

Anoressia Nervosa

Arianna Ruggiero, Gianluca Tori

14/6/2025

Contesto

Si vuole valutare se è possibile individuare i segni precoci di disfunzione articolare o muscolare caratteristici delle fasi iniziali di anoressia nervosa in strutture che non consentono le misurazioni di prova fisica utilizzando i parametri bioimpedenziometrici e altri marker clinici indiretti. Un'associazione tra i parametri di forza fisica e funzionalità motoria e i parametri BIA e marker clinici indiretti sarebbe potenzialmente utile nei centri sprovvisti di ergometria.

Si vuole quindi dimostrare che BIA e altri marker clinici indiretti e i parametri di forza muscolare e funzionalità motoria migliorano o peggiorano in parallelo e identificare quali marker clinici indiretti anticipano (o riflettono) il recupero funzionale.

Il nostro campione ha un totale di 23 osservazioni e 123 variabili.

Numero di pazienti con anoressia nervosa: 21

Numero di pazienti con bulimia nervosa: 2

Si rimuovono le seguenti colonne, al fine di non avere informazioni ridondanti e inoltre alcune rappresentano solo un calcolo intermedio usato per derivare altri indici:

h2 → altezza al quadrato

data ricovero

data_T0

data_T1

data_T2

FFM, FFMp → si preferisce tenere FFMI perchè è più accurato, corregge in base alla statura, distingue soggetti apparentemente normopeso ma con massa magra ridotta

Si crea invece la variabile relativa al tempo, con modalità T0, T1 e T2 per il formato lungo

Tipologia variabile	variabile
covariate fisse nel tempo	patologia sintomo 1 sintomo 2 arto dominante altezza sesso età
covariate tempo dipendenti	peso_T0, peso_T1, peso_T2 BMI_T0, BMI_T1, BMI_T2 mkcal_T0, mkcal_T1, mkcal_T2 variazmenu_T0, variazmenu_T1, variazmenu_T2
Marker clinici indiretti a T0, T1, T2	rq → quoziente respiratorio rmr → metabolismo basale o a riposo, quantità minima di energia di cui l'organismo ha bisogno per rimanere in vita

Tipologia variabile**variabile****parametri di forza fisica e funzionalità motoria a T0, T1, T2**

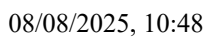
vo2 max → volume di O2 consumata in un minuto durante l'attività fisica molto intensa
 Rx_ohm → resistenza
 Xc_ohm → reattanza
 FM → massa grassa
 FMp → % massa grassa
 FFMI → indice di massa magra normalizzato
 TBW → acqua corporea totale
 TBWp → % acqua corporea totale
 ECW → acqua extracellulare
 ECWp → % acqua extracellulare
 ICW acqua intracellulare
 ICWp % acqua intracellulare
 BCM → massa cellulare corporea
 pha → integrità delle membrane cellulari
 BCMI → massa cellulare corporea in rapporto alla statura
 sx1, sx2, sx3, dx1, dx2, dx3 → 3 prove di forza arti superiori
 mediasx, mediadx → media prove di forza arti superiori
 dssx, dsdx → dev standard prove di forza arti superiori
 situp test
 squattest
 chairstandtest
 sitreachtest

Il campione ha un totale di 23 osservazioni e 116 variabili.

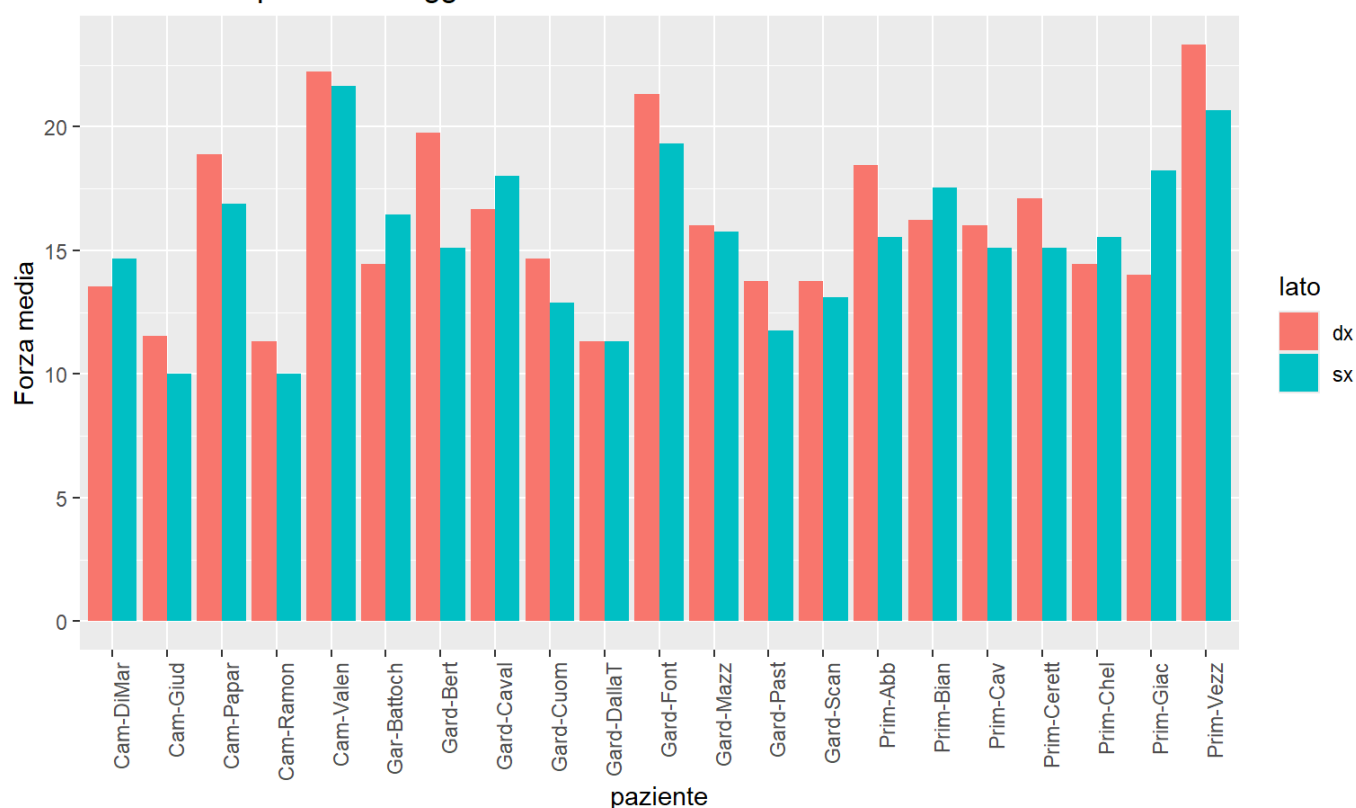
Letteratura

- Un **valore basso** di pha riflette un cattivo stato nutrizionale e muscolare, tipico dei primi stati di anoressia, un angolo di fase elevato invece è associato ad una maggiore massa muscolare e ad una migliore salute cellulare
- Un **rapporto elevato** di ECW/ICW indica ritenzione cellulare e quindi segno di squilibrio
- Un **valore basso** di FFMI indica una minore resistenza muscolare e forza fisica
- Un **valore basso** di BCM indica il rischio di debolezza muscolare
- Un **valore basso** di RMR indica un adattamento metabolico da restrizione calorica cronica
- Un **valore basso** di VO2 indica una ridotta capacità dell'organismo di utilizzare ossigeno per l'attività fisica

Analisi esplorativa

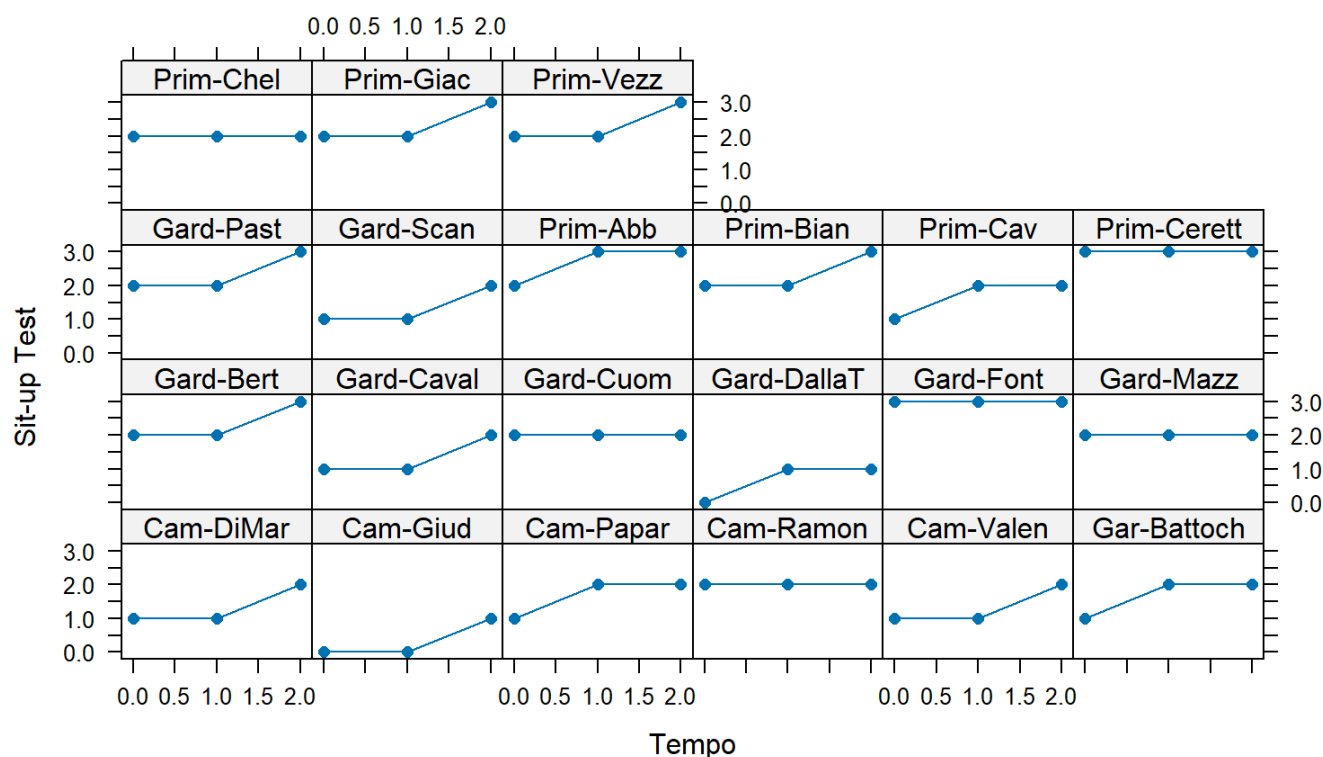


Forza media per lato e soggetto

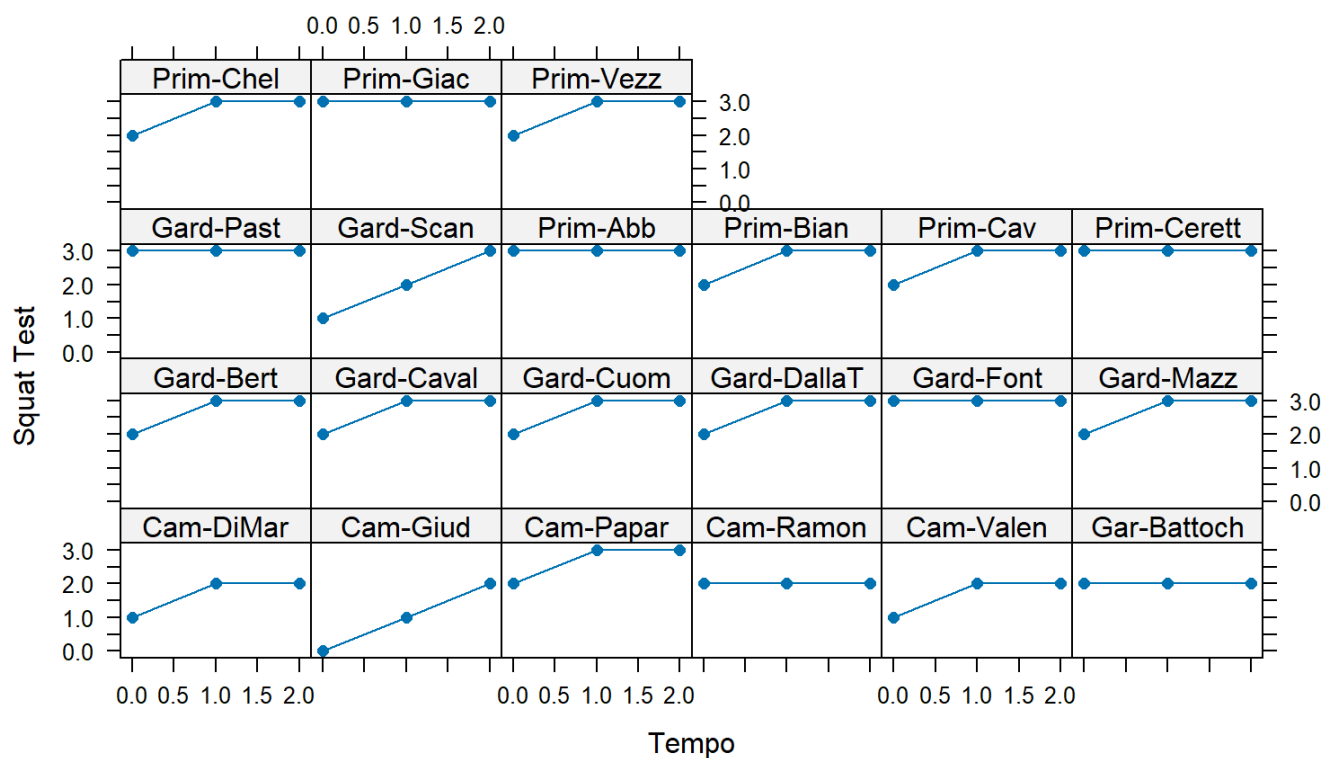


Lattice plot per i test di performance fisica

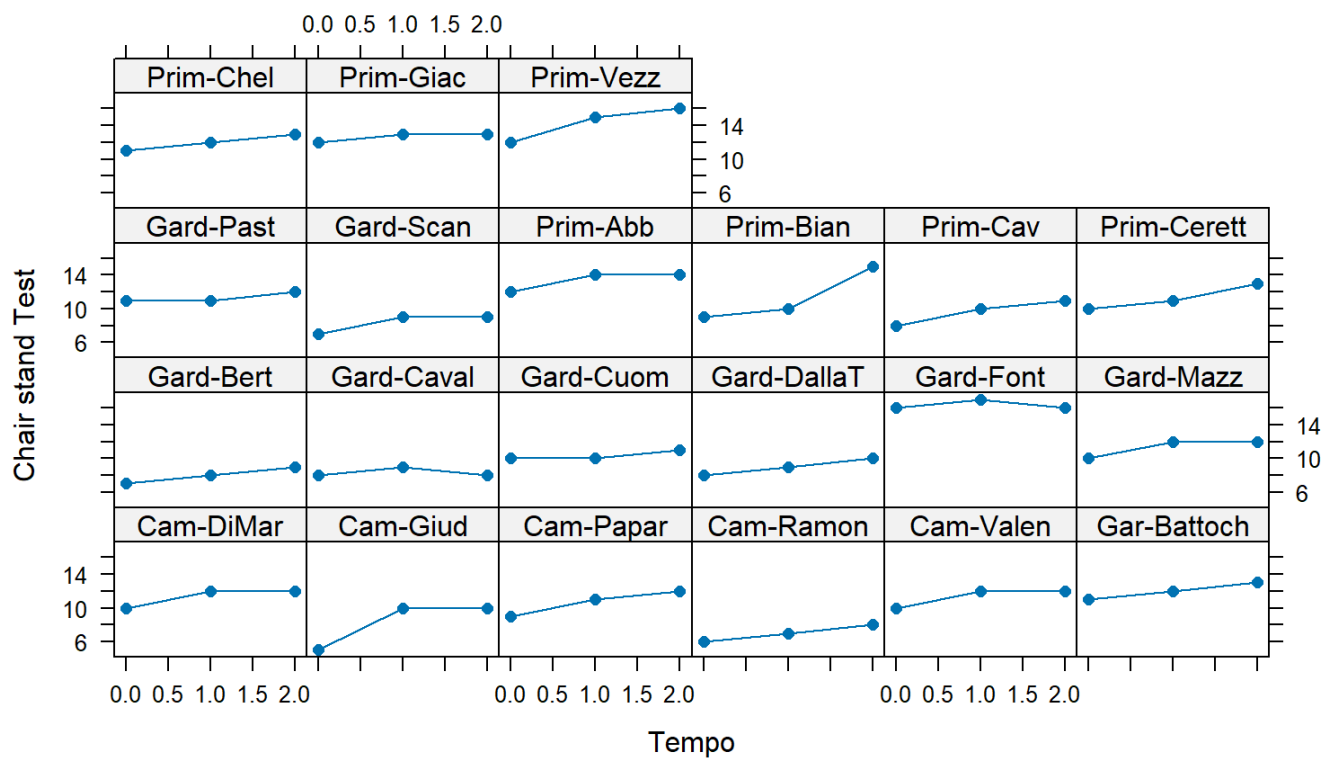
Andamento del Sit-up Test nel tempo per soggetto



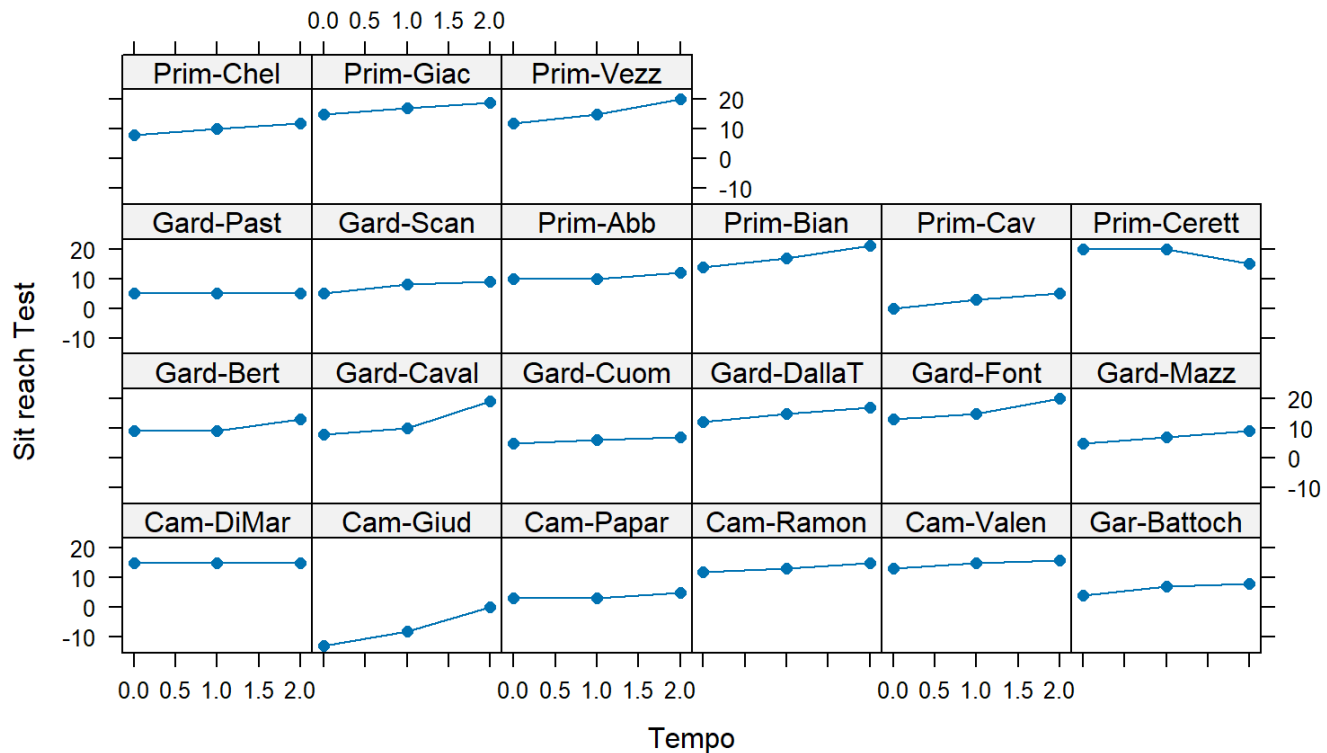
Andamento del Sit-up Test nel tempo per soggetto



Andamento del Sit-up Test nel tempo per soggetto



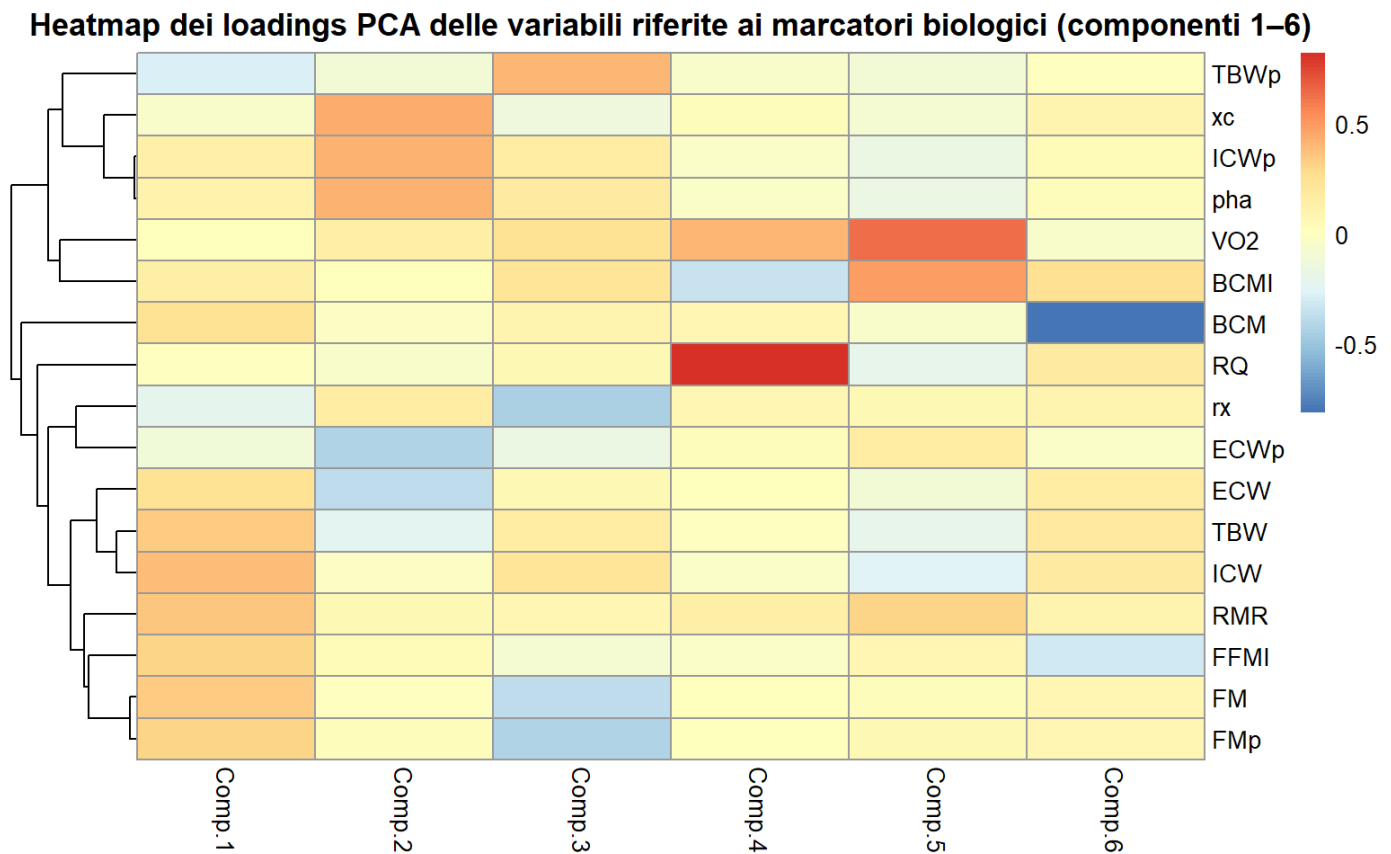
Andamento del Sit-up Test nel tempo per soggetto



Analisi delle componenti principali

La PCA consiste nella trasformazione lineare delle variabili originarie in un insieme di componenti principali, un numero inferiore rispetto a quello iniziale, che spiegano la massima varianza possibile dei dati, minimizzando la perdita di informazione e riducendo al contempo la dimensionalità del problema. La dimensionalità di un dataset corrisponde al numero di variabili (o caratteristiche) che descrivono ogni osservazione. Nel nostro caso, abbiamo due insiemi di variabili da voler confrontare per valutare se esiste un'associazione tra i due gruppi, a tal proposito si esegue la PCA su entrambi i gruppi e si considera la prima componente principale per entrambi con l'idea di confrontare la prima componente principale del primo gruppo e la prima componente principale del secondo gruppo. si esegue prima una standardizzazione delle variabili perché la PCA si basa sulla varianza: se le variabili hanno scale diverse, dominerebbero quelle con varianze maggiori.

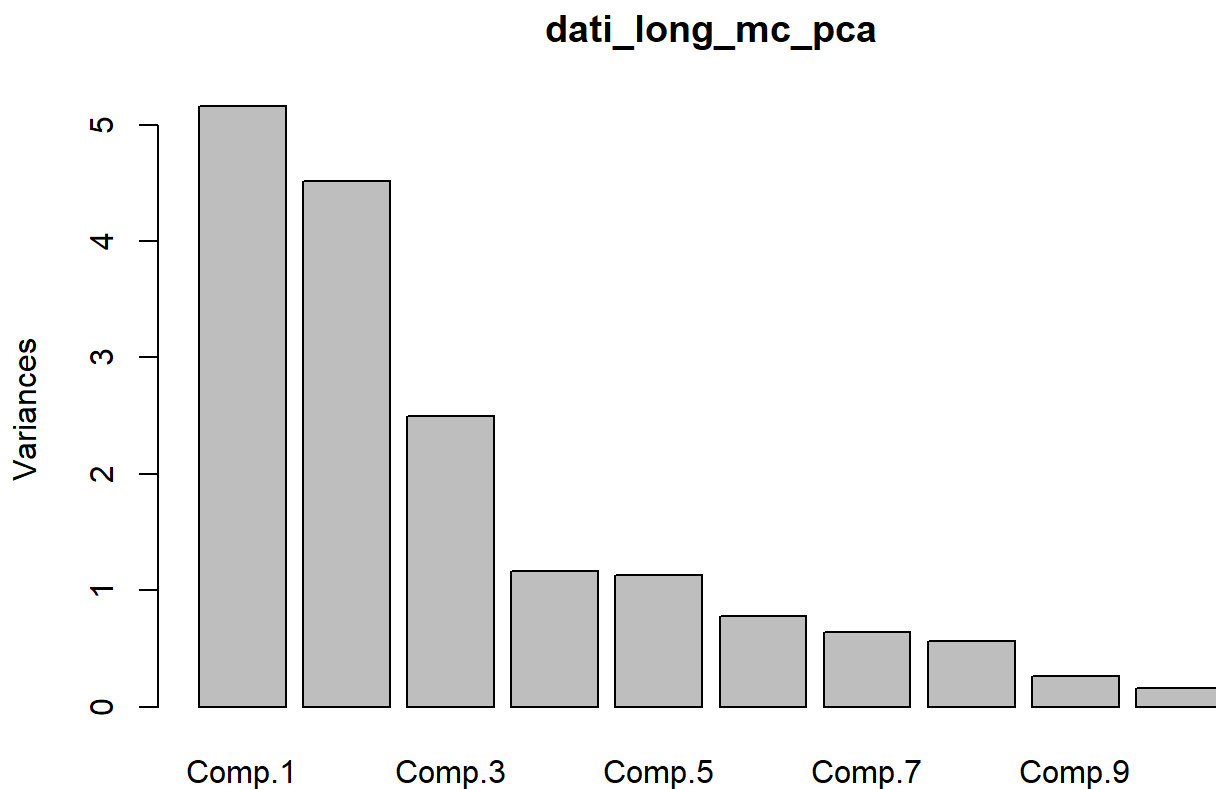
PCA sulle variabili riferite ai marcatori clinici



Visualizzazione della varianza totale spiegata da ciascuna componente principale

```
## Importance of components:
##               Comp.1   Comp.2   Comp.3   Comp.4   Comp.5
## Standard deviation  2.2717888 2.1252822 1.5809678 1.07836702 1.06400160
## Proportion of Variance 0.3035897 0.2656955 0.1470270 0.06840444 0.06659408
## Cumulative Proportion 0.3035897 0.5692852 0.7163122 0.78471665 0.85131073
##               Comp.6   Comp.7   Comp.8   Comp.9   Comp.10
## Standard deviation  0.88433289 0.80212273 0.75011654 0.51488113 0.395159507
## Proportion of Variance 0.04600263 0.03784711 0.03309852 0.01559427 0.009185355
## Cumulative Proportion 0.89731336 0.93516047 0.96825899 0.98385326 0.993038614
##               Comp.11   Comp.12   Comp.13   Comp.14
## Standard deviation  0.310333802 0.1056321999 0.0733202763 0.0571529671
## Proportion of Variance 0.005665122 0.0006563625 0.0003162272 0.0001921448
## Cumulative Proportion 0.998703736 0.9993600981 0.9996763253 0.9998684701
##               Comp.15   Comp.16   Comp.17
## Standard deviation  3.800125e-02 2.753579e-02 5.804637e-03
## Proportion of Variance 8.494675e-05 4.460117e-05 1.981989e-06
## Cumulative Proportion 9.999534e-01 9.999980e-01 1.000000e+00
```

Screegraph



Si sceglie il numero minimo di componenti che spiegano abbastanza varianza nei dati, evitando di includerne troppi (overfitting) o troppo pochi (perdita di informazione), seguendo la regola del gomito. All'inizio, la varianza spiegata cala molto velocemente, dopo un certo punto il "gomito", la riduzione nella varianza spiegata diventa più lenta e graduale. Il "gomito" è il punto dopo il quale aggiungere ulteriori componenti non porta grandi miglioramenti. Il numero di componenti prima del gomito è quello che conviene mantenere. Scegliamo di considerare solo le prime 3 componenti principali, perché sono quelle che spiegano la maggior parte della varianza totale.

Per valutare quanto ogni variabile contribuisce alla spiegazione complessiva della varianza considerata dalle prime tre componenti principali, consideriamo l'indice di contributo alla varianza totale spiegata.

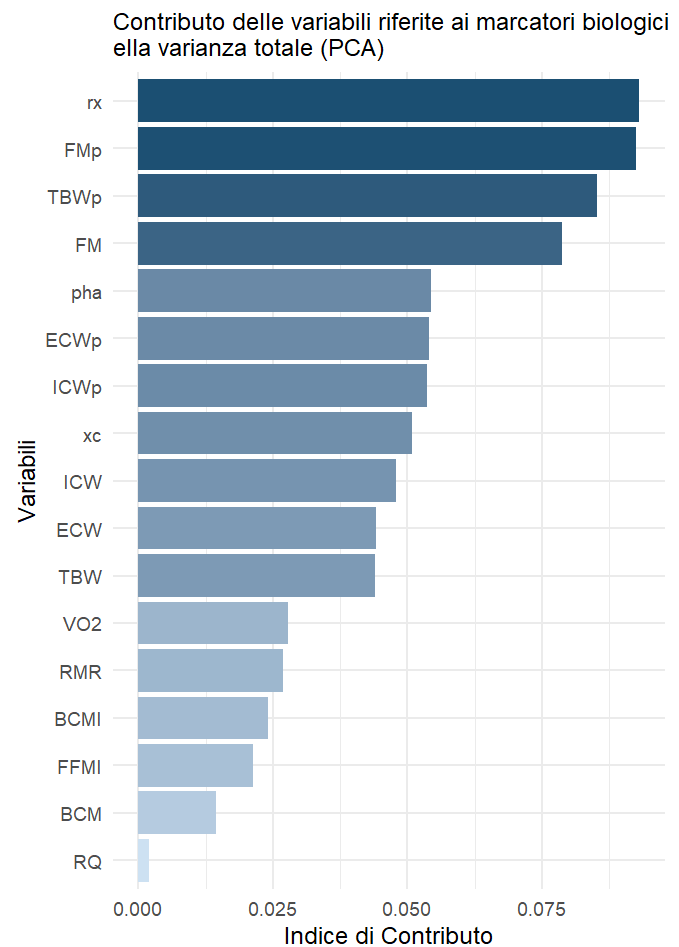
L'indice di contributo per la variabile j è definito come:

$$I_j = \sum_{i=1}^k \frac{(\text{loading}_{ji})^2}{\lambda_i}$$

I loadings sono i coefficienti che indicano quanto ciascuna variabile originale contribuisce a ciascuna componente principale. In termini geometrici dicono quanto ogni variabile "pesa" in ogni nuovo asse. Gli autovalori rappresentano la varianza spiegata da ciascuna componente principale. Più l'autovalore è alto, più quella componente spiega una parte importante dell'informazione nei dati.

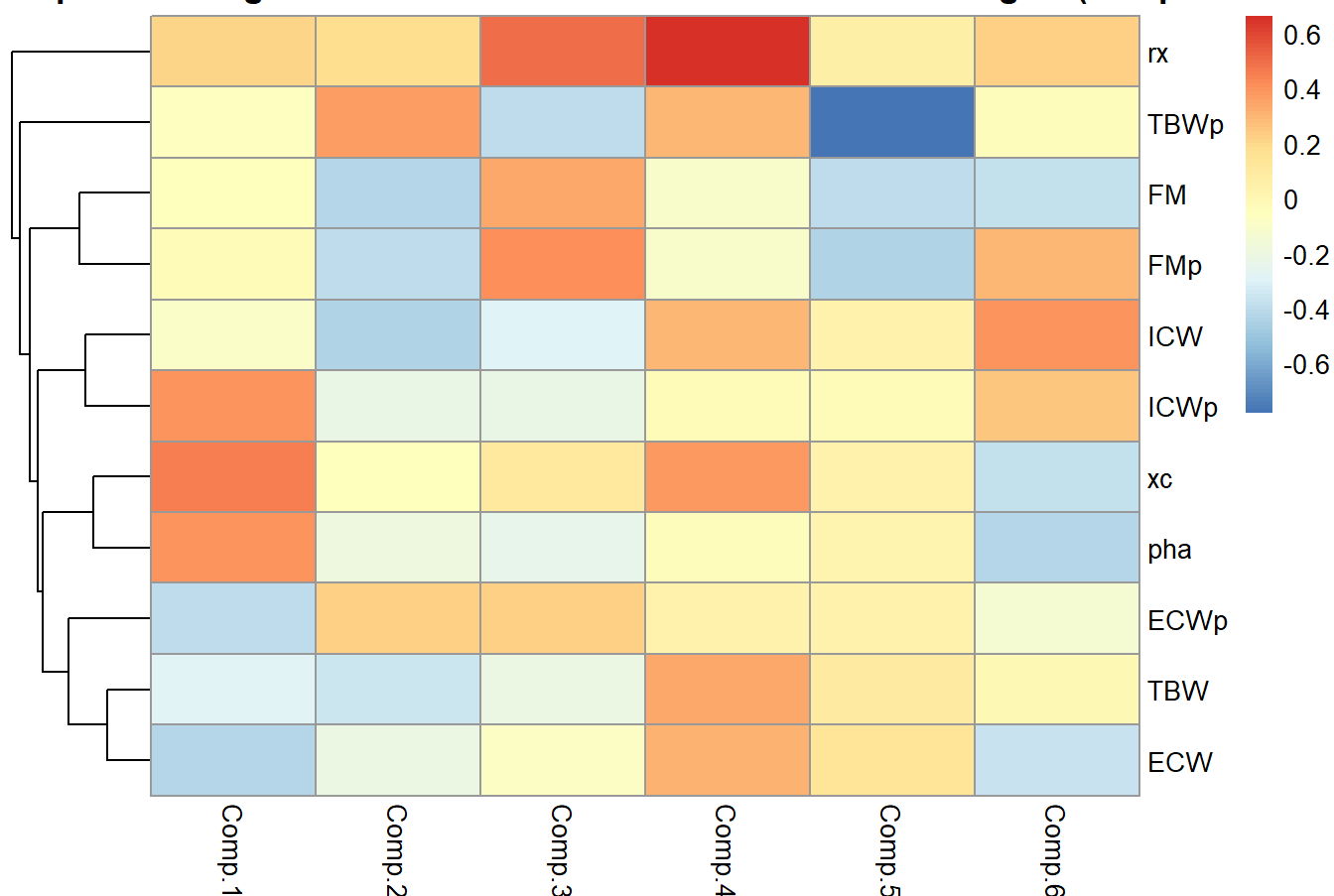
Si osserva nella tabella seguente quanto ogni variabile contribuisce alla spiegazione complessiva della varianza spiegata dalle prime 3 componenti principali

	Variabile	Contributo
<i>rx</i>	rx	0.093135380
<i>FMp</i>	FMp	0.092539102
<i>TBWp</i>	TBWp	0.085308897
<i>FM</i>	FM	0.078818075
<i>pha</i>	pha	0.054478010
<i>ECWp</i>	ECWp	0.053973643
<i>ICWp</i>	ICWp	0.053644494
<i>xc</i>	xc	0.050851689
<i>ICW</i>	ICW	0.047848376
<i>ECW</i>	ECW	0.044153900
<i>TBW</i>	TBW	0.044007983
<i>VO2</i>	VO2	0.027832432
<i>RMR</i>	RMR	0.026841567
<i>BCMI</i>	BCMI	0.024026788
<i>FFMI</i>	FFMI	0.021348724
<i>BCM</i>	BCM	0.014469556
<i>RQ</i>	RQ	0.001962411



S procede rimuovendo la variabile con un indice più basso e si rieffettua la pca per valutare pian piano quanto migliora la varianza spiegata dalla prima componente. Dopo la rimozione delle ultime sei variabili ("RQ", "BCM", "FFMI", "BCMI", "RMR", "VO2")) ci si accorge che la prima componente riesce a spiegare circa il 40% della variabilità totale, considerando invece anche la seconda componente principale riusciremmo a spiegare circa il 70% della variabilità totale, che rappresenta un ottimo risultato.

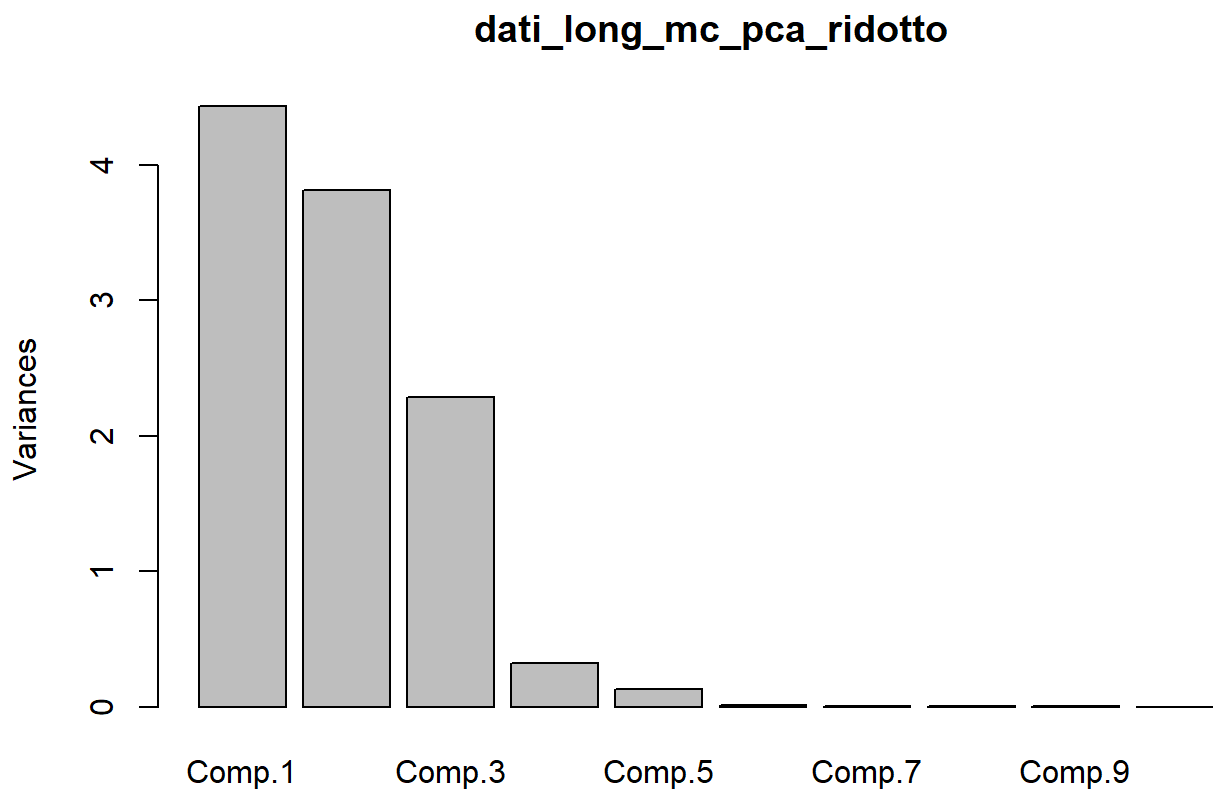
map dei loadings PCA delle variabili riferite ai marcatori biologici (componenti 1–6)



Visualizzazione della varianza totale spiegata da ciascuna componente principale

```
## Importance of components:
##               Comp.1   Comp.2   Comp.3   Comp.4   Comp.5
## Standard deviation  2.1055766 1.9518316 1.5121351 0.56451944 0.35783528
## Proportion of Variance 0.4030411 0.3463315 0.2078684 0.02897111 0.01164055
## Cumulative Proportion 0.4030411 0.7493727 0.9572411 0.98621217 0.99785273
##               Comp.6   Comp.7   Comp.8   Comp.9
## Standard deviation  0.107655291 0.0757703865 0.0614813013 0.0407930234
## Proportion of Variance 0.001053606 0.0005219229 0.0003436319 0.0001512792
## Cumulative Proportion 0.998906333 0.9994282561 0.9997718879 0.9999231671
##               Comp.10   Comp.11
## Standard deviation  2.833143e-02 6.518634e-03
## Proportion of Variance 7.296997e-05 3.862963e-06
## Cumulative Proportion 9.999961e-01 1.000000e+00
```

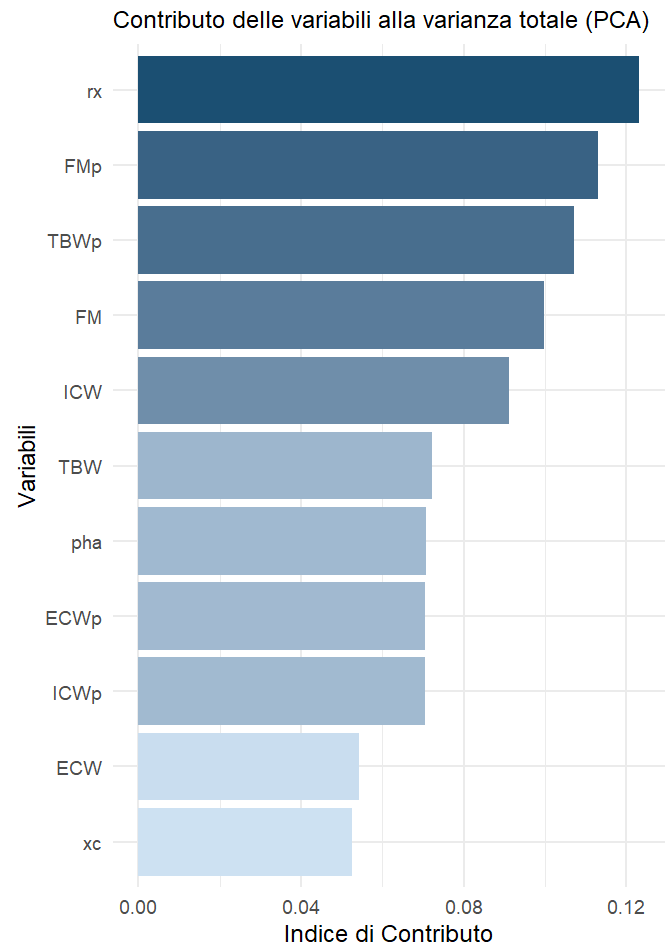
Screegraph



Scegliamo anche in questo caso in base alla regola del gomito, di considerare solo le prime 3 componenti principali, perché sono quelle che spiegano la maggior parte della varianza totale

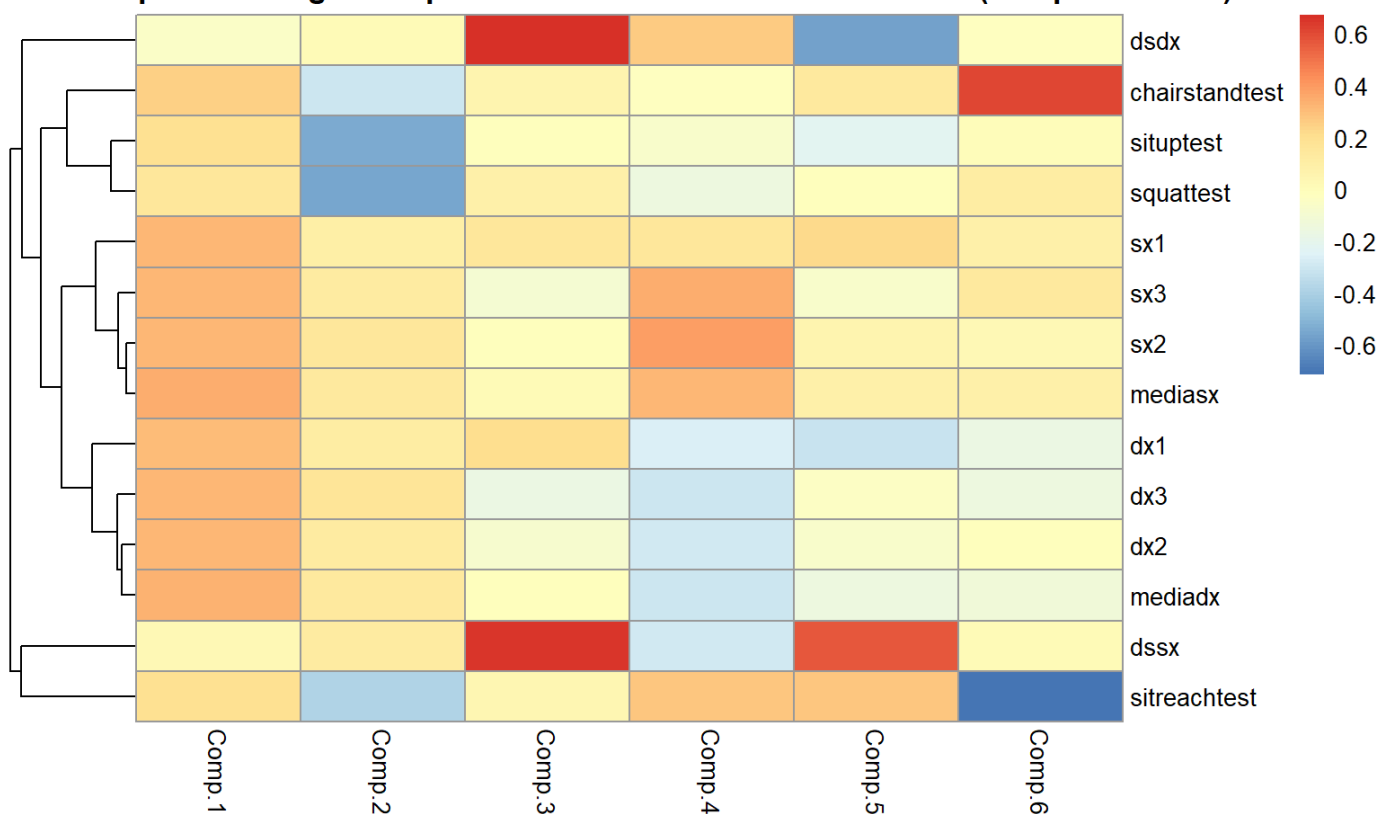
Si osserva nella tabella seguente quanto ogni variabile contribuisce alla spiegazione complessiva della varianza spiegata dalle prime 3 componenti principali

	Variabile	Contributo
<i>rx</i>	rx	0.12325169
<i>FMp</i>	FMp	0.11303755
<i>TBWp</i>	TBWp	0.10712185
<i>FM</i>	FM	0.09983055
<i>ICW</i>	ICW	0.09117687
<i>TBW</i>	TBW	0.07224830
<i>pha</i>	pha	0.07082462
<i>ECWp</i>	ECWp	0.07056000
<i>ICWp</i>	ICWp	0.07040961
<i>ECW</i>	ECW	0.05426715
<i>xc</i>	xc	0.05266083



PCA sulle variabili riferite alla forza fisica

Heatmap dei loadings PCA per le variabili riferite alla forza fisica (componenti 1–6)



Visualizzazione della varianza totale spiegata da ciascuna componente principale

```
## Importance of components:
##               Comp.1   Comp.2   Comp.3   Comp.4   Comp.5
## Standard deviation  2.6879237 1.3217181 1.14130972 1.03760645 0.95073671
## Proportion of Variance 0.5160667 0.1247813 0.09304199 0.07690194 0.06456431
## Cumulative Proportion 0.5160667 0.6408481 0.73389006 0.81079200 0.87535630
##               Comp.6   Comp.7   Comp.8   Comp.9   Comp.10
## Standard deviation  0.7554211 0.64812226 0.51922764 0.45370087 0.322391631
## Proportion of Variance 0.0407615 0.03000446 0.01925695 0.01470318 0.007424026
## Cumulative Proportion 0.9161178 0.94612227 0.96537922 0.98008240 0.987506422
##               Comp.11   Comp.12   Comp.13   Comp.14
## Standard deviation  0.311693867 0.278849462 2.427736e-08 2.282854e-08
## Proportion of Variance 0.006939505 0.005554073 4.209931e-17 3.722445e-17
## Cumulative Proportion 0.994445927 1.000000000 1.000000e+00 1.000000e+00
```

Screegraph

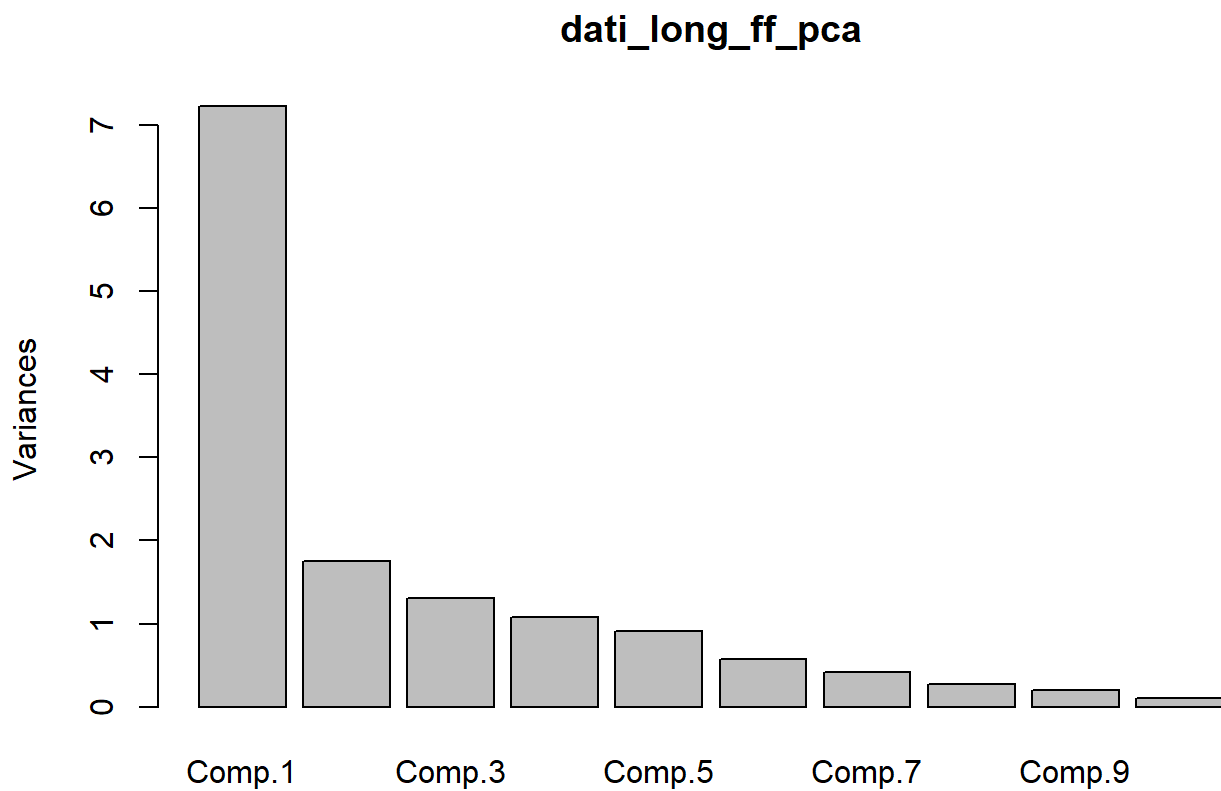
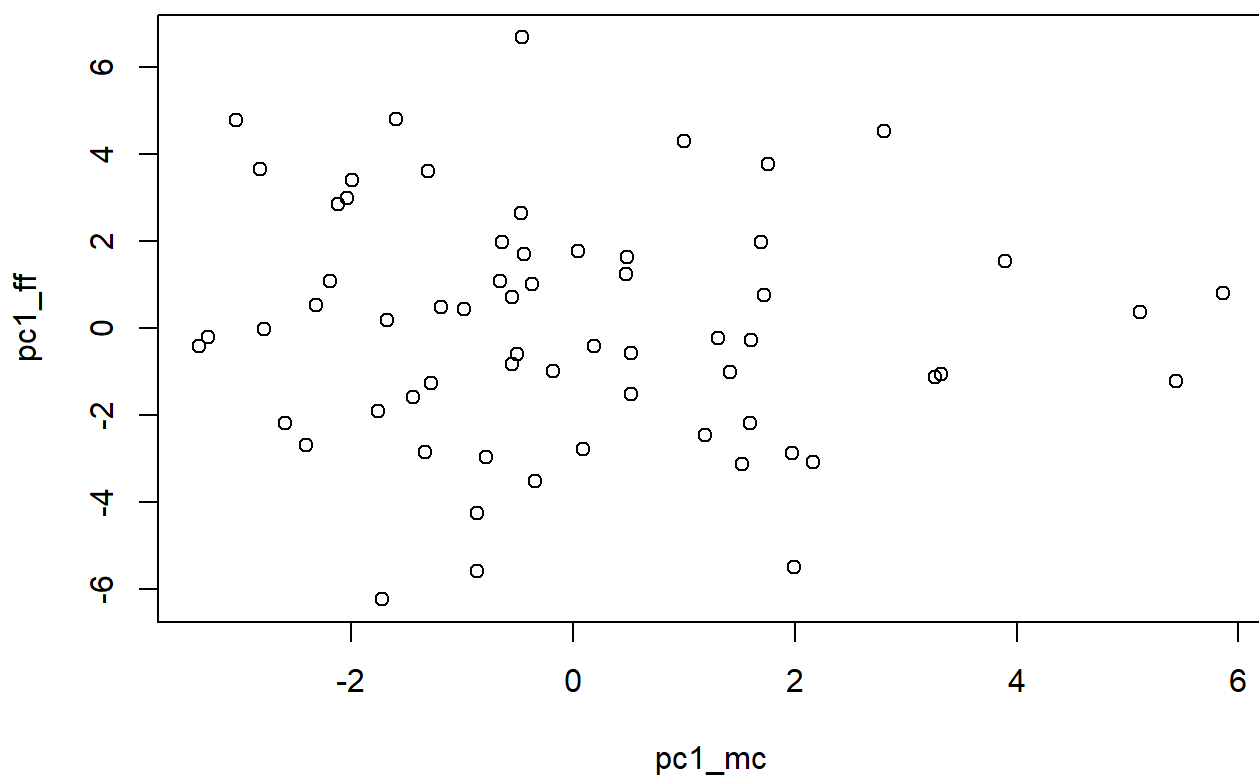


Grafico relazione tra la prima componente principale ottenuta

dal blocco di variabili ridotto riferite ai marcatori biologici e il

secondo blocco di variabili riferite alla forza fisica



Andamento nel tempo delle componenti principali

