



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA ANIMALE "M. LA GRECA"

PIERLUIGI LAROCCA

**VARIABILITÀ CRANIOMETRICA E DISTANZE
BIOLOGICHE TRA POPOLAZIONI PREISTORICHE E
ANTICHE DELLA SICILIA**

TESI DI DOTTORATO

Dottorato di Ricerca in Biologia Evoluzionistica

XXIII CICLO

Coordinatore

Chiar.mo Prof. Domenico Caruso

Tutor

Chiar.ma Prof.ssa Francesca Sammartano

2007-2010

INDICE	Pag
1 Introduzione	1
1.1 Stato dell'arte	3
1.2 Scopo del lavoro	4
1.3 La Sicilia nella Preistoria: storia ed antropologia	5
2 Materiale e Metodi	14
2.1 Campioni analizzati	14
2.2 Determinazione del sesso	17
2.3 Misure del cranio	18
2.3.1 Definizione punti cranici	25
2.4 Metodi di analisi statistica	33
2.4.1 Ricostruzione dei dati mancanti	33
2.4.2 Analisi delle componenti principali	35
2.4.3 Scaling multidimensionale (MDS)	37
2.4.4 Analisi dei gruppi	38
2.4.5 Analisi della Matrice R	40
3 Risultati	44
3.1 Analisi statistiche multivariate condotte su campioni maschili della Sicilia	44
3.1.1 Analisi dei campioni della Sicilia a partire dalle medie	45
3.1.2 Analisi dei campioni della Sicilia a partire dai dati individuali	52
3.2 Analisi statistiche multivariate condotte su campioni maschili della Sicilia e del Mediterraneo	58
3.2.2 Analisi dei campioni della Sicilia e del Mediterraneo a partire dai dati individuali	67
3.3 Analisi statistiche multivariate di campioni misti, comprendenti maschi e femmine, di cui sono disponibili dati individuali	74
3.3.2 Analisi statistiche multivariate di campioni misti provenienti dalla Sicilia e dal Mediterraneo	82
3.4 Analisi statistiche multivariate condotte sulle medie di campioni della Sicilia e del Mediterraneo suddivisi cronologicamente	89
3.4.1 Analisi statistiche multivariate condotte sulle medie di campioni "preistorici" della Sicilia e del Mediterraneo	90

3.4.2 Analisi statistiche multivariate condotte sulle medie di campioni “storici” della Sicilia e del Mediterraneo.	96
4 Discussione e conclusioni	102
5 Ringraziamenti	107
6 Bibliografia	108
Appendice	122

1 Introduzione

La ricerca antropologica ha sempre mostrato un notevole interesse per la raccolta e lo studio di dati quantitativi provenienti da popolazioni di tutto il mondo. I “tratti quantitativi” in senso lato, quali le misure del corpo, il colore della pelle, i dermatoglifi, etc. sono stati utilizzati per investigare diversi aspetti della biologia umana tra cui il dimorfismo sessuale, la crescita, l'invecchiamento, l'adattamento fisiologico ed altri ancora.

I “tratti quantitativi” sono caratteri “continui” ovvero caratteri la cui distribuzione nella popolazione è continua, potendo teoricamente assumere un numero infinito di valori. Questi tratti vengono spesso definiti complessi in quanto il loro fenotipo è il riflesso di influenze genetiche e ambientali, quali il clima, la dieta etc. Si suppone che a determinare la variabilità fenotipica di ciascuno di questi tratti, la cui distribuzione è di tipo “normale”, sia l'azione additiva di più geni, oltreché le influenze ambientali (Cavalli-Sforza e Bodmer, 1971).

I tratti quantitativi più utilizzati in letteratura sono le misure delle caratteristiche fisiche degli individui e la stima della loro variabilità tra le popolazioni. L'insieme delle tecniche e dei metodi impiegati per rilevare queste misure costituiscono quella branca dell'Antropologia detta “Antropometria”. In Antropometria si utilizza un insieme codificato di misure rilevate sia sul vivente (Somatometria) sia sui distretti scheletrici (Osteometria).

Poiché le misure antropometriche sono determinate da una componente genetica, e dato che le differenze genetiche tra le popolazioni ci forniscono utili informazioni sulla struttura e la storia delle stesse, possiamo utilizzarle per fare luce su tali aspetti attraverso l'analisi sia delle distanze genetiche tra le popolazioni, sia della loro variabilità fenotipica.

Tra tutte le misure antropometriche, nel tempo, hanno assunto particolare importanza le misure del cranio, ritenute infatti più sotto stretto controllo genetico rispetto a quelle dello scheletro post-craniale.

Sebbene si possano fare inferenze sulle variazioni genetiche studiando i caratteri antropometrici, rimane il problema delle influenze ambientali che potrebbero distorcere le relazioni esistenti tra le popolazioni. Nel 1912 Boas, confrontando le misure del cranio di bambini nati da immigrati Europei negli Stati Uniti con quelle dei loro coetanei dei paesi d'origine, concluse che esisteva per il cranio una “plasticità fenotipica”, sottolineando come il fenotipo cambi durante la crescita a seconda delle condizioni ambientali. I risultati di Boas fecero scalpore in un periodo in cui la fissità genetico-razziale era il pensiero dominante. Oggi si ritiene (Relethford, 2004) che, sebbene esista una certa plasticità per le misure del cranio, essa non è tale da oscurarne la natura genetica.

Un'altra importante questione che riguarda i tratti quantitativi è se essi siano sottoposti alla selezione naturale o se piuttosto rispondano ad un modello "neutrale". Quando si indaga la storia delle popolazioni bisogna infatti evitare di prendere in considerazione quei caratteri che riflettono un adattamento comune piuttosto che un'origine comune. Questo problema è particolarmente evidente, ad esempio, per il colore della pelle (Jablonski e Chaplin, 2000). Per quanto riguarda le misure del cranio, studi recenti hanno preso in considerazione la variazione craniometrica globale concludendo che essa riflette sia le affinità tra le popolazioni sia una pressione selettiva di tipo climatico. Tuttavia, sebbene sia una componente importante della variazione craniometrica, la selezione naturale non inficia in maniera considerevole il modello di relazioni genetiche tra le popolazioni (Relethford, 2004; Roseman, 2004). In particolare Roseman ha trovato che alcune misure della larghezza cranica variano in maniera significativa in funzione del clima (in particolare, della temperatura media annuale).

Roseman (2004) ha inoltre indagato il grado di corrispondenza tra la variazione craniometrica globale e quella genetica. La disponibilità di dati craniometrici globali, ricavati dal database di Howells (1973, 1989), e di database genetici, ha permesso una vasta comparazione tra un gran numero di popolazioni. Un risultato di questi studi è stato l'analisi di come è distribuita la variabilità genetica globale. Le analisi dei marker genetici classici e nucleari sono generalmente in accordo tra loro mostrando che circa il 10% di variabilità genetica è distribuito tra le grandi regioni geografiche (per es. Africa sub-sahariana, Europa, Est Asia etc.), il 5% "tra" le popolazioni di queste regioni geografiche e ben l'85% "all'interno" delle locali popolazioni (Barbujani et al., 1997). I dati craniometrici globali mostrano un pattern di variabilità molto simile: il 13% per la variabilità tra le regioni geografiche, il 6% tra le popolazioni all'interno delle regioni geografiche e ben l'81% all'interno delle locali popolazioni (Relethford, 2002). Sebbene le stime dipendano dalle regioni e dalle popolazioni prese in esame, la coerenza tra i dati craniometrici e quelli genetici ci incoraggiano nel portare avanti le indagini sulle distanze biologiche utilizzando la variabilità craniometrica.

Grazie allo sviluppo di nuovi metodi di analisi statistica multivariata, i tratti antropometrici, ed in particolare quelli craniometrici, possono offrirci molte informazioni utili sulla storia e la struttura delle popolazioni, sia di quelle viventi che di quelle estinte di cui ci rimangono solo reperti scheletrici (Relethford, 2003). Tra i metodi utilizzati con successo per misurare le distanze genetiche vi è la matrice "**R**", sviluppata da Harpending e Jenkins (1973, 1974) per le frequenze alleliche ed estesa all'uso dei tratti quantitativi secondo la metodologia proposta da

Williams e Blangero (1989), da Relethford e Blangero (1990) e più tardi da Relethford et al. (1997).

Lo studio dei caratteri antropometrici ha riguardato, fin dai suoi primi sviluppi, anche i reperti osteologici ritrovati in Sicilia, tanto da poter vantare una lunga ed importante tradizione (Becker 2002). La Sicilia, grande isola al centro del Mediterraneo, crocevia di popoli e culture, geograficamente ben definita, rappresenta un contesto molto interessante e complesso per la sua preistoria e storia.

1.1 Stato dell'arte

Un problema importante che si è presentato nella storia dell'Antropologia Biologica in Sicilia è stata la divergenza di interessi e la scarsa integrazione con l'archeologia classica. Spesso sono stati pubblicati interi volumi sulle necropoli ritrovate in cui sono descritti le tombe e le suppellettili ritrovate, mentre è scarso o inesistente lo spazio riservato allo studio dei reperti scheletrici. Inoltre, come se non bastasse, gli archeologi ancora non avevano una preparazione adeguata nel recupero e restauro del materiale osteologico, e sono state perse così utili informazioni. Fortunatamente si assiste sempre più spesso ad una inversione di tendenza, per cui i dati storico-archeologici, linguistici e demografici vengono sempre più integrati con quelli antropologici (Becker, 2002).

Il risultato di tutto ciò è che negli ultimi anni il patrimonio di studi osteologici in Sicilia è cresciuto notevolmente e sono disponibili dati e pubblicazioni su numerosi ritrovamenti.

L'interesse degli antropologi in Sicilia è stato rivolto soprattutto allo studio delle caratteristiche fisiche, costituzionali e paleopatologiche di popolazioni preistoriche e antiche, e dal confronto di queste con altre popolazioni dell'Italia peninsulare e del Mediterraneo. Particolare importanza, ad esempio, è stata data al passaggio da forme "dolico craniche" del Paleolitico e Mesolitico alla presenza di forme "mesocraniche" e "brachicraniche" dell'Eneolitico e del Bronzo (brachicefalizzazione), oppure al processo di gracilizzazione che ha riguardato il passaggio verso il Neolitico (vedi Di Salvo e Germanà, 1997 per una rassegna sul popolamento in Sicilia nella preistoria). Si tratta, perlopiù, di studi di comparazione condotti sull'analisi morfologica del cranio che viene inquadrato in tipologie classiche dell'antropologia.

A fronte di questi numerosi e importanti studi, sono ancora rare le ricerche che vedono l'impiego di tecniche statistiche multivariate per la determinazione delle distanze biologiche tra le popolazioni della Sicilia. Mallegni ed Usai (1997) hanno utilizzato l'analisi multivariata

della distanza di Penrose per confrontare un cranio di Grotta Ticchiara (Bronzo Antico) con vari reperti della Sicilia e del Mediterraneo. Rubini et al. (1999) hanno applicato l'analisi dei gruppi, con il metodo del Legame Singolo, ai caratteri non-metrici di campioni provenienti da siti dell'Età del Bronzo e di Età Classica della Sicilia Orientale. Il dendrogramma ottenuto ha mostrato due raggruppamenti principali: uno che contiene i siti del II millennio a.C. ; l'altro che include i siti classici di cultura Greca e il sito di Thapsos (Età del Bronzo).

Più di recente D'Amore et al. (2009) hanno utilizzato varie tecniche multivariate, tra le quali l'analisi delle distanze D^2 , l'analisi canonica, l'analisi dei gruppi, il "multidimensional scaling", per comparare il campione Tardo-Epigravettiano della Grotta di San Teodoro (Acquedolci, provincia di Messina) con campioni coevi e recenti. Dall'analisi è emerso che i crani di San Teodoro sono morfometricamente più affini ai reperti, della stessa epoca, dell'Europa Occidentale e tra questi sono più simili a quelli dell'Italia Centrale e Meridionale, il che un flusso migratorio da queste regioni verso la Sicilia.

Sempre D'Amore et al. (2010) hanno impiegato due approcci metodologici diversi per studiare le affinità del cranio del sito Mesolitico di Grotta d'Oriente nell'isola di Favignana (Trapani). Un primo approccio, detto "model-free", implica l'applicazione indiretta di modelli di struttura della popolazione nella valutazione delle differenze biologiche tra le popolazioni: per ricostruire la storia evolutiva dei gruppi, vengono usate tecniche come l'analisi delle distanze di Mahalanobis, la "cluster analysis" (UPGMA e Neighbour-Joining) e il "multidimensional scaling".

Il secondo approccio utilizzato è il cosiddetto "model-bound" che richiede, al contrario, l'integrazione diretta di misure di similarità nel modello di struttura della popolazione. Questo approccio, attraverso l'uso della matrice **R** e dell'analisi delle coordinate principali, permette la stima di parametri evolutivi quali il flusso genico e la deriva ("drift") genetica.

I risultati ottenuti mostrano una stretta affinità del reperto di Grotta d'Oriente con altri crani del Mesolitico Siciliano e questi nell'insieme sono biologicamente vicini ai gruppi Italiani del Tardo Paleolitico Superiore.

1.2 Scopo del lavoro

Come si evince dallo stato dell'arte, gli studi che impiegano moderne tecniche di statistica multivariata sono ancora un'eccezione e non la regola. Le poche ricerche pubblicate riguardano o singoli reperti da collocare in un quadro preistorico-geografico più ampio, o campioni provenienti da un'area geografica limitata della Sicilia.

Prendendo spunto da questa situazione, lo scopo di questo lavoro sarà di impiegare moderne tecniche statistiche multivariate, compreso l'uso della matrice **R**, per indagare, in un'area geografica della Sicilia quanto più vasta possibile, le distanze biologiche tra campioni preistorici Siciliani. Nello specifico si vuole focalizzare l'attenzione sulle relazioni genetiche tra i reperti dell'Età del Bronzo con quelli precedenti (Mesolitico e Eneolitico) e immediatamente successivi (Età Classica). L'età del Bronzo, infatti, costituisce un periodo interessantissimo in Sicilia poiché si riscontrano culture e popoli diversi, la cui origine è ancora da chiarire, e sono abbondanti i siti e i ritrovamenti osteologici ad esso ascrivibili.

1.3 La Sicilia nella Preistoria: storia ed antropologia

Paleolitico

Sebbene siano state trovate scarse tracce umane in Sicilia, sono stati identificati materiali litici estremamente interessanti (Tusa, 1994). Vi sono diversi siti che attestano la presenza dell'uomo in questo periodo come ad esempio Lévanzo, isola ad ovest di Trapani, o Fontana Nuova vicino Marina di Ragusa. Fontana Nuova rappresenta il sito Aurignaziano più a sud in Europa e risale a 40.000-32.000 anni fa.

I più antichi resti umani trovati in Sicilia sono quelli del Paleolitico Superiore del contesto di San Teodoro (Acquedolci in provincia di Messina). Trovati dal Barone Anca nel 1859, vennero descritti da Maviglia (1940) e da Graziosi (1943, 1947). Fabbri (1993) ha dato importanti contributi sulla determinazione del sesso di questi individui. Si tratta di almeno sette individui, la cui collocazione temporale rimane ancora oggetto di discussione. Sulla base di evidenze stratigrafiche ed archeologiche, e di datazioni dirette C14 mediante acceleratore, sembra che i reperti risalgano a 12.000-15.000 anni fa (D'Amore et al., 2009).

Mesolitico: 10.000-6.000 a.C.

Di grande importanza sono gli scavi di Grotta dell'Uzzo, vicino Trapani. I resti rinvenuti vanno collocati cronologicamente a 8.300-8.600 anni a.C. il materiale osteologico, piuttosto abbondante è stato studiato da Borgognini Tarli (1980) e da Borgognini Tarli et al. (1993). Secondo Di Salvo e Germanà (1997) il sito doveva contenere 12 inumati. E' stata studiata anche l'usura dentale per ricavare utili informazioni sulla dieta (Borgognini Tarli et al. 1989).

L'altro ritrovamento significativo del Mesolitico siciliano è quello di Grotta della Molarà (Palermo). Si tratta di due maschi provenienti da una sepoltura primaria (Di Salvo e Germanà 1997). Gli scheletri sono stati datati a 7500 a.C.

Neolitico: 6.000-3.500 a.C.

La transizione dal Mesolitico al Neolitico ed il passaggio da una economia di caccia e raccolta ad una agricola ha suscitato l'interesse di archeologi e antropologi che studiano come questo cambiamento nella dieta e nelle abitudini si sia riflesso nella struttura scheletrica.

Non sempre è facile delimitare il Neolitico in Sicilia e talvolta crani del Bronzo, come quelli di Castelluccio, sono stati attribuiti erroneamente a questo periodo (Sergi, 1895). Per una trattazione puntuale del Neolitico in Sicilia dal punto di vista archeologico si rimanda alle pubblicazioni di Whitehouse (1994) e Tusa (1996).

Resti scheletrici sicuramente appartenenti al Neolitico sono quelli del sito di Trincea-Fossato di Stretto Partanna (TP) dove Di Salvo e Germanà (1997) hanno individuato 4 crani e frammenti di ossa post-craniali. Il materiale archeologico associato è stato datato a circa 5200-4300 a.C. (Tusa, 1992).

Altro sito Neolitico databile al 4000-3500 a.C. (Leighton 1996; Tusa 1994) è quello di Grotta del Vecchiuzzo, vicino Palermo dove Becker nel 1995 ha identificato i resti frammentari di almeno 16 individui.

Ben preservati sono i resti scheletrici, tra cui un cranio da ricostruire, delle tombe di Vulpiglia (Siracusa) scavate da Guzzardi e colleghi nel 1991. Sempre nel siracusano, a Villasmundo, è stata scavata da Voza una vasta necropoli che include un gruppo di tombe del Neolitico, ma sfortunatamente non sono stati ritrovati reperti ossei.

Databile al Neolitico finale con elementi dell'Eneolitico è il villaggio di Piano Vento, nel territorio di Palma di Montechiaro (Agrigento), i cui resti scheletrici sono stati descritti da Mallegni (1985-86, 1993).

Eneolitico/Età del Rame: 3.500-2.200 a.C.

La definizione di cosa costituisca l'Età del Rame in Sicilia e la sua distinzione dal Neolitico e dall'Età del Bronzo rimane ancora oggetto di discussione. Tusa (1997) individua due fasi culturali dell'Eneolitico in Sicilia. La prima fase è definita come la cultura della "Conca d'Oro", mentre la seconda viene identificata come la cultura di "Malpasso-Chiusazza".

A complicare maggiormente la situazione è il fatto che le tombe scavate nella roccia, comuni in questo periodo, continuano a presentarsi anche nell'Età del Bronzo e nell'età del Ferro rendendo difficile la datazione.

In questo periodo le sepolture, inizialmente individuali, evolvono in camere collettive dove gli scheletri vengono ammassati. Di questo tipo è la necropoli di Cozzo S. Giuseppe a Calascibetta vicino Enna. Queste tombe, definite a nido d'ape, non sono l'ambiente ideale dal punto di vista tafonomico per la conservazione degli scheletri. Questi, come nel caso dei siti di Isnello e Vecchiuzzo appaiono frammentari ma forniscono comunque un contributo allo studio della preistoria in Sicilia.

A questo periodo risalgono i quattro crani e i resti di ossa lunghe provenienti da Contrada Menta a Milena (CL) descritti da Mallegni et al. (1994) e i resti frammentari trovati a Sepolcreto dei Colli (PA) studiati da Parenti (1959).

Di grande importanza sono i due siti trovati vicino Isnello (Cefalù, Palermo) alla fine del XIX secolo (Failla Tebaldi 1891, Giuffrida Ruggeri 1901). Questi siti, conosciuti come Grotta del Fico e Chiusilla, hanno restituito diversi crani in buone condizioni nonché grandi quantità di ossa frammentarie. Giuffrida Ruggeri (1901) ha descritto antropometricamente 5 crani di Grotta del Fico. Di Salvo e Germanà elencano 9 maschi ed una femmina provenienti dalla Grotta della Chiusilla coeva di Isnello e della Grotta di Scillato (Becker, 1992). Di particolare interesse ad Isnello sono le tracce di parziali cremazioni (Becker, 1992). La pratica della cremazione pare essere comune nell'Italia peninsulare durante l'Età del Rame.

Ossa umane provenienti da diverse tombe eneolitiche della Sicilia occidentale sono state descritte da Spatafora e Mannino (1994) ed esaminate da Di Salvo (1994a). I resti comprendono ossa provenienti da tombe scoperte presso Contrada S. Cusumano vicino Mazara del Vallo (TP) e ossa provenienti da Contrada Roccazzello (Mazara del Vallo). Tre crani maschili sono stati rinvenuti a Roccazzo vicino Mazara del Vallo (Di Salvo e Germanà, 1997).

Età del Bronzo

L'età del Bronzo in Sicilia si ritiene grosso modo coeva in tutta l'Italia. Ad essa appartengono resti scheletrici provenienti da diverse località della Sicilia descritti negli ultimi cento anni. Già Sergi nel 1893 descrive i resti del Tardo Bronzo di Cozzo del Pantano. Generalmente l'Età del Bronzo viene suddivisa, vista l'importanza culturale, in tre periodi: Antica Età del Bronzo, Media Età del Bronzo e Tarda Età del Bronzo.

Antica Età del Bronzo: 2200-1475 a.C.

A questo periodo sono ascrivibili diverse facies culturali di cui particolare importanza ebbero quella del “Bicchiere Campaniforme” nella Sicilia Occidentale e la cultura di “Castelluccio” nella Sicilia Orientale.

La cultura del Bicchiere Campaniforme è caratterizzata, oltre che dal tipico vaso a forma di campana da cui prende il nome, dall’uso del “bressard” in pietra o osso, dal bottone perforato a “v” e da una ceramica tipica. In Sicilia la cultura del Bicchiere arrivò forse dalla Sardegna (Tusa, 1994). Elementi del Bicchiere Campaniforme sono stati trovati in una tomba del sito di Marcita (Trapani). Questa cultura introdusse anche alcuni cambiamenti nella tipologia della tomba ipogea siciliana: la semplice “tomba a grotticella” assume un lungo “dromos” che si configura come un vero e proprio corridoio dolmenico.

La più ricca e articolata tra le culture preistoriche della Sicilia è quella di Castelluccio che prende il nome dal sito eponimo vicino Noto (Siracusa) e che poi si espanse nel Nisseno, Ennese, Agrigentino e a nord fino al Catanese. Questa civiltà in origine è legata al mondo Ibleo delle “cave” ovvero profonde incisioni naturali, ricche di acqua, vegetazione e fauna, che attraversano l’area sud-orientale dell’isola. La necropoli di Castelluccio ha prodotto una serie di crani studiati da Vecchi (1969) e oggi custoditi a Roma.

Il Castellucciano si presenta differente a seconda delle province in cui diffonde. E’ caratterizzato dalla presenza di innumerevoli tombe a grotticella. Tipico del territorio Etneo è la grotta di scorrimento lavico dove gli antichi abitatori soggiornavano e tumulavano i morti. Tra queste grotte spicca Grotta Maniace-Randazzo (Catania) dove sono stati ritrovati frammenti cranici di 13 individui e poche ossa lunghe (Pardini, 1975)

All’estremità opposta tra Mazara e Sciacca si enuclea la facies di Naro-Partanna che presenta stretti rapporti con la cultura del Bicchiere Campaniforme. Il carattere peculiare di questa facies è rappresentato dalle forme architettoniche tombali inquadrare nel cosiddetto megalitismo ridotto mediterraneo (tombe a grotticella con lunghi dromoi a corridoio dolmenico). A questa facies appartiene il sito di Stretto Partanna i cui resti comprendono un cranio trapanato, probabilmente il più antico esempio di intervento chirurgico in Italia, e diversi scheletri adulti (Germanà e Di Salvo, 1994).

Al Bronzo Antico appartengono i resti scheletrici rinvenuti a Pietralunga, a 3 km da Paternò (Catania), nella valle del fiume Simeto. Passarello e Alciati (1969) hanno pubblicato i loro studi sulla necropoli di Dessueri a Gela (CL) dove sono stati recuperati 21 crani . Questi siti sono attribuiti alla cultura di Castelluccio. Al Castellucciano appartiene anche il materiale di Grotta Ticchiara (AG) la cui sepoltura collettiva è stata descritta da Mallegni ed Usai (1997) .

Altro importante sito del Castellucciano è Castiglione (Ragusa) il cui materiale scheletrico è stato studiato da Facchini (1972). Ossa frammentarie provenienti da una singola tomba scavata a Contrada Pergola a Salaparuta (Trapani) si ritiene appartengano a questa cultura e sono state visionate da Becker (1997).

Uno dei più importanti siti di questo periodo è la Muculufa vicino Butera (CL). Si tratta di camere tombali e aree “rituali” che, nell’insieme, hanno fornito frammenti ossei di 24 individui (Corrain e Capitanio 1990). Dati provenienti da 12 scheletri trovati a Salemi (Trapani) sono stati pubblicati da Becker nel 1997. Tre scheletri provenienti da Monte Racello e Monte Tabuto a Comiso (Ragusa) sono stati riportati da Passarello ed Alciati (1969). Anche Contrada di Paolina tra Ragusa e Santa Croce di Camerina ha restituito reperti ossei di circa 50 individui sepolti in una tomba comune. I reperti di Contrada di Paolina sono stati utilizzati da Vargiu et al. (1997) per comparare i tratti non metrici dei denti di questo campione con 5 campioni dell’Età del Rame e 2 del Bronzo della penisola italiana. Dai risultati è emerso che i campioni del Bronzo sono più simili tra loro rispetto a quelli del Rame. Questo studio rappresenta un approccio molto interessante in quanto i denti, più resistenti delle ossa, si conservano meglio e sono più facili da trovare.

Successiva alla cultura castellucciana è quella di Rodì-Tindari-Vallelunga-Mursia caratterizzata dalla ceramica grigia levigata o bruna appena lisciata. Questa facies appare più radicata al mondo Tirrenico piuttosto che a quello più propriamente Siciliano. Il sito di Mursia nell’Isola di Pantelleria è caratterizzato dalla singolare presenza di sepolcreti epigei detti “sesi”, strutture megalitiche piene.

Durante il Bronzo Antico le Eolie esprimono una cultura propria detta di Capo Graziano in cui sono intensi gli scambi commerciali con le regioni limitrofe.

Media Età del Bronzo: 1475-1250 a.C.

E’ caratterizzata dall’emergere della cultura di Thapsos, che succedette a quella di Castelluccio nella Sicilia Orientale, e di quella del Milazzese che fece seguito alla cultura di Capo Graziano nelle Isole Eolie.

In questi secoli si realizza in Sicilia una unità culturale e si verificano fenomeni di acculturazione Egea in alcune aree litorali. Secondo Tucidide la Sicilia in questo periodo era abitata dai Sikani.

La cultura di Thapsos, con i suoi centri costieri, rappresenta un ponte commerciale con le cittadelle Micenee. Il commercio Miceneo si concentrò sia nella Sicilia Sud-Orientale, ma anche lungo il litorale Agrigentino e nella Valle del Platani.

Nella Sicilia Orientale emerge, sulla falsariga dei modelli Egei, una stratificazione sociale complessa con a capo una élite. Sono presenti edifici a cortile centrale e i centri abitati assumono una distribuzione urbanistica di derivazione Egea. Anche le tombe risentono di questi influssi. La tomba ipogea è simile a quelle delle tradizioni precedenti ma la pianta della cella diventa circolare e presenta uno scodellino apicale sulla volta, inoltre ad essa si aggregano celle minori. Bietti Sestieri (1997) collega la necropoli di Milazzo con la prima fase della cultura di Pantalica che a sua volta può avere delle affinità con i periodi Submiceneo e Protogeometrico dell'Attica.

La cultura Thapsos-Milazzese è presente anche nella Sicilia Occidentale ma qui non sono presenti influssi micenei negli scambi commerciali, ma appaiono chiari i contatti con il Mediterraneo orientale attraverso la presenza di manufatti provenienti dall'Egeo, da Cipro e dalla zona Siro-Palestinese. Insediamenti Thapsiani sono pure quelli di Mozia e Favignana. Quest'ultimo insediamento era importante per i collegamenti con il Nord Africa, con la Sardegna e la penisola Iberica.

Dal punto di vista antropologico si avverte l'esigenza di avere un maggior numero di dati scheletrici su questo periodo. Sergi (1893, 1899) offre dati interessanti sui crani ritrovati a Cozzo del Pantano, un sito occupato anche nel Tardo Bronzo. Anche i crani di Plemmyrion, sito appartenente alla cultura di Thapsos, sono databili a questo periodo.

Nel territorio di Castelvetro in Contrada Marcita è stato scoperto quello che sembra essere un vero e proprio ossario (Tusa 1996). La Tomba C di questo sito presentava almeno 97 individui e rappresenta la collezione più integra di resti scheletrici umani preistorici della Sicilia. Sono stati pubblicati da parte di Di Salvo e Germanà (1997) i dati di 26 crani da questo sito.

Altri ritrovamenti, di minore entità, sono quelli di Ulna (PA) e di Massolivieri a Siracusa nonché il ritrovamento di una possibile sepoltura ad *enchytrismos*, ovvero all'interno di un "pithos", a Nord-Est di Messina.

Tarda Età del Bronzo: 1250-1000 a.C.

E' uno dei periodi più complessi della Sicilia preistorica. E' caratterizzato, dal punto di vista demografico, da un flusso di popolazione dalla costa verso siti dell'entroterra come Pantalica, ad Oriente, e Mokarta ad Occidente. Tuttavia la costa non viene abbandonata ma rimangono pochi siti che continuano a svolgere la funzione di tramite commerciale.

Il sito di Pantalica Nord, abbarbicato sulle alture interne del Siracusano, colpisce per l'eccezionale concentrazione di tombe rupestri che crivellano la roccia. Il monumento più

significativo di questo sito è il cosiddetto “anaktoron”: una struttura, di chiara derivazione Egea, costituita da diversi vani quadrangolari. La prima occupazione del sito risale al 1250 a.C. e proseguì fino al IX secolo a.C.

La diffusione della cultura di Pantalica nel resto dell'isola è nota attraverso i siti di Calanca, vicino Ferla, di Anguilla di Ribera nell'Agrigentino, di Naro, di Partanna nel Belice. In questi siti si assiste ad una proto urbanizzazione conseguente ad un mutamento socio-politico che trasforma le comunità da villaggi a principati territoriali.

Intorno alla metà dell'XI secolo a.C. nella Sicilia Orientale si verifica un sostanziale mutamento culturale: l'inserimento nella sfera culturale peninsulare dell'Ausonia. Siti interessati da questi mutamenti sono Molino della Badia (Grammichele), Castelluzzo (Lentini), Cozzo del Pantano e Thapsos, Modica, Niscemi e San Cataldo. Anche a Pantalica prende il sopravvento una cultura Siculo-Ausonia: è la cosiddetta facies di Pantalica Sud.

L'influenza culturale della cultura Ausonia in gran parte dell'isola non significò la fine totale della cultura indigena, bensì portò ad un sincretismo culturale. Il rito funebre dominante rimase, infatti, la sepoltura in grotticella.

La facies di Cassibile è nota per il sito eponimo a Sud di Siracusa. Elemento tipico di questa facies è la ceramica a decorazioni piumate e la “fibula ad arco a gomito”.

Con l'espansione dell'elemento Siculo-Ausonio in Sicilia non solo vecchi siti, quali Pantalica, Dessucri e Caltagirone verranno assorbiti dalla nuova cultura, ma se ne stabiliranno di nuovi come Monte Finocchito e Realmese.

Il sito di Monte Finocchito è contemporaneo alla siculizzazione di Pantalica. Il tratto caratteristico di questa cultura è la fibula in bronzo ad arco serpeggiante. In una seconda fase saranno presenti ceramiche di importazione greca, a testimoniare i successivi contatti con le prime colonie greche. In coincidenza dell'egemonia di Siracusa il sito venne abbandonato.

Stesso destino toccò all'insediamento di Cozzo S. Giuseppe in contrada Realmese (EN) anche se durò fino al VI secolo. Questo sito segna il confine tra l'area Orientale sicula e l'area Centro-Meridionale sikana. Quest'ultima area è rappresentata da due siti: Polizzello e Sant'Angelo Muxaro. Gli oggetti ritrovati a Polizzello dimostrano l'esistenza di legami con l'area peninsulare e, in particolare, con quella Apulo-Lucana.

Polizzello è un insediamento con una doppia cinta muraria che circonda una spianata sulla quale si erge l'acropoli dove sono state ritrovate sepolture di bambini e adulti in posizione rannicchiata. Sono stati trovati, inoltre, spazi adibiti a sacrifici con fosse e depositi votivi. Polizzello presenta una fisionomia pastorale e un forte peso dell'elemento religioso nella gestione del potere.

Ad Oriente gli Elimi si insediarono, probabilmente, nell'ambito della cultura Sikana, rielaborando l'artigianato e introducendo elementi nuovi. E' stata notata una certa affinità tra la ceramica Elima e alcune produzioni dell'Anatolia Nord-Occidentali, ma una più attenta analisi della ceramica, in un arco cronologico più lungo, insieme alla comparazione degli oggetti in metallo (fibule), sembrano avvalorare un'origine peninsulare.

A dispetto di questi cambiamenti e del numero di siti archeologici scavati, i resti scheletrici di questo periodo sono rari. Una possibile spiegazione sarebbe l'uso fatto delle tombe per scopi diversi da parte delle popolazioni successive.

La necropoli di Dessueri a Monte Canalotto vicino Gela (Caltanissetta) appartiene alla cultura di Pantalica e ha fornito una piccola collezione di reperti scheletrici che sono stati studiati da Alciati et al.(1969).

Ascrivibili a questo periodo sono gli scheletri di Monte Rossomanno, vicino Enna. Si suppone siano il risultato della fusione di popolazioni indigene con i primi mercanti Greci (Fiorentini 1980). Di minore entità è la tomba trovata a Contrada Capreia vicino Sant'Angelo Muxaro in provincia di Agrigento. Qui sono stati trovati lo scheletro di un adulto e un singolo cranio proveniente da Timpone Pontillo nell' area di Santa Ninfa (TP) che è stato studiato da Becker (1985).

La necropoli di Pantalica datata tra la Tarda Età del Bronzo e l'inizio dell' Età del Ferro comprende centinaia di tombe che, come detto, vennero riutilizzate durante l'età Bizantina. I crani di Pantalica si trovano oggi a Roma.

Età del Ferro: 1000-600 a.C.

Con il termine età del Ferro si intende in Sicilia un periodo che va dall'inizio del primo millennio a.C. fino al VI secolo a.C., epoca dell'affermarsi della colonizzazione greca e fenicia.

A Morgantina sono state trovate diverse sepolture con pochi scheletri studiati da Becker (1998). Secondo Lyons (1996) si tratterebbe di un villaggio dei Siculi.

Scavi a Monte Castellazzo di Poggioreale, nella Valle del Belice, hanno restituito alcuni frammenti ossei. Anche la necropoli di Leontini a Piscitello è ascrivibile a questo periodo, ma le informazioni che abbiamo sui reperti scheletrici sono scarse.

Le informazioni risalenti al periodo protostorico, come il sito di Entella (Becker 1986, 1993), sono molto frammentarie. Gli scavi a Monte Casaia, sulle rive del fiume Dirillo a nord di Ragusa, hanno prodotto un nutrito campione di crani studiati da Facchini e Brasili Gualandi (1980)

Intorno all' VIII secolo a. C. iniziano le prime colonizzazioni greche e fenicie. Risulta ancora oggi difficile da valutare la relazione tra questi popoli e le genti native della Sicilia.



Fig.1.1. Cranio mesolitico di Molaro

2 Materiale e Metodi

2.1 Campioni analizzati

I reperti utilizzati per questa tesi provengono da vari siti della Sicilia di epoca preistorica, classica ed ellenistico-romana, in termini di cronologia assoluta, ad un intervallo compreso tra il 7500 a.C e il III secolo d.C. Si tratta di crani di individui adulti, custoditi presso Musei e Università della Sicilia e di altre regioni d'Italia e del Mediterraneo. I reperti di Marcita, Uzzo e Stretto Partanna sono stati messi a disposizione dal Museo Regionale A. Salinas di Palermo, mentre gli scheletri di Zancle sono stati concessi dalla Sezione Archeologia della Soprintendenza BB.CC.AA. di Messina. Per alcune analisi ho aggiunto campioni provenienti dalla Grecia, dall'Italia peninsulare e da altri siti che si affacciano sul Mediterraneo. Questi campioni sono coevi di quelli siciliani, ma bisogna fare attenzione alle datazioni poiché, ad esempio, i limiti temporali dell'età del Bronzo in Grecia non corrispondono a quelli del Bronzo in Sicilia. Ho inserito anche un campione iraniano del III millennio a.C. che, sebbene non sia proprio mediterraneo, rappresenta un *outgroup* che offre maggiore consistenza statistica e profondità cronologica al database. Ho misurato diversi crani siciliani; di molti altri, invece, ho ricavato i dati dalla letteratura trovando, spesso, solo le medie campionarie e non i dati individuali.

In tabella 2.1 vengono riportati i campioni utilizzati, il periodo di appartenenza e la fonte dei dati. Alcuni campioni, visto l'esiguo numero di individui, sono stati aggregati per "cultura", oltreché per periodo.

Tab. 2.1 Campioni cranici utilizzati

CAMPIONE	Periodo	Fonte dei dati
Uzzo (TP)	Mesolitico	Presente studio
Chiusilla , Isnello (PA)	Eneolitico	Pacciani, com. personale
Stretto Partanna (TP)	Bronzo antico	Presente studio
Castelluccio, Ponte della Paolina (SR)	Bronzo antico	Pacciani, com. personale
Marcita (TP)	Bronzo medio	Presente studio
Castiglione (RG)	Bronzo antico	Facchini (1975)
Castiglione 2, Fusco, Monte Casasia, Casino (Sicilia Orientale)	VIII-VI sec. A.C.	Pacciani, com. personale
Pantalica, Plemmyrion, Dessueri Cozzo del Pantano (Sicilia Orientale)	Medio-Tardo Bronzo	Pacciani, com. personale

Marsala (TP)	Ellenistica-Romana	Di Salvo (1983,1984)
Tuköry, Gitto (PA)	Età classica	Di Salvo (1998a, 1998b)
Zancle (Me)	Età ellenistica-Romana	Presente studio
Lerna (Argolide, Grecia)	2000-1600 a.C.	Angel (1971)
Bamboula (Cipro)	Bronzo Tardo	Angel (1972)
Shar-i Sokta (Iran)	III millennio a.C.	Pardini (1979)
Populonia (Toscana)	VI sec. a.C.	Lombardi Pardini (1980)
Rinaldone (Lazio)	Eneolitico	Parenti (1963)
Is Aruttas (Sardegna)	Eneolitico	Germanà (1979)
Narbonne (Francia)	Eneolitico	Riquet (1962)
Belverde Cetona (Toscana)	Bronzo	Corrain (1957)
Grecia Bronzo antico (BA)	3200-2100 a.C.	Xirotiris (In: Schwidetzky e Rösing, 1989)
Grecia Bronzo medio (BM)	2000-1700 a.C.	Xirotiris (In: Schwidetzky e Rösing, 1989)
Grecia Bronzo recente (BT)	1600-1100 a.C.	Xirotiris (In: Schwidetzky e Rösing, 1989))
Kreta MedioTardo-Minoico (Min)	2000-1100 a.C.	Charles (1965)
Grecia Submiceneo-Geometrico (Mic)	1100-675 a.C.	Angel (1944)
Grecia Classica	675-275 a.C.	Angel (1944)
Grecia Ellenistico-Romana	300 a.C.-100 d.C.	Angel (1944)
Alfedena (Abruzzo)	VI-V sec. a.C.	Coppa et al (1981)
Urbino (Marche)	I-III sec.d.C.	Corrain et al. (1982)
Potenza (Marche)	II sec. a.C.-IV sec d.C.	Corrain et al. (1982)
Paleosardi Bonnàvaro (Sardegna)	Bronzo Antico-Medio	Germanà (1984)
Malta	III sec. A.C.-I sec.a.C.	Scwidetzky (1979-1980)
Ibiza	Punico-Romano	Scwidetzky (1979)
Baleari	Pre-Punico	Garraida (1973, 1975), Font Serra (1975)
Tarragona (Spagna Orientale)	Romano	Pons (1949)
Algeria Centro Ovest	Protostorico	Chamla (1975)
Algeria Est	Protostorico	Chamla (1975)
Algeria Centro Est	Romano	Chamla (1975)
Tunisia	Protostorico-Punico	Chamla (1975)

I caratteri antropometrici utilizzati sono stati rilevati secondo le metodologie descritte nei trattati di Martin e Saller (1957) e di Braüer (1988).

Ho preso in considerazione 43 misure del cranio, ma la numerosità dei dati raccolti è stata fortemente limitata dallo stato di conservazione, spesso precario, dei reperti. Le misure utilizzate per lo studio sono state rilevate con appositi strumenti antropometrici comprendenti: tavola osteometrica; calibro a branche dritte; calibro a branche curve; metro a nastro.

Il calibro a branche dritte utilizzato (fig.2.1) è un calibro digitale che consiste in un' asta graduata che porta all'estremità due bracci perpendicolari, uno fisso e l'altro scorrevole. Il calibro a branche curve (fig.2.2) è anch'esso un calibro digitale ed ha la porzione distale dei due bracci arcuata in modo tale che, chiudendosi, le due estremità giungano a contatto. La tavola osteometrica (fig.2.3) è formata da un piano orizzontale graduato e da una parete verticale cui si appoggia un'estremità dell'osso. Il metro a nastro è un nastro molto flessibile che viene usato per misurare tratti curvilinei.



Fig 2.1 Calibro a branche dritte



Fig 2.2 Calibro a branche curve



Fig 2.3 Tavola osteometrica

2.2 Determinazione del sesso

Il sesso nei reperti esaminati è stato determinato attraverso la valutazione della morfologia del cranio e, ove possibile, delle ossa del bacino, secondo la metodologia proposta da Acsadi & Nemeskeri (1970) e successivamente formalizzata da Ferembach et al. (1980). Altri caratteri sono proposti in: “9th Annual Forensic Anthropology Course, May 13-17,1996, Uniformed Services of the Health Sciences, Bethesda, Maryland, USA”.

Vengono riportati nelle tabelle 2.2 e 2.3 i caratteri diagnostici utilizzati.

Tab. 2.2 Caratteri diagnostici del sesso rilevati sul cranio

CARATTERE	MASCHI	FEMMINE
Glabella	Prominente	Poco prominente
Processo mastoideo	Voluminoso	Piccolo
Arco zigomatico	Ampio	Stretto
Arcate sopracciliari	Evidenti e rugose	Poco evidenti
Orbite	Squadrate e con margini arrotondati	Circolari con margini taglienti
Fronte	Spiovente	Verticale
Mandibola	Robusta e a forma di U	Gracile e a forma di V
Mento	Squadrato e prominente	Arrotondato
Ramo ascendente della mandibola	Ampio	Stretto
Gonia	Rugosi	Lisci

Tab. 2.3 Caratteri diagnostici del sesso rilevati sul bacino

CARATTERI	MASCHI	FEMMINE
Arcata ventrale	Assente	Presente
Concavità sottopubica	Assente	Presente
Ramo ischio pubico	Appiattito	Con creste
Forame otturatorio	Ovalare	Triangolare
Solco preauricolare	Raro	Frequente
Ileo	Alto e stretto	Basso e largo
Arco sottopubico	A forma di V	A forma di U

Grande incisura ischiatica	Forma di angolo acuto	Forma di angolo ottuso
Acetabolo	Largo ed orientato lateralmente	Piccolo ed orientato anteriormente
Superficie auricolare	Appiattita	In rilievo
Stretto pelvico	A forma di “cuore da carta da gioco”	Circolare
Sinfisi pubica	Bassa	Alta

2.3 Misure del cranio

Riporto di seguito l'elenco delle misure craniofacciali e mandibolari utilizzate. Le tecniche di rilevazione di tali misure sono definite in Braüer (1988), Howells (1973, 1989), Martin e Saller (1957). Ricordo che una misura è la distanza tra due punti. Questi possono essere punti anatomici se sono situati in corrispondenza di suture o creste ossee, oppure possono essere punti di massima distanza che vanno ricercati con lo strumento stesso. Altri punti ancora sono invece proiettivi, o “virtuali”.

1. g-op = GOL (Glabello-occipital length), lunghezza cranica massima. E' la massima lunghezza dalla Glabella sul piano sagittale mediano. Si piazza il calibro a branche curve con la punta sinistra sulla regione glabellare e si muove la destra lungo l'occipitale per leggere la massima lunghezza. Una volta trovata questa, si muove la punta sinistra leggermente su e giù per essere sicuri che si tratti proprio della massima lunghezza, perchè neppure G è un punto predefinito. Il punto anteriore deve essere limitato alla regione glabellare: alcuni crani femminili infatti hanno la fronte verticale e nessuna protrusione glabellare; in questi casi se si muovesse la punta anteriore oltre la regione glabellare, lungo l'osso frontale si otterrebbero valori più alti. In rari casi l'inion è così sviluppato che la massima lunghezza cade in questo punto; allora non deve essere accettata e occorre cercare quella vera un po' più in alto sull'occipitale. Se questo non è possibile, occorre approssimare sottraendo la protuberanza stessa.

5. n-ba = BNL (Basion-nasion length), lunghezza nasion-basion. E' la distanza tra Nasion e Basion. Si utilizza il calibro a branche curve (in alcuni casi si può usare quello a branche

diritte). Per questa misura si considera basion il punto mediano del bordo anteriore del forame, più distante dal nasion (basion posteriore o endobasion), cioè si cerca la massima distanza dal nasion lungo l'asse mediano.

8. eu-eu = XCB (Maximum cranial breadth), larghezza cranica massima. E' la massima larghezza cranica, perpendicolare al piano sagittale mediano, al di sopra delle creste sopramastoidee. Si utilizza il calibro a branche curve. Bisogna fare attenzione che i punti Eurya stiano su un piano orizzontale e frontale. Se le squame dei temporali risultano staccate a livello della sutura, occorre tenerne conto effettuando una adeguata riduzione della misura. Si devono escludere dalla misura: la radice del processo zigomatico del temporale (linea temporale inferiore), la cresta sopramastoidea e l'intera parte soprastante il meato acustico, che talvolta può essere fortemente sporgente all'esterno.

9. ft-ft, larghezza frontale minima. E' la distanza tra i due punti Frontotemporalia. Si utilizza il calibro a branche diritte.

10. co-co = XFB (Maximum frontal breadth), larghezza frontale massima. E' la larghezza massima del frontale a livello della sutura coronale, perpendicolare al piano mediano. Si utilizza il calibro a branche curve. Nel caso di suture complicate va considerato il decorso medio.

10b. st-st = STB (Bistephanic breadth), larghezza bistefanica. E' la larghezza tra le intersezioni, su ciascun lato, della sutura coronale con le linee temporali che segnano l'origine del muscolo temporale (Stephanion). Si utilizza il calibro a branche curve. Quando anziché di una linea si tratta di una fascia, occorre considerare il margine inferiore di questa fino all'intersezione con la sutura. Quando la linea e la sutura seguono un corso comune per un breve tratto, lo stephanion si identifica col termine posteriore di questo. Infine quando la linea temporale è sdoppiata in una superiore ed una inferiore si sceglie quella inferiore

11. au-au, larghezza biauricolare. E' la distanza tra i due punti Auricularia. Il cranio va posto in norma basale. Si utilizza il calibro a branche diritte.

12. ast-ast = ASB (Biasterionic breadth), larghezza biasterica. E' la distanza tra i due punti Asteria. Se esiste uno spazio di distacco tra i margini delle suture, si considera il margine

dell'osso occipitale; se esiste un osso wormiano (os astericum) si traccia la prosecuzione di ciascuna sutura fino al punto di incontro; se c'è un'area di suturazione complicata, si considera il punto centrale di questa.

13(1). Larghezza bimastoidea massima. E' la larghezza massima tra le superfici laterali di entrambi i processi mastoidei a livello del meato acustico esterno. Si utilizza il calibro a branche curve. Si consiglia di posizionare dapprima il cranio in norma laterale e di delimitare con la matita la fascia in corrispondenza del margine superiore ed inferiore del meato e di cercare la misura massima in questa fascia.

17. ba-b = BBH (Basion-bregma height), altezza basion-bregma. E' la distanza dal Basion al Bregma. Per questa misura si considera basion il punto mediano del bordo anteriore del forame, più distante dal bregma (basion inferiore o ipobasion), cioè si cerca la massima distanza dal bregma lungo l'asse mediano.

19a. = MDH (Mastoid height), altezza della mastoide. E' la lunghezza del processo mastoideo al di sotto del, e perpendicolare al, piano orbito-auricolare. In pratica si traccia con la matita la prosecuzione, sul processo mastoideo, della congiungente il punto orbitale ed il porion (retta appartenente al Piano di Francoforte); si posiziona la branca fissa del compasso lungo questa linea e tenendo il compasso in posizione perpendicolare al Piano di Francoforte, si fa scorrere l'altra branca fino alla proiezione dell'apice del processo (Giles e Elliot 1963).

Poiché questa misura si è rivelata durante i test interosservatore troppo variabile a causa dell'incidenza dell'errore prospettico (2-3-4 mm su una misura piccola) si è deciso di modificarla togliendo la condizione di perpendicolarità al Piano di Francoforte e misurando quindi la distanza dall'apice alla linea suddetta; poichè anche tracciare questa linea è difficile a causa dell'errore prospettico, si consiglia di individuarla con il nastro adesivo di carta passante per l'orbitale ed il porion; poi si posiziona una branca sull'apice e si porta l'altra a coincidere con la linea. Questo sembra un buon modo per non dover rinunciare ad una misura che sembra avere una differenziazione popolazionistica.

29. n-b = FRC (Frontal chord), corda nasion-bregma o frontale. E' la distanza tra Nasion e Bregma. Se esiste un osso soprannumerario al Bregma (os bregmaticum), vedi la definizione di Bregma.

29b. = FRS (Frontal subtense), sottesa frontale. E' la sottesa massima, a livello del punto sulla convessità del frontale, sul piano sagittale mediano, più distante dalla corda nasion-bregma. Utilizzare il calibro a coordinate piccolo; cercare con la branca scorrevole il valore più alto.

29c. = FRF (Nasion-subtense fraction), frazione nasion-sottesa frontale. E' la distanza lungo la corda nasion-bregma, misurata dal Nasion al punto di incontro della sottesa frontale. Le tre misure suddette si rilevano con lo stesso calibro, posizionandolo una sola volta. Se è possibile, usare il calibro a coordinate piccolo, che è più maneggevole. Quando la sottesa risulta uguale in un certo tratto di arco, scegliere il punto di mezzo di questo tratto per rilevare la misura della frazione.

30. b-l = PAC (Parietal chord), corda bregma-lambda o parietale. E' la distanza tra Bregma e Lambda. Se esiste un osso soprannumerario al Bregma e/o al Lambda (os bregmaticum, os lambdaticum) si traccia la prosecuzione di ciascuna sutura fino al punto di incontro.

30a. = PAS (Parietal subtense), sottesa parietale. E' la sottesa massima, a livello del punto sulla convessità del parietale, sul piano sagittale mediano, più distante dalla corda bregma-lambda.

30b. = PAF (Bregma-subtense fraction), frazione bregma-sottesa parietale. E' la distanza lungo la corda bregma-lambda, misurata dal Bregma al punto di incontro della sottesa parietale. Le tre misure suddette si rilevano con lo stesso calibro, posizionandolo una sola volta. Si usa il calibro a coordinate piccolo, che è più maneggevole. Quando la sottesa risulta uguale in un certo tratto di arco, si sceglie il punto di mezzo di questo tratto per rilevare la misura della frazione.

31. l-o = OCC (Occipital chord), corda lambda-opisthion o occipitale. E' la distanza tra Lambda e Opisthion. Se esiste un osso wormiano al Lambda (os lambdaticum) si traccia la prosecuzione di ciascuna sutura fino al punto di incontro.

31a. = OCS (Occipital subtense), sottesa occipitale. E' la sottesa massima, a livello del punto sul contorno dell'occipitale, sul piano sagittale mediano, più distante dalla corda Lambda-Opisthion.

31b. = OCF (Lambda-subtense fraction), frazione lambda-sottesa occipitale. E' la la distanza lungo la corda lambda-opisthion, misurata dal Lambda al punto d'incontro della sottesa occipitale. Le tre misure suddette si rilevano con lo stesso calibro, posizionandolo una sola volta. Se è possibile, usare il calibro a coordinate piccolo, che è più maneggevole. Quando la sottesa risulta uguale in un certo tratto di arco, si sceglie il punto di mezzo di questo tratto per rilevare la misura della frazione. Quando esiste un inion molto sviluppato, occorre sottrarlo collocando il punto nella protuberanza direttamente sopra la linea mediana

40. ba-pr = BPL (Basion-prosthion lenght), lunghezza basion-prosthion. E' la distanza dal Basion al Prosthion. Si utilizza il compasso a branche diritte o curve. Per questa misura il Prosthion è il punto più sporgente in avanti sul piano sagittale mediano dell'osso mascellare nella regione alveolare tra i due incisivi; il Basion è quello posteriore o Endobasion.

43. fmt-fmt, larghezza biorbitaria esterna. E' la distanza fra i due punti Frontomalaria temporalia. Si utilizza il compasso a branche diritte.

43b. = NAS (Nasio-frontal subtense), sottesa nasio-frontale. E' la proiezione o sottesa dal nasion alla corda o larghezza bifrontale 43a. = FMB di Howells (cioè la distanza fra i due punti Frontomalaria anterior, fm:a-fm:a). Si utilizza il compasso a coordinate. Con le due branche fisse sugli fm:a, si abbassa la branca mobile sul nasion.

45. zy-zy = ZYB (Bizygomatic breadth), larghezza bizigomatica. E' la distanza tra i due punti Zyghia. E' la massima larghezza tra le arcate zigomatiche, perpendicolare al piano sagittale. Calibro a branche diritte. Si cerca la massima distanza, tenendo il cranio poggiato sull'occipitale, con la base verso l'operatore. Bisogna assicurarsi che il calibro sia perpendicolare al piano. Se un'arcata è rotta si trova la migliore approssimazione ricostruendola simmetrica con plastilina o nastro adesivo di carta; poi si prende la emimisura dall'arco integro al piano sagittale (usando strutture quali la sutura palatina, il vomere, il basion, etc.) e raddoppiarla: solo se le due misure sono molto simili, se ne accetta la stima.

45(1). ju-ju = JUB (Bijugal breadth), larghezza bijugale. E' la larghezza esterna fra i due punti Jugalia dei malari. Si utilizza il calibro a branche diritte. Si segnano i punti più profondi dell'angolo, tenendo il cranio ora su un lato ora sull'altro; poi si pone il cranio in norma frontale ed il calibro perpendicolare alla faccia.

48. n-pr, altezza nasion-prosthion o facciale superiore. E' la distanza tra Nasion e Prosthion. Per questa misura il Prosthion è il punto più in basso sul piano sagittale mediano dell'osso alveolare tra i due incisivi centrali (Ipoprosthion). Quando il bordo alveolare è difettoso o riassorbito il punto può non essere reperibile e in tal caso non si deve prendere questa misura.

48d. = WMH (Cheek height), altezza del malare. E' la minima distanza, in ogni direzione, dal margine inferiore dell'orbita a quello inferiore del mascellare, mesialmente all'inserzione del muscolo massetere. Il cranio ha la faccia in alto. Si posiziona il calibro in modo da trovare la minima distanza in ogni direzione, con le punte del calibro.

50. mf-mf, larghezza interorbitaria. E' la distanza fra i due punti Maxillofrontalia. Coincide in sostanza con la 49a di Howells. Conviene usare il calibro a coordinate piccolo.

51. mf-ek, larghezza orbitaria. E' la distanza tra Maxillofrontale ed Ektokonchion. Si segna prima la posizione dell'Ektokonchion. L'operatore deve scomporre la superficie dell'apertura dell'orbita possibilmente in due parti uguali. Vedi la definizione di Ektokonchion. Si utilizza il compasso a branche diritte.

52. = OBH (Orbital height), altezza orbitaria. E' la distanza rettilinea fra il margine superiore e quello inferiore dell'orbita, perpendicolare alla larghezza 51 e dove la divide in due metà uguali. I punti di misurazione giacciono sugli spigoli dei bordi dell'orbita. Si utilizza il compasso a branche diritte. Si posiziona il compasso con una branca sul margine superiore, e traguardare dall'alto per individuare il lume.

54. = NLB (Nasal breadth), larghezza nasale. E' la larghezza massima dell'apertura piriforme fra i suoi bordi laterali.

55. n-ns, altezza nasale. E' la distanza tra Nasion e Nasospinale. Se la spina è molto sviluppata, si prende la misura segnando il punto sulla parete laterale della spina.

60. pr-alv, lunghezza maxilloalveolare o esterna del palato. E' la distanza tra Prosthion e Alveolon. Si poggia un ago metallico sui bordi posteriori e si segna con la matita il punto di incontro con la linea mediana sagittale. Se l'alveolare cade indietro rispetto alle ossa del

palato, mantenere l'asticella in posto per prendere la misura. Si utilizza il calibro a branche curve.

61. ekm-ekm = MAB (Palate breadth, external), larghezza maxilloalveolare o esterna del palato. E' la larghezza massima fra le superfici alveolari esterne, ovunque trovata, perpendicolare al piano sagittale mediano. Si utilizza il calibro a branche diritte, con la punte piatte.

65. kdl-kdl, larghezza bicondiloidea della mandibola. E' la distanza fra i due Kondylia lateralia. Si utilizza il calibro a branche diritte, con le punte piatte. Bisogna prendere la misura perpendicolare all'asse mediano.

65(1). kr-kr, larghezza bicoronoidea della mandibola. E' la distanza fra i due Koronia. Utilizzare il calibro a branche diritte. Si tiene la mandibola appoggiata sul tavolo. Conviene segnare l'apice con una matita tenuta orizzontalmente.

66. go-go, larghezza bigoniaca della mandibola. E' la distanza fra i due Gonia.

67. larghezza bimentale della mandibola. E' la distanza tra i bordi mediali dei due Foramina Mentalia. Si utilizza il calibro a branche diritte, con le punte inserite nei forami, orientato in avanti.

68(1) Lunghezza proiettiva massima, o totale, della mandibola. E' la distanza tra il margine anteriore del mento e un piano verticale tangente alle superfici posteriori dei Kondylia. I utilizza la tavola metrica o mandibulometro, con i due condili poggiati alla parete posteriore tenuta in posizione verticale.

69. id-gn, altezza della sinfisi mandibolare. E' la distanza tra Infradentale e Gnathion. Si utilizza il calibro a branche diritte.

69(1). Altezza del Corpus mandibulae a livello del Foramen Mentale: è la distanza del margine dell'alveolo dal margine inferiore della mandibola, a livello del forame mentale e perpendicolare alla sua base (cioè in una direzione verticale). Il foro può cadere sulla verticale

dello spazio alveolare tra due denti premolari o in corrispondenza di un dente; in quest'ultimo caso, la misura va presa esattamente tra i due premolari (nel punto più alto).

69(3). Spessore del Corpus mandibulae a livello del Foramen Mentale. Viene presa allo stesso livello della misura precedente.

71a. Larghezza minima del ramo. Larghezza minima anteroposteriore del ramo, in ogni direzione.

2.3.1 Definizione punti cranici

Alveolare – Av

E' il punto più basso del setto alveolare in mezzo agli incisivi centrali superiori. Questo punto di repere si trova raramente perché il setto spesso è danneggiato o riassorbito e in tal caso non deve essere utilizzato.

Alveolon - Alv

E' il punto in cui la linea mediana della mascella incontra una retta tangente ai bordi posteriori dei processi alveolari. Si poggia un ago metallico sui bordi posteriori e si segna con la matita il punto di incontro con la linea mediana sagittale; è utilizzato per misurare la lunghezza maxilloalveolare.

Asterion – Ast

E' il punto in cui si incontrano la sutura lambdoidea, occipito-mastoidea e parieto-mastoidea. Se è presente un ossicino all'asterion, si prolunga la sutura lambdoidea su di esso e poi prolungare le altre due suture fino ad incontrare questa; se il punto di incontro non coincide, scegliere il punto di mezzo tra i due; se la sutura è complessa si traccia con la matita la linea lungo il centro dell'area coperta dalla sutura per trovarne l'asse principale; se la sutura è obliterata si cerca l'asterion al margine laterale dell'osso occipitale.

Auricolare - Au

E' il punto posto sulla radice del processo zigomatico, sulla perpendicolare al centro del forame acustico. Si trova pochi millimetri sopra il porion. Si segna con la matita su entrambi i lati.

Basion - Ba

E' il punto sul bordo anteriore del forame occipitale, dove è tagliato dal piano sagittale mediano. Poichè in genere il bordo non ha un margine acuto, occorre definire meglio questo punto in relazione al fatto che viene utilizzato come termine più distante da punti diversi a seconda del tipo di misura. Per le misure 5 e 40 si utilizza il basion posteriore o endobasion, come punto più distante rispettivamente dal nasion e dal prosthion; per la 17 si utilizza il basion inferiore o ipobasion, che è un po' più sul lato inferiore dell'orlo e che è il punto più distante dal bregma.

Bregma - B

E' il punto in cui la sutura sagittale incontra quella coronale. Se questo punto cade un po' lateralmente (a causa di una divergenza della sutura sagittale), esso deve essere proiettato sul piano sagittale. Come criterio generale, il punto dovrebbe marcare i limiti tra le ossa parietali e frontale, e non le piccole varianti suturali nei pressi del punto, perciò dovrebbe essere considerato il corso generale delle suture. Se le suture sono completamente obliterate, non resta che cercare di stimare la posizione del bregma.

Coronale - Co

Sono i punti più laterali della sutura coronale; la loro posizione è determinabile mediante la mis.10.

Ektokonchion - Ek

E' l'intersezione della superficie anteriore del bordo laterale dell'orbita con una linea bisecante l'orbita lungo il suo asse maggiore. Si tiene la matita poggiata al bordo laterale e diretta perpendicolarmente al piano sagittale, cosicchè sia tangente alla curvatura più anteriore del margine orbitale (si traccia una linea lungo questa cresta). Si gira poi il cranio in modo da poter guardare lungo l'asse maggiore dell'orbita, comunque obliquo, e si biseca l'orbita visualmente con l'aiuto di una matita o meglio con un'asta sottile. Si pone un segno con la matita laddove l'asse sembra incontrare la linea tracciata sul margine. Nota: questo punto non sembra coincidere con quello di Martin, benchè possa accadere in molti casi e cioè quando il bordo orbitario è sottile. La definizione di Martin non fa riferimento alla superficie anteriore del bordo orbitale ma semplicemente al bordo orbitale.

Il punto sullo spigolo del bordo laterale dell'orbita, in cui si incontra l'asse trasversale dell'orbita stessa, che è una retta che corre parallela al bordo superiore dell'orbita e divide l'orbita in due metà, superiore ed inferiore; questo punto si trova circa nel mezzo del bordo laterale e si può valutare abbastanza precisamente ad occhio. Per trovare esattamente lo spigolo di cambiamento (questo significa che il punto non sia troppo profondo verso l'interno dell'orbita nè troppo verso l'esterno) si tiene il cranio in norma basale, cioè con la faccia verso l'alto e con la base davanti a sé e lo si gira su se stesso, tenendolo alquanto lontano da sé e all'altezza dell'occhio, fin quando si cominciano a vedere i bordi esterni sinistri in forte scorcio; allora con la matita tenuta tangenzialmente si fa un segno sul bordo sinistro esterno dell'orbita.. La definizione di Howells si differenzia da questa in quanto viene utilizzato come punto di cambiamento lo spigolo posto più anteriormente sul bordo dell'orbita; ma se il bordo dell'orbita è affilato le due definizioni coincidono.

Ektomolare - Ekm

Sono i due punti più sporgenti lateralmente sull'osso mascellare, che di solito corrispondono all'osso alveolare in corrispondenza del secondo molare nell'uomo.

Euryon - Eu

E' il punto sulla parete del cranio, sulla superficie del parietale o della squama del temporale, più laterale rispetto al piano sagittale mediano. La sua posizione dipende dalla massima larghezza trasversale del cranio, misura che deve giacere su un piano orizzontale e frontale; per cui anche gli eurya devono giacere entrambi su questi stessi piani.

Frontomolare temporale Fmt

E' il punto più laterale della sutura zigomatico-frontale: non è detto che sia all'estremo della sutura come sembra in alcuni disegni.

Frontomolare anteriore Fm:a

E' il punto più anteriore sulla sutura zigomatico-frontale. si può trovare col lato di una matita che scorre sul piano trasversale. E' diverso da Fmt, è strettamente la proiezione più anteriore sulla sutura, dovunque si trovi.

Frontotemporale - Ft

E' il punto più anteriore e mediale della linea temporale superiore dell'osso frontale, dove essa incontra il processo zigomatico del frontale.

Glabella - G

E' il punto più anteriore dell'osso frontale sul piano mediano. Si trova di solito sopra la sutura fronto-nasale. Viene trovata mediante la misura 1.

Gnathion - Gn

E' il punto sul bordo inferiore della mandibola situato più in basso sul piano sagittale mediano

Gonion - Go

E' il punto della mandibola nel quale si incontrano l'orlo basale (inferiore) del corpo e l'orlo posteriore del ramo, cioè quel punto dell'angolo della mandibola che è situato più di tutti verso il basso, il retro e l'esterno. In alcuni casi, nei quali l'angolo non è espresso chiaramente, è ancora possibile trovare il gonion quando si tenga la mandibola rivolta verso se stessi (davanti a sé) in modo che l'angolo sia rivolto verso l'alto e che l'orlo posteriore del ramo e l'orlo inferiore del corpo abbiano la stessa inclinazione cioè entrambi incontrino in basso il piano orizzontale con lo stesso angolo. In questa posizione si può stabilire facilmente, anche nei casi di angoli del tutto piatti, il punto più alto dell'arcata (della convessità), che viene così determinato come gonion. Anche con il mandibulometro si può trovare questo punto, posizionando la mandibola sul piano orizzontale e il piano obliquo appoggiato al ramo. Si divide a metà l'angolo e si fissa il punto sull'osso). Il gonion è importante soprattutto per la mis. dell'altezza del ramo (n.70). Per la misura della larghezza dell'angolo (n.66) si deve scegliere come vertice il punto più laterale. In realtà, nelle misure 68 e 68(1), il gonion è virtuale, dato che si usa il mandibulometro.

Infradentale - Id

E' il punto posto tra i due incisivi centrali inferiori, laddove lo spigolo anteriore del processo alveolare è tagliato dal piano sagittale mediano. Rappresenta il confine anteriore superiore della sutura sinfisaria. E' il punto più alto, non il più anteriore. Se l'alveolo è riassorbito, non si può usare.

Jugale – Ju

E' il punto corrispondente al vertice dell'angolo dell'osso zigomatico formato dal bordo posteriore verticale del processo frontale e dal bordo superiore orizzontale del processo temporale. Conviene segnarlo.

Kondylion (laterale)- Kdl

E' il punto più laterale del condilo.

Koronion - Kr

E' l'apice del processo coronoideo. Se questo è bipartito si sceglie il punto più anteriore.

Lambda - L

E' il punto sul quale si incontrano la sutura sagittale e la lambdoidea. Se questo è spostato lateralmente, deve essere proiettato sul piano sagittale. Il principio dominante è, analogamente al bregma, trovare il punto di separazione dei parietali dall'occipitale, e pertanto deve essere considerato l'andamento complessivo delle suture e non le eventuali piccole varianti di direzione in vicinanza del lambda. Se esiste un ossicino al lambda, si prolunga con la matita la direzione delle due metà della sutura lambdoidea fino alla loro intersezione con la linea sagittale; se questi prolungamenti non incontrano la linea nello stesso punto, si considera il lambda a metà strada tra le due intersezioni. Se la sutura è complessa o composta di numerose ossa wormiane si traccia con la matita l'asse dell'area occupata.

Maxillofrontale - Mf

E' il punto situato sulla sutura maxillo-frontale, sul prolungamento della cresta lacrimale anteriore (che a sua volta coincide col bordo mediale dell'orbita). Coincide in pratica col Dacryon di Howells.

Nasion - N

E' il punto di incontro tra la sutura nasofrontale e il piano mediano sagittale

Nasospinale - Ns

E' il punto più basso del margine inferiore dell'apertura piriforme proiettato sul piano sagittale mediano. In caso di spina nasale anteriore alquanto sviluppata, si devono unire con una retta i punti più bassi dell'orlo inferiore dell'apertura piriforme, a destra e a sinistra della

spina. Il Ns è da porre dove questa retta è tagliata dal piano sagittale mediano, sullo spigolo superiore o, se la spina è particolarmente sporgente, sulla parete laterale alla base della spina stessa. Poiché il punto serve per determinare l'altezza nasale, è importante la sua posizione in altezza.

Opisthion - O

E' il punto sull'orlo posteriore del foramen magnum tagliato dal piano sagittale mediano. Si segna sullo spigolo di contorno dell'orlo posteriore.

Opistocranion - Op

E' il punto della parte posteriore del cranio, sul piano sagittale mediano, più distante dalla glabella.

Porion – Po

E' il punto sull'orlo superiore del foro acustico esterno, sulla perpendicolare dal centro del foro.

Prosthion - Pr

E' il punto sul bordo alveolare della mascella superiore che più sporge in avanti sul piano sagittale mediano. Esso però non è sul setto tra i due incisivi centrali ma sul punto di massima sporgenza della parete anteriore. Solo nella misura dell'altezza facciale (n.48) il prosthion è definito come il punto più basso sul piano sagittale mediano (ipoprosthion o alveolare).

Zygion - Zy

E' il punto dell'arcata zigomatica che sporge più lateralmente. Si determina solo mediante la misura 45.

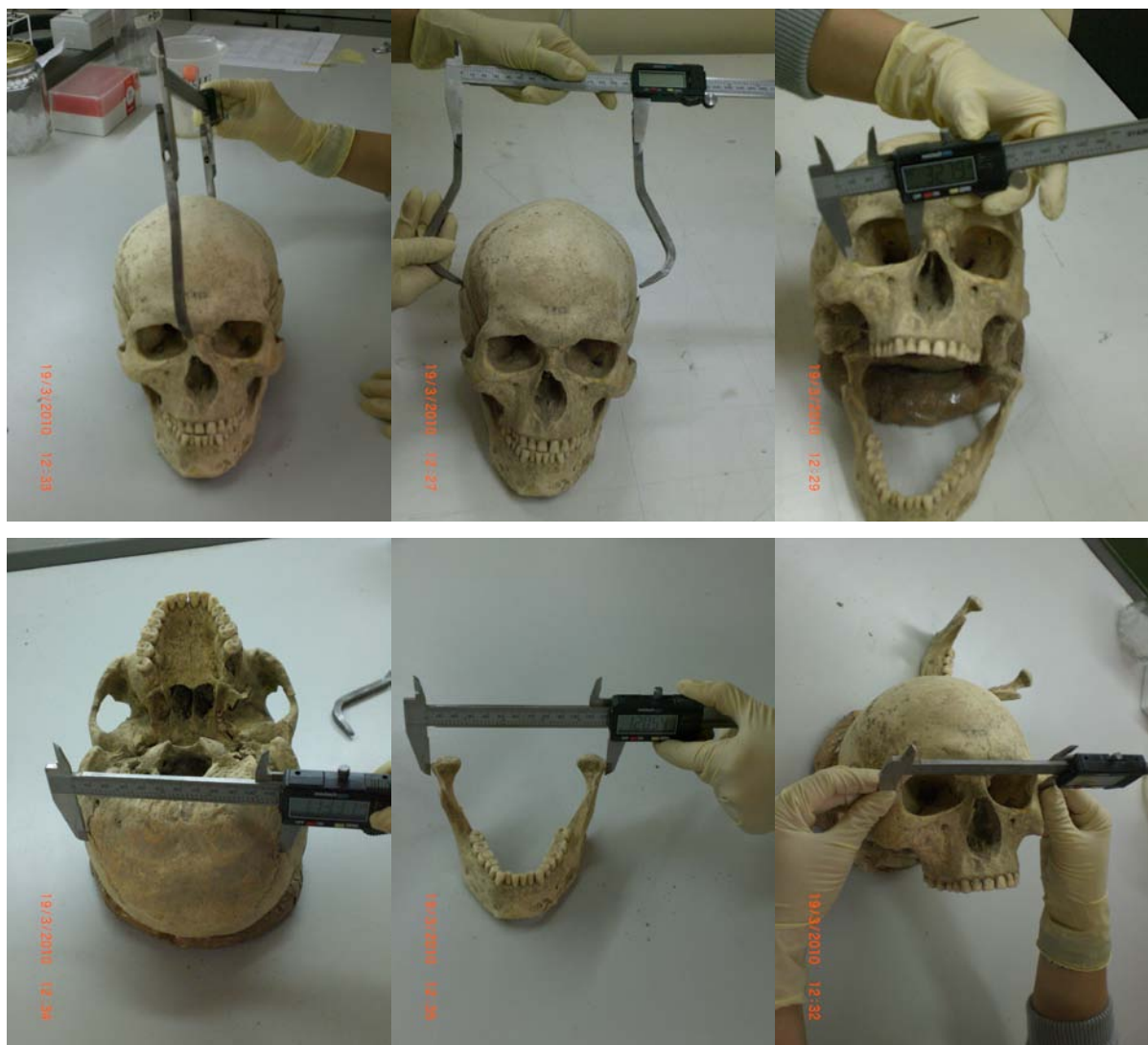


Fig 2.4 Alcuni esempi di misure. Dall'alto verso il basso e da sinistra a destra vengono illustrate le misure 1, 8, 51, 12, 66 e 45(1) di Martin.

Di seguito viene riportata una scheda tipo per il rilevamento delle misure del cranio.

SCHEDA

MISURE CRANIO

INDIVIDUO	SESSO	- Età -	PROVENIENZA GEOGRAFICA	PERIODO	COLLEZ.

<i>N. MISURA</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>VALORE</i>	<i>N. MISURA</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>VALORE</i>
1	G-Op (GOL)		50	Mf-Mf	
5	N-Ba (BNL)		51	Largh. Orbit. Mf-Ek	
8	Eu-Eu		52	Alt. Orbit.	
9	Ft-Ft		54	Largh. Nasale	
10	Co-Co		55	N-Ns	
11	Au-Au		57	Largh. Nas. Min. (WNB)	
12	Ast-Ast		60	Pr-Alv	
13(1)	BIMAST MAX		61	Ekm-Ekm	
17	Ba-B		65	Kdl-Kdl	
19a	Mdh		65(1)	Kr-Kr	
29	Corda N-B		66	Go-Go	
29b	Sott. N-B (FRS)		67	Lar. Ant. Mand. Ml-Ml	
30	Corda B-L		68(1)	Lun. Mand. Tot.	
30a	Sott. B-L (PAS)		69	Id-Gn	
31	Corda L-O (OCC)		69(1)	Alt. Corp. Mand.	
31a	Sott. L-O (OCS)		69(3)	Spess. Corp. Mand.	
40	Ba-Pr (BPL)		71a	Largh. Min. Ramo	
43	Fmt-Fmt				
43b	Sott. N-Fm:a (NAS)				
45	Zy-Zy (ZyB)				
45(1)	Ju-Ju (JUB)				
48	N-Pr				
48d	Altezza malare (WMH)				
48d	Altezza malare (WMH)				

[illegible]

2.4 Metodi di analisi statistica

2.4.1 Ricostruzione dei dati mancanti

Gran parte dei crani studiati, poiché molto antichi, purtroppo non si presentano in buono stato, ma alcune parti sono danneggiate o completamente mancanti. Il distretto cranico che nella totalità dei reperti si è mostrato più integro è il neurocranio, mentre quello che si è meno preservato è lo splancnocranio. La mandibola non è sempre presente nei reperti, per cui non è stata tenuta in considerazione nelle analisi. Al fine di ottenere il maggior numero di crani possibile da analizzare si è resa necessaria la ricostruzione dei dati mancanti.

Si è scelto di utilizzare il software “NORM” ideato da J.L. Schafer (Schafer, 1999). NORM è un programma che esegue l’ “imputazione multipla” (MI) di dati multivariati incompleti. Il nome del programma si riferisce alla distribuzione Normale multivariata dei dati.

NORM utilizza, per generare i dati mancanti, due procedure: l’algoritmo “EM” (*“Expectation and Maximization”*) per la stima della varianza e della covarianza (o correlazione); l’algoritmo “DA” (*“Data Augmentation”*), per generare i dati mancanti .

La maggior parte dei pacchetti statistici non prestano particolare attenzione ai dati mancanti che vengono di solito scartati o sostituiti con le medie, con conseguente perdita di informazioni o distorsione dei risultati. Altri software, invece, ricostruiscono i dati mancanti a partire da quelli osservati tenendo conto solo della media aritmetica ma non della deviazione standard, riducendo la variabilità dei dati ricostruiti.

Utilizzano il *dataset* incompleto iniziale, NORM simula la parte mancante per un numero di volte $m > 1$, creando m versioni ugualmente probabili dei dati completi. Ciascuno degli m *dataset* viene analizzato con le tecniche standard impiegate per i dati completi, gli m set risultanti vengono combinati usando le regole di stima scalare di [Rubini](#) Rubin (1987) e viene prodotto un set di valori e di errori standard che tengono conto dell’incertezza dei dati mancanti.

L’algoritmo EM calcola medie, varianze e covarianze utilizzando tutti i casi del *dataset*, inclusi quelli in cui i dati sono parzialmente mancanti. EM è un metodo per ottenere stime di massima verosimiglianza di parametri a partire da dati incompleti. Questo algoritmo procede attraverso l’iterazione di due *steps*: E-step. Riproduce un numero sufficiente di statistiche mancanti attraverso i loro valori attesi a partire dai dati osservati, usando valori stimati per i parametri; M-step. Aggiorna i parametri attraverso la loro stima di massima verosimiglianza, una volta ottenute le statistiche dall’E-step.

La convergenza di comportamento di EM è in relazione al tasso di informazioni mancanti, ovvero quanta informazione sui parametri è contenuta nei dati mancanti rispetto a quelli osservati. Alti tassi di informazioni mancanti possono portare ad una lenta convergenza, bassi tassi portano a rapida convergenza. Sul significato di convergenza si veda oltre.

L'algoritmo DA simula valori casuali di parametri e dati mancanti a partire dalla loro distribuzione a posteriori. Rappresenta l'algoritmo attraverso il quale NORM ricrea i dati mancanti.

DA è una tecnica iterativa di simulazione, una speciale tecnica della Catena di Markov Monte Carlo. In DA vi sono tre tipi di dati quantitativi: i dati osservati; i dati mancanti; i parametri. I dati mancanti e i parametri sono sconosciuti. DA esegue alternativamente gli *steps* seguenti: *I-step*. Introduce i dati mancanti ridisegnandoli a partire dalla loro distribuzione condizionale, una volta resi disponibili i dati osservati e i valori assunti per i parametri; *P-step*. Simula nuovi valori per i parametri a partire da una distribuzione Bayesiana a posteriori, avendo a disposizione i dati osservati e i più recenti valori imputati per i dati mancanti. Alternando questi due *steps* si configura una catena di Markov che converge verso un distribuzione stazionaria: distribuzione che unisce i dati mancanti e i parametri, avendo i dati osservati.

In NORM le vere e proprie imputazioni sono ottenute grazie a DA. Utilizzando DA per k iterazioni, con k abbastanza grande da garantire la convergenza, produce un disegno random di parametri a partire dalle loro distribuzioni a posteriori. Introducendo i dati mancanti, utilizzando questi parametri *random*, i valori vengono ottenuti in una sola imputazione. Ripetendo l'intero processo m volte vengono prodotte m imputazioni multiple.

L'imputazione multipla è un approccio simulato all'analisi dei dati incompleti. La parte mancante del *dataset* è simulata per un numero di volte $m > 1$, producendo m versioni ugualmente plausibili dei dati completi. Ciascuna di queste m versioni è analizzata allo stesso modo, utilizzando i metodi standard di dati completi. La variabilità di risultati tra gli m set riflette l'incertezza dai dati mancanti. I risultati vengono allora combinati in un singolo set di valori ed errori standard, usando le regole di Rubin per le stime scalari.

Vi sono tre i assunti statistici che i dati devono rispettare perché NORM possa essere applicato:

- 1) I dati mancanti devono essere mancanti per ragioni casuali;
- 2) le variabili nel dataset devono essere distribuite "normalmente";
- 3) l'algoritmo DA è una procedura Bayesiana e quindi dipende dalla distribuzione a priori per i parametri sconosciuti (medie, varianze e covarianze).

Un corretto modello di imputazione dovrebbe preservare le relazioni tra le variabili che sono il focus di investigazione. In generale, le variabili che sono importanti per le analisi successive dovrebbero essere presenti nel modello imputazionale.

NORM assume che ciascuna variabile nel dataset sia normalmente distribuita, se invece le variabili sono continue e non “normali” bisognerà ricorrere alle “trasformazioni” per produrre una ragionevole imputazione.

Nella maggior parte dei casi possono essere ottenuti buoni risultati con un basso numero di imputazioni. Rubin (1987) dimostra che l'efficienza di una stima basata su m imputazioni è approssimativamente $(1+\gamma/m)^{-1}$ dove γ rappresenta il tasso di informazione mancante.

DA converge verso una distribuzione di valori piuttosto che verso un singolo set di valori. Dire che DA ha trovato una convergenza attraverso k cicli significa che le quantità simulate (valori mancanti e parametri) al ciclo t e le quantità simulate al ciclo $t + k$ sono statisticamente indipendenti l'una dall'altra.

Il comportamento di convergenza di DA è governato dal tasso di informazione mancante (quanta informazione sui parametri è contenuta nella parte dei dati mancante rispetto alla parte di dati osservati). Alti tassi di informazione mancante portano le successive iterazioni ad essere altamente correlate, così sarà necessario un grande numero di cicli per affievolire la dipendenza. Bassi tassi di informazione mancante producono bassa correlazione e rapida convergenza.

Usando DA per creare imputazioni multiple si ha bisogno di un numero sufficiente di cicli di imputazioni per garantire che siano statisticamente indipendenti. L'opzione series plot, selezionabile dal menu di NORM, è di aiuto nel giudicare quanti cicli siano necessari. Un'utile regola empirica consiste nell'avviare preliminarmente EM ed osservare il suo comportamento di convergenza poiché è in correlazione con quello di DA. Se EM converge attraverso k cicli allora è molto probabile che DA raggiungerà l'indipendenza attraverso k cicli.

Sono stati ricostruiti circa il 20% dei dati utilizzati.

2.4.2 Analisi delle componenti principali

Nell'analisi multivariata vengono utilizzate diverse variabili tra loro variamente correlate. Per spiegare ed interpretare le relazioni esistenti si adopera l'analisi fattoriale. Lo scopo di questa analisi è quello di spiegare le correlazioni tra le variabili osservate in funzione di un numero ridotto di “fattori” o variabili dette “componenti principali”. Inoltre ci permette di

trasformare l'agglomerato delle osservazioni in una struttura semplice, ma informativa quasi quanto quella di partenza (Fabbris, 1997).

Le componenti principali di un insieme di dati rappresentano le combinazioni lineari, tra loro non correlate, delle variabili iniziali la cui varianza complessiva è uguale a quella osservata. Le componenti principali vengono estratte in sequenza per cui la prima componente principale è la combinazione che estrae il massimo della variabilità della matrice di varianze-covarianze dei dati, la seconda componente rappresenta la combinazione che estrarrà il massimo della variabilità residua e così via.

I vantaggi nell'applicare questa tecnica esplorativa dei dati sono: la parsimonia nella rappresentazione dei dati che vengono ridotti a poche variabili significative; la robustezza dell'analisi che fa emergere la struttura latente dei dati anche quando questi sono affetti da errore; la chiarezza delle rappresentazioni grafiche.

Per calcolare le componenti principali si procede in questo modo: sia $X = \{x_{hj}\}$ ($h = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, p$) la matrice di dati relativa a n unità statistiche presso ognuna delle quali sono state osservate p variabili; sia $S = \{s_{ij}\}$ ($i, j = 1, \dots, p$) la relativa matrice di varianze-covarianze. Bisogna trovare r trasformazioni lineari f_i delle variabili osservate

$$f_i = \sum_{j=1}^p w_{ji} x_{ji} \quad (i = 1, \dots, r),$$
 dove r è il rango della matrice e f_i è la i -esima componente principale. Da un punto di vista geometrico le componenti principali sono gli assi coordinati di uno spazio r -dimensionale dove sono rappresentati i dati ordinati nella matrice X .

Data la matrice di varianze-covarianze $S = X'X/(n-1)$, si predispone la funzione $l = w'Sw - \frac{1}{2}\lambda(w'w - 1)$, dove λ è un moltiplicatore di Lagrange e $w'w = 1$ è la condizione di normalizzazione del vettore w . La funzione può essere scritta anche come $l = f'f/(n-1) - \frac{1}{2}\lambda(w'w - 1)$, dove $f = Xw = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_px_p = \sum_{j=1}^p w_{j}x_j$ è una componente principale e $f'f/(n-1)$ è la sua varianza. Derivando l rispetto a w' e uguagliando a 0 si ottiene $(S - \lambda I)w = 0$ dove I è la matrice di identità di ordine p e 0 è un vettore colonna di zeri. Questa equazione ha soluzione non nulla, imposto $w'w=1$, se la matrice $(S - \lambda I)$ ha determinante nullo: $|S - \lambda I| = 0$.

Questa equazione è detta equazione caratteristica e la sua soluzione richiede la ricerca di p valori di λ detti autovalori o *eigenvalues*. Ordinando gli autovalori dal più grande al più piccolo e inserendo λ_1 al posto di λ si ottiene $(S - \lambda_1 I)w_1 = 0$, si ottiene così il vettore w_1 di coefficienti della prima componente principale f_1 detto autovettore o *eigenvector*.

Per trovare le componenti principali successive alla prima si determina la matrice S^* di varianze-covarianze residua, cioè privata della variabilità e covariabilità estratte dalla componente precedente, si determina il vettore w_i che massimizza la funzione $l^* = w_i'S^*w_i$.

Geometricamente, la ricerca della i -esima componente è equivalente alla ricerca della retta perpendicolare alla componente precedente che meglio interpola la variabilità residua tra i punti nello spazio descritto dalle variabili osservate.

Estrarre le componenti principali consiste in una “rotazione massimizzante la varianza” (varimax) dello spazio originale. Esistono varie strategie di rotazione. Esse hanno lo scopo di ottenere una chiara disposizione dei “*pesi fattoriali*” che rappresentano le correlazioni esistenti tra le variabili iniziali e le componenti principali. E’ stata scelta la rotazione “varimax normalizzato” che eseguirà una rotazione varimax sui pesi fattoriali normalizzati (pesi fattoriali grezzi divisi per le radici quadrate delle rispettive comunalità). Questo è il metodo usato più comunemente.

2.4.3 Scaling multidimensionale (MDS)

Lo *scaling* multidimensionale (MDS) può essere considerato un’alternativa all’analisi fattoriale. Individua le dimensioni significative che sottostanno ai dati e che permettono di spiegare la similarità o la dissimilarità osservata tra gli oggetti analizzati.

La logica con cui lo *scaling* procede è di ottenere una mappa delle distanze tra gli oggetti a partire da una matrice di distanze. Come risultato sarà possibile spiegare le distanze in termini di dimensioni soggiacenti

L’orientamento degli assi, come per l’analisi fattoriale, è arbitrario: qualunque sia la rotazione eseguita sulla mappa, l’MDS riorganizza gli oggetti in modo da giungere ad una configurazione che approssimi al meglio le distanze osservate.

Per questa tecnica multivariata è stato utilizzato il software STATISTICA, il quale utilizzerà un algoritmo di minimizzazioni di funzioni che valuterà differenti configurazioni al fine di massimizzare la bontà dell’adattamento (o minimizzare la mancanza di adattamento) rispetto ai dati.

Una misura della bontà di una configurazione nel riprodurre la matrice di distanze osservate è la misura di *stress*. Il valore di *stress* grezzo corrisponde a $\Phi = \sum [d_{ij} - f(\delta_{ij})]^2$ dove d_{ij} sono le distanze riprodotte e δ_{ij} sono i dati di input ovvero le distanze osservate. Minore è il valore di *stress* migliore è l’adattamento della matrice di distanze riprodotta rispetto alla matrice di distanze osservata.

Possiamo rappresentare le distanze riprodotte rispetto ai dati osservati attraverso il diagramma di Shepard. Sulla Y abbiamo le distanze (dissimilarità) riprodotte e sulla X le similarità originali. Il grafico mostra una funzione a gradini: i cosiddetti valori D-Cappello,

risultato della trasformazione monotona $f(\delta_{ij})$ dei dati di imput. Se tutte le distanze riprodotte cadono sulla linea a gradini l'ordinamento per ranghi delle distanze dovrebbe essere perfettamente riprodotto dalla rispettiva soluzione.

In generale più sono le dimensioni utilizzate per riprodurre la matrice di distanze, migliore sarà l'adattamento della matrice riprodotta alla matrice osservata e, quindi, minore sarà il valore di *stress*.

Bisogna considerare che i dati reali contengono una certa quantità di disturbo, cioè variabilità casuale che contribuisce alle differenze tra la matrice osservata e quella riprodotta.

Anche se vi è somiglianza con l'analisi fattoriale, l'MDS non impone che i dati siano distribuiti come normali multivariate e che le reazioni siano lineari. Inoltre l'MDS estrae meno fattori dell'analisi fattoriale e può essere più facilmente interpretabile

2.4.4 Analisi dei gruppi

Sotto il termine di analisi dei gruppi vengono indicate varie tecniche volte ad assegnare entità multivariate a categorie (gruppi) non definite a priori. I gruppi sono definiti in modo tale da massimizzare l'omogeneità interna e le differenze tra i gruppi stessi. L'analisi mira ad evidenziare le relazioni tra le entità. Un gruppo si dice "omogeneo" quando è costituito da un insieme di entità la cui appartenenza all'aggregato è definitiva. Un gruppo di entità omogenee viene definito "*cluster*" (in italiano: grappolo).

L'analisi dei gruppi permette di ridurre i dati in forma grafica semplice ovvero immediatamente percepibile su poche dimensioni. La differenza principale tra l'analisi dei gruppi e l'analisi fattoriale consiste nel fatto che la prima raggruppa le entità, mentre la seconda studia la relazione tra le variabili. Tuttavia le due tecniche possono giungere alle stesse conclusioni e possono, inoltre, essere applicate in sequenza, utilizzando come dati iniziali per l'analisi dei gruppi i punteggi ricavati dall'analisi fattoriale.

Per effettuare un'analisi di raggruppamento occorre procedere attraverso una serie di passaggi decisionali:

- 1) selezionare le variabili di classificazione che possono essere le semplici osservazioni rilevate oppure una trasformazione di esse;
- 2) selezionare la misura di distanza tra le entità;
- 3) selezionare la regola di legame tra le entità;
- 4) uso di altri metodi di analisi multivariata per comparare e meglio interpretare i risultati ottenuti.

Tra la moltitudine di tecniche di raggruppamento è stata scelta un'analisi gerarchica agglomerativa dove data una matrice di distanze tra n entità si cerca la coppia di entità più vicina e con queste si forma un gruppo. Tra le entità del gruppo si assume distanza nulla. Per aggregare un'altra entità si individua nella matrice di distanze, che adesso è di ordine $n-1$, l'entità più vicina. Si forma così un nuovo gruppo e si calcoleranno nuovamente le distanze tra il gruppo formato e le entità rimanenti. Queste operazioni vengono ripetute finché tutte le entità faranno parte di un unico gruppo.

Esistono diversi modi per calcolare le distanze le entità dei gruppi. Tra queste ho preferito la distanza Euclidea al quadrato e la distanza media assoluta o di Manhattan.

La distanza Euclidea al quadrato si calcola come $d(x,y)=\sum_i (x_i-y_i)^2$ e viene utilizzata per dare più peso agli oggetti più distanti.

La distanza di Manhattan è la differenza media tra le dimensioni: $d(x,y)=\sum_i |x_i-y_i|$. Con questa misura viene smorzato l'effetto di singole differenze elevate.

Scelta la distanza tra le entità dei gruppi occorre trovare una regola di legame tra i gruppi per determinare quando due gruppi sono abbastanza simili per essere raggruppati. Tra le varie regole di legame le più note sono il "legame singolo", il "centroide non pesato dei gruppi" e la "media non pesata dei gruppi".

Con il metodo del legame singolo la distanza tra due gruppi è determinata dalla distanza dei due oggetti più vicini (vicino più vicino) nei differenti gruppi. Questa regola allungherà i gruppi nella loro formazione, così da apparire tendenzialmente come delle lunghe "catene".

Il centroide non pesato dei gruppi determina la distanza tra i due gruppi come la differenza tra i centroidi. Il centroide di un gruppo è il punto medio nello spazio multidimensionale definito dalle dimensioni. In un certo senso, esso è il centro di gravità per il rispettivo gruppo.

La media non pesata dei gruppi, in inglese *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA), è stata introdotta da Sneath e Sokal (1973). Con questo metodo, la distanza tra due gruppi è calcolata come la distanza media tra tutte le coppie di oggetti nei due gruppi differenti. Questo metodo risulta molto efficiente quando gli oggetti formano "blocchi" naturali distinti ed è stato scelto per questo lavoro.

Per l'analisi dei gruppi sono stati utilizzati come dati di base le misure, le medie delle misure, i punteggi fattoriali ricavati dall'analisi delle componenti principali e le matrici di distanza D al quadrato connesse alla matrice R .

2.4.5 Analisi della Matrice **R**

Un modello semplice che spiega la distribuzione continua dei tratti quantitativi, fra i quali le misure craniometriche, è il modello additivo: il fenotipo riflette l'effetto netto di un'ereditarietà poligenica dove ciascun *locus* ha un effetto sul genotipo e questi effetti, uguali tra loro, sono additivi. All'aumentare del numero di *loci* la distribuzione fenotipica avrà un numero maggiore di categorie e si avvicinerà ad una distribuzione continua Normale. All'effetto additivo va aggiunta l'influenza che l'ambiente esercita sul fenotipo; il risultato è che il tratto quantitativo può assumere un ampio *range* di valori e non un numero finito di valori discreti.

La variazione di un tratto quantitativo è determinato dall'effetto netto di influenze genetiche e ambientali. In realtà, per quanto riguarda la componente genetica, bisognerebbe considerare anche l'effetto di dominanza tra gli alleli, da ciò segue che la varianza fenotipica $V_p = V_a + V_d + V_a$ dove V_a , V_d e V_a sono rispettivamente la varianza additiva, la varianza non additiva (dominante) e la varianza dovuta all'ambiente.

L'ereditabilità h^2 è una misura di quanto la variabilità fenotipica è dovuta alla variabilità genetica ed è legata all'equazione precedente: $h^2 = V_a + V_d / V_p$. L'ereditabilità può essere studiata comparando i tratti fenotipici tra parenti, tra genitori e figli, tra gemelli etc. Questa misura è relativa perché risente degli effetti ambientali ed è riferita alla popolazione e non all'individuo.

Sono stati sviluppati diversi metodi per misurare le distanze genetiche tra le popolazioni attraverso l'uso dei tratti antropometrici, un metodo sviluppato negli ultimi anni e che è stato scelto per questo lavoro è la matrice **R**.

Il metodo della matrice **R** è stato in origine studiato per la misura della distanza genetica tra le popolazioni a partire dalle frequenze alleliche ed in seguito esteso ai tratti quantitativi. Nello specifico si tratta di una matrice standardizzata di varianza-covarianza di frequenze alleliche rilevate su un gruppo di popolazioni. Dato un numero g di popolazioni da studiare, r è una matrice di g righe e g colonne, dove ciascun elemento della matrice rappresenta la similarità genetica tra una coppia di popolazioni. Per un dato allele la similarità genetica tra la popolazione i (riga) e la popolazione j (colonna) è definita come $r_{ij} = (p_i - p') (p_j - p') / p' (1 - p')$ dove p_i e p_j sono le frequenze dell'allele considerato nelle rispettive popolazioni i e j e p' è la frequenza media dell'allele tra tutte le popolazioni analizzate, idealmente si tratta di una media ponderata in cui i pesi sono determinati dalla grandezza delle popolazioni.

La matrice **R** presenta alcune importanti proprietà: la media di tutti gli elementi della matrice (pesati in base alla grandezza della popolazione) è per definizione uguale a zero; un valore positivo di r_{ij} indica una coppia di popolazioni più simili tra loro rispetto alla media, mentre un valore negativo di r_{ij} indica una coppia di popolazioni meno simile tra loro rispetto alla media.

La matrice **R**, come detto, può essere estesa ai tratti quantitativi. Seguendo un modello additivo la media dei valori di un tratto quantitativo è proporzionale alla sottostante frequenza media allelica e la sua varianza è proporzionale all'eterozigosità. Avendo a disposizione dati sulle medie dei tratti quantitativi e sulla loro ereditabilità può essere calcolata una matrice **R**.

Ottenuta una matrice **R** vi sono ulteriori utili computazioni da fare per comparare la struttura e la storia delle popolazioni. Un'utile misura della differenziazione tra le popolazioni è la F_{st} che per i tratti neutri riflette un equilibrio tra il flusso genico, la drift genica e le mutazioni. F_{st} può essere inoltre interpretato come una misura della variazione tra le popolazioni (inter-popolazionistica) rispetto alla variazione totale attesa in condizioni di panmissia (dove tutti gli individui provenienti da tutte le popolazioni hanno le stesse probabilità di incrociarsi tra loro). Per esempio un valore di F_{st} uguale a 0.10 significa che il 10% della variabilità totale è inter-popolazionistica, mentre il 90% è intra-popolazionistica. F_{st} è stimata, ponderata per la grandezza della popolazione, dell'elemento diagonale ($i=j$) della matrice **R** il quale fornisce un indice del grado di differenziazione tra le popolazioni.

Per stimare la F_{st} a partire dai tratti quantitativi occorre stimare l'ereditabilità media di questi tratti. Ciò è necessario poiché la nostra analisi è basata sulla variabilità fenotipica che riflette sia la variabilità genetica sia quella ambientale. Idealmente dovremmo stimare l'ereditabilità dei tratti quantitativi in esame a partire dalle popolazioni studiate, ma questo raramente è possibile. In pratica la stima è basata su valori ricavati da vari studi in cui h^2 ha un valore intorno a 0.5 per le misure della testa e della faccia. In alcuni casi possiamo operare senza stimare l'ereditabilità, assumendo $h^2 = 1$, in questo modo avremo calcolato la "minimum F_{st} " (Williams-Blangero e Blangero, 1989) Questa stima è il valore minimo possibile di F_{st} poiché minore è l'ereditabilità maggiore è il valore di F_{st} e viceversa. F_{st} e minimum F_{st} sono legati dalla relazione: $F_{st} = \text{Min}F_{st} / \text{Min}F_{st} + h^2(1 - \text{Min}F_{st})$.

F_{st} , sebbene fornisca informazioni sul grado di differenziazione delle popolazioni, non dice alcunché sul modello di variazione. Spesso l'interesse è quello di capire quali popolazioni siano più simili fra loro e se vi è un particolare modello sottostante, ad esempio storico o geografico, di relazione tra le popolazioni. Occorre pertanto trovare una misura delle distanze genetiche tra tutte le coppie di popolazioni. Harpending e Jenkins (1973) hanno trasformato la

matrice **R** in una matrice di distanze genetiche, calcolando la distanza tra due popolazioni i e j come $d_{ij}^2 = r_{ii} + r_{jj} - 2r_{ij}$. Come per la F_{st} questa distanza può essere applicata ai dati quantitativi tenendo conto dell'ereditabilità di questi ultimi. Se la variazione fenotipica viene misurata senza tener conto di queste correzioni allora le distanze saranno “minime distanze genetiche” con gli stessi limiti della minimum F_{st} . Comunque le distanze genetiche minime sono proporzionali alle distanze genetiche reali e possono essere usate per produrre mappe di distanze, analisi di correlazione, etc.

Gli studi sulle distanze genetiche non sono sempre facili da interpretare. La divergenza tra due popolazioni può essere dovuta a diversi fattori: *drift* (deriva genica), flusso genico con altre popolazioni al di fuori dell'analisi, una differente storia nel popolamento, etc. La correlazione della distanza genetica con la geografia, la storia e la demografia spesso fornisce utili indizi in tal senso.

Un altro approccio per interpretare il modello di variazione genetica che osserviamo tra le popolazioni, a partire da dati di frequenze alleliche, è stato sviluppato da Harpending e Ward (1982). Fondamentalmente il metodo compara due differenti misure di variazione all'interno delle popolazioni. Un modo per valutare la variazione in una popolazione è calcolare il livello medio di eterozigosità dentro ciascuna popolazione a partire dalle frequenze alleliche. L'eterozigosità media per locus in una popolazione i è $H_i = 1 - \sum p_k^2$ dove p_k è la frequenza dell'allele k nella popolazione i , l è il numero di loci e la sommatoria è tra tutti i loci e alleli. In generale, il livello medio di eterozigosi cresce con le mutazioni, e il flusso genico, mentre diminuisce con la *drift* genica. La quantità qui definita è l'eterozigosi *osservata*. Harpending e Ward hanno dimostrato che il livello di eterozigosi *atteso* in una popolazione potrebbe essere ricavato dal livello di eterozigosi per la popolazione totale (frequenze alleliche calcolate su tutte le popolazioni raggruppate insieme), H_t , e dalla distanza genetica, r_{ii} , della popolazione i dall'insieme delle frequenze alleliche medie. Questa distanza genetica è un elemento della diagonale della matrice **R**. Dati questi valori, Harpending e Ward hanno dimostrato che il livello di eterozigosi atteso in una popolazione i è $E[H_i] = H_t(1 - r_{ii})$.

I livelli di eterozigosi osservata e attesa possono essere comparati per trarre informazioni sul livello di flusso genico avvenuto nelle popolazioni studiate (cioè il flusso genico proveniente da altre popolazioni non comprese in quelle analizzate). Più precisamente l'eterozigosi attesa e osservata sarebbero le stesse se il livello di flusso genico esterno fosse lo stesso per tutte le popolazioni studiate. Se l'eterozigosi osservata in una data popolazione è maggiore di quella attesa allora è probabile che la causa sia un flusso genico esterno maggiore della media. Al contrario un eterozigosi osservata minore di quella attesa significherebbe che la popolazione

osservata è rimasta più isolata ed ha ricevuto un minore flusso genico esterno. Questo metodo permette, quindi, di poter fare diverse inferenze sulle popolazioni a partire dalle frequenze alleliche.

Relethford e Blangero (1990) hanno dimostrato che, poiché esiste una relazione tra l'eterozigosi e la variazione fenotipica, il metodo Harpending e Ward può essere esteso direttamente all'analisi dei tratti quantitativi nel seguente modo: $E[V_i] = V_w(1-r_{ii})/1-F_{st}$ dove V_i è la varianza fenotipica media tra tutti i tratti nella popolazione i (dopo standardizzazione Z-score), V_w è la varianza fenotipica media tra tutti i tratti in tutte le popolazioni, ed r_{ii} e F_{st} sono stimati dai tratti quantitativi osservati. Relethford e Blangero hanno applicato con successo questo metodo alle misure craniometriche di popolazioni dell'Irlanda ed hanno dimostrato che esso è valido anche quando sono disponibili stime grossolane dell'ereditabilità delle misure.

Relethford ha messo a disposizione il software RMET di cui ci serviremo per questo lavoro. RMET esegue analisi genetiche di popolazione usando tratti quantitativi come quelli craniometrici. Le analisi specifiche comprendono:

- 1) Calcolo della matrice **R** (e connessa matrice di distanza D al quadrato);
- 2) Correzione della distorsione dovuta alla diversa numerosità dei campioni ;
- 3) Fornisce informazioni su F_{st} , errori standard sugli elementi della matrice e sulla matrice di distanze;
- 4) Permette un'analisi Relethford-Blangero che compara la varianza media all'interno del gruppo rispetto a quella attesa sulla base delle distanze r_{ii} di ciascuna popolazione dal centroide;
- 5) Vengono riportate in un grafico le prime due coordinate principali ottenute dalla matrice **R** e, se richiesto, da una matrice **R** scalare. Ciascun “*eigenvector*” è scalare per la radice quadra del suo corrispondente “*eigenvalue*”;
- 6) Oltre la matrice R standard, è possibile anche calcolare una matrice R i cui elementi sono uguali a $g*\sqrt{W_i}*\sqrt{W_j}*r_{ij}$ dove g è il numero delle popolazioni, $\sqrt{W_i}$ e $\sqrt{W_j}$ sono rispettivamente le radici quadre dei pesi delle popolazioni i e j e r_{ij} è l'elemento ij -esimo della matrice **R**.

3 Risultati

Ho applicato diverse tecniche di analisi statistiche multivariata a differenti dati iniziali. Tutte le variabili, sia le misure individuali, sia le medie di ogni gruppo, sono state trasformate secondo la procedura descritta da Darrock e Mosimann (1985). Questa procedura consiste nel dividere ciascun valore delle misure rilevate su un dato cranio per la media geometrica di tutti i valori. La trasformazione risponde all'esigenza di separare la variabilità di forma da quella dimensionale: infatti la variabilità inter-popolazioneistica si esprime soprattutto come variabilità di forma. I dati di Zancle, Uzzo, Marcita e Stretto Partanna sono stati da me rilevati, mentre i dati di altri campioni (medie e dati individuali) sono stati tratti dalle pubblicazioni di altri Autori. Le medie e le statistiche principali dei gruppi sono riportate nella tabella 3.1 posta in appendice.

Una prima indagine ha riguardato i soli campioni provenienti dalla Sicilia. Ho preso in considerazione, separatamente, come dati di base, le medie campionarie delle misure e i valori di ciascun individuo di ogni gruppo. Ho poi condotto un più ampio studio, uguale al primo nei metodi, sugli stessi campioni della Sicilia aggiungendo vari gruppi del Mediterraneo di cui avevo a disposizione sia i dati individuali sia le medie. A causa della scarsa numerosità dei reperti femminili per alcuni gruppi, ho utilizzato solo individui di sesso maschile. Ho deciso pertanto di ripetere le stesse analisi (sui soli gruppi Siciliani prima e sui gruppi Siciliani insieme a quelli del Mediterraneo poi) comprendenti, questa volta, sia maschi che femmine. Infine, un'ultima analisi ha riguardato l'analisi dei gruppi, a partire dalle medie, di un numero maggiore di campioni maschili. Oltre a quelli siciliani e mediterranei già utilizzati, sono stati aggiunti gruppi, sempre mediterranei, di cui si disponeva delle sole medie campionarie e non dei dati individuali. Questi gruppi sono stati poi suddivisi cronologicamente in due raggruppamenti denominati "preistorico" e "storico" e analizzati separatamente.

3.1 Analisi statistiche multivariate condotte su campioni maschili della Sicilia

Per queste analisi ho preso in considerazione solo gli individui maschi suddivisi per gruppo provenienti dalla Sicilia: Marsala; TGPunica (=Tuköry Gitto Punica) che raggruppa i reperti punici di Caserma Tukory e Vivai Gitto in Palermo; Zancle (nome greco della città di Messina); Uzzo; Castiglione; Stretto Partanna; Marcita; Eneolitico che raggruppa i reperti coevi di Grotta della Chiusilla e Isnello ; Pantalica, così denominato perché mette insieme i

siti della “cultura di Pantalica” (Canalotto di Dessucri, Plemmyrion, Pantalica e Cozzo del Pantano); Castelluccio (siti di Ponte della Paolina e Castelluccio); Magna Grecia comprendente i siti greci arcaici di Casino, Fusco, Monte Casasia e Castiglione Arcaica.

Le variabili utilizzate, contraddistinte dai numeri di Martin, sono le misure 1, 5, 8, 9, 17, 48, 52, 54, 55.

3.1.1 Analisi dei campioni della Sicilia a partire dalle medie

Ho eseguito l’analisi delle componenti principali sulle medie trasformate dei campioni. Ho estratto 6 componenti principali che nell’insieme spiegano il 96,4% della varianza totale delle medie (Tab.3.1).

Tab. 3.1 Autovalori analisi componenti principali medie Sicilia

		%Varian.	Cumulo	Cumulo
	Autoval	Totale	Autoval	%
1	3,194709	35,49676	3,194709	35,49676
2	1,915261	21,28068	5,109970	56,77745
3	1,596388	17,73765	6,706359	74,51509
4	0,758598	8,42886	7,464956	82,94396
5	0,698350	7,75945	8,163307	90,70341
6	0,513576	5,70640	8,676883	96,40981

I punteggi fattoriali dei gruppi, calcolati per 6 componenti principali estratte (Fattori), sono riportati in Tab.3.2. Sono stati rappresentati graficamente, sotto forma di diagramma di dispersione o *scatterplot* (Fig.3.1), i punteggi fattoriali delle prime due componenti principali (CP1 e CP2) che complessivamente spiegano il 57,77% della variabilità totale.

Tab. 3.2 Punteggi Fattoriali medie gruppi Sicilia

	Fattore1	Fattore2	Fattore3	Fattore4	Fattore5	Fattore6
Castiglione	0,66751	-1,01589	1,57086	0,4325	0,6845	0,66636
Eneolitico	0,08319	-1,31148	0,75761	-0,47649	1,05399	0,24784
Marcita	0,50642	-0,56595	-1,3545	1,58228	-0,00829	-0,81655
Zancle	-1,01719	-0,44359	-1,06568	-0,55107	0,31947	-0,42694
Uzzo	1,94792	1,76987	0,04779	0,50011	0,5356	-0,30919
TGPunica	-0,80791	1,07299	-0,41785	-0,32322	1,16559	1,67051
Stretto						
Partanna	-1,12888	1,01048	1,24097	-0,58529	0,18319	-2,04805
Magna Grecia	-0,5803	0,39493	-1,04005	-0,16993	-0,10835	0,58888
Pantalica	1,29824	-0,46361	-0,47285	-2,13572	-1,29108	-0,04432
Castelluccio	-0,33744	-0,91488	-0,22336	0,8763	-0,33227	-0,50755
Marsala	-0,63155	0,46713	0,95708	0,85053	-2,20236	0,97901

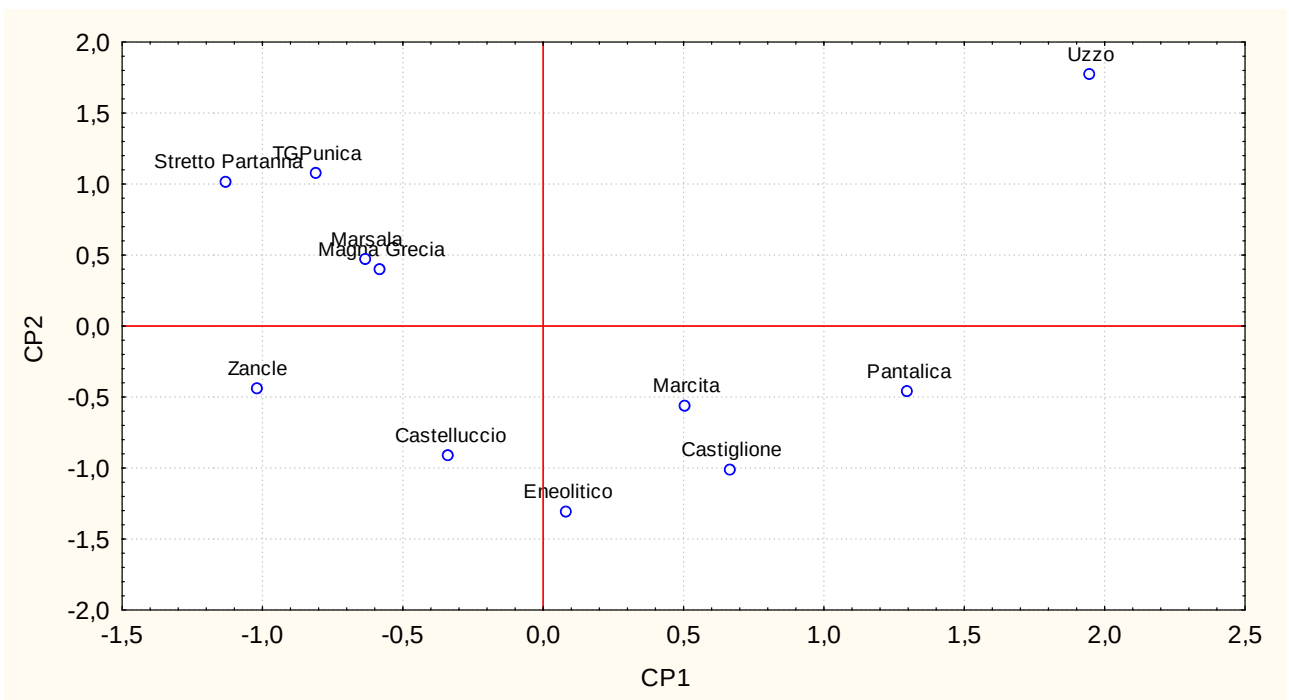


Fig. 3.1 Scatterplot punteggi fattoriali delle medie dei gruppi della Sicilia. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Il grafico mostra un addensamento di gruppi (Marcita, Castiglione e Pantalica) sull'emipiano destro inferiore, mentre sull'emipiano sinistro superiore troviamo vicini i

gruppi di Marsala, Magna Grecia, Stretto Partanna ed il gruppo punico di Tuköry Gitto. Zancle e Castelluccio si trovano sull'emipiano sinistro inferiore, mentre il campione Eneolitico si trova sempre sull'emipiano inferiore, tra Castelluccio e Castiglione. Rimarchevole è la posizione di Uzzo isolata sull'emipiano destro superiore.

I punteggi fattoriali delle medie dei gruppi, calcolati con l'analisi delle componenti principali, sono serviti come dati di base per la *cluster analysis*. La regola di legame da me utilizzata è stata l'UPGMA e le distanze sono state calcolate come distanze euclidee al quadrato. Il dendrogramma risultante è mostrato in Fig. 3.2, la matrice di distanze è riportata nella tabella 3.3.

Tab. 3.3 Matrice di distanze dei punteggi fattoriali delle medie trasformate dei gruppi della Sicilia

	Castg	Eneolit	Marc	Zancle	Uzzo	TGPun	StrPart	MGrec	Pantal	Castll	Mars
Castiglione	,0	2,2	12,8	12,4	12,7	12,3	16,1	11,4	15,9	6,8	12,9
Eneolitico	2,2	,0	11,7	6,3	15,0	9,9	13,1	8,1	12,0	5,6	16,6
Marcita	12,8	11,7	,0	7,2	11,2	16,5	18,1	7,3	17,5	2,8	16,3
Zancle	12,4	6,3	7,2	,0	16,1	7,9	10,1	2,3	11,0	3,9	15,4
Uzzo	12,7	15,0	11,2	16,1	,0	13,3	15,8	11,1	16,0	13,4	18,5
TGPunica	12,3	9,9	16,5	7,9	13,3	,0	17,7	3,7	19,1	12,6	15,5
Stretto Partanna	16,1	13,1	18,1	10,1	15,8	17,7	,0	13,1	19,6	11,3	17,5
Magna Grecia	11,4	8,1	7,3	2,3	11,1	3,7	13,1	,0	10,3	4,8	9,6
Pantalica	15,9	12,0	17,5	11,0	16,0	19,1	19,6	10,3	,0	13,1	17,4
Castelluccio	6,8	5,6	2,8	3,9	13,4	12,6	11,3	4,8	13,1	,0	9,1
Marsala	12,9	16,6	16,3	15,4	18,5	15,5	17,5	9,6	17,4	9,1	,0

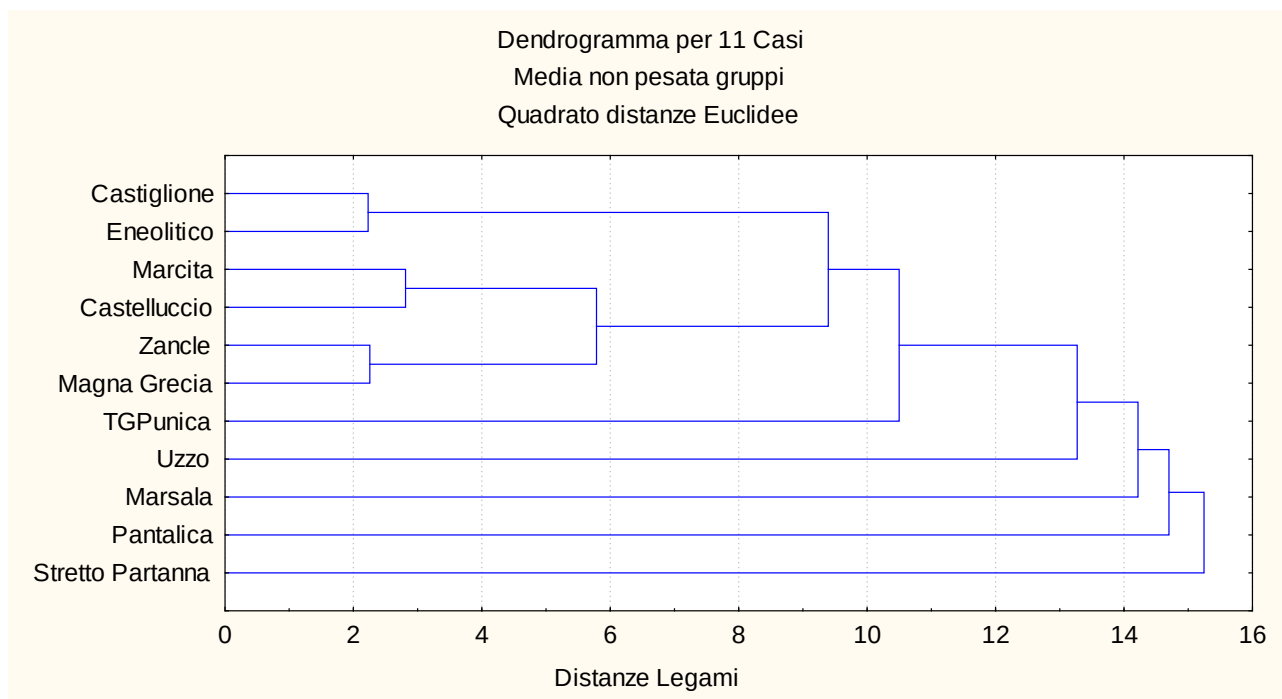


Fig. 3.2 Dendrogramma dei gruppi siciliani (dati di base: punteggi fattoriali)

Il dendrogramma mostra un'affinità tra le coppie di gruppi Zancle-Magna Grecia, Eneolitico-Castiglione e Marcita-Castelluccio. Progressivamente più distanti appaiono gli altri gruppi: TGPunica, Uzzo, Marsala, Pantalica e Stretto Partanana.

Ho calcolato una matrice di distanze euclidee al quadrato tra i gruppi siciliani utilizzando, questa volta, le medie delle misure trasformate (Tab.3.4). La matrice è servita per l'analisi dei gruppi utilizzando come regola di legame l'UPGMA. In Fig.3.3 viene rappresentato il dendrogramma risultante.

Tab.3.4 Matrice di distanze delle medie trasformate dei gruppi della Sicilia

	Castg	Eneolit	Marc	Zancle	Uzzo	TGPun	StrPart	MGrec	Pantal	Castll	Mars
Castiglione	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	0,05
Eneolitico	0,01	0,00	0,02	0,02	0,04	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,06
Marcita	0,02	0,02	0,00	0,01	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01	0,08
Zancle	0,03	0,02	0,01	0,00	0,07	0,02	0,04	0,00	0,02	0,01	0,06
Uzzo	0,05	0,04	0,03	0,07	0,00	0,08	0,04	0,07	0,06	0,06	0,16
TGPunica	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,00	0,08	0,01	0,03	0,02	0,05
Stretto Partanna	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,08	0,00	0,06	0,05	0,04	0,12

Magna Grecia	0,02	0,01	0,02	0,00	0,07	0,01	0,06	0,00	0,02	0,01	0,04
Pantalica	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,03	0,05	0,02	0,00	0,01	0,04
Castelluccio	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,04
Marsala	0,05	0,06	0,08	0,06	0,16	0,05	0,12	0,04	0,04	0,0	0,00

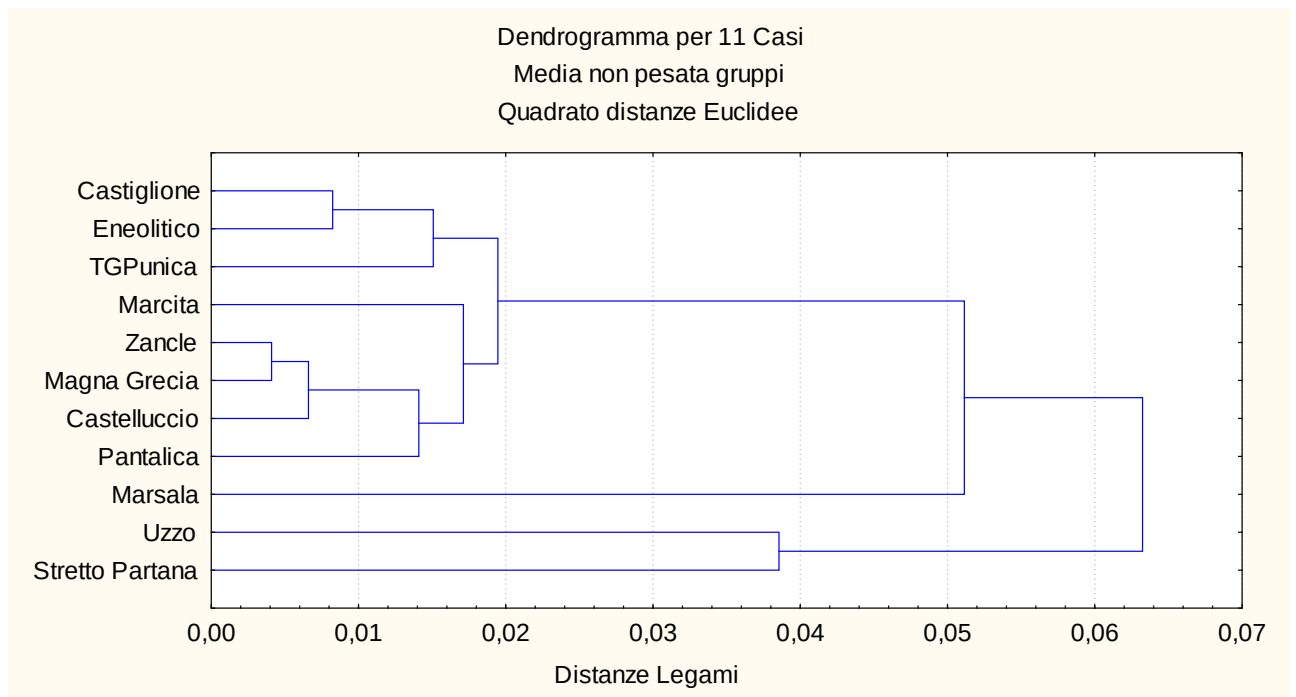


Fig. 3.3 Dendrogramma dei gruppi siciliani (dati di base: variabili trasformate)

Il dendrogramma, anche in questo caso, mostra una maggiore affinità per le coppie Castiglione-Eneolitico e Zancle-Magna Grecia. Castelluccio, Pantalica e Marcita si aggregano man mano a quest'ultima coppia mentre TGPunica si lega alla prima. Progressivamente più distanti appaiono i campioni di Marsala, Uzzo e Stretto Partanna con quest'ultimi legati.

La matrice di distanze euclidee al quadrato dei gruppi siciliani, ricavata dalle medie trasformate delle misure, è stata analizzata mediante *scaling* multidimensionale che ha prodotto una configurazione bidimensionale (tab. 3.5). Lo scatterplot dei gruppi è mostrato in figura 3.4 mentre il diagramma di Shepard è in figura 3.5.

Tab.3.5 Valori dimensioni *scaling* gruppi Sicilia: DIM1= prima dimensione; DIM2= seconda dimensione

	DIM. 1	DIM. 2
CASTIGLIONE	-0,05473	-0,1454
ENEOLITICO	-0,00464	-0,15789
MARCITA	0,082728	-0,15322
ZANCLE	-0,05064	-0,20876
UZZO	0,887028	0,857831
TGPUNICA	-0,12065	-0,19367
STRETTO PARTANNA	0,409511	-0,29114
MAGNA GRECIA	-0,09719	-0,18254
PANTALICA	-0,10443	-0,15128
CASTELLUCCIO	-0,04886	-0,16826
MARSALA	-0,89813	0,794327

I valore di stress ottenuto è pari a 0,071, pertanto accettabile

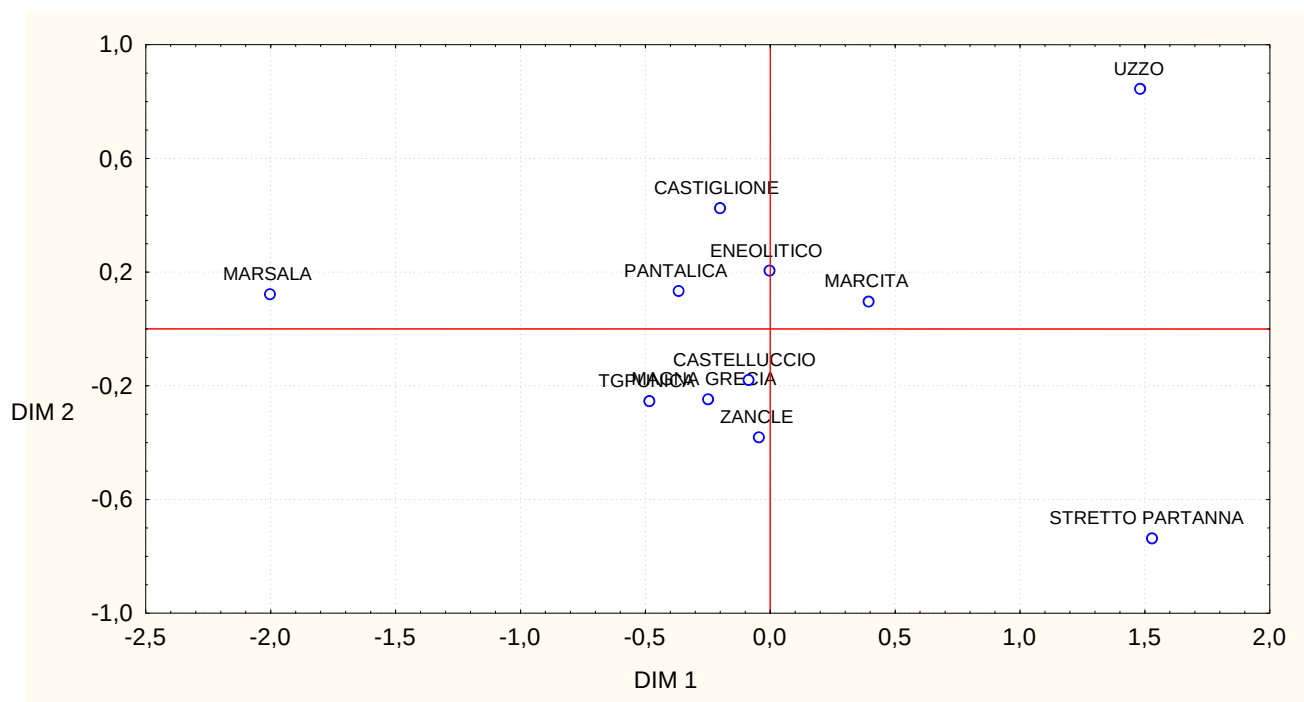


Fig. 3.4 Scatterplot configurazione gruppi siciliani: DIM1= prima dimensione; DIM2= seconda dimensione

Il grafico mostra un addensamento di gruppi verso l'origine degli assi. In particolare Zancle, Magna Grecia, Castelluccio e TGPunica appaiono vicini a sinistra nell'emipiano inferiore, Marcita, Pantalica, Eneolitico e Castelluccio si addensano nell'emipiano superiore. Molto distanti dagli altri gruppi e tra loro sono Stretto Partanna, Marsala e Uzzo.

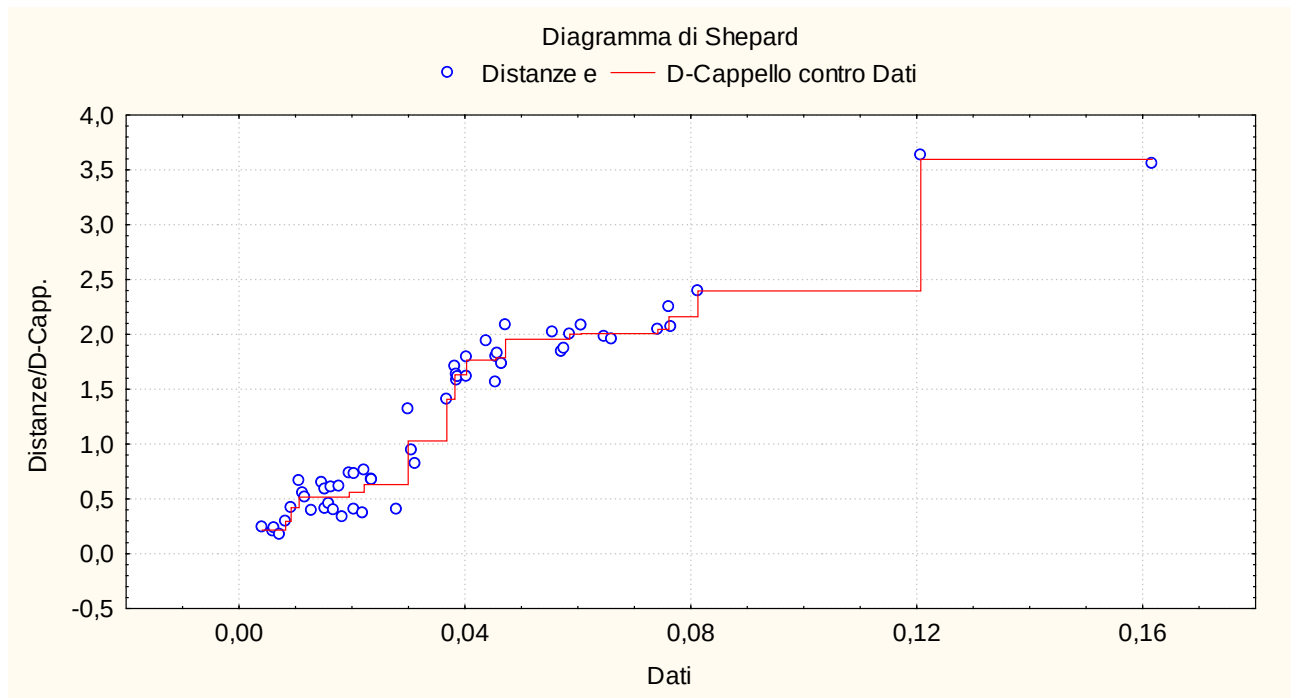


Fig. 3.5 Diagramma di Shepard

Il diagramma di Shepard mostra come le distanze riprodotte siano abbastanza allineate ai gradini della funzione e quindi è stata ottenuta una soddisfacente configurazione finale

3.1.2 Analisi dei campioni della Sicilia a partire dai dati individuali.

In tabella 3.6 vengono riportati i campioni maschili utilizzati e il numero di individui per ogni campione

Tab. 3.6. M=maschi

Gruppo	N.individui
Marsala	5 M
Castiglione	19 M
Zancle	19 M
Marcita	3 M
TGPunica	3 M
Uzzo	2 M
Stretto Partanna	2 M
Magna Grecia	7 M
Pantalica	7 M
Eneolitico	9 M
Castelluccio	4 M
Totale	80 M

Ho eseguito un'analisi delle componenti principali a partire dalle misure trasformate dei singoli individui di ogni gruppo. Ho estratto 7 componenti principali che nell'insieme spiegano il 95,2% della varianza totale dei gruppi (tab 3.7)

Tab.3.7 Autovalori analisi componenti principali dati individuali Sicilia

	%Varian.		CumuloCumulo	
	Autoval	Totale	Autoval	%
1	2,781070	30,90077	2,781070	30,90077
2	1,457211	16,19123	4,238281	47,09201
3	1,134342	12,60380	5,372622	59,69580
4	0,934080	10,37867	6,306702	70,07447
5	0,841117	9,34574	7,147819	79,42021
6	0,826100	9,17889	7,973919	88,59910
7	0,593692	6,59658	8,567611	95,19568

Dai punteggi fattoriali dei singoli individui ho ricavato le mediane (Tab.3.8) per ogni gruppo. Le mediane delle prime due componenti principali (CP1 e CP2) sono rappresentate graficamente sotto forma di diagramma di dispersione o *scatterplot* (fig.3.5). Le prime due componenti principali complessivamente spiegano il 47,1% della varianza totale dei gruppi.

Tab.3.8 Mediane punteggi fattoriali gruppi Sicilia

Gruppo	FATTOR 1	FATTOR 2	FATTOR 3	FATTOR 4	FATTOR 5	FATTOR 6	FATTOR 7
Marsala	0,922414	0,299529	1,163253	0,755818	0,420905	0,309172	-0,82902
Castiglione	-0,84289	-0,18621	0,265423	0,35194	0,52604	0,044229	0,368775
Zancle	0,739602	0,278669	-0,18096	0,222205	-0,60994	-0,26449	0,412502
Marcita	-0,471	-0,63601	-0,99021	0,894664	-1,43796	0,657356	0,281416
TGPunica	0,349418	0,861026	1,551606	0,190893	-0,03437	-0,43875	0,633305
Uzzo	-0,54999	0,485958	-2,09218	0,029527	-0,14724	0,322979	0,588037
StrettoPartanna	0,71164	1,134892	-1,5022	-1,28592	1,278918	-0,30667	0,214083
Magna Grecia	0,624688	0,285192	-0,0184	-0,48998	-0,29595	-0,21545	-0,0008
Pantalica	-0,82059	-0,03767	-0,47633	-0,5378	-0,52265	0,64806	-1,76668
Eneolitico	0,098383	-0,57971	0,205058	-0,30345	0,434899	-0,219	0,538557
Castelluccio	0,315715	-0,22281	-0,4684	1,101925	-0,08003	-0,25129	-0,57028

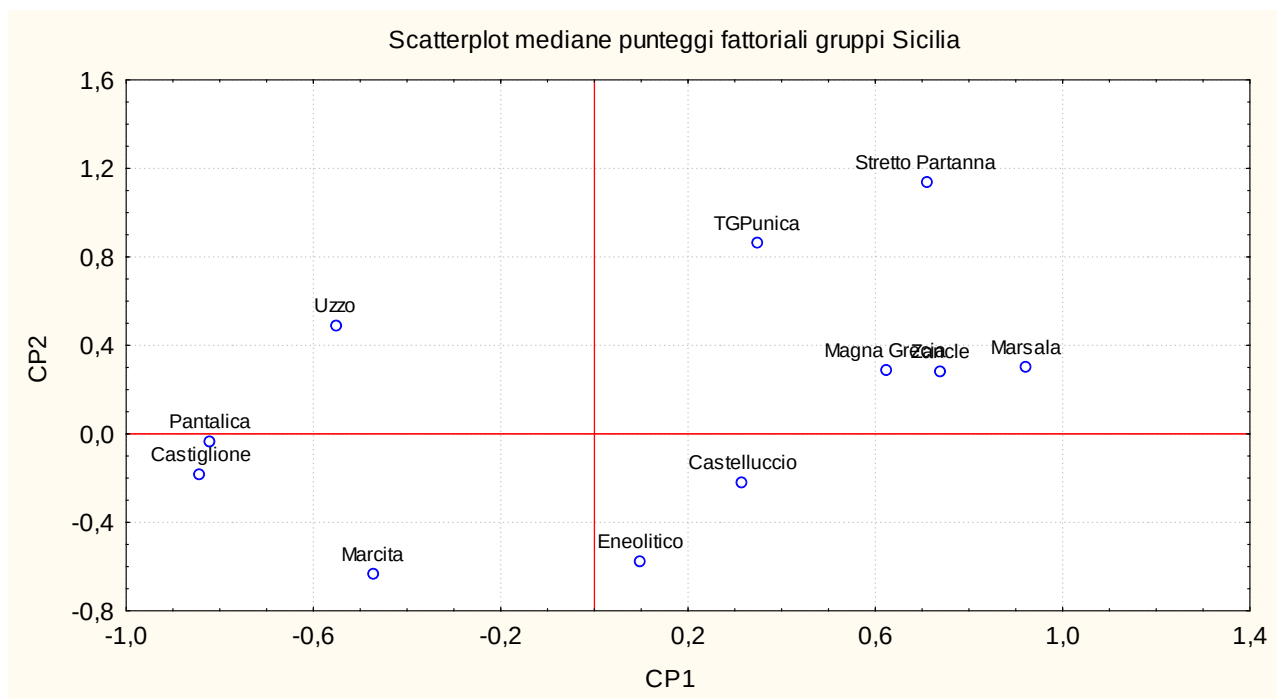


Fig. 3.5 Scatterplot mediane punteggi fattoriali gruppi Sicilia. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Lo scatterplot mette in evidenza un addensamento di gruppi sull'emipiano destro superiore dove Zancle, Magna Grecia e Marsala sono vicini tra loro e TGPunica e Stretto Partanna sono più lontani. Eneolitico e Castelluccio sono posti sull'emipiano inferiore a destra. Pantalica e Castiglione sono vicini sull'emipiano sinistro inferiore dove Marcita appare isolata. Uzzo si distacca dagli altri gruppi e si pone sull'emipiano superiore sinistro

Tab. 3.9 Matrice di distanze a partire delle mediane dei punteggi fattoriali estratte dalle misure trasformate dei gruppi della Sicilia

	Mars	Castg	Zancle	Marc	TGPun	Uzzo	StrPart	MGrec	Pantal	Eneolit	Castll
Marsala	0,0	5,8	5,06	12,3	4,0	15,7	14,2	4,51	9,4	5,64	4,1
Castiglione	5,8	0,0	4,32	6,5	4,8	6,8	10,7	4,05	7,4	1,58	3,8
Zancle	5,1	4,3	0,0	5,0	3,9	6,0	8,4	,82	8,8	2,68	2,5
Marcita	12,3	6,5	4,96	0,0	13,2	5,1	17,9	7,06	7,8	7,53	4,5
TGPunica	4,0	4,8	3,90	13,2	0,0	14,8	13,6	3,86	14,0	4,47	7,6
Uzzo	15,7	6,8	5,99	5,1	14,8	0,0	6,7	6,65	9,1	7,58	6,7
Stretto Partanna	14,2	10,7	8,36	17,9	13,6	6,7	0,0	6,10	13,4	8,02	11,2
Magna Grecia	4,5	4,0	,82	7,1	3,9	6,6	6,1	0,0	6,3	1,93	3,5

Pantalica	9,4	7,4	8,79	7,8	14,0	9,1	13,4	6,32	,0	8,64	6,5
Eneolitico	5,6	1,6	2,68	7,5	4,5	7,6	8,0	1,93	8,6	,00	4,1
Castelluccio	4,1	3,8	2,53	4,5	7,6	6,7	11,2	3,46	6,5	4,10	,0

Ho ricavato una matrice di distanze euclidee al quadrato dalle mediane dei punteggi fattoriali ottenuti dall'analisi delle componenti principali. La matrice è servita per l'analisi dei gruppi utilizzando come regola di legame l'UPGMA. In Fig.3.6 viene rappresentato il dendrogramma risultante.

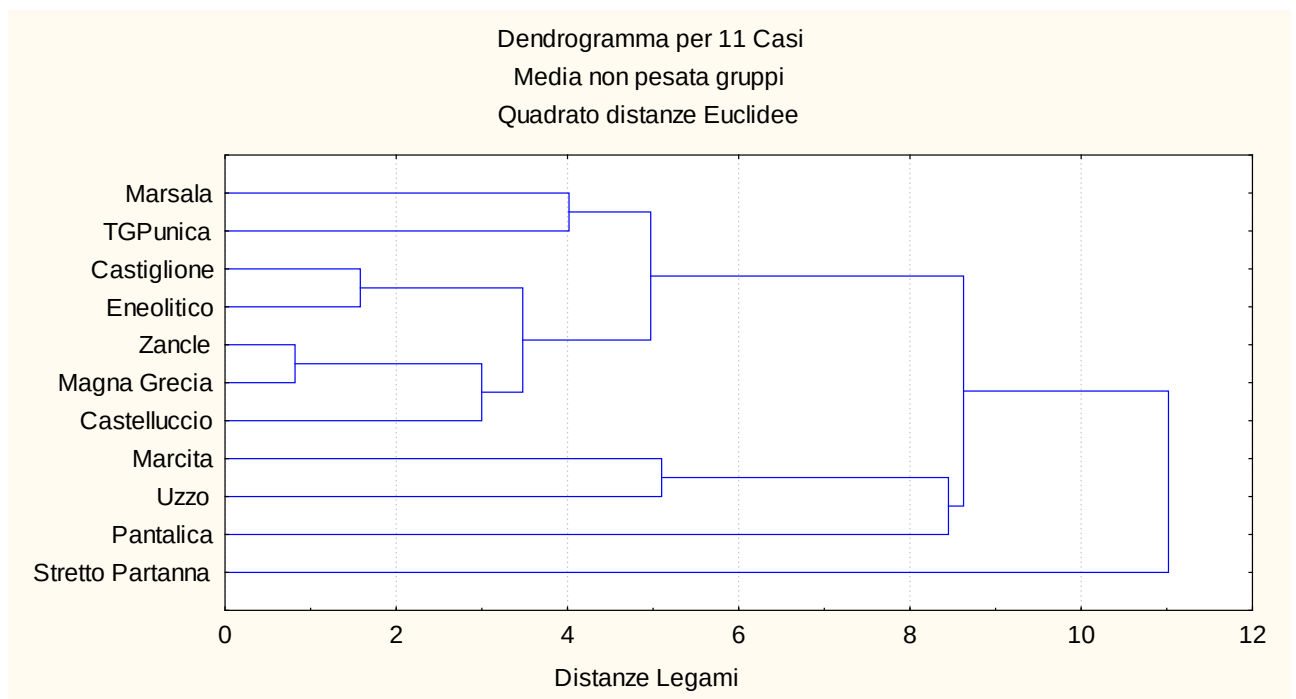


Fig. 3.6 Dendrogramma gruppi Sicilia (dati di base: mediane punteggi fattoriali)

Il dendrogramma rimarca una forte affinità tra i campioni di Zancle e Magna Grecia così come tra quelli di Castiglione ed'Eneolitico. Meno affini tra loro sono le coppie Marsala-TgPunica e Uzzo-Marcita, in cui le distanze di legame sono più elevate. Castelluccio si aggrega alla coppia Zancle-Magna Grecia, più distanti si dispongono Pantalica e Stretto Partanna.

Ho calcolato, utilizzando il software RMET, la matrice R e la matrice D^2 , ad essa connessa, dei gruppi siciliani. In accordo con altri studi (Devor, 1987. J. Craniofacial Genet. Dev. Biol. 7, 95–106.) è stato posto uguale a 0,55 il valore di ereditabilità h^2 delle misure, non

potendolo rilevare direttamente nei gruppi considerati. Il software richiede anche la conoscenza della consistenza demografica delle popolazioni originarie da cui sono stati tratti i campioni. Non avendo a disposizione questo dato è stato posto per tutti i gruppi il valore arbitrario di “1”.

L’analisi della matrice **R** ha prodotto un valore non distorto di $F_{st} = 0,302319$ con un errore standard di 0,023100. La varianza fenotipica media intra-gruppo è 0,710. La tab. 3.10 mostra, per ogni popolazione, la distanza $r(ii)$ dal centroide, la varianza fenotipica intra-gruppo osservata, quella attesa e lo scarto tra queste.

Tab 3.10. Varianza fenotipica intra-gruppo

Gruppo	$r(ii)$	Osservata	Attesa	Scarto
Marsala	0,540261	1,394	0,468	0,927
Castiglione	0,248283	0,618	0,765	-0,146
Zancle	0,054631	1,228	0,962	0,266
Marcita	0,696866	0,619	0,308	0,311
TGPunica	0,337907	0,508	0,673	-0,166
Uzzo	0,670961	0,695	0,335	0,361
Stretto Partanna	0,377001	0,482	0,634	-0,152
Magna Grecia	0,039187	0,407	0,977	-0,570
Pantalica	0,146726	0,869	0,868	0,001
Eneolitico	0,107591	0,459	0,908	-0,449
Castelluccio	0,106094	0,526	0,909	-0,383

La tabella 3.10 mostra valori di varianza fenotipica intra-gruppo osservata maggiore di quella attesa per: Zancle, Marsala, Marcita ed Uzzo; è uguale per Pantalica; è al di sotto di quella attesa per i gruppi restanti

L’analisi delle coordinate principali applicata alla matrice **R** ha prodotto due *eigenvector* (scalati per la radice quadra dei loro *eigenvalues*) che sono stati posti in grafico (fig.3.7). Nell’insieme i due *eigenvector* sommano il 67,8% della variabilità.

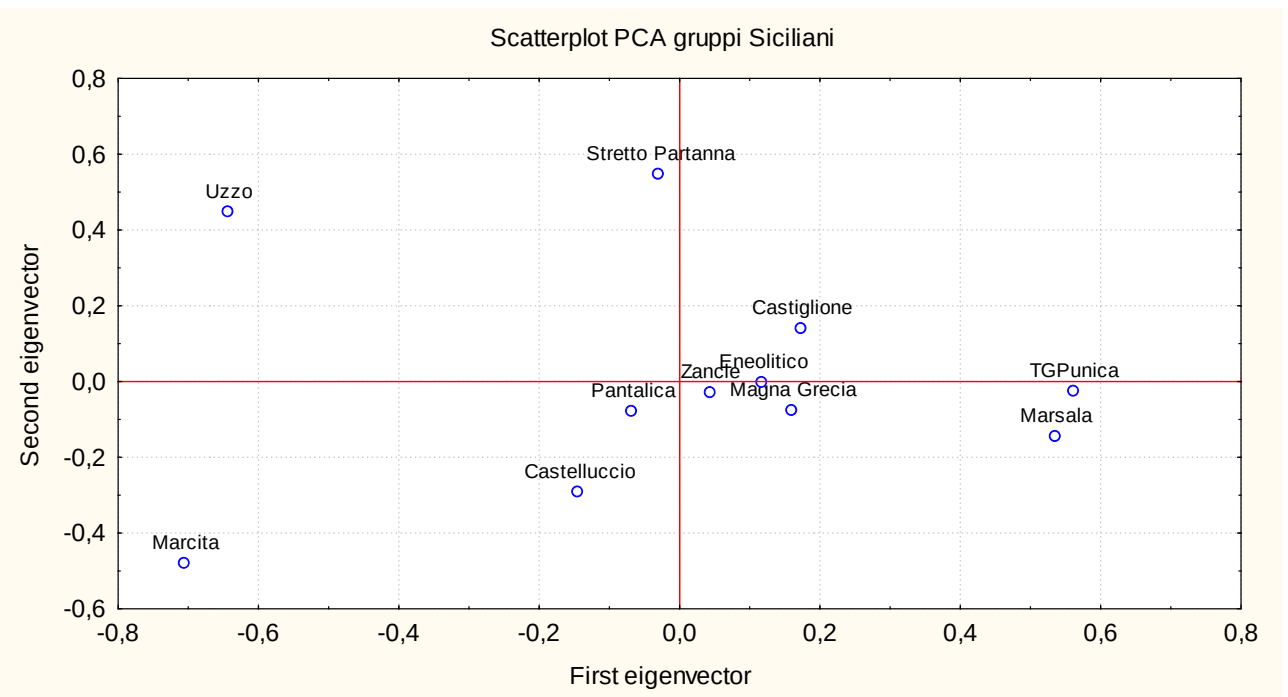


Fig. 3.7 Scatterplot PCA gruppi siciliani. Nelle ascisse e nelle ordinate troviamo rispettivamente la prima e la seconda coordinata principale (eigenvector)

Il grafico mostra la lontananza di Marcita, Uzzo e Stretto Partanna dagli altri gruppi. TGPunica è vicina a Marsala, mentre vi è un addensamento di gruppi a destra lungo il secondo eigenvector. Castelluccio non mostra rimarchevoli affinità.

Ho eseguito l'analisi dei gruppi della Sicilia utilizzando la matrice di distanze D^2 connessa alla matrice R (fig.3.8)

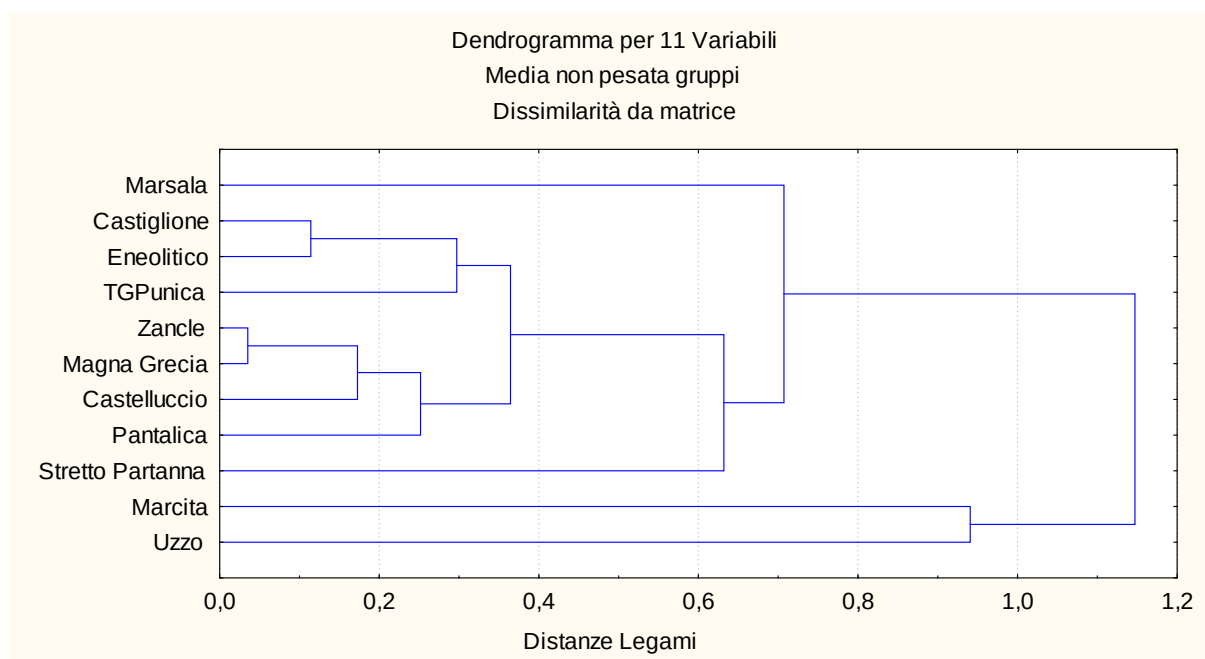


Fig 3.8 Dendrogramma dei gruppi siciliani ricavato dalla matrice D^2

Il grafico evidenzia una stretta affinità tra Zancle e Magna Grecia. A questo gruppo così costituito si aggregano Castelluccio e poi Pantalica. Anche in questo caso il campione Eneolitico si associa a Castiglione, e a questi TGPunica. Marsala non presenta affinità significative con altri gruppi. Distaccate appaiono Stretto Partanna e Marsala, Uzzo e Marcita, con questi ultimi due aggregati fra loro e con distanze di legame notevoli.

3.2 Analisi statistiche multivariate condotte su campioni maschili della Sicilia e del Mediterraneo

Ho preso in considerazione, oltre ai gruppi della Sicilia, descritti in precedenza, anche campioni coevi dell'Italia peninsulare e del Mediterraneo di cui erano disponibili i dati individuali oltreché le medie. I campioni aggiunti sono: Bamboula , Belverde, Is Aruttas, Lerna, Narbonne, Populonia, Rinaldone e Shar-i Soktha. Shar-i Soktha trovandosi in Iran non è propriamente mediterranea, ma rappresenta un *outgroup* mediorientale statisticamente robusto. Le variabili utilizzate, contraddistinte dai numeri di Martin, sono le misure 1, 5, 8, 9, 48, 52, 54, 55.

3.2.1 Analisi dei campioni della Sicilia e del Mediterraneo a partire dalle medie

Ho svolto l'analisi delle componenti principali sulle medie trasformate dei campioni. Ho estratto 6 componenti principali che nell'insieme spiegano il 97,36% della varianza totale (Tab.3.11).

Tab.3.11 Autovalori medie gruppi Sicilia e Mediterraneo

	%Varian.	Cumulo	Cumulo	
Autoval Totale		Autoval	%	
1	2,468032	30,85041	2,468032	30,85041
2	1,728293	21,60366	4,196325	52,45407
3	1,549517	19,36896	5,745842	71,82303
4	0,979021	12,23776	6,724863	84,06079
5	0,588879	7,36099	7,313742	91,42178
6	0,475821	5,94776	7,789563	97,36954

I punteggi fattoriali dei gruppi, calcolati per 6 componenti principali estratte (Fattori), sono riportati in Tab.3.12. Ho rappresentato graficamente, sotto forma di *scatterplot* (Fig.3.9), i punteggi fattoriali delle prime due componenti principali (CP1 e CP2) che complessivamente spiegano il 52,45% della variabilità totale. Per rendere distinguibili i campioni nel grafico ho usato le abbreviazioni dei loro nomi

Tab. 3.12 Punteggi fattoriali medie gruppi Sicilia e Mediterraneo

Estrazione: Componenti. Principali*

	Fattore 1	Fattore 2	Fattore 3	Fattore 4	Fattore 5	Fattore 6
Bamboula (Bamb)	0,11166	-2,28388	0,39402	-0,42092	-0,51851	0,22886
Castiglione (Castg)	-0,10639	-0,68705	1,45587	0,56909	0,85392	-0,79742
Eneolitico (Eneol)	0,1992	-0,95338	0,6968	0,46564	-0,65753	-1,5172
Marcita (Marc)	1,67126	-0,12301	-1,75799	-0,61343	1,7581	0,31654
Zancle (Zan)	-0,66282	-0,07066	-1,36784	-0,60807	-0,37741	0,44474
Lerna (Ler)	-0,28542	-1,05763	0,64169	0,38997	1,4787	0,06205
Uzzo (Uz)	1,33596	1,40547	0,09774	-1,13713	0,74316	-2,23236
TGPunica (TGP)	-2,42568	0,67933	-0,72311	0,91051	0,44923	-1,20488
Is Aruttas (IsA)	1,25909	1,35037	-0,2173	2,04292	-0,94356	-0,83619
Rinaldone (Rin)	-0,58886	-0,0949	-0,79598	0,39006	-0,16281	0,5565
Shar-i Sokta (Sha)	0,5786	-1,10821	-0,05842	0,79477	-1,36222	-0,13118
Belverde (Bel)	0,54196	0,18899	1,73176	-0,18302	0,25607	0,58175
Stretto Partanna (StPa)	-1,15876	1,0203	1,22896	-2,6464	-0,86965	-0,18195
Magna Grecia (MGr)	-0,846	0,54984	-1,14943	0,08854	0,3653	0,15423
Pantalica (Pant)	1,2569	0,70543	-0,15954	-0,51842	-1,7162	1,26353
Castelluccio (Castl)	0,40237	-0,33045	-0,36851	-0,42266	0,94273	0,97695
Populonia (Pop)	-0,59878	0,04043	-0,60387	0,23498	-1,4009	0,22936
Narbonne (Narb)	-0,32539	-0,72985	-0,48084	-0,54489	0,26724	0,0258
Marsala (Mars)	-0,3589	1,49884	1,436	1,20845	0,89433	2,06087

*In parentesi vengono riportate le abbreviazioni dei campioni

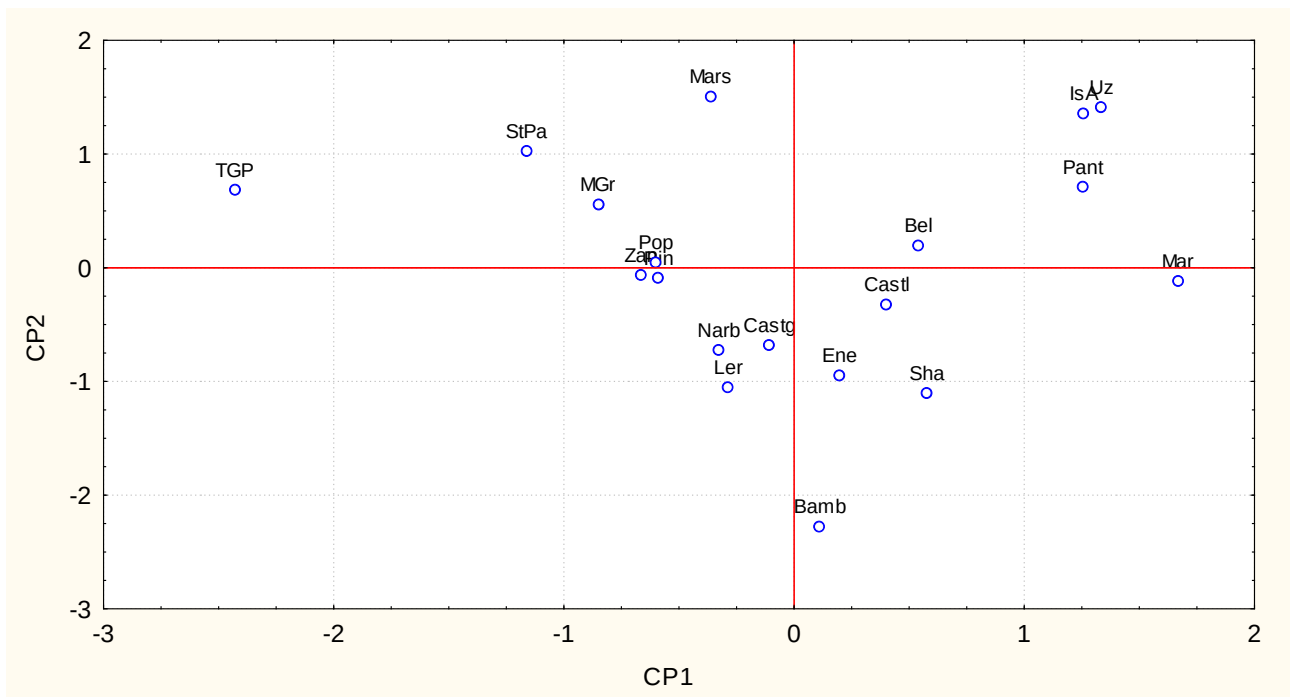


Fig. 3.9 Scatterplot dei punteggi fattoriali delle medie dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Il grafico raggruppa i campioni di Rinaldone, Zancle e Populonia intorno all'asse passante per lo zero della CP1; a questi si avvicina il campione Magna Grecia sull'emipiano sinistro superiore. Sullo stesso quadrante sono via via più distanti Stretto Partanna, Marsala e TGPunica. Vicini appaiono pure Lerna, Narbonne, Castiglione ed Eneolitico, addensati intorno all'asse della CP2 che passa per lo zero. Shar-i Sokta e Castelluccio, sull'emipiano destro inferiore tendono verso il campione Eneolitico, Belverde è più vicino a Castelluccio. Più isolati dagli altri gruppi sono Bamboula e Marcita sull'emipiano destro inferiore e Pantalica, Is Aruttas e Uzzo, con questi ultimi molto vicini, sull'emipiano destro superiore.

Ho utilizzato i punteggi fattoriali delle medie dei gruppi come dati di base per la *cluster analysis*. La regola di legame utilizzata è stata l'UPGMA e le distanze sono state calcolate come distanze euclidee al quadrato. Il dendrogramma risultante è mostrato in Fig. 3.10, la matrice di distanze è riportata nella tabella 3.13.

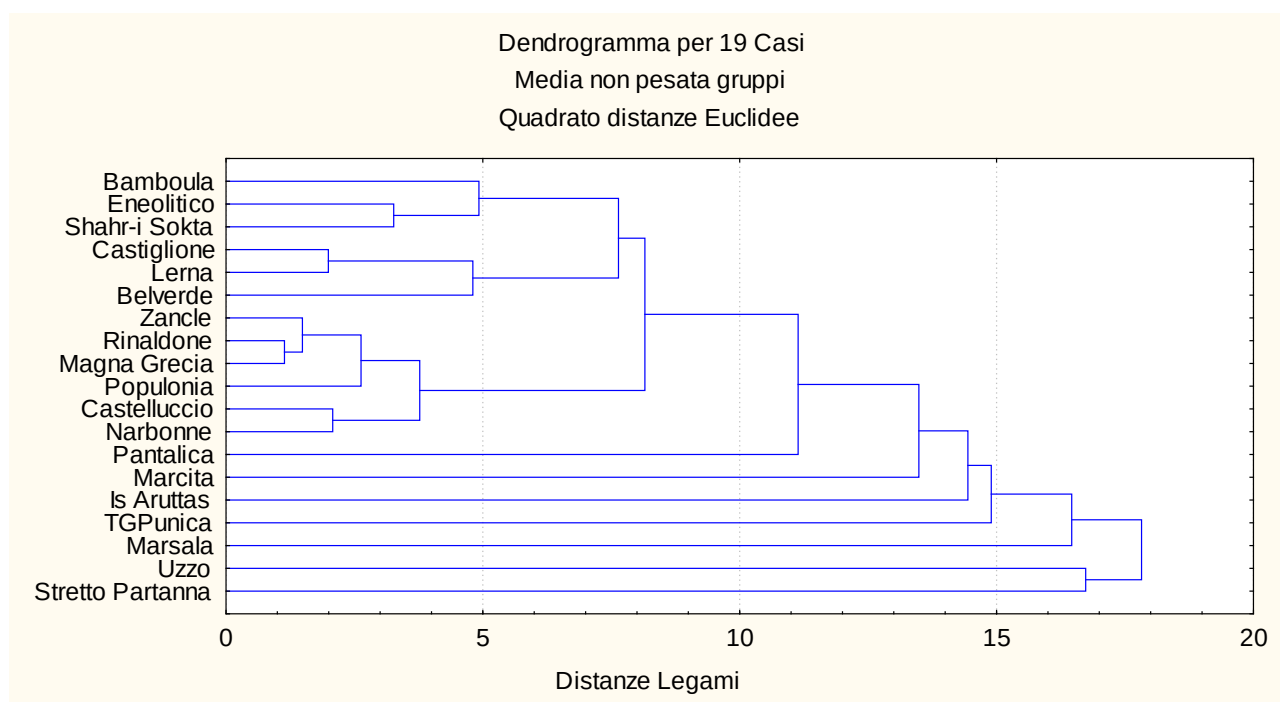


Fig. 3.10 Dendrogramma dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo (dati di base: punteggi fattoriali)

Il dendrogramma mostra due raggruppamenti principali: un primo suddiviso, a sua volta, in un *cluster* comprendente Rinaldone, Magna Grecia, Zancle e Populonia e in un *cluster* preistorico comprendente Narbonne e Castelluccio; un secondo raggruppamento si biforca in un *cluster* che mette insieme Lerna, Castiglione e Belverde e in un altro *cluster*, dalle affinità più incerte, che raggruppa Eneolitico, Shahr-i Sokta e Bamboula. Via via più distanti appaiono Pantalica, Marcita, Is Aruttas, TgPunica, Marsala e la coppia Uzzo-Stretto Partanna.

Ho eseguito un'altra analisi dei gruppi utilizzando, questa volta, le variabili originarie trasformate. Ho utilizzato, come regola di legame l'UPGMA e le distanze sono state calcolate come distanze euclidee al quadrato. La matrice di distanze è mostrata in tab. 3.14, il dendrogramma risultante in figura 3.11

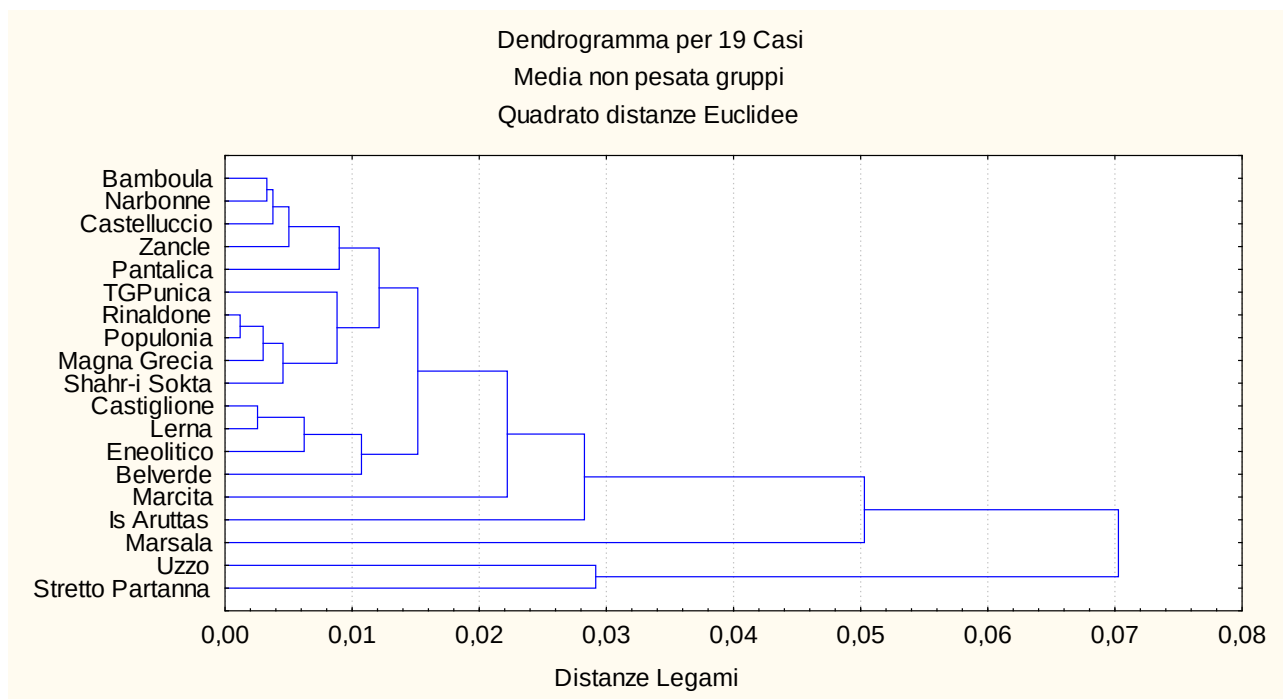


Fig. 3.11 Dendrogramma dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo (dati di base:variabili trasformate)

Il dendrogramma mostra una forte affinità tra i campioni di Rinaldone e Populonia, Lerna e Castiglione, Bamboula e Narbonne. Rispetto a queste coppie, gli altri campioni siciliani si aggregano nel seguente modo: Eneolitico è vicino a Castiglione, il campione Magna Grecia si associa alla coppia Populonia-Rinaldone e a tutti questi gruppi si lega TGPunica. Castelluccio e Zancle sono molto affini e ad essi si avvicina Pantalica. Si allontanano dal resto dei gruppi Marcita, Marsala, Uzzo e Stretto Partanna.

Tab.3.13 Matrice di distanze ottenuta a partire dai punteggi fattoriali estratti dalle medie trasformate dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo

Bamboula	0	7,6	5,7	17	8,7	6,4	23,4	21,2	22,3	7,6	4,1	8,9	18,5	12,4	13,1	7,2	8,1	4	23,6
Castiglione	7,6	0	3,6	17,3	13,1	2	13,3	12,4	14,2	8,6	8,3	4,1	17,8	10,2	18,4	7,9	11,3	6,1	13,4
Eneolitico	5,7	3,6	0	19,2	10,9	7,3	12,3	13,1	10,3	8,1	3,3	8,2	17,5	10,7	14,4	11,1	7	6	22,6
Marcita	17	17,3	19,2	0	10,2	11,6	13,7	24,8	20,4	10,8	17	16,1	29,5	9,6	16,4	4,7	17,2	8,3	24,1
Zancle	8,7	13,1	10,9	10,2	0	9,7	17	9,8	16	1,4	7,6	11,7	13	1,6	8,2	4,3	2,4	1,9	17,9
Lerna	6,4	2	7,3	11,6	9,7	0	17,1	12,4	18,3	6	9,5	5,5	20,2	7,4	18,6	3,8	11,2	3,7	12,2
Uzzo	23,4	13,3	12,3	13,7	17	17,1	0	20,7	15	17,7	19,5	13,8	16,7	14,4	19,2	15	18,6	13,3	28,6
TGPunica	21,2	12,4	13,1	24,8	9,8	12,4	20,7	0	17,6	7,7	17,1	19,5	21	5,2	26,7	15,9	9,7	10,1	20,6
Is Aruttas	22,3	14,2	10,3	20,4	16	18,3	15	17,6	0	11,1	8,8	14,1	30,5	12,5	12	16,5	9,9	15,8	17,8
Rinaldone	7,6	8,6	8,1	10,8	1,4	6	17,7	7,7	11,1	0	5	8,3	15,9	1,1	8,2	3,3	1,7	1,9	11,6
Shahr-i Sokta	4,1	8,3	3,3	17	7,6	9,5	19,5	17,1	8,8	5	0	9	21,3	9,5	7,6	8,8	3,4	5,6	20
Belverde	8,9	4,1	8,2	16,1	11,7	5,5	13,8	19,5	14,1	8,3	9	0	11,8	10,6	8,8	5,4	9,8	6,9	7,1
Stretto Partanna	18,5	17,8	17,5	29,5	13	20,2	16,7	21	30,5	15,9	21,3	11,8	0	15,1	15,2	16,4	13,4	12,4	23,9
Magna Grecia	12,4	10,2	10,7	9,6	1,6	7,4	14,4	5,2	12,5	1,1	9,5	10,6	15,1	0	11,4	4,2	3,8	2,8	13
Pantalica	13,1	18,4	14,4	16,4	8,2	18,6	19,2	26,7	12	8,2	7,6	8,8	15,2	11,4	0	9	5,8	10,1	16,2
Castelluccio	7,2	7,9	11,1	4,7	4,3	3,8	15	15,9	16,5	3,3	8,8	5,4	16,4	4,2	9	0	7,7	2,1	11
Populonia	8,1	11,3	7	17,2	2,4	11,2	18,6	9,7	9,9	1,7	3,4	9,8	13,4	3,8	5,8	7,7	0	4,1	15,9
Narbonne	4	6,1	6	8,3	1,9	3,7	13,3	10,1	15,8	1,9	5,6	6,9	12,4	2,8	10,1	2,1	4,1	0	16,3
Marsala	23,6	13,4	22,6	24,1	17,9	12,2	28,6	20,6	17,8	11,6	20	7,1	23,9	13	16,2	11	15,9	16,3	0

Tab.3.14 Matrice di distanze ottenuta a partire dalle medie trasformate dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo

BAMBOULA	0	0,013	0,01	0,016	0,006	0,008	0,06	0,024	0,041	0,011	0,011	0,014	0,041	0,009	0,011	0,003	0,011	0,003	0,06
CASTIGLI	0,013	0	0,005	0,024	0,022	0,003	0,056	0,017	0,021	0,019	0,012	0,007	0,056	0,018	0,021	0,014	0,019	0,011	0,045
ENEOLITI	0,01	0,005	0	0,018	0,015	0,008	0,043	0,012	0,024	0,018	0,011	0,017	0,05	0,013	0,023	0,015	0,016	0,007	0,068
MARCITA	0,016	0,024	0,018	0	0,014	0,02	0,031	0,036	0,053	0,031	0,029	0,028	0,039	0,021	0,024	0,013	0,031	0,008	0,094
ZANCLE	0,006	0,022	0,015	0,014	0	0,015	0,064	0,016	0,036	0,007	0,011	0,023	0,045	0,003	0,008	0,005	0,006	0,003	0,063
LERNA	0,008	0,003	0,008	0,02	0,015	0	0,068	0,015	0,021	0,011	0,007	0,007	0,06	0,011	0,015	0,008	0,012	0,008	0,037
UZZO	0,06	0,056	0,043	0,031	0,064	0,068	0	0,084	0,112	0,097	0,089	0,066	0,029	0,073	0,078	0,062	0,091	0,046	0,183
TGPUNICA	0,024	0,017	0,012	0,036	0,016	0,015	0,084	0	0,012	0,009	0,008	0,033	0,087	0,009	0,029	0,023	0,009	0,018	0,052
IS ARUTT	0,041	0,021	0,024	0,053	0,036	0,021	0,112	0,012	0	0,019	0,012	0,034	0,12	0,025	0,035	0,038	0,019	0,036	0,034
RINALDON	0,011	0,019	0,018	0,031	0,007	0,011	0,097	0,009	0,019	0	0,003	0,022	0,077	0,003	0,011	0,009	0,001	0,012	0,036
SHAHR-I	0,011	0,012	0,011	0,029	0,011	0,007	0,089	0,008	0,012	0,003	0	0,018	0,078	0,007	0,013	0,012	0,003	0,011	0,036
BELVEDER	0,014	0,007	0,017	0,028	0,023	0,007	0,066	0,033	0,034	0,022	0,018	0	0,042	0,024	0,01	0,012	0,021	0,014	0,034
STRETTO	0,041	0,056	0,05	0,039	0,045	0,06	0,029	0,087	0,12	0,077	0,078	0,042	0	0,061	0,045	0,043	0,069	0,035	0,14
MAGNA GR	0,009	0,018	0,013	0,021	0,003	0,011	0,073	0,009	0,025	0,003	0,007	0,024	0,061	0	0,012	0,006	0,003	0,007	0,052
PANTALIC	0,011	0,021	0,023	0,024	0,008	0,015	0,078	0,029	0,035	0,011	0,013	0,01	0,045	0,012	0	0,007	0,009	0,01	0,039
CASTELLU	0,003	0,014	0,015	0,013	0,005	0,008	0,062	0,023	0,038	0,009	0,012	0,012	0,043	0,006	0,007	0	0,01	0,004	0,051
POPULONI	0,011	0,019	0,016	0,031	0,006	0,012	0,091	0,009	0,019	0,001	0,003	0,021	0,069	0,003	0,009	0,01	0	0,011	0,039
NARBONNE	0,003	0,011	0,007	0,008	0,003	0,008	0,046	0,018	0,036	0,012	0,011	0,014	0,035	0,007	0,01	0,004	0,011	0	0,064
MARSALA	0,06	0,045	0,068	0,094	0,063	0,037	0,183	0,052	0,034	0,036	0,036	0,034	0,14	0,052	0,039	0,051	0,039	0,064	0

Ho sottoposto a *scaling* multidimensionale la matrice di distanze euclidee al quadrato dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo ricavata dalle medie trasformate delle misure, producendo due dimensioni i cui valori sono riportati nella tab. 3.15. Lo scatterplot dei gruppi risultante è mostrato in figura 3.12

Tab 3.15 Valori dimensioni *scaling* gruppi Sicilia e Mediterraneo.

	DIM.1	DIM. 2
BAMBOULA	0,24645	,188570
CASTIGLIONE	-0,16797	-,411998
ENEOLITICO	0,7362	-0,274833
MARCITA	0,78565	-0,102499
ZANCLE	0,08995	0,403045
LERNA	-0,19488	-0,202566
UZZO	2,10659	-0,781558
TGPUNICA	-0,71346	0,338947
ISARUTTAS	-1,31370	0,22729
RINALDONE	-0,44282	0,321507
SHAHR-I SOKTA	-0,50650	0,099040
BELVERDE	-0,01503	-0,592085
STRETTO PARTANNA	2,07389	0,244822
MAGNA GRECIA	-0,21595	0,350598
PANTALICA	0,04273	0,615443
CASTELLUCCIO	0,09930	0,217085
POPULONIA	-0,38840	0,386171
NARBONNE	0,24328	0 ,097050
MARSALA	-1,80277	-0,919469

Il valore di stress è pari a 0,093, pertanto soddisfacente.

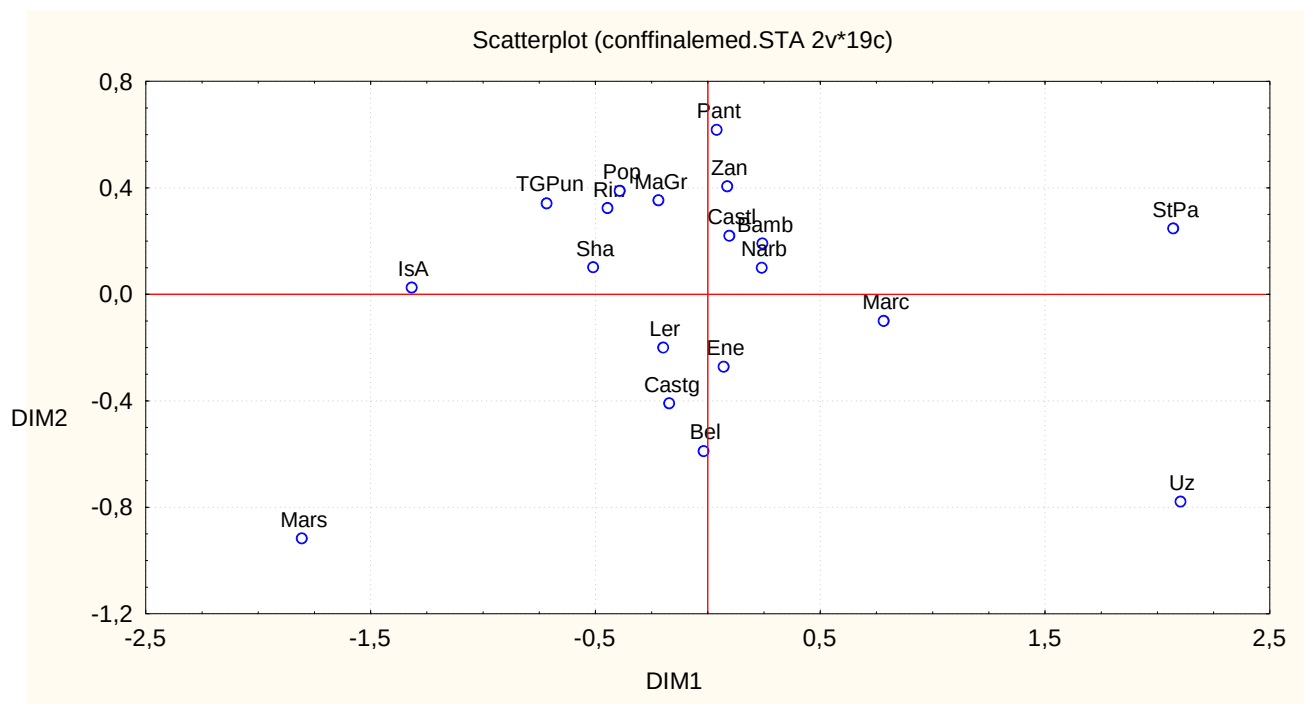


Fig 3.12 Scatterplot configurazione gruppi Sicilia e Mediterraneo: DIM1= prima dimensione; DIM2= seconda dimensione

Lo scatterplot evidenzia l'isolamento dei campioni di Stretto Partanna, Uzzo e Marsala. Castiglione è vicino ad Eneolitico sull'emipiano inferiore vicino all'asse della Dimensione 1. Magna Grecia è vicina al campione di Zancle e quest'ultima è equidistante da Pantalica e da Castelluccio. Marcita è più isolata sull'emipiano destro mentre TGPunica è sull'emipiano sinistro tra Rinaldone e Shari Sokta.

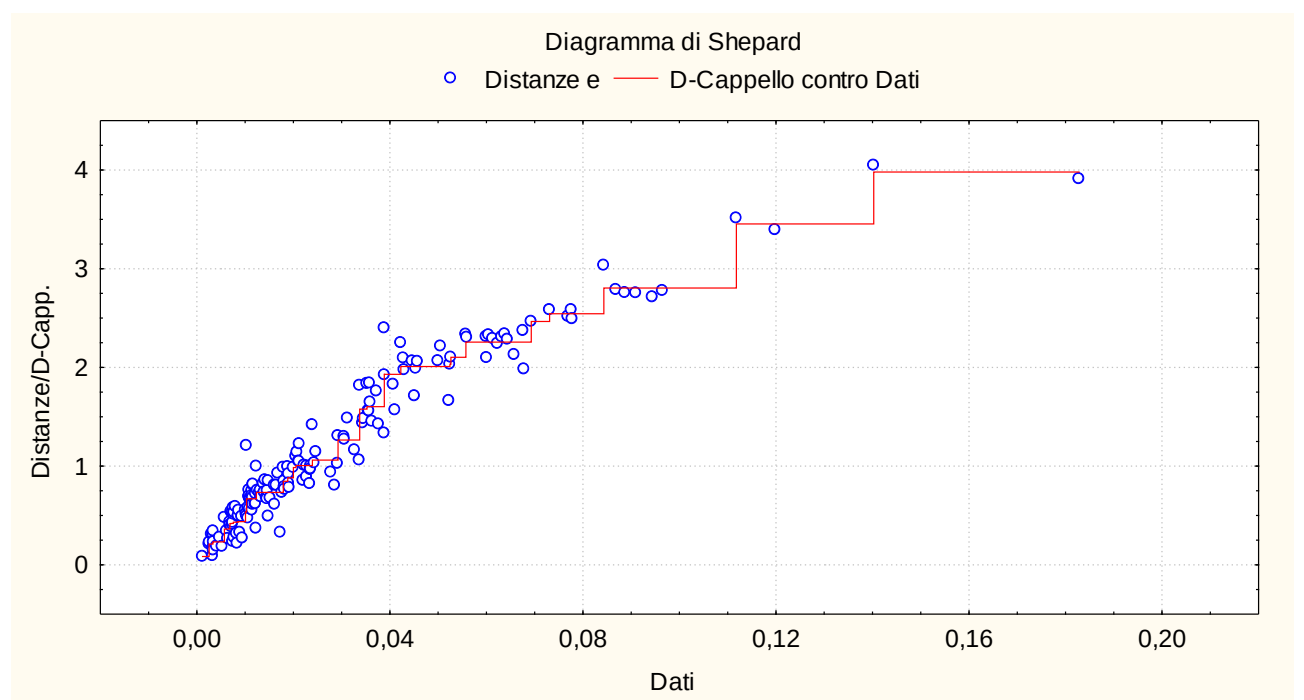


Fig 3.13 Diagramma di Shepard

Il diagramma di Shepard mostra come le distanze riprodotte siano abbastanza allineate ai gradini della funzione e quindi è stata ottenuta una soddisfacente configurazione finale

3.2.2 Analisi dei campioni della Sicilia e del Mediterraneo a partire dai dati individuali

In tabella 3.16 vengono riportati i campioni maschili utilizzati e il numero di individui per ogni campione

Tab.3.16. M=maschi

Gruppo	N.individui
Belverde	17 M
Marsala	5 M
Castiglione	19 M
Bamboula	16 M
Zancle	19 M
Populonia	10 M
Is Aruttas	7 M
Lerna	43 M
Marcita	3 M
Narbonne	24 M
TGPunica	3 M
Rinaldone	11 M
Shar-i Sokta	14 M
Uzzo	2 M
Stretto Partanna	2 M
Magna Grecia	7 M
Pantalica	7 M
Eneolitico	9 M
Castelluccio	4 M
Totale	222 M

Ho eseguito un'analisi delle componenti principali a partire dalle misure trasformate dei singoli individui di ogni gruppo. Ho estratto 7 componenti principali che nell'insieme spiegano il 99,9% della varianza totale (Tab 3.17).

Tab.3.17 Autovalori analisi componenti principali dati individuali Sicilia e Mediterraneo

		%Varian.	Cumulo	Cumulo
	Autoval Totale		Autoval	%
1	1,994374	24,92968	1,994374	24,92968
2	1,547996	19,34995	3,542370	44,27963
3	1,324747	16,55933	4,867117	60,83896
4	1,016569	12,70712	5,883686	73,54608
5	,845241	10,56552	6,728928	84,11160
6	,726970	9,08712	7,455897	93,19872
7	,537379	6,71724	7,993276	99,91596

Dai punteggi fattoriali dei singoli individui ho ricavato le mediane (Tab.3.18), calcolate per ogni gruppo. Le mediane delle prime due componenti principali (CP1 e CP2) sono rappresentate graficamente sotto forma di *scatterplot* (Fig.3.14). Le prime due componenti principali complessivamente spiegano il 44,27% della variabilità totale.

Tab.3.18 Mediane punteggi fattoriali gruppi Sicilia

Gruppo	FATTOR1	FATTOR2	FATTOR3	FATTOR4	FATTOR5	FATTOR6	FATTOR7
Belverde	-0,55581	0,471404	0,091723	0,339081	-0,22055	-0,43348	-0,00291
Marsala	-1,06426	0,347255	-0,36494	-1,04098	-0,67586	1,062589	-1,52551
Castiglione	0,332748	0,443824	-0,53505	-0,02457	-0,57212	0,119071	0,635674
Bamboula	0,622615	0,543382	0,423189	0,672042	0,3903	-0,41141	-0,56716
Zancle	-0,28855	-0,47672	0,153471	-0,36932	-0,02464	-0,20454	0,551923
Populonia	-0,34582	-0,0167	0,318908	-0,59446	0,246596	0,266032	-0,3346
Is Aruttas	-0,86898	-0,33617	-0,25847	0,319679	0,165244	0,851218	0,669241
Lerna	0,285028	0,336821	-0,05733	-0,11608	-0,13551	0,27077	-0,11692
Marcita	0,712995	-1,47214	-0,01247	1,304898	-0,42148	-0,6825	0,049661
Narbonne	0,438867	-0,66097	-0,02208	-0,09867	0,152539	-0,48437	0,15771
TGpunica	-0,64518	-0,24958	0,394261	-1,5973	-0,43739	1,217952	1,089908
Rinaldone	-0,18247	-0,24376	0,303977	-0,29951	0,213244	0,292557	-0,31417
Shar-i Sokta	0,1836	0,032065	-0,07594	0,157746	0,658247	0,392519	-0,11802
Uzzo	-1,08811	0,097853	-0,27397	1,418636	-0,18244	-1,81049	1,659023
Stretto Partanna	-0,94947	0,830625	-0,16535	-0,7924	0,922513	-1,98734	0,424136

Magna Grecia	-0,76705	-0,24084	0,24497	-0,31179	0,483348	-0,0323	0,037123
Pantalica	-0,75849	-0,45563	-0,23285	0,328168	0,427439	-0,31521	-1,40033
Eneolitico	-0,33239	0,530965	0,185479	0,360858	0,313202	0,510854	0,576053
Castelluccio	-0,2212	0,048377	0,241775	0,470319	-0,70291	-0,17835	-0,46995

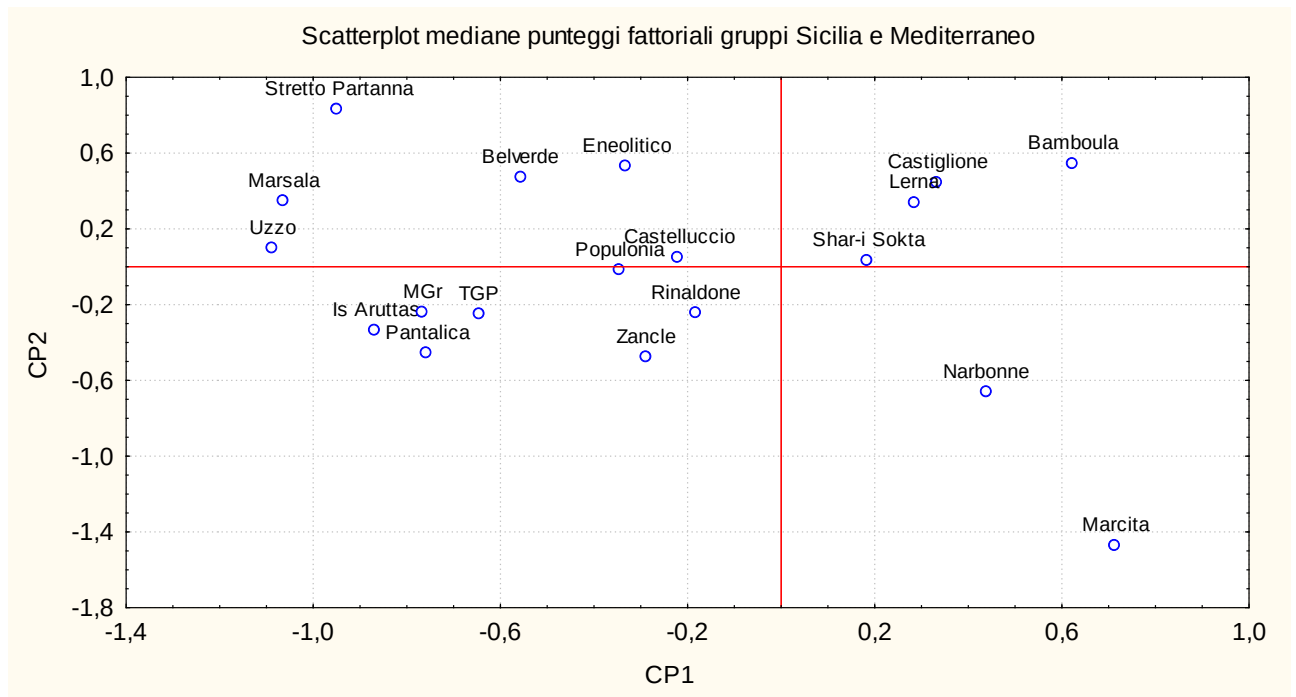


Fig. 3.14 Scatterplot mediane punteggi fattoriali dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo.

Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Lo scatterplot evidenzia un addensamento di gruppi sull'emipiano di sinistra. Stretto Partanna, Uzzo e Marsala si collocano sull'emipiano superiore a sinistra. Anche Castelluccio ed Eneolitico si trovano sullo stesso emipiano, con il primo campione vicino a Populonia ed il secondo vicino a Berverde. Pantalica, Magna Grecia e TGPunica sono raggruppati sull'emipiano inferiore a sinistra dove più distanziato troviamo Zancle. Castiglione è collocato vicino a Lerna sull'emipiano superiore a destra, mentre Marcita è isolato all'estremità destra dell'emipiano inferiore.

La matrice di distanze euclidee al quadrato (Tab 3.19) delle mediane dei punteggi fattoriali è servita come dati di base per l'analisi dei gruppi. Il dendrogramma risultante è mostrato in figura 3.15

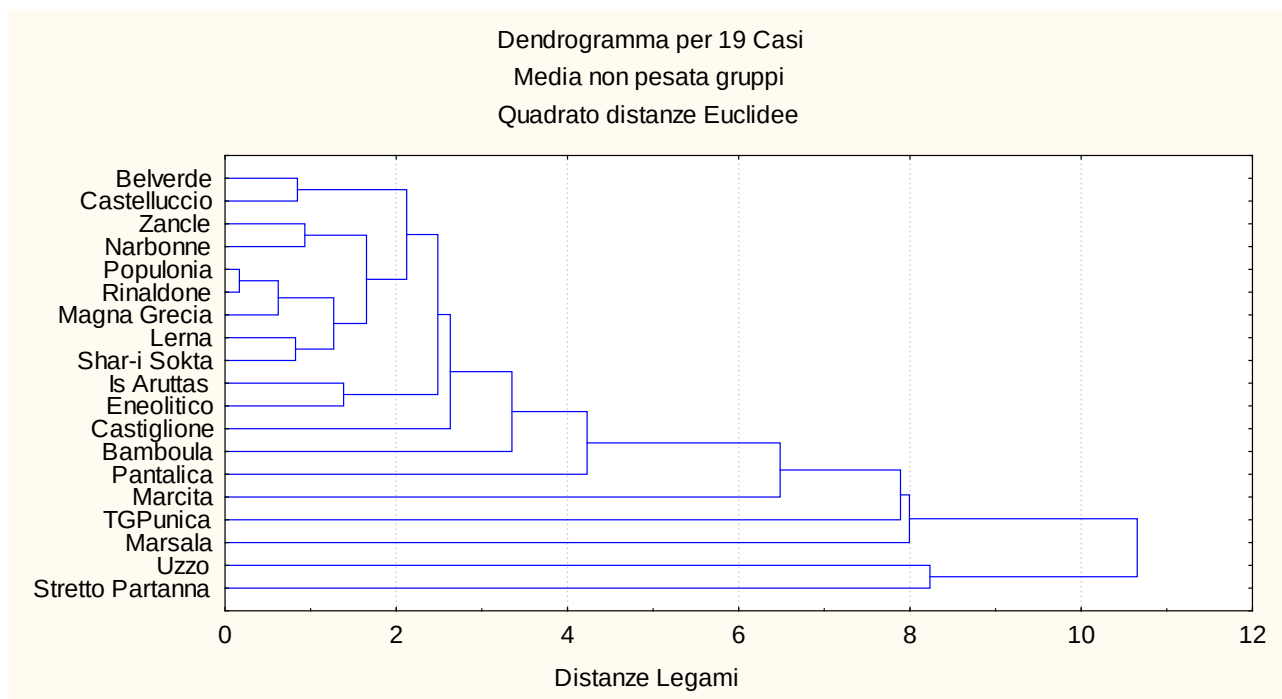


Fig 3.15 Dendrogramma gruppi Sicilia e Mediterraneo (dati di base: mediane punteggi fattoriali)

Il dendrogramma evidenzia un quadro meno coerente con gli altri risultati. Vi è una forte affinità tra Populonia e Rinaldone, Magna Grecia si aggrega a questa coppia di campioni. Castelluccio è vicino Belverde, Zancle è insieme a Narbonne. Eneolitico si trova insieme a Is Aruttas e Castiglione appena più distante da tutti i precedenti. Si allontanano progressivamente Pantalica, Marcita, TGPunica, Marsala e la coppia Uzzo-Stretto Partanna.

Tab 3.19 Matrice delle distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dalle mediane dei punteggi fattoriali per i gruppi della Sicilia e del Mediterraneo

	Belv	Mars	Castg	Bamb	Zan	Pop	IsA	Ler	Marc	Narb	TGP	Rin	Sha	Uz	StPa	MGr	Pant	Ene	Castel
Belverde	0	7,2	2,15	2,3	1,87	2	3,1	1,5	6,4	2,6	8,3	1,9	2,3	6,4	5,5	1,66	3,4	1,57	0,85
Marsala	7,15	0	8,59	10,7	8,35	4,2	7,9	5,7	17,7	10,2	8,3	5	7,4	24,8	16	6,32	5,8	8,54	6,11
Castiglione	2,15	8,6	0	4,2	2,24	3,4	3,3	1	6,9	2,6	6,2	3,1	2,6	9,2	9,2	3,86	7,5	2,06	2,64
Bamboula	2,31	10,7	4,15	0	4,5	3,4	6,8	2	5,8	2,9	13,5	2,8	1,9	11,4	8,8	4,06	4,2	3,23	2,29
Zancle	1,87	8,3	2,24	4,5	0	1,4	2,2	1,8	5,5	0,9	4,2	1,1	2,1	8,2	6,5	0,85	4,9	2,18	2,5
Populonia	2,02	4,2	3,36	3,4	1,37	0	2,9	1,1	8,5	2,2	4,6	0,2	1,2	13,4	7,5	0,6	3	2,12	2,28
Is Aruttas	3,12	7,9	3,33	6,8	2,17	2,9	0	3,1	7,9	4,1	4,8	2,5	2,4	9,6	11,3	1,95	5,7	1,39	3,95
Lerna	1,47	5,7	1,03	2	1,78	1,1	3,1	0	6,5	1,7	6,1	0,9	0,8	11,8	8,7	2,07	4,3	1,44	1,42
Marcita	6,44	17,7	6,86	5,8	5,46	8,5	7,9	6,5	0	3,1	16,6	6,5	6,2	9,7	16,1	7,63	7,2	8,28	4,55
Narbonne	2,64	10,2	2,62	2,9	0,93	2,2	4,1	1,7	3,1	0	7,9	1,5	1,7	9,4	7,6	2,08	4,2	3,46	2,55
TGPPunica	8,34	8,3	6,21	13,5	4,23	4,6	4,8	6,1	16,6	7,9	0	5,2	7,4	19,4	14,8	5,21	13,5	5,91	9,02
Rinaldone	1,92	5	3,07	2,8	1,15	0,2	2,5	0,9	6,5	1,5	5,2	0	0,8	12,7	8,5	0,65	2,7	1,92	1,77
Shar-i Sokta	2,27	7,4	2,59	1,9	2,08	1,2	2,4	0,8	6,2	1,7	7,4	0,8	0	12	8,9	1,54	3,4	1,24	2,67
Uzzo	6,38	24,8	9,21	11,4	8,18	13,4	9,6	11,8	9,7	9,4	19,4	12,7	12	0	8,2	9,72	13,6	8,9	9,39
Stretto																			
Partanna	5,53	16	9,24	8,8	6,52	7,5	11,3	8,7	16,1	7,6	14,8	8,5	8,9	8,2	0	5,75	9,3	8,56	9,62
Magna Grecia	1,66	6,3	3,86	4,1	0,85	0,6	2	2,1	7,6	2,1	5,2	0,6	1,5	9,7	5,7	0	2,8	1,86	2,68
Pantalica	3,39	5,8	7,55	4,2	4,88	3	5,7	4,3	7,2	4,2	13,5	2,7	3,4	13,6	9,3	2,83	0	5,93	2,95
Eneolitico	1,57	8,5	2,06	3,2	2,18	2,1	1,4	1,4	8,3	3,5	5,9	1,9	1,2	8,9	8,6	1,86	5,9	0	2,86
Castelluccio	0,85	6,1	2,64	2,3	2,5	2,3	4	1,4	4,5	2,6	9	1,8	2,7	9,4	9,6	2,68	3	2,86	0

Ho calcolato, utilizzando il software RMET, la matrice R e la matrice D^2 ad essa connessa dei gruppi siciliani, basata sulle 8 misure del cranio selezionate. E' stato posto anche in questo caso come valore di ereditabilità delle misure 0,55, e valore arbitrario di "1" per le dimensioni delle popolazioni.

L'analisi della matrice R ha prodotto un valore non distorto di $F_{st} = 0,247645$ con un errore standard di 0,019051. La varianza fenotipica media intra-gruppo è 0,729. La tab. 3.20 mostra, per ogni popolazione, la distanza $r(ii)$ dal centroide, la varianza fenotipica intra-gruppo osservata, quella attesa e lo scarto tra queste.

Tab 3.20. Varianza fenotipica intra-gruppo

Gruppo	$r(ii)$	Osservata	Attesa	Scarto
Belverde	0,068830	0,687	0,902	-0,215
Marsala	0,644586	1,476	0,344	1,131
Castiglione	0,152205	0,500	0,821	-0,321
Bamboula	0,475529	1,630	0,508	1,122
Zancle	0,038590	1,321	0,931	0,390
Populonia	0,075795	0,459	0,895	-0,437
IsAruttas	0,237175	0,588	0,739	-0,151
Lerna	0,077333	1,133	0,894	0,239
Marcita	0,716181	0,634	0,275	0,359
Narbonne	0,089394	0,752	0,882	-0,130
TGPunica	0,363864	0,425	0,616	-0,191
Rinaldone	0,076309	0,382	0,895	-0,513
ShariSoktha	0,060480	0,729	0,910	-0,181
Uzzo	0,815821	0,377	0,178	0,198
StrettoPartanna	0,487063	0,602	0,497	0,105
Magna Grecia	0,042172	0,379	0,928	-0,549
Pantalica	0,153176	0,891	0,820	0,070
Eneolitico	0,088278	0,381	0,883	-0,502
Castelluccio	0,042478	0,503	0,928	-0,424

La tabella evidenzia come Marsala, Zancle, Marcita, Stretto Partanna ed Uzzo abbiano valori di varianza fenotipica intra-gruppo osservata più alti di quella attesa. Pantalica presenta valori pressoché uguali, mentre TGPunica, Magna Grecia, Castelluccio, Castiglione ed Eneolitico presentano valori inferiori.

L'analisi delle coordinate principali applicata alla matrice **R** ha prodotto due *eigenvector* (scalati per la radice quadra dei loro *eigenvalues*) che sono stati posti in grafico (fig.3.15). Nell'insieme i due *eigenvector* sommano il 58,6% della variabilità.

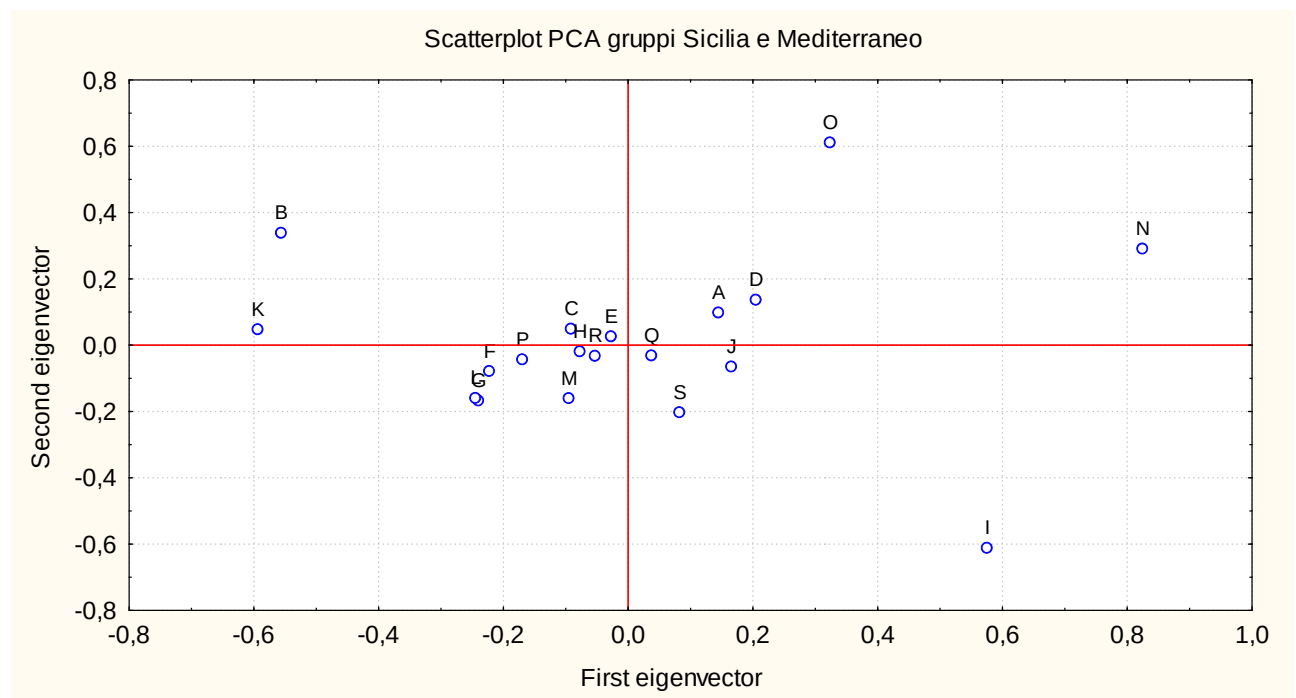


Fig 3.16 Scatterplot PCA gruppi Sicilia e Mediterraneo. Nelle ascisse e nelle ordinate troviamo rispettivamente la prima e la seconda coordinata principale (eigenvector)

Legenda

Belverde = A Marsala = B Castiglione= C Bamboula= D Zancle= E Populonia = F Is Aruttas = G Lerna = H Marcita = I Narbonne = J TGPunica = K Rinaldone = L ShariSoktha = M Uzzo =N Stretto Partanna = O Magna Grecia = P Pantalica = Q Eneolitico = R Castelluccio = S

Lo scatterplot presenta un *cluster* di gruppi intorno all'origine delle coordinate principali. Marsala e TGPunica sono vicini e isolati dal resto dei gruppi sull'emipiano superiore a destra, Castiglione, Zancle, Eneolitico e Lerna sono molto vicini sull'asse del secondo eigenvector a sinistra, poco più distante troviamo Pantalica. Magna Grecia tende verso Populonia e Marcita è isolata sull'emipiano inferiore a destra, così come isolate sono Uzzo e Stretto Partanna sull'emipiano superiore a destra

E' stata condotta l'analisi dei gruppi della Sicilia e del Mediterraneo utilizzando la matrice di distanze **D** al quadrato connessa alla matrice **R**.

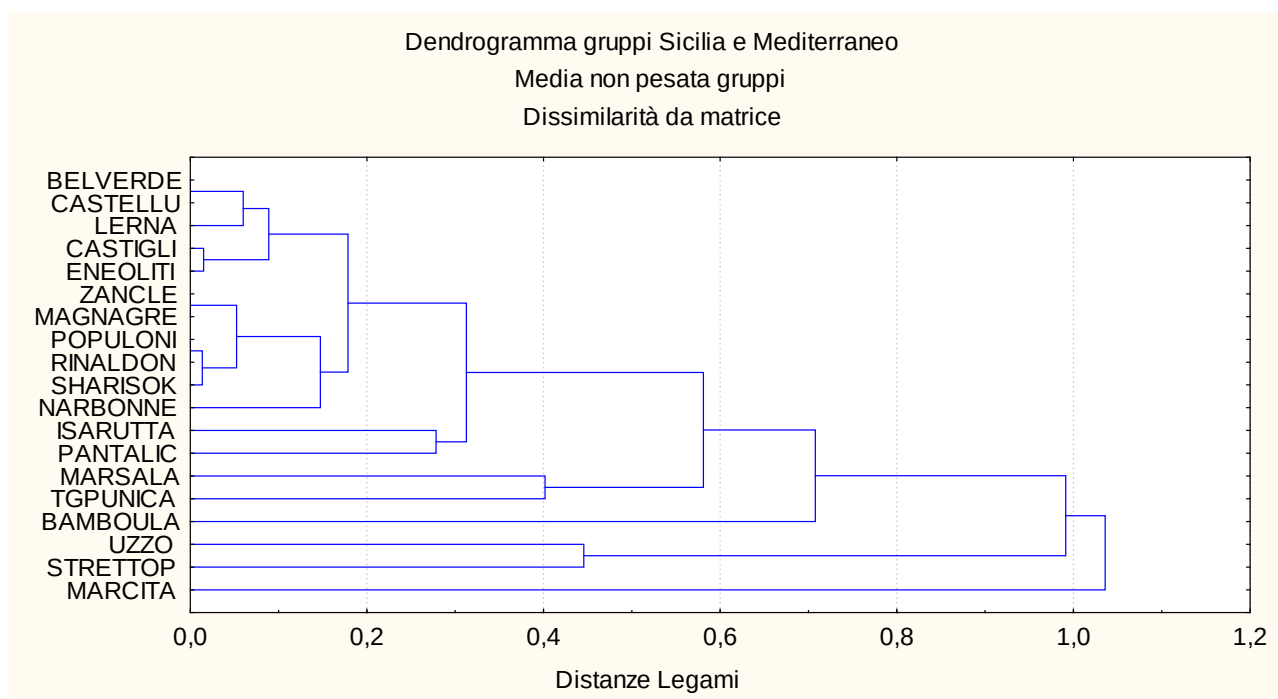


Fig.3.17 Dendrogramma dei gruppi siciliani e del Mediterraneo ricavato dalla matrice D^2

Il dendrogramma evidenzia una fortissima affinità tra Zancle e Magna Grecia così come tra Belverde e Castelluccio. Castiglione è strettamente legato al campione Eneolitico, Pantalica affianca Is Aruttas e Marsala si lega a TGPunica. Uzzo si trova insieme a Stretto Partanna, sebbene le distanze di legame siano notevoli. Marcita si stacca da tutti i gruppi

3.3 Analisi statistiche multivariate di campioni misti, comprendenti maschi e femmine, di cui sono disponibili dati individuali.

In questa sezione ho ripetuto le analisi riferite ai dati individuali maschili, ma ciascun gruppo, ove possibile, è ora composto sia da individui maschi che femmine. Le misure utilizzate, contraddistinte dal numero di Martin, sono le seguenti: 1, 8, 9, 48, 52, 54, 55

3.3.1 Analisi statistiche multivariate di campioni misti provenienti dalla Sicilia.

In tabella 3.21 vengono riportati i campioni utilizzati e il numero di individui per ogni campione suddiviso per sesso.

Tab.3.21. M=Maschi, F=Femmine

Gruppo	N.individui
Marsala	5M
Castiglione	19M 7F
Zancle	19M 15F
Marcita	3M 2F
TGPunica	3M 7F
Uzzo	2M 1F
Stretto Partanna	2M 1F
Magna Grecia	7M 2F
Pantalica	7M 2F
Eneolitico	9M 1F
Castelluccio	4M 3F
Totale = 119	80M 39F

Ho svolto l'analisi delle componenti principali sui campioni misti provenienti dalla Sicilia. Ho estratto 6 componenti principali che nell'insieme spiegano il 99,95 della varianza totale (Tab. 3.22). Ho calcolato le mediane dei punteggi fattoriali (tab.3.23) relative ad ogni gruppo ed è stato realizzato lo *scatterplot* delle mediane dei punteggi fattoriali delle prime due componenti principali (fig. 3.18) che nell'insieme spiegano il 53,5% di variabilità.

Tab.3.22 Autovalori campioni misti della Sicilia

	Autoval Totale	%Varian.	Cumulo	Cumulo
			Autoval	%
1	2,347845	33,54064	2,347845	33,54064
2	1,401270	20,01815	3,749115	53,55879
3	1,096231	15,66044	4,845346	69,21923
4	0,826799	11,81141	5,672145	81,03064

5	0,729401	10,42002	6,401546	91,45066
6	0,595376	8,50536	6,996922	99,95603

Tab.3.23 Mediane Punteggi fattoriali gruppi misti della Sicilia

	FATTOR1	FATTOR2	FATTOR3	FATTOR4	FATTOR5	FATTOR6
Marsala	0,377895	0,046943	-0,55956	1,261349	-1,25882	0,989929
Castiglione	-0,56035	0,328145	0,179676	0,361523	0,64969	0,441127
Zancle	0,211538	-0,21232	-0,33831	-0,23685	0,143425	-0,18103
Marcita	0,224542	-1,14817	1,33418	-0,49133	0,921204	0,248454
TGPunica	-0,78246	0,378987	-1,06976	0,698799	-0,18873	0,511136
Uzzo	-1,29347	0,025066	0,455203	-1,66644	-0,40228	0,409587
Stretto Partanna	0,864917	0,454146	-0,65814	-1,93861	-0,68481	-0,51126
Magna Grecia	-0,15141	-0,22468	0,136199	0,371317	-0,51759	-0,69486
Pantalica	0,58948	-0,49534	0,476502	-0,76386	-0,4403	-0,42023
Eneolitico	-0,39078	0,463081	0,765772	0,557379	0,277426	-0,36767
Castelluccio	0,644355	0,043328	0,606961	0,050988	-0,11905	0,373854

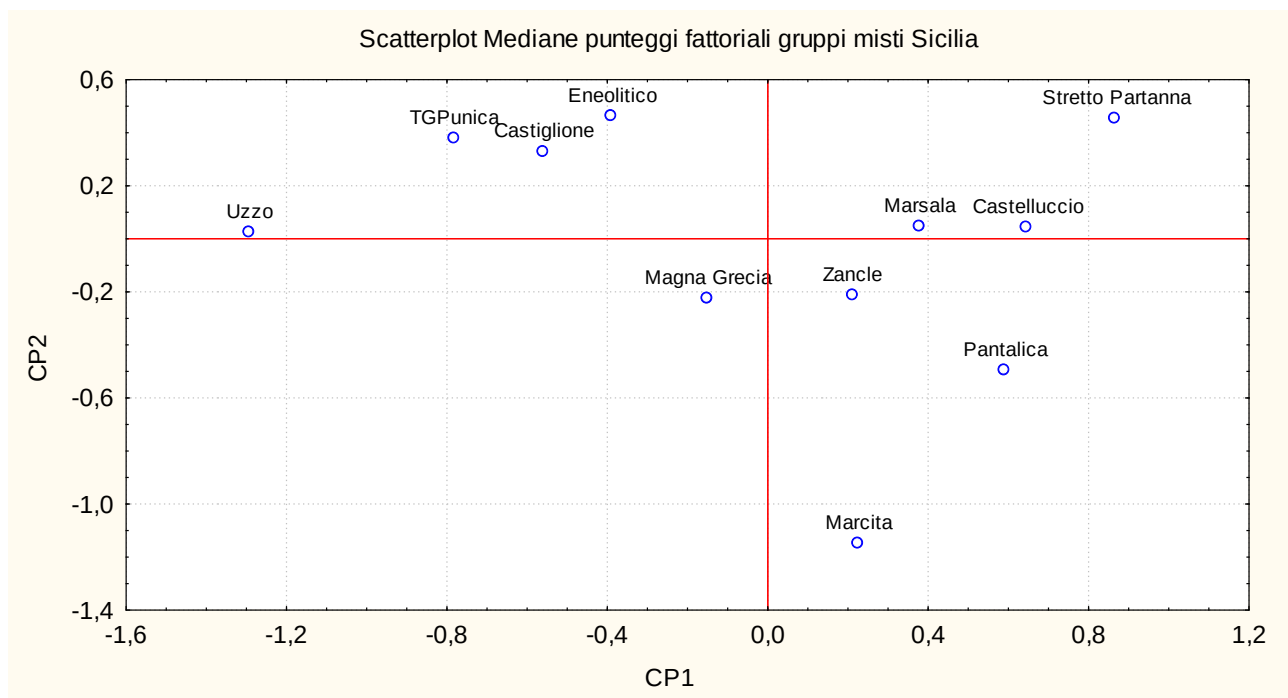


Fig.3.18 Scatterplot mediane punteggi fattoriali gruppi misti della Sicilia misti. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Lo scatterplot di figura 3.18 evidenzia un addensamento di tre gruppi formato da Castiglione, Eneolitico e TGPunica sull'emipiano sinistro superiore; Zancle appare vicina a Magna Graeciae e a Marsala; Castelluccio è prossimo a Marsala, mentre Pantalica è abbastanza isolata; Uzzo, Marcita e Stretto Partanna sono molto distanti dagli altri gruppi e fra di loro. La matrice di distanze euclidee al quadrato (Tab 3.27) delle mediane dei punteggi fattoriali è servita come dati di base per l'Analisi dei Gruppi. Il dendrogramma risultante è mostrato in figura 3.19.

Tab 3.27. Matrice di distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dalle mediane dei punteggi fattoriali dei gruppi misti della Sicilia.

	Marsala	Castigli	Zancle	Marcita	TGPunica	Uzzo	StrettoPar	Mag Gr	Pantallic	Eneoliti	Castell
Marsala	0	6,259132	5,725883	13,41224	3,407788	13,46611	13,23553	5,018133	8,172271	7,219238	4,575402
Castiglione	6,259132	0	2,157655	4,966636	2,43461	5,925513	10,72776	3,127854	5,28485	1,221562	2,406916
Zancle	5,725883	2,157655	0	4,527369	3,337551	5,641428	4,664401	1,42787	1,56256	2,721532	1,605863
Marcita	13,41224	4,966636	4,527369	0	11,84254	7,611897	12,19792	6,133459	3,670099	5,191679	3,516707
TGPunica	3,407788	2,43461	3,337551	11,84254	0	8,362186	11,13626	3,88681	8,107704	4,539263	5,403227
Uzzo	13,46611	5,925513	5,641428	7,611897	8,362186	0	7,084144	6,854014	5,321459	7,11467	6,809591
Stretto											
Partanna	13,23553	10,72776	4,664401	12,19792	11,13626	7,084144	0	7,52215	3,712904	10,78087	6,879932
Magna Grecia	5,018133	3,127854	1,42787	6,133459	3,88681	6,854014	7,52215	0	2,108008	1,700403	2,330292
Pantalica	8,172271	5,28485	1,56256	3,670099	8,107704	5,321459	3,712904	2,108008	0	4,226724	1,707948
Eneolitico	7,219238	1,221562	2,721532	5,191679	4,539263	7,11467	10,78087	1,700403	4,226724	0	2,23639
Castelluccio	4,575402	2,406916	1,605863	3,516707	5,403227	6,809591	6,879932	2,330292	1,707948	2,23639	0

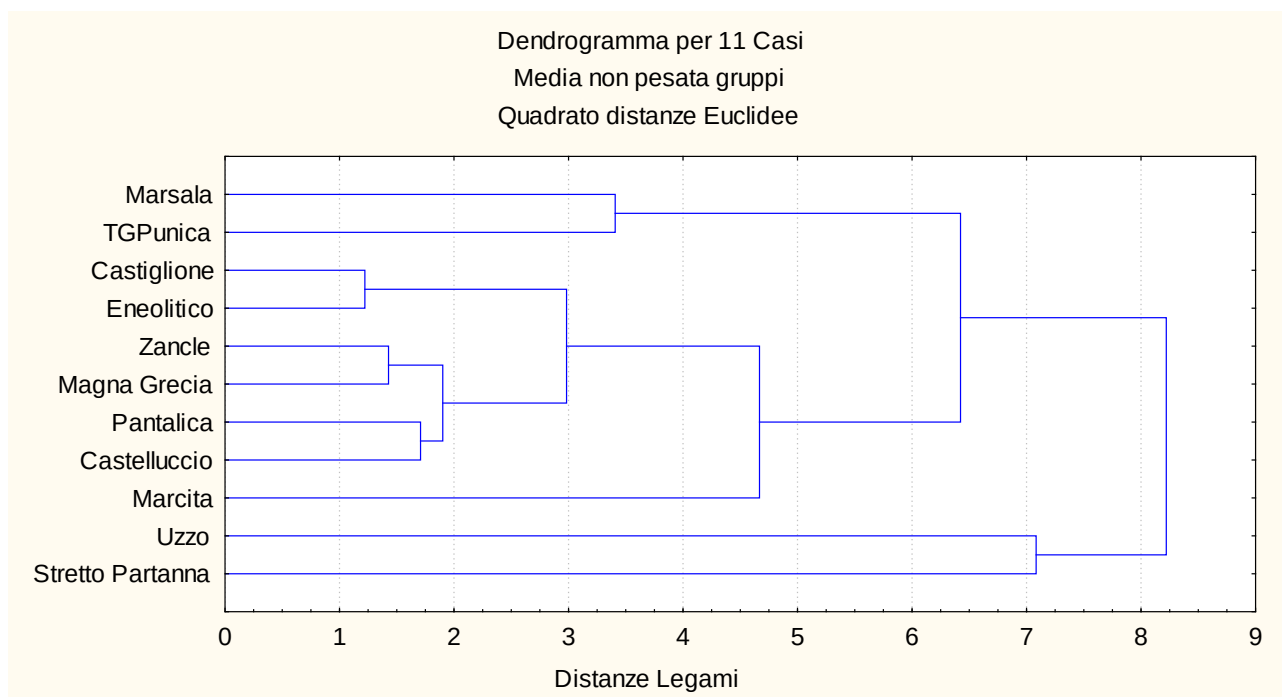


Fig. 3.19 Dendrogramma gruppi misti della Sicilia (dati di base: mediane punteggi fattoriali)

Il dendrogramma mostra delle distanze di legame piuttosto elevate. Castiglione è unito ad Eneolitico, Zancle a Magna Grecia, Pantalica e Castelluccio formano un unico gruppo così come Marsala e TGPunica. Marcita e, soprattutto, Stretto Partanna ed Uzzo sono lontane rispetto agli altri campioni.

Ho calcolato, utilizzando il software RMET, la matrice R e la matrice D^2 ad essa connessa dei gruppi misti siciliani, basata sulle 7 misure del cranio selezionate. E' stato posto anche in questo caso pari a 0,55 il valore di ereditabilità h^2 delle misure, e pari ad "1" le dimensioni delle popolazioni.

L'analisi della matrice R ha prodotto un valore non distorto di $F_{st} = 0,212308$ con un errore standard di 0,022620. La varianza fenotipica media intra-gruppo è 0,771. La tab. 3.28 mostra, per ogni popolazione, la distanza $r(ii)$ dal centroide, la varianza fenotipica intra-gruppo osservata, attesa e lo scarto tra queste.

Tab 3.28. Varianza fenotipica intra-gruppo

Gruppo	$r(ii)$	Osservata	Attesa	Scarto
Marsala	0,448541	0,859	0,540	0,318
Castiglione	0,127886	0,597	0,854	-0,257

Zancle	0,118316	1,331	0,863	0,468
Marcita	0,251508	0,802	0,733	0,069
TGPunica	0,439094	0,736	0,549	0,187
Uzzo	0,343062	1,139	0,643	0,496
Stretto Partanna	0,200197	0,750	0,783	-0,033
Magna Grecia	0,127591	0,383	0,854	-0,471
Pantalica	0,064292	0,997	0,916	0,080
Eneolitico	0,143053	0,433	0,839	-0,407
Castelluccio	0,071851	0,458	0,909	-0,451

Dalla tabella si evince che Marsala, Zancle ed Uzzo hanno valori di varianza fenotipica osservata ben al di sopra della varianza attesa. Anche TGPunica, Marcita e Pantalica presentano valori un poco più alti della varianza attesa, mentre Castiglione, Eneolitico, Castelluccio e Magna Grecia presentano scarti negativi evidenti. Sono stati ottenuti dalla matrice R due *eigenvectors* (scalati per la radice quadra dei loro *eigenvalues*) che sono stati proiettati sul grafico della fig.3.24. Insieme i due *eigenvectors* sommano il 64,2% della variabilità.

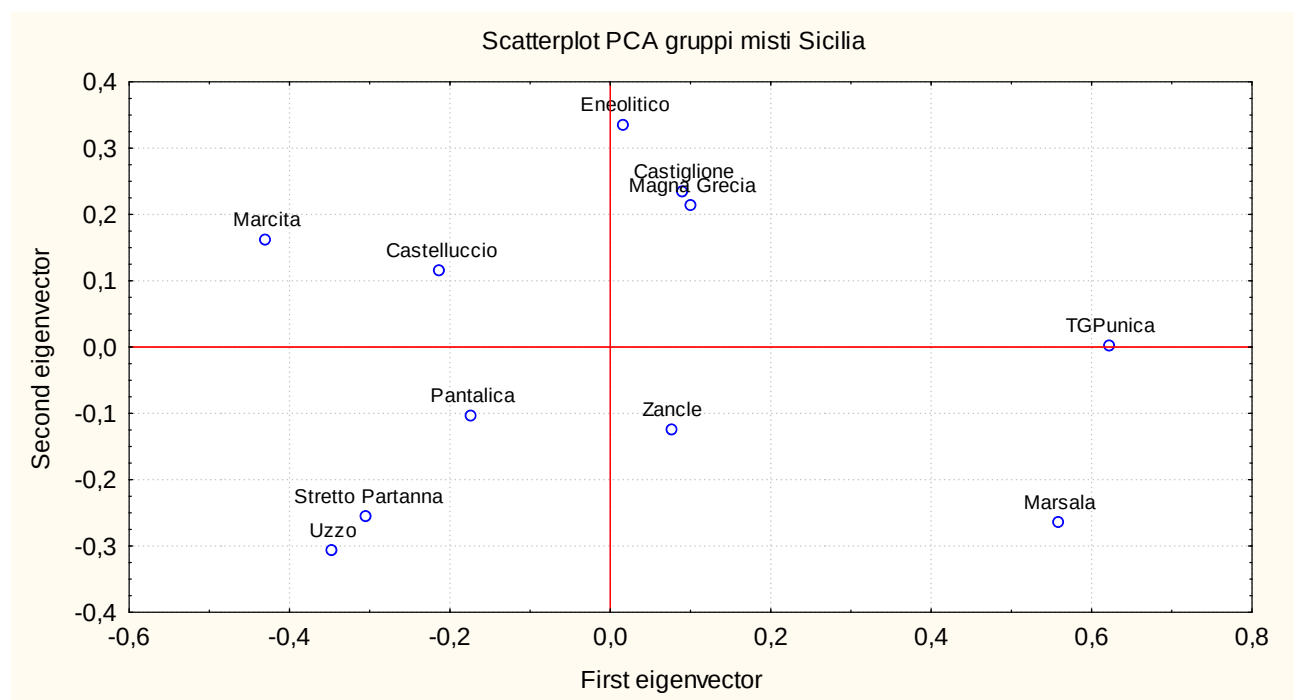


Fig 3.20 Scatterplot PCA gruppi misti Sicilia. Nelle ascisse e nelle ordinate troviamo rispettivamente i valori della prima e della seconda coordinata principale (eigenvector).

Nel grafico delle prime due coordinate principali Castiglione è molto vicino a Magna Grecia sull'emipiano superiore, Eneolitico è poco distante da essi. TGPunica e Marsala si allontanano sulla parte destra del grafico. Stretto Partanna si pone vicino ad Uzzo nella parte sinistra in basso del grafico. Marcita e Castelluccio si dispongono sull'emipiano superiore a sinistra, mentre Zancle e Pantalica sono più vicini al centro del piano, rispettivamente nella parte destra e nella parte sinistra del grafico.

Sulla matrice di distanze D^2 connessa alla matrice R è stata operata un'analisi dei gruppi. La fig. 3.21 mostra il dendrogramma risultante.

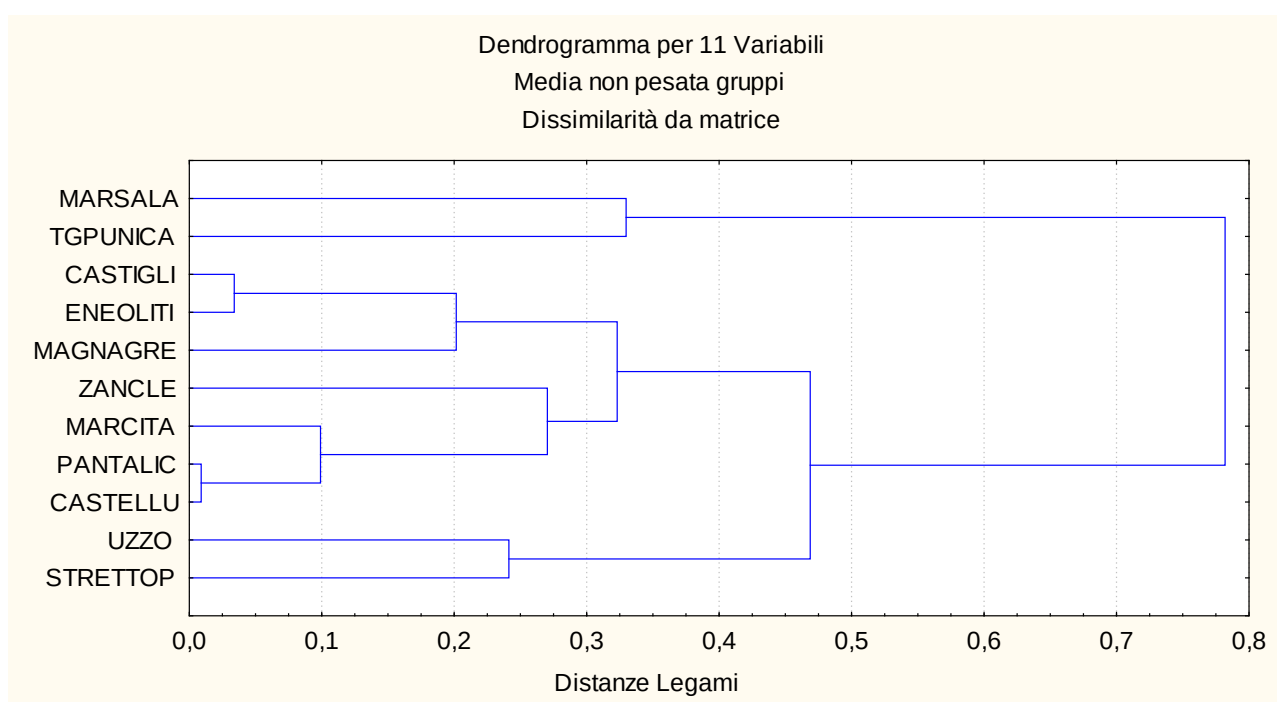


Fig 3.21 Dendrogramma dei gruppi misti della Sicilia ricavato dalla matrice D^2 .

Il dendrogramma mette in evidenza la forte affinità tra Pantalica e Castelluccio e tra Castiglione ed Eneolitico. Più allungate appaiono le distanze di legame tra le coppie Uzzo-Stretto Partanno e TGPunica-Marsala.

3.3.2 Analisi statistiche multivariate di campioni misti provenienti dalla Sicilia e dal Mediterraneo.

In tabella 3.29 vengono riportati i campioni utilizzati e il numero di individui per ogni campione suddiviso per sesso.

Tab.3.29. M=Maschi, F=Femmine

Gruppo	N.individui
Belverde	17M 5F
Marsala	5M
Castiglione	19M 5F
Bamboula	16M 4F
Zancle	19M 15F
Populonia	10M 1F
Is Aruttas	7M 2F
Lerna	43M 21F
Marcita	3M 2F
Narbonne	24M 25F
TGPunica	3M 7F
Rinaldone	11M 6F
Shar-i Sokta	14M 18F
Uzzo	2M 1F
Stretto Partanna	2M 1F
Magna Grecia	7M 2F
Pantalica	7M 2F
Eneolitico	9M 1F
Castelluccio	4M 3F
Totale 343	222M 121F

L'analisi delle componenti principali che ho eseguito sui campioni misti provenienti dalla Sicilia e dal Mediterraneo ha prodotto come risultato l'estrazione di 6 componenti principali che nell'insieme spiegano il 99,91 della varianza totale (tab. 3.30). Ho calcolato le mediane dei punteggi fattoriali (tab.3.31) relative ad ogni gruppo ed a partire da queste ho realizzato lo *scatterplot* delle prime due componenti principali (fig. 3.22).

Tab 3.30 Autovalori gruppi misti della Sicilia e del Mediterraneo

Estrazione: Componenti principali

		%Varian.	Cumulo	Cumulo
	Autoval Totale	Autoval		%
1	2,143865	30,62664	2,143865	30,62664
2	1,480983	21,15690	3,624848	51,78354
3	1,193181	17,04544	4,818029	68,82898
4	,896624	12,80891	5,714652	81,63789
5	0,670448	9,57783	6,385100	91,21572
6	0,608881	8,69830	6,993982	99,91402

Tab 3.31 mediane punteggi fattoriali gruppi misti della Sicilia e del Mediterraneo

Gruppi	FATTOR1	FATTOR2	FATTOR3	FATTOR4	FATTOR5	FATTOR6
Belverde	-0,22957	-0,61997	0,259137	-0,13734	0,406068	0,549085
Marsala	-0,66349	-1,19989	-1,02931	-0,2847	-1,02231	0,19169
Castiglione	-0,39773	0,157397	0,071226	0,78241	-0,36153	0,3354
Bamboula	0,428505	0,443796	0,2974	-0,4131	0,32587	0,176809
Zancle	0,22515	-0,06314	-0,37532	-0,24352	0,260216	-0,4357
Populonia	0,2728	-0,09837	-0,39589	-0,09393	-0,20713	-0,14023
Is Aruttas	0,184571	-0,99456	0,496866	0,689032	-0,86291	-0,39219
Lerna	-0,10467	0,268248	-0,01148	-0,25259	-0,16964	0,311157
Marcita	-0,10478	0,573133	1,277463	-0,11036	0,53341	-1,27779
Narbonne	-0,0301	0,212409	0,049451	0,057667	0,50268	-0,21443
TGPunica	-0,50764	-0,46378	-1,37879	0,853391	-0,66005	0,440612
Rinaldone	0,227137	-0,01951	-0,24556	-0,16965	-0,32116	-0,20208
Sharh-i Sokta	0,200535	0,038544	-0,06809	0,18901	-0,26173	0,139512
Uzzo	-0,17079	-0,54224	0,680239	1,523049	1,603602	0,125553
StrettoPartanna	0,602264	-0,98568	-0,55092	-0,97019	1,940323	0,577235
Magna Grecia	0,627067	-0,64659	-0,06358	0,053767	-0,24038	-0,42202
Pantalica	0,341212	-0,33096	0,367106	-0,61359	0,723069	-0,58239
Eneolitico	0,27606	-0,00561	0,603359	0,614683	-0,50675	0,371354
Castelluccio	-0,14996	-0,15039	0,460338	-0,51517	0,034253	-0,16214

Tab.3.32 Matrice delle distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dalle mediane dei punteggi fattoriali per i gruppi misti della Sicilia e del Mediterraneo

BELVEDERE	0	4,374	2,149	1,787	1,922	1,807	3,548	1,279	5,83	1,407	4,914	1,918	1,446	4,557	4,53	2,236	2,029	2,182	1,054
MARSALA	4,374	0	4,72	7,489	4,55	3,302	4,405	4,246	13,39	6,167	2,177	3,461	4,01	13,77	11,27	4,007	7,468	6,082	4,879
CASTIGLIONE	2,149	4,72	0	2,743	2,67	1,751	2,637	1,214	5,914	1,713	2,606	1,719	0,792	5,366	11,12	2,834	4,84	0,814	2,395
BAMBOULA	1,787	7,489	2,743	0	1,159	1,285	5,12	0,7	3,512	0,731	7,155	1,171	1,059	6,862	5,87	2,256	1,387	2,106	0,925
ZANCLE	1,922	4,55	2,67	1,159	0	0,332	3,763	1,094	4,047	0,52	4,522	0,417	0,896	6,741	5,401	0,938	1,009	2,94	1,046
POPULONIA	1,807	3,302	1,751	1,285	0,332	0	2,715	0,655	5,236	0,919	3,149	0,053	0,293	7,516	6,814	0,639	1,972	1,861	1,151
IS ARUTTAS	3,548	4,405	2,637	5,12	3,763	2,715	0	3,799	6,524	3,998	5,041	2,571	2,281	7,412	12,82	1,423	4,73	1,713	3,134
LERNA	1,279	4,246	1,214	0,7	1,094	0,655	3,799	0	4,794	0,837	4,048	0,541	0,382	7,471	7,401	2,012	2,427	1,467	0,734
MARCITA	5,83	13,39	5,914	3,512	4,047	5,236	6,524	4,794	0	2,804	13,6	4,672	4,92	7,388	12,43	5,18	2,618	5,262	2,851
NARBONNE	1,407	6,167	1,713	0,731	0,52	0,919	3,998	0,837	2,804	0	5,139	0,938	0,824	4,462	5,946	1,778	1,169	2,12	0,865
TGPUNICA	4,914	2,177	2,606	7,155	4,522	3,149	5,041	4,048	13,6	5,139	0	3,596	3,162	10,03	12,3	4,61	8,898	4,838	6,327
RINALDONE	1,918	3,461	1,719	1,171	0,417	0,053	2,571	0,541	4,672	0,938	3,596	0	0,284	7,966	7,53	0,691	1,918	1,702	0,905
SHARH-I SOKTA	1,446	4,01	0,792	1,059	0,896	0,293	2,281	0,382	4,92	0,824	3,162	0,284	0	6,295	7,828	0,985	2,481	0,753	1,112
UZZO	4,557	13,77	5,366	6,862	6,741	7,516	7,412	7,471	7,388	4,462	10,03	7,966	6,295	0	8,844	7,06	6,247	5,833	6,902
STRETTOPARTANNA	4,53	11,27	11,12	5,87	5,401	6,814	12,82	7,401	12,43	5,946	12,3	7,53	7,828	8,844	0	7,156	4,293	10,94	6,673
MAGNA GRECIA	2,236	4,007	2,834	2,256	0,938	0,639	1,423	2,012	5,18	1,778	4,61	0,691	0,985	7,06	7,156	0	1,766	1,994	1,591
PANTALICA	2,029	7,468	4,84	1,387	1,009	1,972	4,73	2,427	2,618	1,169	8,898	1,918	2,481	6,247	4,293	1,766	0	4,097	0,943
ENEOLITICO	2,182	6,082	0,814	2,106	2,94	1,861	1,713	1,467	5,262	2,12	4,838	1,702	0,753	5,833	10,94	1,994	4,097	0	2,077
CASTELLUCCIO	1,054	4,879	2,395	0,925	1,046	1,151	3,134	0,734	2,851	0,865	6,327	0,905	1,112	6,902	6,673	1,591	0,943	2,077	0

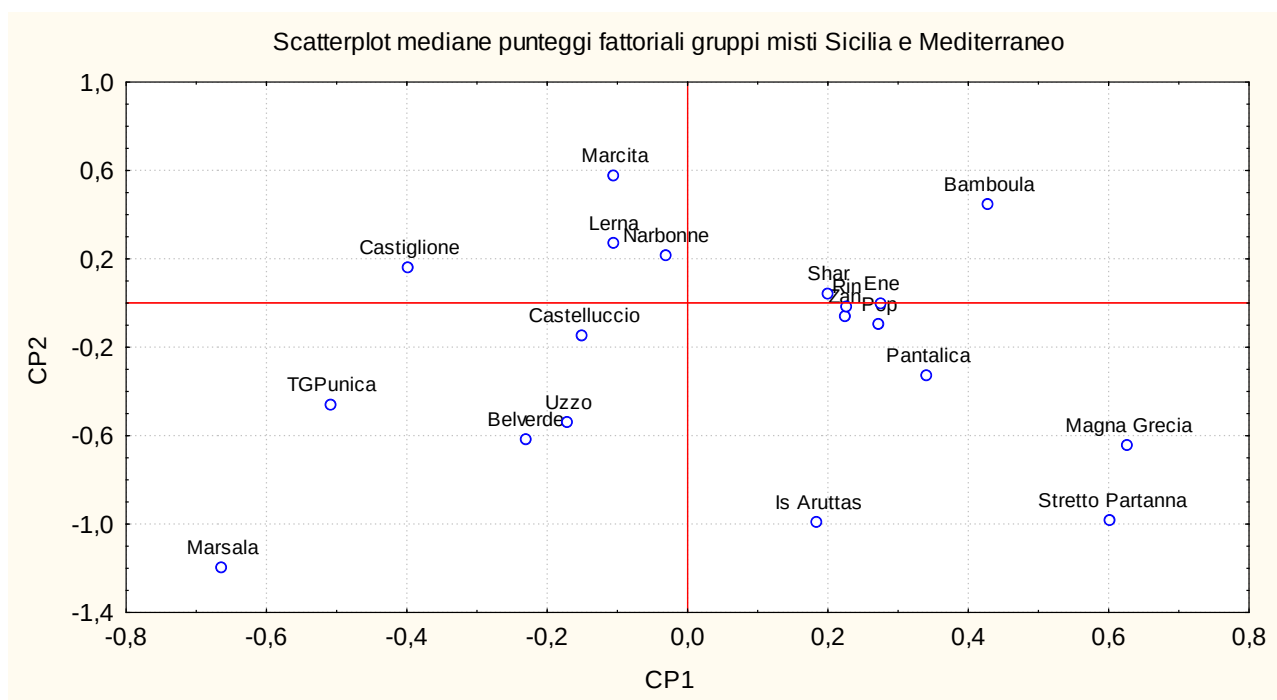


Fig 3.22. Scatterplot mediane punteggi fattoriali gruppi misti Sicilia e Mediterraneo. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Il piano individuato dalle prime due componenti principali mostra un fitto, e quasi indistinguibile, agglomerato costituito dai campioni di Shar-i Sokta, Eneolitico, Zancle, Populonia e Rinaldone. Pantalica è vicina a questo raggruppamento. Magna Grecia e Stretto Partanna sono sull'emipiano destro inferiore e vicini tra loro. Uzzo è vicino a Berverde sull'emipiano sinistro inferiore. Sullo stesso quadrante si trovano dispersi TGPunica, Castelluccio e Marsala. Castiglione e Marcita sono sull'emipiano superiore a sinistra, con Marcita prossima a Lerna.

Le distanze euclidee al quadrato delle mediane dei punteggi fattoriali mi sono servite per una nuova analisi dei gruppi che ha prodotto il dendrogramma di figura 3.23. Anche in questo caso la regola di legame seguita è l'UPGMA.

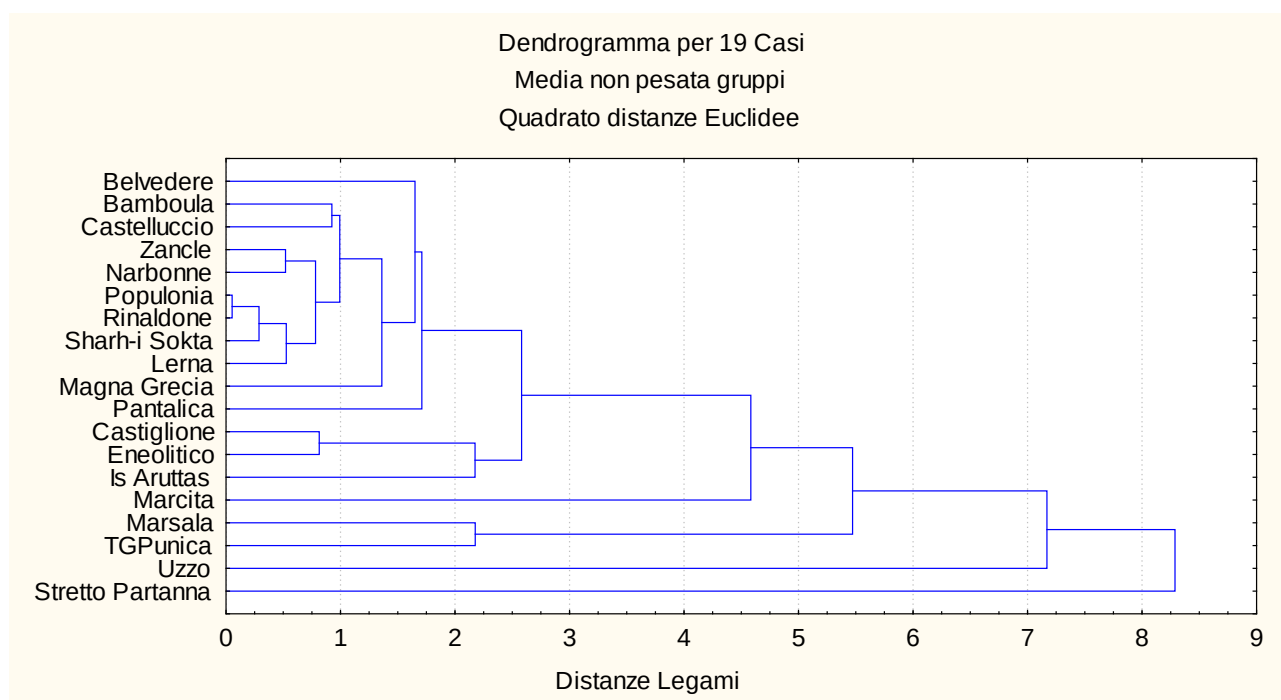


Fig. 3.23. Dendrogramma gruppi misti Sicilia e Mediterraneo (dati di base: mediane punteggi fattoriali)

Dall'analisi dei gruppi emerge una certa affinità tra Castiglione ed Eneolitico e tra TGPunica e Marsala. Castelluccio si lega a Bamboula, Zancle a Narbonne e via via Magna Grecia e Pantalica si legano formando con i precedenti un ampio *cluster*. Marcita è distante dagli altri gruppi e lontanissimi si distaccano i gruppi di Uzzo e Stretto Partanna.

Come per le analisi precedenti, sui dati individuali di 19 gruppi misti siciliani e mediterranei ho calcolato una matrice R e una matrice D^2 ad essa connessa. Ho fissato anche in questo caso un valore di ereditabilità h^2 pari a 0,55, e un valore arbitrario di "1" per le dimensioni delle popolazioni originarie.

L'analisi della matrice R ha prodotto un valore non distorto di $F_{st} = 0,174515$ con un errore standard di 0,015835. La varianza fenotipica media intra-gruppo è 0,756. La tab. 3.33 mostra, per ogni popolazione, la distanza $r(ii)$ dal centroide, la varianza fenotipica intra-gruppo osservata, attesa e lo scarto tra queste.

Tab 3.33. Varianza fenotipica intra-gruppo

Gruppo	$r(ii)$	Osservata	Attesa	Scarto
Belverde	0,086371	0,703	0,837	-0,134
Marsala	0,372574	0,732	0,575	0,158

Castiglione	0,124855	0,517	0,802	-0,285
Bamboula	0,427266	1,575	0,525	1,050
Zancle	0,120599	1,248	0,806	0,442
Populonia	0,041698	0,491	0,878	-0,387
Is Aruttas	0,265622	0,503	0,673	-0,169
Lerna	0,081153	1,192	0,842	0,350
Marcita	0,269655	0,797	0,669	0,128
Narbonne	0,067745	1,008	0,854	0,154
TGPunica	0,393389	0,670	0,556	0,114
Rinaldone	0,039697	0,562	0,880	-0,318
ShariSokta	0,037974	0,678	0,881	-0,204
Uzzo	0,378811	1,018	0,569	0,449
Stretto Partanna	0,265704	0,742	0,673	0,069
Magna Grecia	0,062877	0,339	0,859	-0,519
Pantalica	0,079856	0,846	0,843	0,003
Eneolitico	0,126756	0,336	0,800	-0,464
Castelluccio	0,073177	0,411	0,849	-0,438

Dalla tab. 3.33 si evince come anche in questo caso Zancle ed Uzzo presentino una variabilità osservata ben più elevata di quella attesa. Marsala, Marcita e TGPunica mostrano anch'essi scarti positivi. Castiglione, Eneolitico, Magna Grecia e Castelluccio presentano una variabilità osservata minore di quella attesa. Pantalica e Stretto Partanna non mostrano differenze significative.

I primi due *eigenvector* (scalati per la radice quadra dei loro *eigenvalues*), ottenuti dalla matrice R, sono stati proiettati in un grafico (fig.3.24). Nell'insieme i due *eigenvector* sommano il 53,8% della variabilità.

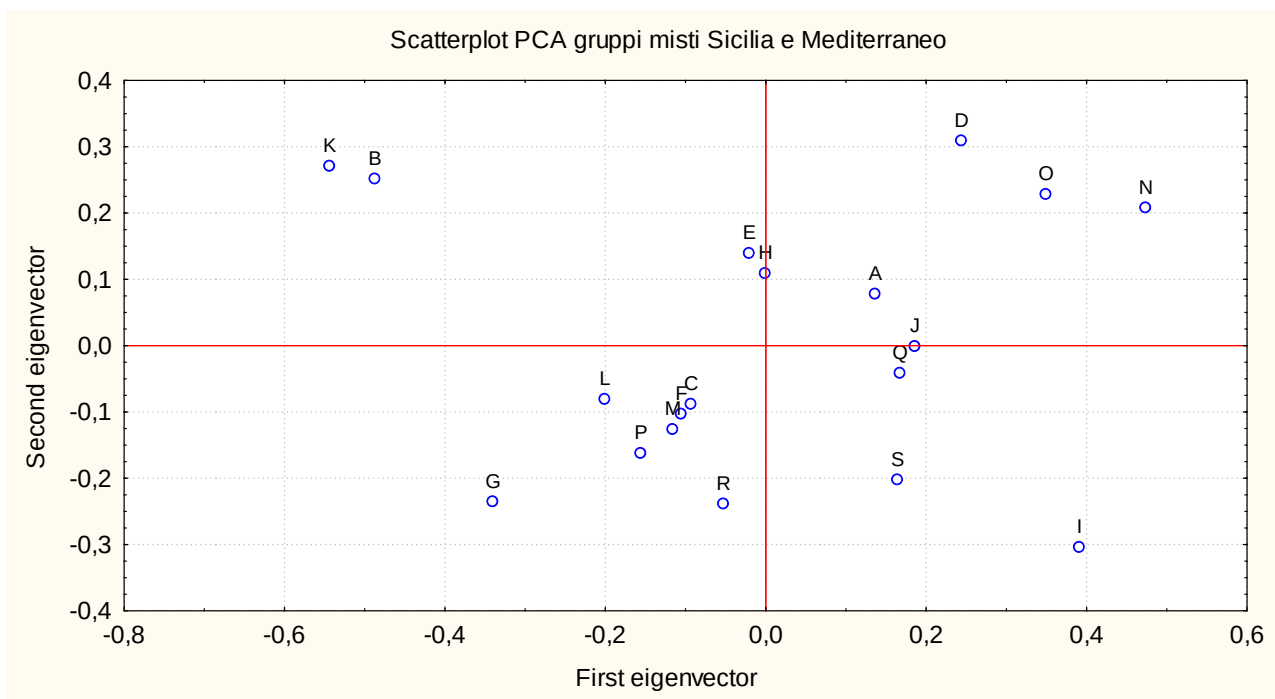


Fig 3.24 Scatterplot PCA gruppi misti Sicilia e Mediterraneo. Nelle ascisse e nelle ordinate troviamo rispettivamente la prima e la seconda coordinata principale (eigenvector).

Legenda

Belverde = A, Marsala = B, Castiglione= C, Bamboula= D, Zancle= E, Populonia = F, Is Aruttas = G, Lerna = H, Marcita = I, Narbonne = J, TGPunica = K, Rinaldone = L, ShariSoktha = M, Uzzo =N, Stretto Partanna = O, Magna Grecia = P, Pantalica = Q, Eneolitico = R, Castelluccio = S

Il grafico prodotto dalle prime due coordinate principali ottenute dalla matrice R mette in evidenza la vicinanza tra Marsala e TGPunica sull'emipiano sinistro superiore Marcita è più distaccata sull'emipiano destro inferiore, idem per Castelluccio. Pantalica è affiancata a Narbonne sull'emipiano destro. Zancle è molto vicina a Lerna. Castiglione è molto vicino a Populonia sull'emipiano inferiore a sinistra. Sullo stesso quadrante troviamo Magna Grecia e più distante Eneolitico. Uzzo e Stretto Partanna sono posti sull'emipiano superiore a destra.

E' stata eseguita l'analisi dei gruppi della Sicilia utilizzando la matrice di distanze $\mathbf{D}^2$ connessa alla matrice $\mathbf{R}$.

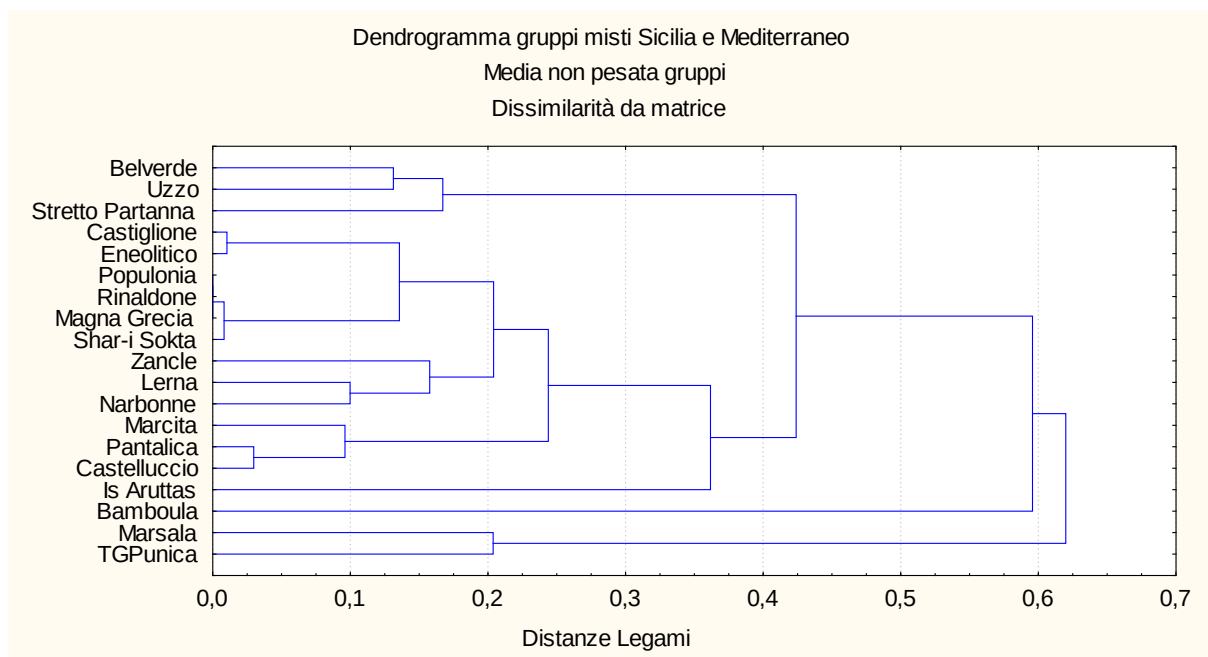


Fig. 3.25 Dendrogramma dei gruppi misti della Sicilia e del Mediterraneo ricavato dalla matrice D al quadrato

Il dendrogramma evidenzia la vicinanza tra Magna Grecia e la coppia Rinaldone-Populonia. Castiglione è legato al campione Eneolitico e Pantalica è insieme a Castelluccio. Zancle si aggrega a Lerna e Narbonne. TGPunica viene associata a Marsala, anche se le distanze di legame sono allungate. Uzzo è associata a Belverde e il gruppo risultante si lega a Stretto Partanna.

3.4 Analisi statistiche multivariate condotte sulle medie di campioni della Sicilia e del Mediterraneo suddivisi cronologicamente.

In queste analisi ho preso in considerazione un maggior numero di campioni. A quelli già considerati in altre analisi ho aggiunto campioni del Mediterraneo di cui avevo a disposizione soltanto le medie. I campioni, siciliani e non, sono stati suddivisi in due gruppi che sono stati analizzati separatamente: un primo, “Preistorico”, raggruppa i campioni che cronologicamente si estendono dall’Eneolitico al Tardo Bronzo; un secondo gruppo, “Storico”, comprende i campioni che dall’VIII sec. a.C. si estendono fino all’età Romana imperiale. E’ stato eliminato dall’analisi il campione di Uzzo perché mesolitico. Il campione di Pantalica è presente in entrambi i gruppi perché si protrasse fino al periodo proto-storico. I dati di base (le medie) sono stati trasformati, al solito, in variabili di forma secondo le indicazioni di Darrock

e Mosimann. Le statistiche principali dei gruppi utilizzati si trovano nella tabella 3.1 in appendice, le misure utilizzate, contraddistinte dal numero di Martin sono le seguenti: 1, 8, 9, 17, 48, 52, 54, 55.

3.4.1 Analisi statistiche multivariate condotte sulle medie di campioni “preistorici” della Sicilia e del Mediterraneo.

Ho svolto un’analisi delle componenti principali in cui ho estratto 6 fattori che nell’insieme spiegano il 95,98% della variabilità totale (tab. 3.34).

Tab. 3.34 Autovalori campioni preistorici

	%Varian.		CumuloCumulo	
	Autoval	Totale	Autoval	%
1	2,020058	25,25073	2,020058	25,25073
2	1,897642	23,72053	3,917700	48,97125
3	1,238358	15,47947	5,156058	64,45072
4	1,033607	12,92009	6,189665	77,37081
5	0,870469	10,88087	7,060134	88,25168
6	0,538344	6,72930	7,598479	94,98098

I punteggi fattoriali dei gruppi, calcolati per 6 componenti principali estratte (Fattori), sono riportati in tab.3.35. Sono stati rappresentati graficamente, sotto forma di *scatterplot* (Fig.3.26), i punteggi fattoriali delle prime due componenti principali (CP1 e CP2) che complessivamente spiegano il 48,97% della variabilità totale.

Tab. 3.35 Punteggi Fattoriali medie campioni preistorici

	SIGLA	FATTOR1	FATTOR2	FATTOR3	FATTOR4	FATTOR5	FATTOR6
Castiglione	Castg	1,655422	1,034443	-0,04183	-2,30884	0,570022	0,57588
Eneolitico	Eneo	0,49508	-0,12914	0,667359	-0,41084	0,585048	1,160547
Marcita	Mar	-2,93538	1,633506	0,815615	-0,84514	-1,36919	0,466824
Stretto Partanna	StPa	1,157567	-0,99382	-1,0513	0,587584	-3,0424	0,798298
Pantalica	Pant	-0,5267	-1,65012	-0,85958	-1,6696	-0,71352	-1,98695
Castelluccio	Castll	-0,04393	1,705754	-0,25746	0,291885	-0,31709	-1,6045
Bamboula	Bam	0,602128	-0,05665	2,167538	0,691863	0,224009	-1,35794
Baleari	Bal	-0,17657	0,110153	-0,47282	0,160581	0,083338	1,042547
Narbonne	Narb	-0,62263	-0,76672	0,982757	-0,29607	-0,66385	0,256514
Paleosardi	PalSa	-0,32091	0,718964	-1,35117	1,760093	0,623782	-0,85746
IsAruttas	IsA	-1,08673	-0,46946	-1,92408	-0,7064	1,630763	1,018821
Rinaldone	Rin	-0,22299	-0,66328	-0,45925	0,915599	0,614809	-0,93294
ShariSokta	Sha	-0,22	-1,56366	0,976217	-0,70537	1,083458	-0,66307
Belverde	Belv	1,376277	1,361867	-0,9113	-0,62632	-0,2498	-0,87251
GreciaBA	GrBA	-0,23993	-0,5331	-0,37154	0,793804	0,248678	0,84143
GreciaBM	GrBM	0,49598	0,865982	0,614041	0,182867	0,318997	0,461489
GreciaBT	GrBT	0,637432	-0,30098	0,921454	0,334464	-0,14141	0,946406
KretaMin	KrMin	0,061913	0,280409	0,120861	1,2118	0,497786	0,488082
GreciaMic	GrMic	-0,08604	-0,58415	0,434482	0,638041	0,01658	0,218536

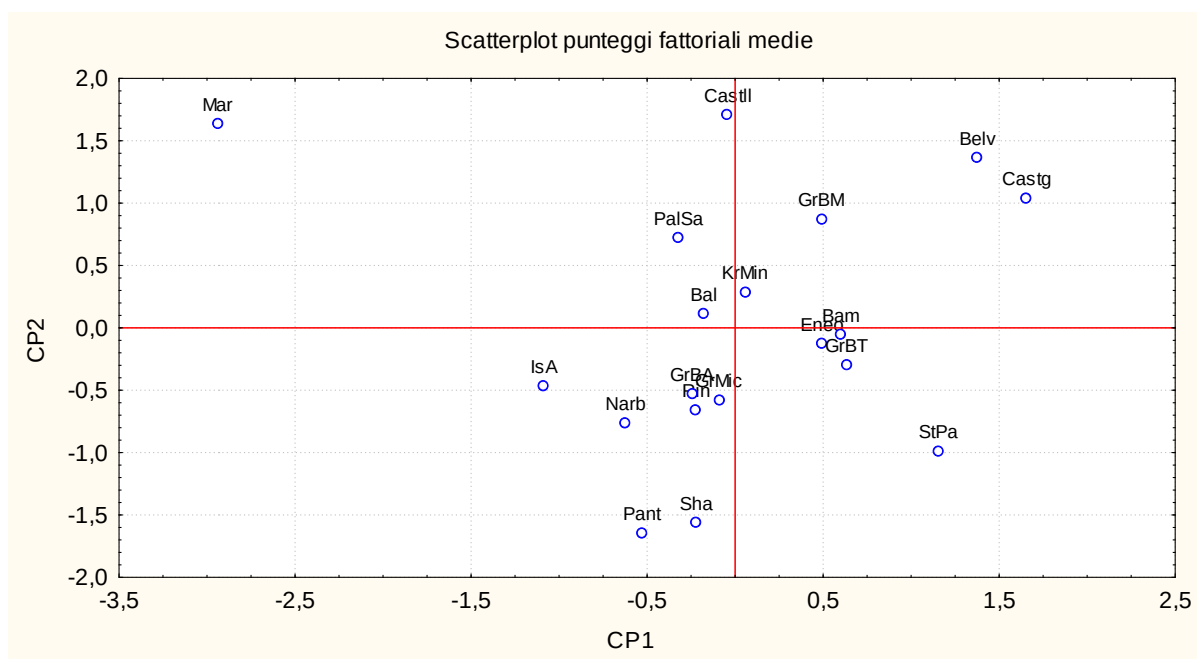


Fig 3.26. Scatterplot dei punteggi fattoriali delle medie dei gruppi “preistorici”. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2)

Il grafico mostra un addensamento dei gruppi nella parte centrale del piano. Marcita è la più distante sull'empiano superiore a sinistra. Stretto Partanna si allontana sull'emipiano inferiore a destra. Pantalica si colloca vicina a Shar-i Sokta a sinistra dell'asse della CP1 in basso, mentre Castelluccio è isolata sull'asse della CP1 in alto. Il gruppo Eneolitico è vicino a Bamboula e al gruppo greco della tarda età del Bronzo denominato Grecia BT. Castiglione è vicino a Berverde sull'emipiano superiore a destra.

A partire dalla matrice di distanze euclidee al quadrato dei punteggi fattoriali delle medie (tab.3.36), utilizzando l'UPGMA come regola di legame, ho ricavato il relativo dendrogramma (fig.3.27). Utilizzando , invece, la matrice di distanze euclidee al quadrato delle medie trasformate (tab.3.37), ho ottenuto il dendrogramma della fig. 3.28.

Tab.3.36 Matrice di distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dai punteggi fattoriali estratti dalle medie trasformate dei gruppi preistorici.

	CAST G	ENE O	MAR C	STRE T	PAN T	CAST L	BA M	BA L	NAR B	PALE O	ISA R	RIN	SHA R	BE L	GRB A	GRB M	GRB T	KRE T	GRMI N
CASTIGLIONE	0	7,15	28,1	26,9	21,3	15,7	20	10,9	15,2	24,3	17,2	19,3	15,7	6,54	16	8,09	11,4	15,5	15
ENEOLITICO	7,15	0	19,4	18,4	18,9	13,5	9,96	2,4	4,15	14,2	10,5	8,21	6,33	10,4	3,45	1,91	1,24	3,75	2,91
MARCITA	28,1	19,4	0	32,1	26,5	16,2	25,4	15	12	24,9	24,7	23,3	24,9	24,7	18,8	16,3	19,6	19	17,4
STRETTOP	26,9	18,4	32,1	0	21,6	22,6	26,9	13,3	14,1	22,8	29,6	18,8	27,2	17,7	13,5	18,2	13,1	17,2	13,6
PANTALIC	21,3	18,9	26,5	21,6	0	16	19,8	16,5	11,1	20,7	18,3	10,8	9,38	15,2	16,6	20	19,3	20,9	13,7
CASTELLUCC	15,7	13,5	16,2	22,6	16	0	9,92	9,79	11,9	5,85	20,3	7,39	16,1	3,95	11,6	6,44	12,4	8,08	9,28
BAMBOULA	20	9,96	25,4	26,9	19,8	9,92	0	13,7	7,78	15,4	29,3	8,33	7,54	14,3	12,2	6,85	7,18	8,35	6,29
BALEARI	10,9	2,4	15	13,3	16,5	9,79	13,7	0	4,47	7,62	6,42	5,36	9,56	8,57	0,9	2,6	2,87	2,02	2,22
NARBONNE	15,2	4,15	12	14,1	11,1	11,9	7,78	4,47	0	14,9	14,8	6,77	4,86	13,7	4,4	5,29	2,95	5,98	1,96
PALEOSARDI	24,3	14,2	24,9	22,8	20,7	5,85	15,4	7,62	14,9	0	12,9	3,43	17	9,95	6,49	8,87	13	4,63	7,73
ISARUTTAS	17,2	10,5	24,7	29,6	18,3	20,3	29,3	6,42	14,8	12,9	0	10,4	13,5	17,6	7,32	13,6	15,3	11,3	11,6
RINALDONE	19,3	8,21	23,3	18,8	10,8	7,39	8,33	5,36	6,77	3,43	10,4	0	5,79	9,99	3,32	6,58	7,22	3,43	2,58
SHARISOKTA	15,7	6,33	24,9	27,2	9,38	16,1	7,54	9,56	4,86	17	13,5	5,79	0	16,5	8,09	9,18	7,5	9,56	4,99
BELVERDE	6,54	10,4	24,7	17,7	15,2	3,95	14,3	8,57	13,7	9,95	17,6	9,99	16,5	0	11,7	6,11	10,9	9,75	10,6
GRECIABA	16	3,45	18,8	13,5	16,6	11,6	12,2	0,9	4,4	6,49	7,32	3,32	8,09	11,7	0	3,99	2,87	1,36	1,14
GRECIABM	8,09	1,91	16,3	18,2	20	6,44	6,85	2,6	5,29	8,87	13,6	6,58	9,18	6,11	3,99	0	1,95	1,87	2,83
GRECIABT	11,4	1,24	19,6	13,1	19,3	12,4	7,18	2,87	2,95	13	15,3	7,22	7,5	10,9	2,87	1,95	0	2,7	1,49
KRETAMIN	15,5	3,75	19	17,2	20,9	8,08	8,35	2,02	5,98	4,63	11,3	3,43	9,56	9,75	1,36	1,87	2,7	0	1,5
GRECIAMIC	15	2,91	17,4	13,6	13,7	9,28	6,29	2,22	1,96	7,73	11,6	2,58	4,99	10,6	1,14	2,83	1,49	1,5	0

Tab.3.37 Matrice di distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dalle medie trasformate dei gruppi preistorici.

	CAST G	ENE O	MAR C	STRE T	PAN T	CAST L	BA M	BA L	NAR B	PALE O	ISA R	RIN	SHA R	BE L	GRB A	GRB M	GRB T	KRE T	GRMI N
CASTIGLI	0	0,01	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ENEOLITI	0,01	0	0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0
MARCITA	0,02	0,02	0	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
STRETTOP	0,06	0,05	0,04	0	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,07	0,11	0,08	0,08	0,03	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04
PANTALICA CASTELLUCC I	0,02	0,02	0,02	0,05	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
BAMBOULA	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0
BAMBOULA	0,02	0,01	0,02	0,04	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0,04	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0
BALEARI	0,01	0	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0
NARBONNE	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0	0	0	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0
PALEOSARDI	0,03	0,02	0,03	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
ISARUTTAS	0,02	0,02	0,04	0,11	0,03	0,03	0,04	0,01	0,03	0,02	0	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
RINALDONE	0,02	0,02	0,03	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01
SHARISOKTA	0,01	0,01	0,03	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01
BELVERDE	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0
GRECIABA	0,01	0,01	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0
GRECIABM	0,01	0	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0	0	0,01	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0
GRECIABT	0,01	0	0,01	0,04	0,02	0,01	0	0	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0	0
KRETAMIN	0,01	0	0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0
GRECIAMIC	0,01	0	0,01	0,04	0,01	0	0	0	0	0,01	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0

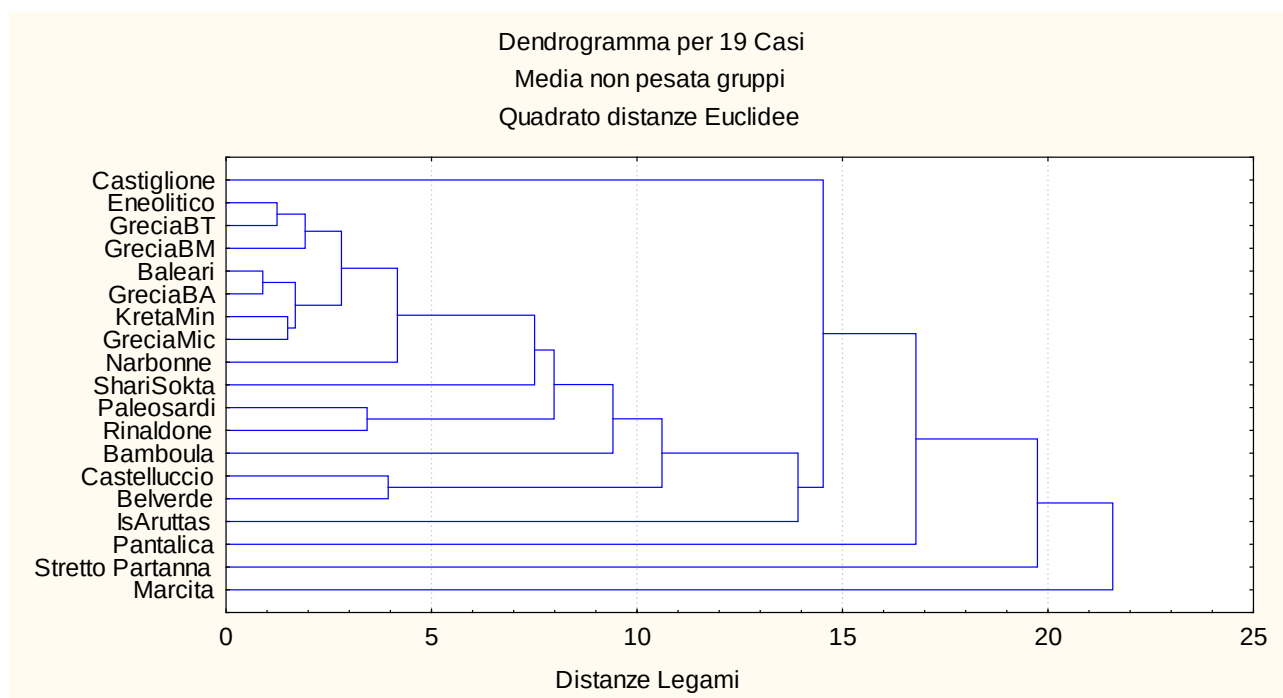


Fig. 3.27 Dendrogramma gruppi preistorici (dati di base: punteggi fattoriali)

Il dendrogramma mostra l'associazione del gruppo Eneolitico con il campione di tarda età de Bronzo proveniente dalla Grecia. Castelluccio risulta legata al gruppo peninsulare di Belverde. Castiglione, Pantalica, stretto Partanna e Marcita non mostrano affinità evidenti con altri gruppi.

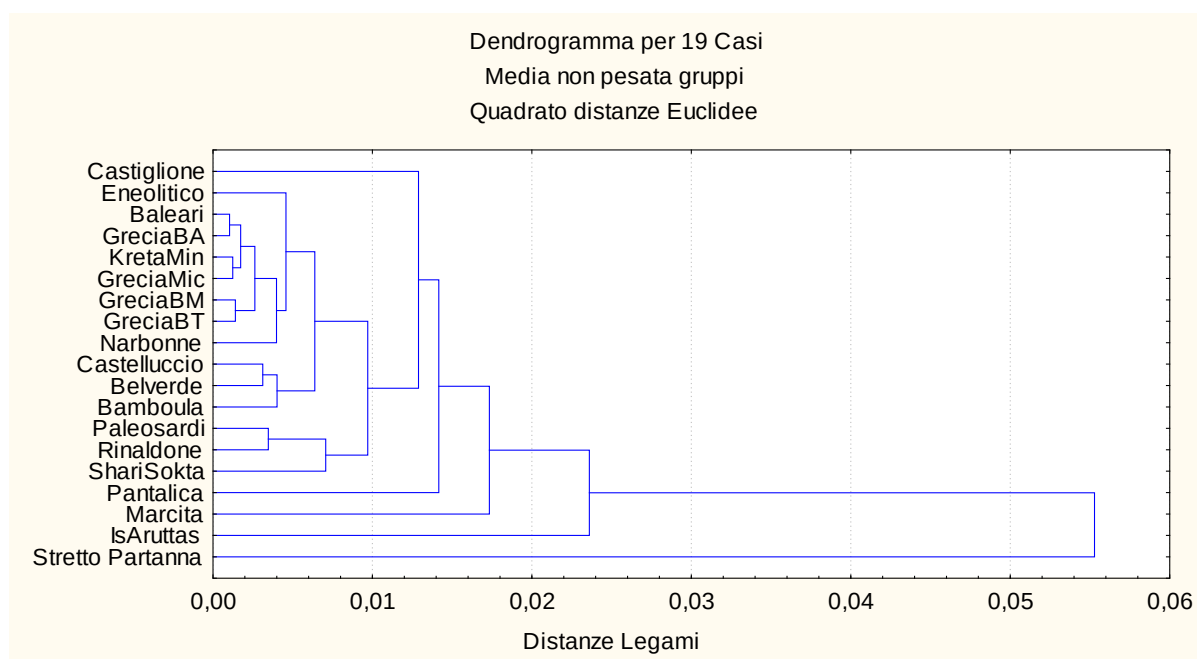


Fig. 3.28 Dendrogramma gruppi preistorici (dati di base: variabili trasformate)

Il grafico associa il gruppo Eneolitico con il campione di Narbonne e, in maniera meno evidente, con i campioni provenienti dall'Egeo. Castelluccio risulta sempre legata al gruppo di Belverde e Castiglione, Pantalica, stretto Partanna e Marcita non mostrano affinità evidenti per altri gruppi.

3.4.2 Analisi statistiche multivariate condotte sulle medie di campioni “storici” della Sicilia e del Mediterraneo.

Ho svolto un'analisi delle componenti principali in cui ho estratto 6 fattori che nell'insieme spiegano il 98,15% della variabilità totale (tab. 3.38).

Tab 3.38 Autovalori campioni “storici”

		%Varian.	Cumulo	Cumulo
	Autoval Totale		Autoval	%
1	2,202106	27,52633	2,202106	27,52633
2	1,807197	22,58997	4,009303	50,11629
3	1,396795	17,45994	5,406099	67,57623
4	1,163282	14,54102	6,569380	82,11725
5	0,686494	8,58117	7,255874	90,69843
6	0,596809	7,46012	7,852683	98,15854

I punteggi fattoriali dei gruppi, calcolati per 6 componenti principali estratte (Fattori), sono riportati in tab.3.39. Sono stati rappresentati graficamente, sotto forma di *scatterplot* (Fig.3.29), i punteggi fattoriali delle prime due componenti principali (CP1 e CP2) che complessivamente spiegano il 50,11% della variabilità totale.

Tab. 3.39 Punteggi fattoriali delle medie dei campioni “storici”

	Sigla	FATTOR1	FATTOR2	FATTOR3	FATTOR4	FATTOR5	FATTOR6
Zancle	Zan	-1,4656	0,67184	-0,0719	0,25256	-1,7662	-1,4565
TG Punica	TGPun	-0,3179	2,85513	1,18719	0,61799	1,38966	0,53334
Magna Grecia	MaGr	-0,3778	0,71476	-0,8591	-0,858	-0,1894	-1,2722
Pantalica	Pant	2,39467	-0,0088	-1,6681	1,18416	-0,9925	-0,1626
Marsala	Mars	-0,0479	0,71843	-2,505	-1,7836	1,17723	1,48402
Algeria Centro-Ovest	AlgCO	0,73597	-0,5048	1,00473	-1,0139	1,34463	-1,4108
Algeria Est	AlgE	0,5998	-1,2441	0,62207	1,7752	1,25352	0,63228
Tunisi Punica	TuPun	-0,664	-0,4963	0,21031	-0,1669	0,79675	-0,6856
Algeria Ellenist-Rom.	AlgEl	-0,4956	-1,9261	0,21637	-1,103	0,72375	0,04773
Malta	Malt	1,81078	0,04022	0,61386	-0,8514	-0,3763	-1,0565
Ibiza	Ibz	0,61111	0,70577	0,7652	-0,5363	-0,934	-0,0299
Tarrag	Tar	-0,8422	-0,4166	-0,6217	0,6075	-0,0569	-0,9777
Urbino	Urb	-1,3336	-0,4251	-0,7795	0,98487	0,4318	-0,3986
Potenza	Pot	-0,0027	-0,5429	0,31594	-0,4873	-1,4058	1,40626
Populonia	Pop	0,14257	0,17497	-0,6319	1,72684	0,49781	0,15236
Alfedena	Alfed	0,43819	0,40976	1,02393	-0,2006	-0,2215	0,65725
Grecia Classica	GrCl	-0,2552	-0,3737	0,8177	-0,3814	-0,5823	1,29357
Grecia Ellenistica	GrEll	-0,9306	-0,3527	0,35989	0,23318	-1,0903	1,24358

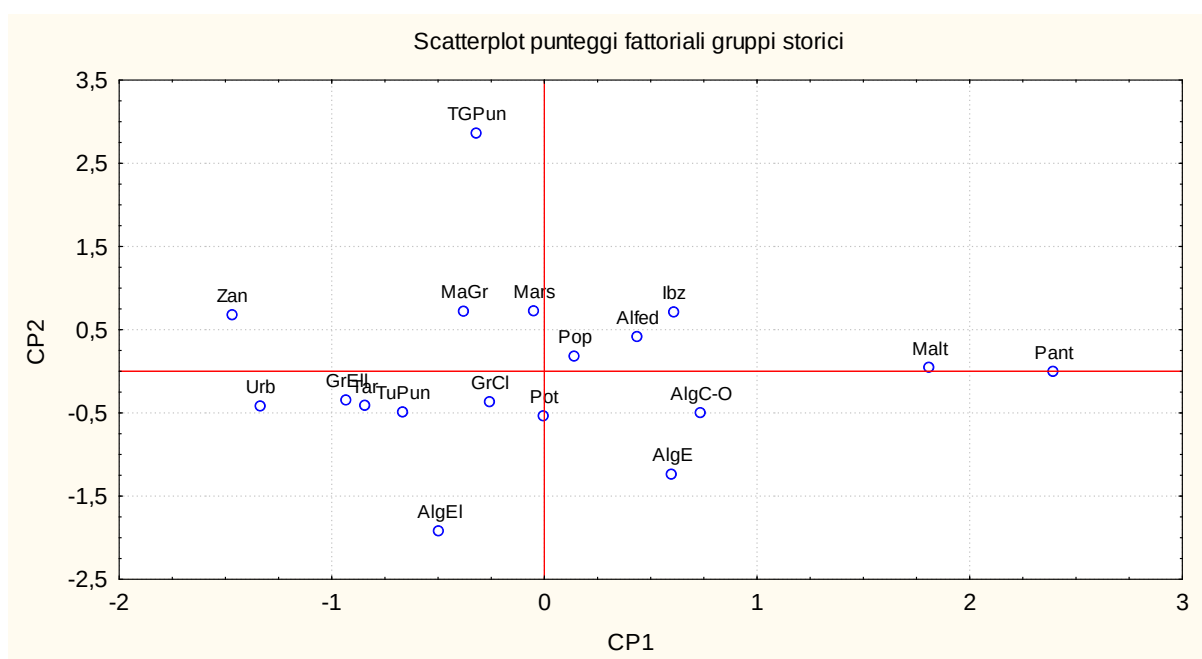


Fig 3.29. Scatterplot dei punteggi fattoriali delle medie dei gruppi “storici”. Nelle ascisse sono riportati i punteggi fattoriali relativi alla prima componente principale (CP1) e nelle ordinate i punteggi fattoriali della seconda componente principale (CP2).

Lo scatterplot mette in evidenza la vicinanza tra Marsala e Magna Grecia sull'emipiano superiore in posizione centrlale. Pantalica si trova sull'estrema destra del grafico lungo la prima componente principale. TGPunica appare isolata sull'emipiano superiore a sinistra e Zancle trova come campione più vicino Urbino.

A partire dalla matrice di distanze euclidee al quadrato dei punteggi fattoriali delle medie (tab.3.40), utilizzando l'UPGMA come regola di legame è stato ricavato il relativo dendrogramma (fig.3.34). Utilizzando , invece, la matrice di distanze euclidee al quadrato delle medie trasformate (tab.3.41), è stato ottenuto il dendrogramma della fig. 3.35.

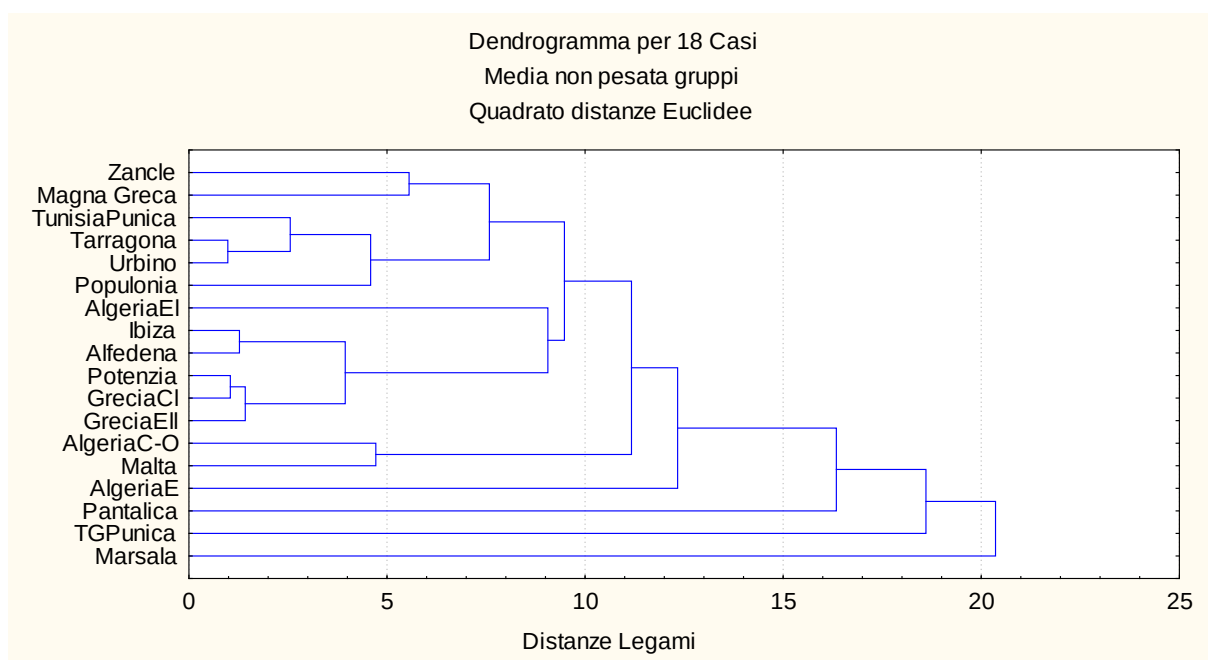


Fig. 3.30. Dendrogramma gruppi storici (dati di base: punteggi fattoriali)

Come evidenzia il dendrogramma, i gruppi storici della Sicilia si allontanano dagli altri gruppi e sono distanti tra loro. Gli unici gruppi che mostrano tra loro una certa affinità sono Magna Grecia e Zancle

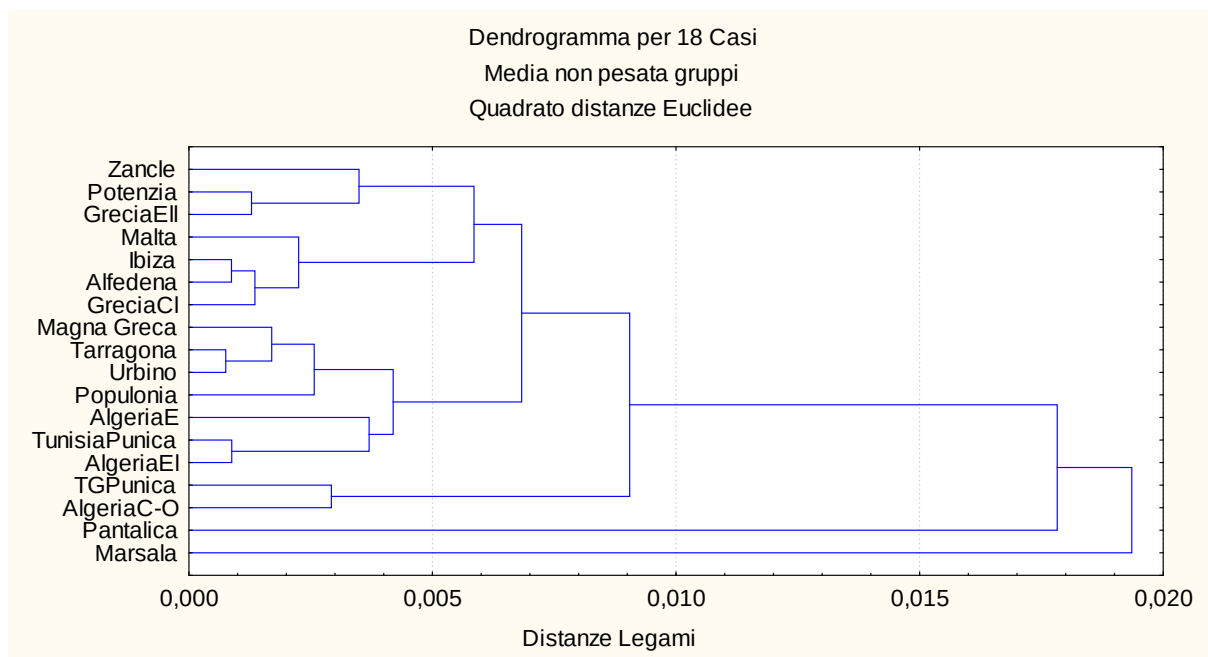


Fig. 3.31. Dendrogramma gruppi storici (dati di base: variabili trasformate)

In questo dendrogramma , tra i gruppi sciliani, le distanze di legame più brevi sono espresse dal gruppo TGPunica - Algeria Centro Ovest. Magna Grecia si aggrega alla coppia Tarragona-Urbino e Zancle alla coppia “ellenistica” Potenza-Grecia Ellenistica. Si staccano notevolmente dal resto dei campioni Pantalica e Marsala

Tab.3.40 Matrice di distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dai punteggi fattoriali estratti dalle medie trasformate dei gruppi storici.

	Zanc	TGP	MaGr	Pant	Mars	AlgCO	AlgE	TunPun	AlgEl	Malt	Ibz	Tarr	Urb	Pot	Pop	Alf	GrCl	GrEl
Zancle	0	21,7	5,6	21,1	29,4	18,7	24,2	9,4	18,1	14,9	8,4	5,2	8,2	12,6	13	12	12,7	9,3
TG Punica	21,7	0	16,7	30,2	25	18,9	19,3	14,8	27,5	20,6	12,7	18,6	17,6	22,2	12,9	9,9	16	18,2
Magna Greca	5,6	16,7	0	14,9	13,1	8,6	19,6	4,5	10,8	7,5	5,8	3,8	6,8	11,9	9,8	8,5	11	11,3
Pantalica	21,1	30,2	14,9	0	23,4	22	16	18,4	23,8	10,9	12,6	13,6	17	15,4	8,8	14,4	18,1	18,2
Marsala	29,4	25	13,1	23,4	0	23,4	27,4	16,7	17,3	23,4	19,4	18,8	17,7	17,9	18,4	17,9	17,4	19,4
AlgeriaC-O	18,7	18,9	8,6	22	23,4	0	12,7	4,1	6,7	4,7	8,9	9,9	13,3	16,8	14,2	8,3	12,5	17,7
AlgeriaE	24,2	19,3	19,6	16	27,4	12,7	0	8	10,7	15,5	14,4	10	8,7	13,7	4,6	9	10	11,5
TunisiaPunica	9,4	14,8	4,5	18,4	16,7	4,1	8	0	3,5	8,6	6,9	2,1	3	9,8	6,2	5,5	6,4	7,6
AlgeriaEl	18,1	27,5	10,8	23,8	17,3	6,7	10,7	3,5	0	11,8	11,5	7,7	8,6	8,9	13,6	9,1	6,6	9,2
Malta	14,9	20,6	7,5	10,9	23,4	4,7	15,5	8,6	11,8	0	3,4	11	16,5	11	13,2	5,6	10,3	14,7
Ibiza	8,4	12,7	5,8	12,6	19,4	8,9	14,4	6,9	11,5	3,4	0	8,3	11,8	4,4	9,7	1,3	3,8	5,9
Tarragona	5,2	18,6	3,8	13,6	18,8	9,9	10	2,1	7,7	11	8,3	0	1	10,3	4,2	8,4	8,8	7,1
Urbino	8,2	17,6	6,8	17	17,7	13,3	8,7	3	8,6	16,5	11,8	1	0	11,8	3,4	10	9,5	7
Potenzia	12,6	22,2	11,9	15,4	17,9	16,8	13,7	9,8	8,9	11	4,4	10,3	11,8	0	11,5	3,6	1	1,5
Populonia	13	12,9	9,8	8,8	18,4	14,2	4,6	6,2	13,6	13,2	9,7	4,2	3,4	11,5	0	7,4	9,5	8,4
Alfedena	12	9,9	8,5	14,4	17,9	8,3	9	5,5	9,1	5,6	1,3	8,4	10	3,6	7,4	0	1,7	4,2
GreciaCl	12,7	16	11	18,1	17,4	12,5	10	6,4	6,6	10,3	3,8	8,8	9,5	1	9,5	1,7	0	1,3
GreciaEll	9,3	18,2	11,3	18,2	19,4	17,7	11,5	7,6	9,2	14,7	5,9	7,1	7	1,5	8,4	4,2	1,3	0

Tab. 3.41 Matrice di distanze euclidee al quadrato ottenuta a partire dalle medie trasformate dei gruppi storici

	Zanc	TGP	MaGr	Pant	Mars	AlgCO	AlgE	TunPun	AlgEl	Malt	Ibz	Tarr	Urb	Pot	Pop	Alf	GrCl	GrEl
Zancle	0	0,017	0,004	0,014	0,026	0,018	0,012	0,01	0,012	0,01	0,006	0,004	0,007	0,005	0,007	0,008	0,005	0,002
TGPunica	0,017	0	0,007	0,028	0,02	0,003	0,005	0,004	0,006	0,008	0,009	0,009	0,01	0,015	0,008	0,005	0,007	0,012
Magna Greca	0,004	0,007	0	0,016	0,013	0,008	0,006	0,002	0,004	0,007	0,005	0,001	0,002	0,006	0,003	0,004	0,003	0,003
Pantalica	0,014	0,028	0,016	0	0,026	0,032	0,017	0,024	0,029	0,014	0,015	0,015	0,02	0,008	0,009	0,017	0,017	0,012
Marsala	0,026	0,02	0,013	0,026	0	0,025	0,016	0,013	0,015	0,029	0,029	0,014	0,011	0,018	0,011	0,024	0,021	0,017
AlgeriaC-O	0,018	0,003	0,008	0,032	0,025	0	0,005	0,004	0,004	0,007	0,009	0,01	0,012	0,016	0,012	0,005	0,007	0,014
AlgeriaE	0,012	0,005	0,006	0,017	0,016	0,005	0	0,003	0,005	0,007	0,008	0,005	0,005	0,008	0,003	0,004	0,005	0,006
TunisiaPunica	0,01	0,004	0,002	0,024	0,013	0,004	0,003	0	0,000	0,009	0,008	0,002	0,003	0,009	0,004	0,005	0,004	0,006
AlgeriaEl	0,012	0,006	0,004	0,029	0,015	0,004	0,005	0,000	0	0,011	0,01	0,004	0,004	0,011	0,008	0,006	0,004	0,007
Malta	0,01	0,008	0,007	0,014	0,029	0,007	0,007	0,009	0,011	0	0,001	0,01	0,015	0,007	0,009	0,002	0,004	0,008
Ibiza	0,006	0,009	0,005	0,015	0,029	0,009	0,008	0,008	0,01	0,001	0	0,007	0,012	0,006	0,008	0,000	0,002	0,005
Tarragona	0,004	0,009	0,001	0,015	0,014	0,01	0,005	0,002	0,004	0,01	0,007	0	8E-04	0,005	0,002	0,006	0,003	0,002
Urbino	0,007	0,01	0,002	0,02	0,011	0,012	0,005	0,003	0,004	0,015	0,012	8E-04	0	0,008	0,003	0,009	0,006	0,004
Potenzia	0,005	0,015	0,006	0,008	0,018	0,016	0,008	0,009	0,011	0,007	0,006	0,005	0,008	0	0,005	0,006	0,004	0,001
Populonia	0,007	0,008	0,003	0,009	0,011	0,012	0,003	0,004	0,008	0,009	0,008	0,002	0,003	0,005	0	0,006	0,005	0,003
Alfedena	0,008	0,005	0,004	0,017	0,024	0,005	0,004	0,005	0,006	0,002	9E-04	0,006	0,009	0,006	0,006	0	0,000	0,005
GreciaCl	0,005	0,007	0,003	0,017	0,021	0,007	0,005	0,004	0,004	0,004	0,002	0,003	0,006	0,004	0,005	0,000	0	0,002
GreciaEll	0,002	0,012	0,003	0,012	0,017	0,014	0,006	0,006	0,007	0,008	0,005	0,002	0,004	0,001	0,003	0,005	0,002	0

4 Discussione e conclusioni

Nella presente ricerca mi sono avvalso di differenti metodologie, tra cui alcune di recentissimo sviluppo quali l'analisi della matrice **R**, per indagare, a partire dalle misure del cranio, le distanze biologiche tra campioni preistorici, protostorici e classico-ellenistici della Sicilia e tra questi e gruppi coevi provenienti da varie regioni che si affacciano sul Mediterraneo.

Ho utilizzato come dati di base le misure dei singoli individui e le medie dei gruppi, trasformate in variabili di forma mediante il criterio proposto da Darroch & Mosimann. Le tecniche statistiche che ho utilizzato sono state l'analisi delle componenti principali (PCA), il *multidimensional scaling* (MDS), l'analisi dei gruppi, oltre alla succitata analisi della matrice **R** e alla matrice di dissimilarità **D**² ad essa connessa.

Una prima analisi ha riguardato i soli campioni maschili della Sicilia. Nonostante siano stati ottenuti risultati differenti, a seconda dei dati di base (misure individuali o medie) e delle metodologie applicate (PCA, MDS e analisi dei gruppi), il quadro che emerge è di una notevole affinità tra il campione di Castiglione, risalente all'antica età del Bronzo, ed il campione dell'Eneolitico siciliano che raggruppa i siti di Grotta della Chiusilla ed Isnello. Molto vicini sono pure i reperti di Magna Grecia, campione che raggruppa individui provenienti da varie necropoli greche arcaiche della Sicilia Orientale, e i reperti ellenistici di Zancle (Messina). I grafici ottenuti con la PCA e con il MDS mostrano chiaramente la divergenza morfologica dei campioni di Uzzo, Stretto Partanna e Marcita rispetto al resto dei gruppi, e tale loro scarsa affinità è confermata anche dall'analisi dei gruppi. Il campione mesolitico di Uzzo, nei dendrogrammi dell'analisi dei gruppi, talvolta si ritrova insieme a Marcita, altre volte insieme a Stretto Partanna, ma le distanze di legame fra questi gruppi sono sempre risultate notevoli. Il campione denominato Castelluccio (siti di Castelluccio e Ponte della Paolina) è risultato distante da Castiglione, nonostante appartengano alla stessa cultura, e più vicino ai campioni Magna Grecia e Zancle. Il campione punico dei siti Caserma Tuköry e Vivai Gitto, abbreviato in TGPunica, non mostra significative affinità per gli altri gruppi, eccezion fatta per Marsala se, per l'analisi dei gruppi, viene utilizzata una matrice di distanze delle mediane dei punteggi fattoriali ottenute dalla PCA. Anche il campione di Pantalica (siti di Pantalica, Plemmyrion e Dessueri) presenta affinità incerte.

Il calcolo della matrice **R** ha permesso di stimare intorno al 71% la varianza fenotipica media tra i gruppi, in accordo con altri studi (Relethford, 2002) che vedono la variabilità umana espressa soprattutto a livello intra-popolazionistico. La matrice **R** ha permesso inoltre

di comparare, per ogni gruppo, la varianza fenotipica osservata con la varianza fenotipica attesa, evidenziando come Marsala, tra i gruppi considerati, è quello che presenta il maggiore scarto positivo. Ciò suggerisce che vi sono stati flussi genetici dall'esterno. Anche Zancle, Uzzo e Marcita potrebbero essere stati interessati da influenze esterne, in ragione del loro scarto positivo. Pantalica appare in equilibrio, mentre gli altri campioni sembrano essere rimasti più isolati.

L'analisi dei gruppi condotta utilizzando la matrice di distanze D^2 connessa alla matrice R mostra un quadro di relazioni tra i gruppi in accordo con le altre analisi e, in modo particolare, con l'analisi dei gruppi che ha utilizzato come dati di base le medie campionarie.

Un'analisi più ampia ha coinvolto, oltre i già citati gruppi della Sicilia, anche reperti cranici maschili provenienti da varie aree del Mediterraneo, al fine di allargare i confini geografici della mia indagine. Anche in questo caso sono stati utilizzati come dati di base sia le medie campionarie sia i dati individuali. Anche in questo caso sono stati utilizzati come dati di base sia le medie campionarie sia i dati individuali. Come già descritto per le precedenti analisi, sono stati ottenuti dendrogrammi leggermente dissimili a seconda del tipo di matrice di distanza utilizzata per l'analisi dei gruppi. Ciò nonostante vi sono risultati comuni che meritano di essere evidenziati: il campione Eneolitico è spesso associato a quello di Castiglione ed al campione di Lerna, sito della media età del Bronzo proveniente dalla Grecia; Zancle ed il campione Magna Grecia, in alcune analisi, sono più affini, rispettivamente, al sito Eneolitico di Narbonne e ai siti di Rinaldone e Populonia, ma in altre analisi sono tra loro vicine; i grafici ottenuti dall'MDS e dalla PCA mostrano Uzzo, Marcita, Stretto Partanna e Marsala distanti dagli altri gruppi.

Come già nei precedenti risultati, l'analisi della matrice R ha evidenziato per Marsala una varianza fenotipica osservata ben maggiore di quella attesa. Anche Zancle, Marcita ed Uzzo hanno prodotto una situazione simile. L'analisi dei gruppi che ha utilizzato la matrice D^2 connessa alla matrice R ha confermato la vicinanza biologica tra Zancle e Magna Grecia e tra Eneolitico e Castiglione, mentre affinità più deboli sono risultate tra il campione TGPunica e quello di Marsala. Gli altri campioni siciliani sono distanti fra loro e dagli altri gruppi non siciliani.

Le metodologie utilizzate per i dati individuali dei campioni maschili della Sicilia e del Mediterraneo sono state ripetute per gli stessi campioni, composti però da individui di entrambi i sessi, l'unica eccezione è costituita dal campione di Marsala che è rappresentato da solo maschi. La comparazione tra questi gruppi "misti" ha prodotto un quadro di risultati coerenti fra loro e in parte differenti dai risultati ottenuti con i soli maschi. L'analisi delle

componenti principali e l'analisi dei gruppi hanno confermato le strette relazioni tra il campione Eneolitico ed il campione di Castiglione, hanno inoltre accentuato le affinità tra Marsala e TGPunica, attenuato quelle tra Zancle e Magna Grecia, ma soprattutto posto in evidenza quelle tra Castelluccio e Pantalica. Stretto Partanna, Uzzo e Marcita sono distanti dagli altri gruppi. L'analisi della matrice **R** rivela per Zancle, Marsala, Uzzo, Marcita e TGPunica una varianza fenotipica osservata maggiore di quella attesa. Stretto Partanna e Pantalica sono invece in equilibrio, mentre più isolate geneticamente appaiono Castiglione, Magna Grecia, Eneolitico e Castelluccio.

Un'ultima analisi ha riguardato un numero maggiore di campioni maschili (vedi tab.2.1). Oltre a quelli siciliani e mediterranei già utilizzati, sono stati aggiunti gruppi, sempre mediterranei, di cui si disponeva delle sole medie campionarie e non dei dati individuali. Ho escluso dall'analisi il campione di Uzzo perché mesolitico. I campioni, siciliani e non, sono stati suddivisi per periodo storico d'appartenenza in un raggruppamento "preistorico" e in un raggruppamento "storico" e studiati separatamente. Ho applicato la PCA e l'analisi dei gruppi a partire dalle medie trasformate e dai punteggi fattoriali.

L'indagine sui campioni "preistorici" ha evidenziato la vicinanza tra il campione Eneolitico e i campioni dell'età del Bronzo provenienti dalla Grecia. Castelluccio è posto vicino al sito peninsulare di Belverde. Pantalica, Marcita e Stretto Partanna, come per le altre analisi, non trovano significative affinità con altri gruppi.

L'indagine sul raggruppamento "storico", utilizzando l'analisi dei gruppi a partire dai punteggi fattoriali, ha rimarcato la vicinanza tra Zancle e Magna Grecia, mentre Marsala e TGPunica si staccano notevolmente dagli altri gruppi. Utilizzando le medie trasformate, la matrice di distanze prodotta per l'analisi dei gruppi produce risultati differenti: Zancle viene associata alla necropoli ellenistico-romana di Potenza e al campione della Grecia ellenistica mentre Magna Grecia è più vicina ai siti romani di Tarragona ed Urbino. TGPunica è vicina al campione protostorico dell'Algeria Centro-Ovest.

In conclusione possiamo dire che il periodo Mesolitico, rappresentato dal sito di Uzzo, ha visto la Sicilia popolata da genti che probabilmente non hanno avuto alcuna relazione con le popolazioni successive dell'Eneolitico e del Bronzo.

L'Eneolitico siciliano, rappresentato dai crani di Grotta della Ciusilla ed Isnello, è risultato in tutte le analisi strettamente affine al campione di Castiglione e, se comparato con gruppi mediterranei, ha mostrato una maggiore affinità con i reperti del Bronzo provenienti dalla Grecia, confermando l'ipotesi di flussi migratori dall'Egeo verso la Sicilia durante questo periodo (Facchini L., 1975).

L'antica età del Bronzo in Sicilia è eterogenea sia dal punto di vista culturale che antropologico. In questo periodo la Sicilia Occidentale esprime la cultura del “Bicchiere Campaniforme” e di Naro-Partanna ad essa collegata; quest'ultima è rappresentata, nella presente ricerca, dai reperti di Stretto-Partanna. La Sicilia Orientale dello stesso periodo vede sorgere la “cultura di Castelluccio” a cui appartengono i reperti del sito eponimo di Castelluccio e quelli del Bronzo antico di Castiglione.

I reperti di Stretto-Partanna appaiono molto dissimili dagli altri reperti siciliani e i reperti dalla cultura di Castelluccio appaiono diversi tra loro. Se Castiglione, infatti, è più affine al gruppo dell'Eneolitico, di contro Castelluccio mostra affinità discordi a seconda dell'analisi effettuata.

Anche durante la media e tarda età del Bronzo la Sicilia evidenzia culture differenti che si accompagnano a gruppi antropologicamente diversi. Marcita nella Sicilia Occidentale e Pantalica in quella Orientale appaiono diversissimi tra loro e, soprattutto Marcita, diverso dagli altri gruppi considerati. L'analisi della matrice R ha evidenziato come Marcita presenti una varianza fenotipica osservata maggiore di quella attesa suggerendo la possibilità di avere ricevuto flussi migratori da altre popolazioni. Pantalica mostra una varianza fenotipica osservata identica a quella attesa, segno di equilibrio genetico.

Non si può tuttavia escludere che i risultati di Stretto Partanna, Castelluccio e Marcita siano affetti da distorsioni dovute all'esiguo numero di individui risultati disponibili per l'analisi per ciascuno di questi campioni.

Se la Sicilia preistorica appare come una realtà composita, non meno variegata è la Sicilia del periodo classico ed ellenistico-romano. Già nell'VIII sec. a.C. i primi colonizzatori greci, rappresentati dal campione denominato “Magna Grecia” (VIII-VI sec. a.C.), occuparono la Sicilia Orientale. Più affini al gruppo ellenistico-romano di Zancle, sulla base dei risultati dell'analisi della matrice R, si può ipotizzare che siano rimasti isolati geneticamente.

A differenza del Gruppo di Magna Grecia, il sito greco di Zancle non è rimasto isolato ma è stato interessato da flussi migratori provenienti da altre popolazioni. Del resto la città ellenistico-romana di Zancle fu un importantissimo e fiorente centro commerciale del Mediterraneo.

Sempre nell'VIII-VI secolo a.C., ad Occidente, la Sicilia fu interessata da un'altra importante colonizzazione: quella fenicia, testimoniata dal campione denominato TGPunica, ascrivibile a questa cultura. I crani di TGPunica non trovano similitudini con gli altri campioni siciliani, eccezion fatta per Marsala, e la loro vicinanza con la serie di crani dell'Algeria centro-occidentale conferma l'ipotesi di un'origine nordafricana.

Il campione di Marsala è composto da individui di età ellenistica e da individui di età imperiale romana. In molte analisi è risultato associato, seppur debolmente, con il campione di “TGPunica” mentre in altre è apparso nettamente separato da tutti gli altri gruppi. L’analisi della matrice **R** ha mostrato per esso un’elevata varianza fenotipica osservata rispetto a quella attesa. Probabilmente Marsala, in origine città punica, ha risentito anche geneticamente, delle successive occupazioni greco-romane..

Questo studio certamente presenta alcuni limiti. Un limite, purtroppo oggi invalicabile, di queste analisi è lo scarso numero di reperti per alcuni campioni. A ciò bisogna aggiungere il cattivo stato di conservazione dei crani, specialmente per quel che riguarda lo splancnocranio, che riduce il numero di misure da poter utilizzare. Inoltre, molti dati, come detto, sono tratti dalle pubblicazioni di Autori diversi e ciò ha comportato la possibilità di introdurre una variabilità aggiuntiva di tipo inter-osservatore, benché le definizioni delle misure siano sempre le medesime e, in teoria, chiaramente standardizzate. Infine, per molti campioni del Mediterraneo sono disponibili soltanto i valori delle medie delle misure, mancando quindi l’informazione della loro variabilità e rendendo inapplicabile l’uso della matrice **R**.

Ciò nonostante, seppur non perfettamente sovrapponibili, posso ritenere i risultati ottenuti soddisfacenti rispetto allo scopo prefisso: sono stati indagati diversi siti preistorici e antichi di una vasta area della Sicilia per far luce sulle loro relazioni biologiche, e l’uso di tecniche statistiche multivariate, tra cui per la prima volta la matrice **R**, dovrebbe aver dato maggior conforto all’attendibilità dei risultati.

Inoltre, il confronto tra le analisi svolte sui dati individuali e quelle condotte sulle medie, e in particolar modo la coerenza tra i risultati dell’analisi dei gruppi a partire dalla matrice D^2 e dell’analisi dei gruppi a partire dalle medie trasformate, incoraggia all’utilizzo di quest’ultime. Questo può essere considerato un altro risultato importante perché sempre più spesso, negli ultimi anni, vengono pubblicate soltanto le medie campionarie.

In conclusione si può affermare che l’insieme dei dati ottenuti, anche se preliminari, possono rappresentare una buona base per approfondimenti successivi sull’Età del Bronzo in Sicilia.

6 Ringraziamenti

Desidero ringraziare tutte le persone che hanno reso possibile la realizzazione di questo lavoro. Innanzitutto voglio esprimere la mia più sincera e profonda gratitudine alla Professoressa Francesca Sammartano che mi ha sempre incoraggiato e seguito con vivo interesse. Sono grato al Professore Domenico Caruso, coordinatore del Dottorato di Ricerca, per avermi sostenuto in questi anni in maniera fattiva. Un grazie va a tutti i Professori del Collegio Docenti che con spirito critico mi hanno fornito preziosi suggerimenti per migliorare questo elaborato. Desidero, inoltre, ringraziare l'Architetto Giuseppina Favara, la Dottoressa Agata Villa e la Dottoressa Rosaria Di Salvo, rispettivamente Direttore, Dirigente e Antropologa del Museo "Antonino Salinas" di Palermo, per avermi fornito i reperti di Uzzo, Marcita e Stretto-Partanna. Ringrazio di cuore anche le Dottoresse Gabriella Tigano e Maria Clara Martinelli, archeologhe della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Messina, per avermi concesso di studiare i reperti di Zancle. Un grazie va anche alla Dottoressa Elsa Pacciani, Antropologa della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, che con generosità ha messo a disposizione di questa tesi i suoi dati personali. Ringrazio il Professore Luca Sineo ed il Dott. Andrea Messina per la loro collaborazione.

Una menzione speciale va al Dott. Giuseppe D'Amore per avermi insegnato con rigore scientifico e abnegazione le metodologie statistiche che ho utilizzato, il suo contributo è stato fondamentale.

Un ultimo ringraziamento, ma non certo per importanza, va ai miei genitori. Dedico, infine, questa straordinaria esperienza del Dottorato di Ricerca a Cinzia, la mia futura moglie, perché possa continuare a starmi vicino e a sostenermi con pazienza e amore.

7 Bibliografia

- ACSADI, G., NEMESKERY, J. (1970). History of Human Life Span and Mortality. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ANGEL, J. L. (1944). A racial analysis of the ancient Greeks. American journal of Physical Anthropology, 2:329-374
- ANGEL, J. L. (1971) Lerna: A Preclassical Site in the Argolid, Volume II — The People (Washington: Smithsonian Institution Press).
- ANGEL, J. L. (1972), Late Bronze Age Cypriotes from Bamboula in: “Bamboula at Kourion”.
- BARBUJANI, G., MAGAGNI, A., MINCH, E., CAVALLI-SFORZA, L.L. (1997). An apportionment of human DNA diversity. Proceedings of the National Accademy of Scienses USA, 94:4516-4519.
- BECKER, M.J. (1985). Metric and Non-metric Data from a Series of Skulls from Mozia, Sicily and a Related Site. Anthropologia contemporanea 8(3): 211-228.
- BECKER, M.J. (1986). An Ethnographical and Archaeological Survey of Unusual Mortuary Procedures as a Reflection of cultiural Diversity: Some suggestions for the interpretation of the human skeletal deposits from excavations at Entella, Sicily, Italy. La Parola del Passato: Rivista di Studi Antichi, 226:31-56.
- BECKER, M.J. (1992). An analysis of the human skeletal remains from two cave sites near Palermo, Sicily: Taphonomic processes at Isnello and the Grotta di Scillato. Sicilia Archeologica, 25 (n.78/79):103-109.
- BECKER, M.J. (1993). An analysis of the remaining Human Skeletal Material. Appendix III. In: Alla Ricerca di Entella, a cura di Giuseppe Nenci. Scuola Normale Superiore di Pisa, pp. 189-190.
- BECKER, M.J. (1995). A revisited interpretation of the functions of the Grotta del Vecchiuzzo near Petralia Sottana and the Grotta dei Cocci at Capaci (Palermo, Sicily)

During the late Neolithic or Early copper age on Analyses of the Human Remains. *Sicilia Archeologica*, 87-89:7-17.

BECKER, M.J. (1997). Bronze Age mortuary patterns in Sicily. Inferences from the human skeletons at Early Bronze Age Salaparuta and Salemi, and middle Bronze age Ulna. *Rivista di Antropologia*, 75:99-116.

BECKER, M.J. (1998). Human skeletons from Iron Age and Medieval Contexts at Morgantina, Sicily, Italy. *Old World Archaeology newsletter*, 21(2):1-16.

BECKER, M.J. (2002). The people of Sicily: studies of human skeletal remains and human biology from the Paleolithic to modern times. *Rivista di Antropologia*, 80:1-120.

BIETTI SESTIERI, A.M. (1997). L'Italia in Europa nella prima età del Ferro: una proposta di ricostruzione storica. *Archeologia Classica*, 50:1-67.

BOAS, F. (1912). Changes in the Bodily Form of Descendants of Immigrants". *American Anthropologist*, Vol. 14, No. 3:530-562

BORGOGNINI TARLI, S. (1976). Studio antropologico di un cranio mesolitico rinvenuto nella grotta della Molara (Palermo-Sicilia). *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, 106:193-228.

BORGOGNINI TARLI, S. (1980). Inquadramento, nel contesto del mesolitico italiano, degli scheletri provenienti da una sepoltura duplice nella grotta dell'Uzzo (Trapani). *Antropologia Contemporanea*, 8(4):335-340.

BORGOGNINI TARLI, S., DELLA SANTINA, D., FRANICALACCI, P., REPETTO, E. (1989). Reconstruction of Mesolithic Diet using Dental Microwear and Trace Element Analysis. The Case of Grotta dell'Uzzo (Sicily). In : *Peoples and Cultures in Change*, a cura di I Herskovits. *BAR International Series*, 508 (i) pp.283-320.

BORGOGNINI TARLI, S., CANCI, A., PIPERNO, M., REPETTO, E. (1993). Dati archeologici e antropologici sulle sepolture mesolitiche della Grotta dell'Uzzo (Trapani). *Bullettino di Paletnologia Italiana* 84, 85-179.

- BORGOGNINI TARLI, S., MASALI, M. (1993). "Osteometria e Morfoscopia dello Scheletro", in: "I Resti Umani nello Scavo Archeologico". A cura di Borgognini Tarli S. e Pacciani E., Bulzoni ed., Roma, 107-169.
- BRACE, C. L., HUNT, K. D. (1990). A Nonracial Craniofacial Perspective on Human Variation: A(ustralia) to Z(uni). *American Journal of Physical Anthropology*, 82: 341-360.
- BRAÜER, G. (1988). Osteometrie. In: Knussman R., editor. *Anthropologie. Handbuck der Vergleichenden Biologie des Menschen*, Band 1: Weser und Methoden der Anthropologie. Struttgart: G. Fisher Verlag. pp. 160-231.
- CAPECCHI, W., MESSERI, P. (1979). *Antropologia*. Società Editrice Universo, Roma.
- CAVALLI-SFORZA, L. L., BODMER, W. (1971). *The genetics of human populations*. San Francisco, CA: W.H. Freeman.
- CHAMLA, M. (1975). Les hommes des sépultures protohistoriques et puniques d'Afrique du Nord (Algérie et Tunisie). *L'Anthropologie* (Paris), vol.79 n.4 pp 659-692.
- COPPA, A., MACCHIARELLI, R., SALVADEI, L. 1981. Craniologia della popolazione dell'eta` del Ferro di Alfedena (Abruzzo, Area Medio-Adriatica). *Rivista di Antropologia* 61:275-290.
- CORRAIN, C. (1957). I resti scheletrici umani della stazione preistorica di Belverde presso Cetona in Toscana. *Rivista di Scienze Preistoriche*, 12:151-219.
- CORRAIN, C. (1971). *Il Divenire Biologico dell'Uomo*. Calderini, Bologna.
- CORRAIN, C., CAPITANIO M., ERSPAMER G. (1982). Alcune necropoli romane delle Marche. *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, 112:151-225.
- CORRAIN, C., CAPITANIO M. (1990). Alcuni resti scheletrici umani da "La Muculufa" (Butera, Caltanissetta) datati all'antica età del Bronzo. *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, 120:127-150.
- CROGNIER, E. (1981). The influence of Climate on the Physical Diversity of European and Mediterranean Populations. *Journal of Human Evol.*, 10: 611-624.

- D'AMORE G., DI MARCO S., TARTARELLI G., BIGAZZI R., SINEO L. (2009). Late Pleistocene human evolution in Sicily: comparative morphometric analysis of Grotta di San Teodoro craniofacial remains. *Journal of Human Evol.*, 56: 537-550.
- D'AMORE, G., DI MARCO, S., DI SALVO, R., MESSINA, A., SINEO, L. (2010). Early human peopling of Sicily: Evidence from the Mesolithic skeletal remains from Grotta d'Oriente. *Annals of Human Biology*, 37(3): 403-426.
- DARROCH, J. N., MOSIMANN J. E. (1985). Canonical and principal components of shape. *Biometrika* 72:241-252.
- DEVOR, E.J. (1987). Transmission of human craniofacial dimensions. *Journal of Craniofacial Genetics*, 7: 95-106.
- DI SALVO, R. (1983). Resti scheletrici umani di tarda età imperiale romana rinvenuti a Marsala. *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia* 113: 287-299.
- DI SALVO, R. (1984). Studio antropologico e paleopatologico dei resti scheletrici umani rinvenuti nella necropoli ellenistico-romana di Marsala (TP). *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, 114: 283-310.
- DI SALVO, R. (1987). Gli inumati di Manuzza-Selinunte (Trapani), IV-III sec. a. C. *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, 117: 259-283.
- DI SALVO, R. (1994a). Analisi preliminare dei resti cranici neolitici della tomba di Roccazzello (Trapani). *Rivista di Scienze Preistoriche*, 46:203-212.
- DI SALVO, R. (1994b). Forme umane nella Preistoria del Basso Belice. In: *La Preistoria del Basso Belice e della Sicilia Meridionale nel quadro della Preistoria siciliana e mediterranea*, a cura di Tusa S., Società siciliana per la storia patria, Istituto di archeologia, Facoltà di lettere, Palermo, 221-233.
- DI SALVO, R. (1998a). Nota antropologica e paleopatologica del gruppo umano dei Vivai Gitto. In: *Palermo punica. Mus. Arch. Reg. A. Salinas*, Sellerio editore, Palermo, 239-245.

- DI SALVO, R. (1998b). Nota antropologica e paleopatologica del gruppo umano di Caserma Tuköry. In: Palermo punica. Mus. Arch. Reg. A. Salinas, Sellerio editore, Palermo, 258-263.
- Di SALVO, R., GERMANÀ, F. (1997). Frequentazione umana nella Sicilia preistorica. In: Prima Sicilia, Alle origini della società siciliana, a cura di Tusa S., Regione Siciliana, 587-607.
- DI SALVO, R., TUSA, S. (1987). I resti scheletrici umani di Marcita (Castelvetrano). *Antropologia Contemporanea* Vol.13 n.2/3: 161-168.
- FABBRIS, L. (1997). *Statistica Multivariata. Analisi Esplorativa dei Dati*. McGraw-Hill, Milano.
- FACCHINI, F. (1972). Sopra una serie di crani dell'età del Bronzo provenienti dalla Necropoli di Castiglione (Ragusa). *Atti XV Riunione dell'Ist. Ital. Preistoria e Protostoria*: 69-86.
- FACCHINI, F. (1975). I reperti scheletrici della necropoli di Castiglione (Ragusa) (Età del Bronzo). *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, 105: 79-155.
- FACCHINI, F., BRASILI GUALANDI P., 1977-79. I reperti scheletrici di età arcaica della necropoli di Castiglione (Ragusa), VII-VI sec. a.C.. *Rivista di Antropologia*, 60: 113-158.
- FACCHINI, F., BRASILI GUALANDI, P. (1980). Reperti scheletrici della Necropoli arcaica di Monte Casasia (Ragusa) (VII-VI sec. a.C.). *Studi etruschi*, 48: 253-275.
- FACCHINI, F., BRASILI, G.P., PETTENER, D. (1982-83). Popolazione dell'Italia meridionale e della Sicilia dal Neolitico al IV sec. a.C. Nota I: Studio craniometrico. *Rivista di Antropologia*, 62: 365-374.
- FAILLA TEBALDI, L. (1891). Scoperta di una necropoli preistorica nel comune di Isnello. *Rivista italiana di scienze naturali e bollettino del naturalista*, XI:7
- FEREMBACH, D., SCHWIDETZKY, I., STLOUKAL, M. (1980). Recommendations for Age and Sex Diagnoses of Skeletons, "Workshop of European Anthropologists". *J Hum Evol* 9:517-49.

- FONT SERRA, A. (1975). Estudio de los restos humanos procedentes de la necropòlis de Son Real, Alcudia, Mallorca, Barcellona.
- GARRALDA, M. D. (1973). Estudio Antropologico de la cueva de san Boso. Aportaciòn al conocimiento del hierro de Mallorca. *Trabaj. Anthropol.*, 16:229-241.
- GARRALDA, M. D. (1975). Estudio Antropologico de la cueva de san Bauzà (Mallorca). *Trabaj. Prehist.*, 32:93-112.
- GERMANÀ, F. (1979). I Paleosardi di Is Aruttas (Cabras-Oristano). Nota I: Antropologia del cranio. *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, vol 109-110 pp 343-392.
- GERMANÀ, F. (1984). Paleosardi di cultura Bonnanaro. *Rivista di Scienze Preistoriche*, 39:179-221.
- GERMANÀ, F. (1994). Antropologia del campaniforme mediterraneo insulare occidentale. In: *La Preistoria del Basso Belice e della Sicilia Meridionale nel quadro della Preistoria siciliana e mediterranea*, a cura di Tusa S., Società siciliana per la storia patria, Istituto di archeologia, Facoltà di lettere, Palermo, pp. 481-495.
- GERMANÀ, F., DI SALVO, R. (1994). Il cranio trapanato di Stretto-Partanna nel quadro delle pratiche chirurgiche dell'Italia preistorica. In: *La Preistoria del Basso Belice e della Sicilia Meridionale nel quadro della Preistoria siciliana e mediterranea*, a cura di Tusa S., Società siciliana per la storia patria, Istituto di archeologia, Facoltà di lettere, Palermo, pp. 411-426
- GILES, F., ELLIOT, O. (1963). Sex determination by discriminant function analysis of crania. *American Journal of Physical Anthropology*, 21:53-68
- GIUFFRIDA RUGGERI, V. (1901-2). Materiale paletnologico di una caverna naturale di Isnello presso Cefalù in Sicilia. *Rivista di Antropologia*, 8 (serie 3): 337-363.
- GIUFFRIDA RUGGERI, V. (1903). Nuovo materiale scheletrico della caverna di Isnello. *Rivista di Antropologia*, 9(1-2): 3-14.
- GIUFFRIDA RUGGERI, V. (1905). Terzo contributo all'antropologia fisica dei Siculi Eneolitici (grotta Chiusilla, alle Madonie presso Isnello, circ. Cefalù). *Rivista di Antropologia*, 11: 56-103.

- GRAZIOSI, P. (1943). Gli scavi dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana nella grotta di S. Teodoro (Messina). (Nota Preliminare). Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Memorie 70:3-20.
- GRAZIOSI, P. (1947). "Gli uomini paleolitici della Grotta di S. Teodoro (Messina)". Rivista di Scienze Preistoriche, 2: 123-239.
- GUGLIELMINO-MATESSI, C. R., GLUCKMAN P., CAVALLI-SFORZA L. L. (1979). Climate and the Evolution of Skull Metrics in Man. American Journal of Physical Anthropology, 50: 549-564.
- HANIHARA, T. (1996). Comparison of Craniofacial Features of Major Human Groups. American Journal of Physical Anthropology, 99: 389-412.
- HARPENDING, H. E JENKINS, T. (1973). Genetic distance among Southern African populations. In: "Methods and Theories of Anthropological genetics", ed. M.H. Crawford e P. L. Workman. Albuquerque, NM: University of New Mexico Press, pp. 177-199.
- HARPENDING, H. E JENKINS, T. (1974). !Kung population structure In: " Genetic Distance", ed . J.F. Crow e C. Denniston. New York, NY: Plenum Press, pp. 137-199.
- HARPENDING, H.C., WARD, R. (1982). Chemical systematics and human evolution. In: MH Nitechi (Ed.): Biochemical Aspects of Evolutionary Biology. Chicago: University of Chicago Press, pp. 213-256.
- HIMES, J. H. (1989). Reliability of Anthropometric Methods and Replicate Measurements. American Journal of Physical Anthropology, 79: 77-80.
- HOWELLS, W. W. (1968). Measurement and analysis in Anthropology. Handbook of Measurement and Assessment in Behavioral Sciences, Dean K. Whitla, ed., 508 pp. Addison-Wesley Publishing Co.
- HOWELLS, W. W. (1969). "Criteria for Selection of Osteometric Dimension". American Journal of Physical Anthropology, 30: 451-458.
- HOWELLS, W.W. (1973). Cranial Variation in Man. A Study of Multivariate Analysis of Patterns of Difference among Recent Human Populations. Papers of the Peabody

Museum of Archaeology and Ethnology, Volume 67. Harvard University, Cambridge, MA.

HOWELLS, W.W. (1989). Skull Shapes and the Map. Craniometric Analysis in the Dispersion of Modern Homo. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Volume 79. Harvard University, Cambridge, MA.

ISCAN, M. Y. (1993). Craniofacial Analysis, Reconstruction, and Identification in: Forensic Analysis of the Skull, Wiley-Liss Publication New York. J.L. Benson (ed.), Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania, pp.148-165.

JABLONSKI, N. J., CHAPLIN, G. (2000). The evolution of human skin coloration . Journal of Human Evolution, 39:57-106

JAMISON, P. L., WARD, R. E. (1993). Brief Communication: Measurement Size, Precision, and Reliability in Craniofacial Anthropometry: Bigger is Better. American Journal of Physical Anthropology, 90: 495-500.

JAMISON, P. L., ZEGURA, S.L., (1974). A Univariate and Multivariate Examination of Measurement Error in Anthropometry. American Journal of Physical Anthropology, 40: 197-204.

JUNGERS, W. L., FALSETTI A. B., WALL C. E. (1995). Shape, Relative Size, and Size-adjustments in Morphometrics. Yearbook of Physical Anthropology, 38: 137-161.

KEITA, S. O. Y. (1988). An Analysis of Crania from Tell-Duwier using multiple discriminants functions. American Journal of Physical Anthropology, 75: 375-390.

KEMPER, H. C. G., PIETERS, J. J. L. (1974). "Comparative Study of Anthropometric Measurements of the Same Subjects in Two Different Institutes". American Journal of Physical Anthropology, 40: 341-344.

LEIGHTON, R. (1996) (a cura di). Early Societies in Sicily: New Developments in Archaeological Research. Accordia Research Centre (Accordia Specialist Studies on Italy 5), London.

LOMBARDI PARDINI, E. (1980). Gli scheletri etruschi di Populonia. Seminario di Scienze Antropologiche, 2:

- LYONS, C. (1996). *Morgantina Studies Volume 5, The Archaic Cemeteries*. Princeton University Press, Princeton.
- MALLEGNI, F. (1985-86). Il villaggio neolitico di Piano Vento presso Palma di Montechiaro. *Quaderni dell'Istituto di Archeologia della Facoltà di Lettere e Filosofia della Università di Messina*, 1:19-29.
- MALLEGNI, F. (1993). Gli inumati dell'età del Rame della Necropoli di Piano Vento di Palma di Montechiaro (Agrigento). *Sicilia Archeologica*, 83:97-100.
- MALLEGNI, F., BARTOLI, F., RONCO, D. (1994). I reperti umani del deposito funerario di Contrada Menta (Milena, Caltanissetta). In: *La Preistoria del Basso Belice e della Sicilia Meridionale nel quadro della Preistoria siciliana e mediterranea*, a cura di Tusa S., Società siciliana per la storia patria, Istituto di archeologia, Facoltà di lettere, Palermo, 375-385.
- MALLEGNI, F., USAI, L. (1997). Paleobiologia del gruppo umano della sepoltura collettiva della grotta Ticchiara. In: *La Grotta Ticchiara ed il castellucciano agrigentino*. Nuova Grafica, Regione Sicilia, Assessorato regionale beni culturali ed ambientali e della Pubblica Istruzione, Palermo. *Quaderni*, 3:209-236.
- MARTIN, R., SALLER, G., 1957. *Lehrbuch der Anthropologie*, 3 ed. Fischer-Verlag, Stuttgart.
- MAVIGLIA, C. (1940). Squeletti umani del Paleolitico Superiore rinvenuti nella Grotta di S. Teodoro (Messina). *Archivio per l'Antropologia e la Etnologia*, 70:94-104.
- MESSERI, P. (1953). Contributo all'antropologia degli Etruschi, *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, 73:169-180.
- MOSS, L. M., YOUNG, E. W. (1960). A Functional Approach to Craniology. *American Journal of Physical Anthropology*, 18: 281-291.
- ORSI, P., 1890. Nuove scoperte nelle necropoli sicule della provincia di Siracusa. *Bullettino Paletnologia Italiana*, 16: 77-81.
- ORSI, P., 1891. La necropoli sicula del Plemmirio (Siracusa). *Bullettino Paletnologia Italiana*, 17: 115-139.

- PARDINI, E. (1976). I resti umani della Grotta Maniace (Etna, Sicilia), età del bronzo. *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, 106:573-580.
- PARDINI, E. (1979). Gli inumati di Shar-i Sokta (Sistan, Iran). *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, 109-110:521-608.
- PARENTI, R. (1959). Antropologia della Sicilia eneolitica: saggio di sintesi etnogenica. *Scienza e Tecnica*, 3(1):7-51
- PARENTI, R. (1963). Studio antropologico d'un gruppo di scheletri eneolitici riferibili alla civiltà di Rinaldone. *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, 92: 5-39.
- PARENTI, R. (1974). Introduzione allo Studio dell'Antropologia Fisica. Pellegrini, Pisa.
- PASSARELLO, P., ALCIATI, G. (1969). Su una collezione di crani antichi della Sicilia orientale. *Rivista di Antropologia*, 56: 81-96.
- PONS, J. (1949). Restos humanos procedentes de la necropolis de època romanade Tarragona y Ampurias (Gerona). *Trab. Inst. Bernardino de Sahagun*, 7:19-202.
- RELETHFORD, J. H. (1994). Craniometric Variation Among Modern Human Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 95: 53-62.
- RELETHFORD, J.H. (1997). Hemispheric differences in human skin color. *Am J Phys Anthropol* 104:449–457.
- RELETHFORD, J.H. (2001). Global analysis of regional differences in craniometric diversity and population substructure. *Human Biology* 73:629–636.
- RELETHFORD, J. H. (2002). Apportionment of Global Human Genetic Diversity based on Craniometrics and Skin Color. *American Journal of Physical Anthropology*, 118: 393-398.
- RELETHFORD, J. H. (2003). Anthropometric data and population history. In : “Human biologists in the Archives: Demography, Health, Nutrition and Genetic in Historical population”, ed. D. A. Herring e A. C. Swedlund. Cambridge: Cambridge University Press, pp 32-52.

- RELETHFORD, J. H. (2004). Boas and beyond: migration and craniometrics variation. *American Journal of Human Biology* 16:379-386.
- RELETHFORD, J. H., LEES F. C. (1982). The Use of Quantitative Traits in the Study of Human Population Structure". *Yearbook of Physical Anthropology*, 25: 113-132.
- RELETHFORD J. H, BLANGERO J. (1990). Detection of differential gene flow from patterns of quantitative variation. *Hum Biol* 62:5–25.
- RELETHFORD J. H., HARPENDING H. C. (1994). Craniometric variation, genetic theory, and modern human origins. *Am J Phys Anthropol* 95:249–270.
- RELETHFORD, J. H., CRAWFORD, M.H., BLANGERO, J. (1997). Genetic drift and gene flow in post-famine Ireland. *Hum Biol* 69:443–465.
- RIQUET, R. (1962). Les cranes préhistoriques de la collection Hélène (Narbonne). *Bullettins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* XI series pp 480-522.
- ROSEMAN, C. C. (2004). Detecting interregionally diversifying natural selection on modern Human cranial form by using matched molecular and morphometric data. *PNAS*, 101 n. 35:12824-12829.
- ROSEMAN, C. C., WEAVER, T. D. (2004). Multivariate apportionment of global Human craniometric diversity. *American Journal of Physical Anthropology*, 125: 257-263.
- RUBIN, D.B. (1987). *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys*. J. Wiley & Sons, New York.
- RUBINI, M., BONAFEDE, E., MOGLIAZZA, S. (1999). The Population of East Sicily During the Second and First Millennium BC: The Problem of the Greek Colonies. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9:8-17
- SCARSINI, C., HÖLZL, M. L. (1986). Morfologie Usate per la Valutazione dell'Età sullo Scheletro. *Atti del 2° Convegno Nazionale di Ecologia Umana: Ecologia e Longevità*, 233-245.
- SCHAFER, J.L. (1997). *Analysis of Incomplete Multivariate Data*. Chapman & Hall, London.

- SCHAFER, J.L. (1999). 'NORM: multiple imputation of incomplete multivariate data under a normal model, version 2.03', software for Windows 95/98/NT, available from <www.stat.psu.edu/~jls/misoftwa.html>
- SCWIDETZKY, I. (1979). Beitrag zur Anthropologie der punisch-römischen Zeit von Ibiza (Poig des Molins, San Antonio). *Homo*, 30
- SCWIDETZKY, I. (1980). The Punic population of Malta. *Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia*, vol 109-110 pp 619-625.
- SCHWIDETZKY, I., RÖSING, F.W. (1989). Vergleichendstatistische Untersuchungen zur Anthropologie von Neolitikum und Bronzezeit. *Homo*, 40:4-45
- SERGI G., (1893). Le varietà Umane. Principi e metodo di classificazione. *Atti della Società Romana di Antropologia*, 1: 17-74.
- SERGI G., (1895). Crani siculi neolitici. *Atti della Società Romana di Antropologia*, 2: 281-287.
- SERGI G., (1900). Crani preistorici della Sicilia. *Atti della Società Romana di Antropologia*, 6: 3-13.
- SJÖVOLD, T. (1984). A report on the heritability of some cranial measurements and non-metric traits" in G.N. van Vark and W.W. Howells (eds), *Multivariate Statistical Methods in Physical Anthropology*, 223-246. Reidel Publishing Company.
- SNEATH, P.H.A., SOKAL, R.R. (1973). *Numerical Taxonomy*. Freeman, San Francisco.
- SOKAL, R. R., UYTTERSCHAUT H., ROESING F. W., SCHWIDETZKY I. (1987). A classification of European Skulls from three time periods. *American Journal of Physical Anthropology*, 74: 1-20.
- SPARKS, C. S., JANTZ, R. L. (2002). A reassessment of Human cranial plasticity: Boas revisited. *PNAS*, 99 n. 23:14636-14639.
- SPATAFORA, F., MANNINO, G. (1994). Tombe eneolitiche nella Sicilia occidentale. *Rivista di Scienze Preistoriche*, 46:191-201

- STEWART, T. D. (1943). Relative variability of Indian and white cranial series. *American Journal of Physical Anthropology*, 1: 261-270.
- TESTUT L. (1945). *Anatomia Umana. Osteologia*, UTET, Torino.
- TIGANO, G., (2003). Scavi nella Necropoli lungo la via Cesare Battisti (Isolati 83 e 96) In: *Da Zancle a Messina. Un percorso archeologico attraverso gli scavi*. A cura di Bacci, M.A. e Tigano, G., Sicania, pp. 77-88
- TUSA, S. (1992). *La Sicilia nella Preistoria*. Sellerio editore, Palermo.
- TUSA, S. (1994). *Sicilia Preistorica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- TUSA, S. (a cura di), (1994). *La Preistoria del Basso Belice e della Sicilia Meridionale nel quadro della Preistoria siciliana e mediterranea*, Società siciliana per la storia patria, Istituto di archeologia, Facoltà di lettere, Palermo.
- TUSA, S. (1996). From hunter-gatherers to farmers in western Sicily. In: *Early Societies in Sicily*, a cura di Robert Leighton. Accordia Research Centre, Londra pp.41-55.
- TUSA, S. (a cura di), (1997). *Prima Sicilia. Alle origini della società siciliana*. Arti Grafiche Siciliane, Palermo.
- UBELAKER, DH (1989). *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation*. Taraxacum, Washington.
- UTERMOHLE, C. J., ZEGURA, S. L. (1982). Intra-and Interobserver Error in Craniometry: A Cautionary Tale. *American Journal of Physical Anthropology*, 57: 303-310.
- VAN VARK, G. N., SCHAAFSMA, W. (1992). Advances in the quantitative analysis of skeletal morphology. In: *Skeletal biology of the past peoples: research methods*, a cura di Saunders S. R., Katzenberg M. A., Wiley-Liss, Inc., 225-257
- VAN VARK, G. N., VAN DER SMAN, P. G. M., DEN AREND A., HAZEWINDUS S. K. (1985). The statistical significance of an association between skull morphology and climatic conditions. *Homo*, 36:232-241.

- VARGIU, R., COPPA, A., LUCCI, M., CUCINA, A. (1997). Population relationship and non-metric dental traits in Copper and Bronze Age Italy. *American Journal of Physical Anthropology*, 24:232.
- VECCHI, F. (1969). Caratteri discontinui del cranio in antiche popolazioni dell'Italia. *Rivista di Antropologia*, 56:157-183.
- WHITE, T. D., FOLKENS, P.A. (2000). *Human Osteology* (2nd ED.). San Diego, California: Academic Press.
- WHITEHOUSE, R. D. (1994). Società ed Economia nel Neolitico Italiano. Le problematiche dei Fossati. In: *La Preistoria del Basso Belice e della Sicilia Meridionale nel quadro della Preistoria siciliana e mediterranea*, a cura di Tusa S., Società siciliana per la storia patria, Istituto di archeologia, Facoltà di lettere, Palermo, pp. 275-286.
- WILLIAMS-BLANGERO, S. e BLANGERO, J. (1989). Anthropometric variation and genetic structure of the Jirels of Nepal. *Human Biology*, 61:1-12.

APPENDICE

Tab. 3.1. Statistiche dei campioni: N.Ind=numero di individui; Dev.St=deviazione standard; CV= coefficiente di variazione; Mis=misura

Campione	Statistica	Mis 1	Mis 5	Mis 8	Mis 9	Mis 17	Mis 48	Mis 52	Mis 54	Mis 55
Bamboula	N.Ind	16	15	16	16	16	10	13	11	10
Bamboula	Media	181,56	98,87	142,13	95,38	131,44	66,50	31,23	26,00	48,70
Bamboula	Dev.St.	6,35	7,16	7,23	5,19	4,53	1,65	1,79	4,71	2,91
Bamboula	CV	3,49	7,24	5,09	5,44	3,45	2,48	5,72	18,12	5,97
Castiglione	N.ind	17	7	21	15	8	7	7	7	7
Castiglione	Media	186,65	104,71	139,33	97,80	140,13	65,71	31,57	24,29	50,14
Castiglione	Dev. St.	7,39	2,81	5,69	3,76	4,09	4,72	2,57	2,56	4,71
Castiglione	CV	3,96	2,68	4,08	3,85	2,92	7,18	8,15	10,56	9,38
Algeria protostorica Centro Ovest	N. Ind	13	9	13	12	9	9	9	8	8
Algeria protostorica Centro Ovest	Media	191,97	102,44	137,76	98,95	135,88	72,11	32,88	24,87	51,50
Algeria protostorica Centro Ovest	Dev.St.	7,74	ND	4,77	0,51	ND	ND	ND	ND	ND
Algeria protostorica Centro Ovest	CV	4,03	ND	3,46	0,52	ND	ND	ND	ND	ND
Algeria protostorica Est	N. Ind	47	28	48	48	30	31	35	33	32
Algeria protostorica Est	Media	187,83	104,39	138,93	95,86	136,85	70,75	33,59	25,67	51,31
Algeria protostorica Est	Dev.St.	6,03	5,54	4,95	4,86	5,85	4,32	1,74	1,96	2,84
Algeria protostorica Est	CV	3,21	5,31	3,56	5,07	4,27	6,11	5,18	7,64	5,53
Tunisia Protostorica-Punica	N. Ind	17	14	18	17	15	15	15	15	15
Tunisia Protostorica-Punica	Media	189,12	104,53	139,62	98,68	134,63	72,15	34,05	25,12	52,15
Tunisia Protostorica-Punica	Dev.St.	7,02	4,38	7,35	4,62	5,82	5,38	2,99	1,40	3,10
Tunisia Protostorica-Punica	CV	3,71	4,19	5,26	4,68	4,32	7,46	8,78	5,57	5,94
Algeria Romana Centro-Est	N. Ind	23	ND	21	22	18	18	15	18	19
Algeria Romana Centro-Est	Media	191,94	ND	141,00	100,67	135,26	71,83	33,58	26,45	52,53
Algeria Romana Centro-Est	Dev.St.	8,79	ND	6,87	5,12	4,44	4,46	2,32	2,66	3,22
Algeria Romana Centro-Est	CV	4,58	ND	4,87	5,09	3,28	6,21	6,91	10,06	6,13

Campione	Statistica	Mis 1	Mis 5	Mis 8	Mis 9	Mis 17	Mis 48	Mis 52	Mis 54	Mis 55
Malta	N.ind	23	ND	20	25	18	20	20	22	20
Malta	Media	189,60	ND	142,20	97,60	137,70	71,30	31,70	24,20	51,60
Malta	Dev.St.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Malta	CV		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ibiza	N.ind	12	ND	12	15	8	12	14	11	12
Ibiza	Media	187,80	ND	142,10	96,40	134,40	69,90	32,30	23,70	51,30
Ibiza	Dev.St.		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ibiza	CV		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Baleari	Media	187	ND	140,4	97,4	135,7	69,3	32,6	23,4	51,2
Baleari	Dev.St.		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Baleari	CV		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tarragona	N.ind	22	ND	22	26	19	23	23	24	22
Tarragona	Media	186,8	ND	142	96,9	133,7	72	33,7	24,9	52,9
Tarragona	Dev.St.		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tarragona	CV		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Eneolitico	N.Ind.	14	5	13	13	5	9	9	8	9
Eneolitico	Media	189,68	101,60	140,92	96,23	135,40	67,17	31,50	24,81	50,67
Eneolitico	Dev.St.	5,60	4,34	3,82	2,80	1,52	2,60	1,66	2,14	1,73
Eneolitico	CV	2,95	4,27	2,71	2,91	1,12	3,87	5,26	8,61	3,42
Urbino	N.Ind	19	ND	21	19	10	9	2	9	9
Urbino	Media	186,5	ND	141	97	133,3	71,8	34,5	25,1	53,3
Urbino	Dev.St.	5,8	ND	4,9	4,65	9,46	3,75	1,5	2,98	2,93
Urbino	CV	3,11	ND	3,48	4,79	7,10	5,22	4,35	11,87	5,50
Potenzia	N.Ind	19	ND	22	15	10	9	9	6	8
Potenzia	Media	183,4	ND	143	97,5	135,2	69,5	32,8	24,8	50,4
Potenzia	Dev.St..	6,3	ND	8	4,4	3,2	7	2,4	1,8	3,5
Potenzia	CV	3,44	ND	5,59	4,51	2,37	10,07	7,32	7,26	6,94

Campione	Statistica	Mis 1	Mis 5	Mis 8	Mis 9	Mis 17	Mis 48	Mis 52	Mis 54	Mis 55
Marcita	N.ind	4	3	3	4	3	2	3	3	3
Marcita	Media	188,00	101,50	147,00	99,50	137,33	73,50	29,33	23,83	49,67
Marcita	Dev.St.	5,05	2,18	4,36	3,49	2,02	1,41	1,26	1,61	3,25
Marcita	CV	2,69	2,15	2,97	3,51	1,47	1,92	4,29	6,74	6,55
Zancle	N.ind	17	14	16	20	13	14	20	19	17
Zancle	Media	186,24	99,96	145,47	96,75	132,73	72,43	33,53	23,97	51,79
Zancle	Dev.St.	6,98	5,58	6,44	3,42	5,85	6,40	3,15	1,87	3,12
Zancle	CV	3,75	5,58	4,43	3,54	4,41	8,84	9,39	7,82	6,03
Paleosardi Bonnàvaro	N.ind	45	14	44	33	17	19	20	13	13
Paleosardi Bonnàvaro	Media	185	102	140,3	97,8	131,8	70,2	32,4	24,4	54
Paleosardi Bonnàvaro	Dev.St.	8,4	8,2	7,3	3,9	7,3	4,8	2,8	1,4	4,3
Paleosardi Bonnàvaro	CV	4,54	8,04	5,20	3,99	5,54	6,84	8,64	5,74	7,96
Lerna	N.ind	41	31	42	42	0	39	41	36	37
Lerna	Media	185,83	104,45	140,48	99,36	ND	68,03	32,02	24,86	49,81
Lerna	Dev.St.	8,31	8,99	7,09	7,67	ND	4,84	2,06	1,99	3,94
Lerna	CV	4,47	8,61	5,05	7,72	ND	7,11	6,42	8,00	7,92
Uzzo	N.ind	3	2	3	4	2	3	3	3	3
Uzzo	Media	188,33	98,00	146,67	94,75	138,50	65,67	28,17	20,83	50,00
Uzzo	Dev.St.	1,61	2,83	1,15	2,10	10,61	2,93	2,02	1,53	2,18
Uzzo	CV	0,85	2,89	0,79	2,22	7,66	4,46	7,17	7,33	4,36
TGPunica	N.ind	5	2	5	3	2	2	3	3	3
TGPunica	Media	183,60	97,50	132,80	94,00	131,00	68,50	34,33	22,00	50,67
TGPunica	Dev.St.	7,13	2,12	6,53	3,00	5,66	0,71	1,53	2,00	1,15
TGPunica	CV	3,88	2,18	4,92	3,19	4,32	1,03	4,45	9,09	2,28

Campione	Statistica	Mis 1	Mis 5	Mis 8	Mis 9	Mis 17	Mis 48	Mis 52	Mis 54	Mis 55
Is Aruttas	N.ind	7	7	7	7	7	7	7	8	7
Is Aruttas	Media	187,00	104,64	132,14	95,29	136,29	70,86	31,43	23,69	54,00
Is Aruttas	Dev.St	6,22	5,27	4,45	4,65	5,28	3,53	1,51	1,22	3,11
Is Aruttas	CV	3,33	5,04	3,37	4,88	3,88	4,98	4,81	5,16	5,76
Rinaldone	N.ind	12	12	12	12	12	11	11	11	11
Rinaldone	Media	182,92	99,92	138,83	96,75	134,83	70,41	33,23	24,50	52,41
Rinaldone	Dev. St.	5,37	4,85	3,83	3,52	3,30	3,50	1,74	1,10	3,02
Rinaldone.	CV	2,93	4,86	2,76	3,64	2,45	4,97	5,23	4,47	5,77
Shahr-i Sokhta	N.Ind.	15	14	15	13	14	13	14	13	13
Shahr-i Sokhta	Media	187,67	103,43	139,87	96,54	139,57	70,69	32,43	26,15	51,92
Shahr-i Sokhta	Dev.St.	9,60	7,87	7,42	4,70	9,18	4,96	1,70	2,76	3,55
Shahr-i Sokhta	CV	5,12	7,61	5,31	4,87	6,58	7,01	5,23	10,57	6,83
Belverde Cetosa	N.Ind.	16	11	13	16	10	11	13	12	11
Belverde Cetosa	media	182,18	106,97	142,41	96,81	134,46	65,57	31,41	23,75	51,49
Belverde Cetosa	Dev. St.	5,42	23,02	3,31	5,00	5,73	2,67	2,04	1,15	3,16
Belverde Cetosa	CV	2,98	21,52	2,32	5,17	4,26	4,08	6,49	4,84	6,13
Stretto Partanna	N.Ind.	5	1	2	5	2	1	2	1	1
Stretto Partanna	Media	186,70	103,00	156,00	95,00	133,00	65,50	33,50	21,50	52,00
Stretto Partanna	Dev.St.	6,26	ND	0,71	3,59	2,83	ND	1,41	ND	ND
Stretto Partanna	CV	3,35	ND	0,45	3,78	2,13	ND	4,22	ND	ND
Magna Grecia	N.Ind.	10	7	11	9	6	5	6	3	5
Magna Grecia	Media	188,50	100,43	143,73	99,50	133,33	72,00	33,83	24,00	54,00
Magna Grecia	Dev.St.	3,21	5,91	4,22	5,09	7,34	2,52	2,14	1,80	0,71
Magna Grecia	CV	1,71	5,88	2,94	5,11	5,50	3,51	6,32	7,51	1,31

Campione	Statistica	Mis 1	Mis 5	Mis 8	Mis 9	Mis 17	Mis 48	Mis 52	Mis 54	Mis 55
Pantalica	N.Ind.	10	4	8	10	4	6	8	6	7
Pantalica	Media	181,05	103,63	144,00	94,30	139,00	70,08	31,63	24,00	53,29
Pantalica	Dev.St.	5,65	4,64	4,69	2,64	2,71	4,32	2,50	2,10	3,50
Pantalica	CV	3,12	4,48	3,26	2,80	1,95	6,16	7,92	8,74	6,57
Castelluccio	N.ind.	7	4	7	7	4	4	4	4	3
Castelluccio	Media	178,36	98,50	140,64	96,50	131,25	67,50	30,50	24,00	50,33
Castelluccio	Dev.St.	7,97	4,36	4,55	4,63	5,85	4,12	1,29	2,00	0,58
Castelluccio	CV	4,47	4,43	3,24	4,80	4,46	6,11	4,23	8,33	1,15
Populonia	N.Ind	9	8	10	10	8	5	5	7	7
Populonia	media	186,44	101,88	141,70	96,05	136,88	71,40	34,20	24,64	53,43
Populonia	Dev.St.	6,50	4,58	5,08	3,53	2,85	2,88	1,30	1,11	2,23
Populonia	CV	3,49	4,50	3,58	3,68	2,08	4,03	3,81	4,49	4,17
Alfedena	N.Ind	33	22	33	33	30	23	26	24	24
Alfedena	Media	186,18	99,46	139,04	95,68	133,31	68,96	32,57	23,86	50,54
Alfedena	Dev.St.	6,20	3,77	3,36	5,42	5,30	3,42	2,04	1,56	3,03
Alfedena	CV	3,33	3,79	2,42	5,66	3,98	4,96	6,26	6,54	6,00
Narbonne	N.ind	23	16	23	22	17	17	17	14	14
Narbonne	Media	185,65	100,94	144,26	96,64	136,88	69,88	32,21	24,07	49,71
Narbonne	Dev.St.	6,45	4,01	5,49	4,90	6,84	3,59	1,61	1,77	2,79
Narbonne	CV	3,47	3,97	3,80	5,07	4,99	5,13	5,00	7,37	5,60
Grecia Bronzo Antico	Media	186,8	ND	140,1	97,5	135,7	70,2	33,6	23,6	51,5
Grecia Bronzo Medio	Media	185,6	ND	140,3	97,8	134,6	67,6	32	24,4	49,6
Grecia Bronzo Tardo	Media	185,2	ND	141,5	95,9	133,6	66,7	32,5	23,9	49
Kreta MTMinoico	Media	184,5	ND	138,6	96,3	131,4	68	32,2	24,1	50,5
Grecia Sub-Miceneo Geometrico	Media	185	ND	141,4	95,9	133,6	68,6	32,4	24,2	50,6
Grecia Classica	Media	186,7	ND	140,8	96,8	133	69	32,9	24,7	50,8
Grecia Ellenistico-Romana	Media	184,4	ND	142,5	96,7	133,2	69,7	33,5	24,8	50,8