 2 型糖尿病与牙周稳态相关性研究领域的贡献情况

3.5. 关键词分析

3.5.1. 共现

关键词是对文章最核心的概况，可以直观且全面地了解该领域的研究热点和趋势，通过 CiteSpace 软件对所纳入的文献进行关键词共现分析，见图 6。在去除初始检索词“type 2 diabetes”，“type 2 diabetes mellitus”及“Periodontal homeostasis”，“periodontitis”后对前 10 位高频关键词进行统计，见表 1。glycemic control (血糖控制)出现的频次最高，可见血糖控制在 2 型糖尿病与牙周炎的联系中有着重要影响，其次是 inflammation、association、insulin resistance、therapy 等。中心性最高的关键词为 insulin resistance (胰岛素抵抗)，代表着该关键词与其他关键词之间的联系最为密切，其次为 association、glycemic control 和 inflammation 等。可见之前的研究包括了 2 型糖尿病与牙周稳态的生物学联系及相互影响的机制及当前的疾病治疗方面。

Table 1. Top ten keywords by frequency in the field of the relationship between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

表 1. 1994~2024 年 2 型糖尿病与牙周稳态相关性领域频次前十的关键词

序号	关键词	中心性	频次
1	glycemic control	0.10	195
2	inflammation	0.10	125

要包括 periodontal disease (牙周疾病)、population (人口)、oral microbiome (口腔微生物)。#0、#2、#3、#7 和#8 聚类的主要内容集中在 2 型糖尿病影响牙周稳态的关键病理生理机制，包括糖化血红蛋白、炎症和氧化应激等。#1、#4、#5、#6 关注牙周稳态失衡对 2 型糖尿病的影响，包括血糖控制、胰岛素抵抗、心肾代谢综合征、等，显示了研究者对 2 型糖尿病与牙周稳态不同方面的关注，一定程度上反映了疾病的复杂性，研究的多样性。由图 8 可知，聚类#0 “diabetes mellitus” (糖尿病)、#1 “insulin resistance” (胰岛素抵抗)、#2 “oral health” (口腔健康)均是贯穿整个研究历程的主题。

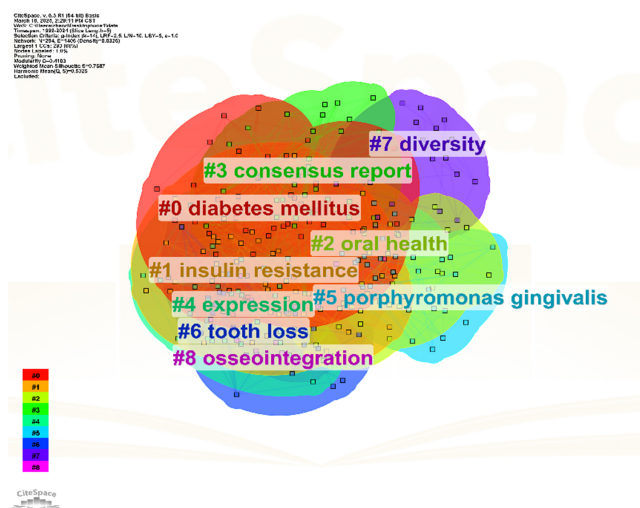


Figure 7. Keyword clustering
图 7. 关键词聚类

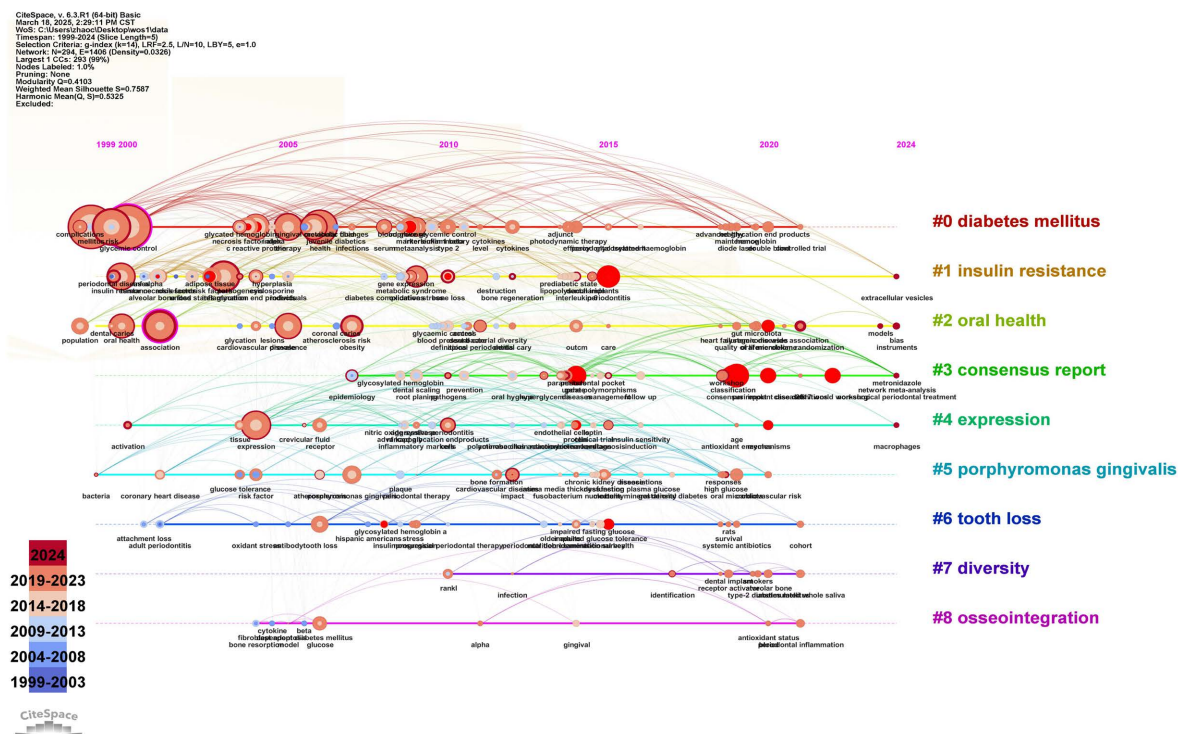


Figure 8. Timeline of keyword clustering
图 8. 关键词聚类时间线图

3.5.3. 突现

利用上述已构建的关键词共现网络根据 burst 指数及其持续时间进行突增关键词探测, 如图 9, 结果显示在研究的起始阶段(1999~2004)各国的科学家以 2 型糖尿病与牙周稳态相互影响的病理生理机制为重点探讨两者关系, 而近五年的研究重点已转向如何为处理多病共存的治疗提出更好的建议。

Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

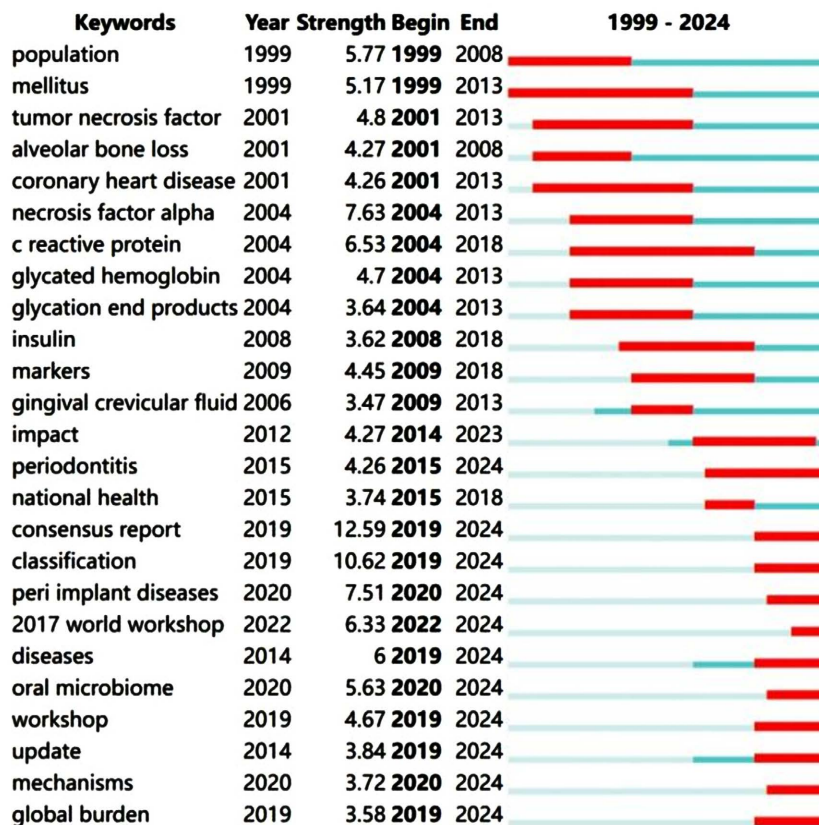


Figure 9. Keyword burst detection
图 9. 关键词突现

3.6. 共被引文献分析

3.6.1. 聚类

在文献计量学中知识基础形成于共被引文献, 而研究前沿是由引用这些知识基础的施引文献集合所组成。所谓共被引文献(co-citation)是指两篇文献同时出现在第三篇施引文献的参考文献目录中[10]。通过所研究领域相关文献的共被引文献聚类亦可展示出该学科的知识基础结构。将 WOS 中的 900 篇文章导入 CiteSpace 软件中构建文献共被引网络, 随后对共被引文献网络进行聚类共得到 9 个较大规模的聚类(图 10)。共被引文献聚类的模块值 $Q=0.7071$ 轮廓值 $S=0.9292$, 提示聚类结构显著且结果令人信服, 前 9 位大型聚类分别是#0“systematic review”(系统评价), #1“adiponectin”(脂联素), #2“hemoglobin-a”(血红蛋白), #3“oral microbiome”(口腔微生物), #4“interleukin-1”(白细胞介素-1), #5“obesity”(肥胖), #6“retinopathy”(视网膜病变), #7“bidirectional relationship”(双向关系), #8“glucose tolerance”(葡萄糖耐量)。

CiteSpace, v. 5.3.R1 (64-bit) Basic
 March 21, 2025, 10:55:13 PM CST
 WoS: C:\Users\zhaoc\Desktop\pwwos\data
 Timespan: 1999-2024 (Slice Length=5)
 Selection Criteria: g-index (k=5), LRF=2.5, LN=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=215, E=612 (Density=0.0266)
 Largest CCs: 202 (93%)
 Nodes Labeled: 130%
 Pruning: None
 Modularity Q=0.7071
 Weighted Mean Silhouette S=0.9292
 Harmonic Mean(Q, S)=0.8031
 Excluded:

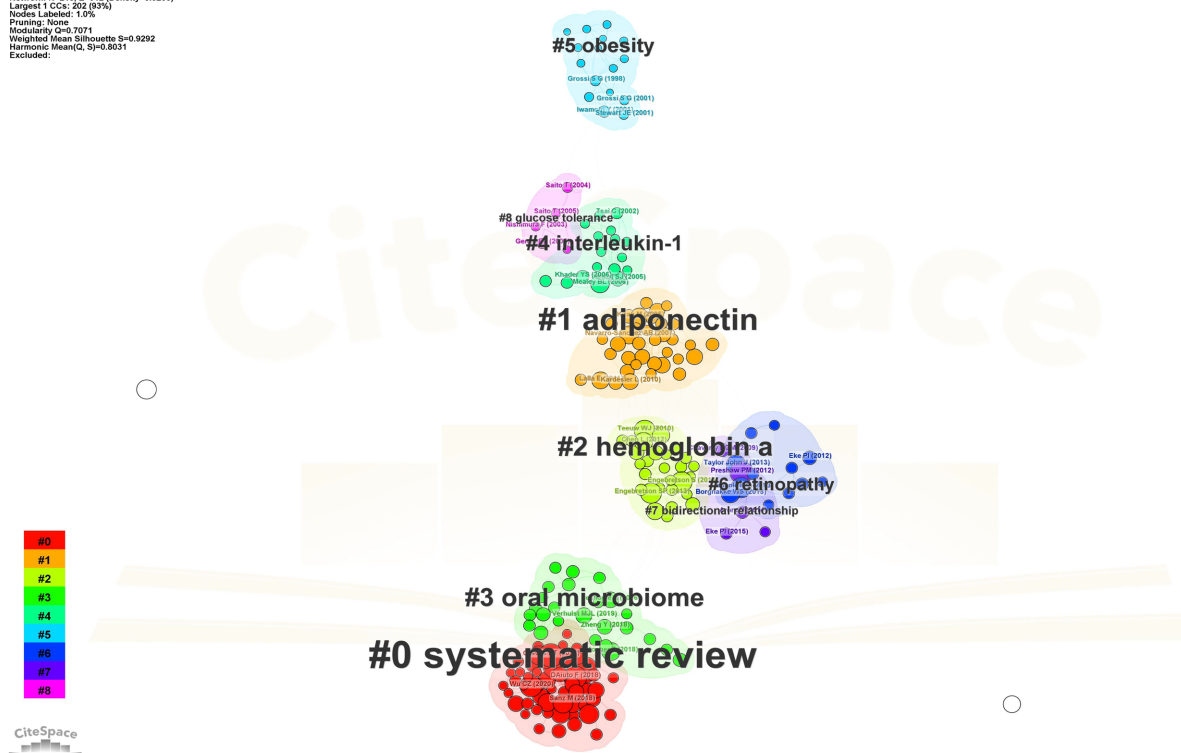


Figure 10. Co-cited literature clustering network

图 10. 共被引文献聚类网络图

高被引文献：引用次数前十的参考文献如表 2 所示，具有突现意义的文献如图 11 所示，被引频次前 10 文献中有 5 篇来自聚类 0，5 篇来自聚类 1。其中被引频次及 burst 指数最高的被引文献均为 Sanz M (2018)的论著讨论了糖尿病与牙周病双向关系的流行病学和机制关联的证据并讨论了有效牙周治疗对代谢控制(糖化血红蛋白)的影响，位列第二的 DAiuto F (2018)通过一项为期 12 个月、单中心、研究者设盲的随机试验探讨了牙周炎治疗对 2 型糖尿病患者的全身影响。位列第三的是 Preshaw PM (2012)通过综述阐述糖尿病与牙周病的双向关系。

Table 2. Top ten most cited publications and their corresponding clusters

表 2. 被引用次数前十的文献及所属聚类

文章标题	被引频次	所属聚类	Burst 指数
Scientific evidence on the links between periodontal diseases and diabetes: Consensus report and guidelines of the joint workshop on periodontal diseases and diabetes by the International Diabetes Federation and the European Federation of Periodontology [11]	53	0	19.72
Systemic effects of periodontitis treatment in patients with type 2 diabetes: a 12 month, single-centre, investigator-masked, randomised trial [12]	42	0	15.51
Periodontitis and diabetes: a two-way relationship [13]	42	1	18.19
The impact of diabetes on periodontal diseases [14]	41	0	0
Epidemiologic relationship between periodontitis and type 2 diabetes mellitus [15]	39	0	12.49

续表

A systematic review and meta-analysis of epidemiologic observational evidence on the effect of periodontitis on diabetes: An update of the EFP-AAP review [16]	37	0	12.37
Diabetes and periodontal diseases: consensus report of the Joint EFP/AAP Workshop on Periodontitis and Systemic Disease [17]	34	1	14.58
Evidence that periodontal treatment improves diabetes outcomes: a systematic review and meta-analysis [18]	33	1	14.14
The effect of nonsurgical periodontal therapy on hemoglobin A1c levels in persons with type 2 diabetes and chronic periodontitis: a randomized clinical trial [19]	33	1	15.51
Effect of periodontal treatment on glycemic control of diabetic patients: a systematic review and meta-analysis [20]	31	1	15.29

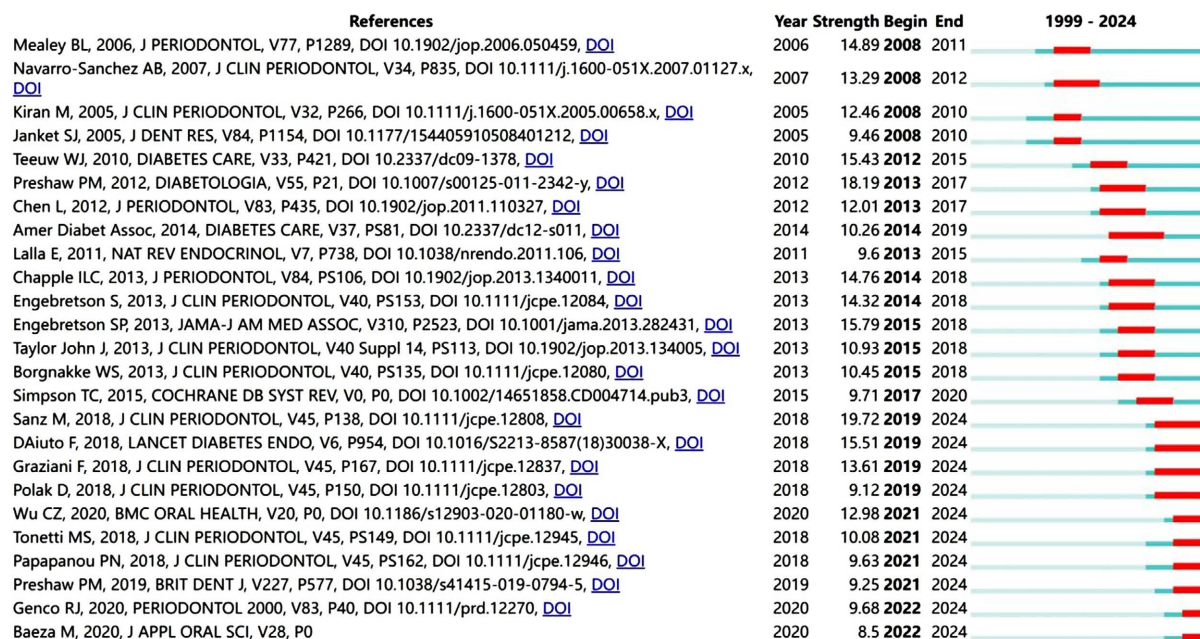


Figure 11. Citations of burst significance in the field of the relationship between type 2 diabetes and periodontal homeostasis from 1994 to 2024

图 11. 1994~2024 年 2 型糖尿病与牙周稳态相关性领域具有突现意义的被引文献

3.6.2. 研究前沿

研究前沿由施引文献组成，聚类中文献的均值年份与对应聚类的施引文献年份呈正相关，聚类的均值年份越新，施引文献越新。如下表 3 展示了 2 型糖尿病与牙周稳态相关性研究领域中 9 个聚类模块的主要施引文献。以探讨该领域的研究前沿。

Table 3. Key cited publications in each cluster

表 3. 各聚类中的主要施引文献

聚类号	大小	均值年份	主要施引文献
0	57	2019	Effect of subgingival periodontal therapy on glycaemic control in type 2 diabetes patients: meta-analysis and meta-regression of 6-month follow-up randomized clinical trials [21]
1	36	2007	Periodontal treatment and glycaemic control in patients with diabetes and periodontitis: an umbrella review [22]

续表

2	28	2012	The effect of non-surgical periodontal therapy on peroxidase activity in diabetic patients: a case-control pilot study [23]
3	25	2017	Treatment of periodontitis in the diabetic patient - a critical review [24]
4	17	2004	Relationship between periodontitis and diabetes: lessons from rodent studies [25]
5	16	1998	Oral health messiers: diabetes mellitus relevance [26]
6	13	2013	The expression of antioxidant enzymes in the gingivae of type 2 diabetics with chronic periodontitis [27]
7	5	2013	Peri-implant conditions and levels of advanced glycation end products among patients with different glycemic control [28]
8	5	2004	Oral plaque from type 2 diabetic patients reduces the clonogenic capacity of dental pulp-derived mesenchymal stem cells [29]

4. 讨论

本研究通过文献计量学方法系统分析了近 30 年 2 型糖尿病(T2DM)与牙周稳态相关性领域的研究现状及发展趋势。WOS 是一个综合性的数据库,具有检索范围广,数据质量高,引用关系准确等优点,是进行文献计量分析的重要工具之一,本研究通过 VOSviewer 和 CiteSpace 软件对近三十年该领域的相关文献进行了可视化分析,直观地呈现了该领域的研究现状,热点和研究发展趋势。

本研究发现,自 1999 年起,关于该领域的研究文献开始出现,此后发文量一直处于上升趋势,反映出学术界对两者交互关系的关注度显著提升。由折线图可看出,年增长率呈现较平稳的上升趋势,表明该领域作为新兴领域,正处于发展的上升期。截至 2024 年年底,全球共有 74 个国家或地区参与了该领域的研究,共同推动了该研究领域的进展。美国、中国和巴西是发文量最多的国家,其中美国不仅发文量领先(22.89%),其研究总被引次数(10,631 次)也位居全球首位,表明美国在该领域的研究质量与影响力占据主导地位。中国虽发文量排名第二(16.56%),但总被引频次未进入前三,提示未来需进一步强化研究的深度与国际合作,以提升学术影响力。从合作网络的结构特征来看,国家、机构和作者之间的合作网络呈现出一定程度的“小世界”特性,即节点之间连接紧密、平均路径较短,信息传播效率较高。以美国、英国和巴西为核心的国家合作网络形成了多个高度聚集的子网络,反映出英语国家在该领域的主导地位。然而,值得注意的是,中国虽发文量位居第二,但在国际合作网络中的中心性较低,与欧美国家之间的连接强度较弱,提示其在全球知识传播体系中仍处于相对边缘的位置。从机构贡献来看,哥伦比亚大学、Forsyth 研究所和香港大学是国际合作网络的核心节点,而沙特国王大学、圣保罗大学和四川大学在发文量上表现突出。哥伦比亚大学的研究总被引频次最高(1622 次),表明其成果具有较高的学术价值。中国机构如四川大学虽进入发文量前列,但被引频次仍有提升空间,建议加强高质量研究的产出与国际化传播。机构合作网络虽以哥伦比亚大学、Forsyth 研究所等为核心形成若干高影响力节点,但整体网络仍呈现出区域性聚集特征,跨洲际合作尚不充分,尤其是在亚洲与欧美机构之间的合作密度偏低。这种合作壁垒可能限制新兴研究成果的快速传播与转化,建议未来加强跨国、跨学科的协作机制,构建更加开放、均衡的全球研究网络。

共被引文献聚类揭示了该领域的知识基础架构,其中#0“系统评价”和#7“双向关系”两大聚类占据核心地位。Sanz M [11] (2018)发表于《Journal of Clinical Periodontology》的里程碑式研究,通过整合 52 项临床证据系统论证了牙周干预对糖尿病患者糖化血红蛋白(HbA1c)的改善效应(平均降幅 0.5%, 95% CI 0.3~0.7),其高达 19.72 的突现强度表明该成果已成为领域内方法论范式。与之形成互补的是 DAiuto F [14]

(2018)在《Lancet Diabetes & Endocrinology》发表的随机对照试验(RCT),其通过12个月随访证实牙周非手术治疗可使T2DM患者HbA1c降低0.6% ($p=0.004$),这一发现直接推动了美国糖尿病协会(ADA)将牙周治疗纳入糖尿病综合管理指南。上述高影响力研究共同构建了“病理机制-临床干预-指南转化”的三维知识体系,为后续研究提供了理论框架与循证基础。

关键词聚类分析表明,“血糖控制(glycemic control)”(频次195,中心性0.10)、“胰岛素抵抗(insulin resistance)”(频次119,中心性0.13)及“炎症(inflammation)”(频次125,中心性0.10)构成当前研究的核心主题。在早期研究阶段(1999~2004年),学术界主要聚焦于2型糖尿病与牙周稳态之间的病理生理机制,尤其是炎症因子(如IL-6、TNF- α)在两者交互中的作用,以及晚期糖基化终末产物(AGEs)与其受体(RAGE)信号轴的激活机制。这些研究为理解牙周炎如何加剧胰岛素抵抗提供了重要基础。NHANES III队列研究[30]揭示,血糖控制不佳($HbA1c \geq 7.0\%$)的T2DM患者罹患重度牙周炎的风险较非糖尿病患者显著升高($OR=2.81, 1.43\sim 5.52$),其机制可能涉及脂肪组织源性因子(如脂联素)介导的PI3K/Akt通路抑制与NF- κ B炎症小体激活的协同效应[31]。来自吉拉河印第安社区的纵向数据进一步验证了这一关联,基线重度牙周炎患者6年后出现 $HbA1c > 9.0\%$ 的风险较对照组增加3.2倍($OR=3.2, 1.4\sim 7.1$) [32],提示牙周微生物群通过Toll样受体4(TLR4)刺激巨噬细胞分泌IL-1 β 和TNF- α [33],进而加剧胰岛 β 细胞功能障碍的病理级联反应。然而,近五年关键词突现分析显示,“IL-6”“TNF- α ”“AGE-RAGE”等机制类关键词的热度显著下降,而“glycemic control”“therapy”“systematic review”等临床与管理类关键词突现强度持续上升。这一变化提示,研究重点正从机制探索转向临床转化,尤其是在多病共存背景下,如何优化治疗策略成为新的核心议题。具体而言,越来越多的研究开始关注跨学科联合干预模式,例如“内分泌-口腔联合门诊”在糖尿病管理中的实践价值,以及牙周非手术治疗对糖尿病患者血糖控制的长期效应评估。此外,部分高被引文献(如Sanz M 2018、DAiuto F 2018)已推动将牙周状况纳入糖尿病患者的常规评估指标,并建议在糖尿病治疗指南中增加牙周干预的推荐等级。共被引文献聚类进一步验证了这一趋势,如#0“系统评价”和#7“双向关系”等聚类表明,学者正致力于通过循证医学证据明确牙周治疗对糖尿病代谢控制的临床价值,并探索两者双向关系的分子机制。此外,聚类#0“系统评价”的施引文献集中于牙周治疗对代谢指标的远期影响评估,如Oliveira VB (2023)的meta分析证实[21],牙周干预后6个月T2DM患者HbA1c仍维持0.4%降幅($p=0.01$),且疗效与基线牙周袋深度呈剂量效应关系($\beta=0.12, p=0.03$);聚类#1“脂联素”和#3“口腔微生物”的近期研究聚焦于口腔-肠道轴调控,例如Ahmad R (2021) [26]发现具核梭杆菌(*F. nucleatum*)可通过激活NLRP3炎症体促进肝脏糖异生关键酶PEPCK表达;聚类#5“肥胖”和#8“葡萄糖耐量”提示新兴研究方向,如Duarte PM (2012)提出的“炎症-氧化应激-胰岛素抵抗”恶性循环模型[27],正推动针对牙周炎、糖尿病及心血管疾病的联合干预方案设计。未来研究还可能进一步探索特定降糖药物(如GLP-1受体激动剂、SGLT-2抑制剂)对牙周组织的潜在保护作用,评估其在牙周炎治疗中的辅助价值,从而为糖尿病合并牙周炎患者提供更具个体化的治疗选择。

然而,当前研究仍存在局限性:其一,多数证据来自观察性研究和小型临床试验,缺乏大规模随机对照试验(RCT)验证干预措施的有效性;其二,关于口腔微生物组、脂肪因子(如脂联素)在T2DM与牙周炎交互中的作用机制尚未完全阐明;其三,机构与作者合作网络呈现区域性集中,跨国、跨学科合作仍需加强。

未来研究可从以下方向突破:1) 机制深化:结合多组学技术(如代谢组学、宏基因组学)解析T2DM与牙周炎交互的分子通路;2) 临床转化:设计多中心RCT评估牙周干预对糖尿病患者代谢指标及并发症的长期影响;3) 跨学科整合:融合内分泌学、免疫学与口腔医学视角,构建“血糖-免疫-微生物”多维调控模型;4) 公共卫生策略:基于流行病学数据制定针对糖尿病患者的牙周健康管理指南,推动“牙周病与糖尿病共存共治”的防控理念。

总之, 本研究的可视化分析为 T2DM 与牙周稳态相关性领域提供了全面的知识图谱, 既揭示了当前研究的核心议题, 也为未来的基础与临床研究指明了方向。通过跨学科协作与技术创新, 有望为糖尿病及其并发症的防控开辟新路径。

参考文献

- [1] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315-409.
- [2] Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B.B., *et al.* (2022) IDF Diabetes Atlas: Global, Regional and Country-Level Diabetes Prevalence Estimates for 2021 and Projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **183**, Article ID: 109119. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>
- [3] 王志勇, 陈谦明. 牙周稳态维持与失衡中的区域免疫机制[J]. 中华口腔医学杂志, 2024, 59(2): 130-137.
- [4] 武玮, 郝树立, 周玉森, 等. 牙周基础治疗对 2 型糖尿病伴慢性牙周炎患者血清生化指标及炎性细胞因子的影响 [J]. 中华全科医学, 2020, 18(2): 249-251, 281.
- [5] Ke, L., Lu, C., Shen, R., Lu, T., Ma, B. and Hua, Y. (2020) Knowledge Mapping of Drug-Induced Liver Injury: A Scientometric Investigation (2010-2019). *Frontiers in Pharmacology*, **11**, Article 842. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00842>
- [6] 刘春, 蹇文渊, 段俊国. 人工智能应用于糖尿病视网膜病变的文献计量学分析[J]. 中国全科医学, 2023, 26(15): 1847-1856.
- [7] Sabe, M., Pillinger, T., Kaiser, S., Chen, C., Taipale, H., Tanskanen, A., *et al.* (2022) Half a Century of Research on Antipsychotics and Schizophrenia: A Scientometric Study of Hotspots, Nodes, Bursts, and Trends. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **136**, Article ID: 104608. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104608>
- [8] 曹成霖, 郑信, 曹文文, 等. 老年人孤独研究中文文献计量与可视化分析[J]. 中华全科医学, 2023, 21(8): 1411-1415.
- [9] 戈琼, 胡佳康, 俞玉琪, 等. RNA 测序技术应用于肝癌的文献计量学分析[J]. 中国全科医学, 2025, 28(12): 1473-1478, 1493.
- [10] 朱星星, 孙艳, 陆宗庆, 等. 基于 Web of Science 数据库的 2000 至 2020 年糖尿病心肌病文献计量分析[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(8): 728-737.
- [11] Sanz, M., Ceriello, A., Buysschaert, M., Chapple, I., Demmer, R.T., Graziani, F., *et al.* (2018) Scientific Evidence on the Links between Periodontal Diseases and Diabetes: Consensus Report and Guidelines of the Joint Workshop on Periodontal Diseases and Diabetes by the International Diabetes Federation and the European Federation of Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*, **45**, 138-149. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12808>
- [12] Preshaw, P.M., Alba, A.L., Herrera, D., Jepsen, S., Konstantinidis, A., Makrilakis, K., *et al.* (2012) Periodontitis and Diabetes: A Two-Way Relationship. *Diabetologia*, **55**, 21-31. <https://doi.org/10.1007/s00125-011-2342-y>
- [13] Graves, D.T., Ding, Z. and Yang, Y. (2020) The Impact of Diabetes on Periodontal Diseases. *Periodontology 2000*, **82**, 214-224. <https://doi.org/10.1111/prd.12318>
- [14] D'Aiuto, F., Gkraniyas, N., Bhowruth, D., Khan, T., Orlandi, M., Suvan, J., *et al.* (2018) Systemic Effects of Periodontitis Treatment in Patients with Type 2 Diabetes: A 12 Month, Single-Centre, Investigator-Masked, Randomised Trial. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **6**, 954-965. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(18\)30038-x](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(18)30038-x)
- [15] Wu, C., Yuan, Y., Liu, H., Li, S., Zhang, B., Chen, W., *et al.* (2020) Epidemiologic Relationship between Periodontitis and Type 2 Diabetes Mellitus. *BMC Oral Health*, **20**, Article No. 204. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01180-w>
- [16] Graziani, F., Gennai, S., Solini, A. and Petrini, M. (2018) A Systematic Review and Meta-Analysis of Epidemiologic Observational Evidence on the Effect of Periodontitis on Diabetes an Update of the EFP-AAP Review. *Journal of Clinical Periodontology*, **45**, 167-187. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12837>
- [17] Chapple, I.L.C. and Genco, R. (2013) Diabetes and Periodontal Diseases: Consensus Report of the Joint EFP/AAP Workshop on Periodontitis and Systemic Diseases. *Journal of Periodontology*, **84**, S106-S112. <https://doi.org/10.1902/jop.2013.1340011>
- [18] Engebretson, S. and Kocher, T. (2013) Evidence That Periodontal Treatment Improves Diabetes Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, **40**, S153-S163. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12084>
- [19] Engebretson, S.P., Hyman, L.G., Michalowicz, B.S., Schoenfeld, E.R., Gelato, M.C., Hou, W., *et al.* (2013) The Effect of Nonsurgical Periodontal Therapy on Hemoglobin A_{1c} Levels in Persons with Type 2 Diabetes and Chronic Periodontitis: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **310**, 2523-2532. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.282431>
- [20] Teeuw, W.J., Gerdes, V.E.A. and Loos, B.G. (2010) Effect of Periodontal Treatment on Glycemic Control of Diabetic Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diabetes Care*, **33**, 421-427. <https://doi.org/10.2337/dc09-1378>

- [21] Oliveira, V.B., Costa, F.W.G., Haas, A.N., Júnior, R.M.M. and Rêgo, R.O. (2023) Effect of Subgingival Periodontal Therapy on Glycaemic Control in Type 2 Diabetes Patients: Meta-Analysis and Meta-Regression of 6-Month Follow-Up Randomized Clinical Trials. *Journal of Clinical Periodontology*, **50**, 1123-1137. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13830>
- [22] Botero, J., Rodríguez, C. and Agudelo-Suarez, A. (2016) Periodontal Treatment and Glycaemic Control in Patients with Diabetes and Periodontitis: An Umbrella Review. *Australian Dental Journal*, **61**, 134-148. <https://doi.org/10.1111/adj.12413>
- [23] Gonçalves, D., Correa, F.O.B., Khalil, N.M., De Faria Oliveira, O.M.M. and Orrico, S.R.P. (2008) The Effect of Non-surgical Periodontal Therapy on Peroxidase Activity in Diabetic Patients: A Case-Control Pilot Study. *Journal of Clinical Periodontology*, **35**, 799-806. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.2008.01289.x>
- [24] Gustke, C.J. (1999) Treatment of Periodontitis in the Diabetic Patient. *Journal of Clinical Periodontology*, **26**, 133-137. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.1999.260301.x>
- [25] Pontes Andersen, C.C., Flyvbjerg, A., Buschard, K. and Holmstrup, P. (2007) Relationship between Periodontitis and Diabetes: Lessons from Rodent Studies. *Journal of Periodontology*, **78**, 1264-1275. <https://doi.org/10.1902/jop.2007.060491>
- [26] Ahmad, R. and Haque, M. (2021) Oral Health Messiers: Diabetes Mellitus Relevance. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **14**, 3001-3015. <https://doi.org/10.2147/dms0.s318972>
- [27] Duarte, P.M., Napimoga, M.H., Fagnani, E.C., Santos, V.R., Bastos, M.F., Ribeiro, F.V., *et al.* (2012) The Expression of Antioxidant Enzymes in the Gingivae of Type 2 Diabetics with Chronic Periodontitis. *Archives of Oral Biology*, **57**, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.08.007>
- [28] Al-Sowayh, Z.H., Ghani, S.M.A., Sergis, K., Vohra, F. and Akram, Z. (2018) Peri-implant Conditions and Levels of Advanced Glycation End Products among Patients with Different Glycemic Control. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, **20**, 345-351. <https://doi.org/10.1111/cid.12584>
- [29] Bordin, A., Pagano, F., Scaccia, E., Saccucci, M., Voza, I., Incerti, N., *et al.* (2019) Oral Plaque from Type 2 Diabetic Patients Reduces the Clonogenic Capacity of Dental Pulp-Derived Mesenchymal Stem Cells. *Stem Cells International*, **2019**, Article ID: 1516746. <https://doi.org/10.1155/2019/1516746>
- [30] Sung, C., Huang, R., Cheng, W., Kao, T. and Chen, W. (2019) Association between Periodontitis and Cognitive Impairment: Analysis of National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III. *Journal of Clinical Periodontology*, **46**, 790-798. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13155>
- [31] Lira, F.S., Rosa, J.C., Pimentel, G.D., Seelaender, M., Damaso, A.R., Oyama, L.M., *et al.* (2012) Both Adiponectin and Interleukin-10 Inhibit LPS-Induced Activation of the NF- κ B Pathway in 3T3-L1 Adipocytes. *Cytokine*, **57**, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2011.10.001>
- [32] Pirih, F.Q., Monajemzadeh, S., Singh, N., Sinacola, R.S., Shin, J.M., Chen, T., *et al.* (2021) Association between Metabolic Syndrome and Periodontitis: The Role of Lipids, Inflammatory Cytokines, Altered Host Response, and the Microbiome. *Periodontology 2000*, **87**, 50-75. <https://doi.org/10.1111/prd.12379>
- [33] Yang, Z., Tang, X., Wang, K., Dai, K., Chang, Y., Du, S., *et al.* (2022) Metal Ion Periplasmic-Binding Protein YfeA of *Glaesserella parasuis* Induces the Secretion of Pro-Inflammatory Cytokines of Macrophages via MAPK and NF- κ B Signaling through TLR2 and TLR4. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 9627. <https://doi.org/10.3390/ijms23179627>