

Hospital de
l'Esperança

Parc
de Salut
MAR
Barcelona



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Primeres Impressions 3D

XVII Congrés del GOCO



Òscar Pera Cegarra
Físic Mèdic

Servei d'Oncologia Radioteràpica
Parc de Salut Mar - Barcelona



4 preguntes

- Quina **impresora** necessito?
- Quins **materials** puc fer servir?
- Existeix algun **software** específic?
- Hi han qüestions **logístiques** a considerar?



Impressores

Stratasys	Formlabs	Ultimaker (2+)	3D Systems
Materialise	Zortrax	Makerbot	AIDA
Eco White Solutions	UPC	HP	BQ
Canon	Leapfrog (RICOH)	...	



Impressores

Tecnologia

- Estereolitografia (SLA)
- *Fused Deposition Modeling (FDM)*
 - 2012 (12k €)
 - 2018 (2k €)

Prestacions

- Volum d'impressió?
- Un o dos extrusors?
- Tancada o oberta?
- *User friendly!*
- Suport i/o servei de manteniment!



Materials

Table 1
Overview of current investigations on 3D printing applications in radiotherapy. BJ = Binder Jetting technology, PJ = Photopolymer jetting technology, SLS = selective laser sintering technology, FDM = Fused deposition modelling.

Author	Year	Printing technology	3D printer	Printer type	Material	Application
Avelino et al. [16]	2012	BJ	Z Corp 3D printer 310 (Z corporation, Burlington, MA/3D Systems, Valencia, CA)	Professional	ZP 131 powder	Compensator blocks
Ju et al. [17]	2013	PJ	Projet HD 3000 plus (3D Systems, Valencia, CA)	Professional	Ultraviolet curable acrylic plastic	Proton range compensator
Zou et al. [9]	2014	SLS	EOS 3D printer (EOS, Krailling, DE)	Professional	Polyamide PA 2200 (EOS, Krailling, DE)	External radiotherapy: proton compensator
Kim et al. [8]	2014	FDM	Fortus 400 mc (Stratasys, Eden Prairie, MN)	Professional	ABS-M30 (Stratasys, Eden Prairie, MN)	External radiotherapy: Bolus
Gear et al. [12]	2014	PJ	Objet EDEN 500V (Stratasys, Eden Prairie, MN)	Professional	Photopolymer resin (Objet VeroClear FullCure 810)	Patient-specific molecular imaging phantoms
Cunha et al. [19]	2015	FDM	Fortus 400mc (Stratasys, Eden Prairie, MN)	Professional	PC-ISO (Stratasys, Eden Prairie, MN)	Brachytherapy: material characterization
Lindegaard et al. [21]	2015	PJ	Projet 3510 SD (3D Systems, Valencia, CA)	Professional	Visijet M3 Crystal (3D Systems, Valencia, CA)	Brachytherapy: vaginal template
Laycock et al. [6]	2015	FDM	Z Corps 650 (Z corporation, Burlington, MA/3D Systems, Valencia, CA)	Professional	Visijet SL Clear (3D Systems, Valencia, CA) EOS PA 3200 (EOS Material, Krailling, DE)	Immobilization device
Bieniosek et al. [14]	2015	PJ	Projet HD 3500 (3D Systems, Valencia, CA)	Professional	Visijet M3 Crystal (3D Systems, Valencia, CA)	Imaging phantom
Park et al. [11]	2016	FDM	Dimension 1200 series SST (Stratasys, Eden Prairie, MN)	Professional	ABSplus (Stratasys, Eden Prairie, MN)	External radiotherapy: Bolus
Su et al. [7]	2014	FDM	Replicator 2 (Makerbot, New York, US)	Desktop	PLA	External radiotherapy: electron bolus design
Zou et al. [9]	2014	FDM	Replicator 2 (Makerbot, New York, US)	Desktop	PLA	External radiotherapy: electron bolus
Harris et al. [22]	2015	FDM	3D Touch v5.4.1 (Bits-FromBytes/3D Systems, Valencia, CA)	Desktop	ABS	Brachytherapy: test geometries and material characterization
Poulin et al. [23]	2015	FDM	Replicator 2X (Makerbot, New York, USA)	Desktop	PLA	Guide for interstitial catheter insertions
Burleson et al. [10]	2015	FDM	Airwolf XL 3D (Airwolf 3D, Costa Mesa, CA)	Desktop	PLA - ABS	External radiotherapy: Bolus
Madamesila et al. [15]	2015	FDM	ORION Delta 3D (SeeMeCNC, Goshen, IN)	Desktop	HIPS	Variable density phantom
Kairn et al. [13]	2015	FDM	Da Vinci 3D printer (XYZ printing, San Diego, USA)	Desktop	ABS	Tissue-equivalent phantom
Walker et al. [18]	2016	FDM	Ultimaker 2 (Ultimaker, Geldermalsen, NL)	Desktop	PLA	Tools for intraoperative breast brachytherapy

*Ricotti R et al. 3D-printed applicators for high dose rate brachytherapy: Dosimetric assessment at different infill percentage. Phys. Med. (2016)



Materials

Materials

- **PLA**
 - Polímer termoplàstic biodegradable de fàcil impressió
 - Prototips i maniquins
 - 750 gr. ~ 25€
- **ABS**
 - Polímer termoplàstic que fa servir LEGO
 - Biomedical compatible
 - 750 gr. ~ 50€
- PCL
 - Polièster dels bolus clàssics.
- PC-ISO
 - Policarbonat biompatible amb certificat ISO.
- Resines
- ...



Software

Si el TPS no permet l'exportació directe al format **.stl*

- Software propi (Matlab, Scripts, 3DSlicer)

A banda, hi ha programes d'ús "obligatori":

- Meshmixer, FreeCAD, Cura (o similars)

Existeixen solucions comercials específiques:

- ADAPTIIV (Halifax, Canada)
 - Solució integral (software & hardware)
- Abax Innovation (Madrid, Espanya)
 - Projecte d'impressora 3D específica per a la Física Mèdica



Software

Maniquins



FreeCAD



Cura



Ultimaker

DESIGN

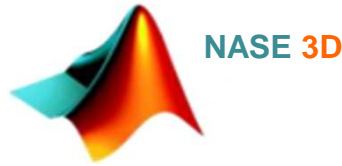
CONFIG

PRINT



Software

Motllos



PATIENT CT
SCAN

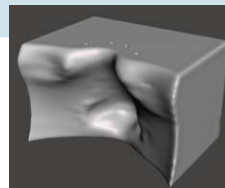
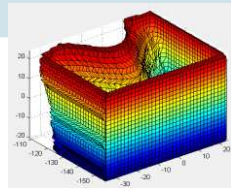
CONTOURING

POINTS TO
MESH

POST-
PROCESSING

CONFIG

PRINT



Logística

La posada en marxa, el disseny de les peces i el procés d'impressió són un **pou sense fons d'hores!**

Molt recomanable disposar de:

- ❌ Suport per part de manteniment i/o informàtica i/o electromedicina
- ✅ Col·laboració amb la universitat (estudiants en pràctiques, TFG...)
- ❌ Un tècnic “manetes”
- ❌ Residents



Logística

El procés d'impressió d'alguns materials emet gasos tòxics.

- Campana extractora

Alguns materials (ABS) són molt sensibles a les condicions ambientals.

- Impressora tancada

Les peces necessiten d'un post-processat.

- Recomanable disposar d'un taller



En quin punt estem?



Figuretes i tonteries per la gent del servei.



Motllos per tractaments de braquiteràpia.



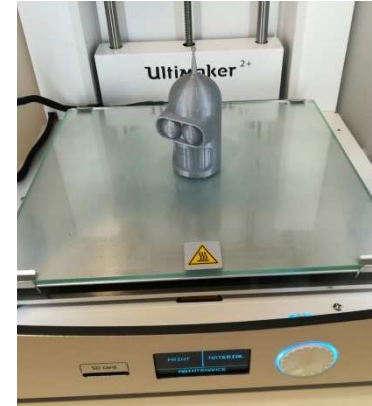
Fabricació de maniquins.



Bolus per tractaments de mama.



Bolus per modulació d'electrons.



Resum

- La tecnologia 3D presenta unes possibilitats molt interessants per a un servei de Radiofísica.
- La tècnica d'impressió 3D és econòmica i logísticament accessible.
- Però té unes necessitats específiques que s'han de valorar: personal, software, espai de treball...



Ultimaker²⁺

