

APLICAȚIE CAD/CAM ÎN CADRUL INDUSTRIEI 4.0, ÎN DOMENIUL ASISTENȚEI MEDICALE

Cuvinte cheie: CAD, asistență medicală, CAD volumetric, ghid chirurgical, Industria 4.0

Contextul studiului de caz

CAD/CAM (Computer-Aided Design – Proiectare asistată de calculator / Computer-Aided Manufacturing – Producție asistată de calculator) este utilizarea de software pentru proiectarea și fabricarea de prototipuri, produse și serii de produse. CAD/CAM este o tehnologie esențială pentru implementarea Industriei 4.0 în IMM-urile specializate în dezvoltarea și fabricarea de produse. Reprezintă o parte esențială a fluxului de date care începe cu cererea clientului și se termină cu produsul sau serviciul final.

Există o nevoie tot mai mare de servicii de dezvoltare rapidă a produselor în domeniul asistenței medicale, pentru a oferi medicilor și pacienților ghidaje chirurgicale și implanturi personalizate. IMM-urile pot oferi aceste produse rapid și eficient din punct de vedere al costurilor, profitând de evoluțiile din domeniul CAD, cel al producției rapide și al materialelor biocompatibile.

CAD volumetric se bazează pe voxelii, care aderă unii la alții pentru a crea o masă solidă ce poate fi sculptată la fel ca argila sau ceara. Așadar, acest tip de software CAD oferă designerilor viteză și libertate de proiectare a obiectelor complexe, cu formă organică.

Acest studiu de caz prezintă un IMM care folosește CAD volumetric pentru a oferi servicii avansate de proiectare a produselor în domeniul sănătății.

Introducere în studiul de caz și relevanța acestuia în Industria 4.0

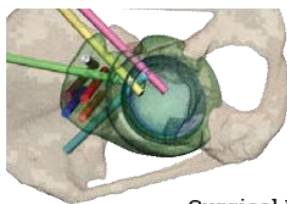
TPC Design (<https://tpcdesign.net/>) este un IMM cu sediul în Hummelstown, USA, care oferă servicii de consultanță expert în proiectare și dezvoltare de produse specializate din industrii precum cea medicală, aerospațială și auto.

Acest studiu de caz arată modul în care TPC utilizează CAD volumetric pentru a îmbunătăți și accelera proiectarea și fabricarea unui ghidaj chirurgical pentru repararea craniosinostozei (o afecțiune care face ca oasele craniului unui copil să fuzioneze prea devreme la nivelul suturilor craniene).

Domeniul asistenței medicale este transformat în prezent de Industria 4.0 și de tehnologiile aferente. Printre acestea, tehnologia CAD (volumetrică) avansată poate fi folosită pentru a modela obiecte foarte complexe, anterior imposibil de manipulat digital, cum ar fi craniile umane. În același timp, tehnologiile de prototipare rapidă, cum ar fi CNC și fabricarea aditivă, pot produce cu precizie și rapid aceste obiecte. Pe lângă CAD și prototiparea rapidă, echipamentele de imagistică medicală digitală, cum ar fi radiografia (razele X), imagistica prin rezonanță magnetică (RMN) și tomografia computerizată (CT) pot fi, de asemenea, incluse în fluxul de date, precum și diverse instrumente de simulare digitală (de exemplu analiza cu elemente finite (FEA)).

Acest studiu de caz arată cum integrarea digitală a datelor imagistice medicale, CAD, software-ul de simulare și prototiparea rapidă fac proiectarea și fabricarea dispozitivelor medicale mai rapide, mai convenabile și mai precise.

Studiul de caz și elementele Industriei 4.0: O imagine de ansamblu ilustrată



Surgical Planning



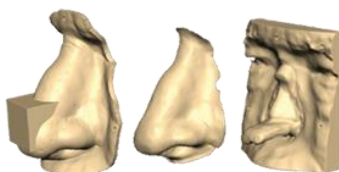
Dental Implants



Medical Implants



Orthotics



Prosthetics

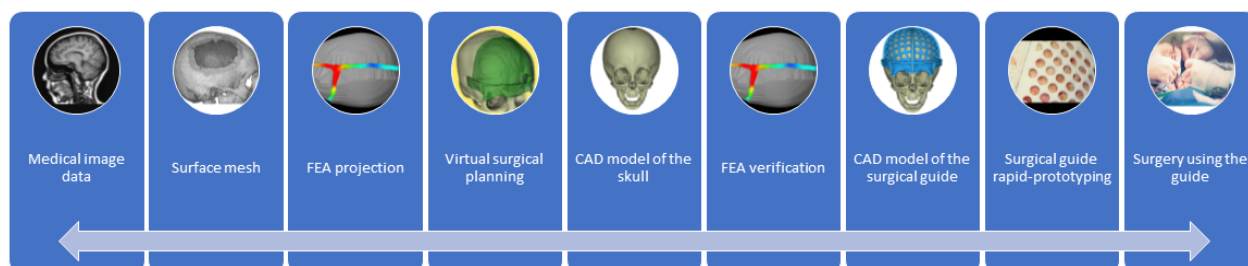


Craniomaxillofacial

Utilizarea CAD volumetric. Sursa imaginii: <https://gomeasure3d.com>

TPC Design a proiectat și întocmit un ghid chirurgical pentru un chirurg care lucrează la un caz de craniosinostoză.

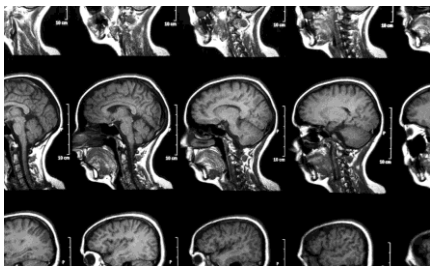
Aplicarea tehnologiei CAD volumetric sprijină dezvoltarea IMM-ului studiat, permițându-i să modeleze forme foarte complexe și să integreze modelul digital într-un flux de lucru care utilizează date de imagistică medicală, simulări cu elemente finite și prototipare rapidă pentru a proiecta și fabrica, rapid, rentabil și precis, dispozitive medicale. Ca urmare, TPC Design este acum capabil să ofere noi servicii de înaltă calitate pe piața în creștere rapidă a domeniului medical.



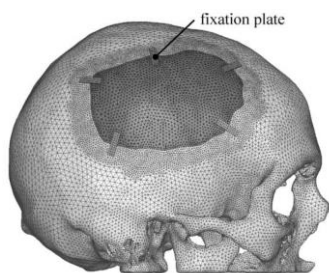
Fluxul de lucru digital al TPC. Sursa imaginii: Ludor Engineering

APLICAȚIE CAD/CAM ÎN CADRUL INDUSTRIEI 4.0, ÎN DOMENIUL ASISTENȚEI MEDICALE

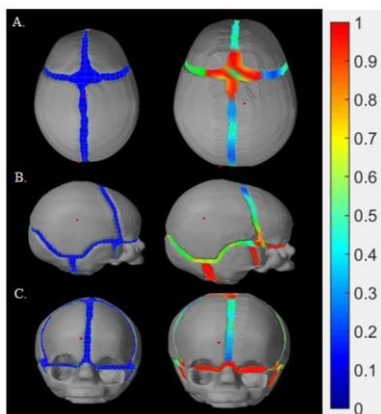
Elementul studiat în cadrul aplicației în Industria 4.0



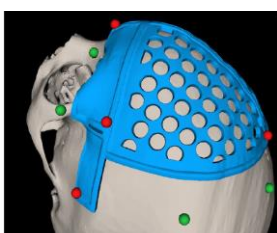
Scanări CT. Sursă imagine: medicalai.io



Plasă a unui craniu. Sursă imagine: [1]



Simularea creșterii craniului. Sursă imagine: [2]



Fluxul de lucru digital implementat de TPC în vederea proiectării și fabricării ghidajelor chirurgicale pentru repararea craniosinostozei constă din mai mulți pași, detaliați mai jos.

1. Datele imagistice medicale ale craniului pacientului sunt obținute prin tomografie computerizată (CT).
2. Datele CT sunt procesate de inginerii de la TPC Design pentru a identifica clar liniile fisurii craniene.
3. O rețea (mesh) de suprafață este creată folosind software-ul CAD volumetric Geomagic® Freeform® pentru a se asigura că grosimile variabile ale craniului sunt surprinse cu acuratețe în design.
4. Plasa este folosită ca sursă pentru Analiza cu Elemente Finite (FEA) de estimare a formei capului bebelușului, dacă craniul ar fi fost lăsat să crească câteva luni fără intervenție chirurgicală.
5. Chirurgii folosesc modelul digital foarte precis, furnizat de FEA, pentru a planifica tăieturile chirurgicale specifice necesare.
6. În software-ul CAD, se efectuează tăieturile osoase chirurgicale și osul este plasat înapoi în poziția post-chirurgicală anticipată. Pentru aceasta, chirurgul și inginerii TPC lucrează împreună pe un computer.
7. Fișierul de proiectare este ajustat și FEA se repetă pentru a confirma că noua formă oferă tensiuni uniforme estimate pe tot craniul, menținând astfel forma dorită pe măsură ce creierul bebelușului crește.
8. Pe baza formei finale a craniului, inginerii TPC proiectează un șablon chirurgical după care chirurgul să ghideze tăieturile în os, pentru forma ideală a craniului.
9. După revizuirea de către chirurg și aprobarea ghidajului chirurgical, TPC confirmă plasarea finală a șablonului specific pacientului pe modelul craniului și simulează forma viitoare.

Ghid chirurgical. Sursă imagine: [3]	10. TPC folosește un echipament de prototipare rapidă pentru a construi șablonul de unică folosință dintr-o rășină biocompatibilă adecvată pentru intervenția chirurgicală propriu-zisă. 11. Pentru operație, chirurgul așează șablonul deasupra osului pentru a ghida tăieturile.
Publicul țintă al aplicației	Rezultatele studiului de caz sunt destinate utilizării de către IMM-uri și antreprenori.
Resurse utilizate:	https://ecss.sg/using-geomagic-haptic-device-and-geomagic-freeform-software-to-reshape-heads-in-biomedical/ https://tpcdesign.net/ https://www.3dsystems.com/software/geomagic-freeform
Informații suplimentare:	Referințe 1. Tsouknidas, A. et al. (2011). FEM assisted evaluation of PMMA and Ti6Al4V as materials for cranioplasty resulting mechanical behaviour and the neurocranial protection. Bio-medical materials and engineering. 21. 139-47. 10.3233/BME-2011-0663. 2. Jin J, Eagleson R, de Ribaupierre S (2018) Skull Development Simulation Model for Craniosynostosis Surgery Planning. Biol Eng Med 2: DOI: 10.15761/BEM.1000138 3. García-Mato, D., Ochandiano, S., García-Sevilla, M. et al. Craniosynostosis surgery: workflow based on virtual surgical planning, intraoperative navigation and 3D printed patient-specific guides and templates. Sci Rep 9, 17691 (2019). https://doi.org/10.1038/s41598-019-54148-4