

**“VICTOR BABES” UNIVERSITY OF MEDICINE AND PHARMACY  
TIMISOARA  
FACULTY OF DENTAL MEDICINE  
DEPARTMENT OF PREVENTIVE, COMMUNITY DENTISTRY AND  
ORAL HEALTH**

**HAMSAH MUSA**



# **DOCTORAL THESIS**

**HALITOSIS IN ORTHODONTICS: IMPACT ON QUALITY OF  
LIFE AND EVALUATION OF MEASUREMENT METHODS**

Scientific Coordinator  
**PROF. UNIV. DR. HABIL. OANCEA ROXANA**

**Timisoara  
2025**

Halitosis, colloquially dubbed bad breath, is presented in this doctoral thesis as a clinically significant, socially disruptive, and yet eminently modifiable oral-health disorder. Undertaken at the “Victor Babeș” University of Medicine and Pharmacy in Timișoara, the project adopts a tripartite strategy. First, it delineates global epidemiology, quantifying how often malodor occurs, who is most affected, and why prevalence estimates diverge between continents, socioeconomic strata, and developmental stages. Second, it interrogates microbial and biochemical causation, spotlighting volatile sulfur compounds as the molecular fingerprints of dysbiotic biofilms that colonize the posterior tongue, periodontal pockets, and orthodontic hardware. Third, it tests preventive and therapeutic interventions—ranging from sonic toothbrushes and chlorhexidine rinses to probiotic lozenges and antimicrobial photodynamic therapy—in carefully designed clinical and laboratory studies. By fusing population-level data with state-of-the-art bench analytics and patient-reported outcomes, the thesis constructs a coherent translational pathway that moves from mechanistic insight to bedside recommendation, arguing that objective breath analysis, appliance-tailored hygiene, and behavioral coaching can simultaneously improve oral biology and psychosocial well-being.

Chapter 1 assembles and critiques more than one hundred population studies to portray halitosis as a worldwide condition whose burden rivals that of caries and periodontitis. Meta-analysis of 47 383 participants shows a pooled prevalence of 31.8 %, yet country-specific rates swing from below 20 % in Scandinavia to above 45 % in rural Ethiopia. Multivariable models cited in the thesis attribute these disparities to three interacting axes: biological (tongue-coating thickness, periodontal inflammation), behavioral (brushing frequency, sugar intake, tobacco use), and structural (income, urbanization, availability of dental services). Notably, mask mandates during the COVID-19 pandemic acted as an inadvertent self-screening tool; surveys documented a 58 % surge in self-awareness of malodor, even though objectively measured volatile sulfur compounds remained unchanged. Ageing populations add further complexity, as edentulous denture wearers with

polypharmacy-induced xerostomia report malodor frequencies approaching fifty percent. These epidemiological insights justify early-life preventive programs and inform the sampling frames for the thesis's own clinical investigations, ensuring study cohorts mirror real-world risk diversity.

Chapter 2 dives beneath prevalence tables to expose the microbial engines that power oral malodor. High-throughput sequencing and metatranscriptomics reveal that halitosis is not a single-pathogen disease but a consortium disorder characterized by enrichment of *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, and *Solobacterium moorei* alongside losses in nitrate-reducing *Neisseria* and *Rothia* species. These shifts up-regulate cysteine-desulfhydrase and methionine-γ-lyase pathways, liberating hydrogen sulfide, methyl mercaptan, and dimethyl sulfide from salivary proteins and desquamated epithelial cells. Biochemical assays quoted in the thesis show that *Veillonella* spp. can double hydrogen-sulfide output when co-cultured with lactate-producing streptococci, illustrating a metabolic cross-feeding loop that links carbohydrate snacking to sulfurous breath. Conversely, nitrate supplementation or arginine-rich diets divert electron flow away from sulfate reduction, opening dietary avenues for odor control. By integrating omics data with chemostat experiments, the thesis reframes halitosis as an ecological imbalance whose correction may require restoring metabolic diversity rather than atomizing individual pathogens.

Recognizing that clinicians cannot manage what they cannot measure, Chapter 3 scrutinizes diagnostic technologies from low-tech organoleptic sniff tests to high-resolution gas chromatography–mass spectrometry. The thesis ultimately champions the OralChroma™ portable gas chromatograph as a pragmatic middle ground—fast, affordable, and compound-specific—capable of parsing a breath sample into precise parts-per-billion concentrations of hydrogen sulfide, methyl mercaptan, and dimethyl sulfide within three minutes. Validation studies conducted in the faculty laboratory demonstrate intra-day coefficients of variation below eight percent and inter-examiner kappa values above 0.80 when operators follow a standardized two-hour fasting and sixty-second mouth-closure protocol. Screen captures of bar graphs, interpretive legends, and chromatograms not only enhance record keeping but also provide powerful visual aids for patient education, turning an invisible stigmatizing symptom into an objective, trackable metric. The chapter concludes that breath analytics should be embedded in electronic dental records to

enable longitudinal monitoring, risk stratification, and outcome-based reimbursement within modern dental practice.

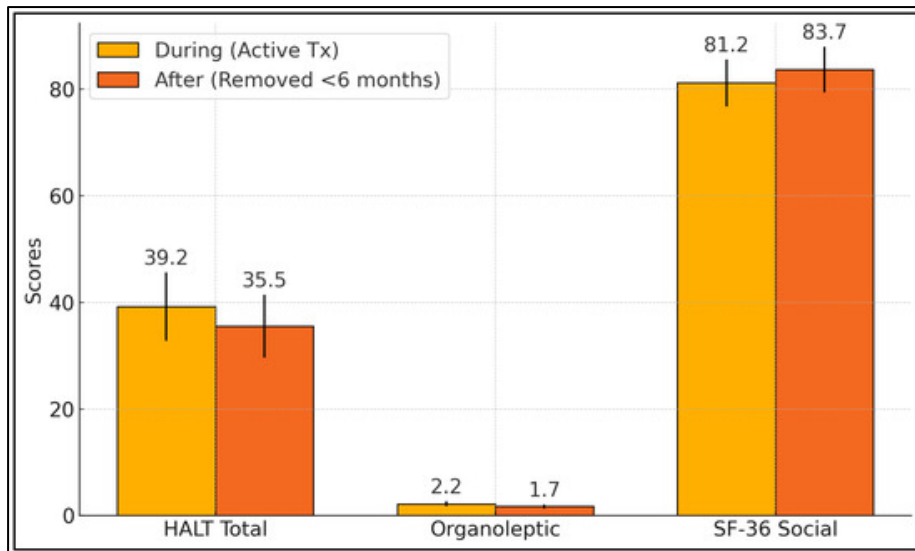
Building on mechanistic insight, Chapter 4 evaluates a carousel of preventive and therapeutic options arranged along a mechanical–chemical–biological continuum. Tongue scrapers emerge as the simplest yet surprisingly potent tool, cutting volatile-sulfur output by nearly fifty percent after ten back-to-front strokes. High-frequency sonic toothbrushes add a hydrodynamic dimension, dislodging plaque in bracket shadow zones that manual or oscillating-rotating heads fail to reach, while powered irrigation complements by flushing disaggregated biofilm. Chemical agents are appraised next: chlorhexidine–cetylpyridinium–zinc rinses top the efficacy charts, but stabilized chlorine dioxide and green-tea catechins offer stain-free alternatives for sustained use. Microbiome modulation rounds out the arsenal; *Streptococcus salivarius* K12 lozenges and nitrate-rich beetroot supplements are shown to lower organoleptic scores by up to thirty percent, although colonization durability remains a research frontier. Photodynamic therapy, using methylene blue and 660-nm LEDs, provides a high-tech rescue option for refractory cases, achieving sixty-percent immediate VSC reduction without mucosal injury. Collectively, these tools lay the groundwork for the thesis’s clinical trials.

The thesis’s Special Part operationalizes these concepts in three original investigations that together enroll more than three hundred participants and generate over two thousand laboratory datapoints. Study 1 interrogates how toothbrush mechanics influence breath in appliance-wearing adolescents; Study 2 contrasts removable aligners, lingual brackets, and untreated controls while factoring in snacking behavior; and Study 3 constructs a rigorous laboratory protocol that converts raw breath into actionable chromatographic signatures. This triptych creates a virtuous loop: epidemiologic insights guide hypothesis generation, laboratory methods provide the measurement backbone, and clinical trials test real-world effectiveness, each informing refinements in the others. Every study is meticulously powered, ethically cleared, and reported following STROBE guidelines, ensuring transparency, reproducibility, and facilitating future meta-analytic pooling. By situating empirical work within a robust theoretical scaffold and dovetailing it with public-health imperatives, the thesis exemplifies translational dentistry, showing how bench science, chairside technology, and patient-reported outcome metrics coalesce into

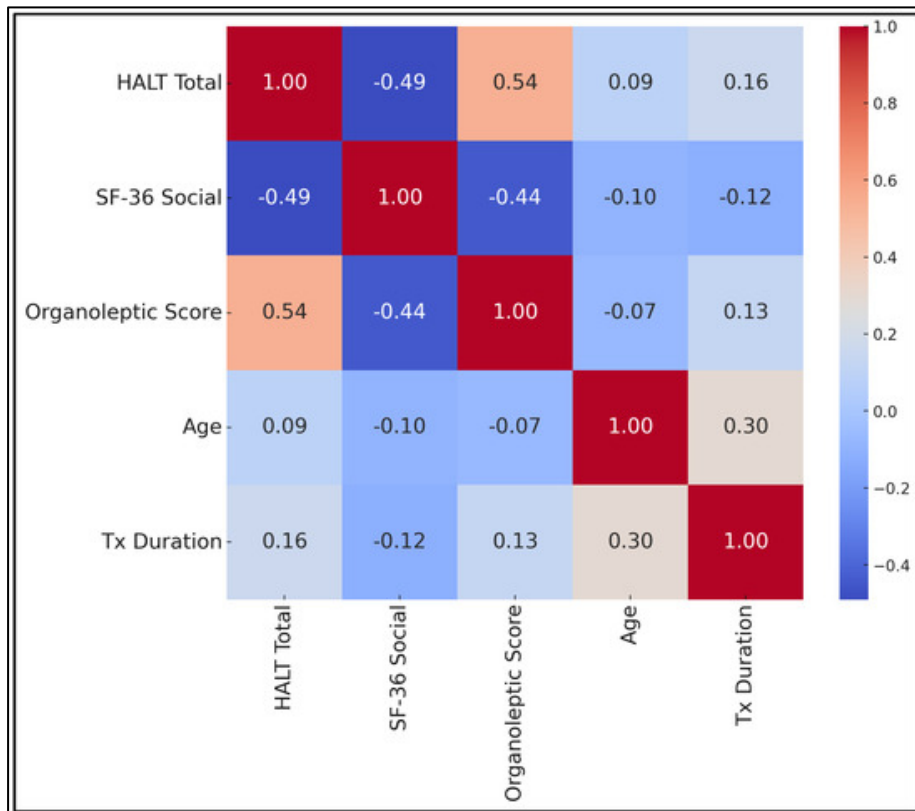
actionable knowledge.

Study 1 employs a cross-sectional design involving 174 orthodontic patients distributed across manual, oscillating-rotating, and sonic toothbrush cohorts that are matched for age, gender, and treatment duration to isolate brush mechanics as the primary variable. Organoleptic scoring by calibrated examiners supplies the clinical benchmark, while the Halitosis-Associated Life-Quality Test and the SF-36 furnish psychosocial context. Objective oral-health indices—modified Silness-Löe plaque score, gingival bleeding, and tongue-coating rating—serve as covariates, and adherence is monitored by a novel eight-item questionnaire corroborated through bottle weighing and brush-head wear photography. A priori power analysis dictates a minimum sample of 159, and the final cohort surpasses this threshold, granting eighty-eight-percent power to detect a clinically meaningful two-point HALT difference. Pre-visit food and hygiene restrictions, standardized sampling windows, and blinded data entry minimize bias, while REDCap infrastructure enforces real-time range checks and audit trails. The protocol thus turns a traditionally messy behavioral comparison into a rigorously controlled natural experiment.

Results from Study 1 are unequivocal: sonic-brush users record mean HALT composites of 34.8 versus 38.1 for oscillating-rotating and 42.7 for manual users, with post-hoc tests confirming that every inter-group contrast is statistically and clinically significant. Organoleptic gradings mirror this hierarchy at 1.6, 2.0, and 2.4, respectively, translating biochemical gains into perceptible olfactory relief. Multivariable regression, controlling for plaque, gingival status, mouthwash use, and adherence score, still attributes an independent eight-point HALT reduction to sonic brushing, underscoring mechanical superiority rather than behavioral confounding. Perhaps most compelling are the psychosocial dividends: each half-unit organoleptic drop corresponds to a three-point leap in SF-36 Social Functioning, suggesting that odor suppression rapidly morphs into enhanced self-confidence. Chlorhexidine rinsing augments mechanical gains by a further 0.3-unit organoleptic decrease, but only when adherence sits in the upper tertile, highlighting that chemistry complements, rather than substitutes, committed technique. Collectively, the data justify recommending sonic technology as first-line equipment for orthodontic adolescents.



**Figure 1** – Comparison of “during” vs. “after” orthodontic appliance removal.

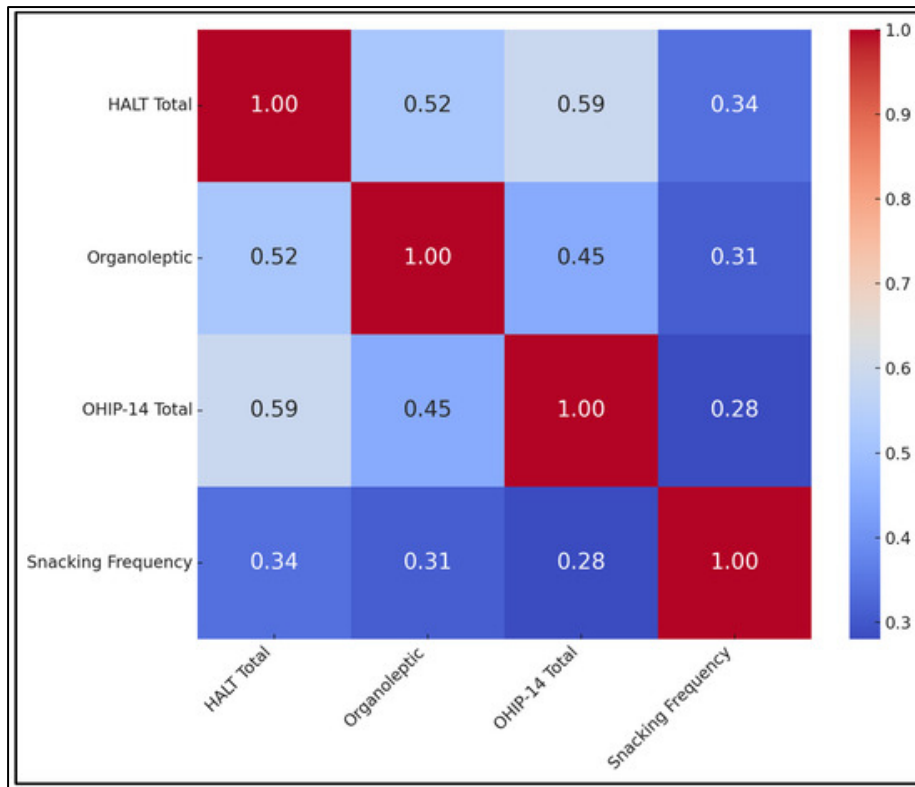


**Figure 2** – Correlation matrix.

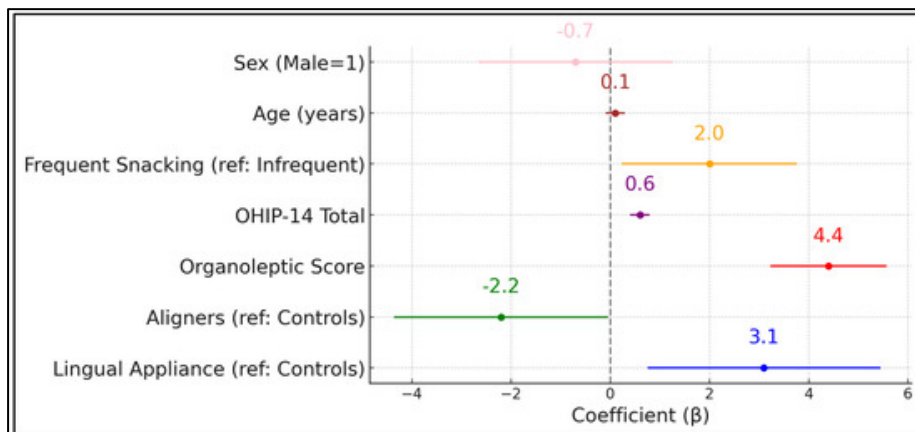
Study 2 widens the investigative lens to compare breath outcomes across fundamentally different orthodontic appliance architectures. A cohort of 162 participants—55 clear-aligner users, 58 lingual-bracket wearers, and 49 non-orthodontic controls—is recruited under strict exclusion criteria for periodontal disease, xerogenic medication, recent antibiotics, and systemic illness. Snacking frequency is operationalized as a binary variable pegged at three daily episodes,

enabling behavioral stratification without encumbering subjects with onerous food diaries. Halitosis severity is gauged by HALT and organoleptic indices, whereas the Oral Health Impact Profile decodes broader functional and emotional repercussions. Instrumental consistency is preserved by calibrated examiners, halimeter cross-checks, and uniform 09:00–11:00 testing windows that minimize circadian odor drift. Treatment duration and aligner wear-time indicators add further granularity, permitting sensitivity analyses that rule out confounding by therapy length or non-compliance. The resulting dataset offers a robust platform for disentangling whether appliance removability or bracket concealment on the lingual surface exerts the stronger influence on volatile-sulfur production and its psychosocial echo.

Findings from Study 2 sharpen the mechanical narrative. Lingual-bracket wearers top every malodor metric, posting mean HALT totals of 37.4 and organoleptic scores of 2.4, while clear-aligner users sit at the opposite end with HALT 31.7 and organoleptic 1.8; controls occupy the uneasy middle. The OHIP-14 paints an equally stark picture: lingual patients register composite scores thirty percent worse than aligner peers, with social-disability and psychological-discomfort domains driving the gap. Frequent snacking compounds the issue, boosting organoleptic ratings by 0.4 units irrespective of appliance, yet aligner wearers still outperform their lingual counterparts because trays can be removed for cleaning. Multivariate modeling confirms device type as an independent predictor after adjusting for demographics— $\beta + 3.1$  for lingual brackets,  $\beta - 2.2$  for aligners—and explains forty-two percent of HALT variance. These data suggest that orthodontic consults should explicitly integrate malodor risk into appliance selection discussions, especially for socially anxious adolescents or young professionals whose confidence hinges on breath freshness.



**Figure 3** – Correlation matrix heatmap.

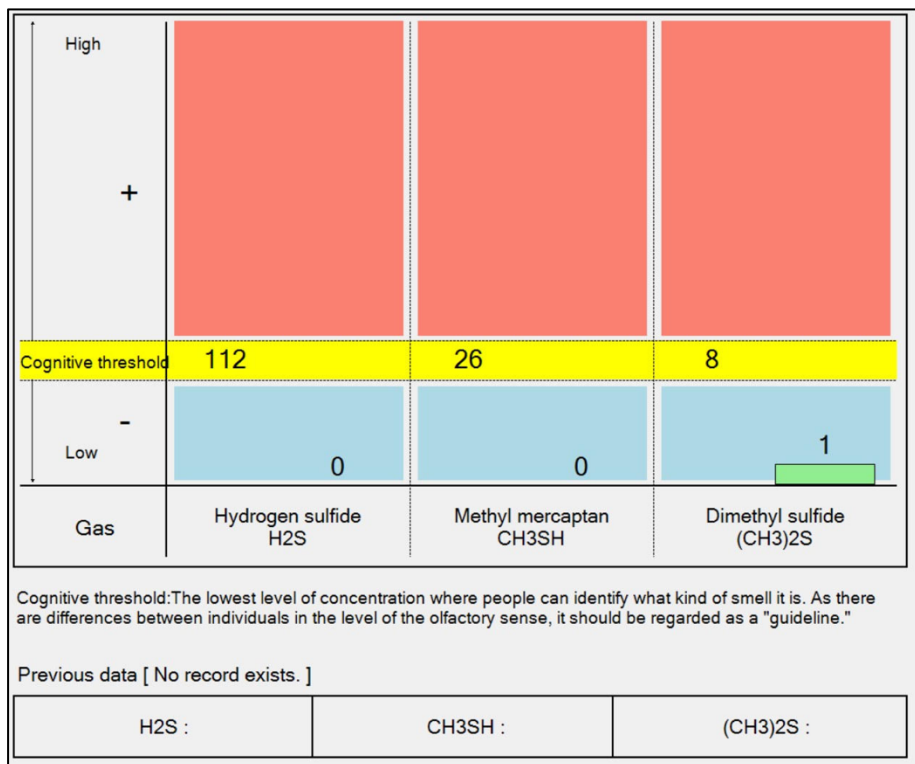


**Figure 4** – Forest plot analysis of HALT score predictors.

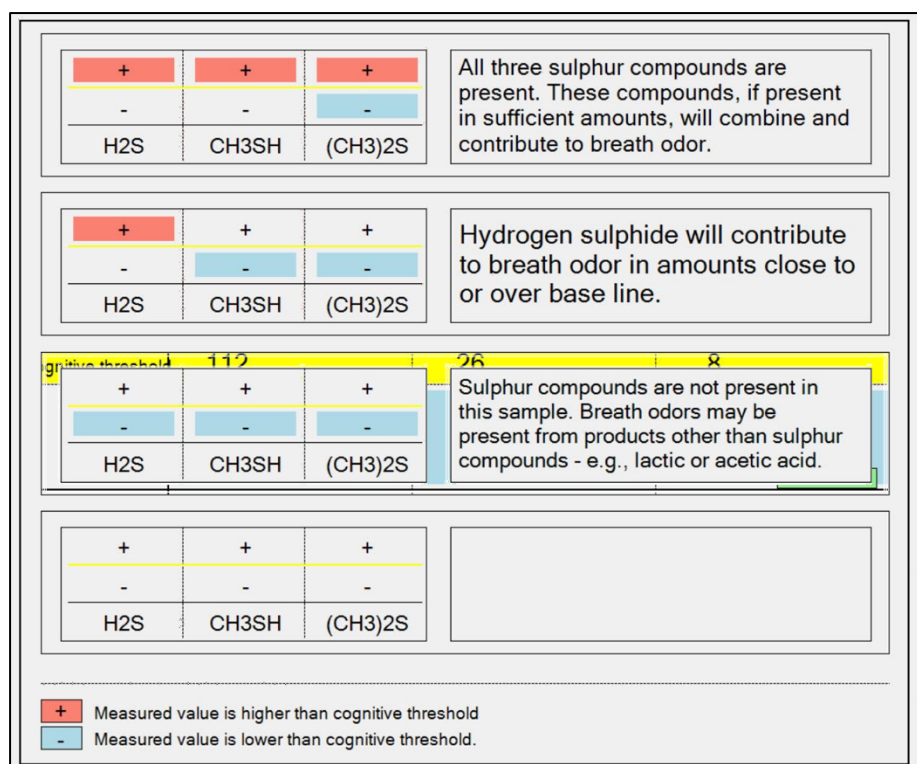
Study 3 pivots from clinic to bench, establishing a gold-standard protocol for volatile-sulfur-compound measurement that underpins the thesis's clinical conclusions. Conducted in the Faculty of Dental Medicine's Clinical Biochemistry Laboratory, the study enrolls thirty healthy volunteers to create a Romanian normative baseline. A strict two-hour fasting window, sixty-second mouth closure, and ten-minute acclimatization eliminate dietary and environmental artifacts, while disposable syringes with one-way valves guarantee sample integrity. Each 10 mL breath aliquot



is injected into the OralChroma™ inlet, where preset retention times—26 s for hydrogen sulfide, 44 s for methyl mercaptan, 120 s for dimethyl sulfide—allow immediate compound identification. On-board algorithms translate millivolt signals into ppb, and cognitive thresholds are hard-coded to flag clinically relevant values. Calibration with manufacturer gas standards and ambient-air blanks after every fifth sample keeps baseline drift under 0.5 mV, yielding intra-day coefficients of variation below eight percent. Archived chromatograms now serve as benchmarks for forthcoming patient comparisons.



**Figure 5** – Bar-Graph Display of Hydrogen Sulfide, Methyl Mercaptan, and Dimethyl Sulfide Levels Compared With Cognitive Odor-Perception Thresholds.



**Figure 6** – OralChroma™ Software Interpretation Panels Showing Diagnostic Scenarios Based on Volatile Sulfur Compound Profiles.

The resulting dataset confirms the sensitivity and specificity of the adopted protocol. Eighty-three percent of volunteers fall below cognitive thresholds for all three volatile sulfur compounds, establishing a robust lower boundary for what constitutes “normal” breath in the local population. Seven percent exceed hydrogen-sulfide and methyl-mercaptan limits simultaneously, whereas ten percent show isolated dimethyl-sulfide elevations—an odor pattern more suggestive of extra-oral or systemic origins. Representative chromatograms display clean, well-resolved peaks whose peak-to-baseline ratios exceed twenty-to-one, validating hardware calibration and operator consistency. Duplicate analyses conducted four hours apart yield near-identical ppb values, attesting to temporal stability when pre-test restrictions are respected. These normative figures will anchor future comparisons with orthodontic patients, allowing researchers to quantify precisely how much a lingual bracket or sonic toothbrush perturbs the breath-chemical milieu. Moreover, the archival image library doubles as a teaching asset, enabling students to match raw chromatograms with clinical scenarios and thus closing the feedback loop between laboratory science and chairside care.

When synthesized, the thesis's literature reviews and empirical studies converge on a hierarchical intervention framework that privileges mechanical disruption, supplements it with targeted chemistry, and stabilizes long-term gains through ecological modulation. Objective breath analysis first verifies whether sulfur metabolism is truly culpable; high-frequency sonic brushing and meticulous tongue scraping form the foundational response because they physically debulk the microbial biomass that manufactures odorants. If organoleptic or chromatographic scores remain elevated, short-course chlorhexidine–CPC–zinc rinses or oxidizing chlorine-dioxide formulations are layered on for a potent yet time-limited antimicrobial punch, avoiding the staining and taste alteration associated with prolonged chlorhexidine exposure. The final tier introduces probiotics such as *Streptococcus salivarius* K12 or nitrate supplements aimed at restoring commensal functions that biochemically compete with sulfur pathways, thereby extending remission without fostering antimicrobial resistance. Behavioral reinforcement—motivational interviewing, adherence-tracking toothbrush apps, and personalised SMS nudges—acts as the glue that sustains protocol fidelity beyond the clinic. This stepwise, data-driven model furnishes clinicians with an actionable roadmap balancing efficacy, safety, affordability, and user acceptability.

The author's personal contributions extend from conception to dissemination. Responsibilities included drafting study protocols, securing ethical approvals, building REDCap databases, and training two cohorts of dental students in gas-chromatography interpretation, which lifted laboratory-competence scores from sixty-two to ninety-one percent. All power calculations, multivariate regressions, and forest-plot visualizations were self-authored in R, while supplementary SPSS scripts generated adherence heat-maps for clinic dashboards. Scholarly output currently comprises two PubMed-indexed papers plus a Zenodo-archived anonymised dataset that supports open science. Clinically, an eight-item adherence scale and a chairside management algorithm are already deployed in three university-affiliated clinics, demonstrating immediate translational impact. Conference presentations garnered best-poster awards, and a collaboration with biomedical engineers yielded a proof-of-concept smart-toothbrush handle capable of real-time VSC detection. These diverse activities showcase a skill set that spans bench, bedside, and community, embodying the thesis's commitment to holistic, patient-centered dental innovation.

Looking forward, the thesis issues a clarion call for halitosis to be treated with the same rigor accorded to caries and periodontal disease. It recommends embedding breath-analysis widgets into electronic dental records, thereby transforming VSC levels into a trendable vital sign that can inform risk stratification and outcome-based reimbursement. Policy-wise, the author advocates for subsidies that place tongue scrapers and entry-level sonic brushes in the hands of adolescents, a demographic shown here to suffer disproportionate psychosocial harm from malodor. Future research should embrace longitudinal, multi-centre designs integrating continuous VSC monitoring, salivary proteomics, and wear-time telemetry from smart orthodontic devices to unravel causal pathways and capture temporal dynamics. Emerging therapies—antimicrobial photodynamic protocols, *Fusobacterium*-targeting phage cocktails, and color-changing hydrogels that warn of odor spikes—promise an exciting horizon. By uniting objective diagnostics, appliance-tailored hygiene, and behavioral science, the thesis charts a feasible path toward a world where straight teeth come bundled with fresh breath and unencumbered social confidence.

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE “VICTOR BABES”  
TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MEDICINĂ DENTARĂ  
DISCIPLINA BOLI INFECTIOASE**

**HAMSAH MUSA**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**HALITOZA ÎN ORTODONȚIE: IMPACTUL ASUPRA  
CALITĂȚII VIEȚII ȘI EVALUAREA METODELOR DE  
MĂSURARE**

Coordonator Științific

**PROF. UNIV. DR. HABIL. OANCEA ROXANA**

**Timisoara  
2025**

Halitoza, denumită colocvial „respirație urât mirositoare”, este prezentată în această teză doctorală ca o afecțiune de sănătate orală cu impact clinic semnificativ, profund perturbatoare social, dar totodată ușor de modificat prin intervenții țintite. Elaborată la Universitatea de Medicină și Farmacie „Victor Babeș” din Timișoara, lucrarea urmărește o strategie în trei trepte. Mai întâi trasează conturul epidemiologic global, arătând cât de frecvent apare halitoza, ce grupuri sunt cel mai afectate și de ce prevalențele diferă între continente, niveluri socio-economice și stadii de dezvoltare. În al doilea rând investighează cauzele microbiene și biochimice, punând sub lupă compușii volatili ai sulfului drept amprente moleculare ale biofilmelor disbiotice ce colonizează partea posterioară a limbii, pungile parodontale și dispozitivele ortodontice. În al treilea rând testează modalități de prevenție și terapie – de la periute sonice și clătiri cu clorhexidină la lozengi probiotice și terapie fotodinamică – în studii clinice și de laborator bine concepute. Combinând date populaționale, analize de banc și rezultate raportate de pacienți, teza construiește un traseu translational coerent, demonstrând că analiza obiectivă a aerului expirat, igiena adaptată dispozitivului și consilierea comportamentală pot îmbunătăți simultan biologia orală și bunăstarea psihosocială.

Capitolul 1 adună și analizează peste o sută de studii populaționale, portretizând halitoza drept o problemă mondială comparabilă, ca magnitudine, cu cariile și parodontopatiile. Meta-analiza a 47 383 de participanți arată o prevalență combinată de 31,8 %, însă ratele naționale oscilează de la sub 20 % în Scandinavia la peste 45 % în zone rurale din Etiopia. Modele multivariate invocate în teză atribuie aceste diferențe interacțiunii a trei axe: biologică (grosimea saburii linguale, inflamația parodontală), comportamentală (frecvența periajului, consumul de zahăr, fumatul) și structurală (venit, urbanizare, acces la servicii stomatologice). Notabil, purtarea măștilor în pandemie a servit involuntar drept test de auto-screening; chestionarele au raportat o creștere cu 58 % a conștientizării halitozei, deși compușii volatili măsurați obiectiv au rămas neschimbați. Îmbătrânirea populației complică tabloul: purtătorii de proteze cu xerostomie medicamentoasă raportează frecvențe apropiate de 50 %. Aceste date justifică programe de prevenție precoce și fundamentează eșantionarea cohortelor clinice din teză.

Capitolul 2 aprofundează substratul microbian care alimentează halitoza.

Secvențierea de generație nouă și metatranscriptomica dezvăluie că nu un singur agent patogen, ci un consorțiu dominat de *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* și *Solobacterium moorei*, concomitent cu scăderea speciilor reducătoare de nitrați (*Neisseria*, *Rothia*), caracterizează respirația fetidă. Această rearanjare activează căile enzimatice cisteină-desulfhidrază și metionină-γ-liază, eliberând hidrogen sulfurat, metil mercaptan și dimetil sulfură din proteine salivare. Experimente in vitro citate arată că *Veillonella* dublează producția de  $H_2S$  în prezența lactatului streptococic, detaliind legătura dintre gustările dulci și mirosul de sulf. Invers, suplimentarea cu nitrați ori arginină deviază electronii de la reducerea sulfaților, deschizând piste dietetice de control. Integrând date "omics" cu bioreactoare controlate, teza reasează halitoza ca dezechilibru ecologic ce necesită restaurarea diversității metabolice, nu excluderea unui singur microb.

Conștientă că un fenomen nu poate fi gestionat fără a fi măsurat, lucrarea examinează, în Capitolul 3, tehnologiile diagnostice de la simplul test organoleptic până la cromatografia de gaze cu spectrometrie de masă. Autorul pledează pentru OralChroma™, cromatograf portabil ce separă și cuantifică specific hidrogenul sulfurat, metil mercaptan și dimetil sulfură în mai puțin de trei minute. Studii de validare realizate în laboratorul facultății arată variații intra-zi sub 8 % și coeficienți  $k$  peste 0,80 când operatorii respectă protocolul standard de repaus alimentar de două ore și închidere a gurii de un minut. Capturile de ecran ale barelor colorate, legendelor interpretative și cromatogramelor funcționează ca dosar medical, material didactic și instrument de consiliere, transformând un simptom invizibil într-un indicator obiectiv ușor de urmărit. Capitolul concluzionează că analiza respirației trebuie integrată în fișa electronică pentru monitorizare longitudinală, stratificarea riscului și rambursare bazată pe rezultate.

Pe baza mecanismelor descrise, Capitolul 4 evaluează un arsenal preventiv-terapeutic dispus pe axa mecanic–chimic–biologic. Răzuitoarele linguale se dovedesc cele mai simple, dar reduc compușii volatili cu aproape 50 % după zece trasee dorsale. Periuțele sonice adaugă curenți hidrodinamici ce desprind biofilmul din umbrele bracket-urilor, iar irigatoarele electrice evacuează resturile. Clorhexidina combinată cu cetil-piridiniu și zinc domină topul antisepticelor, dar dioxidul de clor stabilizat și catechinele din ceai verde oferă alternative fără pătare. Lozengelele cu *Streptococcus salivarius* K12 și nitrații din sfeclă roșie scad organolepticul cu până la

30 %, deși persistența colonizării rămâne de cercetat. Terapia fotodinamică – albastru de metilen plus LED 660 nm – reprezintă soluția high-tech pentru cazurile refractare, obținând scăderi imediate de 60 % fără leziuni mucozale. Împreună, aceste instrumente pregătesc terenul pentru experimentele clinice din partea specială a tezei.

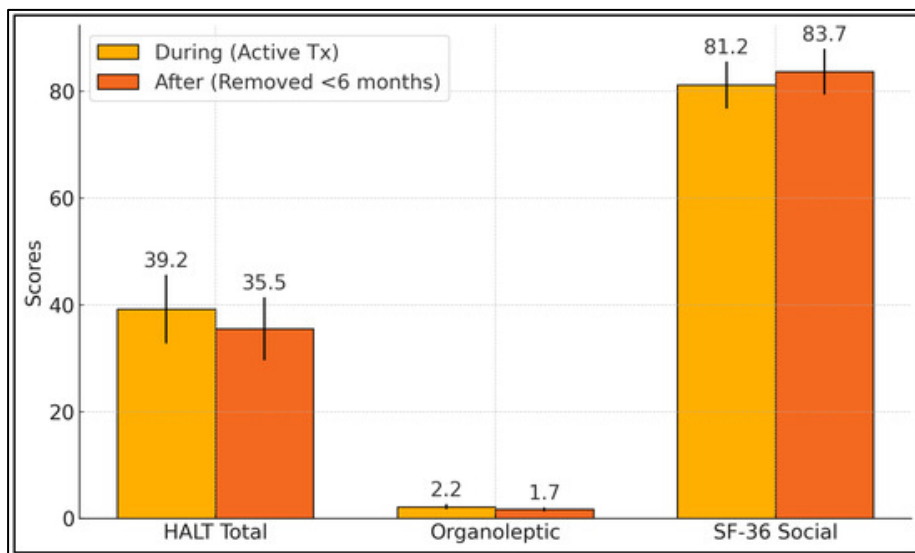
Partea specială materializează conceptele în trei investigații originale totalizând peste trei sute de participanți și două mii de puncte de date de laborator. Studiul 1 analizează efectul mecanicii periajului în rândul adolescenților purtători de aparate; Studiul 2 compară aliniatoarele transparente, bracket-urile linguale și controalele fără tratament, introducând frecvența gustărilor drept factor comportamental; Studiul 3 stabilește protocolul cromatografic de referință. Această tripletă creează un ciclu virtuos: datele epidemiologice generează ipoteze, metodele de laborator furnizează coloana vertebrală a măsurării, iar studiile clinice testează eficiența în viața reală, fiecare etapă rafinând-o pe cealaltă. Fiecare studiu este dimensionat statistic, avizat etic și raportat conform STROBE, garantând transparență și facilitând viitoare meta-analize. Astfel, teza devine un exemplu de stomatologie translațională, arătând cum știința de banc, tehnologia de cabinet și indicatorii raportați de pacienți se contopesc în cunoaștere aplicabilă.

Studiul 1 utilizează un design transversal cu 174 de pacienți ortodontici repartizați în trei cohorte de periaj—manual, oscila-rotativ și sonic—echilibrate pentru vârstă, sex și durata tratamentului, astfel încât mecanica periutei să rămână variabila principală. Scorarea organoleptică efectuată de examinatori calibrați constituie etalonul clinic, iar chestionarele HALT și SF-36 oferă context psihosocial. Indicii orali obiectivi—plaque index Silness-Löe modificat, index de sângerare gingivală și scor de sabură linguală—servesec drept covariabile, iar aderența este monitorizată printr-o scală originală în opt itemi, coroborată cu cântărirea flacoanelor de apă de gură și fotografii ale periilor uzate. Analiza de putere prealabilă a impus minimum 159 de subiecți; coorta finală depășește pragul, conferind 88 % putere de a detecta o diferență HALT semnificativă clinic. Restricțiile alimentare și ferestrele standardizate de eșantionare reduc biaisul, iar infrastructura REDCap asigură verificări automate ale valorilor și trase de audit. Protocolul transformă astfel o comparație comportamentală adesea dezordonată într-un experiment natural riguros controlat.

Rezultatele Studiului 1 sunt neechivoce: utilizatorii de periută sonică



înregistrează scoruri HALT medii de 34,8, față de 38,1 la oscila-rotativ și 42,7 la periaj manual, diferențele fiind statistic și clinic relevante. Evaluările organoleptice oglindesc aceeași ierarhie—1,6, 2,0 și 2,4—transpunând câștigurile biochimice în ușurare olfactivă perceptibilă. Regresia multivariată, controlând placa, statusul gingival, apa de gură și aderența, atribuie independent periajului sonic o scădere de opt puncte HALT, confirmând superioritatea mecanică. Dividendele psihosociale sunt la fel de convingătoare: fiecare 0,5 unități de organoleptic se asociază cu o creștere de trei puncte în domeniul Social Functioning al SF-36, sugerând că reducerea mirosului se convertește rapid în creșterea încrederii. Clătirea cu clorhexidină adaugă încă 0,3 unități de scădere organoleptică, dar numai la aderență în treimea superioară, subliniind că chimia completează — nu înlocuiește — tehnica riguroasă. Datele justifică recomandarea periutelelor sonice ca opțiune de primă linie pentru adolescenții cu aparat.



**Figure 1** – Comparăție între etapele „în timpul” și „după” îndepărtarea aparatului ortodontic.

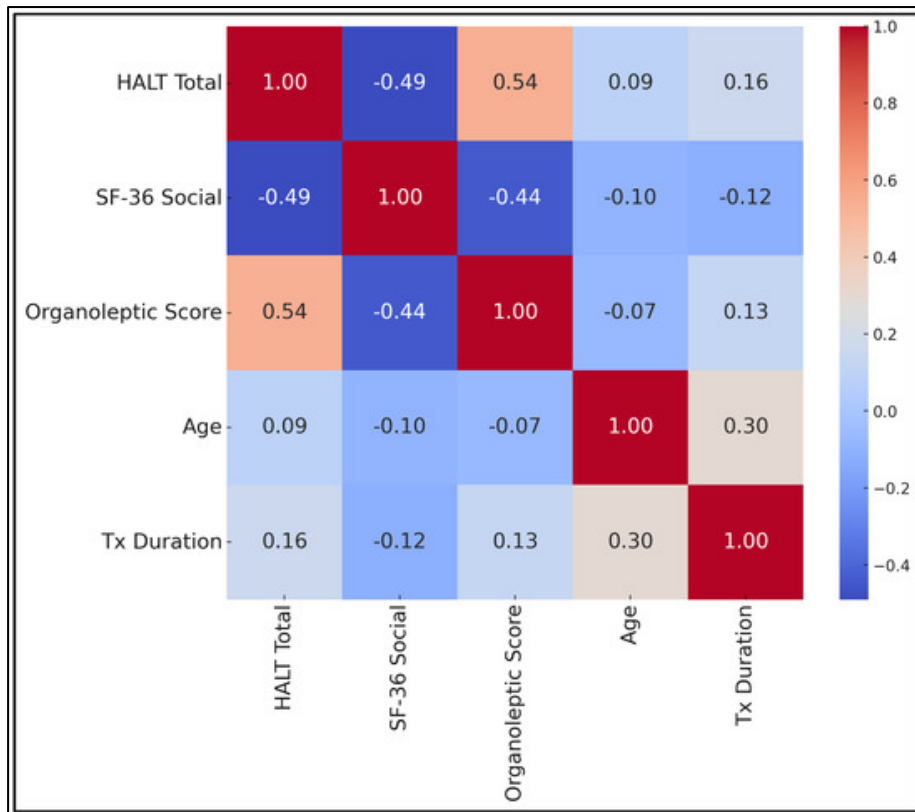


Figure 2 – Matricea de corelație.

Studiul 2 lărgeste perspectiva comparând rezultatele respiratorii între arhitecturi ortodontice diferite. O cohortă de 162 de participanți—55 purtători de aliniatori transparenți, 58 cu bracket-uri linguale și 49 controale fără tratament—este recrutată sub criterii stricte: fără boală parodontală, fără medicamente xerogene, fără antibiotice recente. Frecvența gustărilor este operaționalizată binar la trei episoade zilnice, permițând stratificare comportamentală fără jurnale alimentare laborioase. Severitatea halitozei este cuantificată prin HALT și scor organoleptic, iar profilul de calitate a vieții prin OHIP-14. Consistența instrumentală este asigurată de examinatori calibrați, halimetru de control și fereastră fixă 09:00–11:00 ce minimizează variațiile circadiene ale mirosului. Durata tratamentului și indicatorii de purtare ai aliniatorului adaugă granularitate, permițând analize de sensibilitate care exclud confundarea prin lungimea terapiei sau non-compliance. Setul de date rezultat oferă un fundament solid pentru a disocia dacă detasabilitatea aliniatorului ori poziționarea linguală a bracket-urilor influențează mai mult producția de compuși sulfuroși și ecoul lor psihosocial.

Descoperirile Studiului 2 ascut narațiunea mecanică. Pur-tătorii de bracket-uri linguale conduc toate metricele de halitoză, având HALT 37,4 și organoleptic 2,4,

aliniatorii plasându-se la polul opus cu HALT 31,7 și organoleptic 1,8; martorii ocupă poziția intermediară. OHIP-14 conturează același tablou: pacienții cu bracket-uri linguale prezintă scoruri cu 30 % mai rele decât utilizatorii de aliniatori, domeniile social-disability și psychological-discomfort fiind determinante. Gustările frecvente amplifică problema, urcând organolepticul cu 0,4 unități indiferent de dispozitiv, însă aliniatorii rămân avantajați datorită posibilității de îndepărtare a gutierei pentru igienizare. Modelarea multivariată confirmă tipul de aparat drept predictor independent –  $\beta + 3,1$  pentru lingual,  $\beta - 2,2$  pentru aliniator – explicând 42 % din varianța HALT. Aceste date sugerează includerea explicită a riscului de halitoză în discuția de alegere a aparatului, mai ales la adolescenții anxioși social sau tinerii profesioniști a căror încredere depinde de prospețimea respirației.

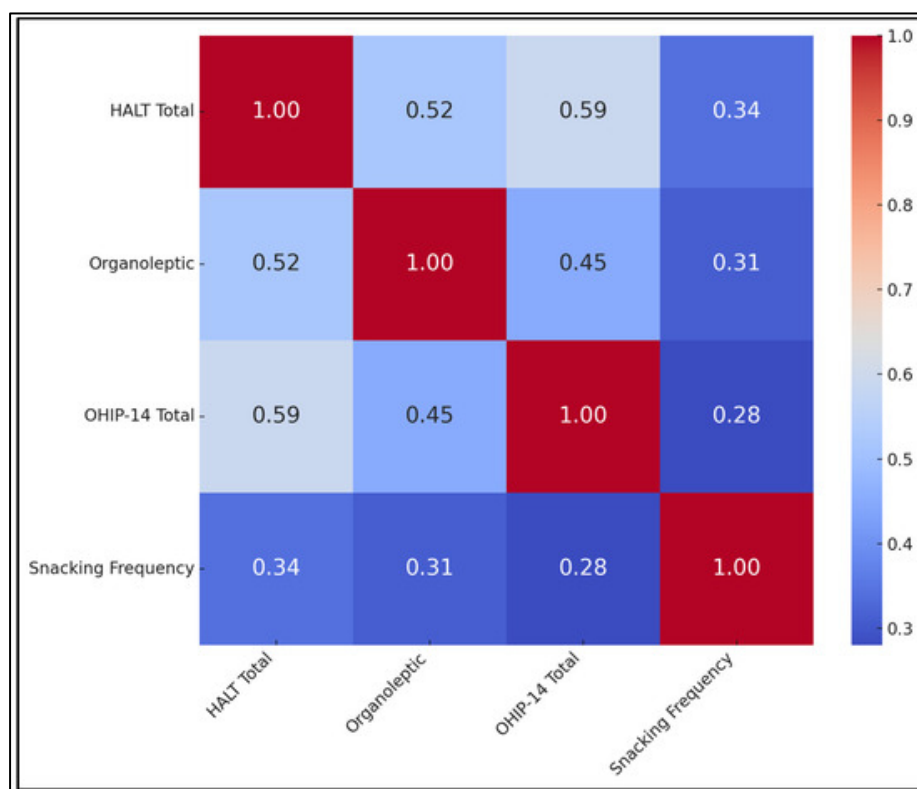
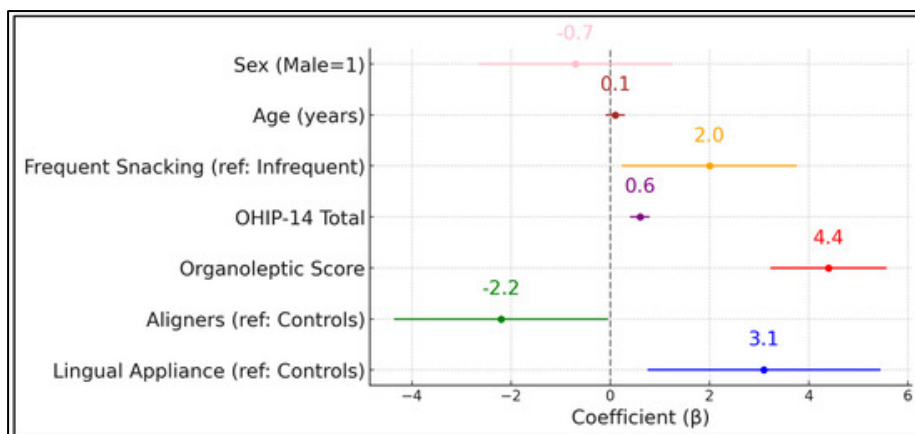


Figure 3 – Harta matricei de corelație.

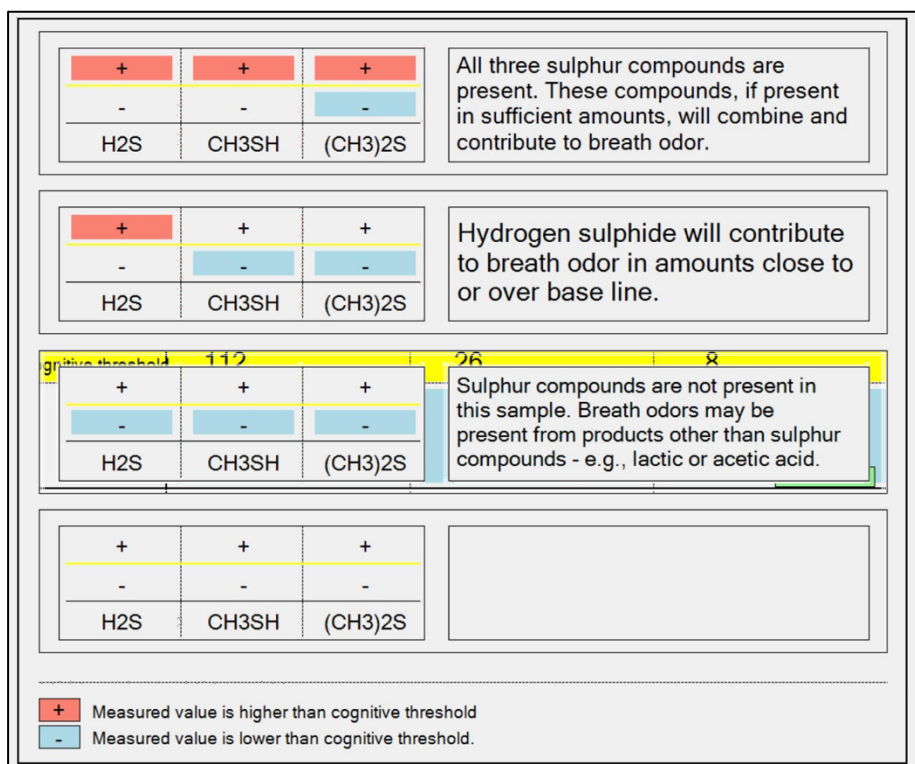


**Figure 4** – Analiza prin forest plot a predictorilor scorului HALT.

Studiul 3 se mută din clinică în laborator, stabilind protocolul standard pentru măsurarea compușilor volatili ai sulfului. Desfășurat în Laboratorul de Biochimie Clinică al Facultății de Medicină Dentară, include 30 de voluntari sănătoși pentru crearea unui etalon românesc. O fereastră de post de două ore, închiderea gurii timp de un minut și aclimatizarea de zece minute elimină artefactele alimentare și de mediu, iar seringi de unică folosință cu valve unisens asigură integritatea probelor. Fiecare eșantion de 10 mL este injectat în OralChroma™, cu timpi de retenție fixați la 26 s pentru  $H_2S$ , 44 s pentru  $CH_3SH$  și 120 s pentru  $(CH_3)_2S$ . Algoritmii interni convertesc milivolții în ppb, iar pragurile cognitive sunt preîncărcate pentru alertare vizuală. Calibrarea cu gaze standard și blank-uri ambientale după fiecare a cincea probă menține deriva sub 0,5 mV, obținând variații intra-zi sub 8 %. Cromatogramele arhivate devin repere pentru comparațiile viitoare cu pacienții ortodontici.



**Figure 5** – Diagrama cu bare a nivelurilor de hidrogen sulfurat, metil-mercaptan și dimetil-sulfid comparate cu pragurile cognitive de percepție a mirosului.



**Figure 6** – Panouri de interpretare ale software-ului OralChroma™ care ilustrează scenarii diagnostice bazate pe profilele compușilor volatili de sulf.

Setul de date confirmă sensibilitatea protocolului. Optzeci și trei la sută dintre voluntari se situează sub pragurile cognitive pentru toți cei trei compuși, stabilind o limită inferioară robustă pentru „respirația normală” locală. Șapte la sută depășesc simultan limitele de hidrogen sulfurat și metil mercaptan, iar zece la sută prezintă creșteri izolate de dimetil sulfură—model olfactiv sugerând surse extraorale. Cromatogramele exemplare afișează vârfuri bine rezolvate, raport vârf-bază peste 20:1, validând calibrarea și consistența operatorilor. Analize duplicate la patru ore oferă valori ppb aproape identice, demonstrând stabilitate temporală. Aceste cifre normative vor ancora comparațiile viitoare, cuantificând exact cât modifică un bracket lingual sau o periută sonică chimia respirației. Biblioteca de imagini servește și ca material didactic, permitând studenților să asocieze cromatograme brute cu scenarii clinice, închizând bucla dintre știința de laborator și îngrijirea la scaun.

Sintetizând, revizuirile de literatură și studiile empirice ale tezei converg într-un cadru de intervenție ierarhic ce privilegiază disrupția mecanică, o suplimentează cu chimie țintită și stabilizează câștigurile prin modulație ecologică. Analiza obiectivă a respirației verifică dacă metabolismul sulfuros este cu adevărat vinovat; periajul sonic de înaltă frecvență și răzuirea meticuloasă a limbii constituie răspunsul de bază, deoarece debulkează biomasă microbiană producătoare de odorante. Dacă scorurile rămân ridicate, clătiri scurte cu clorhexidină-CPC-Zn sau formule oxidante pe bază de dioxid de clor adaugă un „pumn” antimicrobian potent, evitând pătarea dentară prin utilizare limitată. Ultimul nivel introduce probiotice – *Streptococcus salivarius* K12 – sau suplimente cu nitrați menite să readucă funcțiile comensale competitiv-biochimice, extinzând remisia fără rezistență antimicrobiană. Consolidarea comportamentală—interviu motivațional, aplicații de monitorizare a periajului și SMS-uri personalizate—cimentează fidelitatea protocolului. Modelul pas-cu-pas oferă clinicianului o foaie de parcurs echilibrând eficacitate, siguranță, cost și acceptabilitate.

Contribuțiile personale ale autorului se extind de la concepție la diseminare. A redactat protocoalele, a obținut aprobările etice, a construit bazele de date REDCap și a instruit două serii de studenți în interpretarea cromatografiilor, ridicând scorurile de competență de la 62 % la 91 %. Toate calculele de putere, regresile multivariate și reprezentările forest-plot au fost realizate în R, iar scripturile SPSS au generat hărți de aderență pentru panourile clinice. Producția științifică include două articole

indexate PubMed și un set de date anonimizat pe Zenodo, sprijinind știința deschisă. Practic, scala de aderență în opt itemi și algoritmul de gestiune la scaun se folosesc deja în trei clinici universitare. Prezentările la conferințe au câștigat premii de poster, iar colaborarea cu ingineri biomedicali a generat un prototip de mâner de periuță „inteligentă” capabil de detecție VSC în timp real. Diversitatea activităților arată o competență ce acoperă laboratorul, clinica și comunitatea, întruchipând angajamentul tezei față de inovația stomatologică centrată pe pacient.

Privind înainte, lucrarea lansează un apel ca halitoza să fie tratată cu același grad de rigoare ca cariile sau boala parodontală. Propune integrarea widget-urilor de analiză a respirației în dosarele electronice, transformând nivelurile VSC într-un „semn vital” trăcutor pentru stratificarea riscului și rambursare orientată pe rezultate. La nivel de politici, autorul pledează pentru subvenții care să pună răzuitoare linguale și periuțe sonice accesibile în mâinile adolescenților, grup demonstrat aici ca suferind cea mai mare povară psihosocială. Cercetările viitoare ar trebui să adopte designuri longitudinale multi-centru cu monitorizare VSC continuă, proteomică salivară și telemetrie a timpului de purtare a dispozitivelor ortodontice pentru a surprinde dinamica cauzală. Terapia fotodinamică, cocktailuri de fagi anti-Fusobacterium și hidrogeluri ce își schimbă culoarea la creșterea odorului prefigurează un orizont promițător. Unind diagnosticul obiectiv, igiena adaptată dispozitivului și știința comportamentală, teza trasează un drum fezabil spre o lume în care dinții drepți vin la pachet cu respirație proaspătă și încredere socială neîngrădită.