

Lezione Biomeccanica
8/10/2019

Analisi Prove Meccaniche Capello

ludovica.cacopardo@ing.unipi.it

IVM Group

Research Center 'E. Piaggio'
University of Pisa



Arti AHLUWALIA, full professor

Chiara MAGLIARO, Post-Doc Researcher

Ludovica CACOPARDO, Post-Doc Researcher

Joana COSTA, Post-Doc Researcher

Daniele POLI, Post-Doc Researcher

Roberta NOSSA, PhD Student

In Vitro Models (IVM)

BIOREACTORS

DESIGN AND
REALIZATION

COMPUTATIONAL
MODELS

SENSING AND
ACTUATION



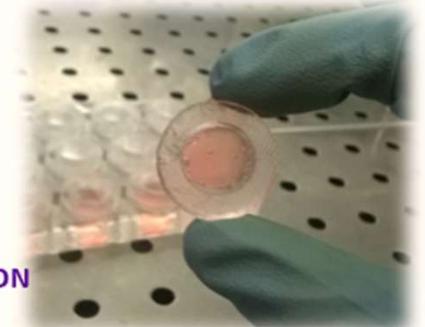
BIOMECHANICS & BIOMATERIALS

HYDROGELS &
BIOPRINTING

TISSUE-DERIVED
SCAFFOLDS

MECHANICAL
CHARACTERIZATION

CELL MECHANOSENSING

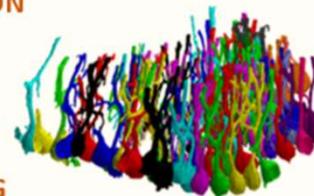


CELL IMAGING

TISSUE DELIPIDATION

CELL
MORPHOMETRICS

IMAGE PROCESSING

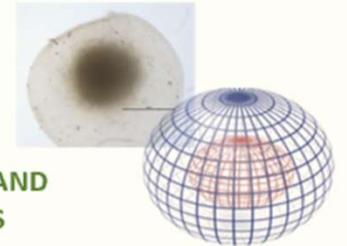


LIVER AND BRAIN ORGANOID

ALLOMETRIC SCALING

NANOTOXICOLOGY

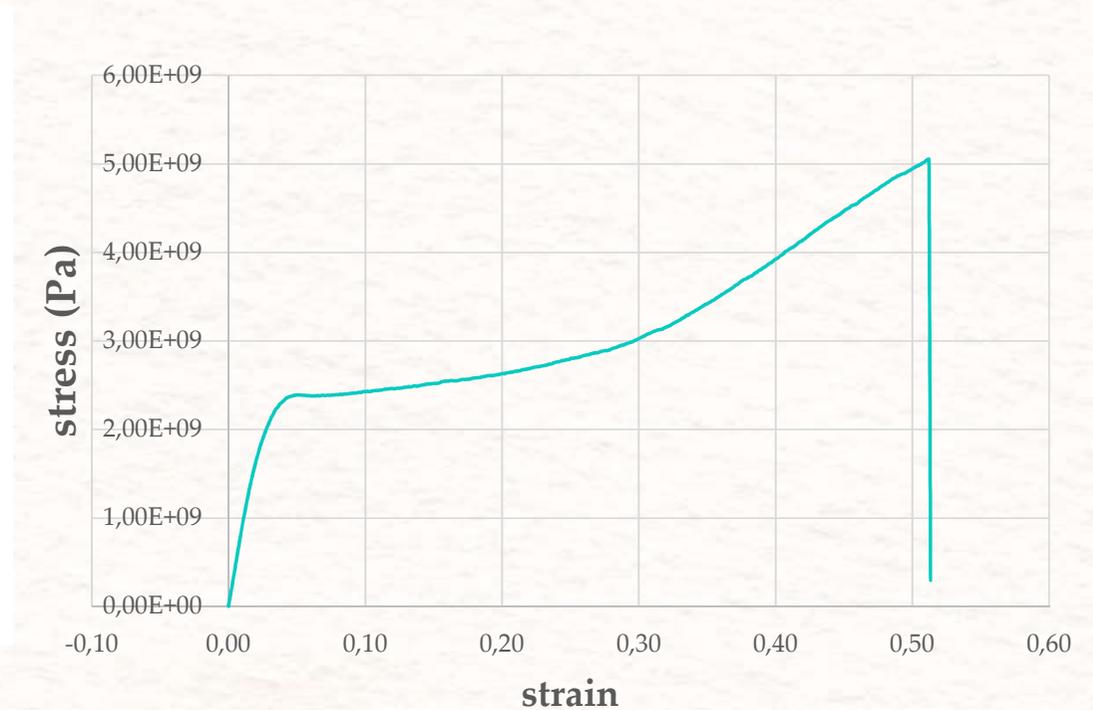
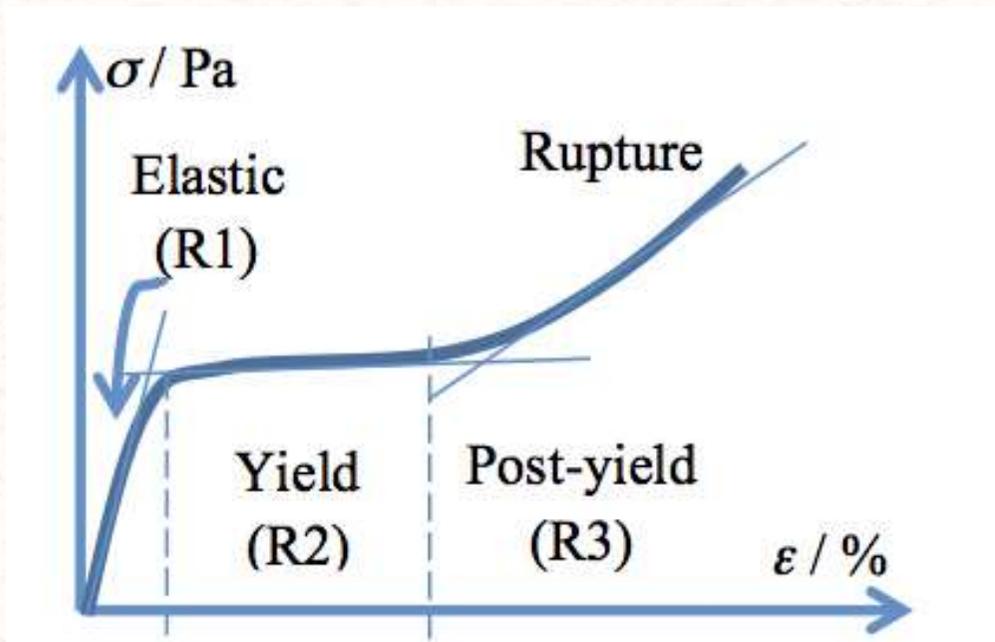
NUTRIENT TRANSPORT AND
CONSUMPTION MODELS



 centropiaggio.unipi.it/research

 [IVMgroupUNIFI](https://www.facebook.com/IVMgroupUNIFI)

 [ivmgroup-centro-piaggio](https://www.linkedin.com/company/ivmgroup-centro-piaggio)



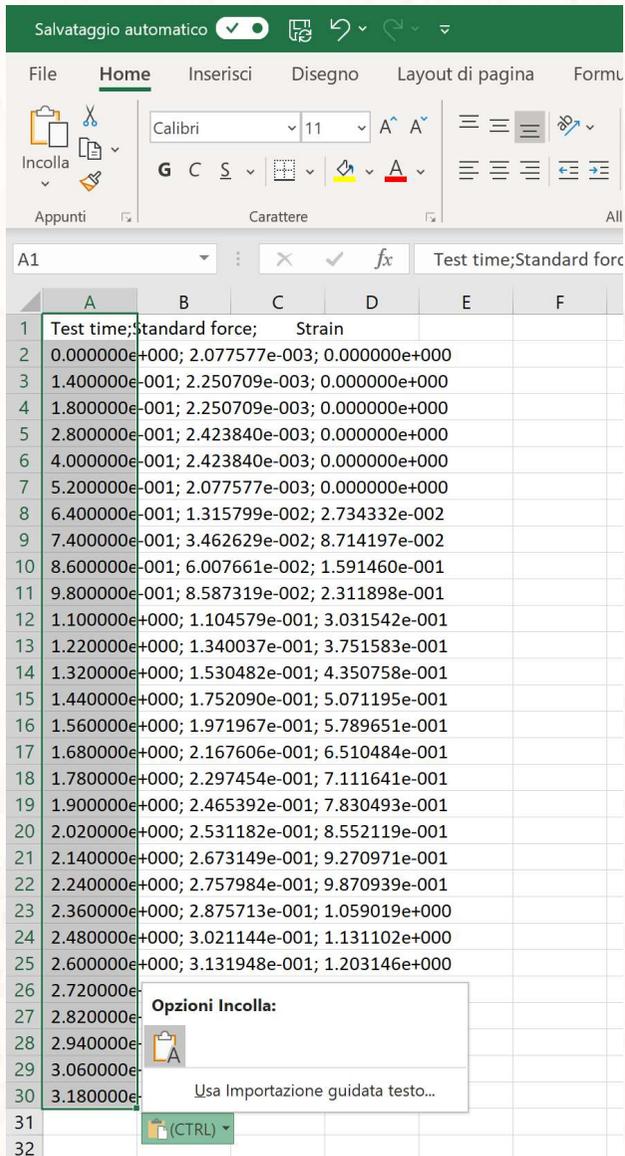
A typical stress-strain curve of hair has a sigmoid shape.

R1 is the linear **elastic region**, occurring at 2-5% strain, for which Hooke's relationship holds: $\sigma = E \cdot \varepsilon$

R2 is the **yield region**

R3 is the **post-yield region**

- Normalizzazione curva forza/deformazione -> stress/strain
- Calcolo modulo elastico e sforzo a rottura
- Media e deviazione standard
- Differenze statistiche (t-test), grafici a barre
- Esempio relazione



Inserimento dati su excel: importazione guidata testo (delimitatore colonna = punto e virgola, separatore decimale=virgola)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Test time (s)	force (N)	Def (mm)	D	A	L0		strain	stress (Pa)
2	0,00E+00	2,08E-03	0,00E+00	1,20E-05	1,13E-10	60		=C2/\$F\$2	1,84E+07
3	1,40E-01	2,25E-03	0,00E+00					0,00E+00	1,99E+07
4	1,80E-01	2,25E-03	0,00E+00					0,00E+00	1,99E+07
5	2,80E-01	2,42E-03	0,00E+00					0,00E+00	2,14E+07

Calcolo strain: normalizzare la deformazione in mm rispetto L0 (60 mm)

Calcolo stress: normalizzare la forza per l'area (in m²)

-> ricordarsi di fissare L0/area con \$colonna\$riga

Salvataggio automatico prova sperimentale capello - BIOMECCANICA - Salvataggio

File Home **Inserisci** Disegno Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza Guida

Tabella pivot Tabelle pivot Tabella consigliate Tabelle

Illustrazioni Componenti aggiuntivi Grafici consigliati

Linee Colonne Positivi/negativi Grafici sparkline

H1 fx strain

	A	B	C	D	E	F
1	Test time	Standard fc	Strain	D	A	LO
2	0,00E+00	2,42E-03	0,00E+00	1,10E-05	9,5E-11	60
3	1,40E-01	1,73E-03	0,00E+00			
4	1,80E-01	1,73E-03	0,00E+00			
5	2,80E-01	1,73E-03	0,00E+00			

stress (Pa)

strain

Dispersione

Dispersione con linee curve

Usare questo tipo di grafico per:

- Confrontare almeno due set di valori o coppie di dati.

Usarlo quando:

- Sono presenti molti punti di dati.
- I dati rappresentano un set di coppie x,y basate su una formula.

Altri grafici a dispersione

strain	stress (Pa)
0,00E+00	2,55E+07
0,00E+00	1,82E+07
0,00E+00	1,82E+07
0,00E+00	1,82E+07
0,00E+00	2,00E+07
0,00E+00	1,64E+07
2,67E-04	1,02E+08
1,45E-03	3,32E+08
2,65E-03	5,74E+08
3,65E-03	7,60E+08
4,85E-03	9,82E+08
6,05E-03	1,20E+09
7,25E-03	1,40E+09
8,45E-03	1,58E+09
9,45E-03	1,72E+09
1,07E-02	1,88E+09
1,19E-02	2,04E+09
1,30E-02	2,13E+09
1,41E-02	2,20E+09
1,53E-02	2,26E+09
1,65E-02	2,31E+09
1,77E-02	2,37E+09
1,87E-02	2,41E+09

Grafico LVR ($R^2 > 0.95$), calcolo modulo elastico tramite la linea di tendenza

strain	stress (Pa)
0,00E+00	2,55E+07
0,00E+00	1,82E+07
0,00E+00	1,82E+07
0,00E+00	1,82E+07
0,00E+00	2,00E+07
0,00E+00	1,64E+07
2,67E-04	1,02E+08
1,45E-03	3,32E+08
2,65E-03	5,74E+08
3,65E-03	7,60E+08
4,85E-03	9,82E+08
6,05E-03	1,20E+09
7,25E-03	1,40E+09
8,45E-03	1,58E+09
9,45E-03	1,72E+09
1,07E-02	1,88E+09
1,19E-02	2,04E+09
1,30E-02	2,13E+09
1,41E-02	2,20E+09
1,53E-02	2,26E+09
1,65E-02	2,31E+09
1,77E-02	2,37E+09
1,87E-02	2,41E+09

stress (Pa)

strain

Equation: $y = 1,85E+11x + 4,03E+07$
 $R^2 = 9,97E-01$

Elementi grafico

Consente di aggiungere, rimuovere o modificare gli elementi del grafico, come titolo, legenda, griglia ed etichette dati.

Grafico stress/strain: selezionare colonne ed inserire grafico a dispersione, Aggiungere titolo assi e unità di misura

GRUPPO 1					
	prova 1	prova 2	MEDIA	DEV.STD.	
Modulo Elastico	1,82E+11	2,30E+11	=MEDIA(L4:M4)		16%
Sforzo a Rottura	9,43E+09	7,56E+09	MEDIA(num1; [num2]; ...)		16%
GRUPPO x					
	prova 1	prova 2	MEDIA	DEV.STD.	
Modulo Elastico	3,00E+11	3,50E+11	3,25E+11	35355339059	11%
Sforzo a Rottura					
			2,06E+11	33941125497	16%

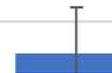
Calcolo media, deviazione standard e %errore (dev.std/media%)

Calcolo p-value tramite T-test

GRUPPO 1						T-TEST	
	prova 1	prova 2	MEDIA	DEV.STD.			(HP G2>G1)
Modulo Elastico	1,82E+11	2,30E+11	2,06E+11	33941125497	16%	p-value	=TEST.T(L4:M4;L9:M9;1;3)
Sforzo a Rottura	9,43E+09	7,56E+09	8,49E+09	1321225017	16%		TEST.T(matrice1; matrice2; coda; tipo)
GRUPPO x							
	prova 1	prova 2	MEDIA	DEV.STD.			
Modulo Elastico	3,00E+11	3,50E+11	3,25E+11	35355339059	11%		
Sforzo a Rottura							

4,00E+11

3,50E+11



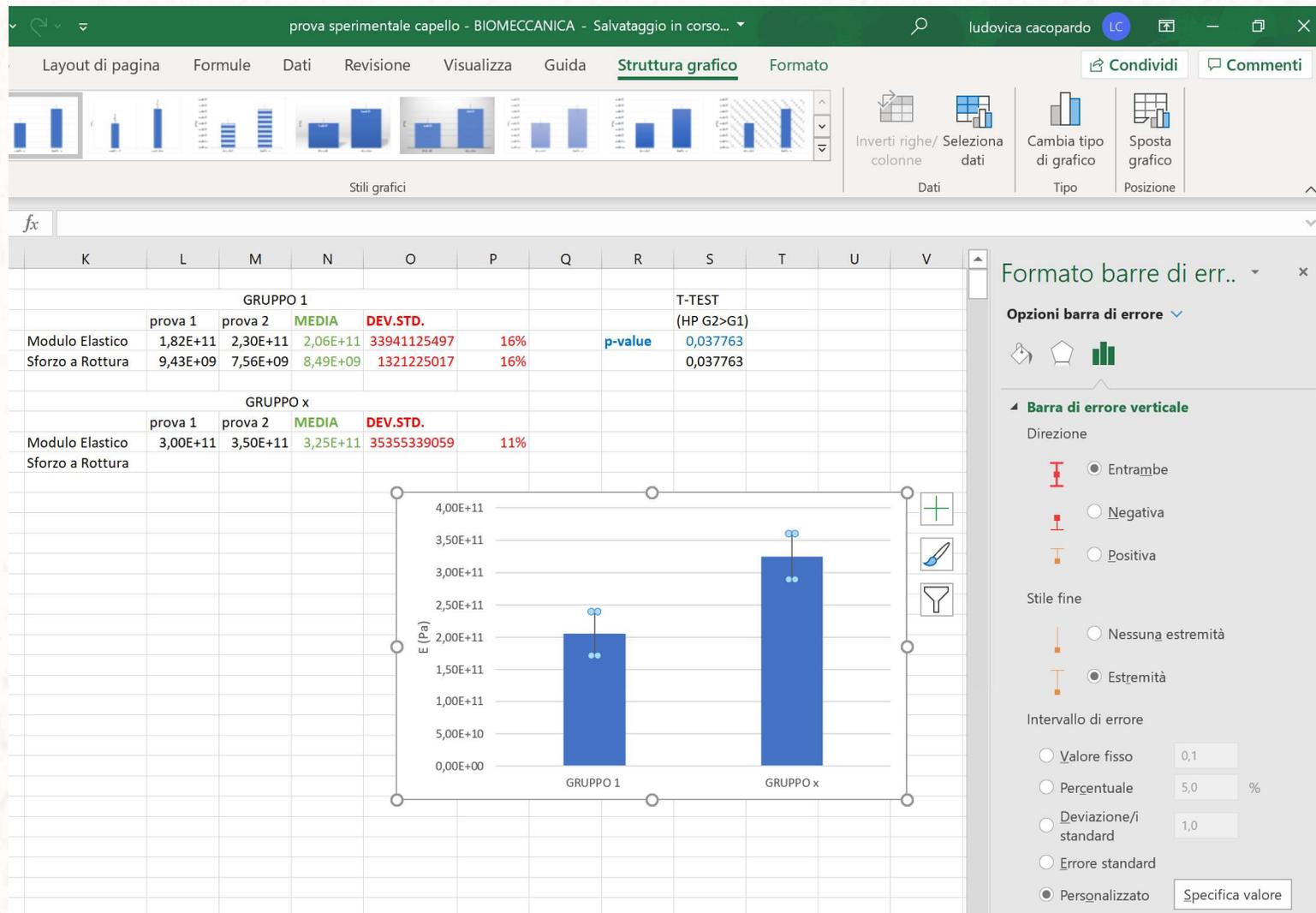


Grafico a barre: selezionare le medie dei due gruppi, aggiungere deviazione standard (personalizzato, selezionando i valori di deviazione calcolata)

Esempio Relazione

Titolo: Prova Sperimentale Capello

Autore

Introduzione

Breve cenno composizione [ref1], biomeccanica [2] e funzione capello.

Motivazione e obiettivo dello studio (es: date che le diverse tipologie di capello presentano caratteristiche macroscopiche diverse, questo studio vuole investigare le proprietà meccaniche delle diverse tipologie)

Materiali e Metodi

Fonte materiale, caratteristiche, numero campioni

Strumenti utilizzati per la misura e per i test meccanici

Tipo di test, strain rate, estrazione parametri, analisi statistica

Risultati e discussioni

Grafici (unità di misura!) e considerazioni

Conclusioni

Ripetere a grandi linee quello che è stato fatto e il risultato sperimentale principale

Bibliografia

[1] Tizio et al., nome articolo, rivista, anno

[2] Caio et al, nome articolo, rivista, anno