

3D-друк гнучких лікувальних шин: комфортніше лікування бруксизму

Тривимірний (3D) друк сприяв швидкому зростанню в галузі цифрової стоматології і стимулював значною мірою розвиток інноваційних матеріалів. Термогнучкі оклюзійні шини є недовною інновацією в цій галузі, оскільки вони відрізняються дивною еластичністю. Тепер лікарі можуть надати пацієнтам зручний, м'який медичний виріб, створений за допомогою простого цифрового робочого процесу.

У цій статті представлений клінічний випадок, що демонструє лікування захворювань скронево-нижньощелепного суглоба за допомогою гнучкої шини, надрукованої на 3D-принтері. Забезпечення пацієнтові відносного комфорту під час носіння шини для запобігання негативним наслідкам бруксизму допомогло покращити сприйняття пацієнтом ситуації і його прихильність лікуванню. Просте, неінвазивне виготовлення шини може бути виконане будь-якими лікарями, які бажають впровадити оклюзійні вироби у свій цифровий робочий процес.

Стоматологія переживає швидко зростаючий технологічний прогрес, при цьому значну роль грають процеси тривимірного (3D) друку. Цей прогрес призвів до інтеграції цифрових технологій у численні стоматологічні процедури, включаючи надруковані на 3D-принтері хірургічні шаблони для імплантації, шаблони для пародонтальної хірургії, надруковані на 3D-принтері каркаси часткових зубних протезів, цифрові повні зубні протези і ортодонтичні елайнери. Усі ці застосування викликали інтелектуальний ажіотаж, який продовжує розширювати і удосконалювати цифрові процеси.

Індустрія 3D-друку сприяла цьому ажіотажу, надаючи фінансово доступні і зручні у використанні матеріали і устаткування для виробництва інноваційних виробів. Однією з таких недавніх інновацій є розробка пластмас для 3D-друку, які мають напрочуд гнучкі властивості.

Більшість стоматологічних виробів, надрукованих на 3D-принтері, такі як хірургічні шаблони, моделі зубів і знімні протези, є жорсткими. Проте для деяких застосувань, таких як оклюзійні шини, для забезпечення зручності пацієнта потрібно гнучкі вироби. Залежно від клінічної ситуації і реакції пацієн-

та на лікування, можна встановити жорстку, м'яку або подвійну шину. На жаль, 3D-друк досі дозволяв виготовляти тільки жорсткі оклюзійні вироби. Для отримання м'яких або подвійних шин виробники 3D-друку рекомендують друкувати моделі, а потім виготовляти типові термоформовані шини. Нещодавно в результаті досліджень і розробок була отримана пластмаса для 3D-друку, яка забезпечує коефіцієнт кручення, порівняний з термоформованими шинами.

Процеси 3D-друку

3D-друк у стоматології включає три процеси:

1. моделювання методом наплавлення (ММН),
2. стереолітографію (СЛГ) і
3. селективне лазерне спікання (СЛС).

Оклюзійні вироби, як правило, робляться за допомогою СЛГ через високу точність і широкий вибір доступних пластмас. Ці пластмаси, як правило, жорсткі через високий модуль пружності. У результаті виникла необхідність у виготовленні гнучких шин і інноваційних пластмас. Були досягнуті успіхи в технологіях 3D-друку, особливо в тому, що стосується технології створення безперервної рідкої міжфазної межі (СБРММ), при цьому ключ до успіху зосереджений на виборі матеріалу, тобто пластмас. Такі пластмаси мають бути здатні деформуватися під напругою при дотриманні мінімальних стандартних вимог до оклюзійних виробів: біосумісність, зносостійкість, відсутність кольору, запаху, смаку і т. ін.

Органічна фаза пластмаси містить мономер метакрілату, які після світлового затвердіння утворюють стабільну тривимірну матрицю. Стабілізатори в'язкості потрібні для того, щоб зробити ці пластмаси гнучкішими і менш крихкими. Аліфатичний акрилат є переважним полімером для створення зносостійких і гнучких пластмас, уникаючи при цьому зміни кольору з часом (пожовтіння).

Модуль пружності гнучкої пластмаси для 3D-друку складає близько 115 МПа (наприклад, V-Print splint comfort, VOCO, voco.dental), що, з одного боку, набагато нижче, ніж 2121 МПа негнучкої пластмаси для 3D-друку, такий як Imprinto LC Splint (Scheu Dental). З іншого боку, він близький до значення

175 МПа для гнучких термоформованих пластин, таких як Cоrурlаst (Sсheu Dental).

Візуально оклюзійні шини, надруковані на 3D-принтері з використанням гнучких і негнучких пластмас, виглядають ідентично (фото 1); різниця в гнучкості помітна тільки при мануальному контакті з шинами (фото 2).

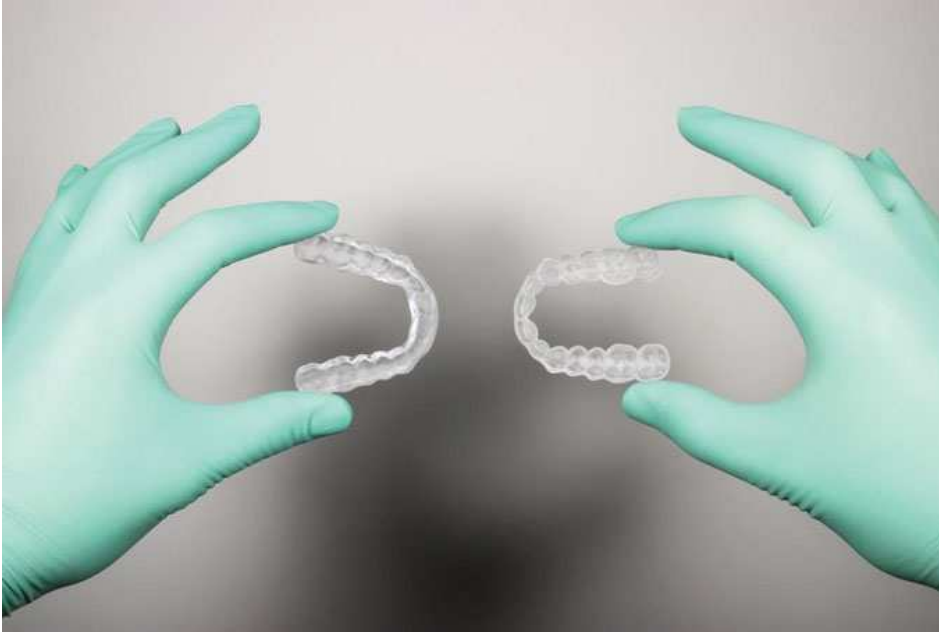


Фото 1: Візуальне порівняння жорстких (ліворуч) і гнучких (праворуч) шин, надрукованих на 3D-принтері



Фото 2: Порівняння гнучкості жорстких (ліворуч) і гнучких (праворуч) шин, надрукованих на 3D-принтері

Клінічно гнучкі шини приносять користь пацієнтам із захворюваннями скронево-нижньощелепного суглоба в тому плані, що вони зменшують м'язовий біль і не викликають оклюзійних змін, на додаток до забезпечення більшого комфорту, ніж жорстка шина.

Клінічний випадок

Пацієнт, 69 років, звернувся із скаргою на сильний зубний біль при жуванні. Його анамнез не мав стосунку до клінічного випадку. Клінічне обстеження і рентгенограми показали дефектну реставрацію на живому зубі 1.6. Видалення реставрації виявило тріщину (фото 3) викликану дефектною реставрацією і посилену нічною парафункціональною активністю (стискання щелеп без порушення функції суглоба).



Фото 3: Тріщина в зубі 1.6

Була проведена негайна процедура герметизації дентину (фото 4), і зуб був відпрепарований під реставрацію керамічною вкладкою "onlay".



Фото 4: Негайна герметизація дентину зуба 1.6

На наступному прийомі на зубі була зафіксована реставрація з дісилікату літію (IPS e.max, Ivoclar), що забезпечує рівномірний розподіл жувального навантаження на зубі (фото 5).



Фото 5: Реставрація керамічною вкладкою "onlay" на зуб 1.6
Щоб запобігти патологічне стирання і нічну парафункцію, пацієнту було приписане носіння шини, що покриває весь зубний ряд.

Були замовлені дві верхньощелепні оклюзійні шини, одна жорстка і одна гнучка. Мета полягала в тому, щоб надати пацієнту вибір з обох варіантів, а потім попросити його суб'єктивно визначити, яка шина з двох була зручнішою.

Цифрові моделі були імпортовані в модуль "bite splint" (оклюзійна шина) стоматологічного програмного забезпечення (DentalCAD 3.0 Galway, exocad), щоб їх можна було віртуально встановити на цифровий артикулятор (фото 6).

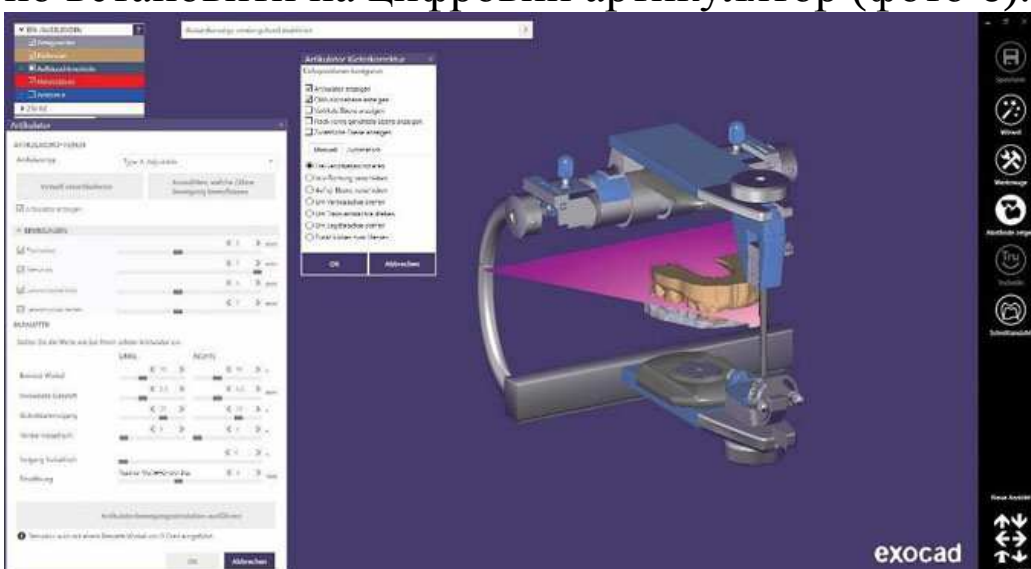


Фото 6: Налаштування віртуального артикулятора

У даному клінічному випадку був вибраний нахил різцевого столика на 70 градусів і підвищення прикусу на 3 мм. Шина була спроектована і адаптована до протилежного зубного ряду (фото 7).

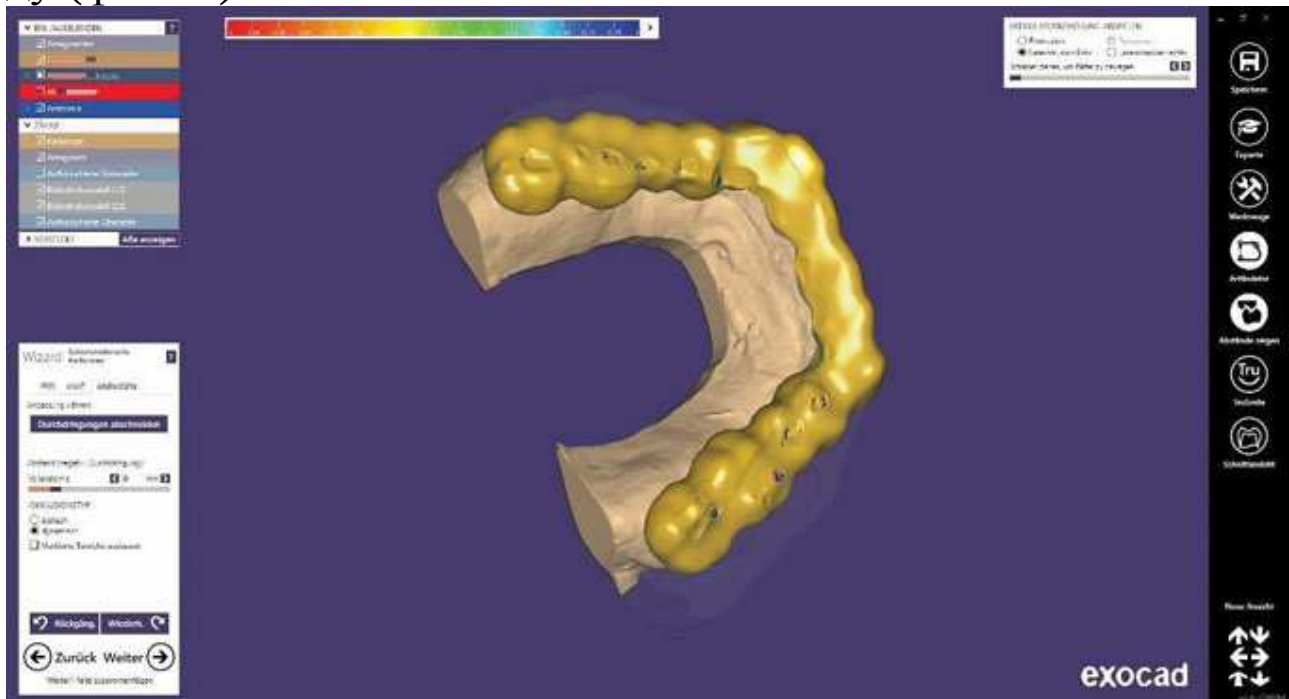


Фото 7: Конструкція шини

Конструкція жорстких і гнучких шин, по суті, однакова, з тією лише різницею, що для заглиблень гнучкої шини потрібні більші з'єднання. Для відправки на 3D-принтер файли у форматі STL спочатку мають бути імпортовані в програмне забезпечення для розпланування (фото 8).



Фото 8: Розпланування гнучких шин

Оклюзійні вироби в цьому випадку можна було б потім надрукувати на 3D-принтері (фото 9).



Фото 9: Гнучкі шини відразу після 3D-друку

Щойно процес друку був завершений, шини були від'єднані від платформи і просічені 96%-ним розчином ізопропанолу. Для завершення затвердіння шини були поміщені в пристрій для світлового затвердіння (фото 10).



Фото 10: Світлове затвердіння

Вони були ретельно відполіровані і переміщені на моделях, щоб оцінити прикус і усунути будь-які оклюзійні перешкоди (фото 11).



Фото 11: Перевірка оклюзії за допомогою артикуляційного паперу

У результаті були отримані дві візуально ідентичні шини, надруковані на 3D-принтері, які відрізнялися тільки гнучкістю (фото 12 і фото 13).



Фото 12. Жорстка шина, надрукована на 3D-принтері. Зверніть увагу, що практично немає видимої різниці між цією гнучкою шиною і надрукованою на 3D-принтері, показаною на фото 13



Фото 13. Гнучка шина, надрукована на 3D-принтері

На наступному прийомі шини були приміряні в роті (фото 14 і фото 15), і пацієнт отримав інструкції з носіння і догляду. Йому сказали носити їх по черзі протягом тижня на ніч, а повторний прийом був призначений через 2 місяці.

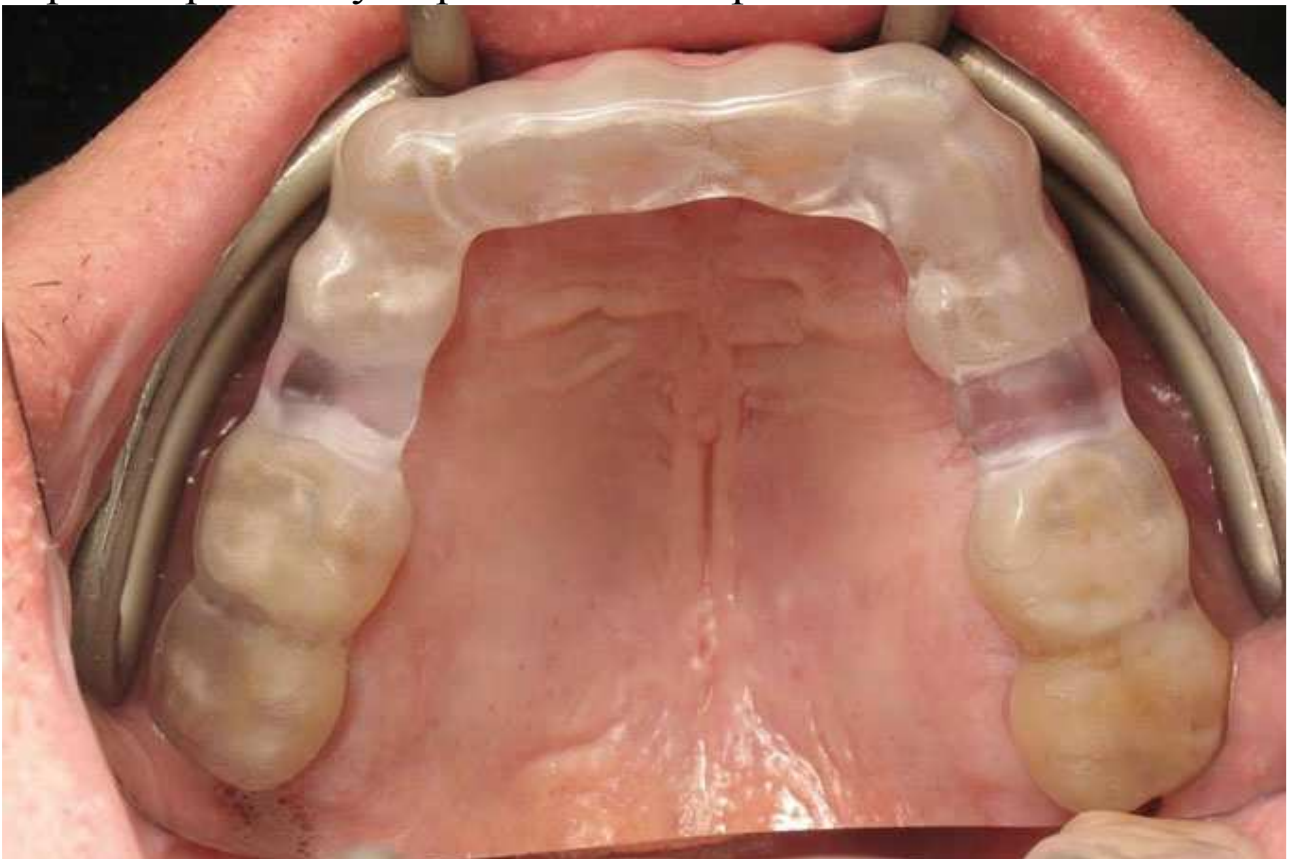


Фото 14. Жорстка шина, надрукована на 3D-принтері, у ротовій порожнині пацієнта



Фото 15. Гнучка шина, надрукована на 3D-принтері, у ротовій порожнині пацієнта

Це був перший досвід пацієнта з оклюзійним виробом. Носіння жорсткої шини викликало в нього дивне відчуття присутності в роті стороннього предмета і сильного тиску на зуби. Він відчував необхідність систематично розтискати зуби під час сну, що призводило до сухості в роті і уранішнього неприємного запаху з рота. Проте носіння гнучкої шини забезпечувало значно більший комфорт. Він повідомив, що навіть його сон покращав, і він почував себе спокійним впродовж ночі.

Завдяки успішному лікуванню його бруксизму тепер стало можливим комплексне лікування для заміни відсутніх зубів (других премолярів верхньої щелепи) зі збереженням існуючих, оскільки невилікуваний бруксизм може поставити під загрозу довговічність природних зубів і реставрацій на імплантатах.

Обговорення

Пацієнти часто не в змозі розпізнати порушення оклюзії і, як наслідок, звертаються за медичною допомогою тільки тоді, коли наслідки стають помітними і стан стає болючішим на пізніших стадіях. Проте проста демонстрація пацієнтові внут-

рішньоротового зображення, що виявляє ушкодження зубів, часто може бути ефективним способом добитися визнання пацієнтом проблеми.

Оклюдійні вироби допомагають запобігти надмірному навантаженню в пацієнтів, що страждають на бруксизм, і збільшують термін служби зубів і реставрацій. Таким чином, для того щоб досягти згоди пацієнта на регулярне носіння нічної капи, потрібна хороша комунікація. Дійсно, пацієнти можуть проявляти небажання, якщо в них був досвід використання аналогових шин, які традиційно не розроблялися з урахуванням комфорту.

У цьому звіті про клінічний випадок дозвіл пацієнтові носити гнучку шину дозволив як запобігти шкідливим наслідкам бруксизму, так і забезпечити комфорт під час нічного використання. Ця гнучка шина забезпечила переваги, які раніше були неможливі при використанні жорстких шин. Тепер у лікарів є можливість надрукувати на 3D-принтері жорстку або гнучку шину залежно від клінічного випадку.

Основною проблемою при використанні оклюдійних шин, надрукованих на 3D-принтері, як правило, є точність примірки. Порівняння зазвичай проводиться з відфрезерованими або термоформованими шинами. Точність шин, надрукованих на 3D-принтері, зазвичай дорівнює точності відфрезерованих. Проте при 3D-друці необхідно враховувати горизонтальну орієнтацію пристрою і зміщення, яке має бути встановлене рівним 0,1 мм для отримання оптимального прилягання.

Другорядною проблемою оклюдійних виробів, надрукованих на 3D-принтері, є їх безпека для здоров'я. Було помічено, що при використанні акрилових шин деякі речовини можуть викликати подразнення, що призводить до підвищеної чутливості або навіть алергії на стоматологічні пластмаси. Індустрія стоматологічного 3D-друку ретельно вивчила склад і методи виробництва, що застосовуються при виготовленні оклюдійних виробів. При елююванні пластмас для 3D-друку можуть виділятися потенційно цитотоксичні залишки, але, як правило, це результат неповної полімеризації. Виробники наполягають на суворому дотриманні етапів наступної обробки і рекомендують після обробки використовувати пристрій для світлового

затвердіння. Це інтенсивне світлове випромінювання покращує затвердіння матеріалу, зменшує кількість мономерів, що залишилися, і підвищує механічні властивості.

Висновок

Гнучка пластмаса для 3D-друку, продемонстрована в цьому звіті, вже сама по собі була інновацією, але перетворення її на медичний виріб – ще більше досягнення. Як було показано, шкідливим наслідкам бруксизму тепер можна протидіяти, щоб продовжити термін служби реставрацій і захистити структуру зубів, одночасно забезпечуючи підвищений комфорт для пацієнта.

Цифровий дизайн шини забезпечує такі переваги, як висока точність, швидке виготовлення і навіть спрощений порядок повторного замовлення. За допомогою гнучкої пластмаси для 3D-друку лікарі можуть забезпечити пацієнтам зручну шину, що допоможе підвищити прихильність до лікування.

Автор: Яссіне Харічане