МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ ПЛОВДИВ

ФАКУЛТЕТ ПО ДЕНТАЛНА МЕДИЦИНА

Катедра по ортодонтия

Ръководител катедра: Доц. д-р Мирослава Веселинова Йорданова-Чапрашикян, дм

Д-Р КЕМАЛ АЛИМ СМАИЛИ

Сравнителна оценка на хронологична, зъбна и костна възраст на българската популация при деца от 7 – 12 годишна възраст

АВТОРЕФЕРАТ

НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН „ДОКТОР“

Докторска програма: Ортодонтия

Научен ръководител:

Доц. д-р Силвия Кръстева, дм

Пловдив

2026 г.

Дисертационният труд съдържа 174 стандартни страници и е онагледен с 68 таблици и 52 фигури. Литературната справка включва 166 източника.

Дисертационният труд е обсъден на открито заседание на разширен Катедрен съвет на Катедра по ортодонтия към Медицински университет – Пловдив, проведен на 07.11.2025 г., с протокол номер 4/07.11.2025 г., като е приет и е насочен за публична защита.

СЪДЪРЖАНИЕ

I. ВЪВЕДЕНИЕ 5

II. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ И РАБОТНИ ХИПОТЕЗИ 8

2.1. ЦЕЛ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ 8

2.2 ЗАДАЧИ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ 8

2.3.ХИПОТЕЗИ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ 8

III. ИЗЛОЖЕНИЕ 9

3.1. Материал и методика 9

3.2. Социологичен метод 23

3.3. Статистически методи, използвани в дисертацията 23

3.4. Администриране на проучването 24

IV. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ 26

4.1. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 1: АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА ХРОНОЛОГИЧНАТА ВЪЗРАСТ И ЗЪБНАТА ВЪЗРАСТ НА ПАЦИЕНТИТЕ ЧРЕЗ МЕТОДИТЕ НА DEMIRJIAN И WILLEMS 26

4.2. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 2: АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА КОСТНАТА ВЪЗРАСТ, ОТЧЕТЕНИ ПО МЕТОДИТЕ НА LAMPARSKI И BACCETTI 41

4.3. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 3: СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ЗЪБНАТА ВЪЗРАСТ И КОСТНАТА ВЪЗРАСТ, ОПРЕДЕЛЕНА ПО ШИЙНИТЕ ПРЕШЛЕНИ 51

4.4. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 4: ОЦЕНКА НА РАЗВИТИЕТО НА ФАЛАНГИТЕ ПО МЕТОДА НА BJÖRK, GRAVE И BROWN 61

4.5. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 5: КРИТЕРИИ ЗА ОПТИМАЛНО ВРЕМЕ НА ОРТОДОНТСКО ЛЕЧЕНИЕ 69

4.6. ОБОБЩЕНИЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ 70

4.7. ДИСКУСИЯ 72

V. ИЗВОДИ 79

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 80

VII. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД 82

VIII. НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД 83

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

ДИ (CI)	Доверителен интервал (Confidence Interval)
ЗВ	Зъбната възраст
МДД	Медио дистален диаметър
МУ	Медицински университет
ОПГ	Ортопантомографии
СЕМ	Сканираща електронна микроскопия
СТ	Компютърна томография
ТРГ	Телерентгенографии
ХВ	Хронологична възраст
ANOVA	Analysis of Variance / Еднофакторен дисперсионен анализ
BC	Белгийско-кавказкият
CBCT	Cone Beam Computed Tomography / Конусно-лъчева компютърна томография
CVM	Цервикално вертебрално съзряване
C2, C3, C4,C5, C6	2-ри, 3-ти, 4- ти, 5-ти и 6-ти прешлен
CS1–CS6	Стадии на съзряване на шийните прешлени
CVMI	Cervical Vertebrae Maturation Index / Индекс на съзряване на шийните прешлени
CVMS	Cervical Vertebrae Maturation Stage/ Стадии на съзряване на шийните прешлени
GP	Атлас на Greulich и Pyle за оценка на костната възраст
HWM	Hand and Wrist Method /Метод на ръката и китката
ICC	Intraclass Correlation Coefficient / Вътрешнокласов коефициент на корелация
MP3	Фаланга на третия пръст
MRI	Ядрено-магнитен резонанс
OPG	Ортопантомографии
PA	Posterior-anterior
SA	Саудитско арабски
SPSS	Статистически софтуер IBM SPSS Statistics 27

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Биологичната възраст-физиологично състояние на организма, познаването на динамиката на растежа и развитието на зъбните дъги и оклузията в норма и патология са важни фактори за поставяне на точната диагноза, прогноза и оптимално време за започване на ортодонско лечение. За разлика от хронологичната възраст, която е статичен показател, биологичните маркери като зъбната възраст и костната възраст, отразяват динамичните процеси на съзряване. Те са пряко свързани с прогнозирането на начало пик и край на пубертетния растеж. Точното определяне на индивидуалната зрялост е от решаващо значение за фазовото лечение, особено при корекция на скелетни малоклузии, които изискват максимално използване на растежа на челюстите.

Индивидуалните различия във времето на съзряване могат да бъдат значителни, като феноменът на секуларните тенденции (промени в растежа и развитието на човека наблюдавани през поколенията) и етническата вариабилност допълнително подчертават нуждата от специфични за дадена популация норми. В ортодонтската практика зъбната възраст се оценява предимно чрез радиографични методи, базирани на минерализация на постоянни зъби, докато костната възраст се определя чрез степента на осификация и матурация на скелета чрез анализа и промени на цервикалните прешлени и поява на осификационни зони в определени области на ръка и китка, оценени чрез радиографични методи като латерална цефалометрия и ренгенография на ръка и китка.

Многобройни изследвания показват, че прилагането на различни методи към определени популации може да доведе до систематични отклонения (надценяване или подценяване) на биологичната възраст. Възрастов диапазон 8-12 години е особено важен, тъй като обхваща периода на смесено до ранно постоянно съзъбие и началото на пубертетния растеж, който е оптималният момент за прилагане на ортопедични апарати.

От ортодонтска гледна точка, за най-ефективни се считат онези методи за оценка на растежа и развитието на индивида, които съчетават висока степен на достоверност с практическа приложимост в рамките на рутинната клинична диагностика. Особено значение в този контекст имат стандартни образни изследвания като ортопантомографията и профилната телерентгенография, които предоставят надеждна информация и са лесни за прилагане в ортодонтска практика.

В научната литература са представени множество изследвания, показващи противоречиви данни във връзка с точността на оценка при определянето на зъбната и костната възраст. Прилагането на тези методи показват различия по популации.

Това ни насочи да проверим по отношение на българската популация, кой от методите за определяне на зъбната и костната възраст ще ни даде най-добрата насока за деца в смесено до раннопостоянно съзъбие за осъществяване на правилното планиране на ортодонтското лечение.

Настоящият дисертационен труд е структуриран в четири глави.

В първа глава е направен подробен литературен анализ на български и чуждестранни източници, които, използвайки различни методи, са изготвили сравнителна оценка

на хронологична, зъбна и костна възраст на деца от различни етнически групи и региони на света. Отчетена е ролята на различните методи, по които се прави тази оценка.

Във втора глава са поставени целта, задачите и хипотезите на дисертационния труд.

Трета глава представя материала, методите, използвани в проучването, статистическите методи и администрирането на проучването.

В четвърта глава са представени и обсъдени резултатите от настоящото проучване, установени са корелационни зависимости между методите за оценка на зъбна и скелетна възраст при момичета и момчета на възраст 7–12 години и са предложени критерии за оптимално време на ортодонтско лечение.

В дисертационния труд са използвани 166 литературни източника. Представени са 68 таблици и 52 фигури за по-голяма нагледност на изследването.

Изведени са изводи, заключение по всяка от задачите и приносите на дисертационния труд – с оригинален, с научно-теоретичен и с научно-приложен характер. Отчетено е, че са необходими още по-задълбочени, многоцентрови и надлъжни проучвания за създаване на специфични за българската популация стандарти.

Изводи от литературния обзор

Хронологичната възраст е недостатъчен показател за биологичната възраст на детето. Поради значителната индивидуална вариабилност в темпа на растеж ортодонтското планиране изисква оценка на зъбната и костната възраст.

Методът на Demirjian остава най-широко използваният метод за оценка на зъбната възраст, но метаанализите от последното десетилетие показват, че той системно надценява хронологичната възраст – средно с около 0,5–0,7 години. В балканските популации надценяването варира от 0,4 до 1,4 години.

Методът на Willems в повечето популации е по-точен, средното надценяване е от 0,0 до 0,3 години, но и той не е универсален и показва етнически и възрастови различия. Затова двата метода трябва да бъдат валидирани във всяка популация, включително в българската.

Данните за българските деца, Атанасова установява надценяване на възрастта както по Demirjian, така и по Willems при деца на 7–17 години, което налага проверка на двата метода в по-тесния и клинично най-важен за ортодонтията възрастов диапазон 7–12 години.

Методите, основани на съзряването на шийните прешлени (Lamparski, Baccetti), са надеждна и лъчево щадяща алтернатива на рентгенографията на ръка и китка, тъй като използват рутинната профилна телерентгенография. Възпроизводимостта им е по-ниска в стадиите около пубертетния пик, а момичетата достигат всеки стадий средно около една година по-рано от момчетата.

Методът на Björk (ръка и китка, средна фаланга) остава един от най-надеждните индикатори за пубертетния растежен скок и е подходящ за потвърждаване на стадия, когато оценката по шийните прешлени е гранична.

Между зъбната и скелетната зрялост съществува силна положителна корелация ($r \approx 0{,}65–0{,}84$), но зъбната възраст не може напълно да замени скелетните индикатори. Най-информативна за клиницист е комбинираната (многометодна) оценка.

Дигитализирани програми и машинното обучение повишават точността и обективността на оценката, но класическите методи остават основа за клиничната практика и за валидирането на новите технологии.

В българската литература липсва изследване, което едновременно да съпоставя хронологичната възраст, зъбната възраст по Demirjian и Willems, костната възраст по Lamparski и Baccetti и развитието на фалангите по Björk при едни и същи деца на 7 – 12 години. Това определя актуалността и целта на настоящия дисертационен труд.

II. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ И РАБОТНИ ХИПОТЕЗИ

2.1. ЦЕЛ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

Целта на настоящото емпирично изследване е да се определи съответствието между хронологична възраст, зъбна възраст и костна възраст при българските деца от 7-12 годишна възраст.

2.2. ЗАДАЧИ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

За достигането на тази цел се решават следните задачи:

Задача 1. Да се анализира и направи оценка на хронологична възраст и зъбна възраст на децата, определена с методите на Demirjian и Willems.

Задача 2. Да се анализира и направи оценка на костната възраст, определена с методите на Lamparski и Baccetti.

Задача 3. Да се направи сравнителен анализ на зъбната възраст, определена с методите на Demirjian и Willems и костната възраст, определена с методите на Lamparski и Baccetti.

Задача 4. Да се направи оценка на развитието на фалангите по метода на Björk.

Задача 5. Въз основа на получените резултати да се предложат критерии за оптимално време на ортодонтско лечение на децата от 7 до 12 годишна възраст

2.3. ХИПОТЕЗИ НА ЕМПИРИЧНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

Хипотеза 1. Има статистически значима разлика между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст, определена по методите на Demirjian и Willems.

Хипотеза 2. Полът влияе на хронологична възраст, както и на зъбната възраст, определена по методите на Demirjian и Willems.

Хипотеза 3. Съществуват корелационни зависимости между хронологичната възраст, зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems общо и по пол.

ХИПОТЕЗА 4. Съществуват корелационни зависимости между зъбната възраст, отчетена по методите на Demirjian и Willems и костната възраст, определена по метода на Lamparski и Baccetti.

Хипотеза 5. Предполага се, че оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска хронологична и зъбна възраст, а при момичетата съответстват на по-висока хронологична и зъбна възраст съобразно критериите, определени по метода на Björk.

Хипотеза 6. Съществува връзка между костната възраст и развитието на фалангите по етапи, определено по метода на Björk.

III. ИЗЛОЖЕНИЕ

3.1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

- **Материал**

Обект на изследването на настоящия дисертационен труд са 52 деца. Материалите, които използвахме, са рентгенографии на пациенти на студенти и специализанти в Факултет по дентална медицина София и Пловдив, Катедра по ортодонтия, използвани за диагностика и планиране на ортодонтско лечение.

Изследването е ретроспективно: използвани са рентгенографии, направени по клинични показания за диагностика и планиране на ортодонтско лечение, и нито едно дете не е облъчвано допълнително за целите на проучването.

Критериите за включване в проучването на децата са:
1. Хронологична възраст 7 – 12 години,
2. Смесено до ранно постоянно съзъбие,
3. Без придружаващи системни заболявания,
4. Без хиподонтия и/или екстракции на постоянни зъби в долна челюст.

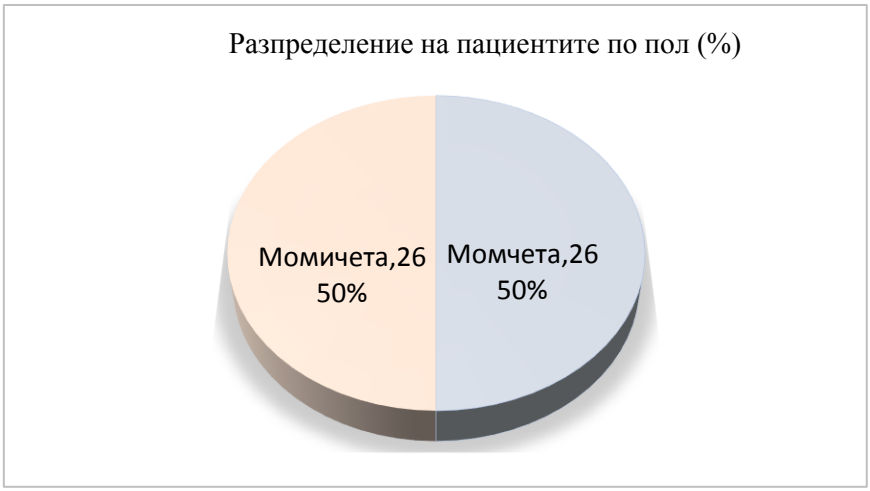
Всички изследвани ортопантомографии (ОПГ), телерентгенографии (ТРГ) и рентгенографии на ръка и китка – общо 52 на брой са дигитални. Образната диагностика се извърши с апарат Planmeca Promax 3D Mid (Planmeca OY, Asentajankatu 6, FIN-00880 Helsinki, Finland). Експозиция – ОПГ време 16 sec, 1-16 mA, 60-84 KV, ТРГ 6.7-10.5 sec, 1-16 mA, 60-84 kV. Визуализацията на рентгеновите снимки е реализирана с помощта на ROMEXIS software, позволяващ уголемяване на образа при необходимост.

В настоящия дисертационен труд са изследвани 52 ортопантомографии, 52 телерентгенографии и 52 рентгенографии на ръка и китка на деца в смесено до ранно постоянно съзъбие, от които 26 (50.0%) са момчета и 26 (50.0%) момичета.

3.1.1 Материал и методика по задача 1

- **Прилагане на методите (Demirjian, Willems) за оценка на зъбна възраст.**

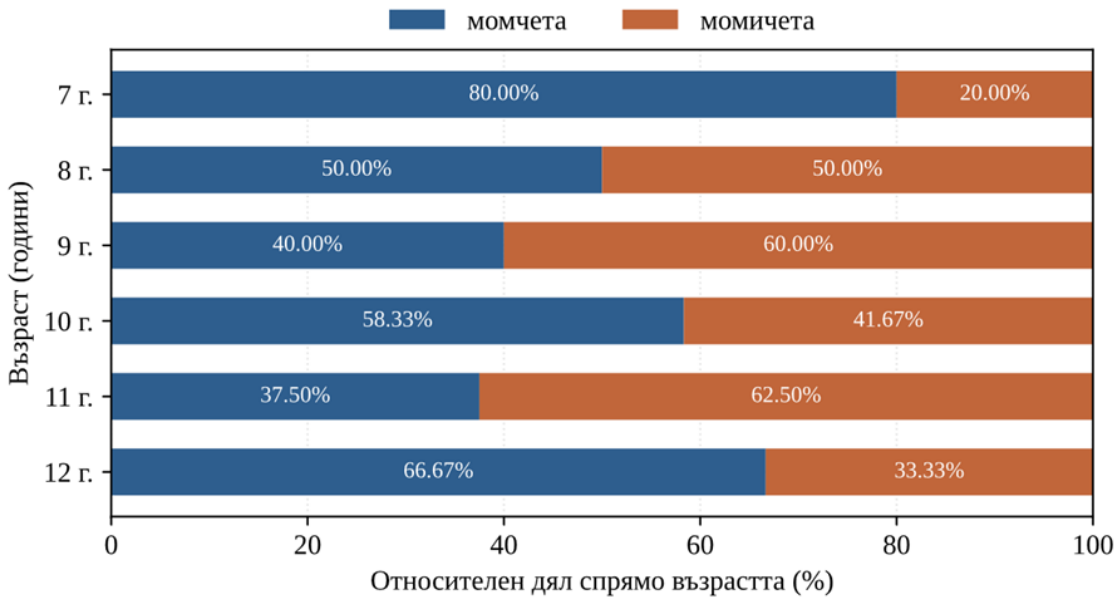
В изпълнение на първа задача бяха изследвани 52 ортопантомографии на деца в смесено до ранно постоянно съзъбие на възраст 7.00–12.89 години, от които 26 (50.0%) са момчета и 26 (50.0%) – момичета (Фиг.13).



Фигура 13: Разпределение на изследваните лица по пол (%)

Таблица 4. Разпределение на изследваните лица по хронологична възраст (в години)

Години	Брой	Отн. дял (%)
7 г.	5	9.62%
8 г.	6	11.54%
9 г.	10	19.23%
10 г.	12	23.08%
11 г.	16	30.77%
12 г.	3	5.77%
Общо	52	100.0



Фигура 14: Възрастово-полова структура на извадката в процентно съотношение

Таблица 5. Дескриптивна статистика на хронологичната възраст на пациентите

Показатели	Общо	Момчета	Момичета
N	52	26	26
Средна стойност	10.21	10.03	10.39
Стандартна грешка	0.19	0.29	0.24
Медиана	10.33	10.21	10.48
Мода	11.00	11.00	11.32
Станд. отклонение	1.37	1.50	1.23
Размах	5.89	5.89	4.43
Минимум	7.00	7.00	7.87
Максимум	12.89	12.89	12.30

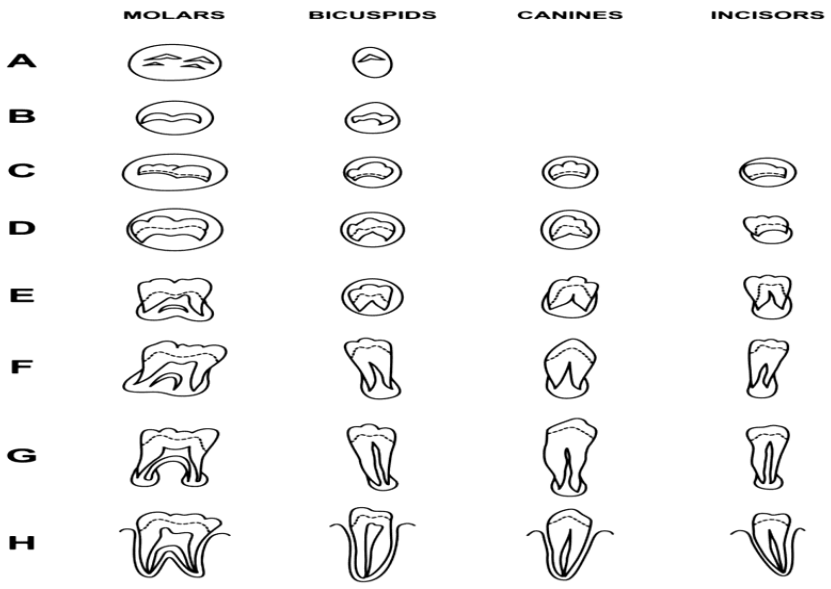
Средната хронологична възраст (ХВ) общо на 52-те деца възлиза на 10.21±1.37 години. Най-малкият участник е на 7.00 години, а най-големият е на 12.89 години. Средната хронологична възраст на момчетата е 10.03±1.50 години, като най-малкото момче е на 7.00 години, а най-голямото е на 12.89 години. Средната хронологична възраст на момичетата е 10.39±1.23 години, като най-малкото момиче е на 7.87 години, а най-голямото е на 12.30 години.

- **Методика по задача 1**

Изчисляване на хронологичната възраст на изследваните лица се определя като разлика между изваждане на датата на раждане и датата на провеждане на рентгеновото изследване с точността на годините, месеците и дните, които е живял.

Оценка на зъбната възраст, степента на минерализация на зъбите са определени по методите на Demirjian et al. (1973) и Willems et al. (2001) на дигитални Ортопантомографии.

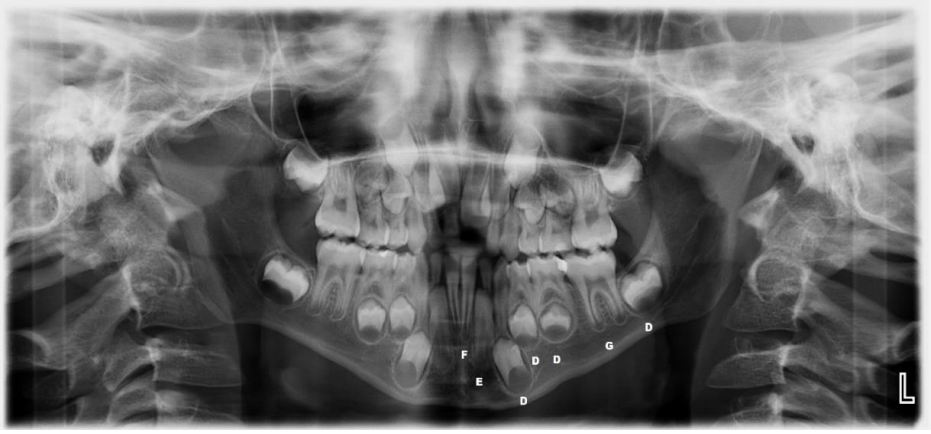
На ортопантомография се оценява степента на развитие и минерализация на постоянните зъби в левия долно-челюстен квадрант от централния резец до втория молар. Методът на Demirjian е разгледан в три стъпки. В първата стъпка се определя етапът на развитие на всеки зъб според критериите.



Фигура 15: Етапите на развитие на зъбите представени от Demirjian et al.

Таблица 6. Описание на степента на развитие на постоянни зъби и зародишите в стадии A до H и критериите за достигането им.

A	В горната част на криптата се наблюдава начален етап на калцификация под формата на конусни образувания. Липсва сливане между тези калцифицирани участъци.
B	Сливането на калцифицираните зони води до формиране на една или няколко туберкула което придава на оклузалната повърхност правилно очертани контури.
C	А) Формирането на емайла и дентината е напълно завършено в областта на оклузалната повърхност, като двата тъкани конвергират в цервикалната зона. Б) Наблюдава се отлагане на коронарен дентин. В) Контурът на пулпната камера в оклузалната ѝ част има дъговидна (извита) форма.
D	А) Формирането на короната е завършено до нивото на циментоемалевата граница. Б) Горната граница на пулпната камера при еднокореновите зъби има ясно изразена извита форма; проекцията на пулпените рога ѝ придава форма, наподобяваща чадър. При моларите пулпната камера има трапецовидна форма. В) Началото на кореновото формиране се наблюдава под формата на шиповидна структура.
E	Еднокореновите зъби: А) Стените на пулпната камера формират праволинейни очертания, чиято непрекъснатост се прекъсва от пулпния рог. Б) Дължината на корена е по-малка от височината на короната. При Моларите: А) Началото на радикулярната бифуркация се наблюдава под формата на калцифицирана точка или полулунна форма. Б) Дължината на корените е по-малка от височината на короната.
F	Еднокоренови зъби. А) Формата на стените на пулпната камера е на равнобедрен триъгълник. Апексът завършва с фунийовидна форма. Б) Дължината на корена е равна на или по-голяма от височината на зъбната корона. При моларите. А) Бифуркацията е развита до степен, която придава на корените отчетлив контур с фунийовидни окончания. Б) Дължината на корените е равна на или по-голяма от височината на зъбната корона.
G	Стените на кореновия канал са вече паралелни, а апикалният му край е частично отворен (дистален корен при молар).
H	А) Апикалният край на кореновия канал е напълно затворен. Б) Пародонталната мембрана има равномерна ширина около корена и апекса.



Фигура 16: Степен на оценка на зъбна възраст на постоянни зъби в долен ляв квадрант в различни стадии на калцификация в ранно-смесено съзъбие.

Таблица 7. Оценяване на етапите на развитие на зъбите при момчета по метода на Demirjian et al.

Стадии / ЗЪБИ	31	32	33	34	35	36	37
A	-	-	-	-	1.7	-	2.1
B	-	-	-	0.0	3.1	-	3.5
C	-	0.0	0.0	3.4	5.4	0.0	5.9
D	0.0	3.2	3.5	7.0	9.7	8.0	10.1
E	1.9	5.2	7.9	11.0	12.0	9.6	12.5
F	4.1	7.8	10.0	12.3	12.8	12.3	13.2
G	8.2	11.7	11.0	12.7	13.2	17.0	13.6
H	11.8	13.7	11.9	13.5	14.4	19.3	15.4

Таблица 8. Оценяване на етапите на развитие на зъбите при момичета по метода на Demirjian et al.

Стадии / ЗЪБИ	31	32	33	34	35	36	37
A	-				1.8		2.7
B	-			0.0	3.4		3.9
C	-	0.0	0.0	3.7	6.5	0.0	6.9
D	0.0	3.2	3.8	7.5	10.6	4.5	11.1
E	2.4	5.6	7.3	11.8	12.7	6.2	13.5
F	5.1	8.0	10.3	13.1	13.5	9.0	14.2
G	9.3	12.2	11.6	13.4	13.8	14.0	14.5
H	12.9	14.2	12.4	14.1	14.6	16.2	15.6

Сборът от матурационните точки на седемте долночелюстни постоянни зъба в левия квадрант се превръща в зъбната възраст на изследваното лице. Получената сума в съответната зъбна възраст се осъществява чрез прилагането на стандартизирани таблици диференцирани по пол, разработени от Demirjian и съавт.

Таблица 9. Оценка на зъбната възраст при момчета по метода на Demirjian et al.

Age	Score	Age	Score	Age	Score	Age	Score
Boys							
7,0	74,3	9,0	87,4	11,0	94,4	13,0	97,6
7,1	75,1	9,1	87,9	11,1	94,6	13,1	97,7
7,2	76,0	9,2	88,4	11,2	94,8	13,2	97,8
7,3	76,7	9,3	88,8	11,3	95,0	13,3	97,9
7,4	77,5	9,4	89,2	11,4	95,2	13,4	98,0
7,5	78,3	9,5	89,7	11,5	95,4	13,5	98,0
7,6	79,0	9,6	90,1	11,6	95,6	13,6	98,1
7,7	79,7	9,7	90,4	11,7	95,8	13,7	98,2
7,8	80,4	9,8	90,8	11,8	96,0	13,8	98,3
7,9	81,1	9,9	91,2	11,9	96,1	13,9	98,4
8,0	81,8	10,0	91,5	12,0	96,3		
8,1	82,4	10,1	91,9	12,1	96,4		
8,2	83,1	10,2	92,2	12,2	96,6		
8,3	83,7	10,3	92,5	12,3	96,7		
8,4	84,3	10,4	92,8	12,4	96,9		
8,5	84,8	10,5	93,1	12,5	97,0		
8,6	85,4	10,6	93,4	12,6	97,1		
8,7	85,9	10,7	93,6	12,7	97,2		
8,8	86,4	10,8	93,9	12,8	97,4		
8,9	86,9	10,9	94,1	12,9	97,5		

Таблица 10. Оценка на зъбната възраст при момичета по метода на Demirjian et al.

Girls							
7,0	76,3	9,0	90,6	11,0	96,6	13,0	98,8
7,1	77,3	9,1	91,0	11,1	96,8	13,1	98,9
7,2	78,2	9,2	91,5	11,2	97,0	13,2	99,0
7,3	79,2	9,3	91,9	11,3	97,1	13,3	99,0
7,4	80,0	9,4	92,3	11,4	97,3	13,4	99,1
7,5	80,9	9,5	92,7	11,5	97,4	13,5	99,1
7,6	81,7	9,6	93,0	11,6	97,6	13,6	99,2
7,7	82,5	9,7	93,4	11,7	97,7	13,7	99,2
7,8	83,3	9,8	93,7	11,8	97,8	13,8	99,3
7,9	84,1	9,9	94,0	11,9	97,9	13,9	99,3
8,0	84,8	10,0	94,3	12,0	98,0		
8,1	85,5	10,1	94,6	12,1	98,1		
8,2	86,1	10,2	94,9	12,2	98,2		
8,3	86,8	10,3	95,1	12,3	98,3		
8,4	87,4	10,4	95,4	12,4	98,4		
8,5	88,0	10,5	95,6	12,5	98,5		
8,6	88,6	10,6	95,9	12,6	98,6		
8,7	89,1	10,7	96,1	12,7	98,6		
8,8	89,6	10,8	96,3	12,8	98,7		
8,9	90,1	10,9	96,5	12,9	98,8		

През 2001 г. Willems и съавт. модифицират метода на Demirjian, като запазват критериите определящи степента на развитие и минерализация на постоянните зъби в левия долно-челюстен квадрант от централния резец до втория молар в стадии А до Н.

Оценката за зрялост на всеки зъб, кореспондира във възрастови точки, които след сумиране ни дават зъбната възраст.

Таблица 11. Оценяване на етапите на развитие на зъбите кореспондира във възрастови точки при момчета по метода на Willems et al.

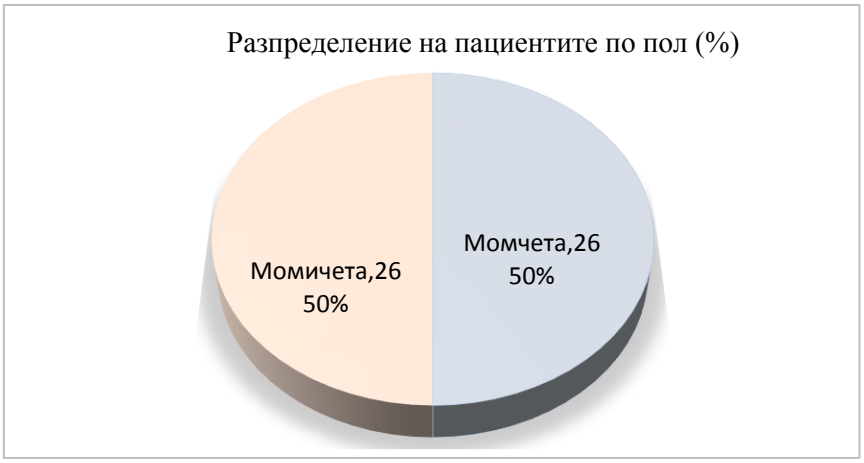
Стадии / ЗЪБИ	31	32	33	34	35	36	37
A	0	0	0	0.15	0.08	0	0.18
B	0	0	0	0.56	0.05	0	0.48
C	1.68	0.55	0	0.75	0.12	0	0.71
D	1.49	0.63	0.04	1.11	0.27	0.69	0.8
E	1.5	0.74	0.31	1.48	0.33	1.14	1.31
F	1.86	1.08	0.47	2.03	0.45	1.6	2
G	2.07	1.32	1.09	2.43	0.4	1.95	2.48
H	2.19	1.64	1.9	2.83	1.15	2.15	4.17

Таблица 12. Оценяване на етапите на развитие на зъбите кореспондираща във възрастови точки при момичета по метода на Willems et al.

Стадии / ЗЪБИ	31	32	33	34	35	36	37
A	0	0	0	-0.95	-0.19	0	0.14
B	0	0	0	-0.15	0.01	0	0.11
C	1.83	0	0.6	0.16	0.27	0	0.21
D	2.19	0.29	0.54	0.41	0.17	0.62	0.32
E	2.34	0.32	0.62	0.6	0.35	0.9	0.66
F	2.82	0.49	1.08	1.27	0.35	1.56	1.28
G	3.19	0.79	1.72	1.58	0.55	1.82	2.09
H	3.14	0.7	2	2.19	1.51	2.21	4.04

3.1.2 Материал и методика по задача 2

В изпълнение на втора задача бяха извършени изследвания на 52 телерентгенографии, от тях 50.0% са момчета и 50.0% са момичета. Костната възраст на профила телерентгенография се оценява по метода на Lamparski и Baccetti.



Фигура 17: Разпределение на изследваните лица по пол (%)

Таблица 13. Разпределение на изследваните лица по стадии съгласно методиката на Lamparski

Стадий	Брой	Отн. дял (%)
Преди CS1	10	19.23
CS1	17	32.69
CS2	17	32.69
CS3	6	11.54
CS4	1	1.92
CS5	1	1.92
Общо	**52**	**100.00**

Таблица 14. Кростаблица на двумерното разпределение по пол и стадии по метода на Lamparski

		Пол		Общо
		момче	Момиче	
Преди CS1	Брой	7	3	10
	% от стадия	70.00%	30.00%	100.00%
	% от пола	26.92%	11.54%	19.23%
	% от общо	13.46%	5.77%	19.23%
CS1	Брой	10	7	17
	% от стадия	58.82%	41.18%	100.00%
	% от пола	38.46%	26.92%	32.69%
	% от общо	19.23%	13.46%	32.69%
CS2	Брой	7	10	17
	% от стадия	41.18%	58.82%	100.00%
	% от пола	26.92%	38.46%	32.69%
	% от общо	13.46%	19.23%	32.69%
CS3	Брой	2	4	6
	% от стадия	33.33%	66.67%	100.00%
	% от пола	7.69%	15.38%	11.54%
	% от общо	3.85%	7.69%	11.54%
CS4	Брой	0	1	1
	% от стадия	0.00%	100.00%	100.00%
	% от пола	0.00%	3.85%	1.92%
	% от общо	0.00%	1.92%	1.92%
CS5	Брой	0	1	1
	% от стадия	0.00%	100.00%	100.00%
	% от пола	0.00%	3.85%	1.92%
	% от общо	0.00%	1.92%	1.92%

Таблица 15. Разпределение на изследваните лица по стадии съгласно методиката Baccetti

Стадий	**Брой**	**Отн. дял (%)**
Преди CS1	10	19.23
CS1	17	32.69
CS2	17	32.69
CS3	6	11.54
CS4	2	3.85
Общо	**52**	**100.00**

Таблица 16. Кростаблица на двумерното разпределение по пол и стадии по метода на Baccetti

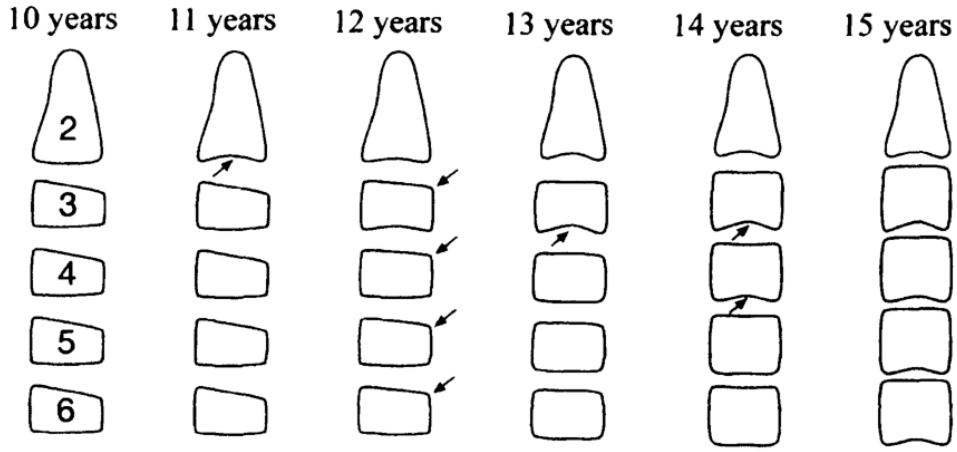
		Пол		
		Момче	момиче	Общо
Преди CS1	Брой	7	3	10
	% от стадия	70.00%	30.00%	100.00%
	% от пола	26.92%	11.54%	19.23%
	% от общо	13.46%	5.77%	19.23%
CS1	Брой	10	7	17
	% от стадия	58.82%	41.18%	100.00%
	% от пола	38.46%	26.92%	32.69%
	% от общо	19.23%	13.46%	32.69%
CS2	Брой	7	10	17
	% от стадия	41.18%	58.82%	100.00%
	% от пола	26.92%	38.46%	32.69%
	% от общо	13.46%	19.23%	32.69%
CS3	Брой	2	4	6
	% от стадия	33.33%	66.67%	100.00%
	% от пола	7.69%	15.38%	11.54%
	% от общо	3.85%	7.69%	11.54%
CS4	Брой	0	2	2
	% от стадия	0.00%	100.00%	100.00%
	% от пола	0.00%	7.69%	3.85%
	% от общо	0.00%	3.85%	3.85%

- **Методика по задача 2**

Методите по измерванията върху латералните телерентгенографии бяха извършени ръчно върху ацетатна цефалометрична хартия (паус) с размери 230 x 254 mm, като се използва графитен молив с дебелина 0,5 mm, цефалометричен транспортир и негатоскоп. Манипулациите се проведоха в затъмнена среда с цел повишаване на контраста и подобряване на прецизността при локализиране и означаване на анатомичните ориентири.

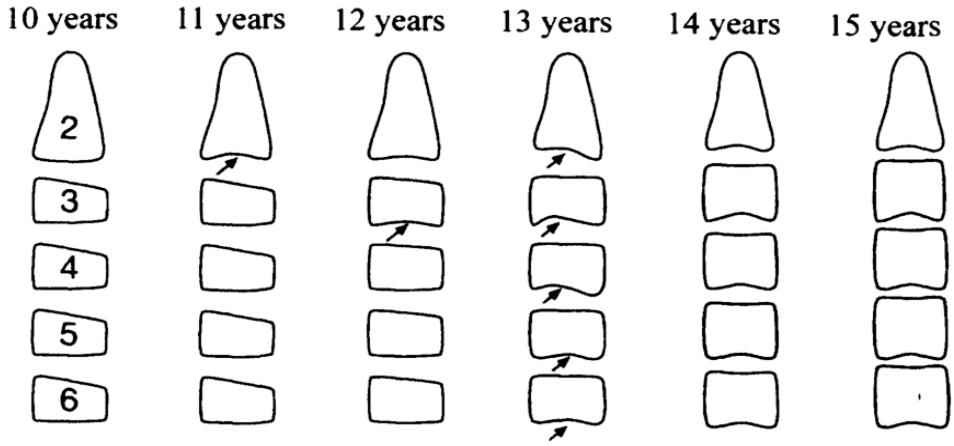
С цел контролиране на възможни измервателни грешки, след интервал от 10 дни беше извършено повторно измерване на същите телерентгенографии. Анализът беше осъществен от същия изследовател, при стриктно спазване на предварително установения протокол за цефалометричен анализ на телерентгенографии в странична проекция.

Съществуват общо шест стадия на цервикално съзряване, които са представени схематично във фигури. В първоначалното описание на метода от 1972 г., Lamparski дефинира тези етапи чрез морфологичната оценка на шийните прешлени от C2 до C6, като ги включва като основни диагностични ориентири в процеса на определяне на костната зрелост.



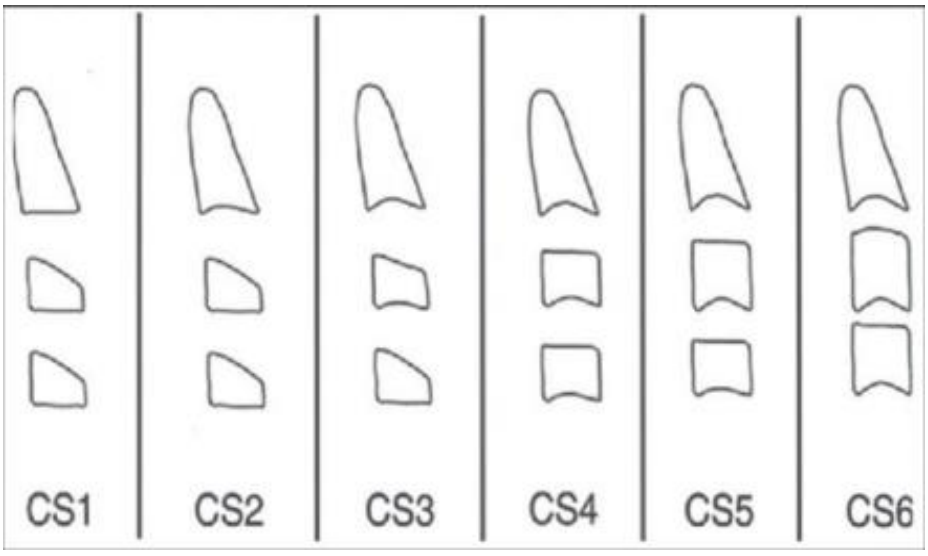
Фигура 18: Стандартите на Lamparski за зрелост на шийни прешлени при момчета. (Адаптирано по Lamparski и Nanda, 2002)

- Етап 1 (възраст 10 години): Всички долни повърхности на телата на прешлените са плоски. Горните им повърхности се скосяват отзад напред.
- Етап 2 (възраст 11 години): По долната повърхност на C2 наличие на конкавитет.
- Етап 3 (възраст 12 години): Наличие на конкавитет по долна повърхност на C3. Наблюдава се увеличение във вертикална височината на предните части на телата C3 до C6
- Етап 4 (възраст 13 години): Телата на шийни прешлени от C3 до C6 са правоъгълни по форма. Конкавитет по долна повърхност на C2 и C3 е по изразена.
- Етап 5 (възраст 14 години): Телата на прешлените са почти квадратни по форма, междупрешленните пространства на C3 и C4 са видимо стеснени. В този етап конкавитет по долните повърхности на C3 и C4 прешлена са ясно изразени.
- Етап 6 (възраст 15 години): Телата на всички шийни прешлени показват увеличена вертикална височина, долните повърхности на телата C2 до C6 са по изразени.



Фигура 19: Стандартите на Lamparski за зрелост на шийни прешлени при момичета. (Адаптирано по Lamparski и Nanda, 2002)

- Етап 1 (възраст 10 години): Всички долни повърхности на телата на прешлените са плоски. Горните им повърхности се скосяват отзад напред.
- Етап 2 (възраст 11 години): По долната повърхност на С2 се появява конкавитет.
- Етап 3 (възраст 12 години): Наличие на конкавитет по долна повърхност на С2 и С3.
- Етап 4 (възраст 13 години): Конкавитет по долна повърхност на С2 до С6 са по изразени. Наблюдава се увеличение във вертикална височината на предните части на телата С3 до С6
- Етап 5 (възраст 14 години): Телата на прешлените са почти квадратни по форма, а междупрешленните пространства са видимо стеснени. В този етап конкавитетите по долните повърхности на всички оценявани прешлени (С2–С6) са ясно изразени.
- Етап 6 (възраст 15 години): Телата на всички шийни прешлени С3 до С6 показват увеличена вертикална височина.



Фигура 20: Стандартите на Baccetti за зрелост на шийни прешлени

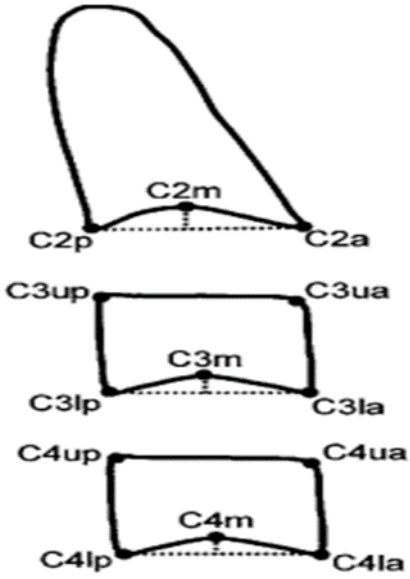
През 2005г. авторите представят допълнително усъвършенстване чрез шестстепенен метод за оценка на съзряването на шийните прешлени (CVM).

Този по-практичен подход позволява по-пряка оценка на връзката между шийното съзряване и пикът на долночелюстен растеж.

Шест стадия на съзряване на шийните прешлени могат да бъдат определени въз основа на морфологичните характеристики на прешлени C2, C3 и C4. Първата стъпка в анализа включва оценка на долния контур на телата на тези три прешлена.

- CS 1: Долната повърхност на телата на всички шийни прешлени C2,C3,C4 са плоски без наличие на конкавитетна извивка и трапецовидна форма. Пикът на долночелюстен растеж ще настъпи средно след 2 години.
- CS 2: Наблюдава се начална поява на конкавитетна извивка на долната повърхност на C2. C3 и C4 са с трапецовидна форма. Пикът на долночелюстен растеж ще настъпи средно след 1 година.
- CS 3: По долните повърхности на C2 и C3 са налични конкавитетни извивки, телата на C3 и C4 може да са трапецовидни или правоъгълни. Пикът на растежа на долната челюст настъпва през годината след този стадий.
- CS 4: Долните повърхности на C2, C3,C4 са конкавни, телата на C3 и C4 са правоъгълни по форма. Пикът на долночелюстен растеж е настъпил 1 или 2 години преди този стадий.
- CS 5: Долните повърхности на C2, C3, C4 са конкавни, телата поне на едно от телата на C3 и C4 е квадратно по форма. Пикът на растеж е отминал поне 1 година преди този стадий.
- CS 6: Долните повърхности на C2, C3, C4 са конкавни, поне едно от телата на C3 и C4 е с правоъгълна форма и по-висок вертикален размер. Пикът на растеж е отминал поне 2 години преди този стадий.

CS 1 и CS 2 отговарят на препубертетен период, CS 3 и CS 4 – пик на пубертетния период CS 5 и CS 6 – на следпубертетен етап.



т. C2p, C2m, C2a: Най-задната, дълбоката и предната точка съответно по долната граница на втори шиен прешлен.
т. C3up, C3ua: Най-горните точки в задната и предна граница на тялото на прешлена C3.
т. C3lp, C3m, C3la: Най-задната, дълбоката и предната точка съответно по долната граница на C3.
т. C4up, C4ua: Най-горните точки в задната и предна граница на тялото на прешлена C4.
т. C4lp, C4m, C4la: Най-задната, дълбоката и предната точка съответно по долната граница на C4.

Фигура 21: Морфологични промени на шийните прешлени определящи оценка на скелетната възраст в странична цефалометрия

3.1.3. Материал и методика по задача 3

За изпълнение на третата задача на същите ортопантомографии и профилни телерентгенографии на нашия контингент бяха изследвани връзките между методите на зъбната възраст по метода на Demirjian и Willems, костната възраст по метода на Lamparski и Baccetti. Изследвахме следните корелации:

- Връзка между зъбната възраст, отчетена по метода на Demirjian и костната възраст, определена по метода на Lamparski;
- Връзка между зъбната възраст, отчетена по метода на Willems и костната възраст, определена по метода на Lamparski;
- Връзка между зъбната възраст, отчетена по метода на Demirjian и костната възраст, определена по метода на Baccetti;
- Връзка между зъбната възраст, отчетена по метода на Willems и костната възраст, определена по метода на Baccetti;

В четирите случая е приложен дисперсионен анализ (ANOVA Test) относно категорийната променлива за костна възраст и количествената променлива, отчитаща зъбната възраст.

3.1.4 Материал и методика по задача 4

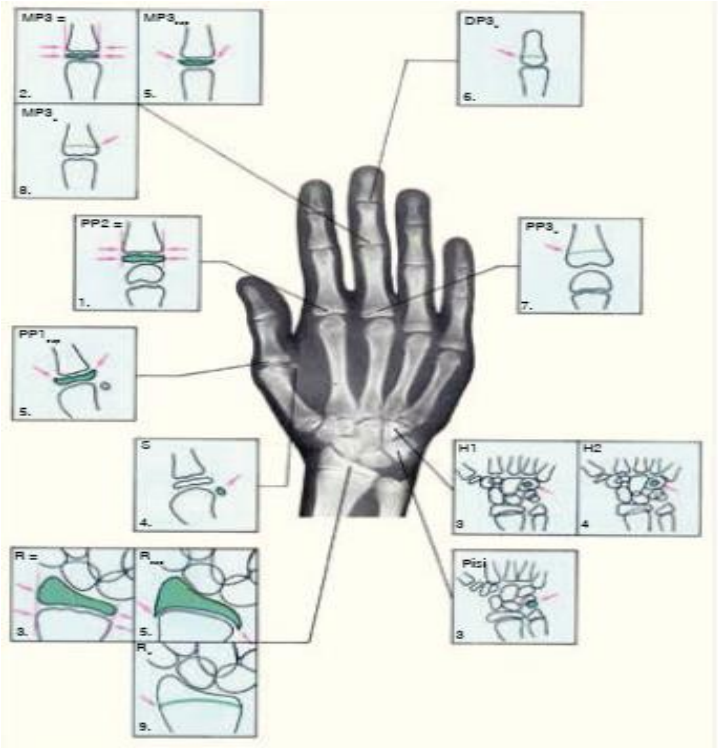
В изпълнение на четвъртата задача бяха извършени изследвания на 52 рентгенографии на ръка и китка на пациенти, от тях 50.0% са момчета и 50.0% са момичета. Костната възраст на рентгенография на ръка и китка се оценява по метода на Björk, Grave и Brown.

- **Методика по задача 4**

По четвъртата задача бяха начертани ръчно 52 рентгенографии на ръка и китка върху ацетатна цефалометрична хартия (паус) с размери 230 x 254 mm, като използвахме графитен молив с дебелина 0,5 mm, цефалометричен транспортир и негативоскоп.

През 1972 г. Björk разработва за първи път метод за оценка на скелетната възраст по матурация на ръка и китка, а през 1976 г. Grave и Brown го модифицират. Предложена схема за оценка на скелетна възраст по матурация на ръка и китка, като изследва динамиката в осификацията на различни точки на фалангите, костите на китката и радиуса на лявата ръка.

Изследвахме динамиката в осификацията на различни точки на фалангите, в костите на китката и в радиуса.



Фигура 22: Стадии на осификация на ръка и китка по метода на Björk

Съотношението между епифизата и диафизата се анализира в три различни стадия на развитие:

1. Епифизата достига същата ширина като диафизата;
2. Епифизата обхваща диафизата- стадий на капа (каскет)
3. Сливане на епифизата с диафизата

Предпиков период- Епифизата достига същата ширина като диафизата

- **Стадий PP2** – епифизата на първата фаланга на показалеца е равна на диафизата. Това е 3 години преди пика на пубертетния растеж.Средно 8.1 години за момичета и 10.6 години за момчета.
- **Стадий MP3** – епифизата на средната фаланга на средния пръст е равна на диафизата. Близък е до стадий S и върха на пубертетния растеж. Средно 8.1 години за момичета и 12 години за момчета.
- **Стадий Pisi, H1, R**- Начална минерализация на Hamulus ossis Hamati и Radius. Средно 9.6 години за момичета и 12.6 години за момчета.
- **Стадий S, H2**- Поява на сезамовидната кост срещу вътрешната страна на диафизата на първата фаланга на палеца. Това е началото на пика на пубертетния растеж или малко преди него. Средно 10.6 години за момичета и 13 години за момчета.

Пик на пубертетния растеж- Епифизата обхваща диафизата- стадий на капа

- **Стадий MP3cap**: епифизата обхваща като капа диафизата на втората фаланга на средния пръст. Приема се, че отговаря на върха на пубертетния растеж или една година след него.
- **Стадий PP1cap**: Епифизата на първата фаланга на палеца обхваща като капа диафизата. Съответства на върха на пубертетния растеж.
- **Стадий Rcap**: Епифизата обхваща като капа диафизата на Radius. Средно 11 години за момичета и 14 години за момчета.

Преминал пик на пубертетния растеж и сливане на епифиза с диафиза

- **Стадий DP3u** – сливане на епифизата и диафизата на третата фаланга на средния пръст. Показва, че върхът на пубертетния растеж е преминал една-две години след него. Средно 13 години за момичета 15 години за момчета.
- **Стадий PP3u** – сливане на епифизата и диафизата на първата фаланга на средния пръст. Средно 13.3 години за момичета 15.9 години за момчета.
- **Стадий MP3u** – сливане на епифизата на втората фаланга на средния пръст с диафизата се установяват 2-3 години след върха на пубертетния растеж. Средно 13.9 години за момичета и 15.9 години за момчета.
- **Стадий Ru**- сливане на епифизата и диафизата на Radius. Средно 16 години за момичета и 18.3 години за момчета.

3.2. Социологичен метод

За постигане на основната цел и за изпълнение на задачите, поставени пред дисертационния труд, съобразно спецификата на предмета на изследване, са използвани:

- Метод на сравнението (критичен анализ на литературни източници по проблема и сравнение на резултатите в различни проучвания).
- Метод на взаимосвързаното изучаване на отделните елементи и процеси, и количествени методи

3.3. Статистически методи, използвани в дисертацията

Бяха приложени следните статистически методи:

1. Дескриптивна статистика (Descriptive Statistics) – за обобщено представяне на данните чрез абсолютен брой, относителен дял, средна стойност, стандартна грешка, медиана, мода, стандартно отклонение, размах, минимум и максимум.

2. Тест на Шапиро–Уилк (Shapiro–Wilk Test) – за проверка на нормалността на разпределенията и на предпоставките за прилагане на параметрични статистически методи.

3. Т-тест за зависими извадки (Paired Samples T-Test) – за проверка на разликите между хронологичната и зъбната възраст, измерени при едни и същи деца.

4. Рангов тест на Уилкоксън (Wilcoxon Signed-Rank Test) – като непараметрична проверка при сравняване на две свързани измервания.

5. Т-тест за независими извадки (Independent Samples T-Test) – за сравнение на средните стойности на количествените показатели между две независими групи — момчета и момичета.

6. Тест на Ливен, базиран на медианата – Brown–Forsythe – за проверка на равенството на дисперсиите между сравняваните групи. Този вариант е по-устойчив при отклонения от нормалното разпределение и при наличие на екстремни стойности.

7. Тест на Ман–Уитни (Mann–Whitney U Test) – за непараметрично сравнение на разпределенията и средните рангове между две независими групи.

8. **Корелационен анализ на Пирсън (Pearson Correlation)** – за изследване на силата и посоката на линейните зависимости между количествените показатели.

9. **Линеен регресионен анализ (Linear Regression Analysis)** – за количествено описание на установените линейни зависимости и за определяне на дела от вариацията на зависимата променлива, обяснен от независимата променлива.

10. **Рангова корелация на Спирман (Spearman's Rank Correlation)** – за изследване на силата и посоката на монотонните зависимости, включващи ординални променливи, каквито са стадиите на костна и фалангова зрелост.

11. **Еднофакторен дисперсионен анализ (One-Way ANOVA)** – параметричен тест при сравнение на повече от две независими групи.

12. **Тест на Крускал–Уолис (Kruskal–Wallis Test)** – непараметричен тест при сравнение на повече от две независими групи, особено при неравномерна численост на групите и малък брой наблюдения в част от тях.

13. Претеглен коефициент капа на Cohen и вътрешнокласов коефициент на корелация (ICC) – а оценка на възпроизводимостта на повторните разчитания.

Всички статистически проверки са извършени при ниво на значимост **α = 0.05.** Статистическата обработка е извършена със софтуера IBM SPSS Statistics 27.

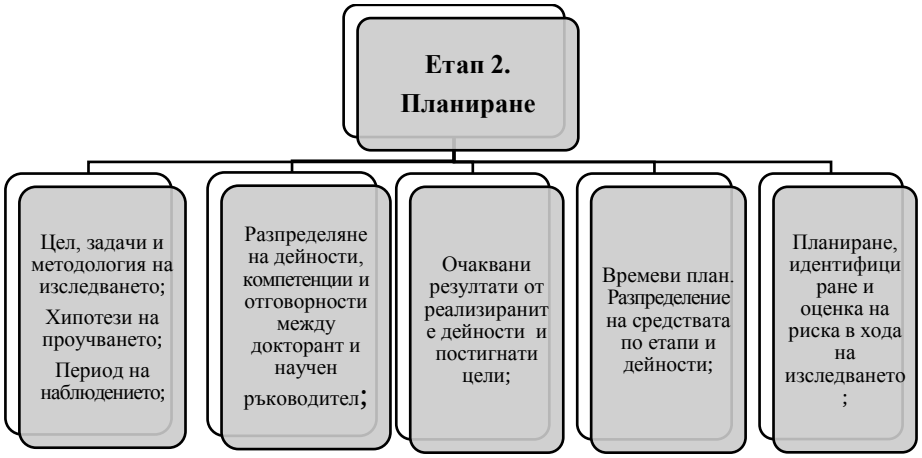
3.4. Администриране на проучването

Схематичното представяне на цялостната организация в провеждане на научното изследване е представено на следващите фигури 23, 24, 25 и 26.

След иницииране на научната теза проучихме българската и чуждестранна научна литература, свързана с разглежданата тематиката, конкретизирахме методологията и дизайна и определихме първоначалните изисквания и ограничения за провеждане на научното проучване.



Фигура 23: Първи етап на администриране на дисертационния труд



Фигура 24: Втори етап на администриране на дисертационния труд

По време на втория етап се определиха целта и задачите на дисертационния труд, работните хипотези, методологията, планиране и разпределяне на дейностите във времето.



Фигура 25: Трети етап на администриране на дисертационния труд

По време на трети етап се извърши изпълнение на дейностите, събиране, обработка и анализ на резултатите от използването на методите за оценка на зъбна и костна възраст на респондентите в изследването.



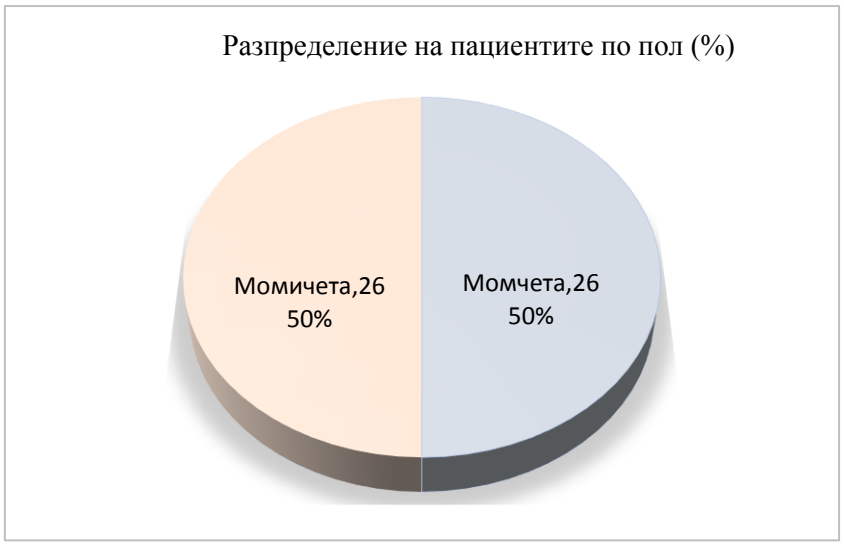
Фигура 26: Четвърти етап на администриране на дисертационния труд

Четвъртият, последен етап на администриране на дисертационния труд включва обработка на окончателните резултати, заключения, изводи и препоръки към специалистите по ортодонтия в страната. Ще могат да се сравнят собствените резултати с резултати от чужди проучвания.

4.1. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 1: АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА ХРОНОЛОГИЧНАТА ВЪЗРАСТ И ЗЪБНАТА ВЪЗРАСТ НА ПАЦИЕНТИТЕ ЧРЕЗ МЕТОДИТЕ НА DEMIRJIAN И WILLEMS

4.1.1 Общ профил на пациентите

Изследвани са 52 ортопантомографии на деца в смесено и постоянно съзъбие, от които 26 (50.0%) са момчета и 26 (50.0%) – момичета (Фиг. 27).

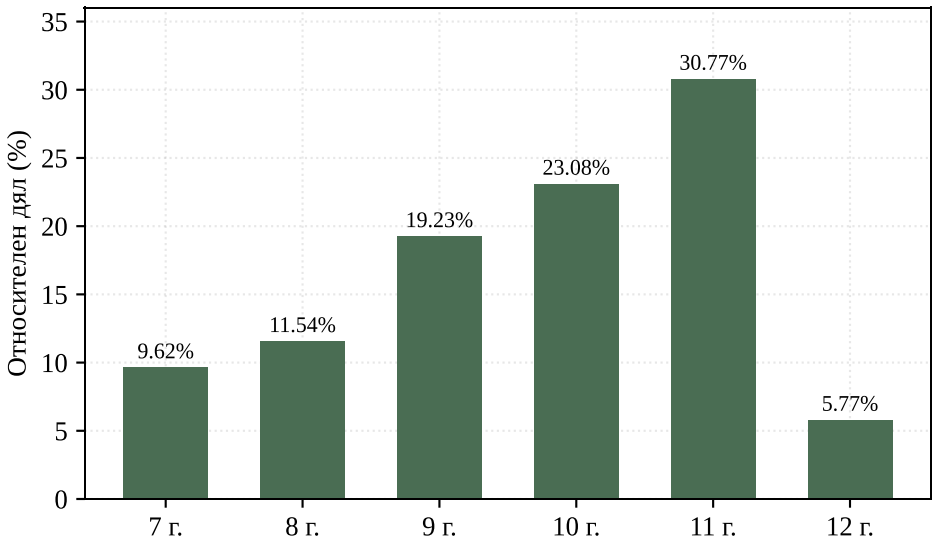


Фигура 27: Разпределение на изследваните лица по пол (%)

Таблица 17. Разпределение на изследваните лица по хронологична възраст (в години)

Години	Брой	Отн. дял (%)
7 г.	5	9.62%
8 г.	6	11.54%
9 г.	10	19.23%
10 г.	12	23.08%
11 г.	16	30.77%
12 г.	3	5.77%
Общо	52	100.0

Най-голяма е групата на 11-годишните – 16 деца (30.77%). На второ място е групата на 10-годишните с 12 деца (23.08%), следвана от 9-годишните – 10 деца (19.23%). На 8 години са 6 деца (11.54%), а на 7 години – 5 деца (9.62%). Най-малка е групата на 12-годишните – само 3 деца (5.77%). Разпределението е представено на Фиг. 28.



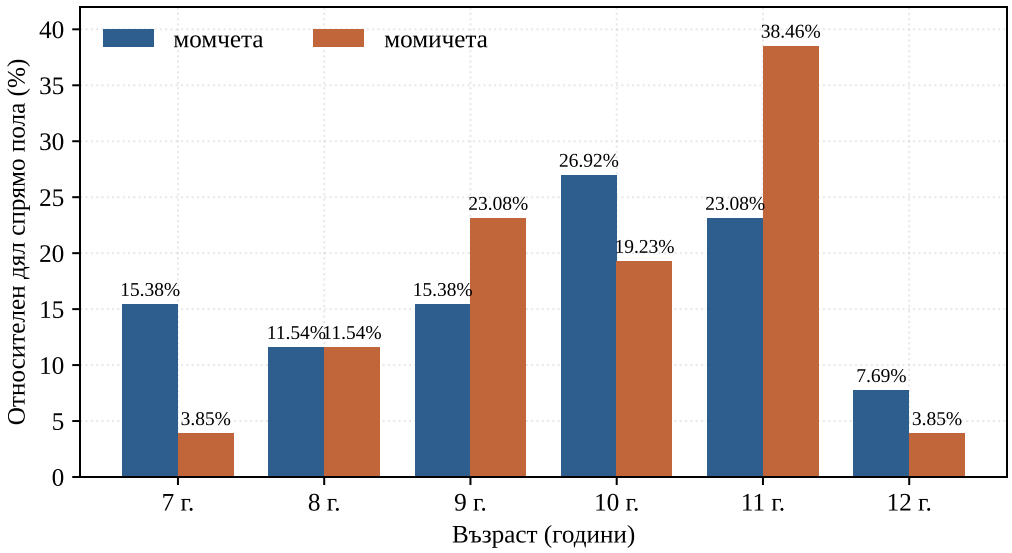
Фигура 28: Разпределение на изследваните лица по възраст (в години)

Таблица 18 представя двумерното разпределение на възрастово-половата структура на извадката. В нея е представено двумерното разпределение в брой, в относителни дялове по възрастова група, по пол и общо от цялата извадка.

Таблица 18. Кростаблица на двумерното разпределение по пол и възраст (години)

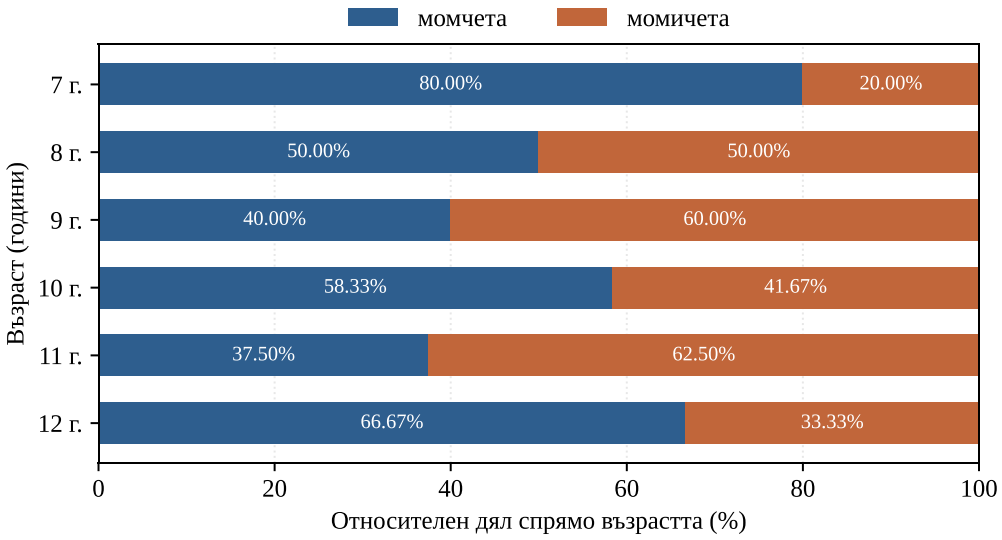
Възраст	Брой/Относителни дялове	Пол		Общо
		момче	момиче	
7 г.	Брой	4	1	5
	% от Възраст (години)	80.00%	20.00%	100.00%
	% от Пол	15.38%	3.85%	9.62%
	% от Общо	7.69%	1.92%	9.62%
8 г.	Брой	3	3	6
	% от Възраст (години)	50.00%	50.00%	100.00%
	% от Пол	11.54%	11.54%	11.54%
	% от Общо	5.77%	5.77%	11.54%
9 г.	Брой	4	6	10
	% от Възраст (години)	40.00%	60.00%	100.00%
	% от Пол	15.38%	23.08%	19.23%
	% от Общо	7.69%	11.54%	19.23%
10 г.	Брой	7	5	12
	% от Възраст (години)	58.33%	41.67%	100.00%
	% от Пол	26.92%	19.23%	23.08%
	% от Общо	13.46%	9.62%	23.08%
11 г.	Брой	6	10	16
	% от Възраст (години)	37.50%	62.50%	100.00%
	% от Пол	23.08%	38.46%	30.77%
	% от Общо	11.54%	19.23%	30.77%
12 г.	Брой	2	1	3
	% от Възраст (години)	66.67%	33.33%	100.00%
	% от Пол	7.69%	3.85%	5.77%
	% от Общо	3.85%	1.92%	5.77%

Фигура 29 представя двумерното разпределение по възраст и пол. Всяка колона показва каква част от съответния пол (26 момчета или 26 момичета) попада в дадената възрастова група, поради което стойностите на всяка серия дават сбор 100%.



Фигура 29: Двумерно разпределение на изследваните лица по възраст (в години) и по пол (относителен дял спрямо пола, %)

Фигура 30 представя възрастово-половата структура на извадката. Всяка лента съответства на една възрастова група и е разделена на дела на момчетата и на момичетата в рамките на тази възраст.



Фигура 30: Възрастово-полова структура на извадката в процентно съотношение

При 7-годишните преобладават момчетата (80.00%), при 8-годишните разпределението е равно (по 50.00%), а при 9 и 11-годишните преобладават момичетата (съответно 60.00% и 62.50%). При 10- и 12-годишните мнозинството отново е на момчетата (58.33% и 66.67%).

Таблица 19. Дескриптивна статистика на хронологичната възраст на пациентите (в години)

Показатели	Общо	Момчета	Момичета
N	52	26	26
Средна стойност	10.21	10.03	10.39
Стандартна грешка	0.19	0.29	0.24
Медиана	10.33	10.21	10.48
Мода	11.00	11.00	11.32
Станд. отклонение	1.37	1.50	1.23
Размах	5.89	5.89	4.43
Минимум	7.00	7.00	7.87
Максимум	12.89	12.89	12.30

Средната хронологична възраст (ХВ) общо на 52-те деца възлиза на 10.21±1.37 години. Най-малкият участник е на 7.00 години, а най-големият – на 12.89 години. Средната хронологична възраст на момчетата е 10.03±1.50 години, като най-малкото момче е на 7.00 години, а най-голямото – на 12.89 години. Средната хронологична възраст на момичетата е 10.39±1.23 години, като най-малкото момиче е на 7.87 години, а най-голямото – на 12.30 години.

4.1.2. Изследване на разликите между хронологичната възраст и зъбната възраст на пациентите по методите на Demirjian и Willems

Таблица 20. Дескриптивна статистика на хронологичната възраст и зъбната възраст на пациентите съгласно методиките на Demirjian и Willems (в години)

Показател	**Брой**	**Средна стойност**	**Ст. грешка**	**Медиана**	**Мода**	**Ст. откл.**	**Размах**	**Мин.**	**Макс.**
Хронологична възраст	52	10.21	0.19	10.33	11.00	1.37	5.89	7.00	12.89
Зъбна възраст Demirjian	52	10.15	0.22	10.25	11.00	1.56	7.42	7.00	14.42
Зъбна възраст Willems	52	10.64	0.25	10.21	9.08	1.83	8.17	7.50	15.67

Средната зъбна възраст по Demirjian общо на 52-те деца е 10.15±1.56 години. Най-малката стойност е 7.00 години, а най-голямата – 14.42 години.

Средната зъбна възраст по Willems е 10.64±1.83 години. Най-малката стойност е 7.50 години, а най-голямата – 15.67 години.

Прилагайки статистическия метод Т-тест за зависими извадки (Paired Samples T-Test) е направена проверка на хипотезите за статистически значими разлики на средната хронологична възраст съответно с всяка от средните зъбни възрасти, определени по методиките на Demirjian и Willems. Получените резултати са представени в следващата таблица.

Таблица 21. Резултати от Paired Samples T-Test

Двойка	Раз-лика средни	Станд. Откл.	Станд. Грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	t	Сте-пени на свобода	Значи-мост p
Хронологична – Demirjian	0.06	1.11	0.15	-0.25	0.36	0.36	51	0.723
Хронологична – Willems	-0.43	1.32	0.18	-0.80	-0.07	-2.37	51	0.022

Разликата между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст по Demirjian е 0.06 години (около 3 седмици). За нея характеристиката $t = 0.36$ е с ниво на значимост $p = 0.723 > \alpha = 0.05$, което показва, че тази разлика **не е статистически значима.**

Разликата между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст по Willems е 0.43 години (около 5 месеца). За нея характеристиката $t = -2.37$ е с ниво на значимост $p = 0.022 < \alpha = 0.05$, т.е. по параметричния критерий разликата **е статистически значима.**

Следователно ХИПОТЕЗА 1 се подкрепя частично: не се установява статистически значима разлика между хронологичната възраст и зъбната възраст по Demirjian, докато зъбната възраст по Willems е статистически значимо по-висока от хронологичната възраст.

Момчета: дескриптивна статистика.

Таблица 22. Дескриптивна статистика на хронологичната възраст и зъбната възраст съгласно методиките на Demirjian и Willems (в години) за момчетата

Показател	N	Средна	Ст. грешка	Медиана	Мода	Ст. откл.	Размах	Мин.	Макс.
Хронологична възраст	26	10.03	0.29	10.21	11.00	1.50	5.89	7.00	12.89
Зъбна възраст Demirjian	26	9.87	0.30	9.83	11.42	1.53	5.42	7.00	12.42
Зъбна възраст Willems	26	10.48	0.33	9.96	9.58	1.70	6.00	7.50	13.50

Средната хронологична възраст за 26-те момчета е 10.03±1.50 години. Най-малкият участник е на 7 години, а най-големият е на 12.89 години.

Средната зъбна възраст по Demirjian е 9.87±1.53 години. Най-малкият участник е на 7 години, а най-големият е на 12.42 години.

Средната зъбна възраст по Willems е 10.48±1.70 години. Най-малкият участник е на 7.50 години, а най-големият е на 13.50 години.

Чрез прилагането на Paired Samples T-Test е направена проверка на хипотезите за статистически значими разлики между средната хронологична възраст и всяка от средните зъбни възрасти по Demirjian и Willems при момчетата. Получените резултати са представени в следващата таблица.

Таблица 23. Резултати от Paired Samples T-Test за момчетата

Двойка	Разлика средни	Станд. Откл.	Станд. грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	T	Степени на свобода	Значимост p
Хронологична – Demirjian	0.16	1.24	0.24	-0.35	0.66	0.64	25	0.526
Хронологична – Willems	-0.45	1.41	0.28	-1.02	0.12	-1.64	25	0.115

Разликата между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст по Demirjian е 0.16 години; t = 0.64 при p = 0.526 > α = 0.05 – разликата не е статистически значима. Разликата спрямо метода на Willems е -0.45 години; t = −1.64 при p = 0.115 > α = 0.05 също не е статистически значима. Следователно за групата на момчетата ХИПОТЕЗА 1 не се потвърждава.

Момичета: дескриптивна статистика.

Таблица 24. Дескриптивна статистика на хронологичната възраст и зъбната възраст съгласно методиките на Demirjian и Willems (в години) за момичетата

Показател	N	Средна	Ст. грешка	Медиана	Мода	Ст. откл.	Размах	Мин.	Макс.
Хронологична възраст	26	10.39	0.24	10.48	11.32	1.23	4.43	7.87	12.30
Зъбна възраст Demirjian	26	10.43	0.31	10.54	8.17	1.57	6.25	8.17	14.42
Зъбна възраст Willems	26	10.80	0.39	10.71	9.08	1.98	7.92	7.75	15.67

Средната хронологична възраст за 26-те момичета е 10.39±1.23 години. Най-малката участничка е на 7.87 години, а най-голямото момиче е на 12.30 години.

Средната зъбна възраст по Demirjian е 10.43±1.57 години. Най-малката участничка е на 8.17 години, а най-голямата на 14.42 години.

Средната зъбна възраст по Willems е 10.80±1.98 години. Най-малката участничка е на 7.75 години, а най-голямата на 15.67 години.

Чрез прилагането на Paired Samples T-Test е направена проверка на хипотезите за статистически значими разлики между средната хронологична възраст и всяка от средните зъбни възрасти по Demirjian и Willems при момичетата. Получените резултати са представени в следващата таблица.

Таблица 25. Резултати от Paired Samples T-Test за момичетата

Двойка	Разлика средни	Станд. Откл.	Станд. грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	t	Степени на свобода	Значимост p
Хронологична – Demirjian	-0.05	0.98	0.19	-0.44	0.35	-0.25	25	0.808
Хронологична – Willems	-0.42	1.26	0.25	-0.92	0.09	-1.69	25	0.104

Разликата между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст по Demirjian е −0.05 години; t = −0.25 при p = 0.808 > α = 0.05 – не е статистически значима.

Разликата спрямо метода на Willems е −0.42 години; t = −1.69 при p = 0.104 > α = 0.05 – също не е статистически значима. Следователно за групата на момичетата ХИПОТЕЗА 1 не се потвърждава.

ХИПОТЕЗА 1: Разликата между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст, определена по Willems, се оказва статистически значима за децата общо (Sig = 0.022), но остава незначима поотделно при момчетата и момичетата – вероятно поради по-малките обеми на отделните подгрупи.

Разликата между средната хронологична възраст и средната зъбна възраст, определена по Demirjian остава незначима във всички случаи.

4.1.3 Сравнителен анализ на хронологичната възраст и зъбната възраст за момчетата и момичетата

За проверка на ХИПОТЕЗА 2 е приложен t-тест за независими извадки (Independent Samples T-Test), чрез който се сравняват средните стойности на хронологичната възраст и зъбната възраст по методите на Demirjian и Willems при момчетата и момичетата.

Следващата таблица представя средните стойности и стандартните отклонения на трите показателя за момчетата, момичетата и общо за цялата извадка.

Таблица 26. Дескриптивна статистика на хронологичната възраст и зъбната възраст по методите на Demirjian и Willems (в години) според пола

Пол	Брой	Хронологична възраст	Demirjian	Willems
момчета	26	10.03±1.50	9.87±1.53	10.48±1.70
момичета	26	10.39±1.23	10.43±1.57	10.80±1.98
Общо	52	10.21±1.37	10.15±1.56	10.64±1.83

Средната хронологична възраст на момчетата е 10.03±1.50 години, а на момичетата е 10.39±1.23 години.

Средната зъбна възраст по Demirjian при момчетата е 9.87±1.53 години, а при момичетата е 10.43±1.57 години.

Средната зъбна възраст по Willems при момчетата е 10.48±1.70 години, а при момичетата е 10.80±1.98 години.

Таблица 27. Резултати от t-теста за независими извадки (Independent Samples T-Test; equal variances assumed)

Показател	Levene F	Levene p	t	Df	p	Разлика	Ст. грешка	95% CI долна	95% CI горна
Хронологична възраст	0.445	0.508	-0.938	50	0.353	-0.36	0.38	-1.12	0.41
Зъбна възраст по Demirjian	0.001	0.973	-1.301	50	0.199	-0.56	0.43	-1.43	0.30
Зъбна възраст по Willems	0.419	0.520	-0.626	50	0.534	-0.32	0.51	-1.35	0.71

* За всички показатели тестът на Ливен е статистически незначим (p > 0.05), поради което е използван редът „Equal variances assumed“.

За хронологичната възраст разликата между средните стойности на момчетата и момичетата е -0.36 години. Получената стойност t(50) = -0.938, p = 0.353 > 0.05 показва, че разликата не е статистически значима.

За зъбната възраст по Demirjian разликата между средните стойности на момчетата и момичетата е -0.56 години. Получената стойност t(50) = -1.301, p = 0.199 > 0.05 показва, че разликата също не е статистически значима.

За зъбната възраст по Willems разликата между средните стойности на момчетата и момичетата е -0.32 години. Получената стойност t(50) = -0.626, p = 0.534 > 0.05 показва, че и тази разлика не е статистически значима.

ХИПОТЕЗА 2 не се потвърждава. Различията между момчетата и момичетата по отношение на хронологичната възраст и зъбната възраст, определена по методите на Demirjian и Willems, не са статистически значими.

4.1.4 Изследване на корелационните зависимости между хронологичната възраст, зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems общо и по пол

За изследване на наличието на корелационни зависимости между трите вида възрасти – хронологичната, зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems – е пресметната корелационната матрица с коефициента на Пирсън (Pearson correlation).

Таблица 28. Обща корелационна матрица за 52-те изследвани деца

	Хронологична възраст	Demirjian	Willems
Хронологична възраст	1.00	0.72**	0.70**
Demirjian	0.72**	1.00	0.93**
Willems	0.70**	0.93**	1.00

** Корелацията е значима на ниво 0.05 (2-tailed); ** Значимост на ниво 0.01 (2-tailed)*

И трите корелации са положителни и статистически значими. Връзките на хронологичната възраст със зъбната възраст по Demirjian (R = 0.72) и по Willems (R = 0.70) са силни. Най-висока е зависимостта между двата метода за зъбна възраст (R = 0.93).

Резултатите от последвалия регресионен анализ са представени в Таблица 29.

Таблица 29. Резултати от линейния регресионен анализ (общо)

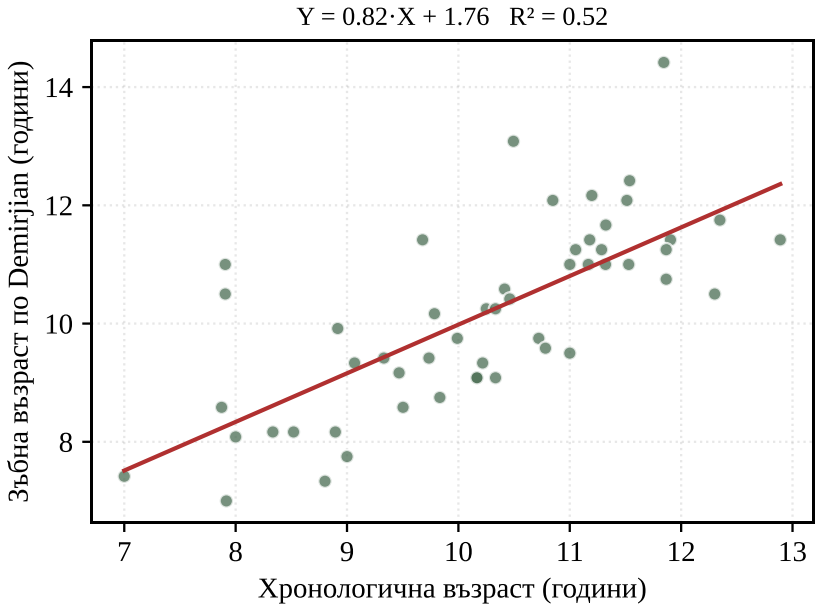
Променливи	Регресионно уравнение	F	Значимост p	R	R^2
X=хрон. възраст, Y=Demirjian	Y = 0.82·X + 1.76	53.91	<0.001	0.72	0.52
X=хрон. възраст, Y=Willems	Y = 0.93·X + 1.14	46.77	<0.001	0.70	0.48
X=Demirjian, Y=Willems	Y = 1.09·X − 0.47	337.72	<0.001	0.93	0.87

За X – хронологична възраст и Y – зъбна възраст по Demirjian регресионното уравнение има вида Y = 0.82·X + 1.76. Регресионният коефициент 0.82 е положителен и показва, че между разглежданите две величини съществува положителна линейна корелация: когато хронологичната възраст нарасне с 1 година, очакваната зъбна възраст по Demirjian нараства средно с 0.82 години. Коефициентът R = 0.72 показва значителна положителна линейна корелация, а коефициентът на детерминация R^2 = 0.52 показва, че 52% от изменението на зъбната възраст по Demirjian се обяснява с изменението на хронологичната възраст.

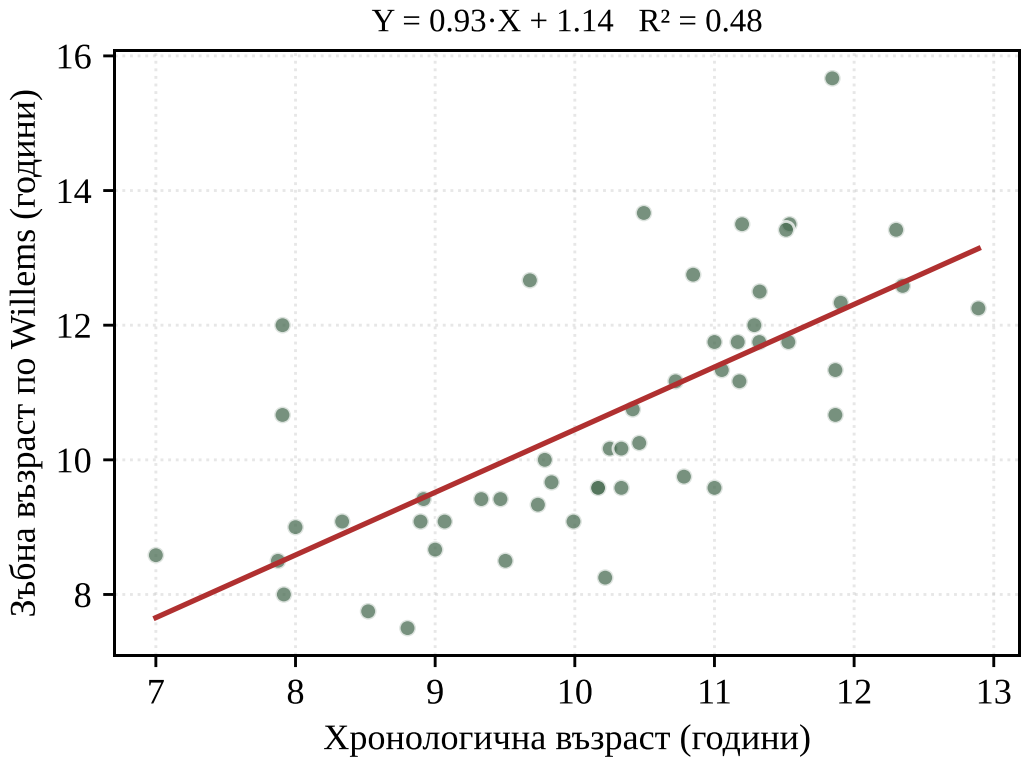
За X – хронологична възраст и Y – зъбна възраст по Willems регресионното уравнение има вида Y = 0.93·X + 1.14. Регресионният коефициент 0.93 е положителен: с нарастване на хронологичната възраст с 1 година зъбната възраст по Willems нараства средно с 0.93 години. Коефициентът R = 0.70 показва значителна положителна линейна корелация, а R^2 = 0.48, т.е. 48% от изменението на зъбната възраст по Willems се обяснява с изменението на хронологичната възраст.

За X – зъбна възраст по Demirjian и Y – зъбна възраст по Willems регресионното уравнение има вида Y = 1.09·X − 0.47. Регресионният коефициент 1.09 е положителен и по-голям от единица, което означава, че с нарастване на зъбната възраст по Demirjian с 1 година зъбната възраст по Willems нараства с 1.09 години, т.е. разликата между двата метода се увеличава при по-големите възрасти. Коефициентът R = 0.93 показва много силна положителна линейна корелация, а R^2 = 0.87 — 87% от изменението на зъбната възраст по Willems се обяснява с изменението на зъбната възраст по Demirjian.

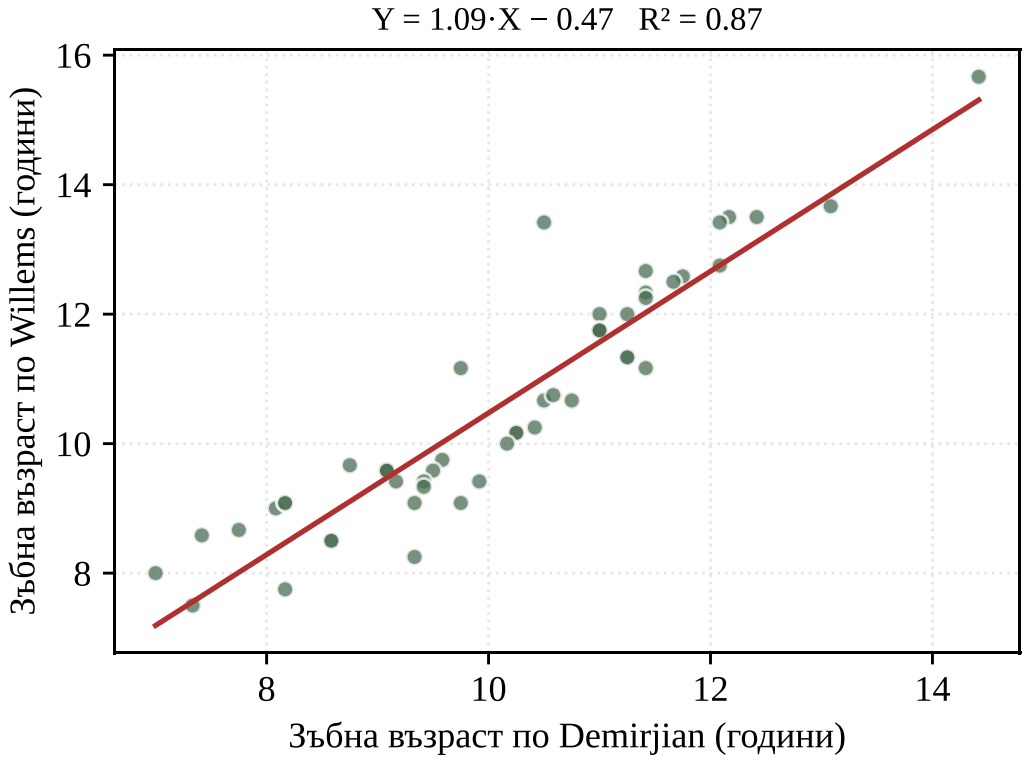
Следващите три фигури представят получените линейни корелационни зависимости.



Фигура 31 А: Линейни корелационни зависимости между хронологичната възраст и зъбната възраст по Demirjian



Фигура 31 B: Линейни корелационни зависимости между хронологичната възраст и зъбната възраст по Willems



Фигура 31 C: Линейни корелационни зависимости между зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems

Момчета

За момчетата и трите корелации са положителни и статистически значими, както се вижда от Таблица 30.

Таблица 30. Корелационна матрица за изследваните 26 момчета

	Хронологична възраст	Demirjian	Willems
Хронологична възраст	1.00	0.66**	0.62**
Demirjian	0.66**	1.00	0.95**
Willems	0.62**	0.95**	1.00

** Корелацията е значима на ниво 0.05 (2-tailed); ** Значимост на ниво 0.01 (2-tailed)*

Връзките на хронологичната възраст със зъбната възраст по Demirjian (R = 0.66) и по Willems (R = 0.62) са значителни, а зависимостта между двата метода за зъбна възраст е много силна (R = 0.95).

Таблица 31. Резултати от линейния регресионен анализ за момчетата

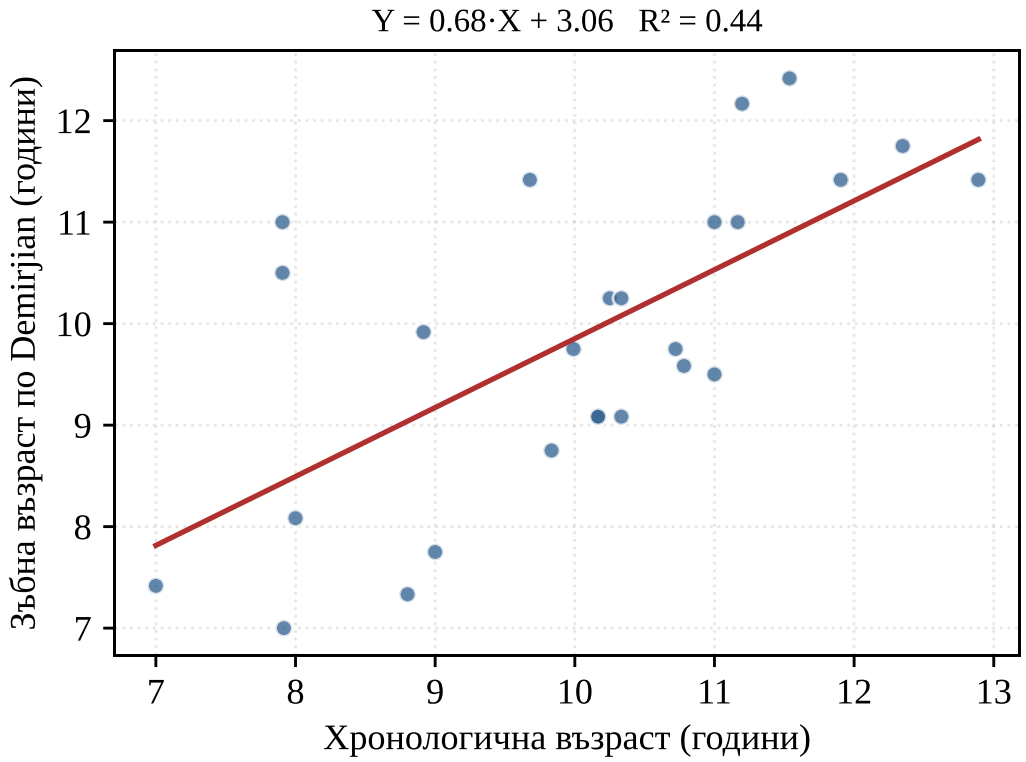
Променливи	Регресионно уравнение	F	Значимост p	R	R^2
X=хрон. възраст, Y=Demirjian	$Y = 0.68 \cdot X + 3.06$	18.80	<0.001	0.66	0.44
X=хрон. възраст, Y=Willems	$Y = 0.70 \cdot X + 3.48$	14.69	<0.001	0.62	0.38
X=Demirjian, Y=Willems	$Y = 1.05 \cdot X + 0.15$	204.81	<0.001	0.95	0.90

За X — хронологична възраст и Y — зъбна възраст по Demirjian уравнението е $Y = 0.68 \cdot X + 3.06$; с нарастване на хронологичната възраст с 1 година зъбната възраст по Demirjian нараства с 0.68 години. R = 0.66, а $R^2 = 0.44$, т.е. 44% от изменението на зъбната възраст по Demirjian се обяснява с хронологичната възраст.

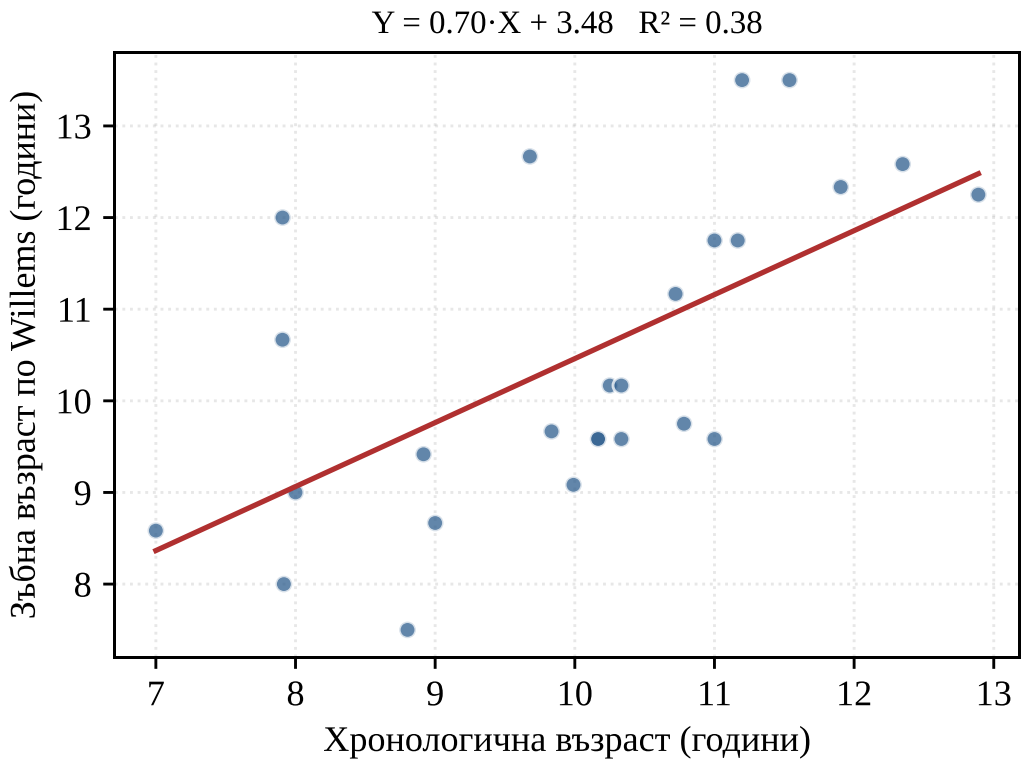
За зъбната възраст по Willems уравнението е $Y = 0.70 \cdot X + 3.48$, при R = 0.62 и $R^2 = 0.38$, т.е. 38% от изменението на зъбната възраст по Willems се обяснява с хронологичната възраст.

За връзката между двата метода за определяне на зъбната възраст уравнението е $Y = 1.05 \cdot X + 0.15$, при R = 0.95 и $R^2 = 0.90$, т.е. 90% от изменението на зъбната възраст по Willems се обяснява с тази по Demirjian.

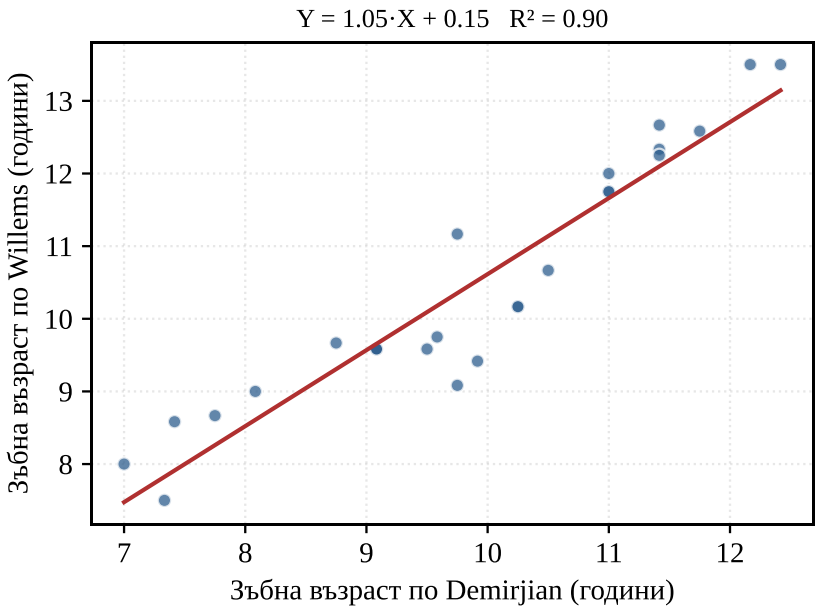
Следващите три фигури представят получените линейни корелационни зависимости.



Фигура 32 А: Линейна зависимост между хронологичната възраст и зъбната възраст по Demirjian, момчета



Фигура 32 В: Линейна зависимост между хронологичната възраст и зъбната възраст по Willems, момчета



Фигура 32 С: Линейна зависимост между зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems, момчета

Момичета

За момичетата и трите корелации са положителни и статистически значими, както се вижда от Таблица 32.

Таблица 32. Корелационна матрица за изследваните 26 момичета

	Хронологична възраст	Demirjian	Willems
Хронологична възраст	1.00	0.78**	0.79**
Demirjian	0.78**	1.00	0.93**
Willems	0.79**	0.93**	1.00

*Корелацията е значима на ниво 0.05 (2-tailed); ** Значимост на ниво 0.01 (2-tailed)

Връзките на хронологичната възраст със зъбната възраст по Demirjian (R = 0.78) и по Willems (R = 0.79) са силни, а зависимостта между двата метода за зъбна възраст е много силна (R = 0.93).

Таблица 33. Резултати от линейния регресионен анализ за момичетата

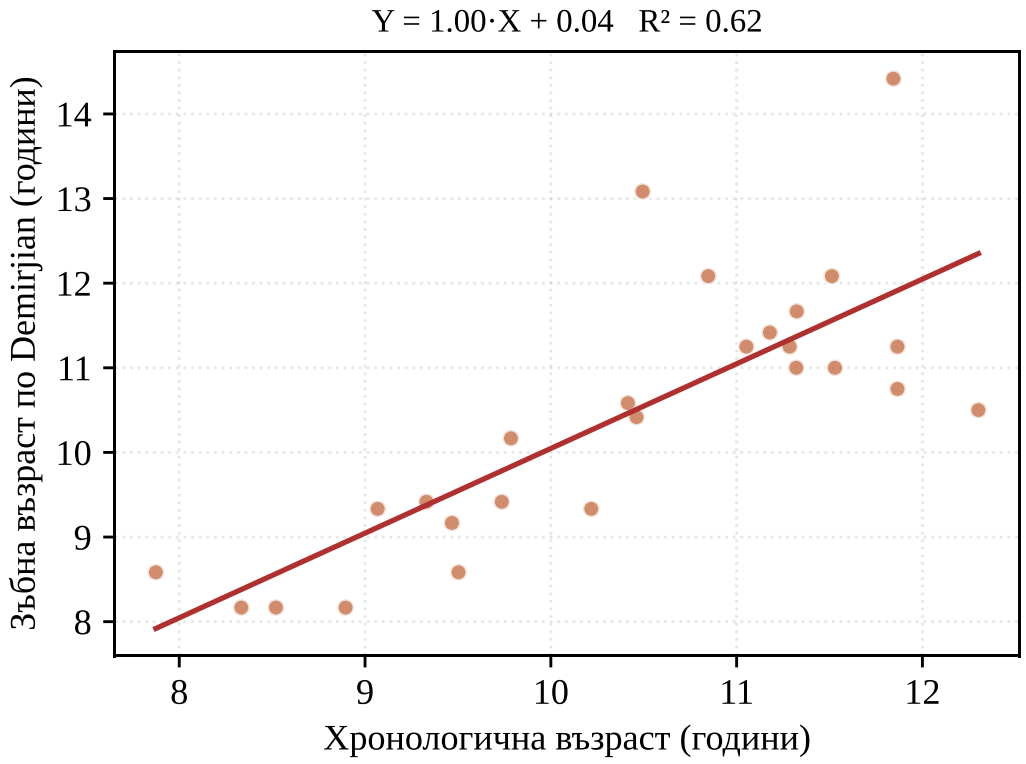
Променливи	Регресионно уравнение	F	Значимост p	R	R^2
X=хрон. възраст, Y=Demirjian	Y = 1.00·X + 0.04	38.42	<0.001	0.78	0.62
X=хрон. възраст, Y=Willems	Y = 1.27·X − 2.42	40.54	<0.001	0.79	0.63
X=Demirjian, Y=Willems	Y = 1.17·X − 1.45	158.42	<0.001	0.93	0.87

За X — хронологична възраст и Y — зъбна възраст по Demirjian уравнението е Y = 1.00·X + 0.04, R = 0.78, а R^2 = 0.62, т.е. 62% от изменението на зъбната възраст по Demirjian се обяснява с хронологичната възраст.

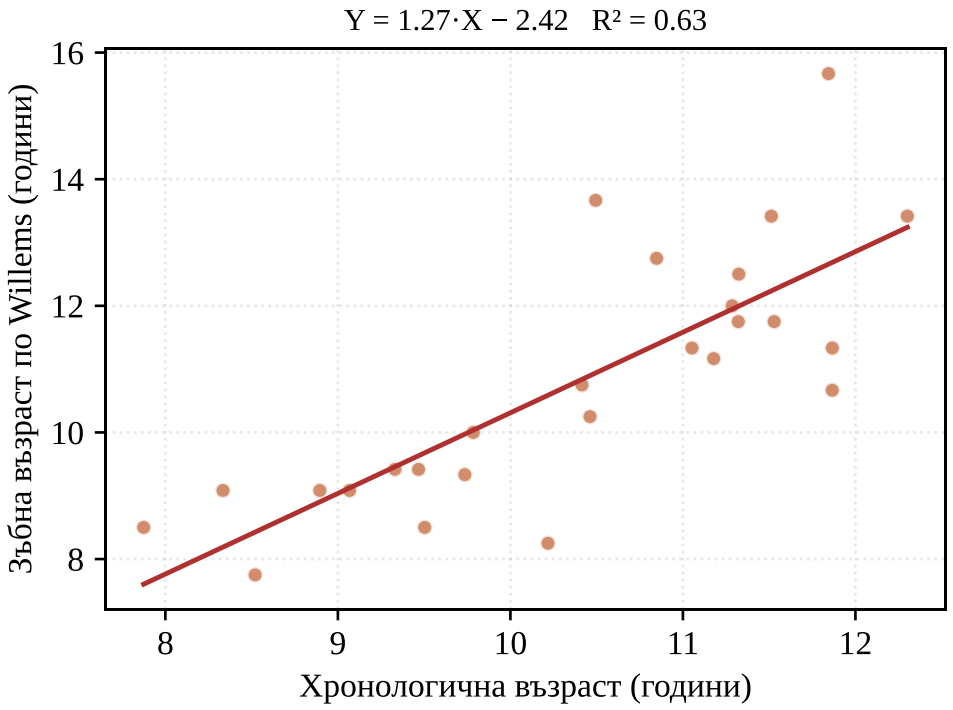
За зъбната възраст по Willems уравнението е Y = 1.27·X − 2.42, при R = 0.79 и R^2 = 0.63, т.е. 63% от изменението на зъбната възраст по Willems се обяснява с хронологичната възраст.

За връзката между двата метода уравнението е Y = 1.17·X − 1.45, при R = 0.93 и R^2 = 0.87, т.е. 87% от изменението на зъбната възраст по Willems се обяснява с тази по Demirjian.

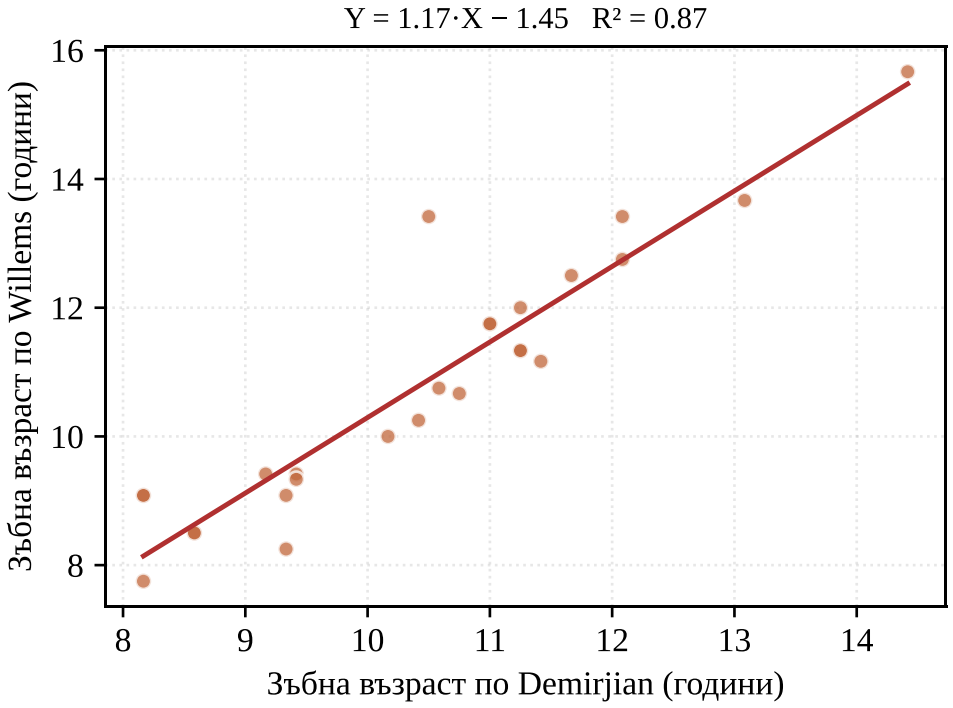
Следващите три фигури представят получените линейни корелационни зависимости.



Фигура 33 А: Линейна зависимост между хронологичната възраст и зъбната възраст по Demirjian, момичета



Фигура 33 B: Линейна зависимост между хронологичната възраст и зъбната възраст по Willems, момичета



Фигура 33 C: Линейна зависимост между зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems, момичета

ХИПОТЕЗА 3 се подкрепя както общо, така и поотделно за всеки пол, т.е. съществуват силни корелационни зависимости между хронологичната възраст, зъбната възраст по Demirjian и зъбната възраст по Willems общо и по пол.

4.2. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 2: АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА КОСТНАТА ВЪЗРАСТ, ОТЧЕТЕНИ ПО МЕТОДИТЕ НА LAMPARSKI И BACCETTI

При анализа на костната възраст стадиите CS1, CS2, CS3 и т.н. се разглеждат като ординални променливи. Поради това, освен дескриптивното представяне на честотите, за сравнение между момчета и момичета е приложен непараметричният критерий Mann–Whitney U, а за изследване на връзката между хронологичната възраст и стадия на костна зрелост – коефициентът на рангова корелация на Spearman.

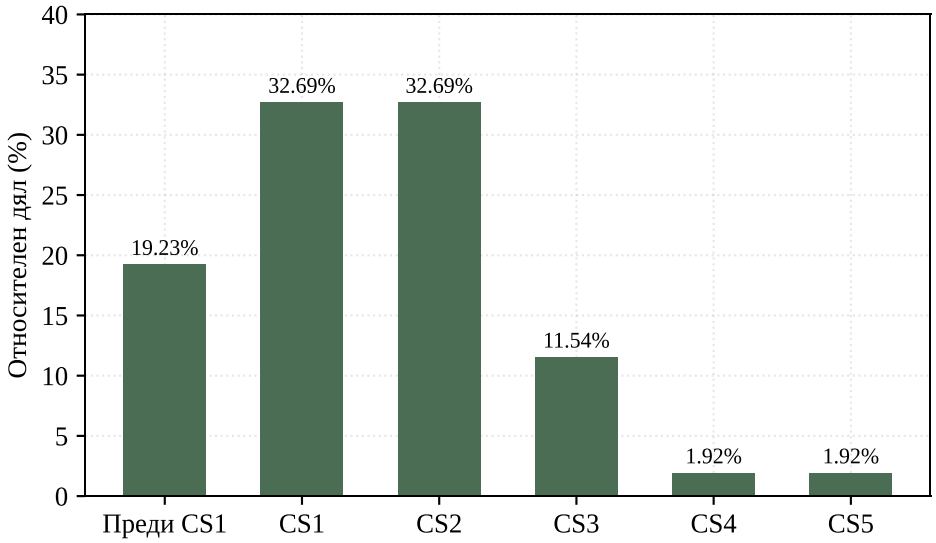
За целите на статистическия анализ е въведена допълнителна категория с ранг 0, която не е част от оригиналните класификации. Това е категорията „Преди CS1“, която обозначава децата, при които първият стадий по съответния метод за определяне на костната възраст все още не е достигнат.

4.2.1 Изследване на костната възраст по метода на Lamparski общо и по пол

Таблица 34. Разпределение на изследваните лица по стадии съгласно методиката на Lamparski

Стадий	Брой	Отн. дял (%)
Преди CS1	10	19.23
CS1	17	32.69
CS2	17	32.69
CS3	6	11.54
CS4	1	1.92
CS5	1	1.92
Общо	**52**	**100.00**

Таблица 34 показва, че най-многобройни са групите на децата в стадии CS1 и CS2 – по 17 деца (32.69%) във всяка. Следва групата на децата, които все още не са достигнали CS1 – 10 деца (19.23%). В стадий CS3 са 6 деца (11.54%), а по едно дете (1.92%) е в стадии CS4 и CS5.

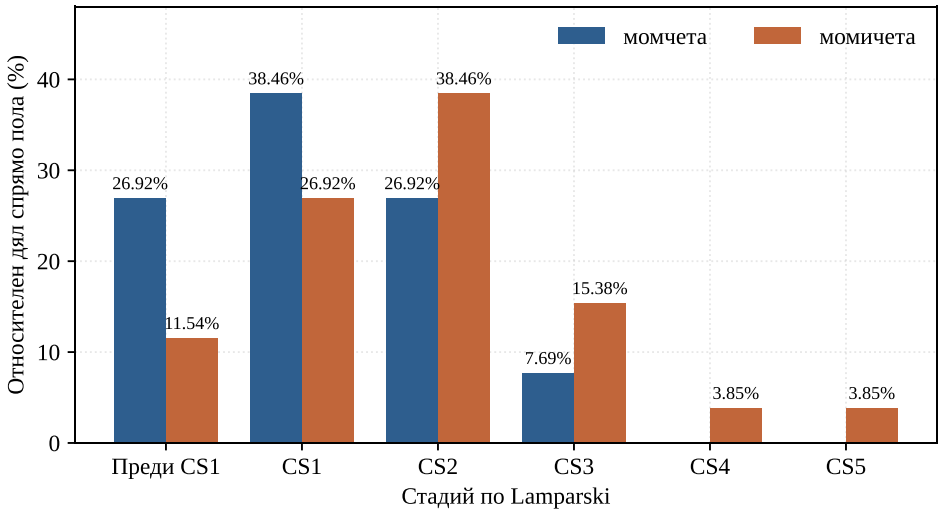


Фигура 34: Разпределение на изследваните лица по стадии съгласно метода на Lamparski

Таблица 35 представя двумерното разпределение по пол и стадии на костна възраст, определена по метода на Lamparski, представено в брой и относителни дялове.

Таблица 35. Кростаблица на двумерното разпределение по пол и стадии по метода на Lamparski

		Пол		Общо
		момче	момиче	
Преди CS1	Брой	7	3	10
	% от стадия	70.00%	30.00%	100.00%
	% от пола	26.92%	11.54%	19.23%
	% от общо	13.46%	5.77%	19.23%
CS1	Брой	10	7	17
	% от стадия	58.82%	41.18%	100.00%
	% от пола	38.46%	26.92%	32.69%
	% от общо	19.23%	13.46%	32.69%
CS2	Брой	7	10	17
	% от стадия	41.18%	58.82%	100.00%
	% от пола	26.92%	38.46%	32.69%
	% от общо	13.46%	19.23%	32.69%
CS3	Брой	2	4	6
	% от стадия	33.33%	66.67%	100.00%
	% от пола	7.69%	15.38%	11.54%
	% от общо	3.85%	7.69%	11.54%
CS4	Брой	0	1	1
	% от стадия	0.00%	100.00%	100.00%
	% от пола	0.00%	3.85%	1.92%
	% от общо	0.00%	1.92%	1.92%
CS5	Брой	0	1	1
	% от стадия	0.00%	100.00%	100.00%
	% от пола	0.00%	3.85%	1.92%
	% от общо	0.00%	1.92%	1.92%



Фигура 35: Двумерно разпределение по пол и стадии на костна възраст, определена по метода на Lamparski (относителен дял спрямо пола, %)

Фигура 35 представя двумерното разпределение по пол и стадии на костна възраст по метода на Lamparski. Всяка колона показва каква част от съответния пол се намира в дадения стадий.

Момчетата са съсредоточени в по-ранните стадии: 26.92% още не са достигнали CS1, а 38.46% са в CS1. При момичетата най-голям дял се пада на CS2 (38.46%), а само 11.54% не са достигнали CS1. Единствените деца в CS4 и CS5 (по 3.85%) са момичета, докато нито едно момче не достига тези стадии.

Таблица 36. Резултати от Теста на Ман–Уитни (Mann–Whitney U Test) за сравнение на стадия по Lamparski между момчета и момичета

Пол	N	Среден ранг	Сума на ранговете	Резултат
Момчета	26	22.13	575.50	U=224.50; p=0.031
Момичета	26	30.87	802.50	

Резултатът от теста на Ман–Уитни показва статистически значима разлика между момчетата и момичетата по достигнатия стадий на костна зрелост по Lamparski (U = 224.50; p = 0.03). Средният ранг при момичетата (30.87) е по-висок от този при момчетата (22.13), което показва, че момичетата в изследваната извадка като група се намират в по-напреднали стадии на костно съзряване.

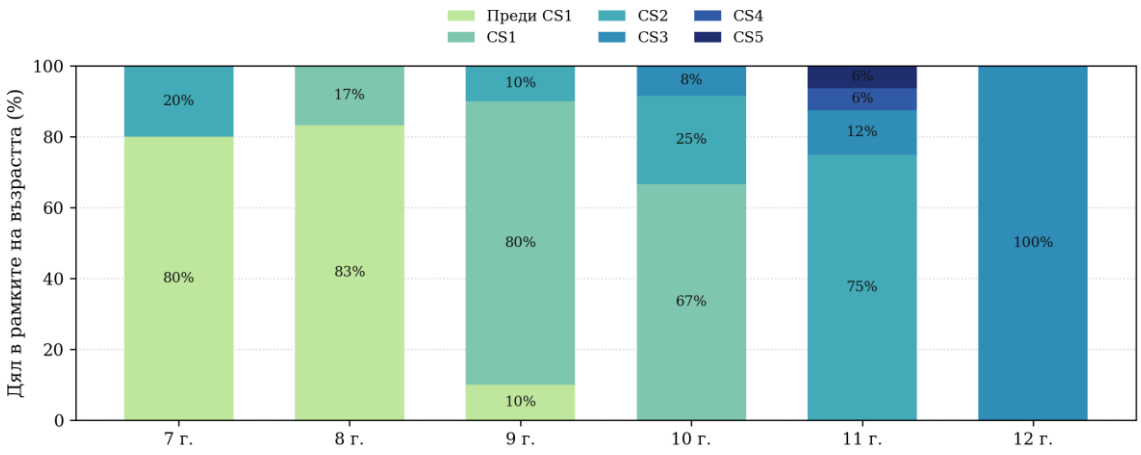
4.2.2 Изследване на съответствието между костната възраст по метода на Lamparski и хронологична възраст

Таблица 37. Кростаблица на двумерното разпределение по възраст и стадии на костната възраст, определени по метода на Lamparski

		Възраст (години)						Общо
		7 г.	8 г.	9 г.	10 г.	11 г.	12 г.	
преди CS1	Брой	4	5	1	0	0	0	10
	% от стадия	40,00%	50,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	% от възрастта	80,00%	83,33%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	19,23%
	% от общо	7,69%	9,62%	1,92%	0,00%	0,00%	0,00%	19,23%
CS1	Брой	0	1	8	8	0	0	17
	% от стадия	0,00%	5,88%	47,06%	47,06%	0,00%	0,00%	100,00%
	% от възрастта	0,00%	16,67%	80,00%	66,67%	0,00%	0,00%	32,69%
	% от общо	0,00%	1,92%	15,38%	15,38%	0,00%	0,00%	32,69%
CS2	Брой	1	0	1	3	12	0	17
	% от стадия	5,88%	0,00%	5,88%	17,65%	70,59%	0,00%	100,00%
	% от възрастта	20,00%	0,00%	10,00%	25,00%	75,00%	0,00%	32,69%
	% от общо	1,92%	0,00%	1,92%	5,77%	23,08%	0,00%	32,69%
CS3	Брой	0	0	0	1	2	3	6
	% от стадия	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	33,33%	50,00%	100,00%
	% от възрастта	0,00%	0,00%	0,00%	8,33%	12,50%	100,00%	11,54%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	3,85%	5,77%	11,54%

		Възраст (години)						Общо
		7 г.	8 г.	9 г.	10 г.	11 г.	12 г.	
CS4	Брой	0	0	0	0	1	0	1
	% от стадия	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
	% от възрастта	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,25%	0,00%	1,92%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	0,00%	1,92%
CS5	Брой	0	0	0	0	1	0	1
	% от стадия	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
	% от възрастта	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,25%	0,00%	1,92%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	0,00%	1,92%

Стадий „Преди CS1" се среща само при най-малките деца – 4 на 7 години, 5 на 8 години и 1 на 9 години. CS1 обхваща основно 9 и 10-годишните – по 8 деца във всяка от двете групи, плюс 1 дете на 8 години. CS2 е концентриран при 11-годишните – 12 деца, плюс 3 на 10 години, 1 на 9 години и 1 на 7 години. CS3 се среща при 3 деца на 12 години, 2 на 11 години и 1 на 10 години. Единственото дете в CS4 и единственото в CS5 са на 11 години.



Фигура 36: Двумерно разпределение по възраст и стадии на костна възраст, определена по метода на Lamparski (относителен дял спрямо възрастта, %)

Двумерното разпределение по възраст и стадии по Lamparski е представено във фигура 36. Всяка колона показва каква част от децата на дадена възраст се намира в съответния стадий, поради което стойностите за една възрастова група дават сбор 100%. При 7-годишните 80.00% още не са достигнали CS1, при 8-годишните — 83.33%. При 9-годишните 80.00% вече са в CS1, при 10-годишните — 66.67%. При 11-годишните мнозинството (75.00%) е в CS2, а всички 12-годишни (100.00%) са в CS3.

За изследване на връзката между хронологичната възраст и стадия на костната зрелост по Lamparski е приложена рангова корелация на Спирман (Spearman's Rank Correlation). Хронологичната възраст е използвана в години, а стадият на костната възраст – като ординална променлива.

Таблица 38:Рангова корелация на Спирман (Spearman) между хронологичната възраст и стадия по Lamparski

Показатели	N	Spearman ρ	p	Интерпретация
Хронологична възраст × Lamparski	52	0.849	<0.001	Много силна положителна зависимост

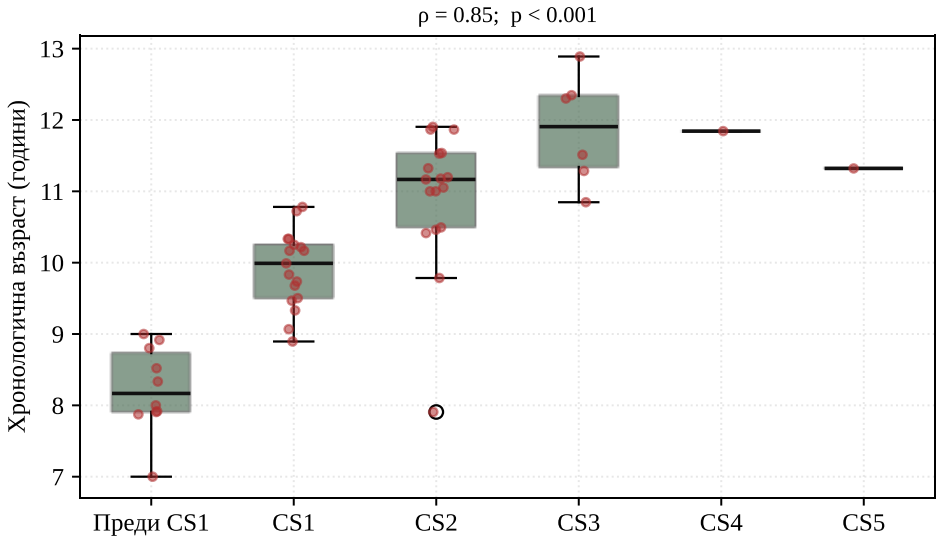
Установява се много силна положителна и статистически значима зависимост между хронологичната възраст и стадия на костната възраст по Lamparski (ρ = 0.849; p <0.001). Следователно с увеличаване на хронологичната възраст децата като цяло преминават към по-високи стадии на костна зрелост.

Допълнително приложеният тест на Крускал–Уолис (Kruskal–Wallis Test) потвърждава, че хронологичната възраст се различава статистически значимо между отделните стадии (H(5) = 37.244; p <0.001).

Таблица 39: Дескриптивна статистика на хронологичната възраст по стадии на Lamparski (в години)

Стадий	Брой	Средна стойност	Станд. отклонение	Медиана	Минимум	Максимум
Преди CS1	10	8.23	0.61	8.17	7.00	9.00
CS1	17	9.91	0.54	9.99	8.90	10.78
CS2	17	10.92	0.97	11.17	7.91	11.90
CS3	6	11.86	0.77	11.91	10.85	12.89
CS4	1	11.84	—	11.84	11.84	11.84
CS5	1	11.32	—	11.32	11.32	11.32

Кутиите с мустаци на Фигура 37 показват ясно изместване на хронологичната възраст към по-високи стойности с преминаването към по-напреднали стадии на костна зрелост по Lamparski, което визуално подкрепя установената много силна положителна корелационна зависимост. Средната хронологична възраст нараства последователно от 8.23 години при стадий „Преди CS1" през 9.91 години при CS1 и 10.92 години при CS2 до 11.86 години при CS3. При стадии CS4 и CS5 има само по едно наблюдение, поради което техните стойности имат единствено описателен характер.



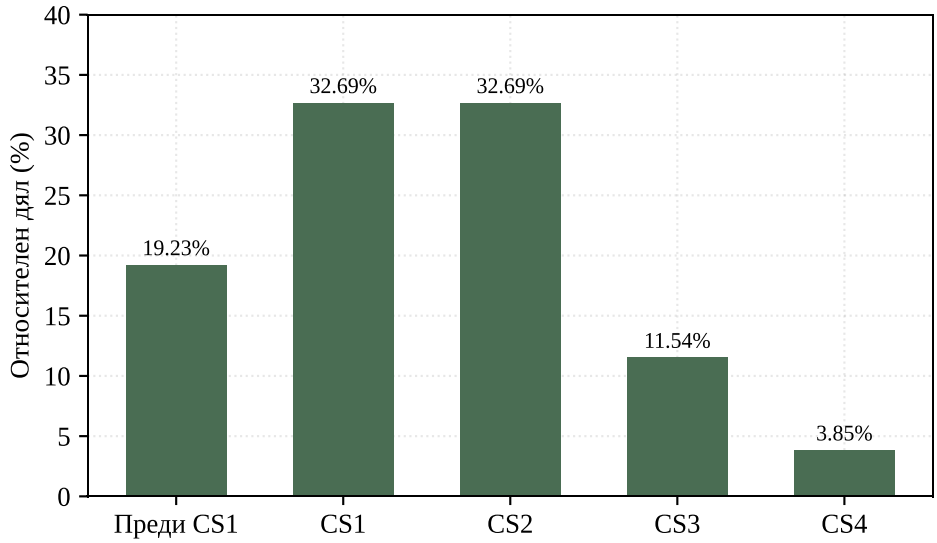
Фигура 37: Разпределение на хронологичната възраст по стадии на Lamparski

4.2.3 Изследване на костната възраст по метода на Baccetti общо и по пол

Таблица 40: Разпределение на изследваните лица по стадии съгласно методиката на Baccetti

Стадий	Брой	Отн. дял (%)
Преди CS1	10	19.23
CS1	17	32.69
CS2	17	32.69
CS3	6	11.54
CS4	2	3.85
Общо	**52**	**100.00**

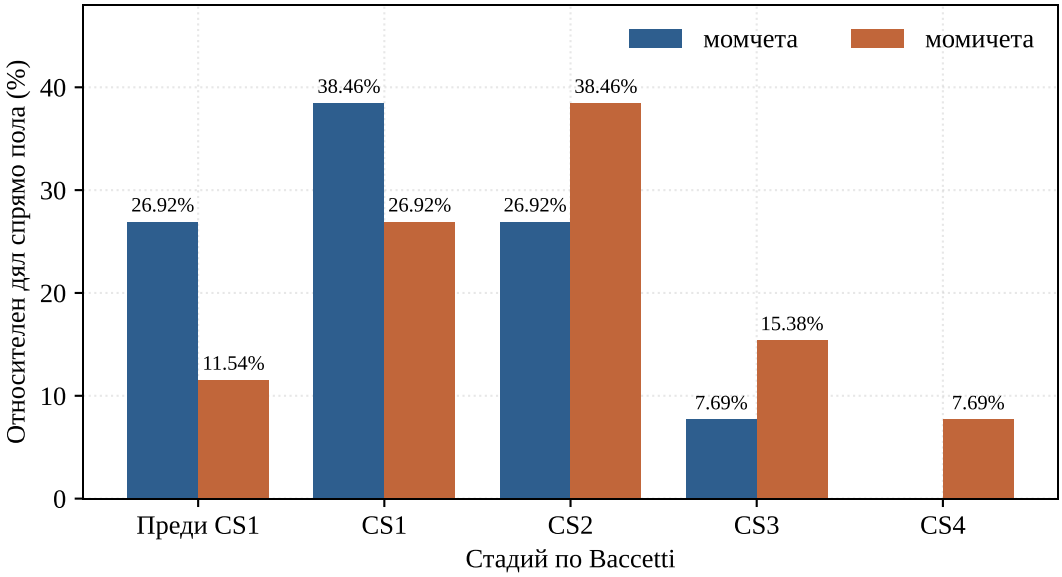
Най-многобройни са групите в стадии CS1 и CS2 – по 17 деца (32.69%). Следват децата, които не са достигнали CS1 – 10 (19.23%), децата в CS3 – 6 (11.54%), и децата в CS4 – 2 (3.85%).



Фигура 38: Разпределение на изследваните лица по стадии съгласно метода на Baccetti

Таблица 41: Кростаблица на двумерното разпределение по пол и стадии по метода на Baccetti

		Пол		Общо
		момче	момиче	
Преди CS1	Брой	7	3	10
	% от стадия	70.00%	30.00%	100.00%
	% от пола	26.92%	11.54%	19.23%
	% от общо	13.46%	5.77%	19.23%
CS1	Брой	10	7	17
	% от стадия	58.82%	41.18%	100.00%
	% от пола	38.46%	26.92%	32.69%
	% от общо	19.23%	13.46%	32.69%
CS2	Брой	7	10	17
	% от стадия	41.18%	58.82%	100.00%
	% от пола	26.92%	38.46%	32.69%
	% от общо	13.46%	19.23%	32.69%
CS3	Брой	2	4	6
	% от стадия	33.33%	66.67%	100.00%
	% от пола	7.69%	15.38%	11.54%
	% от общо	3.85%	7.69%	11.54%
CS4	Брой	0	2	2
	% от стадия	0.00%	100.00%	100.00%
	% от пола	0.00%	7.69%	3.85%
	% от общо	0.00%	3.85%	3.85%



Фигура 39: Двумерното разпределение по пол и стадии на костна възраст, определена по метода на Baccetti (относителен дял спрямо пола, %)

Таблица 42. Резултати от Теста на Ман–Уитни (Mann–Whitney U Test) за сравнение на стадия по Baccetti между момчета и момичета

Пол	N	Среден ранг	Сума на ранго-вете	Резултат
Момчета	26	22.13	575.50	U=224.50; p=0.031
Момичета	26	30.87	802.50	

Резултатът от теста на Ман–Уитни показва **статистически значима разлика между момчетата и момичетата по достигнатия стадий на костна зрелост по Baccetti** (U = 224.50; p = 0.03). Средният ранг при момичетата (30.87) е по-висок от този при момчетата (22.13), което показва, че момичетата в изследваната извадка като група се намират в по-напреднали стадии на костно съзряване.

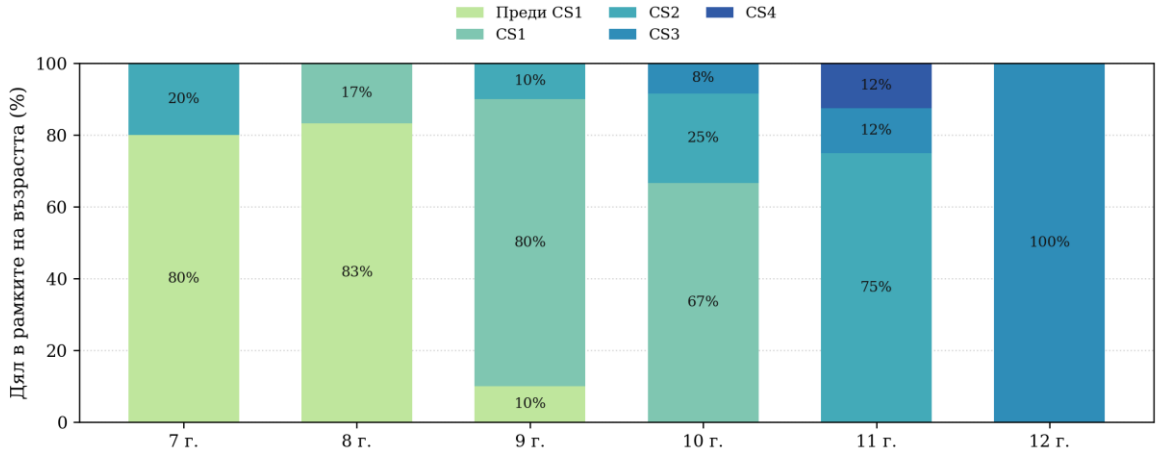
4.2.4 Изследване на съответствието между костната възраст по метода на Baccetti и хронологичната възраст

Таблица 43: Кростаблица на двумерното разпределение по възраст и стадии на костната възраст, определени по метода на Baccetti

		Възраст (години)						Общо
		7 г.	8 г.	9 г.	10 г.	11 г.	12 г.	
Преди CS1	Брой	4	5	1	0	0	0	10
	% от стадия	40.00%	50.00%	10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
	% от въз-растта	80.00%	83.33%	10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	19.23%
	% от общо	7.69%	9.62%	1.92%	0.00%	0.00%	0.00%	19.23%
CS1	Брой	0	1	8	8	0	0	17
	% от стадия	0.00%	5.88%	47.06%	47.06%	0.00%	0.00%	100.00%
	% от въз-растта	0.00%	16.67%	80.00%	66.67%	0.00%	0.00%	32.69%
	% от общо	0.00%	1.92%	15.38%	15.38%	0.00%	0.00%	32.69%
CS2	Брой	1	0	1	3	12	0	17
	% от стадия	5.88%	0.00%	5.88%	17.65%	70.59%	0.00%	100.00%
	% от въз-растта	20.00%	0.00%	10.00%	25.00%	75.00%	0.00%	32.69%
	% от общо	1.92%	0.00%	1.92%	5.77%	23.08%	0.00%	32.69%
CS3	Брой	0	0	0	1	2	3	6
	% от стадия	0.00%	0.00%	0.00%	16.67%	33.33%	50.00%	100.00%
	% от въз-растта	0.00%	0.00%	0.00%	8.33%	12.50%	100.00%	11.54%
	% от общо	0.00%	0.00%	0.00%	1.92%	3.85%	5.77%	11.54%
CS4	Брой	0	0	0	0	2	0	2
	% от стадия	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
	% от въз-растта	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.50%	0.00%	3.85%
	% от общо	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.85%	0.00%	3.85%

Стадий „Преди CS1“ се среща при 4 деца на 7 години, 5 на 8 години и 1 на 9 години. CS1 обхваща 1 дете на 8 години и по 8 деца на 9 и 10 години. CS2 включва 1 дете на 7 години, 1 на 9 години, 3 на 10 години и 12 на 11 години. CS3 се среща при 1 дете на 10 години, 2 на 11 години и 3 на 12 години. И двете деца в CS4 са на 11 години.

Двумерното разпределение по възраст и стадии по Baccetti е представено на Фигура 40. Всяка колона показва каква част от децата на дадена възраст се намира в съответния стадий, поради което стойностите за една възрастова група дават сбор 100%.



Фигура 40: Двумерно разпределение по възраст и стадии на костна възраст, определена по метода на Baccetti (относителен дял спрямо възрастта, %)

За изследване на връзката между хронологичната възраст и стадия на костната зрелост по Baccetti е приложена рангова корелация на Спирман (Spearman’s Rank Correlation). Хронологичната възраст е в години, а стадият на костната възраст — като ординална променлива.

Таблица 44: Рангова корелация на Spearman между хронологичната възраст и стадия по Baccetti

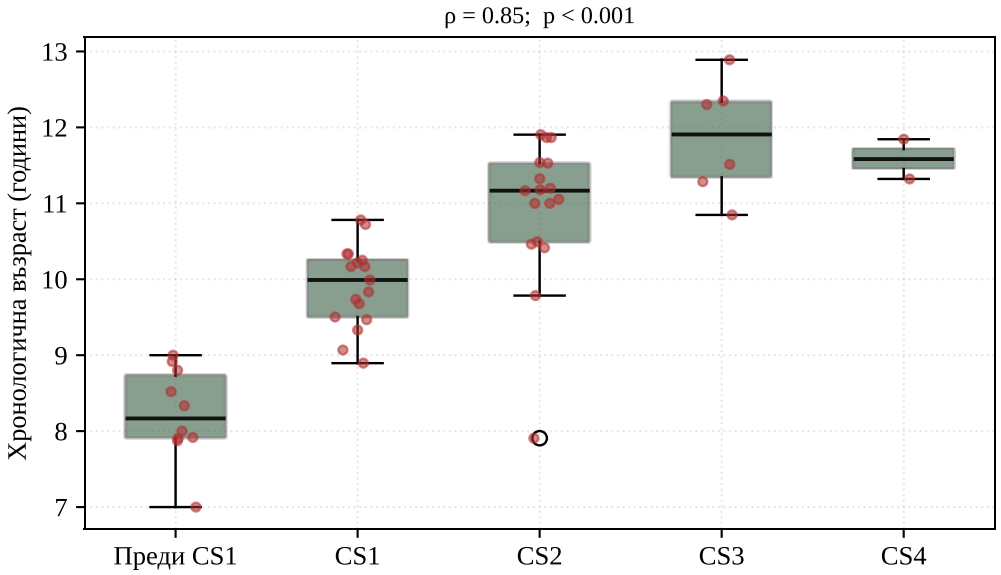
Показатели	N	Spearman ρ	P	Интерпретация
Хронологична възраст × Baccetti	52	0.849	<0.001	Много силна положителна зависимост

Установява се много силна положителна и статистически значима зависимост между хронологичната възраст и стадия на костната възраст по Baccetti ($\rho = 0.849$; $p < 0.001$).

Допълнително приложеният тест на Крускал–Уолис (Kruskal–Wallis Test) потвърждава, че хронологичната възраст се различава статистически значимо между отделните стадии ($H(4) = 37.190$; $p < 0.001$).

Таблица 45: Дескриптивна статистика на хронологичната възраст по стадии на Baccetti (в години)

Стадий	Брой	Средна стойност	Станд. откл-онение	Медиана	Мини-мум	Макси-мум
Преди CS1	10	8.23	0.61	8.17	7.00	9.00
CS1	17	9.91	0.54	9.99	8.90	10.78
CS2	17	10.92	0.97	11.17	7.91	11.90
CS3	6	11.86	0.77	11.91	10.85	12.89
CS4	2	11.58	0.37	11.58	11.32	11.84



Фигура 41: Разпределение на хронологичната възраст по стадии на Baccetti

Кутиите с мустаци на Фигура 41 показват тенденция към нарастване на хронологичната възраст с преминаването към по-високи стадии на костна зрелост по Baccetti, което е в съответствие с установената силна положителна корелационна зависимост. Средната хронологична възраст нараства от 8.23 години при „Преди CS1" до 11.86 години при CS3, а двете деца в CS4 са средно на 11.58 години.

И при двата метода — Lamparski и Baccetti — момичетата са статистически значимо по-напреднали по достигнат стадий на костна зрелост в сравнение с момчетата (тест на Ман–Уитни: U = 224.50; p = 0.031 и при двата анализа). Същевременно се установява много силна положителна и статистически значима зависимост между хронологичната възраст и стадия на костната зрелост: ρ = 0.849 за Lamparski и ρ = 0.849 за Baccetti, при p < 0.001.

4.3. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 3: СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ЗЪБНАТА ВЪЗРАСТ И КОСТНАТА ВЪЗРАСТ, ОПРЕДЕЛЕНА ПО ШИЙНИТЕ ПРЕШЛЕНИ

За изследване на връзките между зъбната възраст и костната възраст са разгледани четири подслучая:

4.3.1. Връзка между зъбната възраст по метода на Demirjian и костната възраст по метода на Lamparski;

4.3.2. Връзка между зъбната възраст по метода на Willems и костната възраст по метода на Lamparski;

4.3.3. Връзка между зъбната възраст по метода на Demirjian и костната възраст по метода на Baccetti;

4.3.4. Връзка между зъбната възраст по метода на Willems и костната възраст по метода на Baccetti.

За всяка от четирите комбинации са приложени два допълващи се метода:

– Дисперсионен анализ (ANOVA) – проверява дали средните стойности на зъбната възраст се различават статистически значимо между отделните стадии на костна възраст. Допълнително е приложен непараметричният тест на Крускал-Уолис (Kruskal-Wallis Test) като проверка на резултатите от дисперсионния анализ, тъй като някои стадии съдържат много малък брой наблюдения. Хомогенността на дисперсиите е проверена чрез медианно базирания вариант на теста на Ливен – теста на Brown-Forsythe, който е по-устойчив при отклонения от нормалното разпределение и при наличие на крайни стойности.

– Рангова корелация на Спирман (Spearman’s Rank Correlation, ρ) – измерва силата и посоката на монотонната връзка между зъбната възраст (количествена променлива) и стадия на костна възраст (ординална променлива) и дава количествения коефициент на връзка, изискван от ХИПОТЕЗА 4.

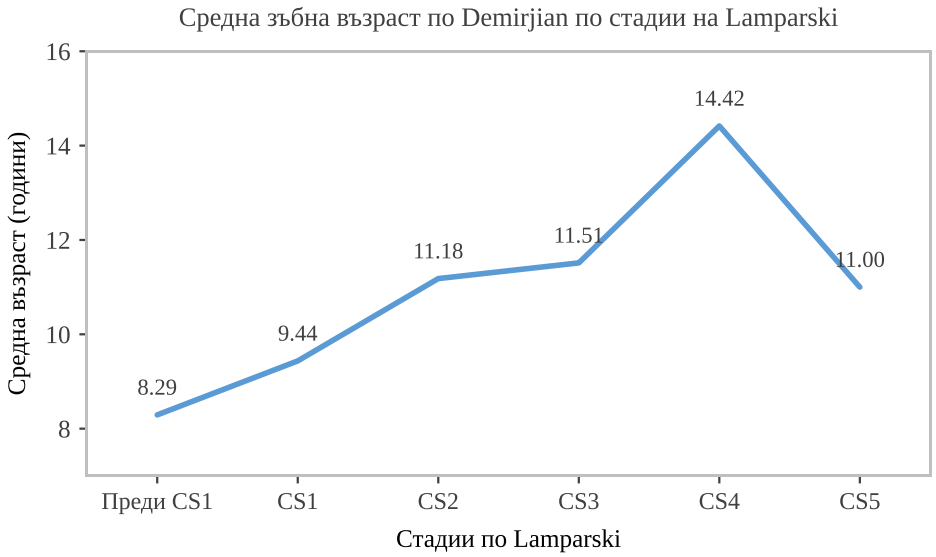
4.3.1 Изследване на връзката между зъбната възраст по метода на Demirjian и костната възраст по метода на Lamparski

Таблица 46. Дескриптивна статистика на зъбната възраст по Demirjian по стадии на Lamparski (в години)

Стадий	Брой	Средна стойност	Станд. отклонение	Станд. грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	Минимум	Максимум
Преди CS1	10	8.29	1.12	0.35	7.49	9.09	7.00	10.50
CS1	17	9.44	0.74	0.18	9.06	9.82	8.17	11.42
CS2	17	11.18	0.85	0.21	10.74	11.62	9.50	13.08
CS3	6	11.51	0.60	0.25	10.88	12.15	10.50	12.08
CS4	1	14.42	—	—	—	—	14.42	14.42
CS5	1	11.00	—	—	—	—	11.00	11.00

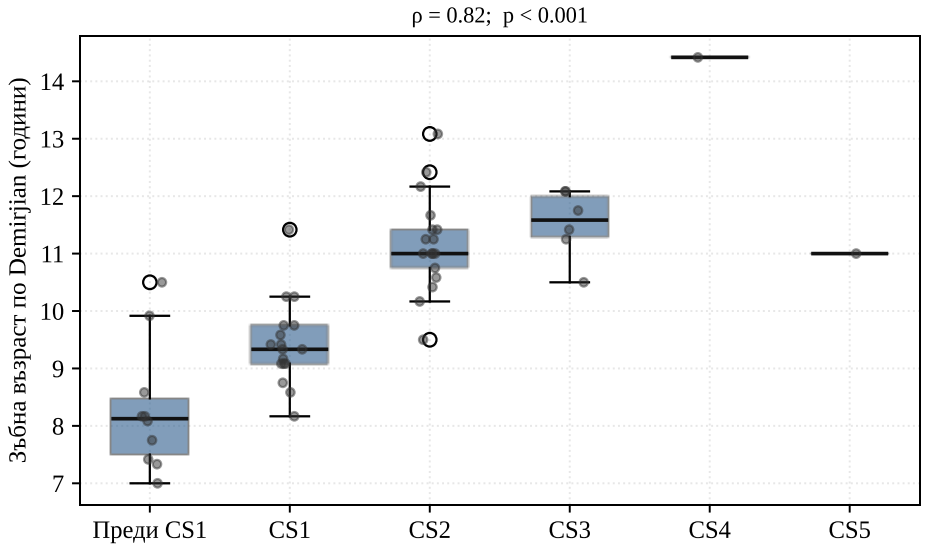
Методологична бележка: стадиите с едно наблюдение съдържат недостатъчно данни — стандартното отклонение при n = 1 е математически недефинирано (означено с „—"), а стойностите за тези стадии имат само описателен характер.

Средната зъбна възраст по метода на Demirjian е изчислена за шестте стадия на костната възраст по методиката на Lamparski. При стадий „Преди CS1" тя е най-ниска – 8.29±1.12 години. При CS1 нараства до 9.44±0.74 години, при CS2 – до 11.18±0.85 години, а при CS3 достига 11.51±0.60 години. При CS4 има едно наблюдение със стойност 14.42 години, а при CS5 – едно наблюдение със стойност 11.00 години.



Фигура 42: Средни стойности на зъбната възраст, отчетени по метода на Demirjian за етапите на костната възраст, отчетени по метода на Lamparski

Кутиите с мустаци (Box plot диаграмите) от Фигура 43 показват ясно изместване на зъбната възраст по Demirjian към по-високи стойности с преминаването от стадий „Преди CS1" към по-напредналите стадии на костна зрелост по Lamparski, което визуално подкрепя установената много силна положителна корелационна зависимост ($\rho = 0.819$; $p < 0.001$).



Фигура 43: Разпределение на зъбната възраст по Demirjian по стадии на костна възраст по Lamparski

Таблица 47: Резултати от дисперсионния анализ (ANOVA)

Зъбна възраст по Demirjian (години)	Сума на квадратите	Степени на свобода	Средна квадратна	F	Значимост p
Между групите	91.37	5	18.27	25.118	<0.001
В групите	33.46	46	0.73		
Общо	124.83	51			

Резултатът от дисперсионния анализ показва F = 25.118 при p <0.001. Следователно разликите между средните стойности на зъбната възраст по метода на Demirjian са статистически значими между отделните стадии на костната възраст по метода на Lamparski. Наблюдава се обща тенденция към нарастване на зъбната възраст от стадий „Преди стадий 1“ до CS3. Стойностите при CS4 и CS5 са единични наблюдения и не позволяват оценка на последователна тенденция в най-високите стадии.

Проверка на предпоставките: медианно базираният тест на Ливен (Brown–Forsythe) дава F= 0.678 при p = 0.642, което позволява да се приеме хомогенност на дисперсиите. Непараметричният тест на Крускал–Уолис потвърждава извода от дисперсионния анализ (H(5) = 35.996; p <0.001).

Таблица 48: Рангова корелация на Спирман между зъбната възраст по Demirjian и стадия по Lamparski

Коефициент	Стойност	Значимост p (двустранна)	Брой	Сила на връзката
Коефициент на Спирман ρ	0.819	<0.001	52	много силна

Коефициентът на Спирман е ρ = 0.819 при p <0.001 — много силна и статистически значима положителна монотонна връзка: с нарастване на стадия на костната възраст по Lamparski нараства и зъбната възраст по Demirjian.

Резултатите от двата метода са съгласувани — дисперсионният анализ потвърждава наличието на статистически значими разлики между стадиите, а корелацията на Спирман показва, че тези разлики следват ясна, силна и монотонно нарастваща тенденция.

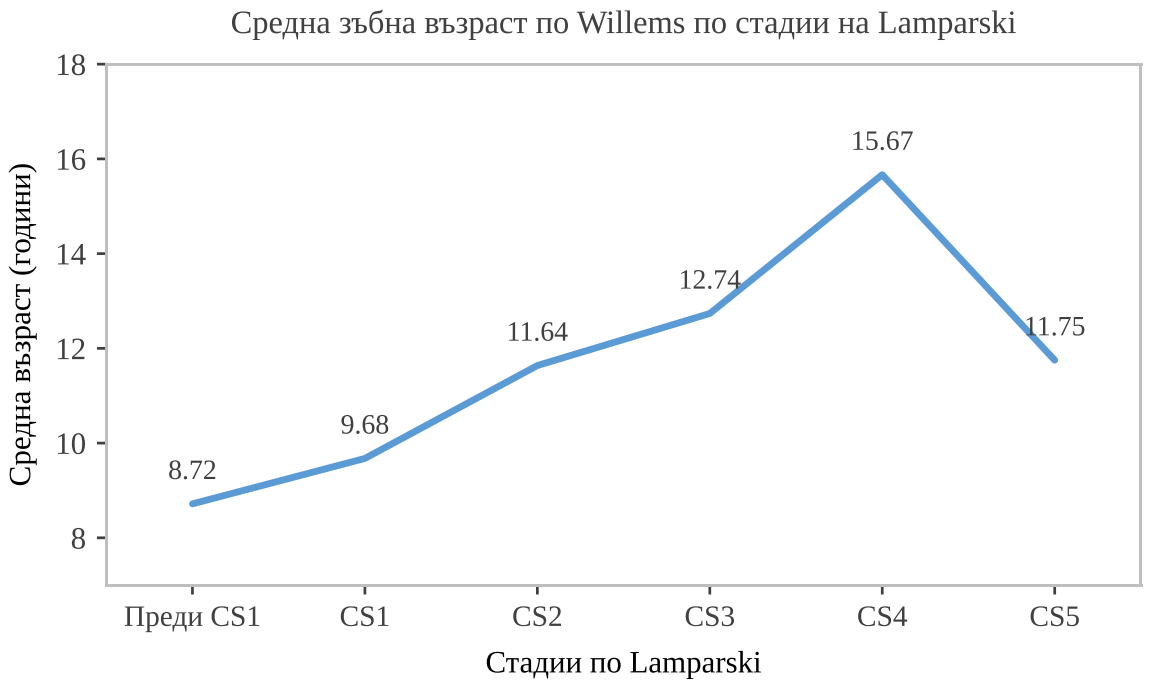
4.3.2 Изследване на връзката между зъбната възраст по метода на Willems и костната възраст по метода на Lamparski

Таблица 49. Дескриптивна статистика на зъбната възраст по Willems по стадии на Lamparski (в години)

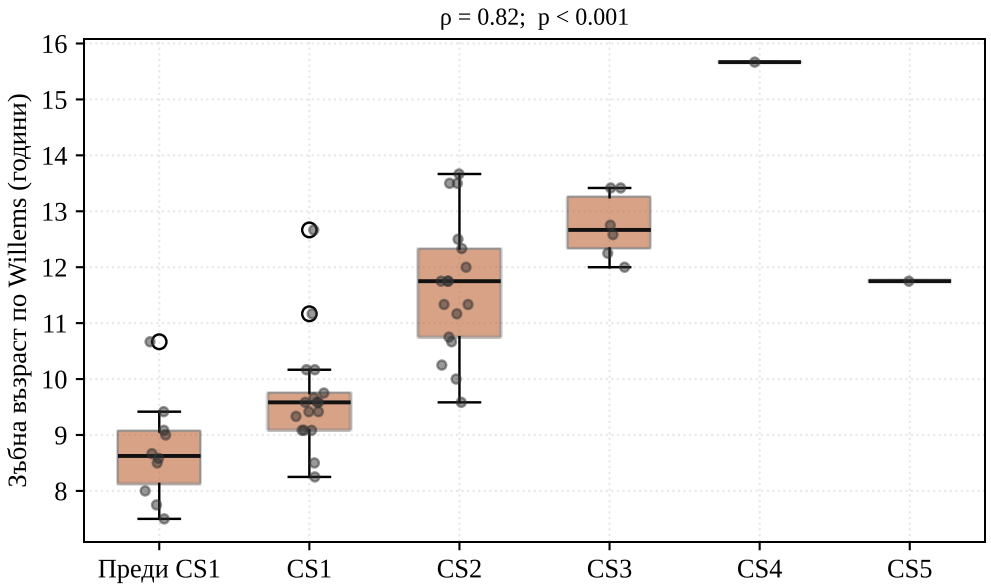
Стадий	Брой	Средна стойност	Станд. отклонение	Станд. грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	Минимум	Максимум
Преди CS1	10	8.72	0.91	0.29	8.06	9.37	7.50	10.67
CS1	17	9.68	1.01	0.25	9.16	10.20	8.25	12.67
CS2	17	11.64	1.21	0.29	11.02	12.26	9.58	13.67
CS3	6	12.74	0.59	0.24	12.12	13.35	12.00	13.42
CS4	1	15.67	—	—	—	—	15.67	15.67
CS5	1	11.75	—	—	—	—	11.75	11.75

Методологична бележка: стадиите с едно наблюдение съдържат недостатъчно данни — стандартното отклонение при n = 1 е математически недефинирано (означено с „—"), а стойностите за тези стадии имат само описателен характер.

Средната зъбна възраст по метода на Willems нараства последователно през стадиите на Lamparski. При „Преди CS1" тя е 8.72±0.91 години, при CS1 – 9.68±1.01 години, при CS2 – 11.64±1.21 години, а при CS3 достига 12.74±0.59 години. Единичните наблюдения при CS4 и CS5 са съответно 15.67 и 11.75 години.



Фигура 44: Средни стойности на зъбната възраст по метода на Willems за стадиите на костната възраст по метода на Lamparski



Фигура 45: Разпределение на зъбната възраст по Willems по стадии на костна възраст по Lamparski

Кутиите с мустаци (Box plot диаграмите) от Фигура 45 показват ясно изместване на зъбната възраст по Willems към по-високи стойности с преминаването от стадий „Преди CS1" към по-напредналите стадии на костна зрелост по Lamparski, което визуално подкрепя установената много силна положителна корелационна зависимост ($\rho = 0.824$; $p < 0.001$).

Таблица 50. Резултати от дисперсионния анализ (ANOVA)

Зъбна възраст по Willems (години)	**Сума на квадратите**	**Степени на свобода**	**Средна квадратна**	**F**	**Значимост p**
Между групите	122.54	5	24.51	22.986	<0.001
В групите	49.05	46	1.07		
Общо	171.59	51			

Резултатът от дисперсионния анализ показва $F = 22.986$ при $p < 0.001$. Следователно разликите между средните стойности на зъбната възраст по метода на Willems **са статистически значими** между отделните стадии на костната възраст по метода на Lamparski. Наблюдава се обща тенденция към нарастване на зъбната възраст от стадий „Преди стадий 1“ до CS3. Стойностите при CS4 и CS5 са единични наблюдения и не позволяват оценка на последователна тенденция в най-високите стадии.

Проверка на предпоставките: медианно базираният тест на Ливен (Brown–Forsythe) дава $F = 0.979$ при $p = 0.441$, което позволява да се приеме хомогенност на дисперсиите. Непараметричният тест на Крускал–Уолис потвърждава извода от дисперсионния анализ ($H(5) = 35.603$; $p < 0.001$).

Таблица 51: Рангова корелация на Спирман между зъбната възраст по Willems и стадия по Lamparski

Коефициент	Стойност	Значимост p (двустранна)	Брой	Сила на връзката
Коефициент на Спирман ρ	0.824	<0.001	52	много силна

Коефициентът на Спирман е ρ = 0.824 при p <0.001 — много силна и статистически значима положителна монотонна връзка: с нарастване на стадия на костната възраст по Lamparski нараства и зъбната възраст по Willems.

Резултатите от двата метода са съгласувани — дисперсионният анализ потвърждава наличието на статистически значими разлики между стадиите, а корелацията на Спирман показва, че тези разлики следват ясна, силна и монотонно нарастваща тенденция.

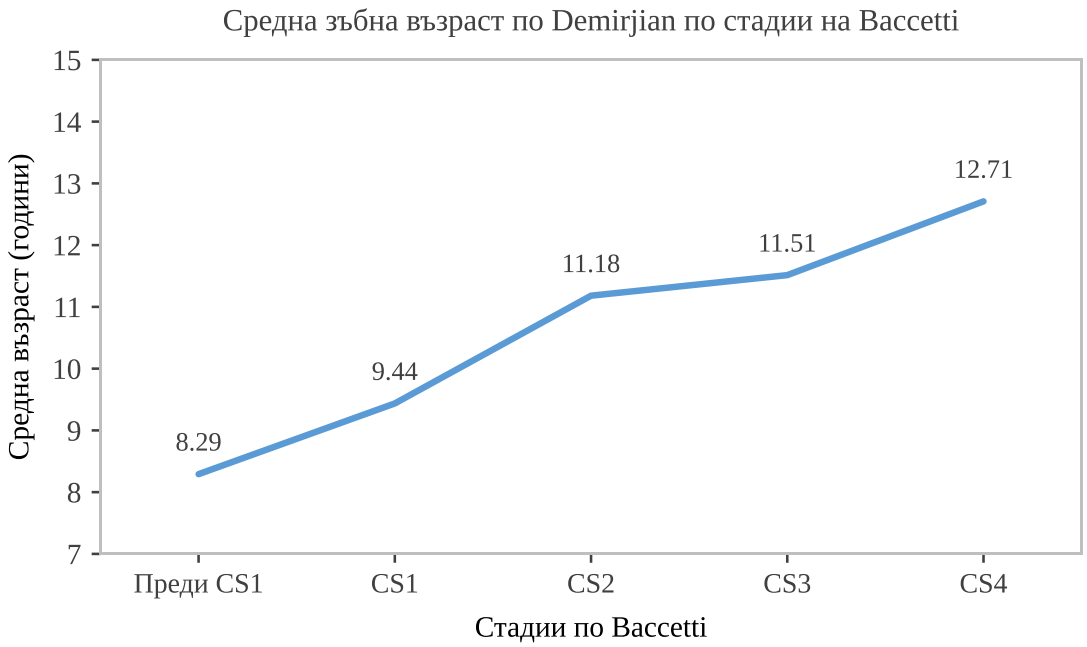
4.3.3 Изследване на връзката между зъбната възраст по метода на Demirjian и костната възраст по метода на Baccetti

Таблица 52. Дескриптивна статистика на зъбната възраст по Demirjian по стадии на Baccetti (в години)

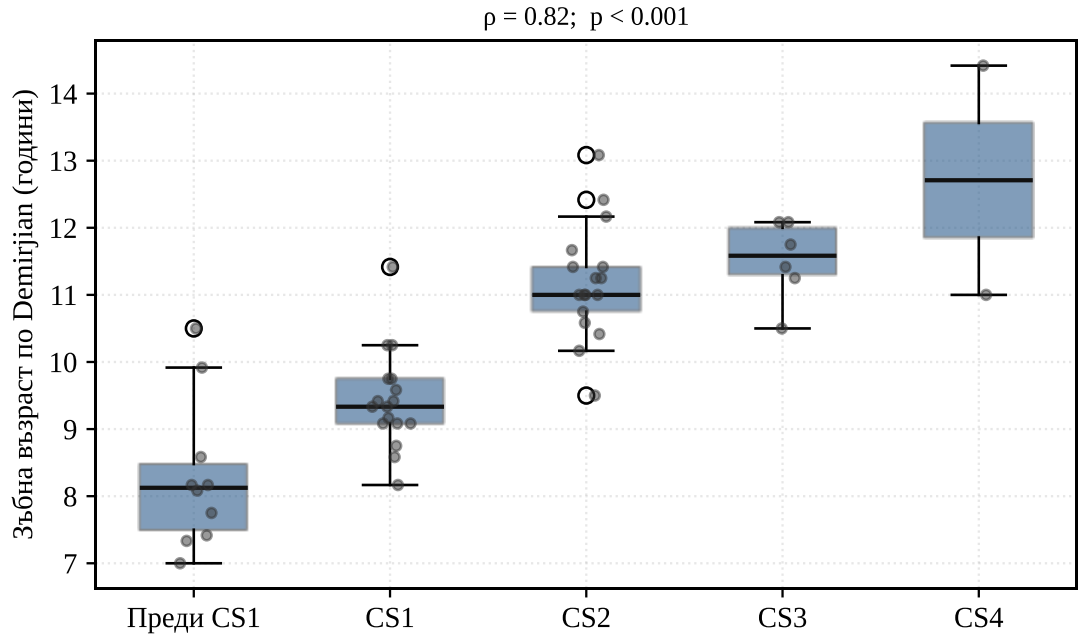
Стадий	Брой	Средна стойност	Станд. отклонение	Станд. грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	Минимум	Максимум
Преди CS1	10	8.29	1.12	0.35	7.49	9.09	7.00	10.50
CS1	17	9.44	0.74	0.18	9.06	9.82	8.17	11.42
CS2	17	11.18	0.85	0.21	10.74	11.62	9.50	13.08
CS3	6	11.51	0.60	0.25	10.88	12.15	10.50	12.08
CS4	2	12.71	2.42	1.71	-	-	11.00	14.42

Методологична бележка: при стадиите с малък брой наблюдения дескриптивните показатели имат само описателен характер. При n = 1 стандартното отклонение е математически недефинирано, а при n = 2 доверителният интервал е толкова широк, че губи информативност. И в двата случая стойностите са означени с „—".

Разпределението на зъбната възраст по Demirjian по стадиите на Baccetti следва същата закономерност. При „Преди CS1" средната стойност е 8.29±1.12 години, при CS1 – 9.44±0.74 години, при CS2 – 11.18±0.85 години, при CS3 – 11.51±0.60 години, а при CS4 средната е 12.71±2.42 години при само две наблюдения.



Фигура 46: Средни стойности на зъбната възраст, отчетени по метода на Demirjian за етапите на костната възраст, отчетени по метода на Baccetti



Фигура 47:Разпределение на зъбната възраст по Demirjian по стадии на костна възраст по Baccetti

Кутиите с мустаци (Box plot диаграмите) от Фигура 47 показват изместване на зъбната възраст по Demirjian към по-високи стойности с преминаването от стадий „Преди CS1“ към по-напредналите стадии на костна зрелост по Baccetti, което визуално подкрепя установената много силна положителна корелационна зависимост ($\rho = 0.820$; $p < 0.001$).

Таблица 53: Резултати от дисперсионния анализ (ANOVA)

Зъбна възраст по Demirjian (години)	Сума на квадратите	Степени на свобода	Средна квадратна	F	Значимост p
Между групите	85.53	4	21.38	25.571	<0.001
В групите	39.30	47	0.84		
Общо	124.83	51			

Резултатът от дисперсионния анализ показва $F = 25.571$ при $p < 0.001$. Следователно разликите между средните стойности на зъбната възраст по метода на Demirjian са статистически значими между отделните стадии на костната възраст по метода на Baccetti. Най-ниските средни стойности са характерни за стадий „Преди CS1“, а в по-късните стадии се наблюдават последователно по-високи стойности.

Проверка на предпоставките: медианно базираният тест на Ливен (Brown–Forsythe) дава $F = 2.101$ при $p = 0.096$, което позволява да се приеме хомогенност на дисперсиите. Непараметричният тест на Крускал–Уолис потвърждава извода от дисперсионния анализ ($H(4) = 35.365$; $p < 0.001$).

Таблица 54: Рангова корелация на Спирман между зъбната възраст по Demirjian и стадия по Baccetti

Коефициент	Стойност	Значимост p (двустранна)	Брой	Сила на връзката
Коефициент на Спирман ρ	0.820	<0.001	52	много силна

Коефициентът на Спирман е $\rho = 0.820$ при $p < 0.001$ — много силна и статистически значима положителна монотонна връзка: с нарастване на стадия на костната възраст по Baccetti нараства и зъбната възраст по Demirjian.

Резултатите от двата метода са съгласувани – дисперсионният анализ потвърждава наличието на статистически значими разлики между стадиите, а корелацията на Спирман показва, че тези разлики следват ясна, силна и монотонно нарастваща тенденция.

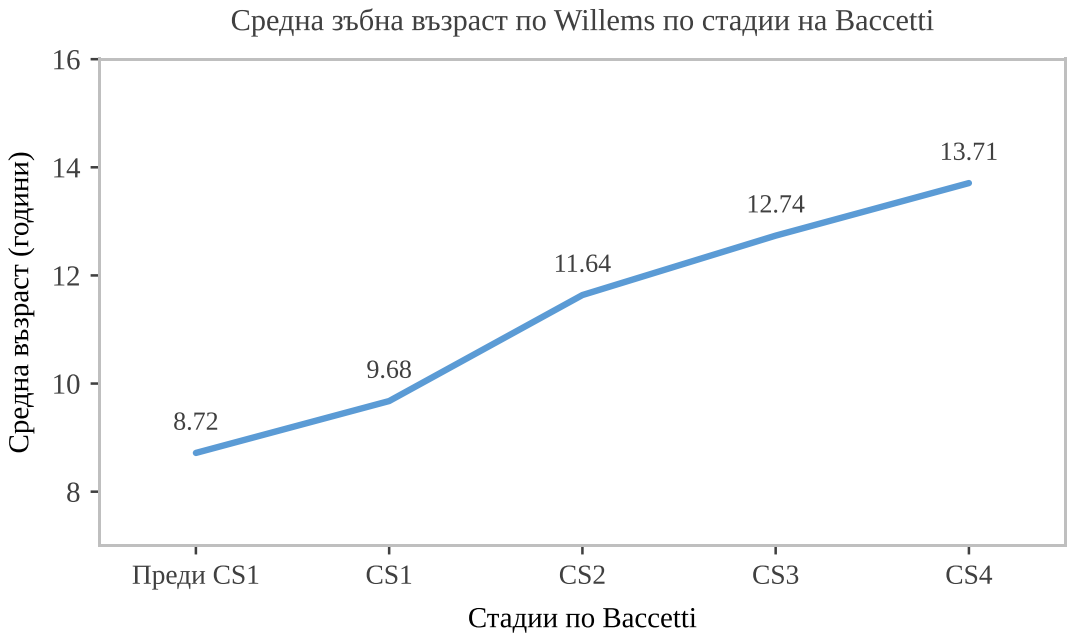
4.3.4 Изследване на връзката между зъбната възраст по метода на Willems и костната възраст по метода на Baccetti

Таблица 55: Дескриптивна статистика на зъбната възраст по Willems по стадии на Baccetti (в години)

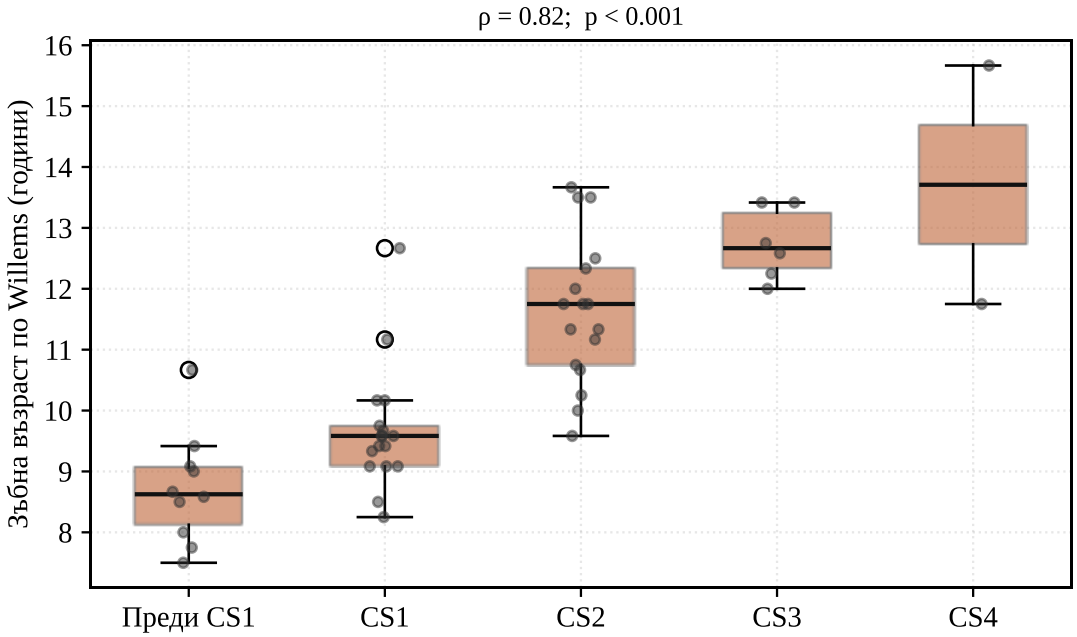
Стадий	Брой	Средна стойност	Станд. отклонение	Станд. грешка	95% ДИ долна	95% ДИ горна	Минимум	Максимум
Преди CS1	10	8.72	0.91	0.29	8.06	9.37	7.50	10.67
CS1	17	9.68	1.01	0.25	9.16	10.20	8.25	12.67
CS2	17	11.64	1.21	0.29	11.02	12.26	9.58	13.67
CS3	6	12.74	0.59	0.24	12.12	13.35	12.00	13.42
CS4	2	13.71	2.77	1.96	-	-	11.75	15.67

Методологична бележка: при стадиите с малък брой наблюдения дескриптивните показатели имат само описателен характер. При n = 1 стандартното отклонение е математически недефинирано, а при n = 2 доверителният интервал е толкова широк, че губи информативност. И в двата случая стойностите са означени с „—".

Средната зъбна възраст по метода на Willems нараства от 8.72±0.91 години при „Преди CS1" през 9.68±1.01 години при CS1 и 11.64±1.21 години при CS2 до 12.74±0.59 години при CS3. При CS4 средната стойност е 13.71±2.77 години при две наблюдения, поради което стандартното отклонение е много голямо и доверителният интервал – неинформативен.



Фигура 48: Средни стойности на зъбната възраст по метода на Willems за стадиите на костната възраст по метода на Baccetti



Фигура 49: Разпределение на зъбната възраст по Willems по стадии на костна възраст по Baccetti

Кутиите с мустаци (Box plot диаграмите) от Фигура 49 показват ясно изместване на зъбната възраст по Willems към по-високи стойности с преминаването от стадий „Преди CS1" към по-напредналите стадии на костна зрелост по Baccetti, което визуално подкрепя установената много силна положителна корелационна зависимост ($\rho = 0.825$; $p < 0.001$).

Таблица 56: Резултати от дисперсионния анализ (ANOVA)

Зъбна възраст по Willems (години)	Сума на квадратите	Степени на свобода	Средна квадратна	F	Значимост p
Между групите	114.87	4	28.72	23.798	<0.001
В групите	56.72	47	1.21		
Общо	171.59	51			

Резултатът от дисперсионния анализ показва $F = 23.798$ при $p < 0.001$. Следователно разликите между средните стойности на зъбната възраст по метода на Willems са статистически значими между отделните стадии на костната възраст по метода на Baccetti. Най-ниските средни стойности са характерни за стадий „Преди CS1“, а в по-късните стадии се наблюдават последователно по-високи стойности.

Проверка на предпоставките: медианно базираният тест на Ливен (Brown–Forsythe) дава $F = 2.287$ при $p = 0.074$, което позволява да се приеме хомогенност на дисперсиите. Непараметричният тест на Крускал–Уолис потвърждава извода от дисперсионния анализ ($H(4) = 35.079$; $p < 0.001$).

Таблица 57: Рангова корелация на Спирман между зъбната възраст по Willems и стадия по Baccetti

Коефициент	Стойност	Значимост p (двустранна)	Брой	Сила на връзката
Коефициент на Спирман ρ	0.825	<0.001	52	много силна

Коефициентът на Спирман е ρ = 0.825 при p <0.001 – много силна и статистически значима положителна монотонна връзка: с нарастване на стадия на костната възраст по Baccetti нараства и зъбната възраст по Willems.

Резултатите от двата метода са съгласувани – дисперсионният анализ потвърждава наличието на статистически значими разлики между стадиите, а корелацията на Спирман показва, че тези разлики следват ясна, силна и монотонно нарастваща тенденция.

ХИПОТЕЗА 4 се потвърждава изцяло. И при четирите комбинации се установява положителна, много силна и статистически значима зависимост между зъбната възраст и костната възраст: ρ = 0.819 за Demirjian × Lamparski, ρ = 0.824 за Willems × Lamparski, ρ = 0.820 за Demirjian × Baccetti и ρ = 0.825 за Willems × Baccetti, при p < 0.001 във всички случаи.

4.4. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 4: ОЦЕНКА НА РАЗВИТИЕТО НА ФАЛАНГИТЕ ПО МЕТОДА НА BJÖRK, GRAVE И BROWN

4.4.1 Разпределение на децата съобразно стадиите на развитие на фалангите съгласно метода на Björk общо и по пол

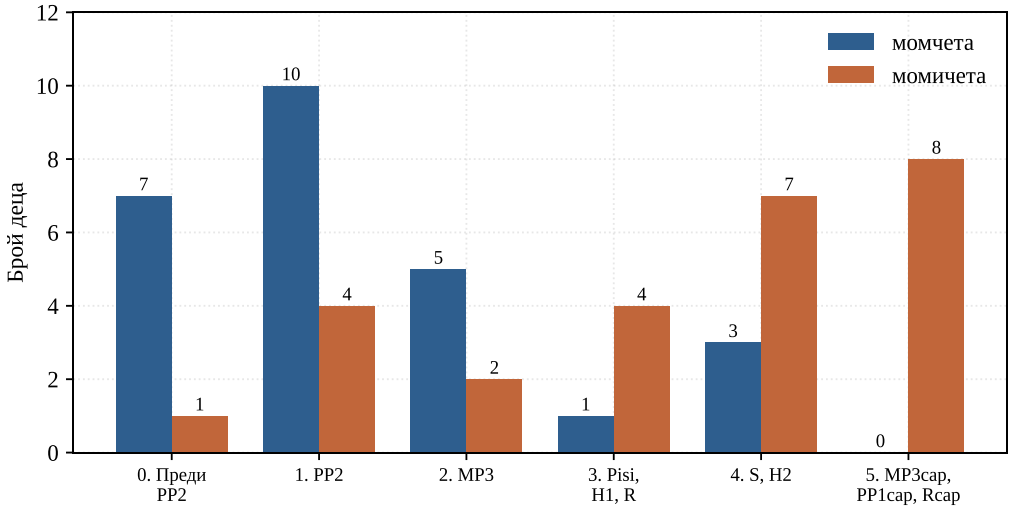
Разпределението на пациентите съобразно стадиите на развитие на фалангите общо и по пол е представено в следващата таблица.

Таблица 58: Разпределение на пациентите по етапи на развитие на фалангите съгласно метода на Björk общо и по пол

Стадии на развитие на фалангите	Момчета	Момичета	Общо	Относителен дял (%)
0. Преди PP2	7	1	8	15.38
1. PP2	10	4	14	26.92
2. MP3	5	2	7	13.46
3. Pisi, H1, R	1	4	5	9.62
4. S, H2	3	7	10	19.23
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	0	8	8	15.38
Общо	26	26	52	100.00

От таблицата се вижда, че 8 деца (15.38%) все още не са достигнали стадий PP2 – 7 момчета и 1 момиче. Най-голяма е групата в стадий 1 (PP2) – 14 деца (26.92%), от които 10 момчета и 4 момичета. В стадий 2 (MP3) са 7 деца (13.46%) – 5 момчета и 2 момичета. В стадий 3 (Pisi, H1, R) са 5 деца (9.62%) – 1 момче и 4 момичета. В стадий 4 (S, H2) са 10 деца (19.23%) – 3 момчета и 7 момичета. В стадий 5 (MP3cap, PP1cap, Rcap) са 8 деца (15.38%), всички момичета.

От 26-те момчета 22 са в стадии 0, 1 и 2, само 1 е в стадий 3 и 3 са в стадий 4; нито едно момче не е достигнало стадий 5. От 26-те момичета 19 са в стадии 3, 4 и 5, а 7 са в стадии 0, 1 и 2. Разпределението показва отчетливо изпреварващо развитие на момичетата.



Фигура 50: Разпределение на децата по стадии на развитие на фалангите съгласно метода на Björk

Тъй като стадият на развитие по Björk е ординална променлива с естествен порядък, а сравняваните групи – момчета и момичета – са независими, за проверка на статистическата значимост на различията е приложен непараметричният тест на Ман-Уитни (Mann-Whitney U Test).

Таблица 59: Резултати от теста на Ман–Уитни (Mann–Whitney U Test) за сравнение на стадиите по Björk между момчета и момичета

Пол	Брой	Среден ранг	Сума на ранговете	Резултат
Момчета	26	17.96	467.00	U = 116.00
Момичета	26	35.04	911.00	p <0.001

Резултатът от теста на Ман–Уитни показва **статистически значима разлика между момчетата и момичетата по достигнатия стадий на развитие на фалангите** (U = 116.00; p <0.001; z = -4.063). Средният ранг при момичетата (35.04) е значително по-висок от този при момчетата (17.96), което показва, че **момичетата като група се намират в чувствително по-напреднали стадии на развитие по Björk.**

4.4.2 Съпоставяне на хронологичната и зъбните възрасти с референтните критерии на Schopf's

Таблица 60. Стадии на скелетна зрялост по Björk, Grave и Brown, със средната хронологична възраст за достигането им според Schopf.

Стадии	Момчета	Момичета
1. PP2 – 3 години преди пика на пубертетния растеж	10.60	8.10
2. MP3	12.00	8.10
3. Pisi, H1, R	12.60	9.60
4. S, H2 – начало на пика на пубертетния растеж или малко преди него	13.00	10.60
5. MP3cap, PP1cap, Rcap – върхът на пубертетния растеж	14.00	11.00
6. DP3u – върхът на пубертетния растеж е преминал	15.00	13.00
7. PP3u	15.90	13.30
8. MP3u – 2–3 години след върха	15.90	13.90
9. Ru	18.30	16.00

Таблица 60 задава референтните критерии (в години) за възрастта, на която се очаква да бъде достигнат всеки стадий по метода на Björk, в модификацията на Grave и Brown, адаптирана от Schopf (1978), поотделно за момчета и момичета.

Таблици 61, 62 и 63 представят наблюдаваните средни стойности на хронологичната възраст и на зъбната възраст по Demirjian и Willems за всяка клетка стадий × пол в настоящата извадка и разликата им спрямо съответния критерий. При стадии без наблюдения сравнение не е възможно (означено с „—“).

Хронологична възраст

Таблица 61. Хронологична възраст на изследваните деца за всеки стадий по Björk, по пол, и разликата ѝ (в години) спрямо нормативната възраст по Schopf (One-Sample T-Test).

Стадий	Пол	Брой	Критерий	Наблюдавана средна	Разлика	Мин.–макс.
0. Преди PP2	момчета	7	—	8.22	—	7.00–9.00
0. Преди PP2	момичета	1	—	7.87	—	7.87
1. PP2	момчета	10	10.60	10.02	−0.58	7.91–11.00
1. PP2	момичета	4	8.10	8.95	0.85	8.33–9.50
2. MP3	момчета	5	12.00	11.01	−0.99	10.25–11.90
2. MP3	момичета	2	8.10	8.99	0.89	8.52–9.47
3. Pisi, H1, R	момчета	1	12.60	12.89	0.29	12.89
3. Pisi, H1, R	момичета	4	9.60	10.29	0.69	9.33–11.87
4. S, H2	момчета	3	13.00	11.69	−1.31	11.20–12.35
4. S, H2	момичета	7	10.60	10.67	0.07	9.79–11.29
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	момчета	0	14.00	—	—	—
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	момичета	8	11.00	11.57	0.57	10.85–12.30

Според нормативната възраст по Schopf момичетата достигат съответните стадии на по-ниска хронологична възраст от момчетата. В Таблица 61 средните хронологични възрасти в първите 4 стадии са в съответствие с тези критерии, т.е. средните възрасти на момичетата във всеки от тях са по-ниски от тези на момчетата. До 5-ти стадий не е достигнало нито едно момче, а момичетата в него са 8.

От друга страна, във всеки от стадиите средната възраст на момчетата е по-ниска от тази на критерия на Björk за момчетата, с изключение на стадий 3. Средната възраст на момичетата е по-висока от тази на критерия на Björk, т.е. изпълнено е твърдението в Хипотеза 5, че оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска хронологична възраст, а при момичетата на по-висока хронологична възраст спрямо критериите, определени по метода на Björk.

Зъбна възраст по Demirjian

Таблица 62. Зъбна възраст по Demirjian спрямо критериите на Björk, на изследваните деца за всеки стадий по Björk, по пол, и разликата ѝ (в години) спрямо нормативната възраст по Schopf (One-Sample T-Test)

Стадий	Пол	Брой	Критерий	Наблюдавана средна	Разлика	Мин.–макс.
0. Преди PP2	момчета	7	—	8.29	—	7.00–10.50
0. Преди PP2	момичета	1	—	8.58	—	8.58
1. PP2	момчета	10	10.60	9.75	−0.85	8.75–11.42
1. PP2	момичета	4	8.10	8.56	0.46	8.17–9.33
2. MP3	момчета	5	12.00	10.68	−1.32	9.75–11.42
2. MP3	момичета	2	8.10	8.67	0.57	8.17–9.17
3. Pisi, H1, R	момчета	1	12.60	11.42	−1.18	11.42
3. Pisi, H1, R	момичета	4	9.60	9.73	0.13	9.33–10.75
4. S, H2	момчета	3	13.00	12.11	−0.89	11.75–12.42
4. S, H2	момичета	7	10.60	11.17	0.57	10.17–13.08
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	момчета	0	14.00	—	—	—
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	момичета	8	11.00	11.75	0.75	10.50–14.42

Прилагайки критериите за оценка се установява, че в първите четири стадии оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-висока зъбна възраст, определена по метода на Demirjian, отколкото при момичетата, т.е. момичетата достигат съответните стадии при по-ниска зъбна възраст. До стадий 5 не е достигнало нито едно момче, докато в него има 8 момичета, т.е. отново момичетата достигат съответните етапи на по-ниска възраст.

От друга страна, във всеки от стадиите средната зъбна възраст по Demirjian на момчетата е по-ниска от тази на критерия на Björk за момчетата, а средната зъбна възраст на момичетата е по-висока от тази на критерия на Björk, т.е. изпълнено е твърдението в Хипотеза 5, че оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска зъбна възраст, а при момичетата – на по-висока зъбна възраст спрямо критериите, определени по метода на Björk.

Зъбна възраст по Willems

Таблица 63. Зъбна възраст по Willems спрямо критериите на Björk, на изследваните деца за всеки стадий по Björk, по пол, и разликата ѝ (в години) спрямо нормативната възраст по Schopf (One-Sample T-Test)

Стадий	Пол	Брой	Критерий	Наблюда-вана средна	Разлика	Мин.–макс.
0. Преди PP2	момчета	7	—	8.83	—	7.50–10.67
0. Преди PP2	момичета	1	—	8.50	—	8.50
1. PP2	момчета	10	10.60	10.17	−0.43	9.08–12.67
1. PP2	момичета	4	8.10	8.94	0.84	8.50–9.08
2. MP3	момчета	5	12.00	11.43	−0.57	10.17–12.33
2. MP3	момичета	2	8.10	8.58	0.48	7.75–9.42
3. Pisi, H1, R	момчета	1	12.60	12.25	−0.35	12.25
3. Pisi, H1, R	момичета	4	9.60	9.42	−0.18	8.25–10.67
4. S, H2	момчета	3	13.00	13.19	0.19	12.58–13.50
4. S, H2	момичета	7	10.60	11.31	0.71	10.00–13.67
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	момчета	0	14.00	—	—	—
5. MP3cap, PP1cap, Rcap	момичета	8	11.00	12.82	1.82	11.33–15.67

За зъбната възраст по Willems ситуацията е както при Demirjian. В първите три стадии оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-висока зъбна възраст, определена по метода на Willems, отколкото при момичетата, т.е. момичетата достигат съответните стадии при по-ниска зъбна възраст. До стадий 5 не е достигнало нито едно момче, докато в него има 8 момичета.

Отново във всеки от стадиите средната зъбна възраст на момчетата е по-ниска от тази на критерия на Björk за момчетата, с изключение на стадий 4. Средната зъбна възраст на момичетата е по-висока от тази на критерия на Björk, с изключение на стадий 3, т.е. изпълнено е твърдението в Хипотеза 5, че оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска зъбна възраст, а при момичетата – на по-висока зъбна възраст спрямо критериите, определени по метода на Björk.

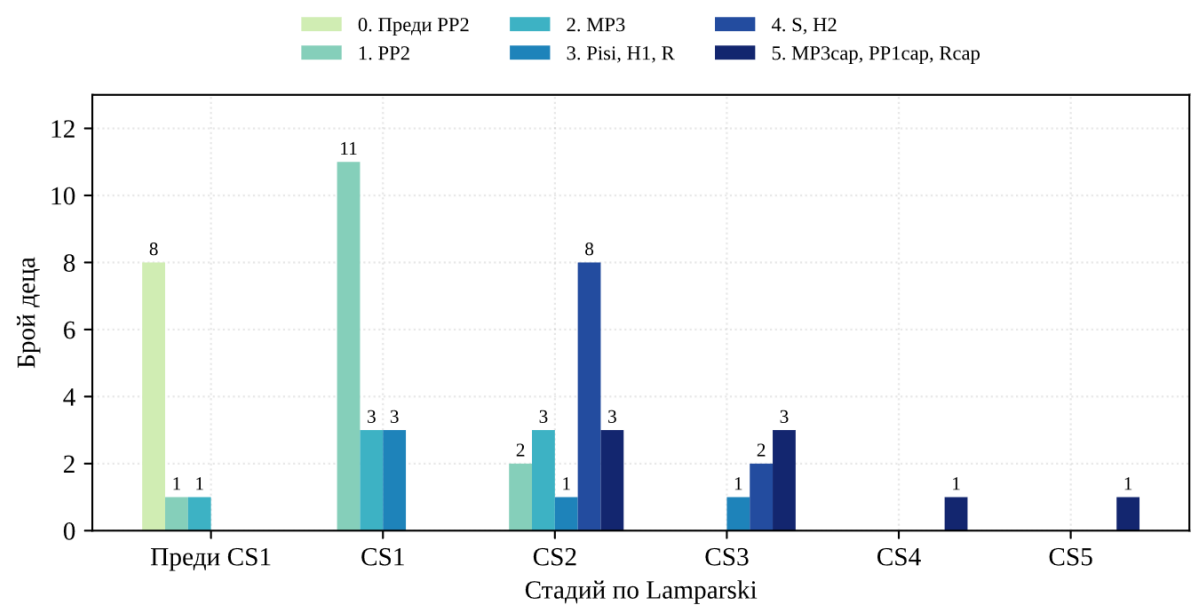
Следователно ХИПОТЕЗА 5 се потвърждава и в трите разгледани случая – оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска хронологична и зъбна възраст, а при момичетата – на по-висока хронологична и зъбна възраст спрямо критериите, определени по метода на Björk.

4.4.3 Костна възраст по Lamparski и Baccetti и развитие на фалангите по етапи по метода на Björk

Таблица 64. Кростаблица на костна възраст, определена по метода на Lamparski и развитието на фалангите по етапи – метод на Björk

Костна възраст, определена по метода на Lamparski		Метод на Björk и развитието на фалангите по етапи						Общо
		0 – преди PP2	PP2	MP3	Pisi, H1, R	S, H2	MP3cap, PP1cap, Rcap	
Преди CS1	Брой	8	1	1	0	0	0	10
	% от костния стадий	80,00%	10,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	% спрямо Björk	100,00%	7,14%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	19,23%
	% от общо	15,38%	1,92%	1,92%	0,00%	0,00%	0,00%	19,23%
CS1	Брой	0	11	3	3	0	0	17
	% от костния стадий	0,00%	64,71%	17,65%	17,65%	0,00%	0,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	78,57%	42,86%	60,00%	0,00%	0,00%	32,69%
	% от общо	0,00%	21,15%	5,77%	5,77%	0,00%	0,00%	32,69%
CS2	Брой	0	2	3	1	8	3	17
	% от костния стадий	0,00%	11,76%	17,65%	5,88%	47,06%	17,65%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	14,29%	42,86%	20,00%	80,00%	37,50%	32,69%
	% от общо	0,00%	3,85%	5,77%	1,92%	15,38%	5,77%	32,69%
CS3	Брой	0	0	0	1	2	3	6
	% от костния стадий	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	33,33%	50,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	20,00%	37,50%	11,54%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	3,85%	5,77%	11,54%
CS4	Брой	0	0	0	0	0	1	1
	% от костния стадий	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12,50%	1,92%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	1,92%
CS5	Брой	0	0	0	0	0	1	1
	% от костния стадий	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12,50%	1,92%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	1,92%

Кростаблицата показва изместване към по-високи стадии на Björk при преминаване към по-високи стадии по Lamparski. При стадий „Преди CS1" 8 от 10 деца са в стадий 0 по Björk. При CS1 11 от 17 деца са в стадий 1 по Björk, а останалите 6 се разпределят между стадии 2 и 3. При CS2 разпределението вече е изместено нагоре — 8 деца в стадий 4 и 3 в стадий 5. При CS3, CS4 и CS5 наблюденията са концентрирани изцяло в стадии 3, 4 и 5 по Björk.



Фигура 51. Разпределение на стадиите по Björk в рамките на стадиите по Lamparski

Таблица 65. Рангова корелация на Spearman между стадия по Lamparski и стадия по Björk

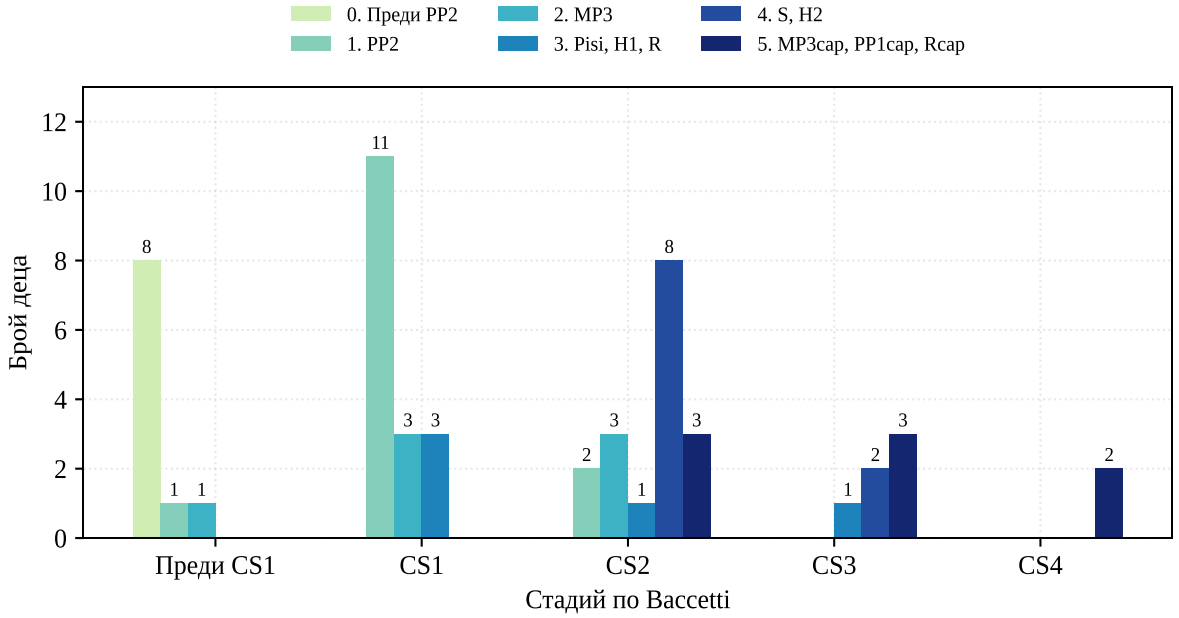
Показатели	N	Spearman ρ	p	Интерпретация
Lamparski × Björk	52	0.845	<0.001	Много силна положи-телна зависимост

Коефициентът на Спирман показва много силна положителна и статистически значима зависимост между стадия на костната възраст по Lamparski и стадия на развитие на фалангите по Björk ($\rho = 0.845$; $p < 0.001$). Следователно с преминаването към по-високи стадии по Lamparski се наблюдава ясна тенденция към преминаване към по-високи стадии на развитие на фалангите по Björk.

Таблица 66. Кростаблица на костна възраст, определена по метода на Baccetti и развитието на фалангите по етапи – метод на Björk

Костна възраст, опреде-лена по метода на Baccetti		Метод на Björk и развитието на фалангите по етапи						Общо
		0 – преди PP2	PP2	MP3	Pisi, H1, R	S, H2	MP3cap, PP1cap, Rcap	
Преди CS1	Брой	8	1	1	0	0	0	10
	% от костния стадий	80,00%	10,00%	10.00 %	0,00%	0.00%	0,00%	100,00%
	% спрямо Björk	100,00 %	7,14%	14,29 %	0,00%	0,00%	0,00%	19,23%
	% от общо	15,38%	1,92%	1,92%	0,00%	0,00%	0,00%	19,23%
CS1	Брой	0	11	3	3	0	0	17
	% от костния стадий	0,00%	64,71%	17,65 %	17,65%	0,00%	0,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	78,57%	42,86 %	60,00%	0,00%	0,00%	32,69%
	% от общо	0,00%	21,15%	5,77%	5,77%	0,00%	0,00%	32,69%

Костна възраст, опреде-лена по метода на Baccetti		Метод на Björk и развитието на фалангите по етапи						Общо
		0 – преди PP2	PP2	MP3	Pisi, H1, R	S, H2	MP3cap, PP1cap, Rcap	
CS2	Брой	0	2	3	1	8	3	17
	% от костния стадий	0,00%	11,76%	17,65 %	5,88%	47,06%	17,65%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	14,29%	42,86 %	20,00%	80,00%	37,50%	32,69%
	% от общо	0,00%	3,85%	5,77%	1,92%	15,38%	5,77%	32,69%
CS3	Брой	0	0	0	1	2	3	6
	% от костния стадий	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	33,33%	50,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	20,00%	37,50%	11,54%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	1,92%	3,85%	5,77%	11,54%
CS4	Брой	0	0	0	0	0	2	2
	% от костния стадий	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% спрямо Björk	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	3,85%
	% от общо	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,85%	3,85%



Фигура 52. Разпределение на стадиите по Björk в рамките на стадиите по Baccetti (брой деца)

Таблица 67. Рангова корелация на Spearman между стадия по Baccetti и стадия по Björk

Показатели	Брой	Spearman ρ	P	Интерпретация
Baccetti × Björk	52	0.845	<0.001	Много силна положи-телна зависимост

Коефициентът на Спирман **показва много силна положителна и статистически значима зависимост между стадия на костната възраст по Baccetti и стадия на развитие на фалангите по Björk** ($\rho = 0.845$; $p < 0.001$).

И при двата метода за оценка на костната възраст се установява положителна, много силна и статистически значима зависимост със стадия на развитие на фалангите по Björk: $\rho = 0.845$ при Lamparski и $\rho = 0.845$ при Baccetti, при $p < 0.001$. Посоката на зависимостта е положителна — по-високите стадии на костна зрелост по Lamparski и Baccetti са свързани с по-високи стадии на развитие на фалангите по Björk.

ХИПОТЕЗА 6 се потвърждава. И при двата метода за оценка на костната възраст се установява положителна, много силна и статистически значима зависимост със стадия на развитие на фалангите по Björk.

4.5. РЕЗУЛТАТИ ПО ЗАДАЧА 5: КРИТЕРИИ ЗА ОПТИМАЛНО ВРЕМЕ НА ОРТОДОНТСКО ЛЕЧЕНИЕ

Въз основа на резултатите по задачи 1–4 са изведени критерии за избор на оптимален момент за започване на функционално ортодонтско лечение при деца на 7–12 години. Критериите са обобщени в Таблица 68 и се отнасят за изследваната извадка.

Таблица 68. Критерии за оптимално време на ортодонтско лечение, изведени от резултатите в изследваната извадка

Показател	Стойност в извадката	Клинично значение
Средна хронологична възраст при стадии CS1 / CS2 / CS3 (Lamparski и Baccetti)	9.91 / 10.92 / 11.86 г. (Табл. 39 и 45)	Близки до мета-анализа на Magalhães и съавт. – 9.7 / 10.8 / 12.0 г.; хронологичната възраст е само ориентир, тъй като съседните стадии се припокриват
Зъбна възраст по Demirjian при CS1 → CS2	9.44 → 11.18 г. (+1.74 г.) (Табл. 46)	Най-големият скок между съседни стадии; зъбна възраст около 11 г. е сигнал за оценка на скелетната зрялост
Зъбна възраст по Willems при CS1 → CS2	9.68 → 11.64 г. (+1.96 г.) (Табл. 49)	Същият сигнал, като се отчита средно надценяване от около 5 месеца
Стадий S, H2 по Björk (начало на пубертетния скок) – средна хронологична възраст	момичета 10.67 г.; момчета 11.69 г. (Табл. 61)	При момичетата лечението се планира около една година по-рано
Стадий MP3cap, PP1cap, Rcap по Björk (пик на растежа) – средна хронологична възраст	момичета 11.57 г.; нито едно момче до 12.89 г. (Табл. 61)	При момчетата пикът настъпва след 12-годишна възраст
Връзка между стадиите на шийните прешлени и стадиите по Björk	$\rho = 0.845$; $p < 0.001$ (Табл. 65 и 67)	Рентгенография на ръка и китка е необходима само при гранична оценка по шийните прешлени

От тези резултати следва критерий в две стъпки:

1. Предварителна: при рутинната ортопантомография зъбна възраст около 11 години по Demirjian (около 11.5 години по Willems) показва, че детето приближава стадий CS2 и е необходима оценка на скелетната зрялост.

2. Потвърждение: стадий CS2–CS3 по Baccetti (или Lamparski) на профилната телерентгенография се приема за оптимален момент за започване на функционално лечение при скелетен клас II. При момичетата началото на пубертетния скок (стадий S, H2

по Björk) е средно на 10.67 години, а при момчетата – на 11.69 години, поради което при момичетата лечението трябва да се планира по-рано.

3. Рентгенография на ръка и китка по Björk се прави само при гранична или съмнителна оценка по шийните прешлени, за да се ограничи лъчевото натоварване на детето.

4.6. ОБОБЩЕНИЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Емпиричното статистическо изследване на 52 деца на възраст от 7 до 12 години, от които 26 момчета и 26 момичета, дава следните основни резултати:

ЗАДАЧА 1

1. Средната хронологична възраст на децата е 10.21±1.37 години, средната зъбна възраст по Demirjian е 10.15±1.56 години, а по Willems – 10.64±1.83 години. Според t-тест за зависими извадки (Paired Samples T-Test) разликата между хронологичната възраст и зъбната възраст по Demirjian е 0.06 години (около 3 седмици) и не е статистически значима ($t = 0.36$; $p = 0.723$). Зъбната възраст по Willems е средно с 0.43 години (около 5 месеца) по-висока от хронологичната възраст и разликата е статистически значима ($t = -2.37$; $p = 0.022$). Поотделно при момчетата и момичетата разликите не са статистически значими. Следователно ХИПОТЕЗА 1 се подкрепя частично.

2. Сравнението между момчетата и момичетата чрез t-тест за независими извадки не установява статистически значими различия между момичетата и момчетата при хронологичната възраст ($p = 0.353$), зъбната възраст по Demirjian ($p = 0.199$) и зъбната възраст по Willems ($p = 0.534$). Средните стойности и на трите показателя са по-високи при момичетата, но различията не са статистически значими. Следователно ХИПОТЕЗА 2 не се потвърждава.

3. Корелационният анализ показва положителни и статистически значими зависимости между трите вида възраст. Общо за децата връзките на хронологичната възраст със зъбната възраст по Demirjian ($R = 0.72$) и Willems ($R = 0.70$) са силни, а връзката между двата метода за зъбна възраст е много силна ($R = 0.93$). При момчетата коефициентите са съответно $R = 0.66$, $R = 0.62$ и $R = 0.95$, а при момичетата – $R = 0.78$, $R = 0.79$ и $R = 0.93$. Следователно ХИПОТЕЗА 3 се подкрепя както общо, така и поотделно за всеки пол.

ЗАДАЧА 2

При метода на Lamparski най-многобройни са групите в стадии CS1 и CS2 – по 17 деца (32.69%). Десет деца (19.23%) още не са достигнали CS1, 6 (11.54%) са в CS3, а по едно дете (1.92%) е в CS4 и CS5. При Baccetti разпределението до CS3 е същото, а 2 деца (3.85%) са в CS4.

И по двата метода момичетата са статистически значимо по-напреднали по достигнат стадий на костна зрелост в сравнение с момчетата ($U = 224.50$; $p = 0.031$). Средният ранг е 30.87 при момичетата и 22.13 при момчетата.

Установена е много силна положителна и статистически значима зависимост между хронологичната възраст и стадия на костната зрелост както по Lamparski, така и по Baccetti ($\rho = 0.849$; $p < 0.001$). С нарастването на хронологичната възраст децата преминават към по-високи стадии на костна зрелост.

ЗАДАЧА 3

Сравнителният анализ на зъбната и костната възраст е извършен за четирите комбинации между методите Demirjian и Willems за определяне на зъбната възраст и методите Lamparski и Baccetti за определяне на костната възраст.

Дисперсионният анализ показва статистически значими разлики между средните стойности на зъбната възраст в отделните стадии на костна зрелост и при четирите съпоставки: $F = 25.118$ за Demirjian × Lamparski, $F = 22.986$ за Willems × Lamparski, $F = 25.571$ за Demirjian × Baccetti и $F = 23.798$ за Willems × Baccetti, като във всички случаи $p < 0.001$. Непараметричните тестове на Крускал-Уолис потвърждават тези изводи ($p < 0.001$).

Ранговата корелация на Спирман установява положителни, много силни и статистически значими зависимости при всички четири комбинации: $\rho = 0.819$ за Demirjian × Lamparski, $\rho = 0.824$ за Willems × Lamparski, $\rho = 0.820$ за Demirjian × Baccetti и $\rho = 0.825$ за Willems × Baccetti, при $p < 0.001$ във всички случаи. С нарастване на стадия на костната възраст нараства и зъбната възраст. Следователно ХИПОТЕЗА 4 се потвърждава изцяло.

ЗАДАЧА 4

Резултатът от теста на Ман-Уитни показва статистически значима разлика между момчетата и момичетата по достигнатия стадий на развитие на фалангите ($U = 116.00$; $p < 0.001$; $z = -4.063$). Средният ранг при момичетата (35.04) е значително по-висок от този при момчетата (17.96), което показва, че момичетата като група се намират в чувствително по-напреднали стадии на развитие по Björk.

Прилагайки критериите на Björk се установява, че оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска хронологична възраст спрямо критериите на Björk, с изключение на стадий 3, а оценките при момичетата съответстват на по-висока хронологична възраст спрямо критериите на Björk.

Аналогично, оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска зъбна възраст по Demirjian, докато при момичетата съответстват на по-висока зъбна възраст по Demirjian спрямо критериите на Björk.

Оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска зъбна възраст по Willems, с изключение на стадий 4, докато при момичетата – на по-висока зъбна възраст по Willems, с изключение на стадий 3, спрямо критериите на Björk.

Следователно ХИПОТЕЗА 5 се потвърждава и в трите разгледани случая – оценките за развитието на фалангите при момчетата съответстват на по-ниска хронологична и зъбна възраст, а при момичетата – на по-висока хронологична и зъбна възраст съобразно критериите, определени по метода на Björk.

Установена е много силна положителна и статистически значима зависимост между стадиите на костната зрелост и развитието на фалангите: $\rho = 0.845$ за Lamparski × Björk и $\rho = 0.845$ за Baccetti × Björk, при $p < 0.001$ и в двата случая. По-високите стадии по Lamparski и Baccetti са свързани с по-високи стадии по Björk. **Следователно ХИПОТЕЗА 6 се потвърждава.**

ЗАДАЧА 5

Предложен е критерий в две стъпки за избор на оптимален момент за функционално ортодонтско лечение: предварителна оценка чрез зъбната възраст от ортопантомографията (около 11 години по Demirjian) и потвърждение чрез стадий CS2-CS3 на профилната телерентгенография; рентгенография на ръка и китка се прави само при гранична оценка. При момичетата началото на пубертетния разтеж настъпва около една година по-рано (10.67 срещу 11.69 години в стадий S, H2 по Björk).

4.7. ДИСКУСИЯ

Приносът на настоящото изследване се състои в това, че при едни и същи 52 деца на 7-12 години (26 момчета и 26 момичета) едновременно са съпоставени хронологичната възраст, зъбната възраст по Demirjian и Willems, костната възраст по Lamparski и Baccetti и развитието на фалангите по Björk. Всички показатели са получени от рутинни за ортодонтската диагностика образни изследвания – ортопантомография, профилна телерентгенография и рентгенография на ръка и китка, поради което резултатите могат да бъдат обсъдени не само поотделно за всеки метод, но и като цялостна многометодна оценка на биологичната възраст. Предварителен критичен анализ на методите на Demirjian и Willems при българските деца е публикуван в сп. „Ортодонтски преглед“.

Оценката на биологичната възраст е необходима, защото хронологичната възраст е слаб показател за индивидуалния ход на растеж и развитие. Още ранните проучвания на Green и Fishman показват, че деца с еднаква хронологична възраст се различават значително по скелетна и зъбна възраст, а в съвременната педиатрична практика костната възраст остава един от основните показатели за оценка на растежа. В ортодонтията това има пряко клинично значение, тъй като ефектът от функционалното лечение зависи от фазата на растеж, в която то е започнато.

В нашата извадка средната хронологична възраст е 10,21±1,37 години, средната зъбна възраст по Demirjian – 10,15±1,56 години, а по Willems – 10,64±1,83 години. Разликата между хронологичната възраст и зъбната възраст по Demirjian е само 0,06 години (около 3 седмици) и не е статистически значима ($t = 0,36$; $p = 0,723$). Методът на Willems надценява хронологичната възраст средно с 0,43 години (около 5 месеца) и тази разлика е статистически значима ($t = -2,37$; $p = 0,022$). При момчетата разликите са 0,16 години по Demirjian ($p = 0,526$) и −0,45 години по Willems ($p = 0,115$), а при момичетата – съответно −0,05 години ($p = 0,808$) и −0,42 години ($p = 0,104$). Посоката на отклоненията е еднаква при двата пола, но поотделно по пол разликите не достигат статистическа значимост, което се дължи главно на по-малкия обем на подгрупите (по 26 деца).

Тези резултати се различават от преобладаващите в световната литература. Мета-анализите на Esan и съавт., Hostiuc и съавт. и De Donno и съавт. показват, че оригиналният метод на Demirjian надценява възрастта средно с 0,5–0,7 години, докато мета-анализите на Sehrawat и Singh, Wang и съавт. и Yusof и съавт. установяват, че методът на Willems е по-точен и отклонението му обикновено не надвишава 0,3 години. В балканските популации надценяването по Demirjian е още по-изразено – 0,43–0,55 години в Косово, 0,72–0,77 години в Черна гора, около една година в Хърватия и в областта Тракия

в Турция и 1,44 години в Румъния, като подобни тенденции са описани и в Сърбия и Северна Македония. В същите проучвания методът на Willems надценява възрастта значително по-слабо (0,17–0,48 години).

В нашето изследване съотношението между двата метода е обратно – по Demirjian средната разлика е практически нулева, а по Willems се наблюдава умерено, но статистически значимо надценяване. Подобни резултати не са изолирани. Galić и съавт. установяват надценяване по метода на Willems при деца от Босна и Херцеговина, Zhai и съавт. – по-добра точност на Demirjian спрямо Willems при деца от Северен Китай, а Kelmendi и съавт. – че модифицираните варианти на Demirjian при момчетата са по-точни от метода на Willems. Сравнителни проучвания, в които няколко метода са приложени в една и съща извадка, също показват, че класирането на методите по точност се променя в зависимост от популацията, възрастовия диапазон и системата за стадиране. Възможните обяснения за нашия резултат са три. Първо, регресионният коефициент между двата метода е 1,09, т.е. разликата между зъбната възраст по Willems и по Demirjian нараства с възрастта и надценяването по Willems се дължи предимно на по-големите деца. Второ, изследваният диапазон (7–12 години) е по-тесен от този в повечето мета-анализи (3–18 години) и обхваща най-интензивната фаза на минерализация на премоларите, кучешките зъби и вторите молари, в която отклоненията между методите са най-големи. Liversidge и съавт. подчертават, че систематичното отклонение на всеки метод зависи от възрастовата структура на изследваната и на референтната извадка, поради което резултати, получени при различни възрастови диапазони, не са пряко сравними. Трето, ограниченият обем на извадката (n = 52) увеличава влиянието на единични деца с изразено ускорено зъбно развитие (максимална зъбна възраст 14,42 години по Demirjian и 15,67 години по Willems при максимална хронологична възраст 12,89 години).

Регионалните различия в зъбното развитие се установяват дори в рамките на една държава – Cantekin и съавт. описват различна зъбна възраст при деца от различни климатични региони на Турция, а Ramanan и съавт. и Barati и съавт. обосновават необходимостта от популационно специфични модели за оценка на зъбната възраст. За разлика от Altunsoy и съавт., Celikoglu и съавт. и Kırzıoğlu и Ceyhan, които заключават, че методът на Demirjian не е подходящ за турските деца, в нашата извадка методът дава незначимо отклонение от хронологичната възраст и може да се приеме за приложим при българските деца на 7–12 години. Тъй като и в скорошни проучвания при деца на 7–12 години съотношението между двата метода варира, този извод следва да бъде потвърден в по-голяма, многоцентрова извадка.

Най-пряко сравними с нашите резултати са данните на Атанасова, получени при български деца в дисертационния ѝ труд и в свързаните с него публикации. Двете изследвания се различават по обем и възрастов обхват: Атанасова изследва 320 деца на 7-17 години (ОПГ и ТРГ), от които 295 деца на 7–16 години за метода на Willems, докато настоящото изследване включва 52 деца на 7-12 години, при всяко от които са налични ортопантомография, профилна телерентгенография и рентгенография на ръка и китка.

Най-съществената разлика е по отношение на метода на Demirjian. Атанасова установява надценяване на хронологичната възраст, което в отделни възрастови групи

достига почти две години, докато в нашата извадка средната зъбна възраст по Demirjian практически съвпада с хронологичната (разлика 0,06 години; p = 0,723). Различието може да се обясни с по-широкия възрастов обхват в изследването на Атанасова (до 17 години), тъй като при по-големите деца, близо до завършване на зъбното развитие, методът на Demirjian по правило надценява възрастта най-силно, както и с различния обем и регионален произход на двете извадки.

При метода на Willems двете изследвания са в добро съответствие. И в двете се установява статистически значимо надценяване на хронологичната възраст от порядъка на 4–5 месеца – 0,34 години при Атанасова (p < 0,05) и 0,43 години в настоящото изследване (p = 0,022), като при Атанасова надценяването също е изразено именно във възрастовите групи между 7,00 и 12,99 години. Това съвпадение, получено в две независими български извадки, дава основание да се приеме, че методът на Willems в оригиналния си вид леко надценява възрастта на българските деца в смесено съзъбие и че при клиничното му прилагане трябва да се отчита средна корекция от около 5 месеца.

Корелацията между зъбната и хронологичната възраст е с еднаква посока в двете изследвания, но при Атанасова стойностите са по-високи (r = 0,89 при момчетата и r = 0,90 при момичетата по метода на Willems), отколкото в нашата извадка (R = 0,72 по Demirjian и R = 0,70 по Willems; по пол R = 0,62–0,79). Разликата е очакван статистически ефект от по-тесния възрастов обхват в настоящото изследване, при който вариацията на хронологичната възраст е по-малка и коефициентът на корелация закономерно намалява.

По отношение на пола Атанасова установява, че в групата 10,00–11,99 години разликата между зъбната възраст по Demirjian и хронологичната възраст зависи от пола и методът е по-неточен при момичетата. В нашето изследване средните стойности и на трите вида възраст също са по-високи при момичетата, като разликата е най-голяма при зъбната възраст по Demirjian (0,56 години), но тя не достига статистическа значимост (p = 0,199). Резултатите следователно се различават частично – по посоката си те са сходни, но в нашата по-малка извадка половото влияние върху зъбната възраст не се потвърждава статистически.

По отношение на костната възраст резултатите ни съответстват на данните на Атанасова по метода на Baccetti: и в двете изследвания момичетата достигат по-напреднали стадии по-рано от момчетата, а при деца до 12 години преобладават стадиите CS1–CS2. Атанасова описва настъпване на стадиите CS3–CS4 при момичетата на 10–12 години, а при момчетата – на 13–14 години, докато момчетата до 12-годишна възраст остават предимно в стадии CS1–CS2. В нашата извадка момичетата са статистически значимо по-напреднали (U = 224,50; p = 0,031), при 11-годишните преобладава CS2, при 12-годишните – CS3, нито едно момче не е достигнало стадий CS4–CS5, а при момичетата се наблюдават единични случаи в тези стадии. Тези данни са в пълно съответствие с установеното от Атанасова.

Полово различие между момчетата и момичетата по отношение на хронологичната възраст и зъбната възраст, определена по методите на Demirjian и Willems, не са статистически значими (p = 0,353; 0,199 и 0,534), въпреки че средните стойности при момичетата са по-високи (съответно с 0,36; 0,56 и 0,32 години). В литературата е добре

документирано, че момичетата изпреварват момчетата в зъбното развитие, но при малки подгрупи тази разлика често не достига значимост. Същевременно половите различия в костната зрялост в нашето изследване са ясно изразени: по методите на Lamparski и Baccetti момичетата са статистически значимо по-напреднали ($U = 224{,}50$; $p = 0{,}031$), а по метода на Björk разликата е още по-силна ($U = 116{,}00$; $p < 0{,}001$; $z = -4{,}063$) – нито едно момче не е достигнало стадий 5, докато в този стадий са 8 момичета. Това съответства на мета-анализа на Magalhães и съавт., според който момичетата достигат съответния стадий по Baccetti средно около една година по-рано, на данните на Oncan и Akan, както и на резултатите на Атанасова.

Следователно при деца на 7 – 12 години половият диморфизъм се проявява по-силно в скелетното, отколкото в зъбното съзряване. Това съответства на наблюдението, че зъбното развитие е по-слабо повлияно от хормоналните и средовите фактори, отколкото скелетното съзряване – например при деца с изолиран дефицит на растежен хормон костната възраст изостава значително повече от зъбната, а недохранването не променя съществено сроковете на зъбното формиране. Клиничното следствие е, че при момичетата функционалното ортодонтско лечение трябва да се планира по-рано, отколкото при момчетата.

Установените корелации между хронологичната и зъбната възраст ($R = 0{,}72$ по Demirjian и $R = 0{,}70$ по Willems) са силни и статистически значими, като при момичетата са по-високи ($R = 0{,}78$ и $R = 0{,}79$), отколкото при момчетата ($R = 0{,}66$ и $R = 0{,}62$). Коефициентите на детерминация показват, че хронологичната възраст обяснява около половината (48–52%) от вариацията на зъбната възраст – при момчетата 38–44%, а при момичетата 62–63%. Останалата част отразява индивидуалните различия в темпа на зъбното съзряване, т.е. именно онази информация, която хронологичната възраст не може да даде.

Много силната връзка между методите на Demirjian и Willems ($R = 0{,}93$; $R^2 = 0{,}87$ общо; $R = 0{,}95$ при момчетата и $R = 0{,}93$ при момичетата) е логична, тъй като и двата метода използват едни и същи стадии на развитие на седемте леви долночелюстни зъба и се различават само по начина на претегляне на стадиите. Двата метода подреждат децата по степен на зрялост почти еднакво и се различават главно по систематичното изместване на изчислената възраст. Това е в съответствие с извода на Marconi и съавт. за високата възпроизводимост на индексите за зъбна зрялост и с данните на AlOtaibi и съавт., че точността зависи главно от системата за стадиране и от отделните зъби, включени в оценката.

По отношение на костната възраст, определена по методите на Lamparski и Baccetti, по-голямата част от децата (44 от 52, или 84,6%) са в стадий преди CS1, в CS1 или в CS2, т.е. в предпубертетния период, а само 2 деца (3,85%) са в стадий CS4 или по-висок. Тази картина съответства на възрастта на извадката и на данните на Magalhães и съавт., според които стадий CS1 се достига средно на 9,7 години, CS2 – на 10,8 години, а CS3 – на 12,0 години. Нашите средни хронологични възрасти по стадии (8,23 години преди CS1; 9,91 години при CS1; 10,92 години при CS2 и 11,86 години при CS3) са много близки до тези референтни стойности, което подкрепя приложимостта на метода.

Много силната корелация между хронологичната възраст и стадия на костната зрялост ($\rho = 0{,}849$; $p < 0{,}001$), потвърдена и от теста на Крускал-Уолис ($H(5) = 37{,}244$ за Lamparski и $H(4) = 37{,}190$ за Baccetti; $p < 0{,}001$), е в съответствие с данните на Baidas за значима връзка между морфологията на шийните прешлени и хронологичната възраст, но отчасти се дължи и на тесния възрастов диапазон, в който преобладават предпиковите стадии. Въпреки това хронологичните възрасти на съседните стадии се припокриват- 9-, 10- и 11-годишни деца се срещат както в CS1, така и в CS2, а в стадий CS2 има и едно дете на 7,91 години. Това показва, че хронологичната възраст сама по себе си не позволява да се определи индивидуалният стадий на зрялост – извод, който съответства на Hägg и Taranger, Baccetti и съавт., Fishman и McNamara и Franchi.

Разпределението на децата по стадии е идентично по двата метода до стадий CS3, а различия се проявяват само в най-късните стадии (CS4-CS5), представени с единични наблюдения. Следователно в предпубертетния период методите на Lamparski и Baccetti класифицират децата практически еднакво, а по-простият и по-широко използван метод на Baccetti е напълно достатъчен за клиничната практика при деца на 7-12 години. Методът има и практическото предимство, че използва рутинната профилна телерентгенография и не изисква допълнително облъчване, а автоматизираните системи с изкуствен интелект вече постигат добра точност при стадирането на шийните прешлени.

Що се отнася до връзката между зъбната и костната възраст, при четирите комбинации между методите за зъбна и костна възраст дисперсионният анализ показва статистически значими разлики в зъбната възраст между стадиите на костна зрялост ($F = 22{,}986–25{,}571$; $p < 0{,}001$), потвърдени от непараметричния тест на Крускал–Уолис ($H = 35{,}079–35{,}996$; $p < 0{,}001$), а ранговата корелация на Спирман е много силна и статистически значима ($\rho = 0{,}819–0{,}825$; $p < 0{,}001$). Зъбната възраст нараства последователно от стадий „преди CS1“ (8,29 години по Demirjian и 8,72 години по Willems) до CS3 (11,51 и 12,74 години), като най-голям е скокът между CS1 и CS2 (1,74 години по Demirjian и 1,96 години по Willems).

Установените стойности са в горната граница на съобщаваните в литературата: Trakinienė и съавт. отчитат $r = 0{,}81$-$0{,}82$ между CVM и калцификацията на отделни зъби, Oncan и Akan – $r = 0{,}65–0{,}72$, Litsas и Lucchese – $r = 0{,}65–0{,}72$ за вторите молари, а Ong и съавт. – $\rho > 0{,}826$ в голяма корейска извадка. Сходни резултати съобщават Mini и съавт. и Jourieh и съавт., а още Sierra описва тясна връзка между зъбната и скелетната зрялост в периода на смесеното съзъбие. По-високите стойности в нашето изследване се обясняват с използването на интегрален показател – зъбна възраст, изчислена от седем зъба, вместо стадия на отделен зъб, което намалява случайната грешка.

Практически еднаквите коефициенти при Demirjian и Willems показват, че по отношение на връзката със скелетната зрялост двата метода са равностойни. Литературата обаче предупреждава, че въпреки силната корелация зъбната възраст не може да замени скелетните индикатори при определяне на пубертетния пик. Нашите данни потвърждават това: в стадий CS2 зъбната възраст по Willems варира в широки граници (9,58–13,67 години; стандартно отклонение 1,21 години), а в стадий CS4 по Baccetti двете деца са със зъбна възраст по Demirjian 11,00 и 14,42 години. Затова приемаме, че зъбната

възраст, определена от рутинната ортопантомография, е подходящ скринингов показател, а стадият на шийните прешлени и при необходимост на фалангите – потвърждаващ показател при вземане на решение за времето на лечение.

Оценката на развитието на фалангите по метода на Björk, Grave и Brown показва най-силно изразен полов диморфизъм: 19 от 26 момичета (73,1%) са в стадии 3-5, докато 22 от 26 момчета (84,6%) са в стадии 0-2, а стадий 5 (MP3cap, PP1cap, Rcap) е достигнат само от момичета. Съпоставката с полово-специфичните референтни критерии на Björk показва, че при момчетата наблюдаваните средни хронологични и зъбни възрасти в стадиите са по-ниски от референтните (с изключение на стадий 3 за хронологичната възраст и стадий 4 за зъбната възраст по Willems), а при момичетата по-високи (с изключение на стадий 3 за зъбната възраст по Willems). В трите разгледани случая: в нашата извадка момчетата достигат съответното костно развитие по фалангов стадий по-рано от очакваното по оригиналните критерии, а момичетата по-късно от очакваното, но все пак на по-ниска абсолютна възраст от момчетата. Подобни отклонения от историческите стандарти се обясняват със секуларния тренд към по-ранно съзряване и с популационните различия, които налагат актуализиране на референтните стойности. Трябва да се отчете и методологичният ефект на горната възрастова граница (12,89 години): референтните възрасти за момчетата в стадии 4 и 5 са 13-14 години и в тези стадии попадат само рано съзряващите момчета, поради което средната им възраст е закономерно по-ниска от критерия.

Много силната корелация между стадиите по Björk и стадиите по Lamparski и Baccetti ($\rho = 0{,}845$; $p < 0{,}001$) която потвърждава и заключението на систематичния обзор на Dipalma и съавт., че методите на шийните прешлени и на средната фаланга са силно корелирани и еквивалентни биологични индикатори, както и по-ранните данни на Chang и съавт., Flores-Mir и съавт. и Szemraj и съавт. Perinetti и Contardo подчертават, че методите на ръка и китка са сред най-надеждните индикатори за пубертетния скок, а Franchi и съавт. показват, че максималният растеж на долната челюст съвпада с интервала CS3–CS4. С оглед на лъчевата защита и етичните изисквания обаче рентгенографията на ръка и китка не трябва да се прави рутинно, а само когато оценката по шийните прешлени е гранична или клиничното решение зависи от точния стадий.

Клиничното значение на резултатите се изразява в това, че те позволяват да се предложи последователен алгоритъм за оценка на биологичната зрялост при деца на 7–12 години: (1) хронологичната възраст служи само като ориентир; (2) зъбната възраст се определя от рутинната ортопантомография, като в изследваната извадка методът на Demirjian дава най-близки до хронологичната възраст стойности, а методът на Willems трябва да се интерпретира с отчитане на средно надценяване от около 5 месеца; (3) стадият на скелетна зрялост се определя от профилната телерентгенография по Baccetti (или Lamparski), без допълнително облъчване; (4) рентгенография на ръка и китка по Björk се прави само при гранична или съмнителна оценка. При момичетата стадиите на скелетна зрялост настъпват по-рано и функционалното лечение трябва да се планира по-рано, отколкото при момчетата. Този подход съответства на данните, че ефективността на функционалните апарати е най-голяма, когато лечението обхваща пубертетния пик на растежа, и на съвременните препоръки за индивидуализирано определяне на момента на лечение. Числовите критерии са представени в (Табл. 68).

Не на последно място, изследването има ограничения, които трябва да се отчитат при интерпретацията на резултатите. Обемът на извадката (n = 52) е ограничен, поради което част от разликите по пол не достигат статистическа значимост, а стадиите CS4–CS5 са представени с единични наблюдения и стойностите за тях имат само описателен характер. Горната граница на възрастта (12,89 години) е под референтните възрасти по Björk за момчетата в стадии 4–5 (13–14 години). Стадирането е извършено от един изследовател. Изследването е напречно и не позволява проследяване на индивидуалната динамика на растежа. Извадката включва пациенти, търсещи ортодонтско лечение, и не е представителна за цялата детска популация на България. Тези ограничения очертават перспективите за бъдещи проучвания – по-голяма, многоцентрова и надлъжна извадка, разработване на специфични за българската популация стандарти за методите на Demirjian и Willems.

V. ИЗВОДИ

1. В изследваната извадка от 52 деца на 7–12 години зъбната възраст по Demirjian практически съвпада с хронологичната (разлика 0,06 години; p = 0,723), докато методът на Willems я надценява средно с 0,43 години (95% ДИ 0,07–0,80; p = 0,022).

2. Поотделно при момчетата и при момичетата разликите между хронологичната и зъбната възраст не са статистически значими, а половите различия в зъбната възраст не достигат значимост (p = 0,199–0,534).

3. Хронологичната възраст е силно свързана със зъбната възраст (R = 0,72 по Demirjian и R = 0,70 по Willems), а двата метода за зъбна възраст са много силно свързани помежду си (R = 0,93).

4. Стадиите по Lamparski и Baccetti са много силно свързани с хронологичната възраст (ρ = 0,849; p < 0,001), но хронологичните възрасти на съседните стадии се припокриват; средната възраст е 9,91 години при CS1, 10,92 години при CS2 и 11,86 години при CS3.

5. Момичетата са статистически значимо по-напреднали в скелетното съзряване по шийните прешлени (p = 0,031) и по Björk (p < 0,001), без значими полови разлики в зъбната възраст.

6. Зъбната възраст нараства последователно с костната зрялост при четирите комбинации от методи (ρ = 0,819–0,825; p < 0,001); най-голям е скокът между CS1 и CS2 (1,74 години по Demirjian и 1,96 години по Willems).

7. Стадиите по Björk са много силно свързани със стадиите на шийните прешлени (ρ = 0,845; p < 0,001). Хипотеза 5 се потвърждава: при момчетата фалангови стадии съответстват на по-ниска, а при момичетата – на по-висока хронологична и зъбна възраст спрямо критериите на Björk.

8. Зъбната възраст от рутинната ортопантомография е подходяща предварителена оценка, а стадий CS2–CS3 на профилната телерентгенография – потвърждаващ показател за оптимален момент на функционално лечение; рентгенография на ръка и китка е необходима само при гранична оценка.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение по задача 1

1. Методът на Demirjian оценява зъбната възраст с висока точност – разликата спрямо хронологичната възраст е само 0,06 години (около 3 седмици) и не е статистически значима.

2. Методът на Willems надценява зъбната възраст средно с 0,43 години (около 5 месеца), като разликата е статистически значима; резултатите по този метод следва да се интерпретират с отчитане на това систематично надценяване.

3. В изследваната извадка методът на Demirjian е за предпочитане за определяне на зъбната възраст при деца на 7–12 години.

4. Между момчетата и момичетата не се установяват статистически значими различия в зъбната възраст, т.е. в изследвания възрастов период полът не оказва съществено влияние върху оценката по двата метода.

5. Зъбната възраст е силно свързана с хронологичната ($R = 0,72$ по Demirjian и $R = 0,70$ по Willems), а двата метода са много силно свързани помежду си ($R = 0,93$) – те подреждат децата по сходен начин, но се различават по абсолютната стойност на оценката.

Заключение по задача 2

1. Методите на Lamparski и Baccetti дават практически еднакво разпределение на децата по стадии на костна зрялост и могат да се приемат за равностойни.

2. В изследваната възрастова група преобладават стадии CS1 и CS2 (по 32,69%), а стадии CS4 и CS5 са представени с единични наблюдения.

3. Стадиите на костна зрялост са много силно свързани с хронологичната възраст ($\rho = 0,849$; $p < 0,001$), но хронологичните възрасти на съседните стадии се припокриват, поради което хронологичната възраст служи само като ориентир.

4. Момичетата са статистически значимо по-напреднали в скелетното съзряване по шийните прешлени от момчетата ($p = 0,031$), което трябва да се отчита при планирането на лечението.

5. Оценката по шийните прешлени се извършва от профилната телерентгенография, която се прави рутинно при ортодонтската диагностика, без допълнително облъчване на детето.

Заключение по задача 3

1. При всички четири комбинации от методи (Demirjian и Willems спрямо Lamparski и Baccetti) зъбната възраст нараства последователно с нарастването на стадия на костна зрялост.

2. Връзката между зъбната и костната възраст е много силна и статистически значима ($\rho = 0,819–0,825$; $p < 0,001$), като изборът на конкретна комбинация от методи не променя съществено резултата.

3. Най-голямото нарастване на зъбната възраст се наблюдава при прехода от стадий CS1 към CS2 – 1,74 години по Demirjian и 1,96 години по Willems.

4. Зъбната възраст от рутинната ортопантомография може да се използва като предварителен показател за приближаване на стадий CS2.

5. Въпреки силната връзка, зъбната възраст не може напълно да замени оценката на скелетната зрялост и двата показателя следва да се използват съвместно.

Заключение по задача 4

1. Развитието на фалангите по метода на Björk показва най-силно изразения полов диморфизъм в изследването – момичетата са статистически значимо по-напреднали от момчетата ($p < 0,001$), а стадият на пика на растежа (MP3cap, PP1cap, Rcap) е достигнат само от момичета.

2. Спрямо референтните критерии на Björk при момчетата фаланговите стадии съответстват на по-ниска, а при момичетата – на по-висока хронологична и зъбна възраст.

3. Отклоненията от историческите стандарти показват, че те не отразяват напълно съзряването на съвременните български деца и налагат актуализиране на референтните стойности за нашата популация.

4. Стадиите по Björk са много силно свързани със стадиите на шийните прешлени по Lamparski и Baccetti ($\rho = 0,845$; $p < 0,001$), т.е. двата подхода са равностойни биологични индикатори.

5. Рентгенографията на ръка и китка не е необходимо да се прави рутинно, а само когато оценката по шийните прешлени е гранична или съмнителна.

Заключение по задача 5

1. Въз основа на резултатите по задачи 1-4 е предложен критерий в две стъпки за избор на оптималния момент за функционално ортодонтско лечение при деца на 7–12 години.

2. Първа стъпка (предварителна оценка): зъбна възраст около 11 години по Demirjian (около 11,5 години по Willems) на рутинната ортопантомография е сигнал за оценка на скелетната зрялост.

3. Втора стъпка (потвърждение): стадий CS2–CS3 по Baccetti или Lamparski на профилната телерентгенография се приема за оптимален момент за започване на функционално лечение.

4. Рентгенография на ръка и китка по Björk се прави само при гранична или съмнителна оценка, с което се ограничава лъчевото натоварване на детето.

5. При момичетата началото на пубертетния скок настъпва около една година по-рано, отколкото при момчетата (10,67 срещу 11,69 години в стадий S, H2 по Björk), поради което лечението при тях трябва да се планира по-рано.

6. Предложените критерии се отнасят за изследваната извадка и следва да бъдат потвърдени в по-голямо, многоцентрово и надлъжно проучване.

VII. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Приноси с оригинален характер

1. За първи път у нас се изготви сравнителен анализ, за това кой от методите за определяне на зъбна и костна възраст на деца от 7-12 годишна възраст в смесено до ранно постоянно съзъбие ще ни даде най-добрата оценка.

Приноси с научно-теоретичен характер

1. Изготви се сравнителна оценка на хронологична възраст и зъбна възраст на децата, определена с методите на Demirjian и Willems.

2. Анализира се и се направи оценка на костната възраст, определена с методите на Lamparski и Baccetti.

3. Изготви се комбиниран сравнителен анализ на зъбната възраст, определена с методите на Demirjian и Willems и костната възраст, определена с методите на Lamparski и Baccetti.

4. Направи се оценка на развитието на фалангите по метода на Björk.

5. Открихме корелация за определяне на костна възраст по метода Lamparski и Baccetti, и развитието на фалангите по етапи, определено по метода на Björk

Приноси с научно-приложен характер

1. Препоръчваме методите на Demirjian и Willems за оценка на зъбната възраст при деца от 7 – 12 години.

2. Препоръчваме методите на Lamparski и Baccetti за определяне на костната възраст от рутинната профилна телерентгенография, заедно с метода за развитието на фалангите по етапи по Björk в случаите, когато е необходимо потвърждаване на пика на пубертетния растеж.

3. Предложен е практически алгоритъм за многометодна оценка на биологичната зрялост преди ортодонтско лечение: ортопантомография (зъбна възраст) → профилна телерентгенография (стадий на шийните прешлени) → рентгенография на ръка и китка по Björk само при гранична или съмнителна оценка, което ограничава лъчевото натоварване на детето.

VIII. НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Смаили К.**, Кръстева С,. Критичен анализ на методите Demirjian и Willems за определяне на зъбна възраст при деца в българската популация. Ортодонтски преглед. 2025;27(1); 46-55.
2. **Smaili K.**, Krasteva A., Krasteva S. Assesment of Chronological Dental and Skeletal Age in Bulgarian Children in Mixed to Early Permanent Dentition. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS). 2026; 25(9) Ser. 6; 30-38. DOI: 10.9790/0853-2509063038.
3. **Smaili K.**, Krasteva S. Dental and Skeletal Maturity Indicators for Timing Orthodontic Treatment in Growing Children: A Narrative Review. Children (MDPI). Manuscript ID: children-4641889. Received: 6 Oct 2026 /submitted, under review/.

Благодарност към хора, с помощта на които настоящият труд се превърна в реалност:

На Доц. Д-р Силвия Кръстева – моят научен ръководител, че ме вдъхнови за темата на този научен труд, че отвори всички необходими врати, за да го реализирам и че винаги намирах съдействие и висока експертиза в процеса на изследването;

На Катедра по ортодонтия – МУ-София за изключителното съдействие и помощ и специално на Проф. Д-р Лаура Андреева Гургуриева за всичко, но и за набирането на необходимите пациентски досиета, без които изследването би било невъзможно;

Признателен съм на всички!