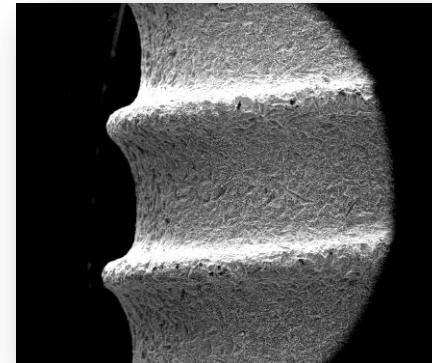
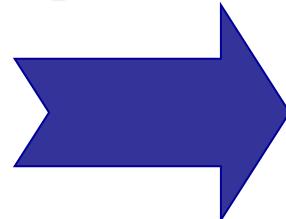


TRATTAMENTI DI SUPERFICI IN TITANIO E LEGA DI TITANIO



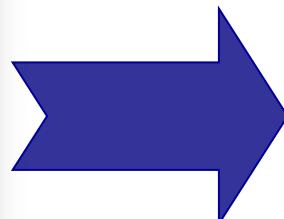
trattamenti
superficiali



“controllo”
biochimico



osseointegrazione



Trattamenti superficiali

Trattamenti fisici

□ trattamenti meccanici:

- ✓ troncatura
- ✓ tornitura
- ✓ levigatura (di finiture diverse) con abrasivi
- ✓ sabbiatura

□ deposizione superficiale:

- ✓ deposizione di titanio al plasma (TPS)
- ✓ deposizione di idrossiapatite (HA)

Trattamenti superficiali

Rugosità	R_a [μm]	R_q [μm]	R_t [μm]	S_k [--]
Titanio CP tornito	0.872	1.115	8.090	0.462
Titanio CP levigato 320 Grit-Paper	0.386	0.492	3.953	0.145
Titanio CP lucidato 4000 Grit-Paper	0.314	0.392	3.011	0.129

Valori di rugosità misurati su superfici in Ti CP tornite, levigate e lucidate

Trattamenti superficiali

Materiale e Tipo di superficie	Levigatura	R_a [μm]	R_p [μm]	R_t [μm]	R_{tm} [μm]
Nitinol laminato a 950°C	80 Grit-Paper	0.36 ± 0.21	0.64 ± 0.15	1.43 ± 0.50	0.45 ± 0.05
	600 Grit-Paper	0.16 ± 0.02	0.63 ± 0.20	0.63 ± 0.44	0.51 ± 0.04
	1200 Grit-Paper	0.10 ± 0.04	0.16 ± 0.04	0.42 ± 0.08	0.20 ± 0.02
TiMoCr laminato a 850°C	80 Grit-Paper	1.48 ± 0.04	3.12 ± 0.58	6.85 ± 0.30	2.57 ± 0.01
	600 Grit-Paper	1.43 ± 0.17	1.85 ± 1.06	5.82 ± 0.71	1.20 ± 0.14
	1200 Grit-Paper	0.30 ± 0.03	0.85 ± 0.55	1.35 ± 1.06	0.54 ± 0.16
TiMoCr laminato a 1050°C	80 Grit-Paper	0.73 ± 0.05	2.29 ± 0.30	3.74 ± 0.07	0.95 ± 0.05
	600 Grit-Paper	0.44 ± 0.01	1.10 ± 0.21	2.24 ± 0.32	0.67 ± 0.06
	1200 Grit-Paper	0.34 ± 0.04	0.58 ± 0.09	1.38 ± 0.01	0.42 ± 0.02

Valori di rugosità misurati su superfici in Nitinol e TiMoCr

Trattamenti superficiali

Materiale e tipo di superficie	R_a [μm]	R_q [μm]	R_t [μm]	R_{sk} [-]	R_{ku} [--]	D_q [°]	l_q [μm]
Titanio CP tornito	0.39 ± 0.16	0.65 ± 0.3	12.33 ± 8.8	-0.55 ± 1.6	21.94 ± 26.6	25.32 ± 7.9	9 ± 1.3
Titanio CP sabbiato con rutilo da 25 μm	0.88 ± 0.2	1.23 ± 0.3	18.47 ± 5.1	0.49 ± 1.0	9.79 ± 6.4	37.08 ± 4.8	11.82 ± 1.1
Titanio CP sabbiato con allumina da 75 μm	1.27 ± 0.1	1.77 ± 0.2	27.48 ± 7.1	0.05 ± 0.6	9.56 ± 4.3	46.7 ± 2.0	13.66 ± 0.8

Valori di rugosità misurati su superfici in titanio CP dopo tornitura e sabbiatura con rutilo e allumina

Materiale e tipo di superficie	S_a [μm]	S_{ex} [μm]	S_{dr} [-]
Titanio CP tornito	0.96 ± 0.4	8.48 ± 1.2	1.34 ± 0.1
Titanio CP sabbiato con allumina da 25 μm	1.2 ± 0.4	9.8 ± 0.6	1.44 ± 0.1
Titanio CP sabbiato con allumina da 75 μm	1.43 ± 0.3	11.63 ± 0.6	1.49 ± 0.1
Titanio CP sabbiato con allumina da 250 μm	2.20 ± 0.3	13.59 ± 1.1	1.81 ± 0.1

Valori di rugosità misurati su superfici in titanio CP dopo tornitura e sabbiatura

Trattamenti chimici

□ trattamenti chimici:

- ✓ lavaggio con solventi
- ✓ passivazione nitrica
- ✓ riposo a caldo
- ✓ acquaforte acida
- ✓ attacco alcalino
- ✓ ossidazione con H_2O_2
- ✓ decapaggio acido

□ trattamenti elettrochimici:

- ✓ elettro-erosione
- ✓ erosione a tuffo
- ✓ erosione a filo
- ✓ elettro-lucidatura
- ✓ anodizzazione

Trattamenti superficiali

Materiale e tipo di superficie	Valori di profondità [mm]
Titanio CP sabbiato con corindone da 0.12-0.25 mm e decapato	6
Titanio CP sabbiato con corindone da 0.25-0.5 mm	22-28
Titanio CP sabbiato con corindone da 0.25-0.5 mm ed attaccato con acidi	18-23

Intervallo dei valori significativi di profondità dei difetti superficiali di dischetti in titanio

Materiale e tipo di superficie	Incremento della superficie [--]
Titanio CP lucidato con allumina in polvere	1.081 ± 0.047
Titanio CP lucidato con allumina in polvere ed attaccato con acidi	1.440 ± 0.247
Titanio CP sabbiato con 0.25-0.5 mm ed attaccato con acidi	2.455 ± 0.146

Valori della rugosità misurata sulla superficie di dischetti in titanio

Trattamenti superficiali

Tipo di materiale e di Superficie	R_{rms} [nm]	A_{diff} [nm]
Titanio CP tornito	30.3 ± 19.8	10.8 ± 7.6
Titanio CP tornito e anodizzato	40.8 ± 14.7	18.0 ± 8.2
Titanio CP tornito e elettro-lucidato	2.9 ± 2.9	0.5 ± 0.4
Titanio CP tornito, elettro-lucidato e anodizzato	32.5	23.3
Titanio CP tornito, elettro-lucidato e anodizzato (aree lisce)	2.7 ± 0.2	0.6 ± 0.1
Titanio CP tornito, elettro-lucidato e anodizzato (aree rugose)	116.7 ± 40.2	88.0 ± 35.0

Valori di topografia relativi ad impianti in titanio Ti CP diversamente trattati

Materiale e tipo di superficie	R_a [μm]
Titanio CP tornito	0.31 ± 0.12
Titanio CP sabbiato con rutilo da 10-53 μm	0.61 ± 0.03
Titanio CP sabbiato con rutilo da 10-53 μm e ricoperto con HA	1.89 ± 0.15

Valori di rugosità di superfici in titanio CP tornite, sabbiate e ricoperte con HA

Tipo di materiale e di superficie	Intervallo dimensioni difetti [μm]
Titanio CP ricoperto con HA	30-50
Titanio CP ricoperto mediante TPS	30-50

Valori di rugosità di superfici in titanio CP ricoperte con HA e TPS

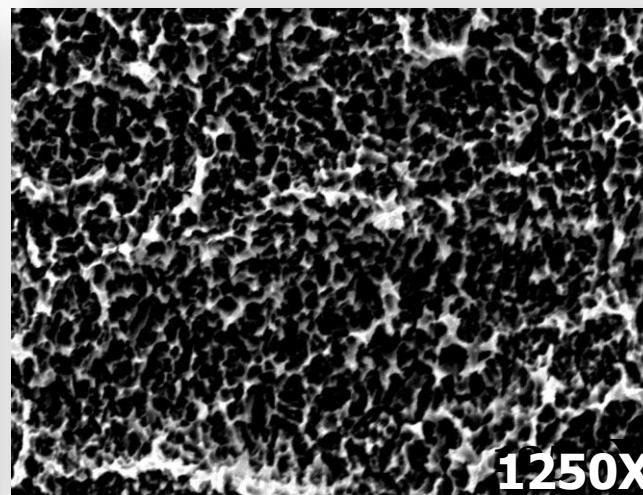
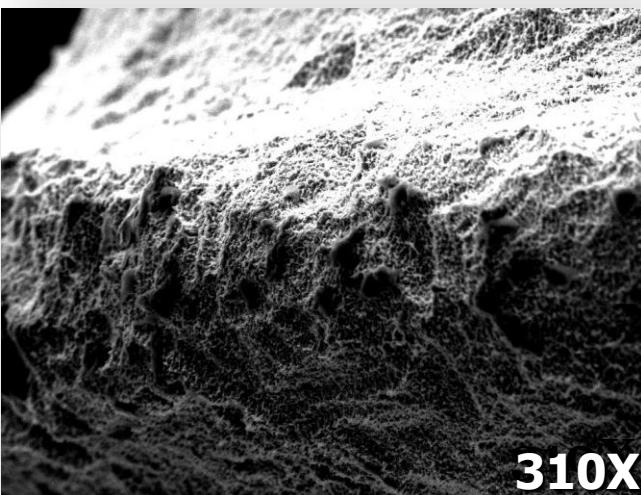
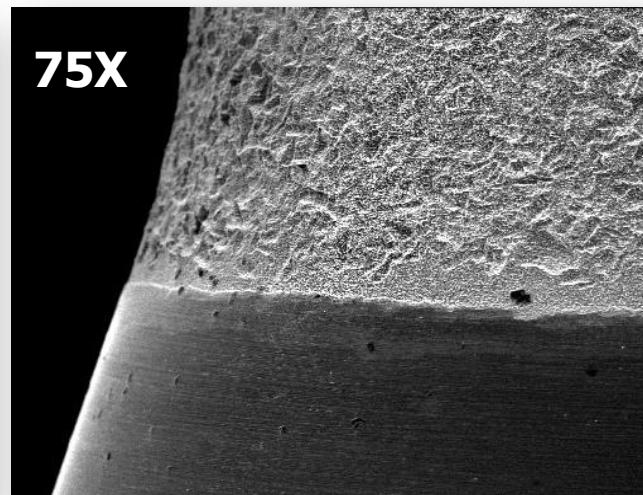
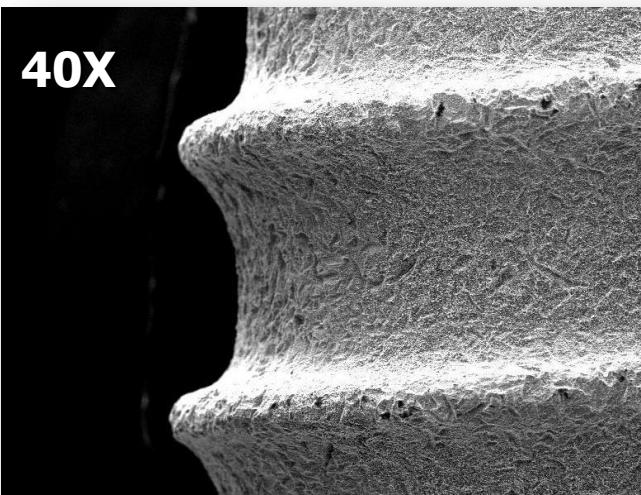
**attività sperimentale:
preparazione di supporti
metallici
(dischetti in Ti e Ti₆Al₄V)
per saggi di adesione cellulare
in vitro**

- applicazione di trattamenti superficiali per indurre specifici comportamenti nelle cellule
- controllo dell'adesione cellulare mediante l'utilizzo di fattori biochimici

Attività sperimentale

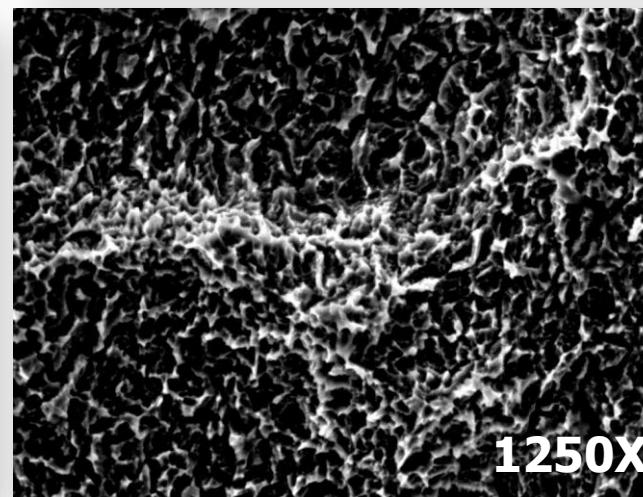
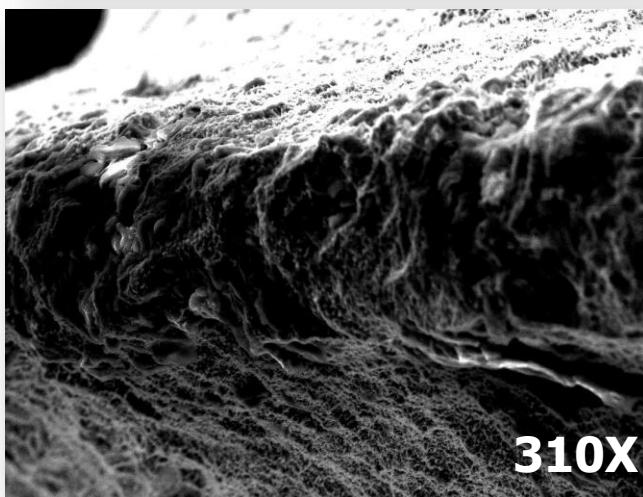
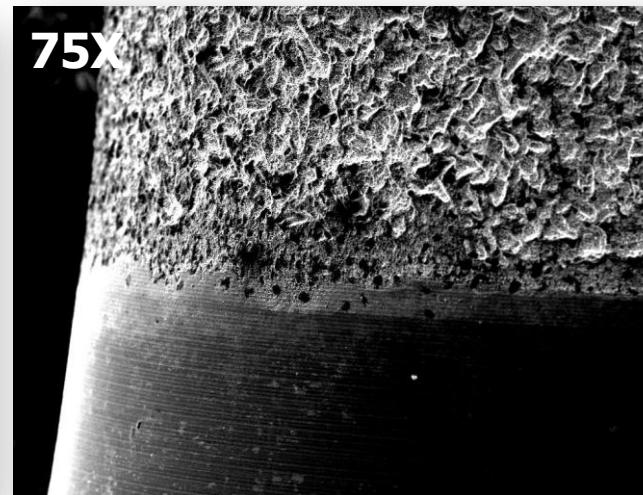
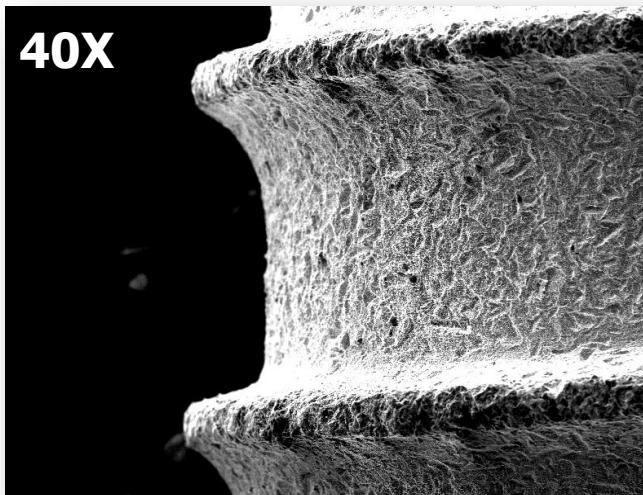
- ✓ Caratterizzazione delle superfici di impianti commerciali (riferimento)
- ✓ Sperimentazione di trattamenti superficiali
- ✓ Caratterizzazione della superficie dei dischetti di prova
- ✓ Selezione dei trattamenti superficiali
- ✓ Applicazione di metodi biochimici
- ✓ Indagine profilometrica sulle superfici campione
- ✓ Saggi di adesione cellulare
- ✓ Analisi di corrispondenza tra topografia e adesione cellulare

Impianti commerciali



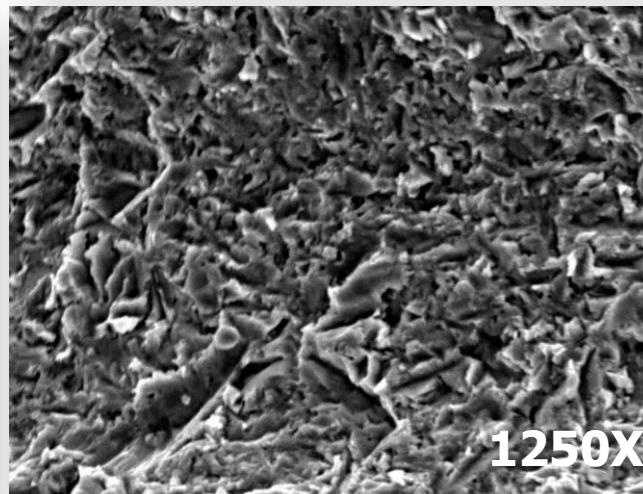
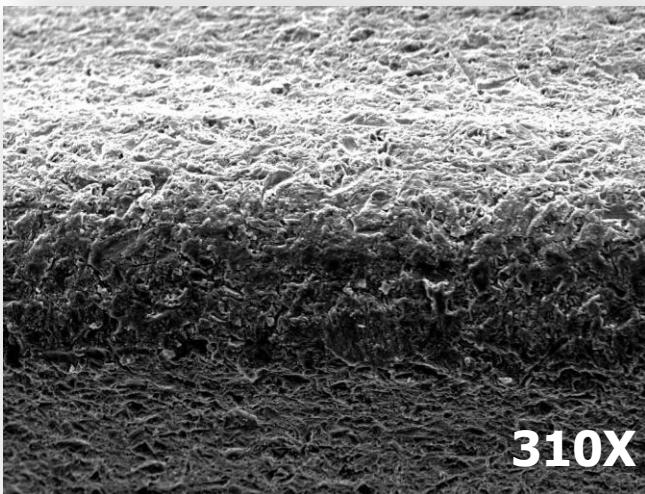
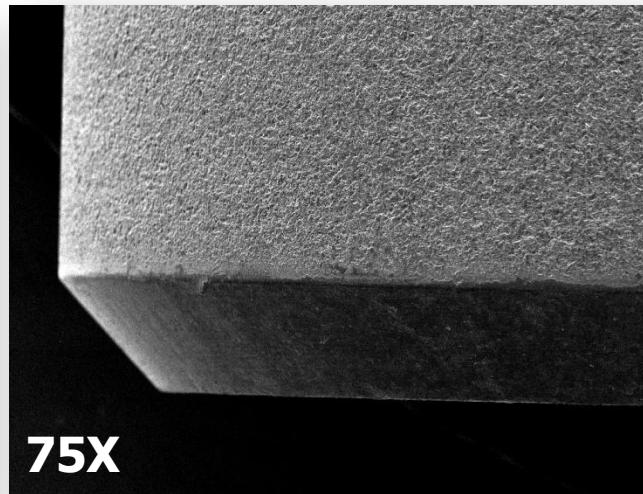
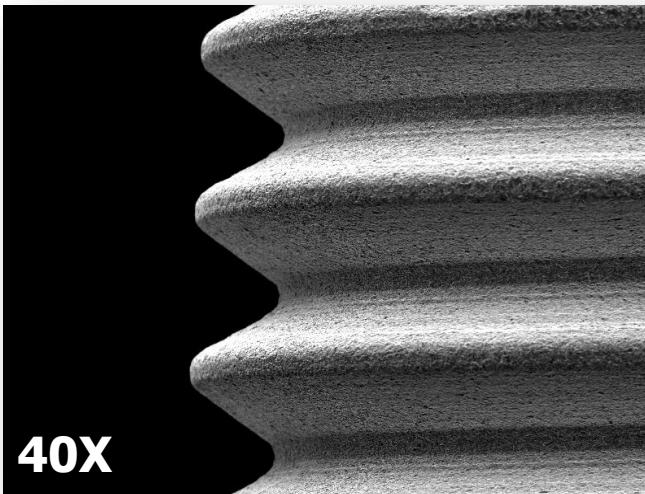
Immagini SEM di impianto commerciale SLA Ø 3.3 mm

Impianti commerciali



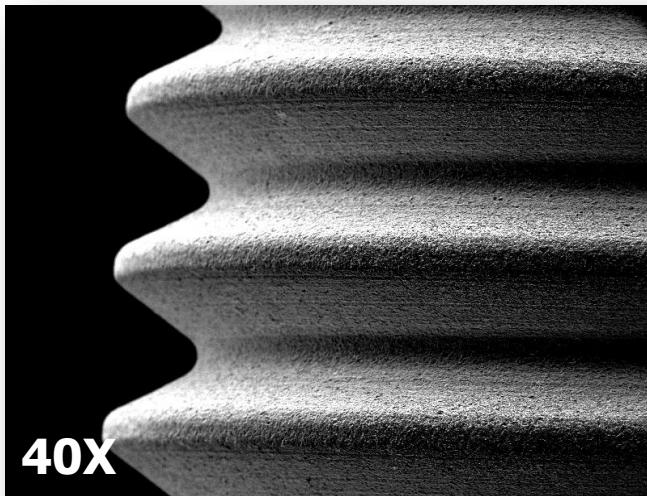
Immagini SEM di impianto commerciale SLA Ø 4.1 mm

Impianti commerciali

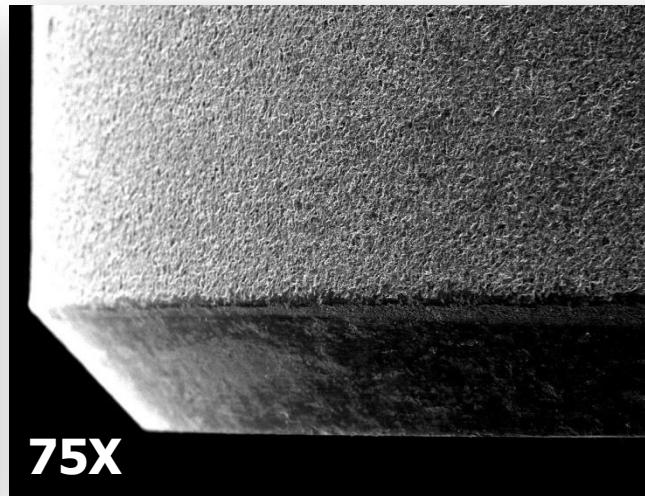


Immagini SEM di impianto commerciale TiOBlast Ø 3.5 mm

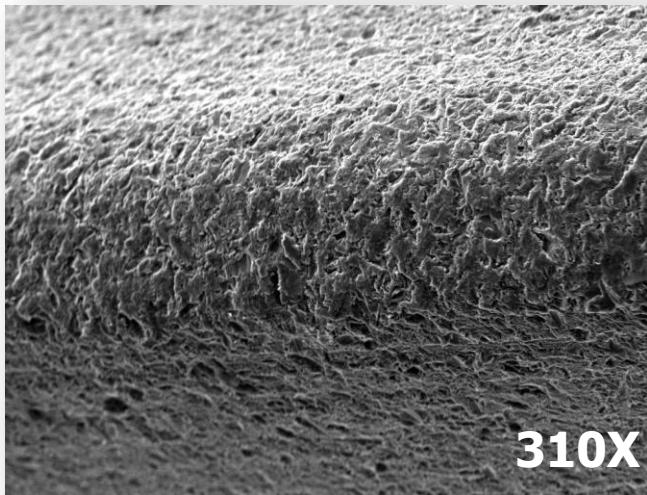
Impianti commerciali



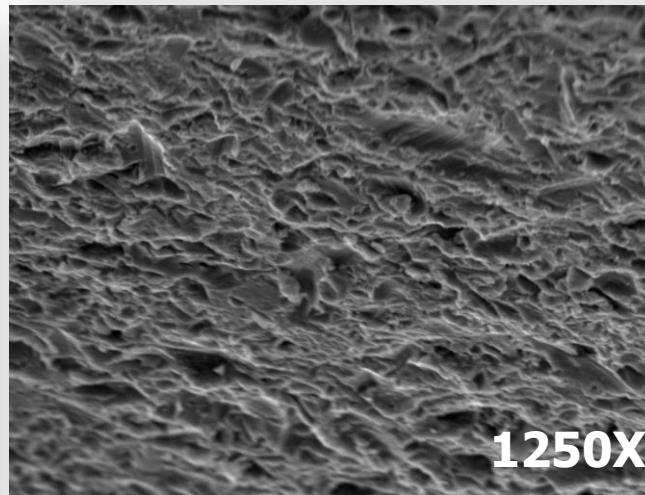
40X



75X



310X



1250X

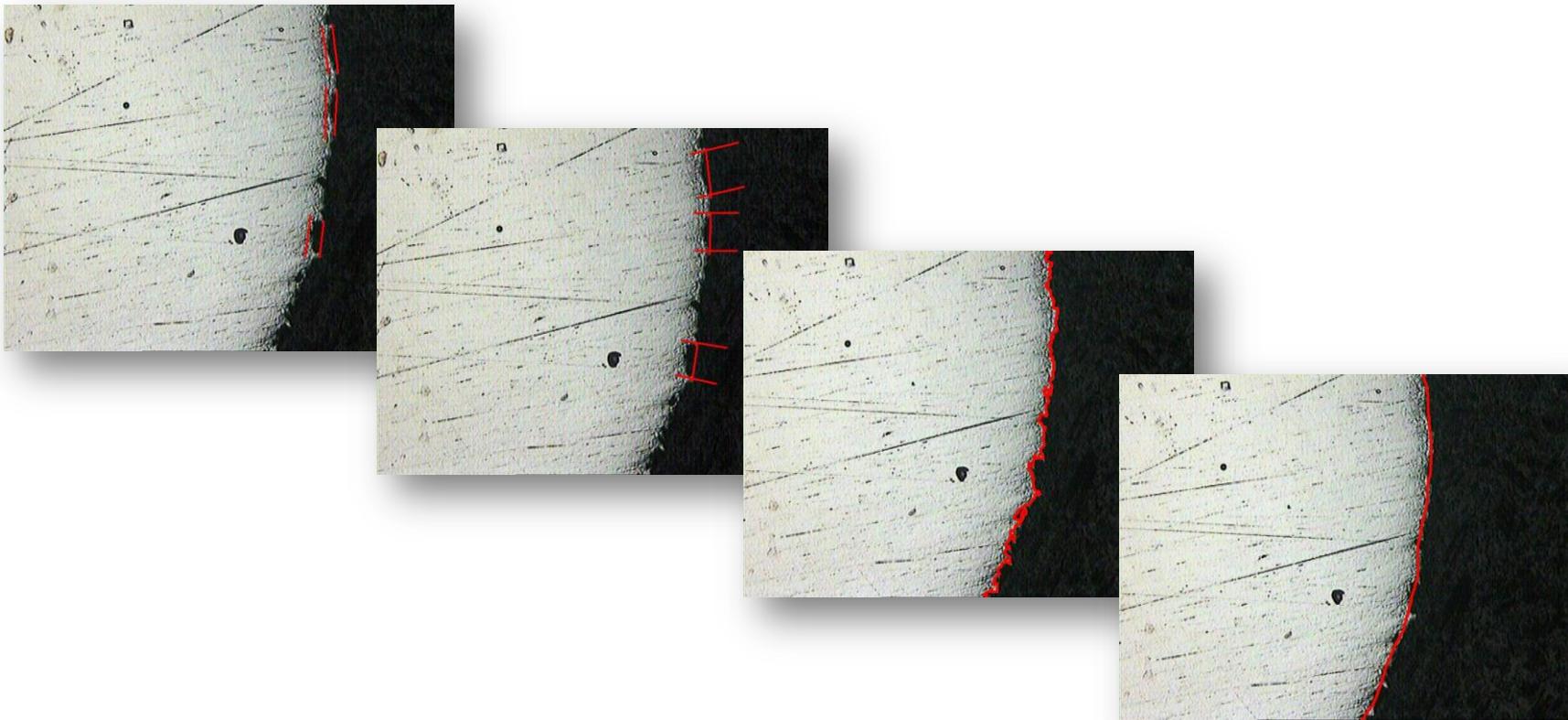
Immagini SEM di impianto commerciale TiOBlast Ø 4.0 mm

Impianti commerciali

Profondità dei difetti superficiali

Aampiezza dei difetti superficiali

Rapporto tra le lunghezze di profilo e di forma



Immagini al microscopio ottico (100X) di impianto commerciale SLA Ø 4.1 mm

Impianti commerciali

Impianto	Profondità [μm]	Aampiezza [μm]	Rapporto [--]
SLA - Ø 3.3	12.5	67.6	1.690
SLA - Ø 4.1	20.3	145.2	1.485
TiOBlast - Ø 3.5	6.2	46.5	1.309
TiOBlast - Ø 4.0	6.7	51.1	1.460

Valori medi dei parametri caratterizzanti i difetti superficiali

- i difetti superficiali di TiOBlast sono molto più piccoli rispetto a quelli di SLA
- si apprezzano differenze anche tra i due impianti SLA

Dischetti di prova

tornitura

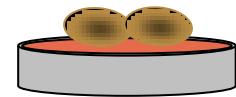
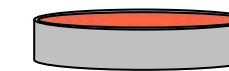
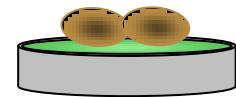
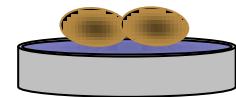
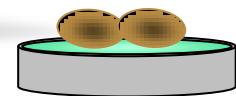
sabbiatura

attacco acido

rivestimento

arricchimento

adesione



caratterizzazione mediante indagine profilometrica

Trattamenti meccanici

levigatura

- **irrugosimento carte abrasive SiC (P220 o P80)**
- **lucidatura (sino a pasta diamantata da 3 µm)**

sabbiatura

- **corindone 25 µm per 10 s**
- **corindone 350 µm per 5 o 10 s**

Trattamenti chimici

passivazione

- **HNO₃ @ RT per 60 o 120 min**

attacco con acidi

- **HCl:H₂SO₄ @ RT per 1, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 45, 60 min**
- **HCl:H₂SO₄:HF @ RT per 8, 17, 29, 44 min**
- **HCl:H₂SO₄ @ BP per 1, 3, 6, 7, 15 min**



**Immagini al microscopio ottico di dischetti trattati meccanicamente
e attaccati con miscele HCl:H₂SO₄**



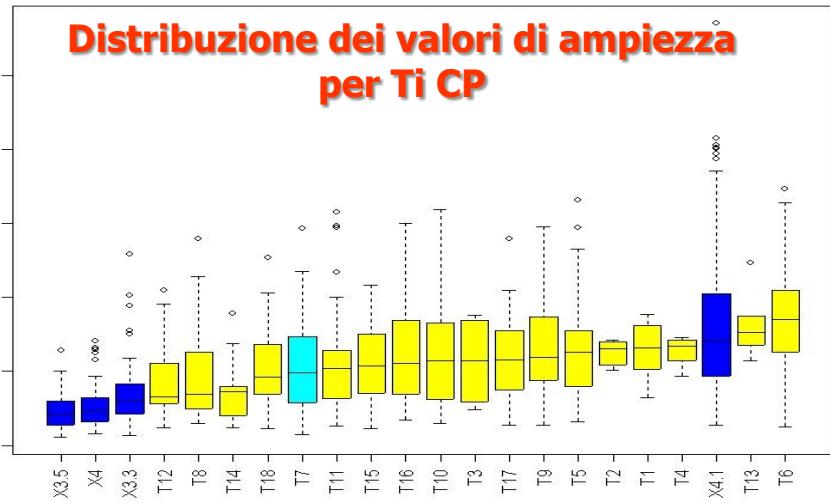
**Immagini al microscopio ottico di dischetti trattati meccanicamente
e attaccati con miscele HCl:H₂SO₄**

Dischetti in titanio CP	Trattamenti meccanici		Trattamenti chimici		Profondità [µm]	Aampiezza [µm]	Rapporto di forma [--]
	levigatura	sabbiatura	passivazione	attacco acido			
T1	no	no	no	no	23.5	128.2	--
T2	80 Grit	no	no	RT 15 min	12.4	125.5	--
T3	180 Grit	no	no	no	5.5	111.9	--
T4	180 Grit	no	no	RT 15 min	13.6	127.2	--
T5	no	350 µm 10 s	no	BP 7 min	17.9	129.6	2.263
T6	no	350 µm 10 s	no	BP 15 min	20.7	175.3	1.810
T7	no	350 µm 10 s	no	BP 6 min	15.6	116.4	1.456
T8	no	350 µm 10 s	no	RT 15 min	18.2	97.1	1.978
T9	no	350 µm 10 s	RT 1 h	no	25.2	134.2	2.501
T10	no	350 µm 10 s	RT 2 h	no	18.9	132.6	1.940
T11	no	350 µm 10 s	RT 1 h	no	22.2	120.9	2.469
T12	no	350 µm 10 s	RT 2 h	no	21.7	82.1	2.446
T13	no	350 µm 10 s	no	no	28.1	162.8	--
T14	no	no	no	no	11.8	72.2	--
T15	no	350 µm 10 s	no	BP 3 min	19.8	120.1	1.970
T16	no	350 µm 10 s	no	RT 10 min	17.3	159.6	1.904
T17	no	350 µm 10 s	no	no	20.2	118.3	2.951
T18	no	350 µm 10 s	no	BP 1 min	22.2	103.3	2.022

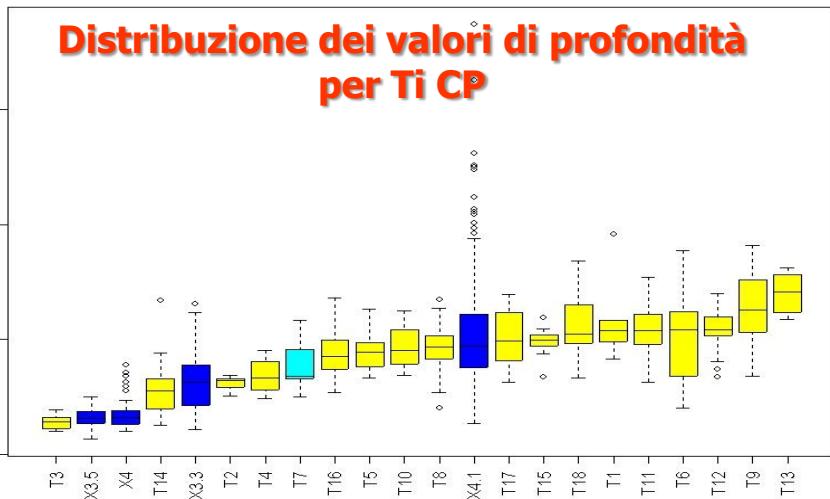
Dischetti in lega Ti6Al4V	Trattamenti meccanici		Trattamenti chimici		Profondità [µm]	Aampiezza [µm]	Rapporto di forma [--]
	levigatura	sabbiatura	passivazione	attacco acido			
A1	220 Grit	no	no	no	5.1	50.7	--
A2	220 Grit	no	no	RT 15 min	5.8	64.4	--
A3	220 Grit	no	no	RT 1 h	6.0	51.5	--
A4	220 Grit	no	no	RT 45 min	9.4	83.5	--
A5	220 Grit	no	no	RT 30 min	6.7	55.6	--
A6	80 Grit	no	no	no	12.2	106.1	--
A7	80 Grit	no	no	BP 7 min	13.4	108.8	--
A8	80 Grit	no	no	BP 15 min	12.3	104.9	--
A9	no	350 µm 10 s	no	RT 20 min	16.1	96.4	1.673
A10	no	25 µm 10 s	no	RT 20 min	7.6	70.2	--
A11	no	350 µm 10 s	no	no	15.8	66.9	2.254
A12	no	350 µm 10 s	no	RT 7 min	13.6	94.2	1.486
A13	no	350 µm 10 s	no	RT 15 min	13.8	63.6	1.567
A14	no	350 µm 5 s	no	RT 10 min	15.6	84.3	1.447
A15	no	350 µm 5 s	no	no	15.4	94.0	1.516
A16	80 Grit	no	no	RT 7 min	10.2	116.4	--
A17	80 Grit	no	no	RT 15 min	6.7	73.0	--
A18	no	350 µm 10 s	no	RT 10 min	16.3	102.7	1.637

Dischetti in lega Ti6Al4V	Trattamenti meccanici		Trattamenti chimici		Profondità [µm]	Aampiezza [µm]	Rapporto di forma [--]
	levigatura	sabbiatura	passivazione	attacco acido			
A19	220 Grit	no	no	RT 20 min	7.2	63.3	--
A20	220 Grit	no	no	RT 20 min	9.7	100.4	--
A21	80 Grit	no	no	RT 8 min	13.2	126.2	--
A22	80 Grit	no	no	RT 17 min	7.2	61.1	--
A23	no	350 µm 5 s	no	RT 1 min	17.2	134.1	1.837
A24	no	350 µm 10 s	no	RT 10 min	16.4	108.5	1.815
A25	220 Grit	no	RT 2 h	no	6.6	27.5	--
A26	80 Grit	no	RT 2 h	no	7.2	69.0	--
A27	no	350 µm 10 s	RT 2 h	no	20.3	140.0	1.935
A28	80 Grit	no	no	RT 15 min	13.5	111.5	--
A29	80 Grit	no	no	RT 29 min	11.4	145.0	--
A30	no	350 µm 5 s	no	RT 10 min	12.2	130.8	1.497
A31	220 Grit	no	RT 1 h	no	5.8	68.3	--
A32	80 Grit	no	RT 1 h	no	7.0	95.5	--
A33	no	350 µm 10 s	RT 1 h	no	15.3	107.1	1.818
A34	220 Grit	no	RT 1 h	no	5.8	56.6	--
A35	80 Grit	no	RT 1 h	no	9.3	65.6	--
A36	no	350 µm 10 s	RT 1 h	no	20.0	87.6	2.191

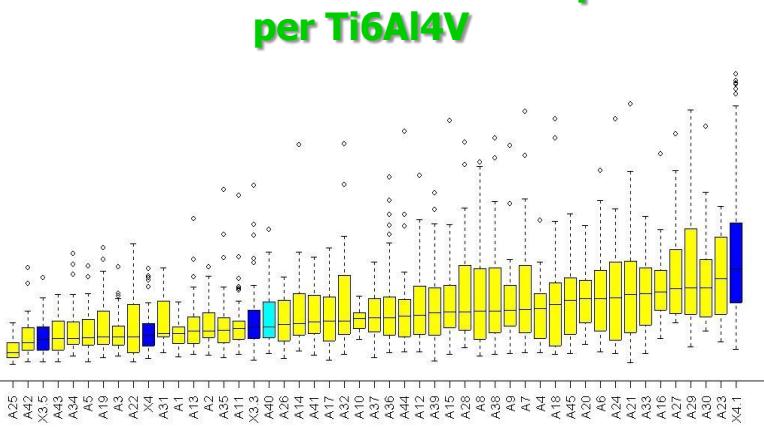
Dischetti in lega Ti6Al4V	Trattamenti meccanici		Trattamenti chimici		Profondità	Aampiezza	Rapporto di forma
	levigatura	sabbiatura	passivazione	attacco acido	[µm]	[µm]	[--]
A37	no	350 µm 10 s	no	no	19.0	75.8	1.913
A38	no	350 µm 10 s	no	RT 20 min	19.7	111.5	1.964
A39	no	350 µm 10 s	no	RT 40 min	17.3	91.3	1.651
A40	no	350 µm 10 s	no	RT 1 h	14.3	75.6	1.381
A41	no	no	no	no	6.4	75.6	--
A42	220 Grit	no	RT 2 h	no	5.4	45.8	--
A43	80 Grit	no	RT 2 h	no	6.0	47.4	--
A44	no	350 µm 10 s	RT 2 h	no	19.5	87.1	2.099



- Superfici dei dischetti di prova
- Superfici degli impianti commerciali
- Superficie prescelta



Distribuzione dei valori di ampiezza per Ti6Al4V

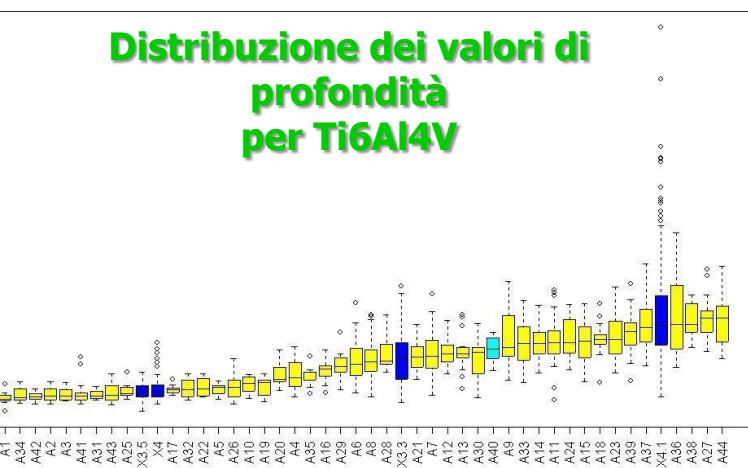


Superfici dei dischetti di prova

Superfici degli impianti commerciali

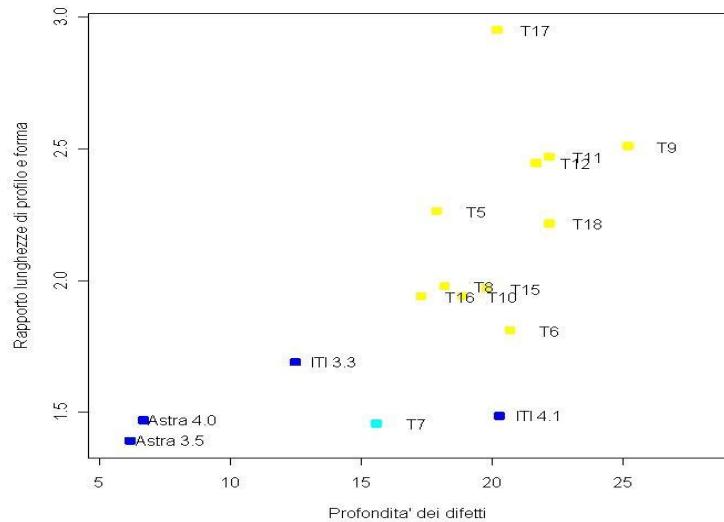
Superficie prescelta

Distribuzione dei valori di profondità per Ti6Al4V

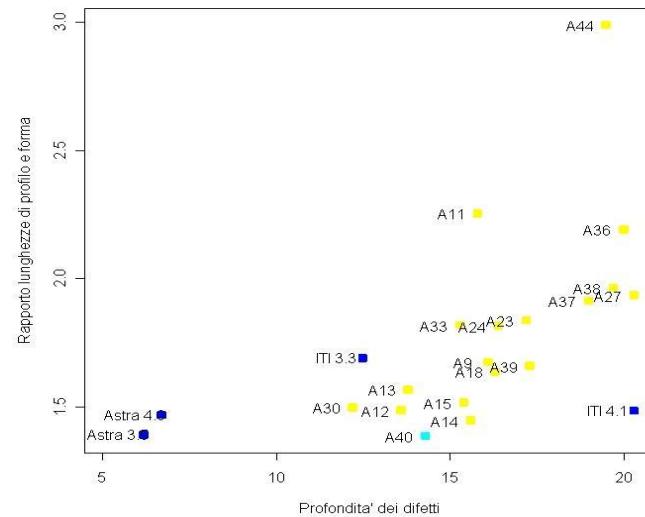


- **il parametro ampiezza non mostra una distribuzione statisticamente significativa: è non discriminante**
- **il parametro profondità mostra una distribuzione statisticamente significativa: è discriminante**

Titanio CP



Legha Ti6Al4V



Rapporto di forma ÷ profondità

T₇
sabbiatura
(corindone da 350 µm)
attacco HCl:H₂SO₄
per 6 min @ BP

Rapporto di forma ÷ profondità

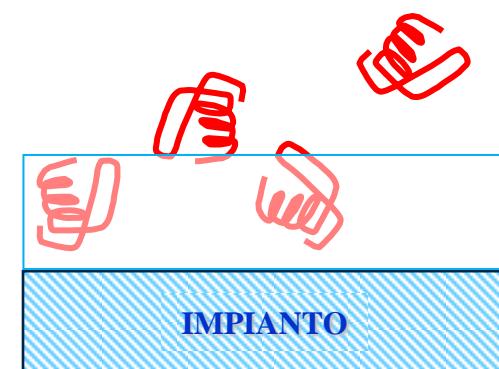
A40
sabbiatura
(corindone da 350 µm)
attacco HCl:H₂SO₄
per 60 min @ RT



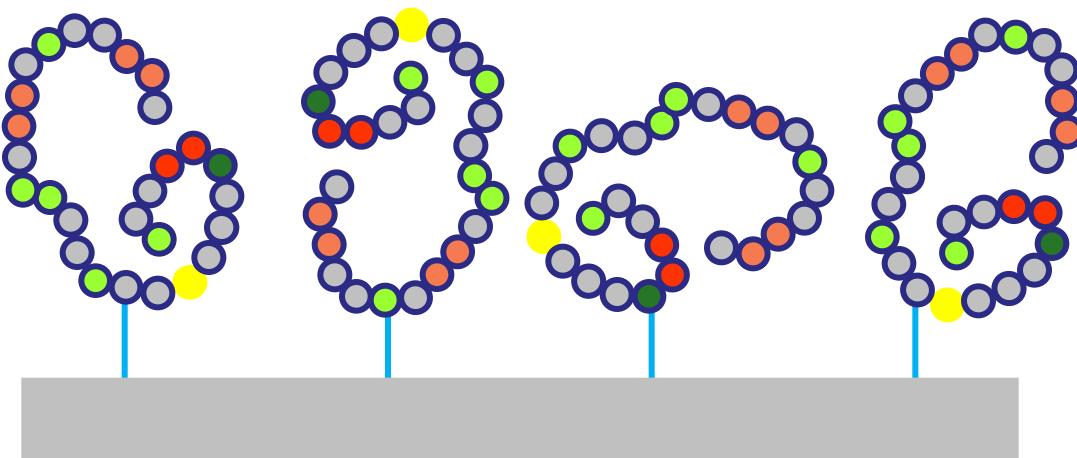
Adsorbimento



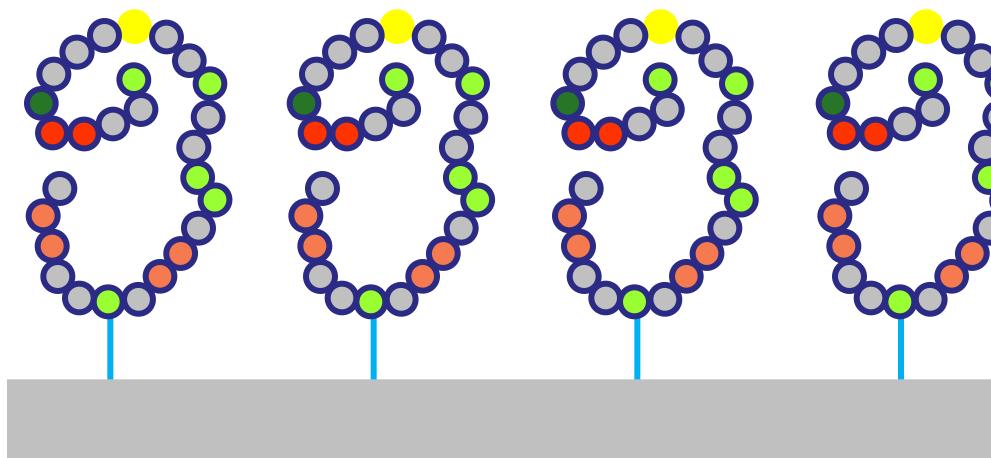
Immobilizzazione
covalente



Rilascio da carrier



Immobilizzazione covalente aspecifica



Immobilizzazione covalente specifica

Arricchimento dei substrati metallici con due peptidi di adesione:

(GRGDSP)₄K e HVP lin.

Si sperimentano due modalità di arricchimento:

adsorbimento fisico

- i dischetti campione sono lasciati a riposo in soluzioni acquose del peptide
- metodo semplice ma dalle scarse possibilità di controllo sulla concentrazione superficiale

rilascio da carrier

- sui dischetti campione si stende un sottile velo liquido di soluzione del biopolimero in cui è disperso il peptide
- dopo asciugatura, si forma una pellicola di rivestimento
- una corretta preparazione permette il controllo della concentrazione superficiale

Carrier polimerici utilizzati

polilattidi

- **Poli-(L)-lattide (PLL) da 85-160 kDa in TCM al 5.7 % (g/cc)**
- **Poli-(D, L)-lattide (PDLL) da 75-120 kDa in TCM al 5.8 % (g/cc)**
- **Copolimero di Poli-(D, L)-lattide e Poli-glicolide (PLG) da 40-75 kDa in DMK al 20 % (g/cc)**

polisaccaridi

- **preparato AGA-100 (idrogel di alginato) in acqua al 1% (g/cc)**

La deposizione richiede che:

- **le concentrazioni abbiano viscosità e tensione di vapore limitate**
- **si depositi sempre la medesima aliquota di soluzione (70 µl)**

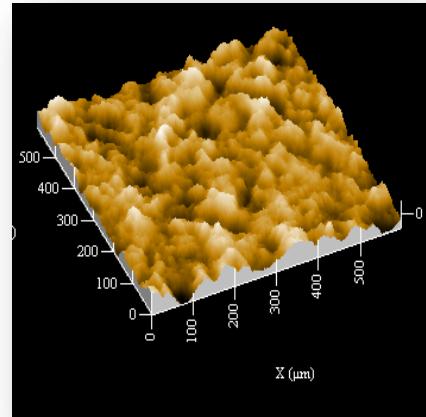
La pratica di rivestimento porta ai seguenti risultati:

- **4 mg di PLL**
- **4 mg di PDLL**
- **5 mg di PLG**
- **1 mg di idrogel di alginato**

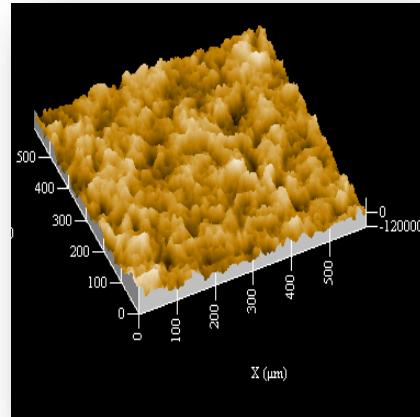
Substrato	Trattamento	Concentrazione superficiale
		[nmol/cm ²]
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	--	--
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	adsorbimento fisico	(GRGDSP) ₄ K 0.6
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	adsorbimento fisico	(GRGDSP) ₄ K 6.0
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	adsorbimento fisico	(GRGDSP) ₄ K 60.0
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	adsorbimento fisico	HVP lin. 0.6
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	adsorbimento fisico	HVP lin. 6.0
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	adsorbimento fisico	HVP lin. 60.0
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	rivestimento 5 mg di PLG	--
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	rivestimento 4 mg di PDLL	--
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	rivestimento 1 mg di Alg	--
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	rivestimento 1 mg di Alg	(GRGDSP) ₄ K 60.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	--	--
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	--
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	(GRGDSP) ₄ K 0.6
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	(GRGDSP) ₄ K 6.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	(GRGDSP) ₄ K 60.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	HVP lin. 0.6
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	HVP lin. 6.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	HVP lin. 60.0

Substrato	Trattamento	Concentrazione superficiale
		[nmol/cm²]
sabbiato corindone 350 µm per 10 s	--	--
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	--	--
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	--
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	(GRGDSP) ₄ K 0.6
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	(GRGDSP) ₄ K 6.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	(GRGDSP) ₄ K 60.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	HVP lin. 0.6
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	HVP lin. 6.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 4 mg di PLL	HVP lin. 60.0
sabbiato e attaccato a caldo con acidi	rivestimento 5 mg di PLG	--

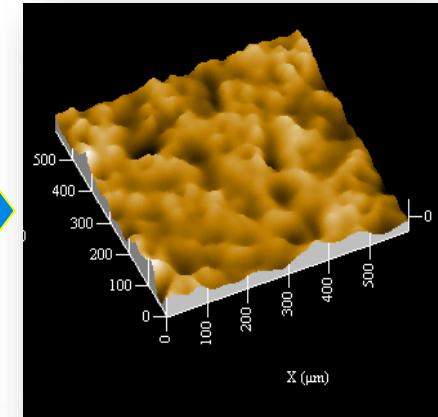
Caratterizzazione profilometrica



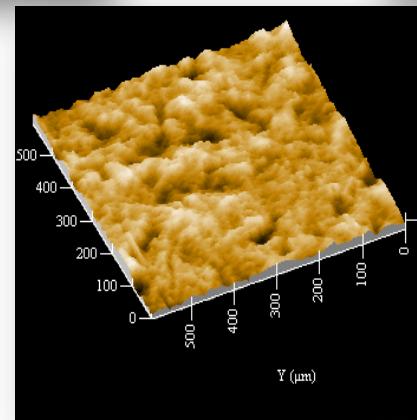
Rivestimento
1 mg di idrogel
di alginato



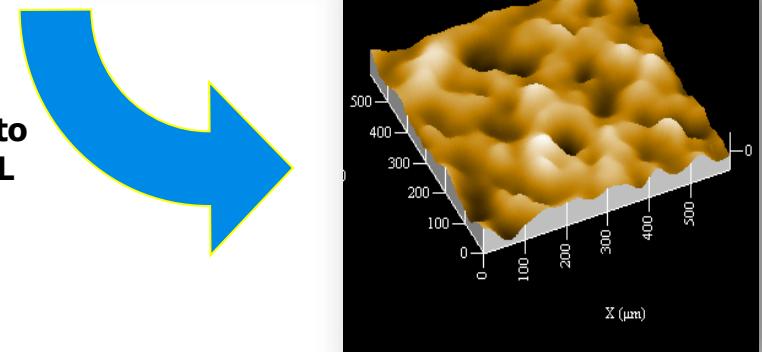
Rivestimento
4 mg di PDLL



Attacco acido
 $\text{HCl:H}_2\text{SO}_4$ @ BP
per 9 min

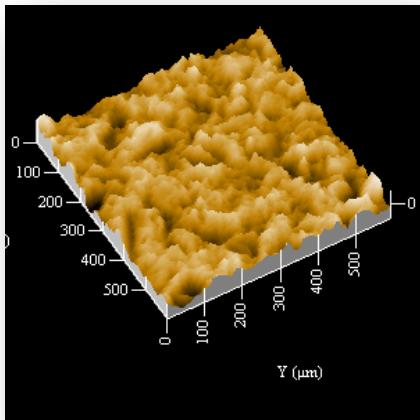


Rivestimento
4 mg di PLL

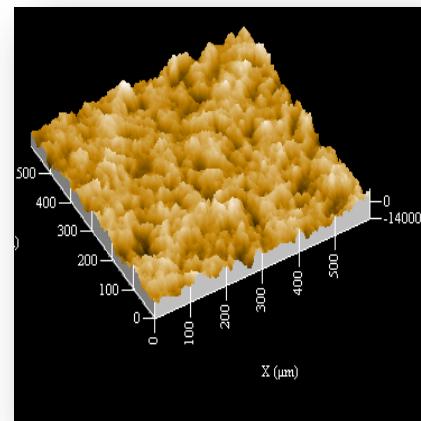


	S_a [μm]	S_q [μm]	S_z [μm]	S_{ds} [cm^{-2}]	S_{sk} [--]	S_{ku} [--]	S_{Dq} [$^{\circ}$]
Ti SL	2.41	3.03	15.31	4.7E+5	-0.19	3.14	4.45
Ti SL PDLL	1.72	2.22	10.50	6.5E+4	-0.30	4.23	1.58
Ti SL Alg	2.78	3.51	20.92	3.8E+5	-0.02	3.41	3.67
Ti SLA	4.31	5.40	26.50	4.5E+5	-0.31	3.12	6.89
Ti SLA PLL	2.39	3.04	13.99	8.4E+4	-0.11	3.24	1.79

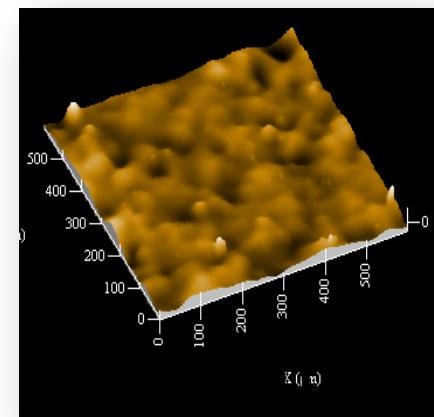
Caratterizzazione profilometrica



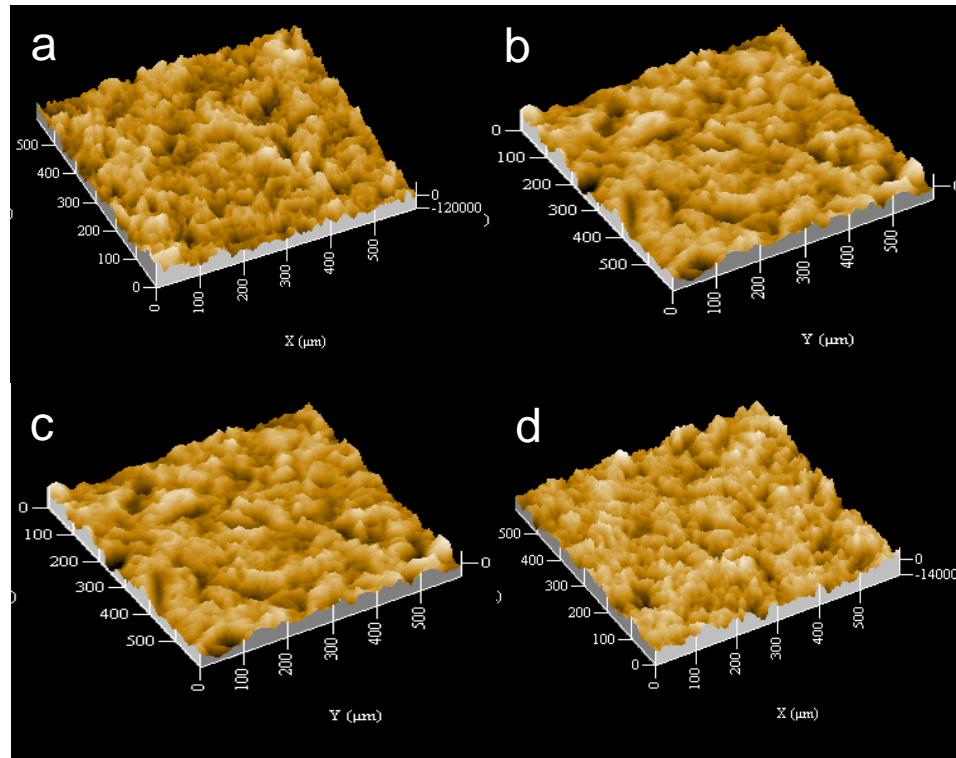
Attacco acido
HCl:H₂SO₄ @ RT
per 60 min



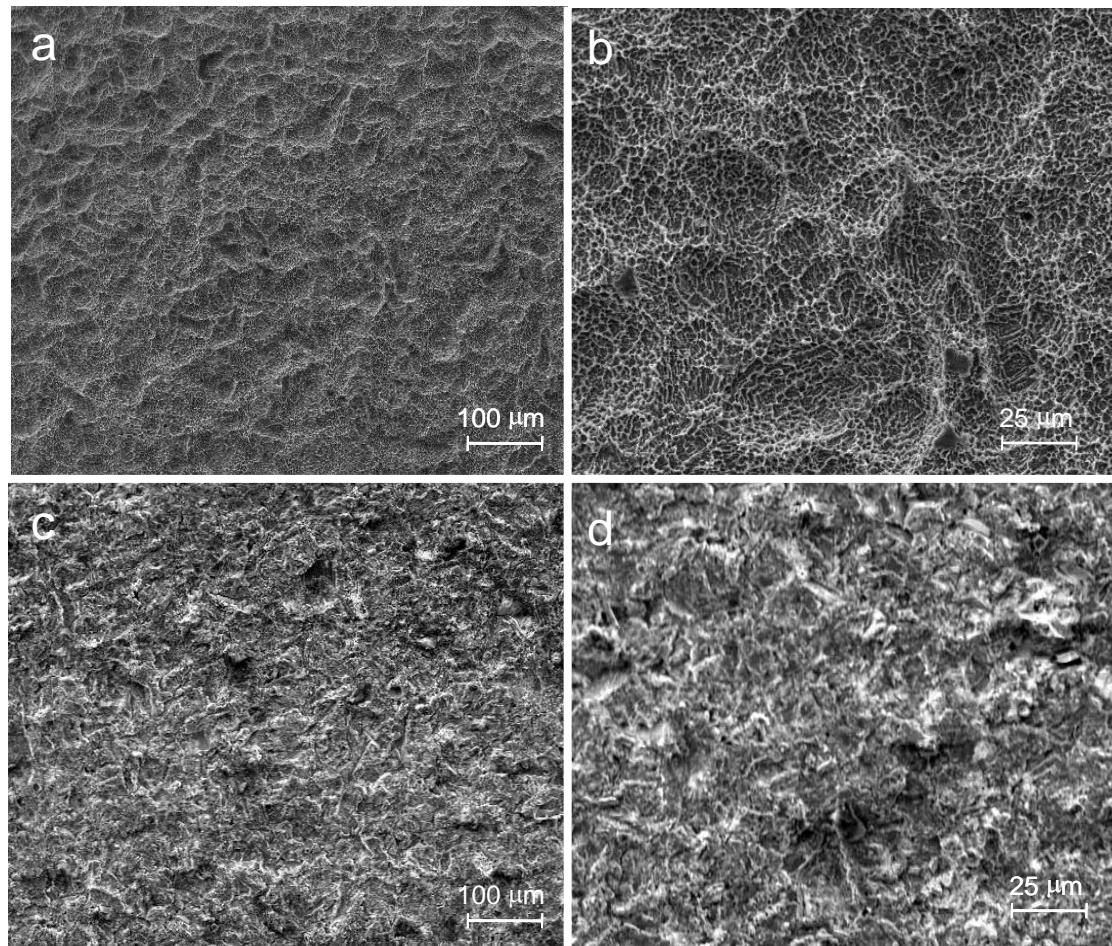
Rivestimento
4 mg di PLL



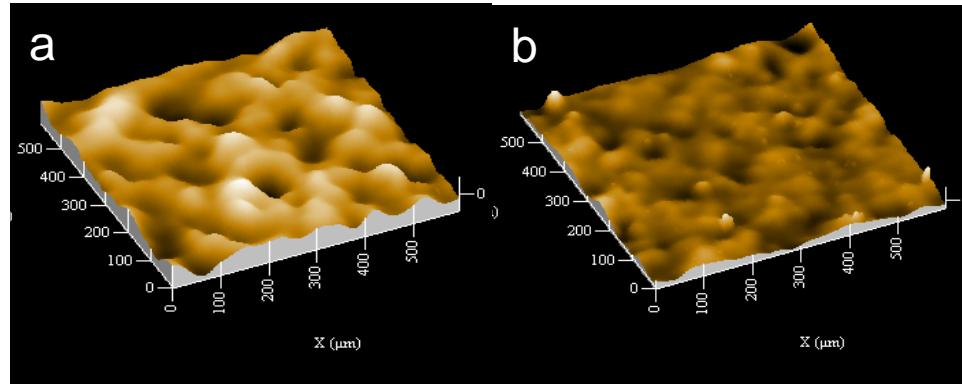
	S_a [μm]	S_q [μm]	S_z [μm]	S_{ds} [cm^{-2}]	S_{sk} [--]	S_{ku} [--]	S_{Dq} [$^{\circ}$]
Lega SL	3.14	3.97	22.51	4.0E+5	-0.53	3.02	5.48
Lega SLA	2.56	3.26	19.01	4.83E+5	-0.09	3.67	4.73
Lega SLA PLL	1.37	1.77	9.95	9.4E+4	0.01	3.87	1.36



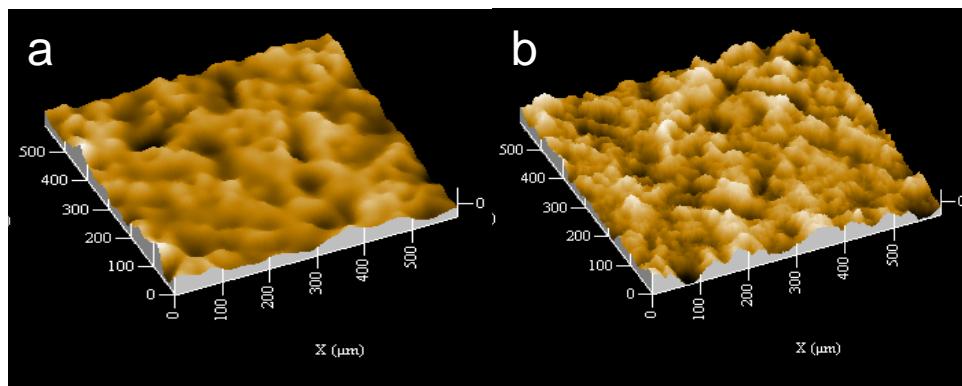
Immagini di aree ($600 \times 600 \text{ mm}^2$) ricostruite al profilometro:
superfici SL-Ti2 (a) e SLA-Ti2 (b); superfici SL-Ti5 (c) e SLA-Ti5 (d)



Immagini SEM di superfici SLA-Ti2 (a, b) e SLA-Ti5 (c, d) a diversi ingrandimenti



Immagini di aree ($600 \times 600 \text{ mm}^2$) ricostruite al profilometro:
superfici SL-Ti2 (a) e SLA-Ti5 (b) ricoperte con PLLA



Immagini di aree ($600 \times 600 \text{ mm}^2$) ricostruite al profilometro:
superfici SL-Ti2 ricoperte con PDLA (a) e AGA-100 (b)

- le superfici sabbiate non sono molto diverse tra di loro
- gli attacchi chimici inducono modificazioni con diversa tendenza
- i biopolimeri di rivestimento alterano la topografia

Titanio Ti CP

Superficie campione	Arricchimento con peptide	O.D.
		[%]
Ti SL	--	100
Ti SL Pep	(GRGDSP) ₄ K 0.6	86
Ti SL Pep	(GRGDSP) ₄ K 6.0	75
Ti SL Pep	(GRGDSP) ₄ K 60.0	77
Ti SL Pep	HVP lin. 0.6	78
Ti SL Pep	HVP lin. 6.0	95
Ti SL Pep	HVP lin. 60.0	94
Ti SL PLG	--	34
Ti SL PDLL	--	31
Ti SLA	--	93
Ti SLA PLL	--	23
Ti SLA PLL Pep	(GRGDSP) ₄ K 0.6	37
Ti SLA PLL Pep	(GRGDSP) ₄ K 6.0	35
Ti SLA PLL Pep	(GRGDSP) ₄ K 60.0	29
Ti SLA PLL Pep	HVP lin. 0.6	35
Ti SLA PLL Pep	HVP lin. 6.0	28
Ti SLA PLL Pep	HVP lin. 60.0	30

Lega Ti6Al4V

Superficie Campione	Arricchimento con peptide	O.D.
		[%]
Lega SL	--	96
Lega SLA	--	127
Lega SLA PLL	--	18
Lega SLA PLL Pep	(GRGDSP) ₄ K 0.6	17
Lega SLA PLL Pep	(GRGDSP) ₄ K 6.0	19
Lega SLA PLL Pep	(GRGDSP) ₄ K 60.0	17
Lega SLA PLL Pep	HVP lin. 0.6	23
Lega SLA PLL Pep	HVP lin. 6.0	23
Lega SLA PLL Pep	HVP lin. 60.0	20
Lega SLA PLG	--	29

Disk	OD [%]
SL-Ti2	100
SLA-Ti2	93
SLA-Ti2 + PLLA	23
SLA-Ti2+ PDLA	31
SLA-Ti2+ AGA-100	102
SL-Ti5	96
SLA-Ti5	127
SLA-Ti5+ PLLA	18

Misura della quantità di osteoblasti sulle diverse superfici:
il valore relativo al titanio è stato assunto pari al 100%

Mentre le superfici SLA permettono agli osteoblasti di aderire con esiti comparabili, **quelle ricoperte sembrano ostacolare l'adesione: tutte tranne la superficie ricoperta con AGA-100**

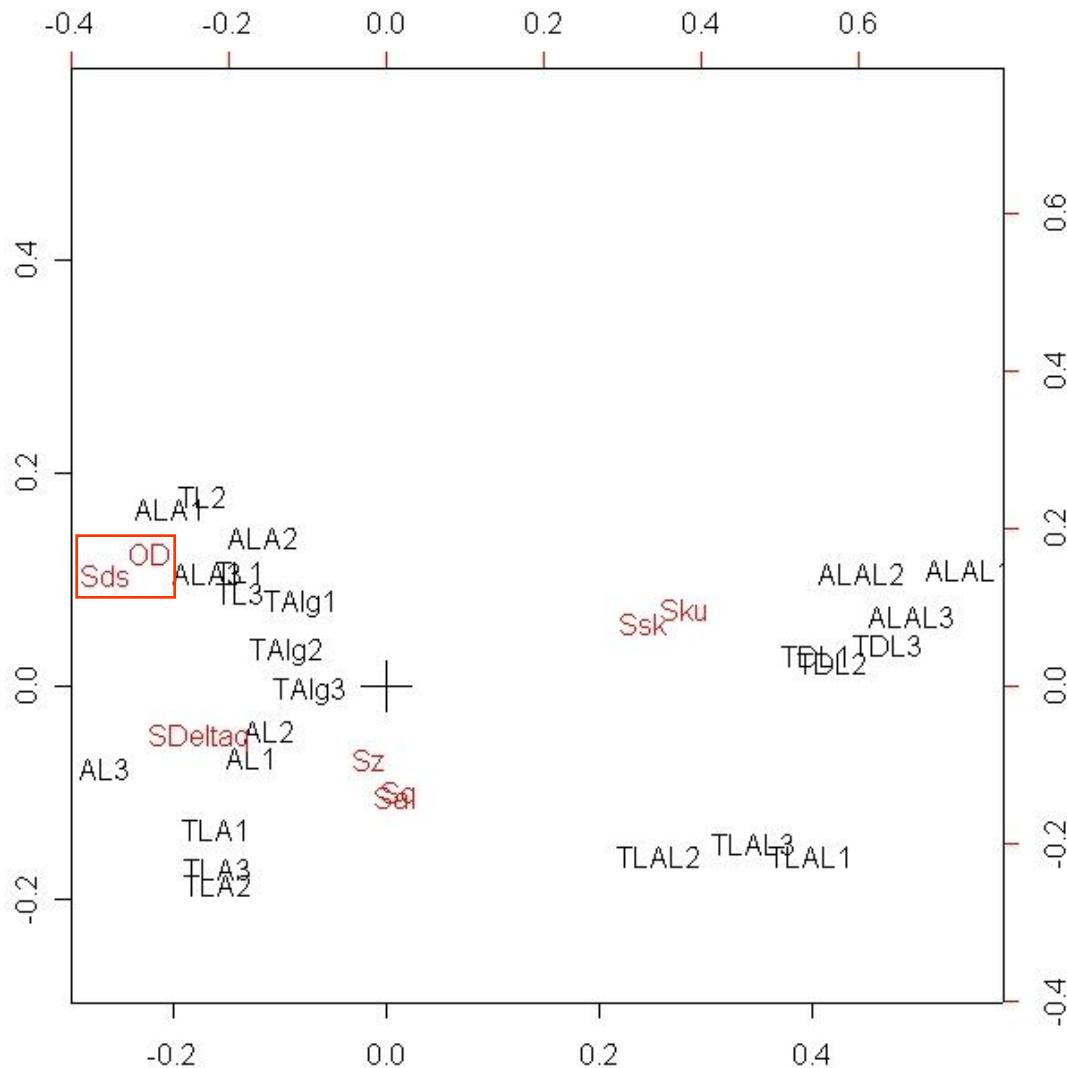
Questo risultato può essere interpretato sulla base delle caratteristiche morfologiche della superficie: **il PLLA e il PDLA sono rivestimenti che non richiamano la morfologia superficiale originaria, il rivestimento con AGA-100 la richiama**

Si conferma pertanto il ruolo delle proprietà della superficie nella promozione dell'adesione degli osteoblasti

In realtà, i risultati della sperimentazione dimostrano che l'adesione degli osteoblasti non dipende dalla natura del substrato (p. es., composizione chimica) quanto piuttosto dal tipo di rivestimento utilizzato e dalla topografia superficiale

Analisi delle corrispondenze

Trattamenti superficiali



Dall'analisi delle corrispondenze è possibile asserire che **il parametro S_{ds} e i valori della densità ottica (OD) sono strettamente correlati**, in base alla loro prossimità

I parametri S_{sk} e S_{ku} mostrano un *trend* analogo, ma non sono correlati ai valori di OD poiché giacciono su posizioni simmetriche rispetto all'origine del piano

S_a , S_q e S_z sono identificati da proiezioni ristrette e spesso sovrapposte: questa evidenza suggerisce che le aree dei campioni esaminati possiedono un buon livello di isotropia

Infine, la proiezione del parametro $S_{\Delta q}$ indica un correlazione piuttosto buona con i valori di OD, come confermato dalla letterature scientifica, anche se in misura nettamente inferiore al parametro S_{ds}

Dalla rappresentazione dell'analisi delle corrispondenze si può sottolineare il fatto che esiste una relazione tra la rugosità, i livelli di adesione e le caratteristiche superficiali

È evidente che le proiezioni delle superfici SAL e di quella ricoperta con AGA-100 giacciono in prossimità di OD: ciò significa che tutte queste superfici condividono le stesse proprietà favorevoli in termini di promozione dell'adesione cellulare. Allo stesso tempo, sono tutte caratterizzate da valori elevati di S_{ds} e, anche se in misura inferiore, di $S_{\Delta q}$

Tutte le altre superfici sono localizzate nella parte opposta del piano dal momento che rivelano prestazioni decisamente inadeguate per quanto concerne l'adesione

Tutte le altre superfici sono localizzate nella parte opposta del piano dal momento che rivelano prestazioni decisamente inadeguate per quanto concerne l'adesione

Quindi, l'informazione più significativa contenuta nei dati sperimentali è data dalla netta discriminazione tra superfici che favoriscono o ostacolano l'adesione cellulare, come quantificato dai valori di OD strettamente correlati ai parametri di rugosità S_{ds} e $S_{\Delta q}$