



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA

Biologia e Biochimica dell'Uomo e dell'Ambiente

Ciclo XXVIII

TITOLO TESI

**CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DELLA POPOLAZIONE
SARDA DAL NEOLITICO AL XIX SECOLO: CRANIOMETRIA E
STATURA**

Settore scientifico disciplinari di afferenza

BIO/08

Presentata da	Patrizia Martella
Coordinatore Dottorato	prof. Emanuele Sanna
Tutor	prof. Emanuele Sanna

Esame finale anno accademico 2015 – 2016
Tesi discussa nella sessione d'esame marzo – aprile 2017

*A mio marito, Daniele
e alla mia famiglia (estesa)
passata, presente e futura.*

INDICE

1	Introduzione	1
1.1	Antropologia Biologica in Sardegna	2
1.2	Statura e morfometria cranio-facciale nella preistoria e protostoria Sarda	6
1.3	Scopo e finalità della ricerca	7
2	Storia della Sardegna	9
2.1	Il Neolitico	12
2.2	L'Eneolitico	15
2.3	L'età del Bronzo e la Civiltà Nuragica	17
2.4	L'età del Ferro e L'età Storica	23
2.5	Il Medioevo e l'età Moderna	25
3	Morfometria cranio-facciale	27
INTRODUZIONE		
3.1	La Morfometria cranio-facciale e le distanze genetiche	28
3.1.1	<i>Craniometria e statistica multivariata</i>	<i>31</i>
MATERIALI E METODI		
3.2	Materiali	34
3.3	Metodi	41
3.3.1	<i>Metodi di analisi statistica</i>	<i>45</i>
RISULTATI E DISCUSSIONE		
3.4	Risultati	59
3.5	Discussione	73
4	Stima della statura	79

INTRODUZIONE

4.1	La statura	80
4.1.1	<i>Metodi per la stima della statura</i>	81
4.1.2	<i>I cambiamenti secolari della statura</i>	88

MATERIALI E METODI

4.2	Materiali	90
4.3	Metodi	93

RISULTATI E DISCUSSIONE

4.4	Risultati	101
4.5	Discussione	107

5	Conclusioni	114
---	-------------------	-----

Appendice	116
-----------	-------	-----

Ringraziamenti	132
----------------	-------	-----

Bibliografia	134
--------------	-------	-----

1. INTRODUZIONE

L'insieme delle tecniche e dei metodi utilizzati per rilevare e studiare i caratteri metrici del corpo umano costituiscono l'Antropometria, ramo dell'Antropologia Biologica (o Antropologia Fisica), che nel 1947 Hrdlička così definì: "Anthropometry is a system of techniques. It is the systematized art of measuring and taking observations on man, his skeleton, his brain or other organs, by the most reliable means and methods, for scientific purposes."

Le tecniche antropometriche e le misurazioni riguardanti lo scheletro vengono inquadrare nell'ambito dell'Osteometria.

La raccolta delle principali dimensioni delle ossa permette di definire parametri morfometrici, elementi della costituzione fisica e proporzioni corporee dei singoli individui e conseguentemente delle popolazioni. I dati raccolti possono quindi essere utilizzati per una caratterizzazione dell'individuo o della popolazione stimandone la statura, la massa corporea, indici o ancora, tramite alcune misure, è possibile diagnosticare il sesso e l'età di un individuo.

Le misure antropometriche sono caratteri quantitativi che essendo determinati anche geneticamente possono essere utilizzate per stimare la variabilità tra le popolazioni e valutarne sia la diversità sia la continuità biologica, fornendo quindi utili informazioni sulla struttura e sulla storia biologica della popolazione (D'Amore et al., 2010B; Dudzik e Kolatorowicz, 2016).

La maggior parte dei tratti quantitativi utilizzati per valutare l'affinità tra le popolazioni umane sono quelli poligenici tra cui i caratteri antropometrici (Relethford e Lees, 1982). I caratteri quantitativi poligenici sono determinati dall'azione congiunta di più geni e da influenze non genetiche ed a causa della somma di questi effetti possono assumere una distribuzione normale (Relethford e Lees, 1982). Nell'ambito della Morfometria, studio quantitativo e comparativo dei caratteri morfologici, le misure del cranio sono le variabili maggiormente utilizzate per stimare le relazioni genetiche, quindi valutare le distanze biologiche tra le popolazioni, in quanto all'origine di questi caratteri vi è una moderata

componente genetica (Roseman, 2004; Johannsdottir et al., 2005; Carson, 2006; Harvati e Weaver, 2006; Baydas et al., 2007; Sherwood et al., 2008, 2011; Weaver et al., 2008; Jelenkovic et al., 2010).

La statura è una variabile biometrica quantitativa che, assieme alla massa corporea, consente di descrivere le dimensioni corporee degli individui (Ruff et al., 2012a; Pomeroy e Stock, 2012). Essendo influenzata anche dalle condizioni ambientali può fornire preziose informazioni sulla qualità della vita degli individui (Eveleth and Tanner, 1990; Bogin e Keep, 1999; Steckel e Rose, 2002; Cohen e Crane-Kramer, 2007; Malina et al., 2010; Ulijaszek e Komlos, 2010; Ruff et al., 2012), può riflettere sia gli adattamenti climatici sia l'ambiente di vita degli individui e dunque delle comunità (Trotter, 1970; Trinkaus, 1981; Tanner et al., 1982; Ruff, 1991; Meadows e Jantz, 1995; Jantz e Jantz, 1999; Bogin e Rios, 2003; Bogin et al., 2002; Weinstein, 2005; Frisancho, 2007; Holliday e Hilton, 2010;).

1.1 Antropologia Biologica in Sardegna

In Sardegna i primi studi di Antropologia Biologica risalgono alla fine del XIX secolo e furono rivolti all'osservazione, descrizione e classificazione della popolazione sarda. I primi dati antropologici ed antropometrici sono di Gillebert Dhercourt che nel 1882 si recò nell'isola "in missione" per la Società d'Anthropologie de Paris (Ardu Onnis 1895-1896). Studiò l'indice cefalico di crani "antichi" custoditi presso i musei di Sassari e Cagliari, riscontrando l'assenza di brachicranici e la predominanza di doliocranici. Dhercourt si concentrò anche sullo studio della statura su un campione di circa 100 individui, attribuendo la bassa statura ad una influenza di "razza" e non ambientale. Il tema della bassa statura in Sardegna fu un tema ricorrente nel XIX secolo, in quanto Antropologi quali Sergi, Ardu Onnis e Niceforo ipotizzarono la presenza di Pigmei nella popolazione sarda (Sanna, 2015).

Giuseppe Sergi fu professore di Antropologia presso l'Università di Bologna (1880-1884) e successivamente a Roma (1884-1916), propose un nuovo metodo di valutazione della morfologia del cranio e ipotizzò la presenza di una varietà umana microcefalica e di bassa statura in Europa meridionale ed in Melanesia.

Efisio Ardu Onnis, medico dell'Istituto anatomico della R. Università di Sassari, su incarico del prof. Lombroso collezionò crani dalle varie regioni dell'isola da destinare al Museo di medicina legale di Torino. I crani raccolti a questo scopo vennero misurati e classificati secondo il metodo tassonomico di Sergi (Ardu Onnis, 1895-96). A sostegno dell'esistenza di individui appartenenti ad una "varietà pigmea" in Sardegna, Ardu Onnis effettuò ulteriori misurazioni sia su un campione vivente (12 maschi e 7 femmine) "adulti, sani e ben proporzionati, sicuramente sardi" (Ardu Onnis, 1895-96) sia su un campione scheletrico costituito da 13 crani maschili e 10 femminili "micro- ed oligocefali". Le conclusioni tratte da Ardu Onnis su un campione così ridotto, costituito da individui in età avanzata (maschi tra i 24-82 e femmine tra 29-70 anni) con basse stature (maschi tra 1,36 e 1,50 m e femmine tra 1,28 e 1,50 m) e distinti da caratteri definiti dall'autore di inferiorità razziale, come quelli presenti (sempre secondo l'autore) tra i popoli dell'Africa e dell'Australia, gli fecero ipotizzare l'esistenza di due "razze" con capacità cranica differente. La variante con la capacità minore (1251-1300 cc), essendo anche caratterizzata da una bassa statura, dimostrerebbe l'esistenza di una varietà micro-oligocefalica non patologica (Ardu Onnis, 1895-96).

Alfredo Niceforo (1876-1960) condusse in Sardegna, per conto della Società Geografica Italiana, una "escursione" di studio. L'osservazione di 129 crani adulti e 104 individui adulti, lo portarono a concludere che in Sardegna fosse presente una varietà umana a piccola capacità cranica. Varietà che essendo presente anche in Malanesia ne avrebbe dimostrato la dispersione già individuata da Sergi (Niceforo, 1895-96). Lo stesso Niceforo riporta le osservazioni di due Antropologi tedeschi, Virchow e Schmidt, che consideravano queste "varietà" quale prodotto della variabilità. Supposizione allora rigettata da Niceforo. Come osservato da Sanna (2011, 2015) l'ipotesi qui presentata che un tempo appariva plausibile e dimostrabile, attualmente sembrerebbe solo una stravaganza del pensiero scientifico del passato. Dopotutto, come messo in evidenza da Danubio (2011), bisogna considerare il periodo storico e le conoscenze scientifiche dell'epoca.

Degli inizi del '900 sono gli studi di Fabio Frassetto (1907a,b) che classificherà i crani della Grotta di Palmavera (Sassari) in Eurafricani e Asiatici (Germanà, 1995). Nel 1939 Carleton

S. Coon, antropologo americano interessato allo studio delle caratteristiche fisiche delle "razze", ipotizzò che l'introduzione di individui brachicefali in Sardegna fosse da attribuire alle migrazioni provenienti da Creta e dall'area egea durante l'età dei Metalli.

A partire dal secondo dopo Guerra gli studi di Antropologia in Sardegna ebbero un forte incremento grazie alla fondazione a Cagliari dell'Istituto di Scienze Antropologiche, avvenuta nel 1953 ad opera del prof. Carlo Maxia (1907-1996). Il prof. Maxia e i suoi collaboratori si interessarono sia dell'antropologia dei sardi attuali sia di studiare, e spesso anche di recuperare, materiale osteologico proveniente da diversi siti della Sardegna ed in particolar modo dalla Sardegna centro-meridionale. Le loro ricerche furono rivolte principalmente allo studio dei crani attraverso osservazioni morfologiche, spesso condotte ancora con il metodo di Sergi (es: Maxia e Fenu, 1963a,b), craniometriche e craniografiche nel tentativo di determinare i rapporti "razziali". Lo studio delle ossa lunghe fu principalmente rivolto alla stima della statura in vita. La distinzione in doliocranici e brachicranici venne da loro utilizzata non solo per distinguere la popolazione sarda da quelle italiane, ma anche per la diversificazione delle etnie e delle culture alle quali appartengono le popolazioni sarde (Maxia e Floris, 1961). Maxia identificò la popolazione sarda dal Neolitico al Bronzo come appartenente al gruppo euro-africano e confermò l'omogeneità dei Sardi evidenziando un aumento di brachicefali nell'Eneolitico che lo portò a ipotizzare infiltrazioni euro-asiatiche.

Un altro antropologo che diede un forte contributo allo studio antropologico dei Sardi, sempre nel tentativo di ricostruire il popolamento della Sardegna, è stato il prof. Giovanni Floris, allievo di Maxia, che intraprese studi su materiale scheletrico preistorico e protostorico ritenuti utili anche per l'analisi dell'origine della popolazione sarda attuale (Floris, 1998).

Tra gli studiosi che si interessarono alle caratteristiche antropologiche dei Sardi antichi va citato Franco Germanà. I suoi primi lavori risalgono alla fine degli anni '60 e riguardano anche l'area settentrionale dell'isola che sino a quel momento era stata investigata solo in minima parte. Gli studi di Germanà sui crani lo portarono a distinguere un gruppo di paleo sardi arcaici del Neolitico e di parte dell'Eneolitico ed un gruppo recente dell'età del

Bronzo. Al primo gruppo appartiene quella che Germanà definì “etnia di Ozieri”, in base alla cultura che li distingueva (Germanà, 1987, 1989) che avrebbe costituito il “substrato indigeno” sino ai giorni nostri. Germanà identificò anche la corrente Campaniforme quale portatrice di brachicefalia (Germanà, 1971), caratteristica che sarebbe stata sostituita da forme dolicomorfe durante il periodo Nuragico (Germanà, 1983, 1986, 2004).

A questi vanno aggiunti i lavori dei professori e ricercatori dell’Ateneo di Cagliari e di Sassari che con le loro ricerche hanno contribuito, soprattutto negli ultimi vent’anni, ad ampliare e diversificare le conoscenze antropologiche preistoriche, protostoriche e storiche della Sardegna.

Un valido contributo, soprattutto finalizzato alla ricostruzione del popolamento della Sardegna, è giunto negli ultimi 15-20 anni dall’Antropologia Molecolare con lo studio dapprima di marcatori genetici classici, successivamente del DNA mitocondriale e del cromosoma Y. Gli studi di genetica hanno permesso di ipotizzare che il popolamento della Sardegna sia avvenuto inizialmente tra il Paleolitico superiore e il Mesolitico dall’area franco-cantabrica, al quale sono seguiti apporti genetici durante il Neolitico e le fasi successive (Sanna, 2009). Inoltre confermano che la popolazione sarda si differenzia dalle altre popolazioni europee, circum-mediterranee e dal resto della penisola italiana in quanto possiede una struttura genetica peculiare (Piazza et al., 1988; Francalacci et al., 2003; Vona e Calò, 2006; Francalacci et al., 2013; Capocasa et al., 2014). Questi tratti peculiari con molta probabilità sono da porre in relazione oltre che all’isolamento geografico e alla posizione marginale dell’isola rispetto le principali correnti di sviluppo economico, nonostante le molte dominazioni straniere (Sanna, 2006), ai primi insediamenti del Paleolitico superiore (Varesi et al., 2000; Chikhi et al., 2002; Vona e Calò, 2006) oppure seguendo un’altra ipotesi di popolamento al consistente contributo genetico Neolitico (Francalacci et al., 2013; Chiang et al., 2016; Olivieri et al., 2017).

1.2 Statura e morfometria cranio-facciale nella preistoria e protostoria Sarda

I primi studi staturali della preistoria sarda furono rivolti alla stima della statura di singoli siti. Soltanto negli anni '80 del Novecento sono stati prodotti i primi lavori che valutassero il dato staturale proveniente da più siti coevi e l'andamento della statura, nel tempo, a partire dalla preistoria-protostoria (Cosseddu et al., 1980; Floris, 1983; Floris, 2012).

La stima della statura veniva calcolata con il metodo di Manouvrier (1892), in quanto permetteva di effettuare confronti con altri paesi dell'area Europea, tramite la media dei valori rilevati dalle singole ossa lunghe (femore, omero, radio, ulna e tibia). Non si teneva quindi conto della possibilità di campionare più volte lo stesso individuo. Lo studio di Cosseddu et al. (1980) rilevò nei maschi una diminuzione della statura dal Neolitico al Moderno e per le donne un andamento meno regolare. È doveroso sottolineare che i dati relativi ai sardi protostorici, come indicati da Cosseddu et al. (1980), si riferiscono al periodo che va dal Neolitico al Nuragico. Nel suo lavoro Floris (1983) suddivise questo intervallo di tempo in Neolitico antico e medio, Neolitico recente, Eneolitico, Bronzo e Nuragico osservando un diverso andamento della statura rispetto a Cosseddu et al. (1980). I maschi presentavano un aumento della statura dal Neolitico all'Eneolitico, una diminuzione nel Bronzo ed un successivo aumento nel Nuragico, mentre le femmine aumentavano sino al Bronzo per poi restare stabili nel Nuragico. Il lavoro di Floris et al. (2012) aggiunse ai dati di Floris del 1983 le medie staturali dal periodo Romano sino all'età Moderna.

Questi studi, ed in particolare quello di Floris del 1983, per quanto siano stati per lungo tempo di riferimento in Sardegna al fine di stabilire se una popolazione o un individuo rientrasse nella media staturale del periodo, sono attualmente da riconsiderare. Sia in quanto il metodo di Manouvrier utilizzato per il calcolo delle medie staturali è oramai storicizzato, sia perché per il calcolo della media sono state misurate tutte le ossa lunghe, senza considerare che la provenienza da ossario di molte di esse implicasse la possibilità di campionare più volte lo stesso individuo, sia perché molte delle serie utilizzate hanno una collocazione temporale dubbia o sono state successivamente ridatate. Un recente lavoro (Martella et al., 2016) affronta i problemi metodologici legati alla stima della statura

portando come esempio il caso della Sardegna e fornendo medie staturali più recenti per i periodi preistorici, protostorici e storici della Sardegna.

Studi di morfometria cranio-facciale con applicazioni di metodi di statistica multivariata hanno interessato la Sardegna soltanto in tempi recenti (D'Amore et al 2010; 2012). In questi lavori i dati craniometrici della Sardegna dal Neolitico all'età del Bronzo sono stati utilizzati al fine di valutare se esistesse un modello di variazione nel tempo, le relazioni tra i gruppi, e per formulare ipotesi sulla storia del popolamento dell'isola. I campioni sono stati messi a confronto con gruppi recenti sardi e della penisola italiana e con campioni provenienti da popolazioni coeve della penisola e di altri paesi europei al fine di ricostruire la storia biologica dei Sardi.

L'analisi ha mostrato, in accordo con i dati genetici relativi alla popolazione sarda e ai nuragici (Caramelli et al., 2007), l'esistenza di una divergenza biologica tra la popolazione sarda e le popolazioni peninsulari, una continuità tra i Sardi del Neolitico, del Bronzo e recenti e una netta separazione con il campione Etrusco; inoltre gli autori hanno prospettato un probabile contributo Paleo-Mesolitico alla struttura genetica dei Sardi.

1.3 Scopo e finalità della ricerca

L'obiettivo principale è quello di apportare un ulteriore contributo agli studi di Antropologia Biologica della Sardegna considerando un ampio *range* temporale, dal Neolitico recente (4000-3200 a.C.) al XIX secolo d.C. (Tykot, 1994) al fine di ampliare il quadro della storia e delle caratteristiche biologiche dei Sardi.

Lo studio del materiale scheletrico, proveniente da diverse zone della Sardegna, è finalizzato alla valutazione delle variazioni morfologiche nel tempo e nello spazio con l'intento di determinare la variabilità all'interno della popolazione e, ove possibile, in confronto ad altre popolazioni. In questo lavoro di tesi sono stati sviluppati due principali aspetti relativi alla popolazione sarda: lo studio della morfologia craniofacciale e la stima della statura.

Partendo dal presupposto che le misure antropometriche siano determinate da una componente genetica, in particolare le dimensioni del cranio, la variabilità craniometrica è

stata utilizzate per ricavare informazioni sulla struttura della popolazione, indagare le distanze biologiche e valutarne la concordanza o meno con i dati genetici.

Dunque gli obiettivi sono quelli di:

- Analizzare la variabilità craniometrica e investigare le relazioni tra i campioni sardi, suddividendo il campione in sottogruppi temporali e spaziali.
- Valutare le relazioni biologiche con altri gruppi coevi e non, tramite il confronto con campioni di popolazioni provenienti dall'Italia e dall'Europa.
- Comparare i risultati paleogenetici e morfometrici.

Il secondo aspetto sviluppato è quello relativo alla stima della statura. Considerato il fatto che i dati più aggiornati, relativi alle caratteristiche metriche e staturali della popolazione pre- e protostorica sarda, risalgono a circa 25 anni fa, che le metodologie utilizzate sono oramai storicizzate e che, ovviamente, non tengono conto delle nuove collocazioni temporali dei materiali ottenute tramite datazioni al radiocarbonio, si è ritenuto opportuno aggiornare e riconsiderare questo fondamentale carattere biometrico. Viene rivolta particolare attenzione agli aspetti metodologici della valutazione della statura legati alle problematiche relative alla selezione del campione, alla scelta del metodo e alla stima del sesso in campioni archeologici provenienti da contesti deposizionali collettivi e privo di materiale in connessione. Inoltre le variazioni staturali in Sardegna dal Neolitico al XIX secolo d.C. sono state analizzate con l'intento di valutare l'intensità dei cambiamenti millenari della statura.

2. STORIA DELLA SARDEGNA

2. STORIA DELLA SARDEGNA

La Sardegna con una superficie di 24,090 km² è per estensione la seconda isola del Mediterraneo, geograficamente equidistante dalla penisola Italiana e dalle coste del Nord Africa. Il suo territorio, un mosaico di catene montuose, altipiani, colline e pianure, avrebbe ospitato l'uomo a partire dal Pleistocene medio, come ipotizzato in base al ritrovamento di manufatti Clactoniani, in giacitura primaria, nei siti di Sa Coa de Sa Multa e Sa Pedrosa Pantallinu (Martini, 2009). Il primo reperto scheletrico attribuibile ad *Homo sapiens* è una porzione di falange ritrovata in uno strato datato ~20,000 anni fa (Paleolitico Superiore) nella Grotta Corbeddu di Oliena-Nuoro (Sondaar et al., 1993; Sanna, 2009; Martini, 2009). Fino a pochi anni fa si riteneva più antica la falange trovata nella Grotta Nurighe (Cheremule), temporalmente inquadrata tra 300 e 100 mila anni fa e attribuita al genere *Homo* (Cordy et al., 2001; Ginesu et al., 2003). L'attribuzione al genere *Homo* è attendibilmente frutto di un equivoco interpretativo in quanto è stato dimostrato appartenere ad un esemplare adulto della famiglia *Gypaetinae* (Mallegni et al., 2011).

Il popolamento della Sardegna potrebbe essere avvenuto nel Pleistocene durante i periodi glaciali, in cui la regressione marina determinò una notevole riduzione dei bracci di mare (Sanna, 2009). Durante il Pleistocene medio le fasi più adatte per il passaggio dell'uomo sarebbero da identificare con la glaciazione Mindel, circa 440-340 mila anni fa, e soprattutto con il tardo glaciale Riss (150-140 mila anni fa). Altri due periodi favorevoli sono inquadrabili nel Pleistocene superiore tra 70 e 50 mila anni fa e ~20 mila anni fa (Sanna 2006, 2009). In questa ultima fase si è registrata la massima continentalità delle aree di piattaforma e le massime regressioni marini comprese tra -130 e -100 metri (Klein Hofmejer et al., 1987-88; Ulzega, 1999; Sanna, 2006). La Sardegna assieme alla Corsica rappresentava un unico blocco emerso mentre le isole dell'arcipelago toscano costituivano una penisola che distava dalla Sardegna mediamente 20 miglia e solo 5 miglia marine tra Capo Corso e l'isola di Capraia (Klein Hofmejer et al., 1987-88; Martini e Ulzega, 1989-90; Martini, 1999a; 2009).

L'arrivo di *Homo sapiens* potrebbe essersi verificato nel Paleolitico superiore tra 24 e 15 mila anni fa (Sanna, 2006; 2009) durante il periodo di massima regressione attraverso la Toscana e la Corsica che distavano tra loro solo 5 miglia marine (Broglia, 2003).

Durante il Mesolitico le tracce dell'uomo in Sardegna sono frammentarie (Lugliè, 2009a). A questo periodo appartiene un altro reperto umano della Grotta Corbeddu, costituito da un mascellare ed un temporale riferibili a circa 9000 anni fa (Klein Hofmejer et al., 1987-88; Martini, 2009); mentre la continua presenza dell'uomo è testimoniata a partire dai siti del tardo Neolitico-cultura di Ozieri (Sanna, 2006, 2009; Lugliè et al., 2007; Pittau et al., 2012).

Il processo di neolitizzazione

Il Neolitico è caratterizzato da forti cambiamenti legati alla rivoluzione tecnologica, industriale e socio-economica che portarono alla comparsa dell'agricoltura e dell'allevamento, alla produzione di nuovi utensili in pietra levigata e di nuovi manufatti ceramici e alla produzione tessile a partire da fibre vegetali e animali (Sanna, 2006).

La neolitizzazione dell'Europa occidentale sarebbe avvenuta attraverso due correnti principali: la prima (*Linear Pottery Culture*) interessò l'Europa centrale e da qui si spostò verso il Nord e l'Est della Valle del Reno, la seconda più strettamente Mediterranea che portò alla diffusione della corrente a *ceramiche impresse* nel Mediterraneo occidentale: Grecia, Italia, Francia, Spagna e Portogallo, e interessò anche la Sardegna.

Ancora non è chiaro se la neolitizzazione sia da attribuire ad un processo che ha interessato principalmente un movimento culturale e solo marginalmente un flusso demografico (*cultural diffusion model*) o se al contrario abbia interessato un massiccio movimento di popolazione (*demic diffusion model*) che avrebbe avuto come conseguenza la sostituzione delle popolazioni mesolitiche (Chikhi et al., 2002; Rubini e Mogliazza, 2005; Sanna, 2009; Pinhasi e von Cramon-Taubadel, 2009; von Cramon-Taubadel e Pinhasi, 2011; Pinhasi et al., 2012)

Secondo Lugliè (2009b) seguendo il *demic diffusion model*, la comparsa delle comunità neolitiche in Sardegna rappresenterebbe il primo vero popolamento dell'Isola che sembra poter essere interpretato come un processo di rapida colonizzazione.

Comunque le popolazioni neolitiche arrivate in Europa occidentale sarebbero giunte dal Vicino Oriente attraverso l'Anatolia (Richards, 2003).

2.1 Il Neolitico

Seguendo la cronologia di Tykot (1994) (Tabella 1), basata su datazioni al radiocarbonio calibrate, è possibile suddividere il Neolitico in antico (6000-4700 a.C.), medio (4700-4000 a.C.) e recente (4000-3200 a.C.). La stessa suddivisione viene riportata da altri autori (Tanda 1998a; Lugliè, 2009b) ma con diversi *range* temporali.

All'interno del Neolitico antico vengono riconosciute almeno tre *facies* culturali, anche se non sono ancora ben chiari i rapporti: la *facies* a ceramiche impresse cardiali di Su Carroppu, la *Facies* di Filiestru-Grotta Verde e la *Facies* epicardiale (Lugliè, 2009b).

I siti di rinvenimento ascrivibili a questo periodo sono concentrati soprattutto lungo la costa occidentale (Centro-Sud), tuttavia si hanno evidenze anche nell'entroterra. Le modalità insediative erano caratterizzate sia da insediamenti all'aperto sia da insediamenti in grotta o ripari (Lugliè, 2009b). I resti scheletrici attribuibili a questo periodo sono scarsi e incompleti (Lugliè, 2009b) e comunque i ritrovamenti sono avvenuti all'interno di grotte. L'economia sarebbe stata basata sulla raccolta e sull'allevamento degli ovini, caprini e dei suini e la pratica agricola è attestata dal ritrovamento di strumenti di molitura a Su Carroppu e dal ritrovamento di cereali nella Grotta Filiestru (Sanna, 2006; Lugliè, 2009b).

Tabella 1. Cronologia della Sardegna da Tykot (1994), modificata. La scansione temporale è basata su datazioni calibrate sino al periodo del Bronzo. Per l'età del Ferro e successivi periodi è stata utilizzata una suddivisione storica di uso consolidato (Tykot, 1994; http://www.anthroponet.it/schede_cronologia.htm)

Periodo		Culture		Datazioni
Paleolitico	Inferiore	Clactoniano evoluto		> 150,000 a.C.
	Medio			
	Superiore	GrottaCorbeddu		15,000-11,000 a.C.
Mesolitico				11,000-6,000 a.C.
Neolitico	Antico	Su Carroppu		6,000-5,300 a.C.
		Filiestru-Grotta Verde		5,300-4,700 a.C.
	Medio	Bonu Ighinu (San Ciriaco)		4,700-4,000 a.C.
	Recente	Ozieri		4,000-3,200 a.C.
Eneolitico	Iniziale	Sub-Ozieri Filigosa Abealzu		3,200-2,700 a.C.
	Evoluto	Monte Claro	Vaso Campaniforme A	2,700-2,200 a.C.
	Finale			
Età del Bronzo	Antico	Bonnanaro A	Vaso Campaniforme B	2,200-1900 a.C.
	Medio	Bonnanaro B		1,900-1,600 a.C.
		Nuragico I		1,600-1,300 a.C.
	Recente	Nuragico II		1,300-1,150 a.C.
	Finale	Nuragico III		1,150-850 a.C.
Età del Ferro	Geometrico	Fenici	Nuragico IV	850-730 a.C.
	Orientalizzante			730-580 a.C.
	Arcaico			580-510 a.C.
Età storica (tarda età del ferro)	Punico		Nuragico V	510-238 a.C.
	Romano	Repubblicano		238 a.C.-1 d.C.
		Imperiale		1-476 d.C.
Periodo Medievale	Alto Medioevo	Periodo dei Vandali		476-1,000 d.C.
		Periodo Bizantino		
	Basso Medioevo	Periodo dei Giugicati		1,000-1,492 d.C.
		Periodo Catalano-Aragonese		
Età Moderna		Periodo Spagnolo		XV-XIX sec. d.C.
Età Contemporanea (sino ad oggi)		Periodo Piemontese		
		Periodo Italiano		

Il Neolitico medio è caratterizzato dalla cultura di Bonu Ighinu individuata nella grotta di Sa Ucca 'e Su Tintirriolu di Mara (Sassari). La presenza di questa cultura è attestata in tutta l'Isola, per lo più in grotte e ripari sotto roccia, ma esistono anche testimonianze di villaggi all'aperto (Usai, 2009). A questa cultura si attribuisce la produzione di statuine di una presemibile divinità femminile, in stile volumetrico. I principali siti funerari sono la Grotta Rifugio di Oliena nella quale sono stati trovati i resti di almeno 11 individui in deposizione secondaria, e la necropoli ipogeica di Cuccuru s'Arriu (Cabras) dove sono state individuate 19 tombe. Di queste 13 scavate nel bancone arenaceo costituite da una camera preceduta da pozzetto, 4 a fossa e 2 terragne scavate tra il terreno e il bancone roccioso (Usai, 2009). Tutte le sepolture erano singole escluse due tombe a pozzetto con sepoltura doppia. Il defunto era in posizione più o meno contratta, sul fianco sinistro, e nelle tombe ipogeiche sono state ritrovate delle statuine femminili interpretate come rappresentazione della Dea Madre (Sanna, 2006; Usai, 2009). I resti zooarcheologici attestano anche qui la presenza di ovini, caprini, suini e bovini, tuttavia con un incremento dei bovini e una diminuzione dei suini rispetto al Neolitico antico. L'incremento dei bovini potrebbe essere collegato anche all'attività agricola, testimoniata dal ritrovamento a Sa Ucca 'e Su Tintirriolu di semi di farro, orzo, lenticchie e fave (Sanna, 2006).

Al Neolitico medio risale anche la *facies* di San Ciriaco individuata per la prima volta da Santoni nel villaggio di Cuccuru s'Arriu nel 1982 (Usai, 2009), che assieme ai ritrovamenti di Sant'Iroxi (Decimoputzu) e di San Ciriaco (Terralba) costituirebbero i siti più significativi di questa *facies*. (Usai, 2009).

Le differenze con la cultura di Bonu Ighinu e con la successiva cultura di Ozieri sono legate a caratteristiche morfologiche e tipologiche delle ceramiche e dell'industria su pietra e su osso.

Il Neolitico recente è invece caratterizzato dalla cultura di Ozieri o di S.Michele (dalla Grotta eponima nel comune di Ozieri) così definita da Lilliu nel 1963 (Tanda, 2009). Diversi i siti di ritrovamento tra i quali Sa Ucca 'e Su Tintirriolu, Monte d'Accoddi, Cuccuru s'Arriu e Anghelu Ruju.

La tipologia abitativa più comune è quella del villaggio all'aperto anche se è documentato l'uso della grotta e del riparo sotto roccia. A questo periodo sono attribuite diverse modalità di sepoltura, sia primarie che secondarie. Si trovano deposizioni singole o plurime in fosse terragne (es: Cuccuru s'Arrius), inumazioni collettive ed ossari in grotte (es: Palmaera), tombe a circolo, dolmen e *domus de janas* (es: San Benedetto di Iglesias, Montessu).

La *domus de janas* è una grotticella artificiale, tipica di questo periodo con circa 3500 esemplari in tutta l'isola, ritenute un'evoluzione delle grotticelle artificiali della cultura di Bonu Ighinu. Può presentarsi in modalità più o meno articolata ed è testimoniato il loro riutilizzo sino al Medioevo (Tanda, 2009). Durante questo periodo l'agricoltura avrebbe assunto un ruolo prevalente (Lilliu, 2003), mentre i resti animali della grotta Filiestru rivelano un aumento di ovini e caprini rispetto ai periodi precedenti. Si osserva anche la presenza di ossa di animali selvatici come cinghiale, cervo, muflone e *Prolagus sardus* proveniente da diversi siti (Sanna, 2006).

2.2 L'Eneolitico

L'Eneolitico si sviluppa tra il IV e il III millennio a.C. in continuità con il Neolitico, fatto che complica la distinzione tra i due nelle prime fasi (Melis, 2009), e in base agli autori ha una diversa scansione temporale (Tanda, 1990; Ugas 1998; Lilliu, 2003; Melis, 2009; Melis, 2013). È Possibile individuare una fase sub-Ozieri, che segna il passaggio graduale dal Neolitico all'Eneolitico rappresentato appieno dagli aspetti di Filigosa e di Abealzu per poi arrivare alla Cultura di Monte Claro che mostra una fisionomia distinta (Melis, 2009) e alla cultura del Vaso Campaniforme. Infatti come evidenziato da Tanda (1998) tra il Neolitico recente e le prime fasi dell'Eneolitico gli elementi di distinzione sono costituiti principalmente dai materiali, mentre i tipi insediativi e tombali sono spesso analoghi. La successiva cultura eneolitica di Monte Claro, che si distingue dalle precedenti, deriva da un processo di acculturazione di stimoli esterni, mentre la cultura del Vaso Campaniforme è legata all'arrivo di culture esistenti in Europa (Sanna, 2006). La tipologia di insediamento è

ancora rappresentata in prevalenza da villaggi all'aperto e raramente da ripari naturali; continua la deposizione collettiva secondaria in *domus de janas* come nel sito di Filigosa (Macomer) o riutilizzate come a Santu Pedru ed Anghelu Rujù (Alghero), in anfratti, in *allées couvertes* e in tombe a circolo. Compare per la prima volta, nel sito di Filigosa, la sepoltura con semi-combustione e scarnificazione del cadavere.

La cultura di Monte Claro deve il suo nome alla scoperta della grotticella a forno sul colle di Monte Claro (Cagliari) nel 1906 da parte di Taramelli. Si tratta di una cultura diffusa in tutta la Sardegna, con particolare densità nel meridione (Moravetti, 2009) e per la quale è possibile distinguere tre *facies* regionali: settentrionale, centro-orientale e meridionale (Moravetti, 2009).

Gli insediamenti sono rappresentati da strutture all'aperto, organizzate in villaggi anche di dimensioni rilevanti, con differenti tipologie di abitazioni: alcune con profili in muratura formanti lo zoccolo lapideo che sorreggeva l'alzato in materiale deperibile (Biriài-Oliena e diversi siti nel Sulcis), quelli parzialmente scavati nelle formazioni argillose nel Campidano e identificati come "fondi di capanna" (Moravetti, 2009). Risalgono a questo periodo le muraglie megalitiche di Monte Osoni-Castelsardo e Monte Baranta-Olmedo.

Le tombe e i rituali funerari si differenziano tra Nord e Sud dell'isola. Mentre al Nord si riscontra la sepoltura in grotta o il riutilizzo di precedenti strutture funerarie come le *domus de janas* o i dolmen; verso Sud si osservano precisi rituali funerari e forme di seppellimento in ipogei esclusivi, ciste litiche, tombe a fossa, grotte e *domus de janas*. Gli ipogei Monte Claro sono del tipo a forno, con pozzetto di accesso e una o più celle laterali come nel caso di via Basilicata a Cagliari, dove è stato ritrovato un inumato in ogni cella in posizione rannicchiata sul fianco sinistro. Particolare il riutilizzo della tomba di Scaba 'e Arriu di Siddi dove il vano monte Claro era delimitato da lastre infisse a coltello, è presente una sepoltura (probabilmente occasionale) di due individui in posizione rannicchiata sul fianco sinistro sotto una capanna nel sito di Corti Beccia-Sanluri (Moravetti, 2009). Il rituale funerario prevedeva sia la deposizione primaria collettiva o singola sia secondaria collettiva dopo scarnificazione (Sanna, 2006). È testimoniato anche l'uso di vasi situliformi ricolmi di ossa con segni di bruciatura (Moravetti, 2009).

La cultura del Vaso Campaniforme o *beaker*, dovuta alla forma a campana del bicchiere che caratterizza questa corrente, assieme ad altri manufatti caratteristici come i *brassards*, ha diffusione paneuropea e si spinge fino all’Africa settentrionale (Lilliu, 2003; Sanna, 2006). In Sardegna è presente in tutta l’isola, con maggiore incidenza nel Sassarese e nell’Iglesiente e perdura sino alla successiva cultura di Bonnàro con la quale sembra “imparentarsi” (Moravetti, 2009). Secondo Lilliu (2003) i piccoli gruppi umani di cultura campaniforme rappresentavano dei gruppi marginali che si spostavano per commerciare i loro prodotti. Non è possibile individuare strutture abitative e sepolture tipiche di questa cultura. I campaniformi praticavano il riutilizzo delle precedenti *domus de janas* con sepolture singole (anche in cista litica) primarie, secondarie e collettive (Sanna, 2006).

2.3 L’età del Bronzo e la Civiltà Nuragica

L’età del Bronzo viene suddivisa in 4 periodi: antico, medio, recente e finale (Tykot, 1994). Al Bronzo antico e alle prime fasi del Bronzo Medio appartiene la Cultura di Bonnàro che viene divisa in Bonnàro A e B. Al Bonnàro A apparterebbe la *facies* di Corona Moltana nel comune di Bonnanaro e al Bonnanaro B la *facies* di Sa Turricola presso Muros-Sassari (Sanna 2006; Santoni, 2009; Depalmas, 2009a). Alcuni autori riconoscono all’interno del Bonnanaro A, che si sviluppa nel Bronzo antico, diverse *facies* come esposto nel lavoro di Santoni (2009). Il Bonnanaro A è in continuità con il Campaniforme e sembra presentare elementi di similitudine con la cultura di Polada (Sanna, 2006). Il Bonnanaro B sarebbe più legato al successivo periodo nuragico portando allo sviluppo dei primi nuraghi. Testimonianze di questa cultura sono rinvenute soprattutto nei siti funerari in quanto i contesti abitativi conosciuti sono scarsi. I contesti funerari, che riguardano principalmente sepolture collettive secondarie si riferiscono a *domus de janas* riutilizzate o costruite *ex novo* come quella di Corona Moltana, grotte naturali (es: Sisaia di Dorgali), *allèes couvert* (Li Lolghi e Coddu Vecchiu di Arzachena) e tombe di giganti.

La Civiltà Nuragica

La Sardegna tra il Bronzo medio e la prima età del Ferro è stata caratterizzata dal fiorire della cultura nuragica alla quale è stato attribuito l'appellativo di "civiltà" sia per l'ampiezza dell'arco cronologico, sia per l'evoluzione culturale che per la ricchezza delle sue manifestazioni (Contu, 1985). Il nome deriva dalla costruzione di almeno 7000 imponenti strutture chiamate nuraghi: torri ciclopiche tronco-coniche (Sanna, 2006).

Il primo problema da affrontare nel tentativo di dare una descrizione della cosiddetta Civiltà Nuragica è quello relativo alla cronologia e alle fasi culturali. La maggior parte delle ricostruzioni cronologiche della protostoria sarda si basano sulla comparsa di nuove forme culturali in rapporto alle stratigrafie archeologiche e all'associazione di materiali culturali con materiali osservabili in altre culture, fatto che ne testimonierebbe la contemporaneità. Spesso lo sconvolgimento delle stratigrafie archeologiche, la mancata pubblicazione di dati riferibili agli scavi o il recupero di materiali senza un adeguato scavo archeologico, quindi senza le indicazioni stratigrafiche, non permette una corretta interpretazione dei dati. Oltre a queste problematiche occorre tener conto che l'età del Bronzo in Sardegna è caratterizzato da un fiorente sviluppo culturale che si manifesta con un'ampia varietà di forme le quali non permettono una distinzione precisa e netta delle fasi.

Vengono qui riportate alcune delle suddivisioni cronologiche con una divisione in periodi e fasi che non intende vagliare criticamente la specificità delle singole fasi culturali, precisando che in questo lavoro di tesi la cronologia di riferimento è quella di Tykot del 1994.

Tabella 2. Tanda 1998a. Suddivisione del periodo Nuragico in quattro periodi e cinque fasi

Periodo	Fase	Datazione in anni a.C.
Nuragico arcaico	Fase I, Bronzo antico	1800-1600
Medio nuragico	Fase II e III, Bronzo medio, recente e finale	1600-900
Tardo nuragico	Fase IV, Età del Ferro	900-500
Nuragico di sopravvivenza	Fase V, II Età del Ferro	500-238

Tabella 3. Lilliu 2003. Suddivisione del periodo Nuragico in quattro periodi e cinque fasi

Periodo	Fase	Datazione in anni a.C.
Nuragico arcaico	Fase I, Età del Bronzo	1855-1490
Medio nuragico	Fase II e III, Età del Bronzo	1490-900
Tardo nuragico	Fase IV, prima Età del Ferro	900-500
Nuragico di sopravvivenza	Fase V, seconda età del Ferro	500-238

Un'altra suddivisione proposta è quella di Ugas (1998) che prevede 5 periodi e 16 *facies* culturali. Osservando le tabelle si nota come le suddivisioni di Tanda e Lilliu differiscano soltanto per le diverse datazioni del Nuragico arcaico e del Medio nuragico, mentre la cronologia di Tykot (Tabella 1) sposta in avanti di almeno 200 anni l'inizio del periodo nuragico e si riallinea con le suddivisioni di Tanda e Lilliu a partire dal primo Ferro. La cronologia di Tykot è in linea con quanto ritenuto da Contu (1992, 1998) che reputa la Civiltà Nuragica non anteriore alle fasi iniziali della media Età del Bronzo, intorno al 1600 a.C.

La Civiltà Nuragica inizierebbe quindi nel Bronzo medio intorno al 1600 a.C. (Tykot 1994; Contu 1992, 1998), secondo alcuni studiosi già nel Bronzo Antico con la cultura di Bonnanaro che caratterizza l'inizio del Bronzo, e terminerebbe nel 238 a.C. con la conquista della Sardegna da parte dei romani o addirittura nel 476 d.C. con la caduta dell'impero Romano (Tykot, 1994; Ugas, 1998; Melis, 2003). In realtà non è al momento possibile stabilire con precisione il termine del periodo nuragico (Sanna, 2009). Secondo l'interpretazione terminologica dell'aggettivo "nuragico" che derivando da nuraghe implicitamente ne sottolinea la rilevanza, questo periodo non sarebbe da ritenere proprio della civiltà nuragica in quanto a partire dal 900-850 a.C. non vennero costruiti nuovi nuraghi (Uguas, 2009). Secondo Ugas (2009) il fatto che quelli esistenti venissero ristrutturati ed utilizzati come templi e che a questo periodo risalga la produzione di modelli di nuraghe in pietra, bronzo e argilla fa sì che il primo Ferro sia correttamente indicato come appartenente al periodo nuragico. In tempi successivi si osserva una resistività del nuraghe soprattutto come luogo sacro (Lilliu, 1990). Particolare è l'altare a forma di nuraghe nel sacello-fortezza di su Mulinu a Villanovafranca che accompagnò i culti

sino al II secolo d.C. (Ugas 1992, 2009), e il riutilizzo del nuraghe (per esempio San Teodoro di Siurgus e Su Mulinu) come luogo di sepoltura durante l'età vandalica e bizantina (Ugas e Serra 1990; Ugas, 2009)

Il Bronzo Medio

Il passaggio tra la cultura Bonnánaro e le prime fasi dell'età nuragica nel Bronzo medio sembra caratterizzata da elementi di continuità riscontrabili sia nella tradizione ceramica sia nelle tecniche costruttive dell'architettura funeraria, come sembrerebbe testimoniare la *facies* di raccordo Sant'Iroxi (Bronzo Antico) seppur limitata agli ambiti funerari (Depalmas, 2009a). Lo sviluppo culturale è solo in parte chiaramente definibile e i dati di cronologia assoluta si raccordano parzialmente con la suddivisione cronologica basata su record archeologico (Depalmas, 2009a).

Il Bronzo medio viene diviso in almeno tre fasi che variano a seconda degli autori. Per esempio Lo Schiavo (2002) identifica la fase Sa Turricola, la fase San Cosimo e "a pettine"; mentre Ugas (2005) distingue gli aspetti Sa Turricola, Monti Mannu e San Cosimo. La divisione di queste tre fasi non permette sempre distinzioni nette, tuttavia si osserva nell'ultima fase la comparsa delle decorazioni "a pettine" che caratterizzeranno il Bronzo recente. (Depalmas, 2009b).

Da notare che in questo periodo sono presenti anche dei pugnali in rame e in bronzo, in continuità con quelli della *facies* Sant'Iroxi del Bronzo Antico (Depalmas 2009a). Successivamente si ha la comparsa delle prime decorazioni "a pettine".

I nuraghi compaiono nelle fasi iniziali del Bronzo medio con la tipologia a corridoio mentre i nuraghi monotorre a *tholos* compaiono alla fine del periodo. Le prime testimonianze di insediamenti riguardano frequentazioni in grotta e abitazioni a zoccolo litico di pianta rettangolare e circolare nel Bronzo medio I, che nella fase più avanzata si strutturano in complessi ad isolato con cortile come a Su Muru Mannu-Cabras (Depalmas, 2009a)

Il Bronzo recente

Il Bronzo recente è caratterizzato dalla produzione ceramica con *facies* a “pettine”, diffusa soprattutto nel centro e nel Nord dell’isola, mentre nel Sud si ha la diffusione di una ceramica fine non decorata definita “grigio nuragica”, le cui caratteristiche sembrerebbero essere legate a influenze provenienti dall’area egea. Infatti è in questo periodo che i contatti con il Mediterraneo orientale ed in particolare con Cipro condizionano lo sviluppo locale della metallurgia, testimoniato dal ritrovamento di lingotti *oxide* (Leonelli, 2003). Importante anche il ritrovamento di ceramica micenea che conferma la presenza di approdi costieri nell’isola e di una circolazione interna dei prodotti (Bernardini, 2001), con la presenza di stazioni micenee una delle quali probabilmente ubicata nella costa sud-occidentale come testimoniato dai ritrovamenti nel nuraghe Antigori di Sarroch (CA). La produzione metallurgica riguarda asce a margini rialzati, punteruoli e scalpelli, pugnali a lama piatta e spade votive (Depalmas, 2009b).

È in questo periodo che si diffonde il nuraghe a *tholos* anche polilobato e con il villaggio sia contiguo sia distante da esso (Depalams, 2009)

Il Bronzo finale e primo Ferro

Il Bronzo finale è caratterizzato da profondi cambiamenti nella società nuragica che porterà all’abbandono della costruzione dei nuraghi i quali, secondo Depalams (2009c), verranno utilizzati per immagazzinare derrate e come luoghi di culto, e che vedrà fiorire la costruzione dei villaggi. Le abitazioni sia nel Bronzo finale sia nel successivo Ferro si sviluppano attorno al nuraghe. Spesso si sovrappongono a tratti murari o riutilizzano materiale crollato delle precedenti costruzioni, dando vita a strutture ad isolati costituite da un cortile centrale che raccorda edifici circolari. Alcuni esempi si trovano a Su Nuraxi-Barumini e a Genna Maria-Villanovaforru (Depalmas, 2009c; Ugas, 2009). Le abitazioni sono provviste di laboratori, magazzini e servite dalle prime infrastrutture (Ugas, 2009). Durante il periodo del Ferro si osserva nei villaggi la presenza costante delle sale del consiglio di forma circolare e dotate di bancone-sedile, in alcuni villaggi sono presenti strutture circolari gradonate, piccoli anfiteatri, identificati come palestre (Ugas, 2009).

Il Bronzo finale viene suddiviso in *facies* culturali che a seconda degli autori variano da due (Ugas, 1998) a tre (Campus e Leonelli, 2006; Depalams, 2009c). Le fasi finali del Bronzo Finale sono rappresentate dai ritrovamenti degli scavi dell'Acropoli di Lipari (Eolie, Sicilia), che testimoniano un commercio indiretto, tramite gruppi micenei o fenici, o diretto con queste zone. È in questa fase che si ha un incremento delle brocche askoidi, delle brocche carenate e di altre ceramiche assieme all'aumento della decorazione incisa (Depalams 2009c; Campus e Leonelli, 2006). La produzione metallurgica vede aumentare lo strumentario da lavoro che subirà un'ulteriore spinta durante il Ferro. Alle fasi finali del Bronzo, primo Ferro, appartengono i materiali di Mont'e Prama secondo le datazioni effettuate su tre individui provenienti da tre diverse zone degli scavi condotti negli anni '70 (Lai et al., 2014). Questo sito risulta di importanza centrale in Sardegna e nel Mediterraneo a causa del ritrovamento di imponenti statue in calcare arenaceo.

Tipologie di sepolture

La tipologia tombale più utilizzata è quella delle tombe dei giganti, l'architettura varia da ortostatica-dolmenica e quella con muratura isodoma (Depalmas, 2009b), costruite a partire dal Bronzo medio con blocchi rocciosi. Nel Bronzo Finale si affianca l'uso di tombe a corridoio costruite con filari di pietre squadrate che sono state rinvenute sia in superficie come a Motrox'e Bois-Usellus, sia semi-ipogee come a Su Fraigu di San Sperate che ricoperte da terra come a Brunku Espis-Arbus. Spesso venivano riutilizzate anche tombe precedenti quali le *domus de janas*. Si tratta di tipologie tombali con sepolture per lo più collettive e secondarie (Depalmas 2009b,c).

Al Ferro risalgono le sepolture monosome a inumazione in pozzetto di Monti Prama-Oristano, quelle di Is Aruttas di Cabras e di Antas, quelle in tafoni della Gallura e a fossa di Senorbì, marcando un cambiamento dalle sepolture collettive a quelle individuali (Ugas, 2009).

2.4 L'età del Ferro e l'età Storica

La fase successiva è quella che interessa il primo ferro che inizierebbe nel 900-850 a.C., salvo correttivi dendrocronologici che la farebbero risalire al 1020 a.C. (Ugas, 2009), e terminerebbe nel 510 a.C. con l'occupazione cartaginese dopo l'attacco di Asdrubale e Amilcare. Di particolare importanza nel ferro sono i contatti con le altre culture, soprattutto con i fenici e gli etruschi tra il 725-600 a.C. e con le popolazioni greco-orientali nel periodo arcaico (600-510 a.C.). Da sottolineare che mentre nel periodo geometrico i contatti con i fenici, gli etruschi, l'Italia meridionale, Creta e le altre regioni del Mediterraneo sono caratterizzate da una diffusione dei manufatti sardi in queste terre, durante il periodo orientalizzante è la produzione fittile locale a subire le influenze fenice e soprattutto quelle etrusche (Ugas, 2009).

Fenici e punici

Nel processo di espansione fenicia nei mari e nelle terre occidentali, che ha visto sorgere tra la fine del IX secolo e l'inizio dell'VIII numerosi insediamenti, la Sardegna ha svolto un ruolo importante per la sua posizione strategica nei commerci tra il vicino oriente, il Mediterraneo e l'Atlantico (Bernardini, 2009). I mercanti fenici si stabilirono a Sant'Imbenia, nel Golfo di Alghero dove organizzarono con le comunità locali la commercializzazione del vino della Nurra lungo le rotte mediterranee e atlantiche (Bernardini, 2009). Già nella prima metà dell'VIII secolo a.C. le aree costiere centro-meridionali dell'isola sono caratterizzate da centri fenici: Sulky, San Giorgio di Portoscuso e San Vittore di Carloforte nel Sulcis con irradiazioni all'interno dell'area sulcitana testimoniate a Monte Sirai, nel nuraghe Sirai e nel nuraghe di Tratalias. Nell'oristanese si trovano Othoca e Tharros, altri approdi furono costruiti ad Olbia a Nora, a Bithia e nel Golfo di Cagliari (Bernardini, 2009).

Sono riconosciuti fenomeni di interrelazione culturale con le comunità locali testimoniate anche dai ritrovamenti di materiale fenicio nei santuari nuragici. Importanti testimonianze culturali e della crescita degli insediamenti fenici ci arrivano dalle necropoli ed in particolare da Monte Sirai, Bithia, Tharros e Othoca, dove sono stati ritrovati anche

materiali di importazione greca e etrusca. Il rituale funerario prevedeva l'incinerazione, sono pochi i casi di inumazione di cui si hanno esempi a Othoca (Pusceddu et al., 2012) e a Monte Siria (Bartoloni, 1998; Guirguis, 2011).

Queste comunità sardo-fenice verranno poi sconvolte nel VI secolo a.C. dai Cartaginesi che si espandono nel Mediterraneo tra il 540 a.C. e il 509 a.C., anno del primo trattato con Roma che segna il dominio di Cartagine sulla Sardegna (Moscati, 2000). La portata del mutamento, del passaggio dai Fenici ai Cartaginesi, è testimoniata dal radicale cambiamento nel rituale funerario che passa dall'incinerazione in fossa o in cista litica all'inumazione in tombe a cassone o a camera costruita, e dalla produzione artigianale in generale che si arricchisce di maschere e gioielli in oro.

Gli obiettivi di Cartagine riguardavano principalmente il controllo delle aree a potenzialità agricola (es: Monte Luna di Senorbì) e mineraria (es: Antas di Fluminimaggiore) e di nuove rotte commerciali con il potenziamento di alcuni centri costieri di fondazione fenicia come Neapolis, Tharros e Karalis che convogliavano anche risorse provenienti da aree interne (Bernardini, 2009).

La fine del dominio politico cartaginese avvenne nel 238 a.C., quando le truppe mercenarie puniche in rivolta contro la madrepatria e sotto attacco dai Sardi si rivolsero a Roma. Lo scontro tra sardi e romani pose fine al potere dei latifondisti sardo-punici con la sconfitta nel 215 a.C. dell'esercito di Amsicora nella battaglia di Cornus (Sanna, 2006). L'influsso dell'occupazione Cartaginese continuò a farsi sentire in alcune aree dell'isola anche nei secoli successivi. Infatti sono state ritrovate iscrizioni in lingua punica risalenti al II sec. a.C. nelle città di Nora, Sulky e Tharros, al I secolo a.C. a Sant'Antioco e al IV secolo d.C., in caratteri latini, nella attuale chiesa campestre di San Salvatore di Sinis-Cabras (Sanna, 2006).

La dominazione romana

Il periodo della dominazione romana avrebbe avuto inizio nel 238 a.C. e sarebbe terminato con l'arrivo dei Vandali nel 455 d.C, poco prima della caduta dell'Impero Romano d'occidente che avverrà nel 476 d.C. I romani fondarono nuove città come Fordongianus,

presero possesso dei precedenti insediamenti fenicio-punici costieri e dell'entroterra e riutilizzarono anche vecchi siti nuragici, come luoghi di culto e di sepoltura. I riti funerari romani prevedevano sia la cremazione (più frequente nel periodo repubblicano) sia l'inumazione (deposizione singole, collettive o con riutilizzo e riduzione del precedente defunto) con tipologie di tombe differenti: tombe ipogee a camera, a fossa, alla cappuccina, in enchytrismòs, in sarcofago. È testimoniato anche il riutilizzo di luoghi di sepoltura appartenenti a culture precedenti.

Durante questo periodo è possibile distinguere tre fasi. La prima corrisponde all'età Repubblicana (238-38 a.C.) ed è caratterizzata da continue campagne militari che avevano lo scopo di abbattere la resistenza dei Sardi, la seconda fase è caratterizzata da un periodo di pace che si manifesta durante l'Età Imperiale, sino alla metà del III secolo d.C., che vede il miglioramento delle condizioni dell'Isola grazie alle numerose opere pubbliche come strade e acquedotti. Si diffonde la lingua latina e la religione cristiana che si afferma intorno al 200 d.C. L'ultima fase è quella del declino che in questo periodo coinvolge anche l'economia della Sardegna (Sanna, 2006).

2.5 Il Medioevo e l'età Moderna

Nella cronologia comune il Medioevo viene suddiviso in Alto (476-1000 d.C.) e Basso (1000-1492 d.C.) e termina con la scoperta dell'America che segna il passaggio all'età Moderna. In Sardegna si ebbe un primo periodo di dominazione dei Vandali, dal 455 al 533 d.C., che riguardò principalmente le città costiere meridionali. Secondo quanto riportato da Procopio (Sanna, 2006) i Vandali deportarono in Sardegna una colonia di Maurusi o Mauri, probabilmente originari del Marocco occidentale. Anche se sussistono dei dubbi sulla loro origine e sulla località di destinazione dei deportati. In questo periodo si ebbe probabilmente l'introduzione del comunismo agrario tipico germanico che prevedeva l'assegnazione annuale di terre dichiarate collettive a persone prive di possedimenti, con l'obbligo di coltivarle (Sanna, 2006).

Nel 534 la Sardegna diventa una delle sette provincie dell'Africa bizantina ed inizia così il periodo Bizantino che durò sino al IX secolo d.C. Tra il 551 e il 553 arrivarono gli Ostrogoti che si insediarono solo a Cagliari e si ritirarono dopo la sconfitta ad opera delle truppe di Bisanzio comandate da Narsete (Sanna, 2006). Nel 599 d.C. i Longobardi saccheggiarono le coste del Cagliariitano, ma vennero respinti. Furono numerose le scorrerie arabe, che nel 711 conquistarono la Spagna, le quali assieme al carico fiscale portarono ad un abbandono delle città costiere e delle pianure verso le zone più interne determinando la nascita di nuovi abitati e delle "ville" (cioè i paesi) che ancora caratterizzano la Sardegna.

Nel IX secolo inizia il periodo Giudicale (IX-XIV secolo a. C.). Durante questo periodo la Sardegna è divisa in 4 giudicati autonomi (Arborea, Cagliari, Gallura e Torres), che furono originariamente designati dall'Arconte di Cagliari, non autonomo rispetto alla Corte di Bisanzio. Continuarono le incursioni arabe che furono respinte anche grazie alle flotte di Pisa e Genova le quali ne approfittarono per intraprendere un'opera di colonizzazione che disintegrò la Sardegna giudicale. Nacquero quindi alcuni liberi Comuni, con autogoverni, che successivamente vennero spartiti fra le famiglie nobili pisane e genovesi.

Il periodo successivo vide l'isola passare sotto il dominio Catalano-Aragonese che iniziò nel 1323 e finì nel 1478, dopo che nel 1297 papa Bonifacio VIII aveva investito Giacomo II, già re di Aragona e di Valenza, re del Regnum Sardiniae e Corsicae (Sanna, 2006). La Sardegna rimase per un lungo periodo (sino al 1714) sotto la corona spagnola finché il Trattato dell'Aia del 1720 assegnò il Regno di Sardegna ai Savoia. Iniziò così il periodo Piemontese che terminò nel 1861 con la fondazione del Regno d'Italia.

3. MORFOMETRIA CRANIO-FACCIALE

INTRODUZIONE

3.1 La morfometria cranio-facciale e le distanze genetiche

In Antropologia Biologica con il termine morfometria tradizionale (rispetto alla morfometria geometrica) si intende l'uso di misurazioni o distanze lineari per quantificare la variazione fenotipica utilizzando metodi statistici multivariati esplorativi e confermativi (McKeown e Schmidt, 2013; Marcus, 1990). Lunghezze, larghezze e altezze degli elementi ossei vengono utilizzati per investigare le variazioni morfologiche all'interno e tra i gruppi umani. Studi che utilizzano misure craniche come quelli di Howell (1973), su campioni provenienti da tutto il mondo, e di Jantz (1973) su campioni di determinate aree geografiche, hanno dimostrato la capacità del metodo morfometrico di esplorare le variazioni morfologiche e di integrare i modelli evolutivi. I dati craniometrici possono quindi essere utilizzati attendibilmente per valutare la distanza biologica tra le popolazioni. Infatti l'analisi delle distanze biologiche si basa sull'assunto che cambiamenti nelle frequenze alleliche dovuti a forze evolutive determinino cambiamenti nei tratti fenotipici, comprese le caratteristiche scheletriche (Stojanowski e Schillaci, 2006).

Per esplorare la variabilità tra i gruppi e costruire possibili sequenze temporali, vengono impiegati metodi di statistica multivariata a partire da misure di distanze biologiche, come ad esempio: l'analisi delle variabili canoniche (CVA) (es: D'Amore et al., 2009); , l'analisi delle coordinate principali (PCoA) (es: Hanihara et al., 2003) e l'analisi delle funzioni discriminanti (DFA) (es: Pietrusewsky, 2008).

Lo studio delle biodistanze tramite la morfometria è stato inizialmente applicato a due aree: l'analisi della morfologia craniofacciale finalizzato a spiegare se le variazioni siano il prodotto di migrazioni o di cambiamenti *in situ* dovuti a forze evolutive o a cambiamenti secolari, e la stima dell'ascendenza che trova applicazione soprattutto in Antropologia Forense (Dudzik e Kolatorowicz, 2016). Gilles e Elliot (1962) furono i primi a impiegare la tecnica della funzione discriminante per determinare l'ascendenza a partire dal cranio (Krogman e Yscan, 1986). Questo approccio statistico è alla base del funzionamento di diversi programmi, generalmente usati a scopo forense, che sono in grado di classificare

un cranio sconosciuto in una popolazione di riferimento tramite i dati craniometrici: Fordisc (Jantz e Ousley, 2005, 2013), CRANID (Wright, 1992), 3D-ID (Slice e Ross, 2009).

Diversi autori hanno affrontato il problema della variabilità umana in bioarcheologia utilizzando il metodo della distanza biologica, tuttavia i lavori fondamentali sono quelli di Relethford e Blangero e di Koningsberg e colleghi (Relethford e Lees, 1982; Williams e Blangero, 1989; Relethford e Blangero, 1990; Relethford, 1991; Koningsberg, 1990, 2000; Koningsberg e Blangero, 1993; Koningsberg e Ousley, 1995; Relethford, 2002; Koningsberg, 2006; Relethford, 2010; Relethford, 2016).

Nel 1982 Relethford e Lees delineano l'applicazione di analisi genetiche di popolazione a tratti quantitativi (come quelli morfometrici). Nel 1990 Relethford e Blangero sviluppano una estensione del modello di Harpending e Ward (1982) per calcolare le variazioni genetiche a partire dai tratti quantitativi, che prende il nome di matrice R. Il modello si basa sul fatto che i livelli attesi di eterozigoti siano proporzionali alla variazione fenotipica totale della popolazione, conseguentemente è possibile stimare parametri come il flusso genico e la deriva genetica. Il modello permette di applicare una ereditabilità inferiore a 1, ciò significa che la quantità di varianza fenotipica in un tratto all'interno della popolazione può essere spiegata tenendo conto della trasmissione genetica ed ambientale (McKeown e Schmidt, 2013). Prendendo ad esempio il lavoro di Devor (1987) molti studi di craniometria considerano un valore di ereditabilità pari a 0,55 evidenziando che la trasmissione genetica additiva sulla varianza fenotipica totale è in media del 55%. Quindi le componenti forma e dimensione dei tratti craniofacciali sono moderatamente ereditabili di generazione in generazione. Questo approccio è stato applicato con successo da Relethford (1994, 2001, 2002, 2004, 2009, 2010) il quale è riuscito a dimostrare che il modello di variazione interna e tra i gruppi, basato sulla morfologia craniofacciale, è congruente con gli studi genetici. Questo modello, definito di Relethford-Blangero, è tra quelli maggiormente utilizzati per identificare strutture di popolazione ed analizzare la storia delle popolazioni in termini evuzionistici (McKeown e Schmidt, 2013).

Esistono due principali ipotesi sul "pattern geografico" delle variazioni umane, una sostiene che le variazioni umane siano distribuite secondo un cline e che la maggior parte

della variabilità esista all'interno della popolazione (Livingston, 1962; Lewontin, 1972; Edgar e Hunley 2009). Per esempio, Relethford (2009) sostiene che alcuni caratteri come il colore della pelle e le misure del cranio abbiano un andamento clinale. L'altra considera le variazioni come il risultato di fattori complessi che contribuiscono all'evoluzione, quali le migrazioni e la separazione tra le popolazioni (Hunley et al., 2009), conducendo ad una interruzione del flusso genico e a fenomeni come la deriva genetica. I caratteri antropometrici consentono quindi di valutare le variazioni genetiche, anche se sottoposti a influenze ambientali che potrebbero alterare le relazioni biologiche esistenti tra le popolazioni. Secondo Relethford (2004) nonostante esista una certa plasticità delle misure del cranio, la loro natura genetica non viene oscurata dalle pressioni ambientali.

Quando si ricostruisce la storia biologica delle popolazioni utilizzando i caratteri quantitativi è importante valutare se siano sottoposti o meno a selezione naturale, evitando di considerare i caratteri che riflettano un adattamento comune piuttosto che un'origine comune, come il colore della pelle (Jablonski e Chaplin, 2000). Prendendo in esame la variazione craniometrica globale essa riflette sia le affinità tra le popolazioni sia una pressione selettiva di tipo climatico, come dimostrato da Roseman (2004) che ha rilevato la variazione di alcune misure della larghezza cranica in funzione di parametri climatici quali le temperature medie annue. Sebbene la selezione naturale sia una componente della variazione craniometrica, essa non ha alterato in maniera considerevole il modello di relazioni genetiche tra le popolazioni (Relethford, 2004; Roseman, 2004).

Il grado di corrispondenza tra la variazione craniometrica e quella genetica è stato indagato da Roseman (2004) utilizzando *database* genetici e dati craniometrici globali ricavati dal lavoro di Howells (1973). Gli studi sulla variabilità condotti su marcatori genetici sia classici sia nucleari mostrano che circa il 10% della variabilità è distribuito tra le grandi regioni geografiche (per es. Africa Sub-Sahariana, Europa, Est Asia, etc.), il 5% fra le popolazioni di queste regioni geografiche e ben l'85% entro le popolazioni locali (Barbujani et al., 1997; Relethford, 2002; Li et al. 2008). I dati craniometrici mostrano un modello simile: il 13% della variabilità è distribuito tra le regioni geografiche, il 6% tra le popolazioni all'interno delle regioni geografiche e ben l'81% entro le popolazioni locali (Relethford, 2002).

3.1.1 Craniometria e statistica multivariata.

La Craniometria è il settore dell'Osteometria che si occupa delle misurazioni dello splancnocranio e del neurocranio. La strumentazione per il rilievo delle misure craniometriche comprende generalmente calibro a branche curve e a branche dritte, nastro metrico e mandibulometro. I dati craniometrici vengono raccolti, in Europa, principalmente seguendo le indicazioni di Martin e Saller (1957). Altri lavori di riferimento sono quelli di Howells (1973) e di Buikstra e Ubelaker (1994) che forniscono una lista di misurazioni raccomandate per ottenere una standardizzazione dei dati raccolti ai fini di documentazione e analisi. Le misurazioni scelte e l'accuratezza nelle osservazioni hanno un effetto significativo sulla validità dei risultati (Dudzik e Kolatorowicz, 2016).

Le distanze lineari grezze, cioè le misure, contengono sia l'informazione della taglia sia della forma. Per esempio i maschi hanno in genere il cranio più grande delle femmine e in media hanno una maggiore lunghezza massima. Queste differenze sono legate sia alle dimensioni maggiori del cranio maschile sia alla diversa morfologia della glabella e della regione occipitale tra i due sessi (McKeown e Schmidt, 2013). Quindi la principale fonte di variabilità in campioni composti da maschi e femmine è legata al dimorfismo sessuale e senza standardizzazione dei dati (per esempio z-scores) o applicazione di una correzione delle dimensioni tramite la media geometrica (Darroch e Mosimann 1985), i dati maschili e quelli femminili dovrebbero essere analizzati separatamente. Infatti senza questi accorgimenti le variazioni nella forma intra- e fra i gruppi vengono oscurate dalle differenze di dimensione.

Sono numerosi i metodi statistici multivariati impiegati negli studi morfometrici (Marcus, 1990; Pietrusewsky, 2008), tuttavia solo alcuni di questi vengono utilizzati frequentemente in biologia scheletrica umana: analisi delle principali componenti (PCA), analisi delle variabili canoniche, analisi delle funzioni discriminanti, analisi multivariata della varianza e le relative analisi multivariate della covarianza, analisi delle coordinate principali, analisi della matrice R.

L'analisi delle componenti principali permette di esplorare l'intero campo delle variazioni e delle interrelazioni presente nella serie di dati, trasformando variabili intercorrelate in variabili non correlate, le componenti principali, e permette la riduzione della dimensione del set di dati. Ognuna di esse è una combinazione lineare delle variabili originali che massimizza la varianza presente (Rencher, 1995; Afifi e Clark, 1996). La maggior parte della varianza viene espressa con le prime due componenti, quindi per rappresentare la varianza tra i gruppi o tra gli individui è possibile proiettare in un plot a due o tre dimensioni i punteggi individuali o di gruppo. La PCA risolve anche il problema della multicollinearità (correlazione tra variabili) generando variabili non correlate. In morfometria le principali componenti possono essere interpretate in termini di morfologia, in base alla correlazione tra i coefficienti delle componenti principali e le variabili originali. La PCA può quindi essere utilizzata come metodo esplorativo per valutare la distribuzione della variazione dell'intero campione, inoltre è un utile strumento per la riduzione della dimensionalità del set di dati. L'analisi delle variabili canoniche (CVA) genera tra i gruppi distanze di Mahalanobis sui centroidi dei campioni; produce anche varianti canoniche dalla rotazione e dal ridimensionamento dei centroidi (Marcus 1990). In morfometria la distanza di Mahalanobis può essere interpretata in termini di similarità o dissimilarità tra i gruppi. Le varianti canoniche sono combinazioni lineari delle variabili originali che massimizzano la separazione dei gruppi. Anche in questo caso i valori di gruppo o individuali possono essere rappresentati graficamente al fine di fornire l'interpretazione dei modelli di variazione e la rappresentazione visiva delle distanze biologiche tra i gruppi. La distanza di Mahalanobis può essere utilizzata come distanza biologica tra due popolazioni partendo dall'assunto che distanze piccole riflettono una grande similarità fenotipica e gruppi più strettamente correlati (Buikstra et al., 1990; Stojanowski e Schillaci, 2006).

L'analisi delle funzioni discriminanti (DFA) classifica un esemplare sconosciuto in base alle distanze multivariate con i centroidi del gruppo di riferimento (Marcus, 1990; Giles e Elliot, 1962, 1963). Gli individui vengono classificati in base alla distanza minima, minore è la distanza più il campione è simile alla media di quel gruppo. L'analisi canonica e l'analisi

discriminante sono spesso utilizzate congiuntamente per valutare i modelli di variazione interna ai gruppi e identificare le affinità biologiche dei singoli esemplari.

L'analisi multivariata della varianza (MANOVA) è l'estensione dell'analisi della varianza (ANOVA) e testa per le differenze tra i centroidi di gruppo (Marcus 1990). Esiste anche l'analisi multivariata per la covarianza (MANCOVA) che verifica le differenze tra le medie di gruppo e considera le variabili covariate, come per esempio l'età. L'analisi MANCOVA valuta l'effetto della covariata sul modello multivariato consentendo la verifica delle ipotesi sui modelli di variazione biologica.

L'analisi delle coordinate principali rientra nei metodi definiti di *scaling* multidimensionale da Kruskal e Wish (1978) e viene applicata quando i dati sono presentati come distanze o similarità tra gli individui (Marcus 1990). Analogamente alla PCA la prima coordinata è quella che riassume maggiormente la distanza tra gli oggetti, poi a seguire le successive. L'analisi si basa su matrici di distanza quadrate e produce una rappresentazione dei campioni nello spazio euclideo rispettando le relazioni di distanza.

L'analisi della matrice R di Relethford e Blangero (1990) è una metodologia di largo utilizzo soprattutto da quando esiste la disponibilità del programma RMET di John Relethford. Questa analisi impiega dati quantitativi fenotipici in analisi di popolazione fornendo una maggiore comprensione sulle forze evolutive che agiscono sui tratti fenotipici.

MATERIALI E METODI

3.2 Materiali

Il campione cranico sardo di età preistorica, protostorica e storica (Tabella 4), proveniente da siti che interessano l'intera regione Sardegna (Figura 1), è costituito da crani di individui adulti appartenenti principalmente alla collezione osteologica del Museo Sardo di Antropologia e Etnografia dell'Università degli Studi di Cagliari e alle Soprintendenze che lavorano sul territorio regionale.

I crani dell'età del Bronzo, Punico-Romani e Medievali, per un totale di 159 reperti, sono stati rimisurati in occasione di questo studio, esclusi quelli dei siti di Donnicaglia (Massari, 1962), Oridda (Messori, 1969), S'Ischia 'e sas Piras (Germanà, 1975), tre crani di Perdalba (Maxia, 1951-52) e uno di Cannisoni e Gastea (Businco, 1933; Maxia 1951-52), in quanto non è stato possibile reperire il materiale scheletrico. Le serie scheletriche del Bronzo medio di Su Cungiareddu de Serafini e Cannisoni e Gastea vengono considerate all'interno del gruppo nuragico, in accordo con altri lavori (Sanna 2006; Caramelli et al 2007; D'Amore et al 2010; Martella 2016), anche se la datazione calibrata al radiocarbonio le colloca al confine con le ultime fasi della cultura Bonnanaro, periodo che secondo altri autori è comunque da attribuire alla cultura Nuragica.

I dati dei crani provenienti da siti di cultura Ozieri (Neolitico recente), Bonnanaro (età del Bronzo antico) e dal sito di Anghelu Ruju provengono dalla letteratura.

In totale sono stati raccolti i dati di 195 crani sardi preistorici, protostorici e storici.

È stato considerato soltanto materiale scheletrico datato al radiocarbonio o proveniente da contesti archeologici la cui datazione attraverso il contesto culturale sia risultata affidabile.

I reperti sardi sono stati messi a confronto con campioni italiani ed europei, provenienti da serie preistoriche, storiche e recenti i cui dati provengono dalla letteratura e/o sono stati messi gentilmente a mia disposizione dal Dott. Giuseppe D'Amore (Tabella 5), allo scopo di rilevare influenze da e verso possibili fonti non sarde e per poter confrontare i Sardi preistorici con alcuni dei loro potenziali "antenati" continentali.

I gruppi della penisola Italiana, comprendono esemplari provenienti da popolazioni paleolitiche, mesolitiche e neolitiche, dell'età del Rame (IV-III millennio a.C.) e dell'età del Bronzo (III-II millennio a.C.), del Ferro e di epoca Romana, un campione Etrusco, e campioni di popolazioni recenti della Sicilia e della Toscana. È presente anche un campione recente Sardo, custodito presso il Museo di Storia Naturale di Firenze, costituito da esemplari provenienti da: Cagliari (sud Sardegna), Nuoro (centro Sardegna), Sassari (nord Sardegna) e da altre località sconosciute del centro-Nord Sardegna.

I gruppi europei considerati provengono dal Paleolitico superiore antico e recente e dal Mesolitico della Francia e della penisola Iberica.

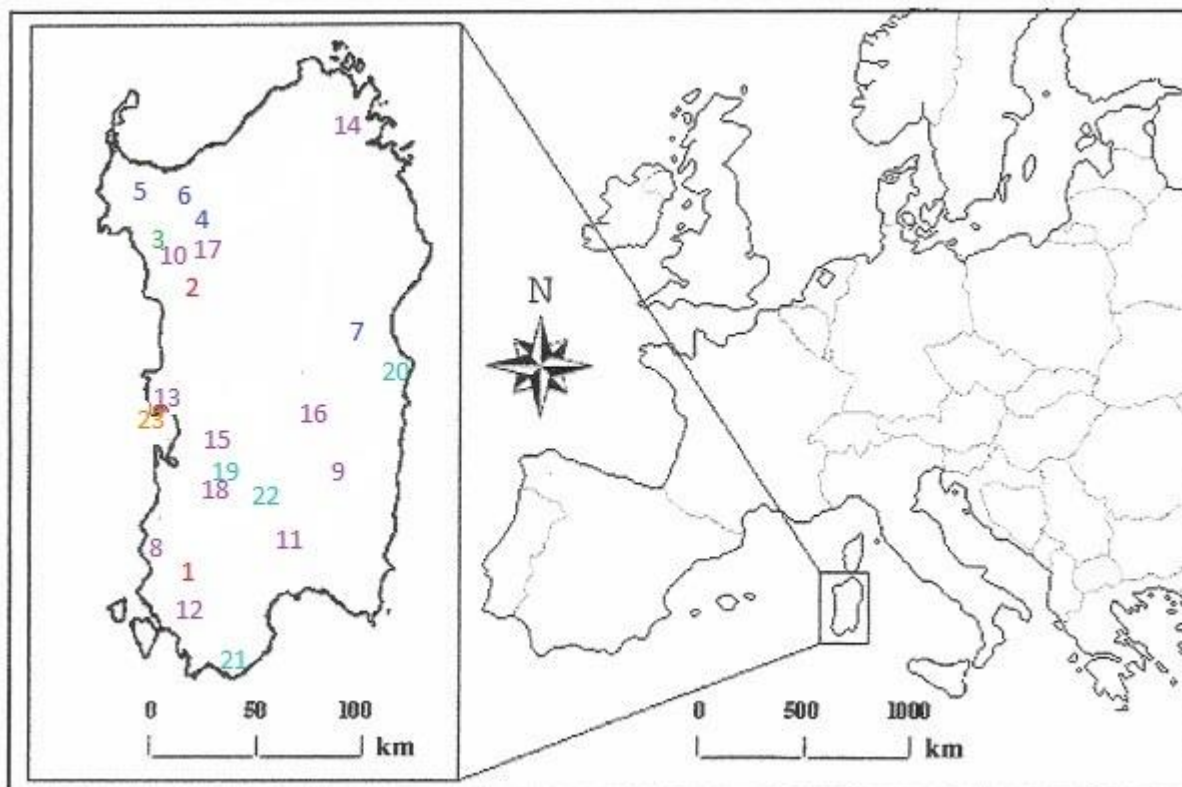


Figura 1: Posizione geografica dei siti Sardi utilizzati in questo studio. **Rosso** (Neolitico recente): 1. San Benedetto; 2. Sa Ucca 'e su Tintirriolu. **Verde**: 3. Anghelu Rujù. **Blu** (Bonnàro): 4. S'Isterridolzu + Monte D'Accoddi; 5. Su Crocifissu Mannu; 7. Sisaia. **Viola** (Nuragico): 6. Oridda; 8. Capo Pecora; 9. Grotta Tueri; 10. Lu Maccioni; 11. Ingurtosu Mannu; 12. Su Cungiareddu 'e Serafini; 13. Is Aruttas; 14. Donnigaglia; 15. Motrox 'e bois; 16. Stampu Erdi + Cannisoni e Gastea; 17. S'Ischia 'e sas Piras; 18. Perdalba. **Azzurro** (Punico-Romano): 19. Mitza Salida; 20. Genna Cuccureddu; 21. Bitia; 22. Siali di Sotto. **Arancione** (Medioevo): 23. Tharros.

Tabella 4. Sito di provenienza, datazione, numerosità e riferimenti bibliografici dei reperti cranici Sardi preistorici, protostorici e storici misurati e raccolti per questo studio.

Sito di provenienza	Datazione o collocazione temporale	Numerosità	Riferimenti bibliografici
<i>Sa Ucca 'e su Tintirriolu-Mara</i>	Tardo Neolitico (D'Amore et al., 2010)	N=3 (1M+2F)	Germanà, 1995
<i>San Benedetto-Iglesias</i>	Tardo Neolitico 3978-3648 cal a.C. 2 σ (Lai, 2009)	N=6 (3M+3F)	Maxia 1963; Sarigu et al., 2016
<i>Anghelu Ruju-Alghero</i>	Tardo Neolitico-Nuragico (D'Amore et al., 2010)	N=17 (8M+9F)	Demartis, 1986
<i>S'Isterridolzu-Ossi</i>	Età del Bronzo antico, cultura di Bonnanaro (D'Amore et al, 2010)	N=4 (2M+2F)	Ferrarese Ceruti, 1981
<i>Su Crocifissu Mannu (Tomba XVI)-Porto Torres</i>	Età del Bronzo antico, cultura di Bonnanaro (D'Amore et al, 2010)	N=3M	Ferrarese Ceruti, 1972-74; Contu 1970,b; Contu 1972
<i>Monte D'Accoddi (Tomba 2)- Sassari</i>	Età del Bronzo antico, cultura di Bonnanaro (D'Amore et al, 2010)	N=2M	Contu, 1970a; Tanda, 1976
<i>Sisaia-Dorgali</i>	Età del Bronzo antico, cultura di Bonnanaro (D'Amore et al, 2010)	N=1F	Germanà, 1984
<i>Oridda-Sennori</i>	Bronzo recente, 1220 \pm 50 a.C. (Germanà, 1995)	N=1F	Castaldi, 1968; Messeri, 1969; Ferrarese Ceruti, 1981; Germanà,1995
<i>Capo Pecora-Arbus</i>	Bronzo recente-finale 2940 \pm 70 BP no cal (Sanna 2006) 1384-936 cal a.C. 2 σ *	N=8 (4M+4F)	Maxia et al. 1972; Caramelli et al 2007
<i>Grotta Tueri-Perdasdefogu**</i>	Bronzo recente-finale 2880 \pm 60 BP no cal. (Cosseddu et al.,1994); 1229-906 cal a.C. 2 σ *	N=39 (21M+18F)	Maxia 1964; Sanna 2006; Caramelli et al 2007; D'Amore et al 2010
<i>Grotta Lu Maccioni-Alghero</i>	Bronzo finale 2800 \pm 60 BP no cal. (Cosseddu et al.,1994); 1116-824 cal a.C. 2 σ *	N=9 (5M+4F)	Maxia 1963; Sanna, 2006; Caramelli et al 2007
<i>Ingurtosu Mannu-Donori</i>	Bronzo recente-finale 1205-910 cal a.C 2 σ (Martella et al. 2014)	N=1M	Martella et al.2016
<i>Su Cungiareddu de Serafini (Grotta Tani) Carbonia</i>	Bronzo medio 3380 \pm 70 BP no cal. (Cosseddu et al.,1994); 1830-1510 cal a.C. 2 σ *	N=23 (12M+11F)	Maxia e Fenu 1963a; Sanna et al., 1999 Caramelli et al 2007; Sarigu et al., 2016

<i>Is Aruttas-Oristano</i>	Bronzo recente 1433-1130 cal a.C. 2 σ (Lai 2009)	N=10 (6M+4F)	Germanà, 1979-80; Germanà, 1982
<i>Donnicaglia-Arzachena</i>	Bronzo Finale (Nuragico III) (Germanà 1995)	N=1M	Massari, 1962; Germanà, 1995
<i>Motrox 'e Bois-Usellus</i>	Bronzo finale 2810 \pm 60 BP no cal (Sanna 2006), 1126-825 cal a.C. 2 σ *	N=4 (3M+1F)	Sonedda et al 2007; D'Amore et al 2010; Zedda 2013
<i>Stampu Erdi-Seulo</i>	Bronzo medio 3190 \pm 80 BP no Cal (Sanna 2006), 1643-1263 cal a.C. 2 σ *	N=3M	Businco 1933; Caramelli et al 2007; D'Amore et al 2010; Skeates et al 2013
<i>S'Ischia 'e sas Piras-Usini</i>	Bronzo medio (Sanna et al 1999)	N=3M	Germanà, 1975; Cosseddu et al 1983; 1994; Germanà, 1995
<i>Perdalba-Sardara</i>	Bronzo medio (Sanna 1999; Germanà 1995)	N=8 (5M+3F)	Maxia, 1951-52; Cosseddu et al 1983, 1994; Germanà 1995; Sanna, 2006
<i>Cannisoni-Gastea Seulo</i>	Bronzo medio 3470 \pm 60 BP no cal (Sanna 2006) 1936-1641cal a.C. 2 σ *	N=10 (9M+1F)	Businco, 1933; Maxia, 1951-52; Caramelli et al 2007; D'Amore et al 2010
<i>Mitza Salida-Masullas</i>	Romano Imperiale (Martella et al.,2016)	N=4 (2M+2F)	Manos and Floris 2005
<i>Genna Cuccureddu-Baunei</i>	Periodo Romano (Martella et al.,2016)	N=2F	Sunda, 2003
<i>Blthia-Domus de Maria</i>	Periodo Punico e Romano (Maxia, 1943)	N=7 (6M+1F)	
<i>Siali di Sotto-Barumini</i>	Periodo Romano (Maxia, 1943)	N=9 (8M+1F)	
<i>Tharros-Oristano</i>	VI-VII sec. a.C (Maxia-Fenu 1966)	N=13 (9M+4F)	

*Datazione calibrata con OxCal 4.2 online, curva di calibrazione Reimer et al 2013.
(<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>)

** parte del materiale è custodito dal Museo Sardo di Antropologia ed Etnografia dell'Università di Cagliari, mentre i resti recuperati nel 2002 e nel 2014 si trovano al Museo Naturalistico di Perdasdefogu

Tabella 5. Lista dei gruppi utilizzati per le analisi craniometriche e informazioni relative alla datazione, alla numerosità del campione, ai siti di provenienza e alle fonti bibliografiche. *indica i gruppi utilizzati nelle analisi con 19 variabili.

	Codifica	Gruppo	Datazione (mila anni fa)	Numerosità campione			Origine dei dati e fonti bibliografiche	Sito di provenienza (numerosità per sito)
				N	M	F		
1	WEUP	Paleolitico superiore antico, Europa occidentale	28,0-22,0	13	8	5	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b)	Abri Pataud(1), Arene Candide (1), Barma Grande(4), Barma del Caviglione(1), Cro-Magnon(2), Grotte des Enfants(2), Paglicci (2)
2	ITLP	Paleolitico superiore recente, Italia	15,0-10,5	16	11	5	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b)	Arene Candide (5), Maritza (1), Ortucchio (1), Romito (4), San Teodoro (3), Vado all'Arancio (1), Villabruna(1)
3	ITM	Mesolitico, Italia	9,5-8,0	10	5	5	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b); Brewster et al., 2014	Bonifacio (1), Molaria Grotta d'Oriente (2), Uzzo (6), Vatte di Zambana (1)
4	FRLP	Paleolitico superiore recente, Francia	17,0-11,0	11	6	5	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b), Brewster et al., 2014	Abri Lafaye, Bruniquel, Chancelade, Duruthy, Lacave, Le Bichon, Le Peyrat, Le Placard, Mas d'Azil, Rond-du-Barry, Saint-Germain-la-Riviere
5	SFRM	Mesolitico, Francia meridionale	9,0-7,0	9	6	3	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b); Brewster et al., 2014	Birsmatten, Combe Capelle, Culoz (2), Gramat, Montclus, Rochereil, Sauveterre- Le-Lemance, Saint Rabier
6	NFRM	Mesolitico. Francia settentrionale	7,0-6,0	16	8	8	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b); Brewster et al., 2014	Teviec (12), Hoedic (4)
7	IBM	Mesolitico, Penisola Iberica	7,5-6,5	13	7	6	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b); Brewster et al., 2014	Brana (1), Cabeco de Arruda (3), El Collado (1), Moita do Sebastiao (8)
8	NITN	Neolitico. Nord Italia	7,5-5,5	19	12	7	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (D'Amore et al. 2009, 2010a,b)	Arma dell'Aquila (1), Arma di Nasino (1), Arene Candide (12), Bergeggi (1), Pollera (3), Tana Bertrand (1)
9	SITN	Neolitico, Sud Italia	8,0-5,5	20	8	12	Dati provenienti da letteratura forniti da G. D'Amore (Pacciani et al., 2014)	Balsignano (1), Cala Colombo (3), Catignano (1), Fornace Cappuccini (2), Girifalco- Caria (1), Lama dei Peligni (1), Lanciano (1), Matera Grotta Funeraria (1), Molfetta (2), Murgia Timone (2), Passo di Corvo (1), Ripoli Tomba del Cane (1), Samari (1), Villa Badessa (2)

10	OZI	Cultura di Ozieri	6,0-5,2	9	4	5	Dati raccolti da G. Floris e F. Germanà (D'Amore et al., 2010).	San Benedetto (6), Sa' Ucca 'e su Tintirriolu (3)
11	ANR	Anghelu Ruju	6,0-4,0	17	8	9	Sergi, 1907	Anghelu Ruju
12	BON	Cultura di Bonnanaro	4,5-3,8	10	7	4	D'Amore et al., 2010	S'Isterridolzu (4), Su Crocifissu Mannu (3), Monte d'Accoddi (2), Sisaia (1)
13	NUR	Nuragico	3,6-2,85	75	43	32	Dati collezionati da P. Martella	Cannisoni e Gastea (5), Sardara Perdalba (4), Siscia 'e Saspiras (2), Su Cungiareddu de Serafini (15), Capo Pecora (6), Is Aruttas (9), Stampu Erdi (1), Oridda (1), Donnicaglia (1), Donori (1), Lu Maccioni (4), Motrox 'e Bois (2), Perdasdefogu (24)
14	NUR1*	Nuragico I	3,6-3,3	22	14	8	Dati collezionati da P. Martella	Cannisoni e Gastea (3), Sardara Perdalba (3), Siscia 'e Saspiras (1), Su Cungiareddu de Serafini (15)
15	NUR2*	Nuragico II	3,3-3,15	16	9	7	Dati collezionati da P. Martella	Capo Pecora (6), Is Aruttas (9), Stampu Erdi (1)
16	NUR3*	Nuragico III	3,15-2,85	30	15	15	Dati collezionati da P. Martella	Donnicaglia (1), Donori (1), Lu Maccioni (4), Motrox 'e Bois (2), Perdasdefogu (22)
17	NURS*	Nuragico del sud	3,6-2,85	25	13	12	Dati collezionati da P. Martella	Su Cungiareddu de Serafini (15), Donori (1), Capo Pecora (6), Sardara Perdalba (3),
18	NURC	Nuragico del centro	3,6-2,85	37	21	16	Dati collezionati da P. Martella	Perdasdefogu (22), Is Aruttas (9), Motrox 'e Bois (2), Stampu Erdi (1), Cannisoni e Gastea (3)
19	NURN	Nuragico del nord	3,6-2,85	6	4	2	Dati collezionati da P. Martella	Siscia 'e Saspiras (1), Donnicaglia (1), Lu Maccioni (4)
20	RIN	Cultura di Rinaldone	5,2-4,2	16	10	6	D'Amore, Di Marco e Pacciani, dati personali	Chiusa d'Ermini (1), Grotta dei Colombi (2), Ponte San Pietro (13)
21	APP	Cultura Appenninica	4,2-3,5	15	10	5	D'Amore, Di Marco e Pacciani, dati personali	Belverde, Galleraie, Gorzano, Scoglietto
22	CAST	Cultura di Castelluccio	4,0-3,5	14	10	4	D'Amore, Di Marco e Pacciani, dati personali	Castelluccio, Castiglione
23	ETR	Etruschi	2,85-2,2	46	30	16	D'Amore, Di Marco e Pacciani, dati personali	Chianciano, Chiusi, Cortona, Marsiliana, Populonia, Sancasciano, Sarteano, Saturnia, Volterra
24	TUSR	Periodo Romano, Toscana	2,2-1,8	28	19	9	D'Amore, Di Marco e Pacciani, dati personali	Bibbiena, Chiusi, Città di Pieve, Corneto Tarquinia, Orbetello, Porto Santo Stefano, Sarteano, Scoglietto,
25	SPR	Punico-Romano, Sardegna	2,5-1,5	12	9	3	Dati collezionati da P. Martella	Bithia (4), Barumini (5), Mitza Salida (1), Genna Cuccureddu (2)
26	SPRS*	Punico-Romano, Sardegna del Sud	2,5-1,5	4	4		Dati collezionati da P. Martella	Bithia (3), Mitza Salida (1)
27	SPRC*	Punico-Romano, Sardegna del centro	2,5-1,5	6	4	2	Dati collezionati da P. Martella	Barumini (5), Genna Cuccureddu (1)
28	THR*	Tharros, alto Medioevo	1,3-1,4	10	8	2	Dati collezionati da P. Martella	Tharros

29	SAR*	Sardegna	Recente	62	48	24	D'Amore, dati personali	Cagliari (21), Nuoro (24), Oristano (2), Sassari (5), Sardegna varie località (10)
30	SARS*	Sud Sardegna	Recente	21	16	5	D'Amore, dati personali	Cagliari (21)
31	SARC*	Centro sardegna	Recente	26	8	18	D'Amore, dati personali	Nuoro (24), Oristano (2)
32	SARN*	Nord Sardegna	Recente	5	4	1	D'Amore, dati personali	Sassari (5)
33	FIR	Firenze	Recente	100	50	50	D'Amore, dati personali	Firenze
34	SIR	Siracusa	Recente	52	34	18	D'Amore, dati personali	Siracusa

3.3 Metodi

Lo stato di conservazione del campione cranico sardo misurato per questo studio, appartenente all'età del Bronzo, al periodo Punico-Romano e Medievale, ha permesso di rilevare sino a 20 misure craniofacciali per i reperti più completi. Le misurazioni sono state effettuate in accordo con le indicazioni di Martin e Saller (1957) e Braüer (1988) (Tabella 6). Le misure rilevate bilateralmente (M51 e M52) sono state riportate come singolo valore della media calcolata fra le due osservazioni.

Una seconda rilevazione delle misure è stata effettuata, a distanza di un mese, su un campione di 30 crani selezionato casualmente, al fine di testare variazioni intra-osservatore con un t-test per dati appaiati (Naikmasur et al., 2010). Il test non ha rilevato differenze statisticamente significative ($p < 0,05$) tra le due serie di misurazioni.

Per ogni reperto cranico è stato effettuato il calcolo delle osservazioni mancanti (Tabella 1 appendice) e per le analisi di confronto sono state considerate 12 misure craniche, scelta obbligata dai dati presenti in letteratura.

Il campione sardo, dal periodo Nuragico al Medioevo, è risultato composto da 97 crani (75 dell'Età del Bronzo, 12 Punico-Romani e 10 Medievali) scelti considerando gli individui con massimo 5 osservazioni mancanti. I 97 crani sono stati sottoposti a ricostruzione dei dati mancanti mediante regressione multipla, stimando 138 osservazioni sulle 1164 complessive, pari all'11,9%.

La base dati a 12 misure così creata è stata utilizzata per una analisi di confronto con i restanti gruppi sardi (Ozieri, Anghelu Ruju, Bonnanaro e Sardi Recenti), i gruppi italiani e quelli europei (Tabella 5) per un totale di 24 gruppi.

Successivamente, al fine di massimizzare l'informazione ottenibile dalle 20 misure effettuate sul campione sardo dal Bronzo al Medioevo, questi reperti sono stati messi a confronto con i campioni sardi Recenti per i quali è stato possibile considerare 19 misure (M49 esclusa).

Per queste analisi sono stati selezionati i crani, dal periodo Nuragico al Medioevo, con massimo 9 osservazioni mancanti su 20 misure, per un totale di 88 individui (68 dell'età del Bronzo, 10 del periodo Punico-Romano e 10 dell'alto Medioevo).

Questo criterio di scelta ha permesso di mantenere quanti più reperti e misure possibili dovendo far fronte a problemi di incompletezza dei reperti.

Prima di effettuare le analisi morfometriche comparative i campioni sono stati sottoposti a ricostruzione delle osservazioni mancanti mediante regressione multipla, stimando 271 osservazioni sulle 1760 complessive, pari al 15,4%.

La numerosità del campione Nuragico ha reso possibile una suddivisione in 3 sottogruppi geografici (Nord, Centro e Sud) e tre sottogruppi cronologici (Bronzo medio, tardo e finale). Il campione Punico-Romano è stato diviso in due sottogruppi geografici: Sud e Centro e il campione Sardo recente in 3 sottogruppi geografici (Nord, Centro e Sud). La base dati sarda così creata è stata utilizzata per due serie di analisi. La prima analisi considerando una suddivisione temporale con 6 gruppi (NUR1, NUR2, NUR3, SPR, THR e SAR) e la seconda considerando una suddivisione spaziale con 9 gruppi (NURN, NURS, NURC, SPRC, SPRS, THR, SARC, SARN e SARS) (Tabella 5).

Dunque lo studio morfometrico comparativo è stato condotto su tre base dati:

- Base dati con 12 misure, costituita da tutti e 24 i gruppi.
- Base dati con 19 misure, costituita dai campioni Nuragici, suddivisi secondo un criterio temporale, Punico-Romani, Medievali e sardo Recenti. Per un totale di 6 gruppi.
- Base dati con 19 misure, costituita dai campioni Nuragici, Punico-Romani e Recenti suddivisi secondo un criterio spaziale, e dal campione medievale. Per un totale di 9 gruppi.

Tabella 6. Misure craniofacciali. * indica le misure utilizzate nell'analisi a 12 variabili

Misure	Codifica di Martin Saller (1957)
Lunghezza massima del cranio	1*
Lunghezza nasion-basion	5*
Lunghezza del foramen magnum	7
Larghezza massima del cranio	8*
Larghezza frontale minima	9*
Larghezza biauricolare	11
Larghezza del foramen magnum	16
Altezza basion-bregma	17*
Lunghezza facciale (basion-prosthion)	40*
Larghezza biorbitale	44
Larghezza facciale (larghezza bizigomatica)	45*
Altezza faccia superiore (altezza nasion-prosthion)	48*
Larghezza interorbitaria	49a
Larghezza orbitaria	51*
Altezza orbitaria	52*
Larghezza del naso	54*
Altezza del naso	55*
Lunghezza del palato	60
Larghezza del palato	61
Larghezza facciale superiore	43

Le misure sono state standardizzate utilizzando la procedura suggerita da Darroch e Mosimann (1985) e Jungers et al. (1995), che prevede di dividere il valore individuale di ciascuna misura per la media geometrica, allo scopo di esprimere solo l'informazione data dalla forma (Q-mode). In questo modo è possibile escludere differenze nella taglia legate al sesso e alla popolazione, con il vantaggio di incrementare la numerosità di tutti i campioni considerando congiuntamente i sotto-campioni femminili e maschili; di fatto si assume che il dimorfismo sessuale della forma possa essere ininfluenza nei confronti tra le popolazioni (Sardi et al 2005; D'Amore et al., 2009, 2010a,b).

Ciascuna delle 3 base dati è stata sottoposta alle seguenti analisi:

1. Analisi della matrice R (Relethford e Blangero, 1990; Relethford, 1991, 1994; Relethford e Harpending, 1994) mediante il programma RMET, con il calcolo di una matrice di distanza D^2 ad essa connessa.
2. Analisi delle coordinate principali (PCoorA) (Gower 1966), con il programma RMET.
3. *Cluster analysis* attraverso i metodi UPGMA (Sneath e Sokal, 1973) e *Neighbor-Joining* (Saitou e Nei, 1987) mediante il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice di distanza D^2 .

Al fine di conseguire una maggiore validazione dei risultati ottenuti sono state eseguite le seguenti ulteriori analisi:

1. Analisi delle funzioni discriminanti (DFA) mediante il programma Statistica Statsoft 8.0, con il calcolo di una matrice di distanza D^2 di Mahalanobis utilizzata per l'analisi successiva.
2. *Cluster analysis* con il metodo di *clustering* gerarchico agglomerativo di Ward (1963).

Per lo studio morfometrico comparativo è stato scelto un approccio model-free (Relethford e Lees, 1982; D'Amore et al., 2010a; Relethford, 2016) che impiega i metodi statistici (matrici di distanze, *cluster analysis*, PCoorA e DFA) come strumenti esplorativi per evidenziare le relazioni di somiglianza fra gli individui e/o fra i gruppi, al fine di individuare quali caratteri contribuiscano a determinarle e se esistano relazioni con altri fattori (per esempio la geografia, la cronologia, le condizioni ambientali, l'età). Le misure di similarità biologica vengono utilizzate per valutare la somiglianza fenotipica generale e ricostruire la storia evolutiva dei gruppi senza valutare il diverso ruolo svolto da parametri evolutivi come il flusso genico e la deriva genetica (Relethford e Lees, 1982). L'analisi della matrice R consente la stima di parametri quali la F_{st} e la varianza fenotipica interna al gruppo, utilizzati per fare confronti tra le elaborazioni svolte e i risultati di altri lavori, senza valutare il peso del flusso genico e dalla deriva genetica come avviene applicando l'analisi di Relethford e Blangero (1990). L'elaborazione della matrice R è stata utilizzata per ottenere la matrice di distanze dalla quale ricavare graficamente un quadro sintetico delle relazioni fra i gruppi tramite la PCoorA. Le *cluster analysis* sono state eseguite al fine di rappresentare in una forma

visivamente interpretabile il modello fornito dai risultati delle matrici di distanza non distorte (D'Amore et al., 2010a).

3.3.1 Metodi di analisi statistica

Distanze biologiche e analisi della matrice R

L'analisi delle distanze è un utile strumento per esaminare le differenze genetiche e/o fenotipiche tra le popolazioni (Relethford, 2016). L'uso di distanze biologiche a partire da tratti fenotipici per ottenere informazioni sulla struttura, le origini e la storia delle popolazioni, sottintende l'uso del fenotipo come un *proxy* per delineare modelli di affinità genetica (Relethford, 2016). Vengono considerate distanze biologiche, in bioarcheologia, quelle ricavate a partire da tratti metrici e non metrici (Relethford, 2016). Le cause di queste somiglianze possono essere ricondotte ad una comune ascendenza, al flusso genico o ad altri fattori, anche combinati. Howells (1973) descrisse la relazione tra la distanza fenotipica e la sottostante affinità genetica come "model-free" o "model-bound", in riferimento al fatto che le misure di distanza venissero definite rispetto ad uno specifico modello teorico di genetica della popolazione e se venissero stimati i parametri del modello. Come evidenziato da Konigsberg (2006) e Relethford (2007) le differenze tra questi due modelli non sono sempre nette (Relethford 2016).

Per i tratti quantitativi la più semplice e intuitiva misura di distanza è la distanza euclidea tra popolazioni. La distanza euclidea al quadrato (D^2) tra due popolazioni i e j è data dalla formula:

$$D^2_{ij} = \sum (\bar{X}_{ik} - \bar{X}_{jk})^2$$

Dove \bar{X}_{ik} e \bar{X}_{jk} sono le medie dei tratti k per le popolazioni i e j , e la sommatoria è tra tutti i caratteri (Relethford, 2016).

La distanza al quadrato viene direttamente utilizzata in alcune analisi, oppure viene utilizzata la radice quadrata della distanza, per esempio come dato di input per l'analisi dei grappoli (*cluster analysis*).

Il maggior inconveniente della distanza euclidea è legato al fatto che caratteri correlati possono contribuire sproporzionatamente alla distanza complessiva. Per questo motivo viene spesso utilizzata la distanza D^2 di Mahalanobis (1936) che contempla l'intercorrelazione tra i caratteri. La distanza al quadrato di Mahalanobis tra due popolazioni i e j è data dalla formula:

$$D_{ij}^2 = (X_i - X_j)' W^{-1} (X_i - X_j)$$

X_i e X_j si riferiscono al vettore dei tratti t per le popolazioni i e j , rispettivamente, W è la matrice di varianza-covarianza ricavata da tutti i gruppi nell'analisi e non solo da i e j e il simbolo "'" indica trasposizione (Relethford, 2016).

L'uso di metodi come la distanza di Mahalanobis richiede casi completi, senza dati mancanti. Le misure di distanza possono essere distorte da campioni di piccole dimensioni, quindi la distanza di Mahalanobis al quadrato può essere corretta sottraendo la quantità $t(n_i + n_j)/(n_i n_j)$, dove n_i e n_j rispecchiano la dimensione del campione per le popolazioni i e j e t è il numero dei caratteri.

Il metodo della matrice R viene utilizzato per misurare le distanze genetiche tra le popolazioni a partire dalle frequenze alleliche. Si tratta di una matrice standardizzata varianza-covarianza di frequenze alleliche (Harpending e Jenkins, 1973) dove dato un numero g di popolazioni da studiare, la matrice R è composta da g colonne e g righe così che ciascun elemento della matrice rappresenti la similarità genetica tra una coppia di popolazioni (Relethford e Harpending, 1994; Relethford et al., 1997). Gli elementi r_{ij} sono calcolati per ogni allele secondo la formula:

$$R_{ij} = (p_i - \bar{p})(p_j - \bar{p}) / \bar{p}(1 - \bar{p})$$

Con p_i e p_j che identificano le frequenze alleliche nelle popolazioni i e j e \bar{p} è la media ponderata della frequenza allelica tra tutte le popolazioni analizzate, utilizzando la dimensione della popolazione e non del campione (Relethford, 2016). Gli elementi diagonali, r_{ii} , rappresentano il valore minimo della distanza genetica di ogni popolazione i dal centroide ottenuto da tutte le popolazioni. Gli elementi al di fuori della diagonale della matrice possono essere definiti come coefficienti di parentela media tra le popolazioni, e gli elementi diagonali

come coefficienti di parentela all'interno delle popolazioni. Valori positivi di r_{ij} caratterizzano coppie di popolazioni più strettamente relazionate tra loro rispetto alla media, mentre valori negativi indicano popolazioni meno simili tra di loro (Relethford e Harpending, 1994; Relethford et al., 1997; Relethforde e Lee, 1982). Assumendo che la varianza fenotipica della popolazione sia proporzionale alla variabilità genetica (Harpending e Jenkis, 1973; Relethford e Blangero, 1990), la matrice R può essere calcolata usando tratti fenotipici quantitativi come le misure craniofacciali, sostituendo la matrice additiva di varianza-covarianza G con il prodotto della media stimata dell'ereditabilità h^2 e della matrice di varianza covarianza fenotipica P (Cheverud 1988; Williams-Blangero e Blangero, 1989; Relthford e Blangero, 1990; Relethford e Harpending, 1994). 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. I tratti quantitativi possono assumere un ampio *range* di valori e non un numero finito di valori discreti in quanto il loro fenotipo è determinato dall'effetto di influenze genetiche (ereditarietà poligenica nel caso di tratti antropometrici) e ambientali (Relethforde Lee, 1982). L'ereditabilità h^2 è riferita all'intera popolazione, indica quanto la variabilità fenotipica sia dovuta a quella genetica e risente degli effetti ambientali.

La media ponderata di tutti i valori di r_{ij} è un analogo fenotipico della F_{st} di Wright che la introdusse per esprimere la variazione totale tra le popolazioni (Relethford e Harpending, 1994; Relethford 2016). La F_{st} è una misura della variabilità genetica fra popolazioni ed è data dal rapporto tra la variabilità tra gruppi e la variabilità totale (Relethford, 2013). Si tratta di un parametro difficile da interpretare e da confrontare con altri studi in quanto è influenzato dalla dimensione della popolazione, dai tassi di flusso genico locale e a lungo raggio e dal tempo considerato (Relethford, 2016). Il suo valore oscilla tra 0 e 1. Zero significa che tra due popolazioni nessuna delle variazioni osservate può essere attribuita a differenze nelle frequenze alleliche. Mentre un valore basso per un gruppo di popolazioni indica che le popolazioni sono state sottoposte ad un significativo flusso genico. Un valore di F_{st} uguale a

0,05 indica che il 5% della variabilità è inter-popolazionistica, mentre il restante 95% è intra-popolazionistica.

L'analisi della matrice R a partire dai tratti quantitativi è basata sulla variabilità fenotipica che riflette sia la variabilità genetica sia quella ambientale, quindi per calcolare il valore di F_{st} occorre valutare l'ereditabilità media dei tratti che si considerano. L'ereditabilità dei tratti quantitativi dovrebbe essere stimata a partire dalle popolazioni in esame, ma non essendo possibile si assume in genere un valore di $h^2=0,55$ come indicato in diversi studi (Relethford, 1994; Sardi et al., 2005; Schillaci, 2008; Hanihara e Ishida, 2009). Assumendo invece $h^2=1$ si otterrà il valore minimo di F_{st} (William-Blangero e Blangero, 1989) in quanto minore è il valore dell'ereditabilità maggiore è il valore della F_{st} (Relethford, 2016). Con un valore di $h^2=0,9$ la F_{st} sarà uguale a 0,055 mentre con un valore di $h^2=0,7$ la F_{st} sarà uguale a 0,070.

Sia la F_{st} sia la *minimum* F_{st} sono statistiche comparative utili entro certi limiti (Relethford 2016). Considerando che la F_{st} è basata su un modello di popolazione genetica che non sempre rispecchia un caso particolare (es. Long e Kittles 2003), confrontare valori di F_{st} consente una osservazione di massima sulla differenziazione relativa tra gli studi, permettendo la comparazione tra differenti strutture di popolazione (es. Jorde, 1980). È necessario fare attenzione ad alcune limitazioni. Il confronto tra i valori di F_{st} devono essere fatti tra popolazioni con simile scala. Non si può utilizzare la F_{st} per fare comparazioni tra gruppi di piccoli villaggi in una vallata locale con gruppi regionali o continentali (Relethford, 2016). Il valore di F_{st} non può essere utilizzato se calcolato su campioni prelevati da una vasta gamma temporale. In Bioarcheologia i diversi periodi possono essere campionati per analisi diacroniche, ma spesso è necessario unire i dati di diversi intervalli temporali per raggiungere ragionevoli dimensioni del campione (es: D'Amore et al., 2010a,b; Byrd, 2014). Considerando che la F_{st} è una misura che assume flusso genico e deriva genetica tra un insieme di popolazioni incrociate (interbreeding) come un singolo punto nel tempo, questa è una misura sincronica e non diacronica delle variazioni genetiche. Derivare la F_{st} utilizzando campioni da più periodi in una analisi, implica come assunto che non siano presenti cambiamenti genetici significativi nel tempo. A seconda delle condizioni i cambiamenti nei valori di F_{st} potrebbero non essere intuitivi e non fornire alcuna informazione (Relethford 1991; Relethford et al

1997). Se i campioni di popolazione non sono contemporanei la F_{st} , come in questo lavoro, non può essere considerata una reale misura della struttura di popolazione, ma piuttosto una stima approssimativa delle differenze diacroniche, nell'ipotesi che siano assenti cambiamenti temporali degli effetti di selezione (D'Amore et al., 2010a). La F_{st} non fornisce alcuna informazione sul modello di variazione, ma solo sul grado di differenziazione delle popolazioni. Quindi volendo stimare quali popolazioni sono più simili tra loro e se vi è un modello di relazione tra di esse (per esempio storico o geografico), è necessario calcolare una misura delle distanze genetiche tra tutte le coppie di popolazioni. A questo scopo Harpending and Jenkins (1973) hanno trasformato la matrice R in una matrice di distanze genetiche dove la distanza tra ogni coppia di popolazioni i e j è calcolata come segue:

$$D^2_{ij} = r_{ii} + r_{jj} - 2r_{ij}$$

La divergenza tra due popolazioni può essere dovuta a deriva genetica, flusso genico con popolazioni non considerate nell'analisi, una diversa storia nel popolamento. A questo scopo può quindi essere utile un confronto della distanza genetica con la geografia, la storia e la demografia.

Relethford e Blangero (1990) tenendo conto del fatto che esiste una relazione tra l'eterozigosi e la variazione fenotipica, hanno esteso il metodo di Harpending e Ward (1982) all'analisi dei tratti quantitativi in modo da stimare i livelli attesi di varianza fenotipica nella popolazione i (V_i):

$$E[V_i] = V_w(1-r_{ii})/1 - F_{st}$$

dove V_w è la varianza osservata all'interno del gruppo, pesata in base alle dimensioni della popolazione, ed r_{ii} e F_{st} sono stimati dai tratti quantitativi osservati. I valori attesi vengono poi confrontati con i valori osservati di V_i . Per i casi multivariati, V_i e V_w sono le variazioni medie di tutti i tratti dopo standardizzazione dei dati grezzi (z-scores) (Relethford, 2016). Relethford e Blangero (1990) applicarono questo metodo alle misure craniometriche di popolazioni dell'Irlanda dimostrando che è valido anche quando siano disponibili stime grossolane dell'ereditabilità delle misure, osservarono anche che la dimensione del campione e la localizzazione avrebbero un effetto sull'analisi. Trovarono difficile interpretare la variazione

fenotipica residua finché non vennero raggruppate diverse popolazioni locali geograficamente prossime che diedero un senso ai modelli di variazione residua. Non è però chiaro se questi risultati siano dovuti alle dimensioni del campione o a modelli di flusso genico localizzati che coprono gli effetti a lungo raggio. Come con la distanza della matrice R e la F_{st} , bisogna fare attenzione quando si applica il modello di Relethford e Banglero (1990) a dati che sono stati raggruppati in un ampio intervallo temporale.

L'analisi della matrice R si esegue con il programma RMET 5.0, messo a disposizione gratuitamente da J. Relethford nel sito <http://employees.oneonta.edu/relethjh/programs/>

Il programma consente di:

- Calcolare la matrice R con connessa matrice di distanza D al quadrato.
- Correggere la distorsione dovuta alla numerosità dei campioni.
- Calcolare la varianza fenotipica media tra i gruppi e comparare la varianza media all'interno del gruppo rispetto a quella attesa sulla base delle distanze r_{ij} di ciascuna popolazione dal centroide, attraverso una analisi Relthford-Banglero;
- Costruire il grafico delle prima due coordinate principali ottenute dalla matrice R e volendo da una matrice R scalare.

Fornisce inoltre informazioni sulla F_{st} , sugli errori standard degli elementi della matrice e sulla matrice di distanze, calcolati utilizzando il metodo di Relethford et al. (1997).

Analisi delle coordinate principali

L'analisi delle coordinate principali è un metodo che riassume il modello delle relazioni attraverso un numero ridotto di dimensioni: le prime due coordinate principali. Questo metodo è stato inizialmente suggerito da Torgerson nel 1952, tuttavia viene solitamente attribuito a Gower (1966) a cui si deve il nome attuale.

L'analisi permette un ordinamento degli oggetti nello spazio definito da una qualsiasi matrice di distanza o di similarità, a condizione che essa goda di tutte le proprietà metriche (Gower,

1966). Tale tecnica di ordinamento ha la proprietà di preservare al meglio le distanze originali fra gli oggetti nello spazio ridotto definito dagli assi principali.

Il metodo è metrico in quanto l'ordinamento risultante preserva le distanze metriche tra gli oggetti, così come avviene nell'analisi delle componenti principali (PCA). Il requisito è che venga estratto il numero necessario di assi di ordinamento per mantenere le distanze metriche originali nel risultato. Quindi le distanze in input devono soddisfare gli assiomi metrici ma una loro osservanza parziale non impedisce l'interpretabilità dei risultati. Rispetto alla PCA, per la quale esiste una diretta relazione tra le coordinate principali e le variabili originarie, nella PCO (o PCoorA) le variabili originarie non hanno alcun ruolo diretto nel calcolo delle nuove coordinate, ma servono solo a determinare la matrice delle distanze tra i campioni (Legendre e Legendre, 1998). Quando la PCO è applicata ad una matrice di distanze euclidee, si ottiene un ordinamento dei punti assolutamente equivalente a quello prodotto dalla PCA.

Un esempio didattico, che viene spesso riportato dai vari autori (es. Manly, 1986), è l'applicazione della PCoorA per ricostruire le relative posizioni delle città a partire dalle cartine delle distanze stradali riprodotte sul retro delle mappe. Nell'ipotetica situazione in cui tutte le strade siano dritte, le dimensioni interne della matrice di distanze sono solo 2, per cui la cartina delle città può essere illustrata mediante PCoorA sul piano senza distorsione. Infatti la PCoorA genera le coordinate dalle distanze in maniera tale da riprodurre perfettamente la matrice di immissione dei dati. Autovalori negativi indicano che la matrice iniziale non era euclidea. Anche se piccoli autovalori negativi si possono ignorare, grandi autovalori negativi possono causare problemi poiché la struttura di dissimilarità può essere rappresentata solo nello spazio euclideo con distorsione.

Gower (1966) spiegò come calcolare le coordinate principali a partire da una matrice di similarità:

- La matrice iniziale deve essere una matrice di distanze $D=[D_{hi}]$.
- La matrice viene trasformata in una nuova matrice A così definita:

$$a_{hi} = -\frac{1}{2}D_{hi}^2$$

- La matrice A viene centrata e si ottiene la matrice $\Delta_1 = [\delta_{hi}]$ attraverso l'equazione:

$$\delta_{hi} = a_{hi} - \bar{a}_h - \bar{a}_i + \bar{a}$$

dove \bar{a}_h e \bar{a}_i sono rispettivamente le righe e le colonne medie della matrice A e \bar{a} è la media di tutte le a_{hi} nella matrice A.

Nel caso particolare in cui le distanze siano calcolate utilizzando un coefficiente di distanza euclidea (D_1), è possibile ottenere la matrice Δ_1 direttamente senza calcolare le due equazioni precedenti.

- Vengono calcolati gli *eigenvalues* (autovalori) e gli *eigenvectors* (autovettori) e questi ultimi sono scalati ad una lunghezza uguale alla radice quadrata dei rispettivi autovalori.
- Una volta scalati, gli autovettori vengono riportati nelle colonne e le righe della tabella risultante sono le coordinate degli oggetti nella PCorA.

La prima coordinata (e a seguire le altre) è una caratteristica in grado di differenziare al massimo possibile un campione dall'altro, mettendo così in evidenza le differenze tra di essi.

Cluster Analysis

Il termine *cluster analysis* fu introdotto nel 1939 da Tyron che la presentò come una variante dell'analisi fattoriale. Nell'ambito della *cluster analysis* o analisi dei grappoli rientrano diverse tecniche di analisi multivariata che permettono di raggruppare le unità statistiche in categorie (gruppi) in modo da minimizzare la "lontananza logica" interna a ciascun gruppo e di massimizzare quella tra i gruppi. La "lontananza logica" viene quantificata per mezzo di misure di similarità/dissimilarità definite tra le unità statistiche. Per dati di tipo numerico (quantitativi) si possono utilizzare delle misure di distanza. Per dati di tipo qualitativo è necessario utilizzare misure *matching-type*, quindi di associazione (similarità o dissimilarità). Vengono determinati un certo numero di gruppi in modo tale che le osservazioni siano il più possibile omogenee all'interno dei gruppi e disomogenee tra i gruppi. Un gruppo di entità omogenee viene definito "cluster". I gruppi vengono quindi definiti in modo tale da massimizzare l'omogeneità interna e le differenze tra i gruppi stessi e il concetto di

omogeneità viene specificato in termini di distanza per i quali esistono diversi criteri. Le entità in un cluster sono simili e la distanza tra loro è piccola, mentre oggetti in cluster differenti sono dissimili e la distanza tra loro è grande.

L'analisi permette alla fine di visualizzare in forma grafica le relazioni tra i gruppi mediante un dendrogramma o albero filogenetico.

I diagrammi permettono di visualizzare con immediatezza quali sono i gruppi più simili tra loro e nell'analisi dei gruppi vengono utilizzati generalmente dendrogrammi che rappresentano il grado di affinità tra i gruppi ma non implicano necessariamente una relazione di discendenza. Ogni ramo del dendrogramma rappresenta un gruppo o cluster e la linea di congiunzione di due o più rami individua il livello di distanza al quale i grappoli si fondono.

Gli alberi filogenetici, costruiti nel tentativo di dare una rappresentazione evuzionistica delle relazioni, richiedono una radice quale antenato comune. La radice può essere inserita attraverso l'introduzione di un *outgroup*, cioè un gruppo che si presume si sia differenziato dal progenitore comune prima che i gruppi in esame abbiano iniziato a divergere tra loro, o si considera come radice il centro del ramo più lungo, cioè quello che unisce i gruppi più distanti (Caramelli, 2009). Negli alberi con radice si assume l'ipotesi dell'orologio molecolare, dunque si suppone che il tasso evolutivo sia lo stesso lungo tutti i rami dell'albero. Gli alberi senza radice esprimono principalmente le relazioni tra i gruppi senza dare informazioni sui processi evolutivi (Caramelli, 2009). In un albero se la lunghezza dei rami è proporzionale alla distanza evolutiva tra i nodi l'albero viene definito filogramma, al contrario cladogramma.

Diversi sono i metodi per la costruzione dei dendrogrammi e questi vengono classificati in base all'algoritmo di *clustering* utilizzato e al tipo di dato di partenza: quantitativo o qualitativo (Caramelli, 2009). In base al tipo di dato abbiamo metodi basati sulle distanze genetiche e metodi basati sui caratteri. Quelli che a noi interessano sono i primi in quanto utilizzano le matrici di distanza e ad esse possono essere applicati diversi algoritmi.

I metodi di *clustering* si possono classificare in metodi gerarchici e metodi non gerarchici. (Sadocchi, 1981). I metodi gerarchici sono quelli utilizzati in questo lavoro e possono essere di tipo agglomerativo e di tipo divisivo. Nei metodi agglomerativi gli n oggetti iniziali vengono

raggruppati in gruppi sempre più ampi e saranno necessarie $n-1$ aggregazioni per giungere ad un unico gruppo (Sadocchi, 1981); i metodi divisivi prevedono partizioni sempre più piccole dell'insieme iniziale. I metodi non gerarchici sono solo di tipo aggregativo e ripartiscono n unità date in r cluster definiti a priori, fornendo come prodotto finale una sola partizione delle n unità (Sadocchi, 1981).

Tra i metodi gerarchici agglomerativi maggiormente utilizzati (Caramelli 2009) è il metodo UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages*) o metodo della media non pesata dei gruppi (Sneath e Sokal, 1973) che utilizza un algoritmo iterativo, dove la distanza tra due gruppi è data dalla distanza media tra tutte le coppie di oggetti nei due diversi gruppi. I gruppi vengono uniti in modo che la distanza media fra tutte le coppie di punti del gruppo risultante sia la minore. Il nuovo gruppo forma un cluster e lo stesso processo di clusterizzazione viene applicato alla nuova matrice formata con $n-1$ gruppi. L'analisi procede così fino a trovare gli ultimi due cluster che vengono uniti assieme e si considera il loro punto medio radice dell'albero (Caramelli, 2009). Da questo metodo si ricava un filogramma che presuppone la validità dell'orologio molecolare, cioè si suppone che il tasso evolutivo sia stato lo stesso lungo tutti i rami (Caramelli, 2009).

Un altro metodo è il *Neighbor-joining*, NJ, (Saitou e Nei, 1987) il cui algoritmo è simile a quello dell'UPGMA, tuttavia la scelta del "vicino" viene fatta attraverso un processo di minimizzazione della somma di tutte le distanze fra i campioni, considerando tutte le coppie possibili. Il processo inizia con la costruzione di un albero a stella (cioè un albero non risolto) con le branche tutte della stessa lunghezza e le diramazioni vengono risolte una alla volta aggiungendo sempre un nuovo nodo. Alla fine il dendrogramma presenta rami la cui lunghezza è proporzionale alla distanza media di ciascuna gruppo da tutti gli altri. Questo metodo si basa sul principio della minima evoluzione e il risultato è un albero dove i singoli rami hanno lunghezza diverse e la somma di tutti i rami è la minore (Caramelli 2009). La costruzione dell'albero può essere condotta fornendo un *outgroup*, e dando quindi un riferimento che può aiutare l'interpretazione dei risultati, tuttavia l'albero sarà comunque senza radice.

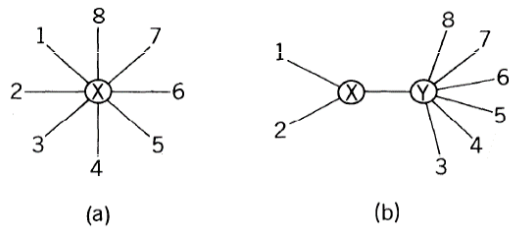


Figura 2. Albero a stella (a) senza struttura gerarchica e albero (b) con unità tassonomiche operative (OTU) in cluster (da Saitou e Nei, 1987)

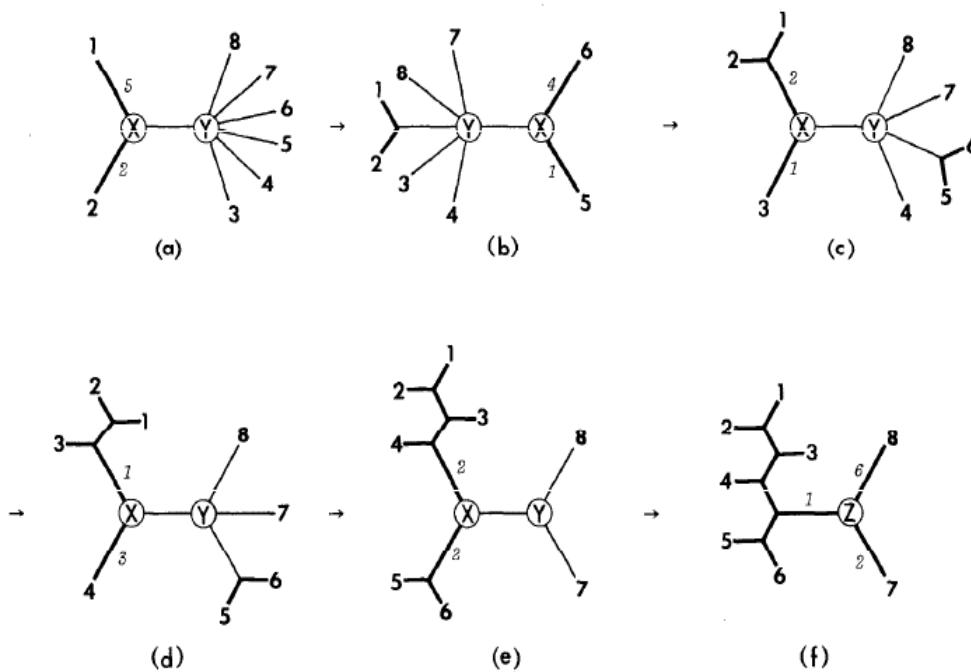


Figura 3. Evoluzione albero a stella da (Saitou e Nei, 1987). I diversi passaggi mostrano la formazione di un albero senza radice.

Altri algoritmi di clustering gerarchici sono quelli del legame singolo, del legame completo, del legame medio e di Ward. Il metodo del legame singolo (*nearest neighbor*) consiste nel raggruppare i casi che presentano la minore distanza. Quindi inizialmente si fondono le 2 unità aventi distanza minima e si ottengono $n-1$ gruppi, poi si calcola una nuova matrice di distanza tra gli $n-1$ clusters e si aggregano i due cluster aventi distanza minima. La tecnica del legame completo (*furthest neighbor*) (Sørensen, 1948) riunisce i casi che sono più vicini rispetto ai casi più lontani di ciascuno dei gruppi che si sono formati, basandosi su un criterio di distanza massima. Sarà privilegiata l'aggregazione che: (a) genera il gruppo più numeroso; (b) accelera la diminuzione del numero di gruppi e (c) massimizza la similarità media intra-gruppo

(Sørensen 1948). Nel metodo del legame medio la distanza tra cluster è data dalla media aritmetica delle distanze tra tutte le possibili coppie di elementi appartenenti l'uno ad un cluster, l'altro ad un altro (Terzi). Il metodo del centroide si applica a variabili quantitative e lavora soprattutto sui singoli vettori di osservazione. Per ogni gruppo si calcola il baricentro e la distanza tra un'unità e un gruppo o tra due gruppi è calcolata come distanza tra i baricentri. (Terzi)

La tecnica di Ward (1963) aggrega i casi in modo tale da ottenere, in ogni fase della fusione, il minimo incremento possibile della varianza all'interno di ciascun gruppo.

Quindi per effettuare un'analisi di raggruppamento è necessario procedere secondo una sequenza di passaggi:

1. Scegliere le variabili di classificazione che possono essere le osservazioni rilevate o una loro trasformazione.
2. Scegliere la misura di distanza.
3. Scegliere l'algoritmo di raggruppamento.

Analisi discriminante

L'analisi discriminante venne introdotta da R.A. Fisher (1936) per attribuire alcuni reperti fossili alla categoria dei primati o a quella degli ominidi, sulla base di alcune caratteristiche antropometriche.

Si tratta di un insieme di metodologie che permettono di assegnare una generica osservazione x ad una delle p sottopopolazioni X_1, \dots, X_p in cui è suddiviso un universo campionario k -dimensionale X . Permette quindi di determinare quali variabili discriminano tra due o più gruppi. L'analisi determina se i gruppi considerati si differenziano per la media di una variabile e utilizza tale variabile per prevedere l'appartenenza al gruppo di un nuovo caso. L'analisi discriminante massimizza le differenze tra i gruppi selezionando variabili che vengono combinate linearmente per ottenere la maggior quantità di varianza tra i gruppi (Pietrusewsky, 2008).

Solitamente gli studi riguardano l'uso di più variabili al fine di valutare quali contribuiscono a discriminare tra i gruppi. Se sono presenti più di due gruppi è necessario stimare più di una funzione discriminante. Per esempio con tre gruppi è necessario stimare una funzione per discriminare tra i tre gruppi combinati e una per discriminare tra il gruppo 2 e il gruppo 3. Le diverse funzioni discriminanti vengono calcolate attraverso una analisi della correlazione canonica che determina le successive funzioni e radici canoniche (il termine radice si riferisce agli autovalori che sono associati alla rispettiva funzione canonica). Il numero massimo di funzioni calcolabili è uguale al numero dei gruppi meno 1, o al numero delle variabili nell'analisi, a seconda di quale sia il minore.

L'analisi produce inizialmente i coefficienti standardizzati per ciascuna variabile in ogni funzione discriminante così interpretabili: maggiore è il coefficiente standardizzato, maggiore è il contributo della rispettiva variabile nel discriminare tra i gruppi. Tuttavia questi coefficienti non indicano tra quali gruppi le rispettive funzioni discriminano. È possibile identificare la natura della discriminazione per ciascuna funzione discriminante osservando le medie per le funzioni dei gruppi; oppure è possibile visualizzare come queste due funzioni discriminano tra i gruppi tracciando i punteggi individuali per le due funzioni discriminanti.

Quando si interpretano molteplici funzioni discriminanti, che derivano da analisi con più di due gruppi e più variabili, si dovrebbe prima valutare la significatività delle diverse funzioni e considerare solo quelle significative per le ulteriori analisi. Successivamente bisogna controllare i coefficienti standardizzati per ogni variabile per ogni funzione significativa. Maggiore è il coefficiente di standardizzazione, maggiore è il contributo della rispettiva variabile alla discriminazione specificata dalla rispettiva funzione discriminante.

Infine si dovrebbero osservare le medie delle funzioni discriminanti significative al fine di determinare tra quali gruppi le rispettive funzioni sembrano discriminare.

Si presume che i dati rappresentino un campione con una distribuzione multivariata normale. In ogni caso le violazioni della normalità non sono errori "fatali", nel senso che i test di significatività sono ancora affidabili. Un altro assunto è che le matrici di varianza/covarianza delle variabili sono omogenee in tutti i gruppi. Piccole deviazioni non sono preoccupanti.

Un altro importante utilizzo dell'analisi discriminante è quella della classificazione predittiva dei casi, utilizzata per valutare quanto bene è possibile prevedere a quale gruppo appartiene un particolare caso. La classificazione può essere a *priori* o *post hoc*. L'analisi discriminante calcola la funzione di classificazione che può essere usata per determinare a quale gruppo ogni caso è più probabile appartenga. Viene calcolato un numero di funzioni di classificazione pari al numero dei gruppi. Ogni funzione permette di calcolare i punteggi di classificazione per ciascun caso per ogni gruppo

In generale si classificano i casi in base al gruppo per il quale è stato ottenuto il punteggio più alto. Oltre a prevedere in quale gruppo classificare il caso, si può calcolare la probabilità che la previsione fatta sia corretta. Queste sono chiamate probabilità a posteriori e per capire come vengono derivate vengono utilizzate le distanze di Mahalanobis. Per ogni gruppo del campione è possibile determinare la posizione del punto che rappresenta la media per tutte le variabili nello spazio multivariato definito dalle variabili. Questi punti sono i centroidi dei gruppi. Per ogni caso si calcola la distanza di Mahalanobis da ogni centroide di gruppo. Il caso viene classificato come appartenente al gruppo più vicino, cioè a quello da cui è meno distante.

La distanza di Mahalanobis permette di calcolare la probabilità che un caso appartenga ad un particolare gruppo. Questa probabilità è inversamente proporzionale alla distanza di Mahalanobis dal centroide di quel gruppo. Si tratta di una probabilità a posteriori perché la posizione di ogni singolo caso viene calcolata a partire dalla conoscenza dei valori per quel caso rispetto alle variabili.

Infine la matrice di classificazione permette di determinare quanto correttamente le funzioni di classificazione prevedono l'appartenenza dei casi al gruppo. La matrice mostra il numero dei casi correttamente classificati (nella diagonale) e quelli classificati erroneamente.

RISULTATI E DISCUSSIONE

3.4 Risultati

Analisi con 24 gruppi e 12 variabili

In appendice (Tabella 2) sono riportati i valori delle medie calcolate dai dati standardizzati, al fine di individuare le differenze più rilevanti tra i gruppi che permettono di identificare la diversa morfologia o le somiglianze in casi di valori simili.

La Tabella 7 riporta i principali parametri dell'analisi della matrice R dalla quale risulta che circa il 13,5% della variabilità totale è inter-popolazionistica ed il restante 86,5% è intra-popolazionistica. La varianza fenotipica media è stimata intorno all'89%. L'analisi della matrice R, calcolata con il software RMET, è stata eseguita ponendo uguale a 0,55 il valore di ereditabilità h^2 e indicando il valore 1 per la consistenza demografica delle popolazioni.

La Figura 4 riporta il grafico della PCoorA applicata alla matrice R, che ha prodotto due *eigenvector* (scalati per la radice quadrata dei loro *eigenvalues*). Le 2 coordinate principali, PCoor 1 e PCoor2 congiuntamente spiegano il 65,1% della variabilità ricavate dalla matrice R. Il quadro di relazione fra i gruppi mostra sostanzialmente una disposizione ordinata sulla base dell'antichità seguendo i valori della prima coordinata da destra verso sinistra. Infatti la prima coordinata separa i gruppi più antichi: Paleolitici, Mesolitici e Neolitici da quelli successivi, collocandoli nella metà positiva del plot da essa individuata. La rappresentazione topologica evidenzia che tutti i gruppi sardi, ad esclusione di OZI, si situano nella porzione negativa del grafico individuata dalla prima e dalla seconda coordinata, con i gruppi BON, ANR e SPR più vicini al valore zero della seconda coordinata. Interpretando la posizione topologica dal punto di vista delle distanze genetiche possiamo osservare due aspetti interessanti: l'affinità del gruppo OZI con il gruppo IBM e la posizione intermedia di NUR tra i gruppi neolitici e i gruppi più recenti. L'insieme dei restanti gruppi si posiziona in maniera sostanzialmente compatta nella metà negativa del *plot* individuata dalla prima coordinata, con un addensamento in posizione centrale. La figura 5 riporta il grafico della *cluster analysis* costruita a partire dai valori della matrice di distanze D^2 (Tabella 8) ricavata dall'analisi della matrice R. Il dendrogramma è costruito con il metodo UPGMA, in appendice (Figura 1) l'albero con il

metodo NJ. Il primo nodo (Figura 5) separa i gruppi preistorici paleolitici e mesolitici da quelli più recenti ad esclusione del gruppo neolitico di Ozieri che mostra affinità con i mesolitici iberici. Il ramo che porta ai gruppi più recenti forma due *sub-cluster*. Il primo racchiude i gruppi neolitici italiani e i sardi nuragici e recenti, mostrando quindi una maggiore affinità dei Sardi sia tra di loro che con le popolazioni neolitiche italiane piuttosto che i restanti gruppi italiani; il secondo forma un primo raggruppamento costituito dai campioni dell'età del Rame e dell'età del Bronzo, ad esclusione di ANR che al suo interno dovrebbe presentare anche dei campioni appartenenti al neolitico Sardo, e un secondo raggruppamento costituito dai campioni più recenti preromani, romani e mediavali (ETR, TUSR, SPR e THR) fino alla ramificazione che porta ai gruppi recenti (FIR e SIR). Sembra quindi identificabile una differenziazione temporale dal più antico al più recente.

Tabella 7. *Analisi con 24 gruppi e 12 variabili.* Principali parametri dell'analisi della matrice R. Valori della F_{st} e della F_{st} non distorta, con il corrispondente errore standard e la media della varianza fenotipica interna al gruppo.

Analisi 24 gruppi	
Fst	0,1669
Fst non distorta	0,1347
SE	0,0067
Media var. fenotipica interna	0,891

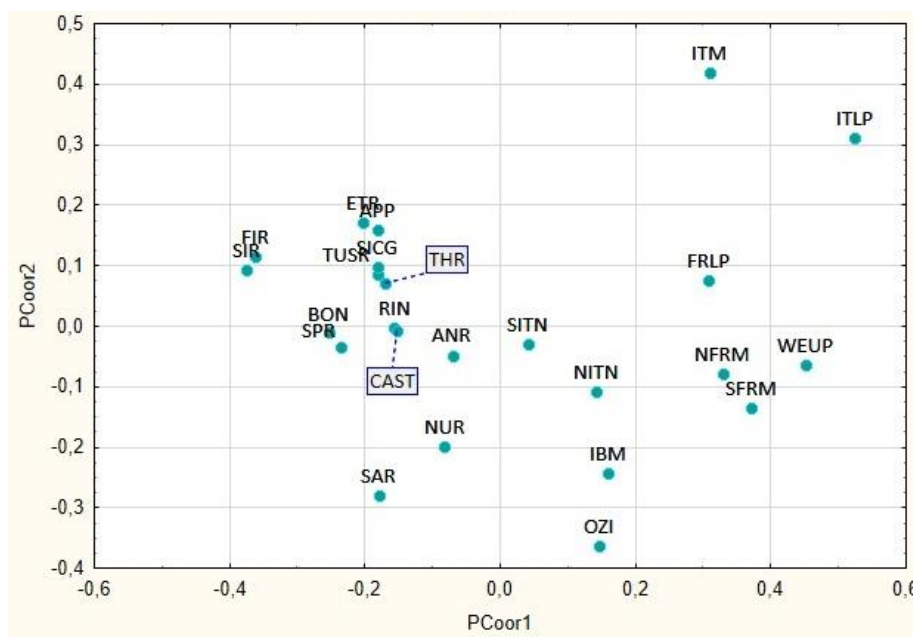


Figura 4. *Analisi con 24 gruppi e 12 variabili.* Analisi delle coordinate principali (PCoA): grafico ottenuto dalla proiezione delle prime due coordinate principali. PCo1 = 45,0 %; PCo2 = 20,1 %.

Tabella 8. *Analisi con 24 gruppi e 12 variabili.* Matrice di distanza D^2 risultante dall'analisi della matrice R.

	WEUP	ITLP	ITM	FRLP	SFRM	NFRM	IBM	NITN	SITN	OZI	ANR	BON	NUR	RIN	APP	ETR	TUSR	CAST	SICG	SAR	FIR	SIR	SPR	THR
WEUP	0,000	0,354	0,399	0,178	0,184	0,140	0,377	0,305	0,421	0,298	0,446	0,595	0,372	0,585	0,470	0,660	0,616	0,575	0,632	0,622	0,869	0,812	0,685	0,612
ITLP	0,354	0,000	0,182	0,288	0,280	0,414	0,532	0,374	0,419	0,669	0,690	1,019	0,718	0,713	0,767	0,639	0,594	0,803	0,671	0,899	0,917	0,911	0,740	0,688
ITM	0,399	0,182	0,000	0,152	0,296	0,254	0,459	0,371	0,320	0,660	0,425	0,563	0,566	0,417	0,353	0,464	0,464	0,488	0,307	0,822	0,593	0,603	0,525	0,375
FRLP	0,178	0,288	0,152	0,000	0,115	0,104	0,211	0,167	0,206	0,304	0,168	0,316	0,276	0,397	0,367	0,357	0,295	0,312	0,239	0,495	0,601	0,564	0,398	0,281
SFRM	0,184	0,280	0,296	0,115	0,000	0,067	0,078	0,155	0,198	0,066	0,360	0,572	0,284	0,425	0,584	0,518	0,447	0,463	0,393	0,425	0,650	0,629	0,363	0,405
NFRM	0,140	0,414	0,254	0,104	0,067	0,000	0,098	0,174	0,259	0,167	0,246	0,418	0,281	0,282	0,354	0,471	0,438	0,327	0,309	0,485	0,575	0,573	0,386	0,344
IBM	0,377	0,532	0,459	0,211	0,078	0,098	0,000	0,081	0,131	0,061	0,191	0,370	0,160	0,166	0,462	0,418	0,315	0,307	0,228	0,257	0,496	0,435	0,262	0,296
NITN	0,305	0,374	0,371	0,167	0,155	0,174	0,081	0,000	0,008	0,193	0,120	0,333	0,121	0,205	0,293	0,313	0,187	0,187	0,162	0,168	0,408	0,401	0,196	0,221
SITN	0,421	0,419	0,320	0,206	0,198	0,259	0,131	0,008	0,000	0,181	0,109	0,223	0,116	0,159	0,223	0,206	0,118	0,126	0,051	0,130	0,245	0,258	0,085	0,152
OZI	0,298	0,669	0,660	0,304	0,066	0,167	0,061	0,193	0,181	0,000	0,305	0,395	0,171	0,350	0,530	0,497	0,416	0,357	0,361	0,214	0,490	0,490	0,265	0,428
ANR	0,446	0,690	0,425	0,168	0,360	0,246	0,191	0,120	0,109	0,305	0,000	0,036	0,055	0,103	0,103	0,155	0,074	0,000	0,082	0,232	0,282	0,276	0,099	0,021
BON	0,595	1,019	0,563	0,316	0,572	0,418	0,370	0,333	0,223	0,395	0,036	0,000	0,126	0,163	0,060	0,156	0,138	0,033	0,051	0,270	0,201	0,159	0,144	0,100
NUR	0,372	0,718	0,566	0,276	0,284	0,281	0,160	0,121	0,116	0,171	0,055	0,126	0,000	0,110	0,184	0,216	0,128	0,129	0,182	0,085	0,290	0,241	0,104	0,085
RIN	0,585	0,713	0,417	0,397	0,425	0,282	0,166	0,205	0,159	0,350	0,103	0,163	0,110	0,000	0,109	0,161	0,124	0,138	0,087	0,220	0,155	0,117	0,090	0,039
APP	0,470	0,767	0,353	0,367	0,584	0,354	0,462	0,293	0,223	0,530	0,103	0,060	0,184	0,109	0,000	0,170	0,169	0,064	0,106	0,357	0,170	0,179	0,178	0,090
ETR	0,660	0,639	0,464	0,357	0,518	0,471	0,418	0,313	0,206	0,497	0,155	0,156	0,216	0,161	0,170	0,000	0,004	0,132	0,086	0,292	0,116	0,091	0,056	0,049
TUSR	0,616	0,594	0,464	0,295	0,447	0,438	0,315	0,187	0,118	0,416	0,074	0,138	0,128	0,124	0,169	0,004	0,000	0,083	0,069	0,199	0,130	0,110	0,026	0,018
CAST	0,575	0,803	0,488	0,312	0,463	0,327	0,307	0,187	0,126	0,357	0,000	0,033	0,129	0,138	0,064	0,132	0,083	0,000	0,062	0,276	0,174	0,228	0,043	0,048
SICG	0,632	0,671	0,307	0,239	0,393	0,309	0,228	0,162	0,051	0,361	0,082	0,051	0,182	0,087	0,106	0,086	0,069	0,062	0,000	0,208	0,095	0,084	0,049	0,067
SAR	0,622	0,899	0,822	0,495	0,425	0,485	0,257	0,168	0,130	0,214	0,232	0,270	0,085	0,220	0,357	0,292	0,199	0,276	0,208	0,000	0,280	0,240	0,123	0,227
FIR	0,869	0,917	0,593	0,601	0,650	0,575	0,496	0,408	0,245	0,490	0,282	0,201	0,290	0,155	0,170	0,116	0,130	0,174	0,095	0,280	0,000	0,032	0,047	0,143
SIR	0,812	0,911	0,603	0,564	0,629	0,573	0,435	0,401	0,258	0,490	0,276	0,159	0,241	0,117	0,179	0,091	0,110	0,228	0,084	0,240	0,032	0,000	0,089	0,145
SPR	0,685	0,740	0,525	0,398	0,363	0,386	0,262	0,196	0,085	0,265	0,099	0,144	0,104	0,090	0,178	0,056	0,026	0,043	0,049	0,123	0,047	0,089	0,000	0,000
THR	0,612	0,688	0,375	0,281	0,405	0,344	0,296	0,221	0,152	0,428	0,021	0,100	0,085	0,039	0,090	0,049	0,018	0,048	0,067	0,227	0,143	0,145	0,000	0,000

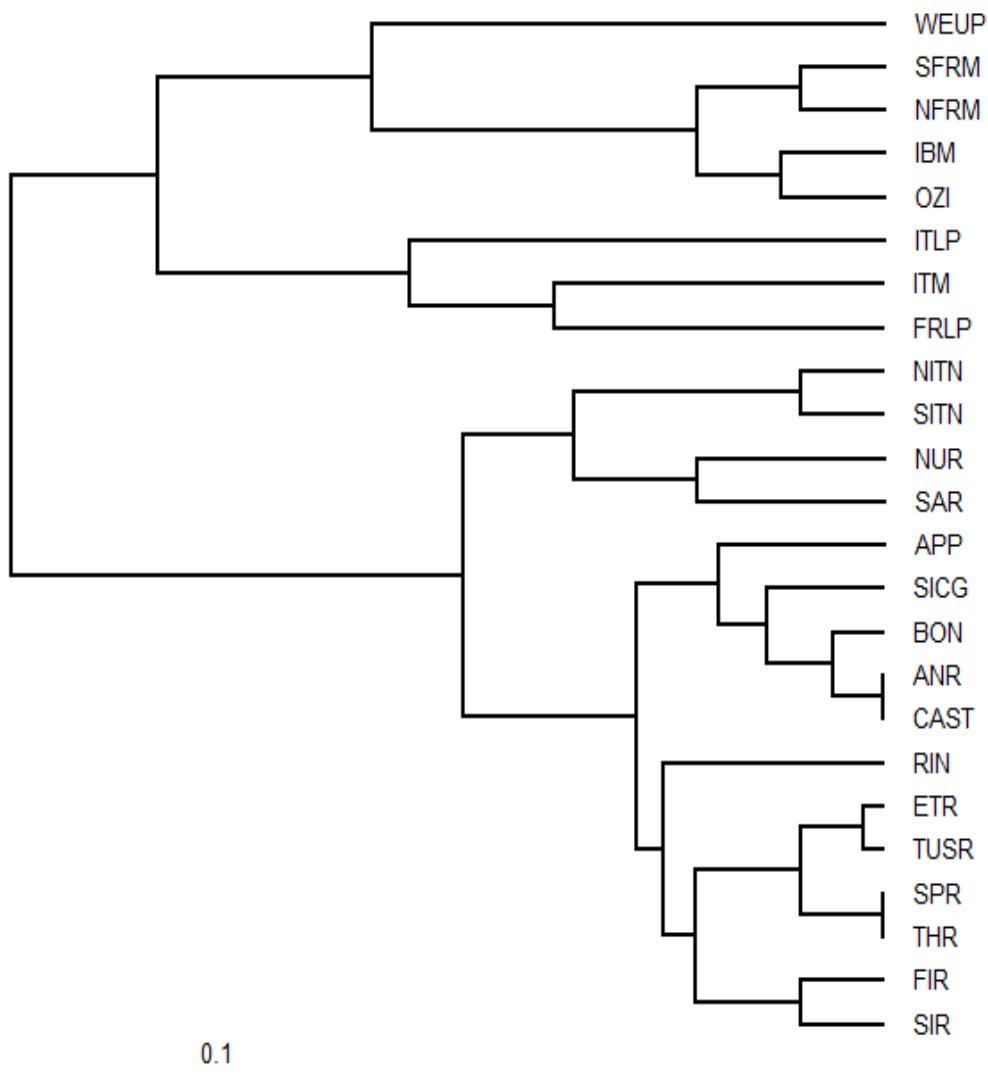


Figura 5. *Analisi con 24 gruppi e 12 variabili.* Dendrogramma elaborato con il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice D^2 risultante dall'analisi della matrice R, metodo UPGMA. L'immagine è stata ottenuta con il programma TreeView opzione *phylogram*.

La Figura 6 riporta il plot dell'analisi discriminante. In appendice (Tabelle 5-6-7) i valori dei coefficienti standardizzati, la *factor structure matrix* e la classificazione degli individui nei gruppi. Il grafico (Figura 6) mostra una disposizione topologica dei gruppi sostanzialmente affine a quella dell'analisi delle coordinate principali.

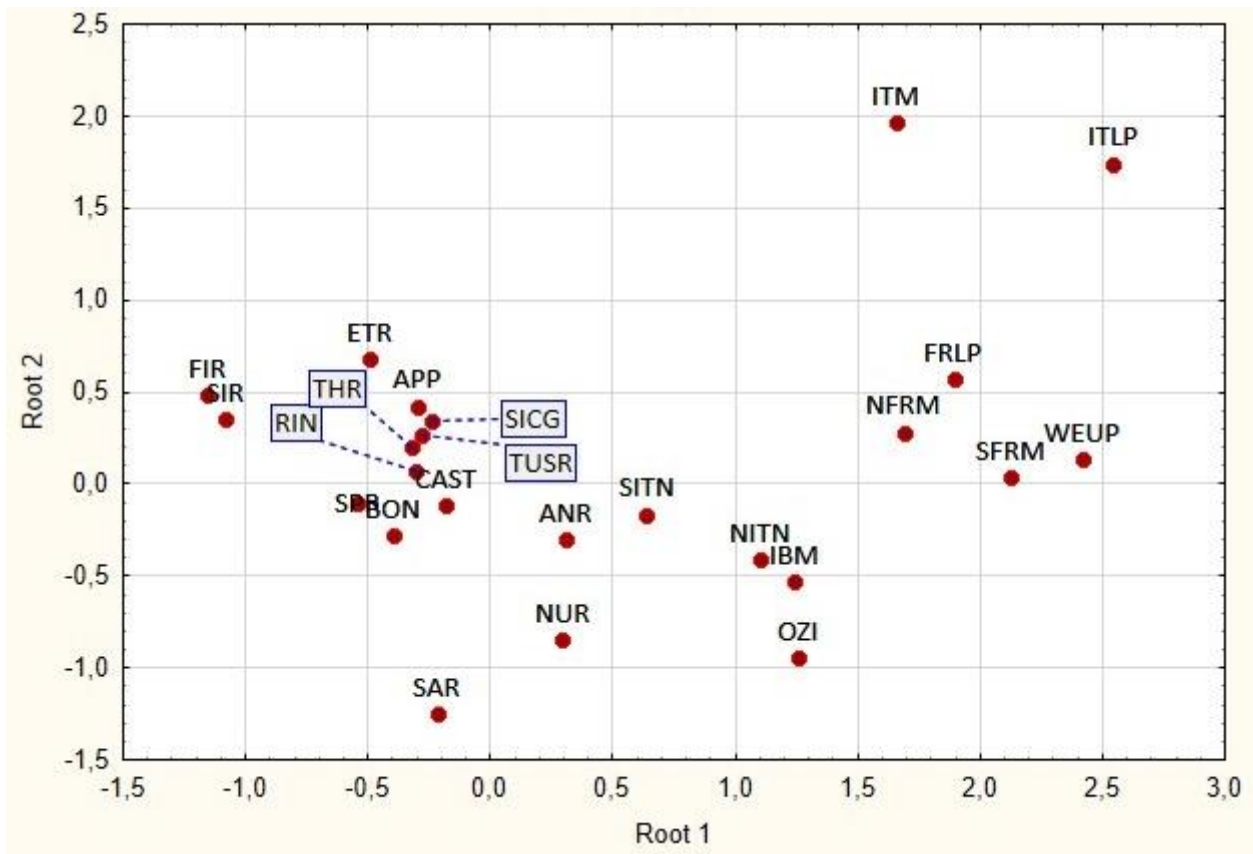


Figura 6. Analisi con 24 gruppi e 12 variabili. Analisi discriminante (DFA), proiezione delle prime due funzioni (Root1 e Root2).

In appendice (Tabella 14) viene riportata la matrice D^2 di Mahalanobis, ricavata dall'analisi discriminante, e i corrispondenti valori F per il rapporto fra le varianze. Vengono indicati anche i valori di significatività ($p > 0,05$).

La matrice è stata utilizzata per l'analisi dei gruppi con il metodo di WARD (Figura 7).

Il dendrogramma mostra una separazione dei gruppi assai simile alla distribuzione ottenuta con il metodo UPGMA. Anche in questo caso il primo nodo porta alla separazione dei gruppi preistorici dai gruppi più recenti, con la differenza che in questo dendrogramma non è il gruppo Ozieri a essere incluso nel *cluster* dei più antichi, ma è il gruppo IBM a ritrovarsi nel *cluster* identificato dalla ramificazione che porta ai gruppi più recenti. Questa ramificazione presenta un nodo che forma due *sub-cluster*, il primo comprende il gruppo IBM, i gruppi neolitici (NITN, SITN e OZI), il gruppo nuragico e il secondo comprende i restanti gruppi italiani, dall'età del Rame all'epoca Moderna, inclusi i gruppi sardi ANR e BON. Tra i gruppi italiani che formano il *sub-cluster* più recente, è possibile osservare una ulteriore divisione che associa da un lato i gruppi dell'età del Rame e dell'età del Bronzo, compresi i due gruppi sardi

di Anghelu Rujù e Bonnàro, e dall'altro i gruppi preromani, romani, il gruppo medievale THR e i due gruppi recenti SIR e FIR che formano assieme un *sub-cluster*.

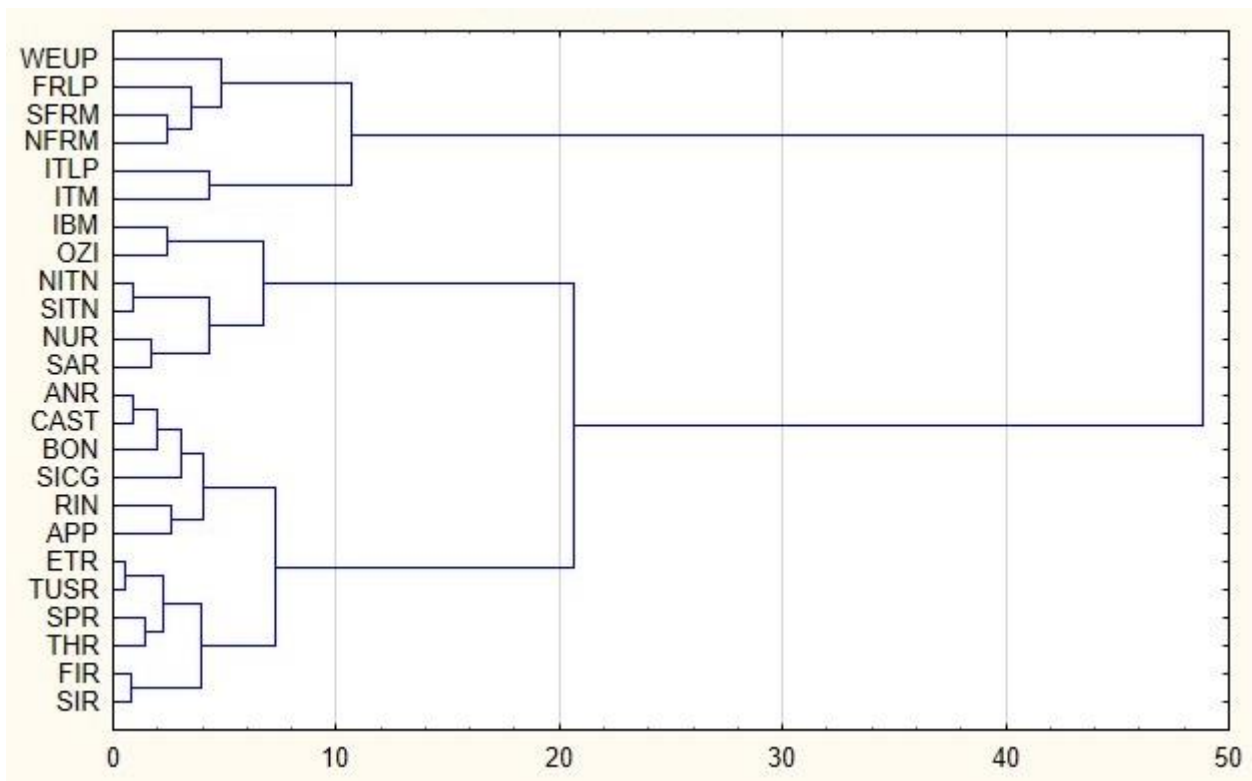


Figura 7. Analisi con 24 gruppi e 12 variabili. Dendrogramma elaborato con il programma Statistica 8.0 a partire dalla matrice D^2 di Mahalanobis, metodo di Ward.

Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.

In appendice (Tabella 3) sono riportati i valori delle medie calcolate dai dati standardizzati. L'analisi della matrice R, calcolata con il software RMET, è stata eseguita ponendo uguale a 0,55 il valore di ereditabilità h^2 e indicando il valore 1 per la consistenza demografica delle popolazioni, in quanto non disponibile. Dall'analisi (Tabella 9) risulta che circa il 6,3% della variabilità totale è inter-popolazionistica ed il restante 93,7% è intra-popolazionistica. La Varianza fenotipica media, ricavata dall'analisi di Relethford e Blangero (1990) è stimata intorno al 98 %.

La Figura 8 riporta il grafico della PCoorA applicata alla matrice R, che ha prodotto due *eigenvector* (scalati per la radice quadrata dei loro *eigenvalues*). I due *eigenvector*

congiuntamente spiegano il 74,7%. La prima coordinata permette la separazione dei gruppi rispetto all'asse x e la seconda permette la separazione rispetto all'asse y.

Il quadro di relazione fra i 6 gruppi mostra una distinzione fra i gruppi nuragici, che si situano nella porzione positiva del piano individuata dall'asse y, dal gruppo Punico-Romano (SPR) e Medievale (THR) che si situano vicini nella porzione negativa del piano individuata dall'asse x. Il gruppo dei sardi recenti si comporta come un *outlier* rispetto agli altri.

La Tabella 10 riporta i valori della matrice di distanza D^2 connessa alla matrice R sulla quale è stata eseguita la *cluster analysis* con il metodo UPGMA (Figura 9). In appendice (Figura 2) l'albero costruito con il metodo NJ.

Il dendrogramma (Figura 9) mostra affinità tra i gruppi nuragici e i sardi recenti, separando in un altro *cluster* i punico-romani e i medievali che mostrano affinità tra di loro.

Tabella 9. *Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Principali parametri dell'analisi della matrice R. Valori della F_{st} e della F_{st} non distorta, con il corrispondente errore standard e la media della varianza fenotipica interna al gruppo.

Analisi temporale dei gruppi sardi	
Fst	0,0934
Fst non distorta	0,0637
SE	0,0089
Media var. fenotipica interna	0,983

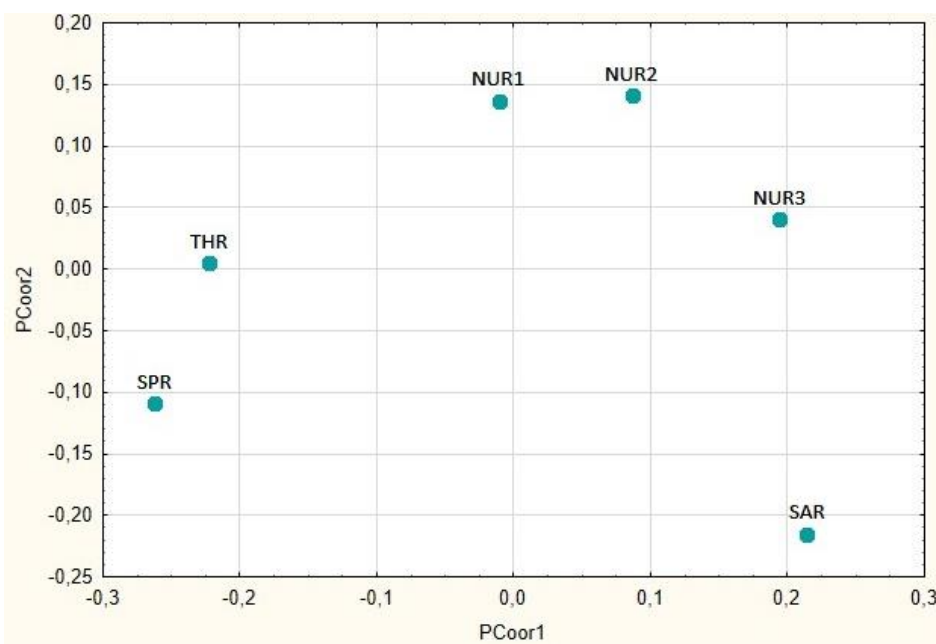


Figura 8. *Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Analisi delle coordinate principali (PCoora): grafico ottenuto dalla proiezione delle prime due coordinate principali. PCo1=50,8 %, PCo2=23,9%.

Tabella 10. *Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Matrice di distanza D^2 risultante dall'analisi della matrice R.

	NUR1	NUR2	NUR3	SPR	THR	SAR
NUR1		0,0700	0,0821	0,1427	0,1423	0,1965
NUR2	0,0700		0,0774	0,2229	0,1595	0,1581
NUR3	0,0821	0,0774		0,2558	0,2243	0,0951
SPR	0,1427	0,2229	0,2558		0,1111	0,2676
THR	0,1423	0,1595	0,2243	0,1111		0,2649
SAR	0,1965	0,1581	0,0951	0,2676	0,2649	

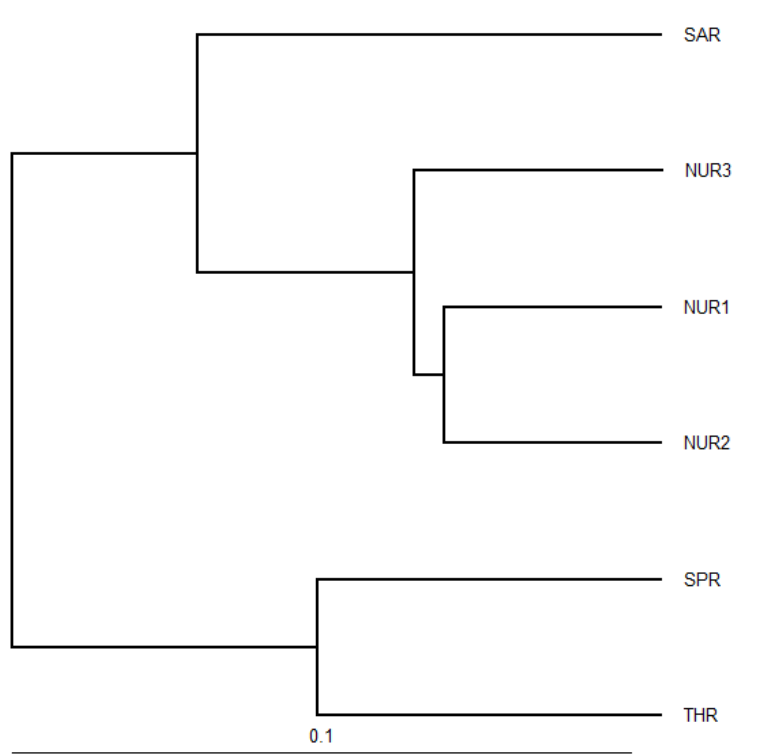


Figura 9. *Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Dendrogramma elaborato con il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice D^2 risultante dall'analisi della matrice R, metodo UPGMA. L'immagine è stata ottenuta con il programma TreeView opzione *phylogram*.

La Figura 10 riporta il grafico dell'analisi discriminante. In appendice (Tabelle 8-9-10) i valori dei coefficienti standardizzati, la *factor structure matrix* e la classificazione degli individui nei gruppi. In comparazione con quanto ottenuto con l'analisi delle coordinate principali, la Figura 10 risulta sostanzialmente identica dal punto di vista interpretativo.

In appendice (Figura 15) viene riportata la matrice D^2 di Mahalanobis, ricavata dall'analisi discriminante, e i corrispondenti valori F per il rapporto fra le varianze. Vengono indicati anche i valori di significatività ($p > 0,05$). La matrice è stata utilizzata per l'analisi dei grappoli con il metodo di WARD (Figura 11).

La *cluster analysis* mostra affinità tra i nuragici (NUR1, NUR2, NUR3) e i Sardi recenti (SAR) che si differenziano dal gruppo costituito dai punico-romani (SPR) e dagli alto medievali (THR).

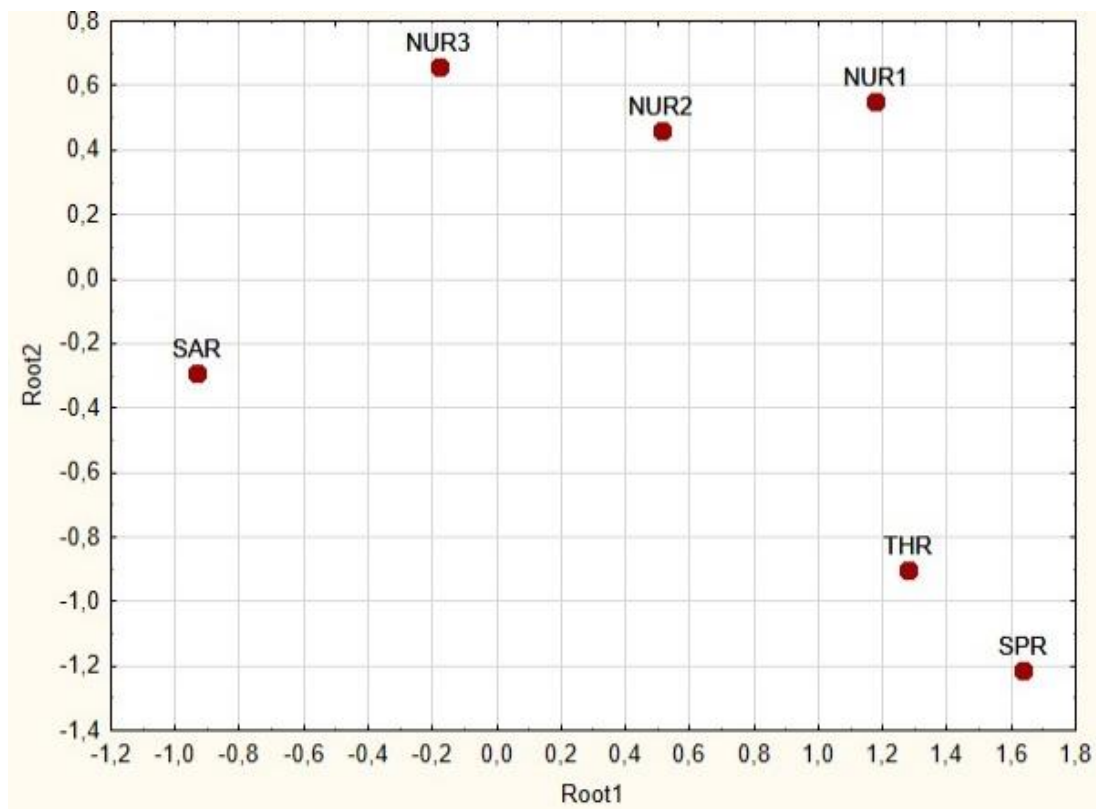


Figura 10. Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C. Analisi delle discriminanti, proiezione delle 2 prime due funzioni (Root1 e Root2)

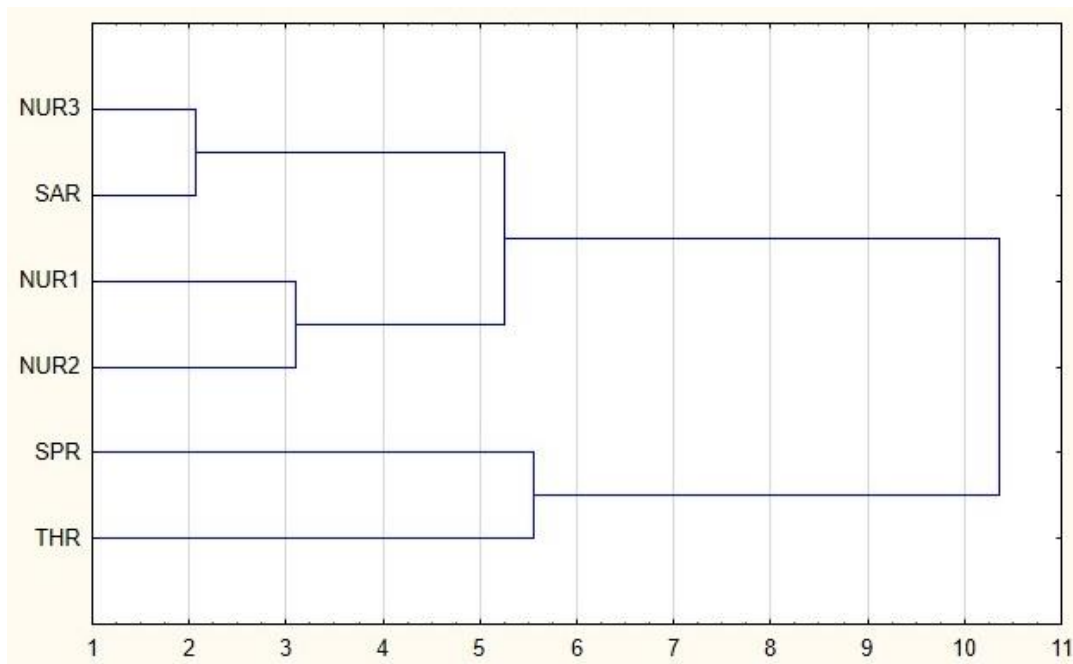


Figura 11. *Analisi temporale con 6 gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Dendrogramma elaborato con il programma Statistica 8.0 a partire dalla matrice D^2 di Mahalanobis, metodo di Ward.

Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.

In appendice (Tabella 4) viene riportato il valori delle medie calcolate dai dati standardizzati, al fine di individuare le differenze più rilevanti tra i gruppi che permettono di identificare la diversa morfologia o le somiglianze in casi di valori simili.

Nella Tabella 11 sono riportati i principali parametri dell'analisi della matrice R dalla quale risulta che circa l'11% della variabilità totale è inter-popolazionistica ed il restante 89% è intra-popolazionistica. La varianza fenotipica media è stimata intorno all'90%.

La Figura 12 riporta il grafico della PCoorA applicata alla matrice R. Le 2 coordinate principali, PCoor 1 e PCoor2 congiuntamente spiegano il 63,1% della variabilità ricavate dalla matrice R. Il quadro di relazione fra i gruppi mostra anche in questa elaborazione, che i gruppi nuragici si situano vicini nella sezione positiva del piano individuata dalla seconda coordinata. La prima coordinata permette la separazione dei sottogruppi dei sardi recenti, nella porzione positiva, rispetto a SPRS, SPRC e THR che si posizionano nella porzione negativa. In questa disposizione topologica si osserva una separazione dei gruppi punico-romani, SPRS e SPRC, con quest'ultimo che risulta isolato rispetto agli altri due (SPRS e THR) e vicino ai NURN.

La Tabella 12 riporta i valori della matrice di distanza D^2 connessa alla matrice R sulla quale è stata eseguita la *cluster analysis* con il metodo UPGMA (Figura 13). In appendice (Figura 3) l'albero costruito con il metodo NJ.

Il dendrogramma mostra che dopo il nodo principale che porta alla precoce separazione del gruppo SPRC, che costituisce un *outlier*, il nodo successivo genera una separazione tra i gruppi sardi Nuragici e Recenti e quelli del periodo Punico-Romano e Medievale. I *sub-cluster* formati dai gruppi nuragici e dai gruppi sardi recenti sembrano mostrare una maggiore affinità tra NURC e NURS e tra SARS e SARC, rispettivamente.

Tabella 11. *Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Principali parametri dell'analisi della matrice R. Valori della F_{st} e della F_{st} non distorta, con il corrispondente errore standard e la media della varianza fenotipica interna al gruppo.

Analisi spaziale dei gruppi sardi	
Fst	0,1662
Fst non distorta	0,1086
SE	0,0125
Media var. fenotipica interna	0,898

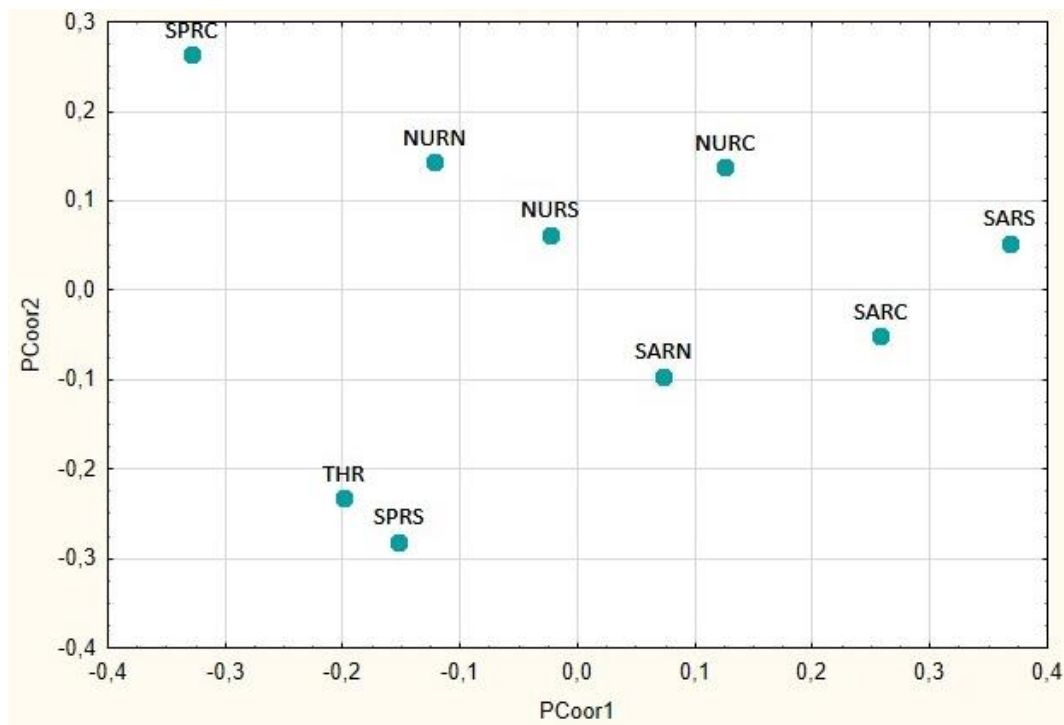


Figura 12. *Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Analisi delle coordinate principali (PCoorA): grafico ottenuto dalla proiezione delle prime due coordinate principali. PCoor1 = 38,6 %; PCoor2 = 24,5 %.

Tabella 12. Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C. Matrice di distanza D^2 risultante dall'analisi della matrice R

	NURC	NURN	NURS	SARC	SARN	SARS	SPRC	THR	SPRS
NURC		0,131	0,061	0,118	0,229	0,116	0,333	0,278	0,276
NURN	0,131		0,074	0,319	0,276	0,353	0,291	0,167	0,332
NURS	0,061	0,074		0,146	0,200	0,245	0,279	0,157	0,203
SARC	0,118	0,319	0,146		0,185	0,085	0,491	0,292	0,267
SARN	0,229	0,276	0,200	0,185		0,263	0,406	0,337	0,174
SARS	0,116	0,353	0,245	0,085	0,263		0,581	0,445	0,397
SPRC	0,333	0,291	0,279	0,491	0,406	0,581		0,410	0,341
THR	0,278	0,167	0,157	0,292	0,337	0,445	0,410		0,063
SPRS	0,276	0,332	0,203	0,267	0,174	0,397	0,341	0,063	

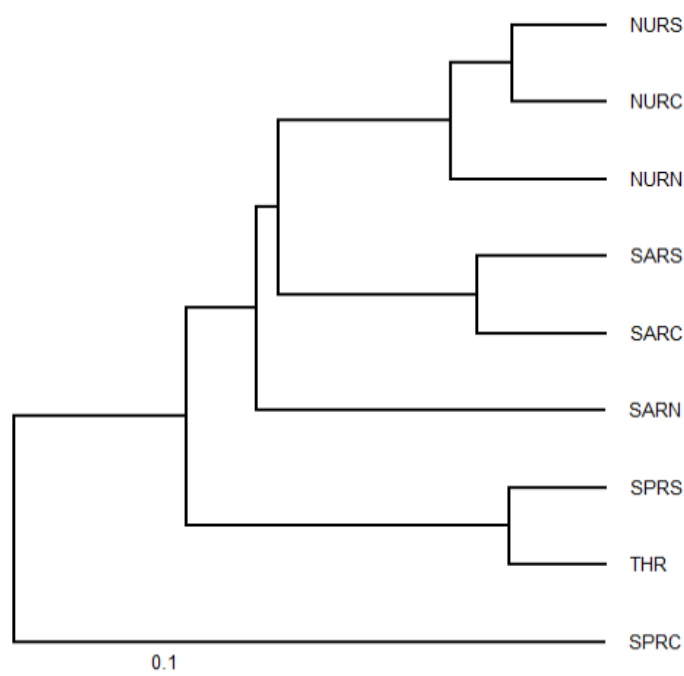


Figura 13. Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C. Dendrogramma elaborato con il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice D^2 risultante dall'analisi della matrice R, metodo UPGMA. L'immagine è stata ottenuta con il programma TreeView opzione *phylogram*.

La Figura 14 riporta il *plot* dell'analisi discriminante. In appendice (Tabelle 11-12-13) i valori dei coefficienti standardizzati, la *factor structure matrix* e la classificazione degli individui nei gruppi.

Esaminando la disposizione topologica dei gruppi risultante dall'analisi discriminante e dall'analisi delle coordinate principali si osservano differenze sostanziali tra le due rappresentazioni. La prima funzione discriminante divide i sottogruppi dei sardi recenti, che

si situano nella porzione positiva del piano da essa individuata, dai sottogruppi nuragici che si dispongono nella porzione negativa. La seconda funzione discriminante separa i nuragici del centro e i sardi recenti del sud dai rispettivi sottogruppi, proiettandoli nella porzione negativa del piano individuato dall'asse delle Y. Mentre il gruppo THR e il sottogruppo SPR-S si collocano nella parte alta del morfospazio. Si osserva che questa volta è il gruppo dei SPR-C a trovarsi isolato rispetto agli altri, nel quadrante negativo individuato dai valori delle due funzioni discriminanti.

In appendice (Tabella 16) viene riportata la matrice D^2 di Mahalanobis, ricavata dall'analisi discriminante, e i corrispondenti valori F per il rapporto fra le varianze. Vengono indicati anche i valori di significatività ($p > 0,05$).

La matrice è stata utilizzata per l'analisi dei grappoli con il metodo di WARD (Figura 15).

Il dendrogramma è molto simile a quello ottenuto con il metodo UPGMA e mostra sostanzialmente la stessa struttura. Si osserva affinità tra i nuragici e i Sardi recenti che si separano dal gruppo costituito dai punico-romani e dagli alto medievali. I sotto-gruppi nuragici e i sottogruppi dei Sardi recenti formano *sub-cluster* indipendenti. I punico-romani del centro, SPRC si comportano da *outlier*.

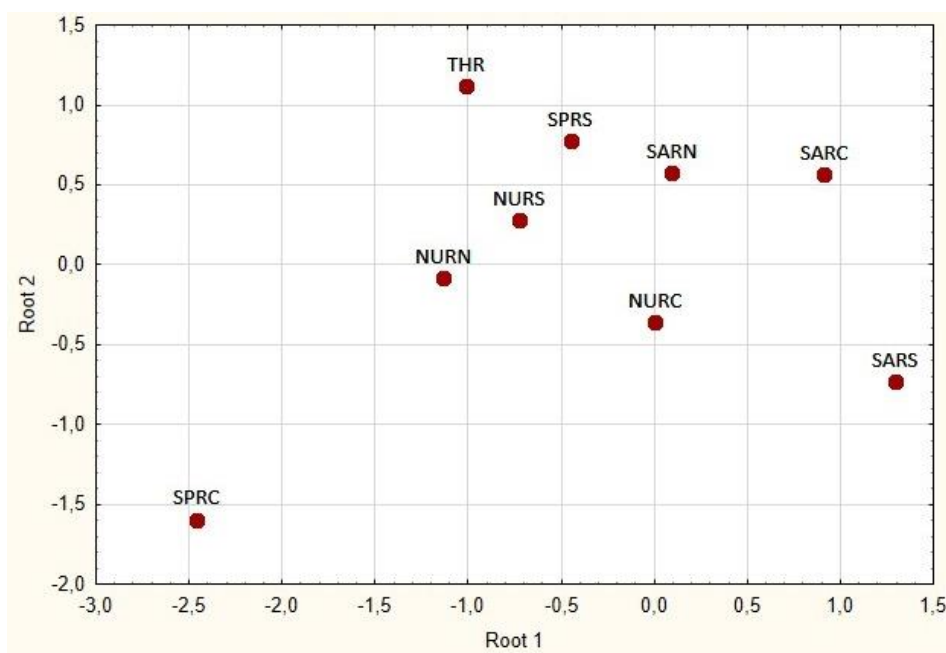


Figura 14: Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C. Analisi delle discriminanti, proiezione delle 2 prime due funzioni (Root1 e Root2)

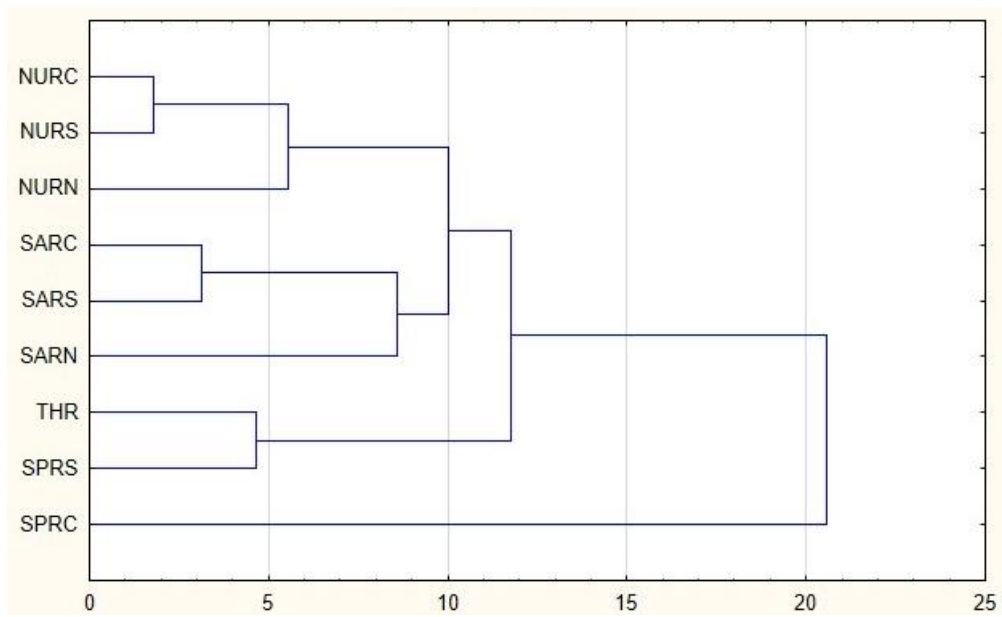


Figura 15. *Analisi spaziale con 9 gruppi sardi dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Dendrogramma elaborato con il programma Statistica 8.0 a partire dalla matrice D^2 di Mahalanobis, metodo di Ward.

3.5 DISCUSSIONE

I primi studi di morfometria cranio-facciale delle serie scheletriche sarde, intrapresi dal Prof. Maxia e collaboratori agli inizi degli Anni cinquanta del Novecento, erano rivolti principalmente allo studio dei crani attraverso osservazioni morfologiche, spesso condotte ancora con il metodo di Sergi (Maxia e Fenu, 1963a). L'approccio metodologico principale era fondato sulla classificazione dei reperti in tipologie craniche. La distinzione in doliocranici e brachicranici veniva utilizzata non solo per distinguere la popolazione sarda da quelle italiane, ma anche per la diversificazione delle "etnie" e delle culture alle quali appartenevano le popolazioni sarde (Maxia e Floris, 1961). Questo metodo d'analisi aveva determinato una identificazione della popolazione sarda, dal Neolitico al Bronzo, come sostanzialmente omogenea nel tempo, appartenente al gruppo euro-africano e con l'apporto nell'Eneolitico di una componente euro-asiatica, dedotta dall'aumentata incidenza di brachicefali.

Studi successivi condotti da Germanà sui crani preistorici e protostorici della Sardegna, lo portarono ad identificare un gruppo di paleo-sardi arcaici che definì di "etnia Ozieri" (Germanà, 1987,1989) e che avrebbe costituito il "substrato indigeno" sino ai giorni nostri. In accordo con quanto determinato da Maxia per l'Eneolitico, anche Germanà identificò la presenza di una corrente, da lui riconosciuta come quella Campaniforme, che avrebbe introdotto forme brachicraniche in Sardegna (Germanà, 1971). Il periodo Nuragico sarebbe invece stato caratterizzato da forme doliocraniche (Germanà, 1983, 1984, 1986, 2004), come riscontrato anche da Maxia e Floris (1961).

La revisione delle datazioni, con la tecnica del radiocarbonio, e dai dati craniometrici di diversi siti preistorici e protostorici condotta da Cosseddu et al. (1994) e da Sanna et al. (1999) ha permesso di ricollocare temporalmente diverse serie scheletriche sarde e ha fornito la base per lo studio di D'Amore et al. (2010b,2012). In questi lavori gli autori, con l'intento di apportare un contributo alla ricostruzione della storia biologica del popolamento umano della Sardegna, hanno effettuato un'analisi morfometrica comparativa utilizzando un approccio metodologico multivariato, su campioni cranici sardi inquadrabili temporalmente dal Neolitico recente all'epoca Moderna. Inoltre sono state analizzate anche le relazioni con popolazioni coeve dell'Italia centrale, allo scopo di rilevare eventuali affinità o diversità

biologiche. Infine sono stati inclusi dei campioni europei del Paleolitico superiore e del Mesolitico per poter confrontare i Sardi preistorici con alcuni dei loro potenziali “antenati” continentali. I risultati hanno evidenziato la tendenza ad una progressiva differenziazione morfologica fra i gruppi sardi e quelli della penisola italiana, con la possibile eccezione di una discontinuità mostrata, rispetto alla tendenza degli altri gruppi sardi, dal campione Bonnàraro (età del Bronzo antico). Inoltre sono state riscontrate diverse concordanze fra i risultati ottenuti dall’analisi morfologica e quelli prodotti dall’analisi genetica delle popolazioni sarde attuali e di un campione Nuragico: (1) la divergenza biologica fra le popolazioni sarde e quelle della penisola italiana; (2) la somiglianza morfologica/continuità fra i sardi Neolitici, dell’età del Bronzo e attuali; (3) la separazione biologica fra le popolazioni Nuragiche ed Etrusche; (4) il possibile contributo Paleo-Mesolitico alla struttura genetica dei sardi attuali. Considerando opportuno rianalizzare i risultati ottenuti da D’Amore et al. (2010b), con ulteriori tecniche statistiche multivariate ed un maggior numero di reperti, si è principalmente inteso:

- Analizzare la variabilità craniometrica e investigare le relazioni tra i campioni sardi, suddividendoli in sottogruppi temporali e spaziali, e considerando un maggior numero di variabili.
- Valutare le relazioni biologiche con altri gruppi coevi e non, tramite il confronto con campioni di popolazioni provenienti dall’Italia e dall’Europa.
- Comparare i risultati paleogenetici e morfometrici sardi.

Relazioni biologiche tra i campioni sardi

Le analisi hanno confermato l’esistenza di una continuità morfologica tra i campioni sardi Neolitici, dell’età del Bronzo e attuali, già riscontrata nei lavori di D’Amore et al. (2010b;2012), e una discontinuità dei campioni Bonnàraro, Punico-Romano e Medievale.

Le analisi cronologiche e spaziali del campione sardo, dal Bronzo medio al XIX secolo d.C., hanno messo in risalto come i campioni sardi Nuragici: NUR1, NUR2 e NUR3 (criterio cronologico) NURN, NURC e NURS (criterio geografico), mostrino tra loro affinità biologica. Infatti sia nei plot della PCoA, della DFA e nelle *cluster analysis* (UPGMA, NJ e Ward) dell’analisi temporale sia in quelle dell’analisi spaziale, i sottogruppi nuragici mostrano una

sostanziale affinità, confermata anche dai valori non significativi delle distanze tra i gruppi Nuragici nella matrice di Mahalanobis, ad esclusione della distanza tra NUR1 e NUR3. Questa eccezione sembra comunque giustificabile se si considera che tra i due gruppi esiste una differenza in media di circa 700 anni.

Una maggiore affinità dei nuragici con i Sardi recenti rispetto ai punico-romani e medievali viene evidenziata in particolare dalle *cluster analysis*. I valori delle distanze di Mahalanobis indicano che nell'analisi temporale le distanze tra i gruppi recenti e i gruppi nuragici sono sempre significative, mentre nell'analisi spaziale non tutte le distanze tra questi gruppi lo sono. Comunque, da notare che quest'ultima analisi potrebbe essere condizionata dall'esiguità dei campioni posti a confronto.

Il quadro che emerge dalle *cluster analysis* ribadisce ulteriormente la continuità tra i gruppi nuragici e il gruppo dei sardi recenti.

La varianza fenotipica media tra i gruppi sia nell'analisi spaziale sia in quella temporale è sostanzialmente simile, presentando entrambe dei valori elevati rispettivamente del 90% e del 98%; dato che suggerirebbe da un punto di vista della componente biologica, una sostanziale continuità sia spaziale sia temporale dei Sardi. Tuttavia la differenza percentuale tra le due analisi suggerisce che geograficamente ci sia stata una contenuta minore variabilità, attendibilmente in conseguenza della composizione dei gruppi.

L'analisi morfometrica comparativa condotta sui 24 campioni raccolti permette di ricavare ulteriori informazioni sulle relazioni biologiche tra i campioni sardi. Infatti i risultati ottenuti dalla PCoA, dalla DFA e dalle Analisi dei grappoli mostrano una differenziazione del gruppo Bonnàro dai restanti gruppi sardi ed in particolare da quelli temporalmente vicini: Neolitici-Ozieri e Bronzo-Nuragici, inoltre si osserva una maggiore affinità dei Bonnàro con i gruppi coevi dell'Italia peninsulare e con il gruppo di ANR. L'analisi rimarca la divergenza morfologica di SPR e THR, rispetto agli altri gruppi sardi, mentre mostra una maggiore affinità con i campioni coevi dell'Italia peninsulare: TUSR e ETR.

La forte differenziazione dei gruppi SPR e THR rispetto agli altri campioni sardi trova sostegno nei valori delle distanze di Mahalanobis.

Si osserva quindi una affinità biologica tra i campioni Nuragici, continuità o similarità tra Nuragici e gruppi recenti e divergenza morfologica con i campioni Bonnàvaro, Punico-Romani e Medievali. Questa differenziazione troverebbe una giustificazione per quanto riguarda i Bonnàvaro in una presenza di Campaniformi, mentre quella Punico-Romana (SPR) e alto Medievale (THR) potrebbe essere un effetto di un flusso genico legato alla dominazione romana.

Per quanto riguarda Anghelu Ruju che mostra, rispetto agli altri gruppi sardi, una sua specificità, possiamo ricondurla al lungo periodo di frequentazione della necropoli, in cui le diverse *domus de janas* del sito sono state utilizzate durante il lungo arco di tempo che include la successione delle culture di Ozieri, Abealzu-Filigosa, Monte Claro, Vaso Campaniforme e Bonnàvaro (Germanà 1984; Demartis, 1986; Germanà, 1995; D'Amore et al., 2010b).

Relazioni biologiche tra i campioni sardi e quelli italiani ed europei

L'analisi condotta sull'intero campione, composto da 24 gruppi, tramite PCoorA, DFA e le *cluster analysis* mostra una chiara separazione dei gruppi Paleolitici, Mesolitici e Neolitici rispetto ai campioni più recenti.

Si osserva anche la tendenza ad una progressiva differenziazione tra i gruppi sardi e quelli italiani e della Sicilia, con possibili eccezioni per i gruppi sardi di Anghelu Ruju, Bonnàvaro, Punico-Romani e Medievali. La presenza dei gruppi di Anghelu Ruju e Bonnannaro all'interno del raggruppamento dell'Italia insulare più Sicilia potrebbe essere interpretata come indizio di flussi genici provenienti dal continente, ma non necessariamente dai gruppi che, sia nei plots di PCoorA, e DFA sia nelle *cluster analysis*, risultano morfologicamente più vicini (SITN, Rinaldone, Castelluccio e Bronzo Appenninico). Comunque, considerata la cronologia di ANR e BON sembrerebbe maggiormente plausibile interpretare la loro similarità con i gruppi italiani e Sicilia in conseguenza della diffusione in Europa della cultura del Vaso Campaniforme.

Per quanto riguarda i campioni sardi, pur nella loro similitudine, notiamo in specifico l'affinità del campione neolitico di Ozieri con IBM e la relazione dei campioni nuragici e sardo recenti con i Neolitici italiani (NITN e SITN).

L'analisi mostra sostanzialmente una disposizione dei gruppi ordinata sulla base dell'antichità. Infatti è possibile osservare la formazione di tre raggruppamenti: uno formato dai gruppi Paleolitici e Mesolitici, con una maggiore affinità tra i due gruppi italiani (ITLP e ITM), rispetto ai restanti gruppi europei (WEUP, FRLP, NFRM e SFRM), uno dai gruppi Neolitici italiani e dai sardi Ozieri, Nuragici e recenti; ed il terzo comprendente i gruppi italiani più recenti (dall'età del Rame al XIX secolo), Anghelu Ruju, Bonnàro e i Sardi Punico-Romani e Medievali.

Questa tipologia di aggregazione trova sostanzialmente sostegno nelle principali caratteristiche morfometriche, già rilevate nello studio di D'Amore et al. (2010b; 2012), che contraddistinguono gli insiemi:

1. Raggruppamento Paleolitici più Mesolitici: crani lunghi, stretti e alti, faccia larga e bassa e orbite e naso bassi.
2. Raggruppamento dei Neolitici più i Sardi: crani lunghi e stretti (alti solo nei gruppi Neolitici) base cranica e splancnocranio lunghi, faccia molto stretta.
3. Raggruppamento Italiani recenti e Sardi: crani corti, larghi e bassi, faccia superiore alta.

D'Amore et al. (2010) osservarono anche un trend cronologico nell'altezza dell'orbita, rilevato anche in questo lavoro: i gruppi più antichi (Paleolitici e Mesolitici) mostrano le orbite più basse, mentre i gruppi più recenti hanno orbite più alte.

La stretta somiglianza tra i gruppi Neolitici italiani e i Sardi (OZI, NUR e SAR) suggerisce l'affidabilità di una continuità biologica tra i Sardi antichi e i moderni con una loro possibile derivazione dai WEUP (campioni del Paleolitico superiore dell'Europa occidentale) tramite IBM-OZI e i campioni italiani Neolitici.

Dunque la stretta similitudine tra IBM ed Ozieri, e tra Sardi nuragici e recenti con i Neolitici italiani suggerirebbe la possibilità sia di un contributo Mesolitico sia Neolitico alle caratteristiche dei Sardi anche recenti.

Confronto tra dati paleogenetici e morfometrici

La sostanziale omogeneità nel tempo dei Sardi, desunta dall'analisi dei dati di morfometria cranio-facciale, trova una sostanziale conferma dall'analisi dei dati genetici desumibili dal DNA antico (aDNA).

Considerando gli studi sul aDNA di un campione nuragico (Caramelli et al., 2007; Ghirotto et al. 2009), a prescindere dalla diversa natura dei dati e delle metodologie utilizzate, un'importante diversità tra lo studio morfometrico e lo studio paleogenetico sui Nuragici è la non irrilevante differenza nella numerosità dei campioni. Infatti Caramelli et al. (2007) e Ghirotto et al. (2009) hanno utilizzato un campione attendibile di 23 individui sui 53 reperti analizzati, risalenti al Bronzo medio e recente e la prima età del Ferro (tra il 3430 e il 2700 BP, provenienti da 6 località: Lu Maccioni, Su Cungiareddu 'e Serafini, Capo Pecora, Perdasdefogu, Stampu Erdi, Cannisoni-Gastea, Santa Teresa di Gallura), mentre il campione craniofacciale del presente studio comprende 75 crani datati tra il 1600 e l'850 a.C (età del Bronzo media, recente e finale) e provenienti da 12 siti (Tabella 1).

Inoltre considerando i risultati dell'analisi del mitogenoma di 21 campioni sardi datati da 6,1 a 3 ka, dunque accomunando reperti dal Neolitico all'età del Ferro, provenienti da diversi contesti, e comparandoli con quelli di Sardi attuali, risulterebbe che dei 19 sub-aplogruppi osservati nella popolazione sarda del passato, 15 e 4 siano presenti nella popolazione moderna, rispettivamente, allo stesso ed ad un livello molto simile di risoluzione degli aplogruppi (Olivieri et al., 2017).

Dunque nonostante le differenze metodologiche e dei campioni considerati sembra possibile affermare che i risultati morfometrici siano in buon accordo con i dati paleogenetici. Infatti troviamo un riscontro comune nella sostanziale continuità delle popolazioni del passato con i Sardi attuali, e nella omogeneità temporale e spaziale dei Nuragici.

Comunque, come sottolineato da Olivieri et al. (2017), risulterebbe ancora difficile l'interpretazione del contributo Paleo-Mesolitico e Neolitico sulla struttura genetica dei Sardi ed in generale l'individuazione degli effetti della ricolonizzazione del Nord Europa da parte delle popolazioni dei "refugia LGM" e quelli della transizione neolitica che sono avvenuti poche migliaia di anni dopo (Pinhasi et al., 2012).

4. STIMA DELLA STATURA

INTRODUZIONE

4.1 La statura

La statura è una variabile biometrica che per la sua eco-sensibilità viene frequentemente presa in esame in Antropologia Biologica in quanto offre un importante contributo per la conoscenza delle condizioni di vita sia delle popolazioni del passato sia di quelle attuali (Larsen, 2002; Formicola e Holt, 2007). Infatti, benché la statura sia per l'80-90% sotto controllo genetico (Sanna et al., 2008; Lettre, 2009; McEvoy e Visscher, 2009; Zoledziwska et al., 2015), il fenotipo finale è ampiamente influenzato da fattori ambientali e da fattori socio-economici (Li et al., 2004; MacGregor et al., 2006; Perola et al., 2007; Danubio e Sanna 2008; Moore e Ross, 2013). La statura riveste quindi un ruolo importante come indicatore dello stato di salute (Steckel e Rose, 2002; Pietruszewsky e Tsang, 2003; Maat, 2005; Cohen e Crane-Kramer, 2007;), dello stato sociale (Peck e Lundberg, 1995; Bielicki e Szklarska, 1999), dello stato nutrizionale e delle condizioni igienico-sanitarie (Steckel, 1995; Larsen, 1997), delle variazioni delle dimensioni corporee nel corso dei secoli (Feldesman et al., 1990; Formicola e Giannecchini, 1999; Ruff 2000; Steckel, 2004; Gerhards, 2005; Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008) nonché del dimorfismo sessuale (Smith e Horowitz, 1984; Ruff, 2002; Gustafsson et al., 2007).

La statura, e con essa la massa corporea, è utilizzata per indagare gli effetti di variabili ambientali come il clima o le strategie di sussistenza (Frayer, 1984; Ruff, 1994), come parametro per la valutazione della robustezza delle ossa degli arti, dell'attività in vita, della lunghezza e larghezza dei segmenti corporei e della capacità cranica (Ruff et al., 1997; Holt, 2003; Weinstein, 2005; Ruff et al., 2005; Rosenberg et al., 2006; Ruff et al., 2006). Inoltre mutamenti nelle condizioni socio-economiche e politiche si riflettono nelle variazioni secolari della statura di una popolazione (Bogin e Keep, 1999; Malina et al., 2010; Ulijaszek e Komlos, 2010).

Essendo la statura una delle caratteristiche più importanti nella ricostruzione del profilo biologico di un individuo, la sua stima riveste un ruolo fondamentale anche in Antropologia

Forense per l'identificazione dei cadaveri (Trotter e Gleser, 1952; Fully 1956; Lundy, 1988; Wilson et al., 2010; Moore e Ross, 2013).

4.1.1 Metodi per la stima della statura

L'analisi della statura e delle sue variazioni nel tempo nelle popolazioni del passato è condizionata da una serie di limitazioni metodologiche determinate dalla difficoltà intrinseca di ricostruire la statura del vivente dai reperti scheletrici. Generalmente i metodi per la stima della statura vengono suddivisi in due categorie: metodo anatomico e metodo matematico (Lundy, 1985; Maijanene Niskanen, 2006; Maijanen, 2009 Ruff et al., 2012a; Sierp e Henneberg, 2016). Il metodo anatomico stima la statura dalla somma degli elementi scheletrici, o di una parte di essi, che vi contribuiscono; il metodo matematico utilizza formule di regressione basate sulla lunghezza degli elementi scheletrici. Un terzo approccio (Ruff et al., 2012a) è quello di utilizzare il metodo anatomico per stimare la statura in un sotto campione o un campione vicino a quello che si vuole analizzare, e basarsi sulle stature così calcolate per derivare nuove formule di regressione sulle lunghezze delle ossa lunghe. In questo modo è possibile stabilire con maggior precisione la statura in vita di individui il cui scheletro è incompleto (Feldesman e Lundy, 1988; Sciulli et al., 1990; Formicola e Franceschi, 1996; Sciulli e Hetland, 2007; Raxter et al., 2008; Vercellotti et al., 2009; Auerbach e Ruff, 2010; Maijanen e Niskanen, 2010).

Il metodo anatomico

Il primo a sviluppare un metodo per la stima della statura, basato sulle misure dello scheletro riarticolato (per questo definito anatomico), fu Thomas Dwight che già nel 1894 distingueva tra metodo matematico, basato sulla proporzione di ogni osso lungo rispetto alla statura, e metodo anatomico. Gli elementi scheletrici dovevano essere riposizionati su un tavolo, utilizzato come una grande tavola osteometrica, simulando la loro posizione in vita e la procedura teneva conto dello spazio esistente tra le ossa. Questa metodologia si è rivelata non facilmente applicabile, sia per la difficoltà nel posizionare gli elementi scheletrici senza i tessuti molli, sia perché gli elementi scheletrici non sono sempre tutti presenti. Un metodo

anatomico simile, ma più semplice, fu quello proposto da Fully (1956) e Fully e Pineau (1960), rivisitato da Raxter et al. (2006,2007), basato su un campione di 102 maschi adulti francesi e di altre nazioni europee, morti durante la Seconda guerra mondiale nei campi di concentramento, e dei quali era nota la statura in vita. Questo metodo prevede l'utilizzo di uno scheletro completo (o quasi completo) in quanto la stima della statura deriva da tutte le componenti scheletriche che vi contribuiscono: il cranio, la colonna vertebrale e le ossa dell'arto inferiore alle quali va aggiunto un fattore di correzione. Il metodo di Fully somma le seguenti misure:

- Altezza basion-bregma del cranio;
- altezza massima dei corpi vertebrali da C2 a L5;
- altezza anteriore solo della prima vertebra sacrale;
- lunghezza fisiologica del femore;
- lunghezza massima della tibia compreso il malleolo;
- altezza di astragalo e calcagno articolati: dal punto più superiore dell'astragalo a quello più inferiore del calcagno.

Le misure così ottenute si sommano e si applicano le seguenti equazioni con le dimensioni in cm e l'età in anni:

- Età stimata: $1,009 * \text{altezza scheletro} - (0,0426 * \text{età}) + 12,1$
- Età non stimata: $0,996 * \text{altezza scheletro} + 11,7$

A questi valori vanno poi aggiunti i fattori di correzione dello spessore dei tessuti che, in base alla lunghezza degli elementi scheletrici, variano tra 10, 10,5 e 11,5 cm.

Nel 1960 Fully e Pineau calcolarono due equazioni di regressione per stimare la statura basate sull'altezza delle vertebre lombari e sulla lunghezza di femore e tibia:

- $\text{Statura} = 12,67 + 2,09 * (\text{lunghezza femore} + \text{somma vertebre lombari});$
- $\text{Statura} = 48,63 + 2,32 * (\text{lunghezza tibia} + \text{somma vertebre lombari}).$

Questo metodo che non richiede fattori di correzione, è risultato meno accurato del precedente metodo anatomico. Il 95% delle stature così calcolate rientrano all'interno dei 4 cm di errore e il 66% all'interno dei 2 cm (Byers, 2002).

Nel 1988 Lundy testò le equazioni sui resti di 3 maschi “bianchi” americani con statura nota e trovò che la stima della statura risultava accurata almeno quanto quella calcolata con il metodo di Trotter e Gleser (1952, 1977).

Diversi autori (Formicola, 1993; Niskanen e Junno, 2004; Raxter et al., 2006; 2007) hanno successivamente sviluppato altri metodi anatomici per la stima della statura, la maggior parte dei quali deriva o è una modificazione del metodo di Fully. Sono state anche proposte delle variazioni che tenessero in considerazione l’applicazione del metodo anatomico anche in assenza di alcuni elementi scheletrici, come le vertebre (Fully e Pineau, 1960; Maijanen and Niskanen, 2006; Vercellotti et al., 2009; Raxter e Ruff, 2010; Auerbach, 2011)

Nel 2004 King testò il metodo di Fully sui resti di 36 individui “whites and american black” della William M. Bass Donated Collection (<http://fac.utk.edu/age-sex-and-ancestry-distribution/>) e stabilì che le stime erano inferiori rispetto alla statura reale, soprattutto negli individui “black”, mentre Bidmos (2005) condusse uno studio su un campione di 156 scheletri di individui “whites and blacks” del Sud Africa della Dart Collection e trovò che la sottostima della statura era maggiore per i maschi “whites”.

In ultimo lo studio di Raxter e colleghi (2006; 2007) applicato su un campione di età conosciuta e statura stimata sul cadavere, composto da 29 femmine “black”, 25 “whites”, 33 maschi “black” e 32 “whites” della Terry Collection dello Smithsonian Institution. Alle stature dei cadaveri vennero sottratti 2,5 cm, differenza tra la statura del cadavere e la statura in vita (Trotter e Gleser 1952), in quanto il metodo di Fully stima la statura in vita. Il loro lavoro ha permesso di valutare l’accuratezza e applicabilità del metodo, fornendo maggiori chiarimenti su come prendere le misure e sul fattore di correzione da considerare per ottenere la statura del vivente.

Il lavoro di Sierp e Henneberg (2016), nel quale vengono confrontati 11 metodi per la stima della statura (7 matematici e 4 anatomici) non riscontra differenze significative nel confronto tra i metodi anatomici, mentre le rileva nel confronto tra metodi anatomici e matematici, con questi ultimi che sovrastimano la stima con una differenza media di 47 mm rispetto ai metodi anatomici. Gli unici due metodi matematici che mostrano un risultato che non differisce

significativamente dalla stima dei metodi anatomici sono quello di Beddoe (1888) e Pearson (1899).

La stima della statura attraverso il metodo anatomico offre la ricostruzione più attendibile in quanto la fonte di errore, in genere tra ± 2.05 cm, è ridotta allo spessore delle parti molli ed all'entità delle curvature della colonna vertebrale (Vercellotti et al., 2009). Nella pratica antropologica legata allo studio delle popolazioni del passato è raramente applicabile in quanto i vari contesti archeologici difficilmente offrono l'opportunità di avere degli scheletri completi. Pertanto si è obbligati a fare ricorso a metodi ibridi di determinazione basati soprattutto su specifiche equazioni di regressione che, per le popolazioni delle quali non si conosce la statura in vita, sono calcolate a partire dalla stima effettuata con il metodo anatomico (Lundy, 1983; Feldesman e Lundy, 1988; Sciulli et al., 1990; Formicola e Franceschi, 1996).

Il metodo matematico

I primi modelli matematici furono sviluppati dagli anatomisti francesi per valutare le proporzioni corporee e la statura (Moore e Ross, 2013). Nel 1755 il Professore Jean Joseph Sue pubblicò una ricerca che confrontava la lunghezza delle ossa e del tronco alla statura e successivamente il Professore Matthies Joseph Bonaventura Orfila utilizzò le misure di Sue, assieme a quelle da lui determinate su 51 cadaveri e 20 scheletri, nel tentativo di stimare la statura a partire dal femore e dall'omero. Successivamente gli antropologi inglesi John Theran, Sir George Humphrey e John Beddoe svilupparono il loro metodo che, come quello francese, prevedeva la semplice moltiplicazione della lunghezza del femore per un numero costante, il quale rappresentava la proporzione media calcolata dal rapporto femore/statura (Dwight, 1894; Stewart, 1979).

Secondo Stewart (1979) la prima formula standardizzata per la stima della statura è attribuibile a Topinard che nel 1881 misurò 141 scheletri e calcolò il rapporto costante (rispetto alla statura) della lunghezza massima del femore, dell'omero, del radio e della tibia. Alla statura così determinata era necessario aggiungere 35 mm dei tessuti molli per ottenere la statura del vivente.

Successivamente Rollet (1888) fu il primo a produrre una tabella delle stature basata sulle misurazioni di 50 individui maschi e 50 femmine. Nel 1892 Manouvrier modificò la tabella eliminando gli individui sopra i 60 anni (26 maschi e 25 femmine) e suggerì di aggiungere 2mm alla misura delle ossa lunghe, al fine di ottenere la lunghezza delle ossa non disidratate, per poi sottrarre 2 cm alla corrispondente statura nella tabella (Stewart, 1979).

I dati di Rollet vennero utilizzati anche da Pearson (1899) che sviluppò il metodo basato sulla teoria della regressione nel quale la variabile dipendente e quella indipendente vengono adattate all'equazione di una retta. Pearson inoltre stabilì che se la correlazione con un osso è alta sono necessari 50-100 individui per sviluppare una equazione, in caso contrario sono necessari centinaia di campioni.

Nel 1929 Stevenson, con uno studio sulla popolazione cinese, fu tra i primi a suggerire che per la stima della statura fosse necessario utilizzare equazioni popolazione-specifica e nel 1951 Dupertuis e Hadden raccomandarono l'uso di equazioni di regressione multipla (con più ossa) e stabilirono, così come fecero anche Trotter e Gleser (1958), che le ossa dell'arto inferiore sono più affidabili per la stima della statura rispetto a quelle dell'arto superiore. Diversi autori hanno anche dimostrato che le proporzioni corporee variano tra le popolazioni (Genoves, 1967; Ruff, 1994; Holliday e Ruff, 1997) per questo motivo le formule di regressione derivate per una certa popolazione andrebbero applicate solo a popolazioni con caratteristiche simili (Pearson, 1899; Stevenson, 1929; Trotter e Gleser, 1952; Holliday e Ruff, 1997).

Tra le formule più utilizzate vi sono quelle di Trotter e Gleser (1952; 1958; Trotter 1970) che tengono conto del sesso e della "ancestry" e introducono una correzione legata all'età degli individui. I due autori testarono le loro formule su campioni della collezione Terry e su soldati americani morti durante la Seconda guerra mondiale e la guerra di Corea. Riscontrata la diversa proporzione degli arti tra una popolazione e l'altra, svilupparono formule per la stima della statura degli americani di origine africana, per quelli di origine europea, per i Messicani e per gli Asiatici americani. Essendo la statura in vita documentata, calcolarono le equazioni considerando la lunghezza massima delle ossa lunghe degli arti e svilupparono anche equazioni che utilizzano più ossa lunghe (es: tibia e femore). Suggestirono di stimare la statura

utilizzando il valore medio della lunghezza delle ossa lunghe di destra e di sinistra, quando presenti, e stabilirono che per ottenere la statura del vivente a partire da quella del cadavere fosse necessario sottrarre 2,5 cm (Trotter e Gleser, 1952).

Le formule di Trotter e Gleser sono problematiche per quanto riguarda la stima della statura con i dati delle tibie. Infatti Trotter riportò di aver considerato nella misura anche il malleolo, ma lavori successivi (Jantz et al., 1995) hanno dimostrato che la misura comprensiva del malleolo è valida solo per effettuare la stima della statura con le equazioni del 1952, mentre per quelle del 1958 la tibia venne misurata senza considerare il malleolo.

Dai lavori di Trotter e Gleser emerse anche l'importanza di tener conto dei cambiamenti secolari nelle proporzioni corporee e della conseguente necessità di non trascurarli nella scelta della equazione più adatta per la popolazione in esame. A tal proposito Jantz (1992), utilizzando un campione della Forensic Data Bank, dimostrò l'esistenza di una tendenza secolare nelle formule di Trotter e Gleser basate sul femore e sulla tibia per le femmine "whites", ma non per le afroamericane. Jantz corresse quindi le equazioni, tenendo conto di questo cambiamento, considerandole inappropriate per le applicazioni in campioni moderni. Seguendo quanto riportato da Trotter (1970) è possibile sottolineare i seguenti punti fondamentali del lavoro di Trotter e Gleser:

- l'esistenza di una forte relazione tra la lunghezza delle ossa lunghe e la statura;
- la correlazione tra arto destro e sinistro è molto forte. Il vantaggio di utilizzare per il calcolo della statura la media della coppia destro-sinistro è lieve, quindi quando è disponibile un solo osso non importa a quale lato appartenga;
- le ossa degli arti inferiori sono maggiormente correlate alla statura delle superiori;
- l'accuratezza della stima della statura aumenta con il numero di ossa utilizzate.

Esistono anche formule di regressione basate su ossa diverse da quelle considerate fino ad ora: sacro, cranio, vertebre, scapole, clavicole, metacarpali, metatarsali, calcagno, talo (Singh e Sohal, 1952; Olivier e Pineau, 1957; Holland, 1995; Bidmos, 2008; Kalia et al., 2008; Giroux e Wescott, 2008; Cordeiro et al., 2009; Sahni et al., 2010). Questi metodi presentano diversi

gradi di affidabilità, tuttavia sono comunque utili quando mancano le principali 6 ossa lunghe degli arti.

I metacarpi, che spesso si conservano interi negli scavi archeologici grazie alla loro resistenza, sono tra le ossa più utilizzate e presentano un errore standard stimato che si avvicina a quello di altri studi (Steele, 1970; Wilbur, 1998). Gli autori che hanno utilizzato queste ossa per la stima della statura sono diversi (Himes et al., 1977; Musgrave e Harneja, 1978; Meadowse Jantz, 1992) e le equazioni sono state sviluppate a partire da campioni di statura conosciuta.

Sono state definite anche equazioni in grado di stimare la statura da frammenti di ossa lunghe (Steele, 1970; Simmons et al., 1990). Questi metodi sono molto utili quando il materiale ritrovato non risulta integro, sia in ambito forense (Byers, 2002) sia archeologico e si basano sul fatto che i segmenti scheletrici rappresentano una parte dell'osso lungo e per questo può esserne valutata la proporzione.

Come precedentemente detto, le equazioni di regressione sono affidabili quando utilizzate sulle popolazioni per le quali sono state calibrate o su popolazioni con proporzioni simili. Partendo da questo assunto, nel '900 sono state condotti diversi studi per la stima della statura in popolazioni europee. Tra questi ricordiamo quello di Macdonnel (1901) su 3000 carcerati della Gran Bretagna; quello di Bretinger (1937) che misurò le ossa lunghe di 2400 scheletri maschili tedeschi e stimò una statura maggiore rispetto a quella stimata dalle equazioni di Manouvrier e Pearson; lo studio di Mendes-Correa (1932) che misurò le ossa lunghe di un campione portoghese e paragonando la statura del cadavere a quella del vivente stabilì che quest'ultima era di 2 cm inferiore rispetto al cadavere. Alle stesse conclusioni arrivò Telkkä (1950) che misurò le ossa lunghe di scheletri maschili e femminili originari della Finlandia; Eliakis et al. (1966) studiarono cadaveri di Atene; Olivier si concentrò sullo studio dei deportati della Seconda guerra mondiale provenienti dall'Europa Occidentale (Olivier 1963; Olivier e Tissier 1975; Olivier et al 1978). Più recenti le equazioni di Sjøvold (1990) basate su un campione svedese e non dipendenti dal sesso degli individui; le equazioni di Formicola e Franceschi (1996) per la popolazione Europea neolitica; l'equazione di Radoinova et al (2002) basata su un campione bulgaro; l'equazione di Mendonça (2000) basata su un

campione portoghese recente e l'equazione di Ruff et al. (2012) per stimare la statura in popolazioni Europee, basata su un campione di 501 individui dal Mesolitico al XX secolo.

In realtà, le formule per la ricostruzione della statura sono specifiche per una determinata popolazione e dovrebbero essere applicate solo alla popolazione per la quale sono state calibrate tramite la misurazione diretta della statura o l'equivalente metodo anatomico che può rilevare le differenze nelle proporzioni degli arti (Ruff et al., 2012; Goldewijk e Jacobs, 2013). Quindi le equazioni di regressione, essendo specifiche per la popolazione sulle quali sono state calibrate, difficilmente sono applicabili a popolazioni con diverse origini e vissute in periodi diversi come rilevato anche per la stima dell'età dai resti scheletrici (Boccone et al., 2010; Rösing et al., 2007).

I metodi basati sulla regressione sono quelli usati con maggiore frequenza in quanto facilmente applicabile, risolvono il problema del ritrovamento di scheletri incompleti (sia in archeologia sia in antropologia forense) e permettono di stimare valori staturali considerati attendibili.

4.1.2. I cambiamenti secolari della statura

La statura, l'accrescimento e il tasso di maturità sono alcuni tratti biologici che possono variare nel corso del tempo "manifestando" dei cambiamenti secolari. Questi caratteri sono sotto l'influenza genetica, ambientale ed evolutiva. Conseguentemente il miglioramento delle condizioni socio economiche, i mutamenti nutrizionali, come per esempio un aumento del consumo di proteine, la malnutrizione, l'esposizione a malattie infettive o l'accesso alle cure mediche e il miglioramento delle condizioni igieniche possono determinare cambiamenti secolari da una generazione all'altra (Tanner 1962; Masali, 1967; Wolanski, 1980; Facchini e Gualdi Russo, 1982, Susanne, 1985; Takamura et al., 1988; Cetti et al., 1988). I primi a riscontrare cambiamenti secolari nella statura a partire da materiale scheletrico, furono Trotter e Gleser (1951). Nel 1995 lo studio di Meadows e Jantz sulla collezione Huntington, la collezione Terry e i dati dei caduti della Seconda Guerra Mondiale, confermò l'esistenza di cambiamenti secolari che si manifestavano maggiormente nei maschi, nelle ossa degli arti

inferiori rispetto ai superiori e negli elementi distali rispetto a quelli prossimali. La diversa risposta delle femmine rispetto ai maschi suggerisce una maggiore resistenza delle donne ai cambiamenti ambientali come dimostrato in diversi studi che giustificano questa resistenza con il fatto che le donne svolgono il ruolo biologico di partorire e allattare la prole, quindi necessitano di una maggiore stabilità (Stini, 1975;1982; Ross et al., 2003; Marini et al., 2005).

MATERIALI E METODI

4.2 Materiali

Il materiale scheletrico sardo databili dal Neolitico recente (400-3200 a.C.) all'età Moderna (XV-XIX sec. d.C.), utilizzato per stimare la statura, appartiene alla collezione osteologica del Museo Sardo di Antropologia ed Etnografia dell'Università degli Studi di Cagliari e alle Soprintendenze che operano sul territorio (Tabella 13).

Sono stati considerati solo siti con datazione al radiocarbonio (Sanna, 2006; Lai, 2009; D'Amore et al., 2010; Martella et al., 2016) o provenienti da contesti culturali archeologicamente ben definiti. Il materiale scheletrico selezionato appartiene ad individui che hanno completato l'accrescimento delle ossa lunghe e che non presentano evidenti condizioni patologiche, al fine di evitare l'inserimento di misurazioni che non sono rappresentative della massima espressione di sviluppo della lunghezza del femore per quell'individuo o affette da errori dovuti a particolari condizioni di salute.

Considerata la natura del materiale scheletrico, proveniente da sepolture multiple o collettive, incompleto e non in connessione anatomica, è stato necessario stimare la statura utilizzando equazioni di regressione a partire dalle lunghezze dei femori. Questa scelta è stata determinata dal fatto che le ossa dell'arto inferiore forniscono una stima della statura più accurata rispetto a quelle dell'arto superiore e le ossa prossimali (femore e omero) forniscono una stima più accurata delle distali (tibia, fibula, ulna e radio) (Trotter e Gleser, 1958; Krogman e Iscan, 1986; Vercellotti et al., 2009). Inoltre, quando le equazioni per la stima della statura sono basate su singole ossa lunghe, le ossa dell'arto inferiore producono valori di errore standard (SEEs) inferiori a quelli delle ossa dell'arto superiore (Sjøvold, 1990; Formicola e Franceschi, 1996; Ruff et al., 2012).

Sono stati misurati 288 femori (173 maschili e 115 femminili) databili tra il Neolitico recente (4000- 3200 a.C) e il basso Medioevo (1000-1492 a.C), ma in base al Numero Minimo di Individui (NMI) sono stati utilizzati 241 femori.

Le medie staturali sarde successivamente sono state messe a confronto con quelle riportate in letteratura per altre nazioni europee: Italia (Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008) Spagna (Lalueza-Fox, 1998), Portogallo (Cardoso e Gomez, 2009).

Tabella 13. Sito di provenienza, datazione, numerosità e riferimenti bibliografici dei campioni sardi misurati in questo studio.

Sito di provenienza	Datazione o collocazione temporale	Numerosità	Ulteriori riferimenti bibliografici
<i>San Benedetto-Iglesias</i>	Late Neolithic 3978-3648 cal a.C. 2 σ (Lai 2009)	N=7 (3M+4F)	Sarigu et al., 2016; Martella et al. 2016
<i>Capo Pecora-Arbus</i>	Bronzo recente-finale 2940 \pm 70 no cal (Sanna 2006) 1384-936 cal a.C. 2 σ *	N=5 (3M+2F)	Maxia et al. 1972; Caramelli et al 2007; Martella et al. 2016
Grotta <i>Tueri</i> -Perdasdefogu**	Bronzo recente-finale 2880 \pm 60 BP no cal. (Sanna 2006); 1229-906 cal a.C. 2 σ *	N=34 (23M+11F)	Maxia 1964; Sanna 2006; Caramelli et al 2007; D'Amore et al 2010; Martella et al. 2016
Grotta <i>Lu Maccioni</i> -Alghero	Bronzo finale 2800 \pm 60 BP no cal. (Sanna 2006); 1116-824 cal a.C. 2 σ *	N=10 (8M+2F)	Maxia 1963; Sanna, 2006; Caramelli et al 2007; Martella et al. 2016
<i>Li Muri</i> -Arzachena	Bronzo Finale (Nuragico III) (Germanà 1995)	N=2 (1M+1F)	Martella et al. 2016
<i>Ingurtosu Mannu</i> -Donori	Bronzo recente-finale 1205-910 cal a.C 2 σ (Martella et al. 2014)	N=13 (9M+4F)	Martella et al. 2016
<i>Is Aruttas</i> -Oristano	Bronzo recente 1433-1130 cal a.C. 2 σ (Lai 2009)	N=7 (1M+6F)	Germanà, 1979-80; Germanà,1982; Martella et al. 2016
<i>Sa Serra Masi-Siliqua</i>	Nuragic 1690-1400 cal a.C. 2 σ (Martella et al. 2014)	N=2F	Martella et al. 2016
<i>Senorbì Monte Luna</i>	Punico-Romano (http://www.anthroponet.it/ ; http://)	N=7 (3M+4F)	Usai, 1981; Costa, 1983
<i>Bithia</i>	Periodo Punico e Romano (Maxia, 1943)	N=6 (5M+1F)	
<i>Tharros</i>	VI-VII a.C (Maxia-Fenu 1967)	N=8 (4M+4F)	
<i>Mitza Salida</i> -Masullas	Periodo Romano (Martella et al., 2016)	N=28 (13M+15F)	(Manos and Floris 2005)
<i>Genna Cuccureddu</i> -Baunei	Periodo Romano (Martella et al., 2016)	N=6 (1M+5F)	Sunda, 2003
San Saturno Church, Cagliari	Alto Medioevo (Floris and Usai 1997)	N=20 (15M+5F)	Martella et al., 2016
Chiesa San Giuliano di Selargius	Basso Medioevo XI-XII secolo a.C. (Serra P. B., Coroneo R., Serra R. 1989)	N=7 (5M+2F)	
Chiesa <i>San Cristoforo</i> -Mandas	XVI sec. A.C. (Sarigu et al., 2016)	N=9 (5M+4F)	
Chiesa di <i>San Sebastiano</i> -Gesico	Epoca Moderna. Comunicazione personale R. Floris	N=12 (4M+8F)	
<i>San Michele</i> -Bono	XVI-XIX sec. a.C (Sarigu et al., 2016)	N=105 (68M+37F)	Martella et al. 2016

*Datazione calibrata con OxCal 4.2 online, curva di calibrazione Reimer et al 2013. (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>)

** parte del materiale è custodito dal Museo Sardo di Antropologia ed Etnografia dell'Università di Cagliari, mentre i resti recuperati nel 2002 e nel 2014 si trovano al Museo Naturalistico di Perdasdefogu

4.3 Metodi

La stima della statura è stata calcolata sul Numero Minimo di Individui (NMI) e non sui femori destri o sui femori sinistri in quanto questa scelta avrebbe comportato una consistente perdita del numero di campioni.

Per ogni sito è stato calcolato il NMI considerando i femori destri e sinistri e le probabili associazioni tra di essi per evitare di campionare due volte lo stesso individuo. Vista la natura del materiale scheletrico, proveniente da sepolture multiple, non in connessione e quindi senza la possibilità di effettuare associazioni certe tra l'aro destro e sinistro, si è preferito non considerare il valore medio delle coppie di femori come dato di partenza per la stima della statura, per evitare di calcolare la media tra due femori che potessero appartenere a individui diversi.

Le misure rilevate sui femori, secondo le indicazioni di Martin e Saller (1957) e Braüer (1988) (Tabella 14), sono state utilizzate sia per stimare la statura sia per stimare il sesso degli individui. La loro misurazione è stata effettuata con la tavola osteometrica, il calibro a branche dritte e il nastro metrico. Una seconda rilevazione delle misure è stata effettuata, a distanza di un mese, su un campione di 40 femori selezionato casualmente, al fine di testare variazioni intra-osservatore con un t-test per dati appaiati (Naikmasur et al., 2010). Il test non ha rilevato differenze statisticamente significative ($p < 0,05$) tra le due serie di misurazioni.

Tabella 14. Misure rilevate sui femori secondo le indicazioni di Martin e Saller (1957)

Misure	Codifica di Martin e Saller (1957)
Lunghezza massima del femore	1
Lunghezza fisiologica	5
Circonferenza a metà diafisi	8
Diametro verticale della testa	18
Larghezza epicondiloidea	21

L'attribuzione del sesso è stata fatta considerando i caratteri discriminanti del femore: il diametro della testa del femore (Pearson e Bell, 1917–1919; Stewart 1979), la larghezza bicondilare (Pearson e Bell, 1917-1919) e la circonferenza a metà diafisi (Black, 1978). Solo per pochi esemplari del periodo romano e medievale l'attribuzione di sesso è stata effettuata

valutando la morfologia del cranio e/o delle ossa del bacino secondo la metodologia proposta da Acsádi e Nemeskéri (1970) e Ferembach et al. (1980).

Al fine di valutare la corretta stima del sesso è stato sviluppato il seguente metodo utilizzato per verificare l'attribuzione fatta con i caratteri discriminanti. Tenendo conto del fatto che le misure femminili sono sistematicamente inferiori a quelle maschili per tutte le cinque variabili considerate (X_1 = diametro della testa del femore, X_2 = larghezza bicondilare, X_3 = circonferenza a metà diafisi, X_4 = lunghezza massima del femore, X_5 = lunghezza fisiologica del femore), per ogni esemplare j il genere è stato riassegnato attraverso una funzione di punteggio F_j così definita: considerato X_{hj} il valore osservato della variabile X_h nel campione j -esimo, e considerato C_h ($h = 1, 2, \dots, 5$) il 5° percentile della distribuzione complessiva della variabile X_h , poniamo $F_{hj} = +1$ if $X_{hj} > C_h$ e $F_{hj} = -1$ if $X_{hj} \leq C_h$ (assegnando un valore $F_{hj} = 0$ solo quando il dato è mancante). Il valore finale della funzione di punteggio F_j è:

$$F_j = \sum_{h=1}^5 F_{hj} = \text{no.of } \{F_{hj} = +1\} - \text{no.of } \{F_{hj} = -1\}$$

Se il valore ottenuto è positivo, l'esemplare è molto probabilmente maschio, se negativo sarà con maggiore probabilità femmina. Il valore assoluto è un indicatore dell'attendibilità nell'attribuzione del genere. Per esempio se $F_j = +1$, la classificazione è "probabilmente maschio"; se $F_j = -2$ sarà "molto probabilmente femmina". Considerando che la funzione è basata su cinque variabili, il possibile *range* per la F_j va da -5 a +5.

L'attribuzione effettuata con le misure antropometriche è stata confrontata con i risultati dell'analisi dei caratteri discriminanti del femore.

La media staturale è stata calcolata a partire dalla lunghezza massima del femore (Misura 1 di Martin e Saller 1957) con metodi proposti e/o già utilizzati da altri autori per la stima della statura in popolazioni europee (Giannecchini e Moggi-Cecchi 2008; Ruff et al 2012): Pearson (PEA) (1899), Trotter e Gleser "for whites" e Afro-Americani (TGW e TGA) (Trotter e Gleser 1952; 1977), Sjøvold per gli europei e per tutte le "etnie" (SJO-1 e SJO-3) (1990) e infine il metodo di Ruff et al. (RUF) (2012).

Mentre le formule di Pearson (1899), Sjøvold (1990) e Ruff et al. (2012) sono state determinate a partire da campioni europei, la formula di Trotter e Gleser "for whites" è tra le

formule più comunemente utilizzata per la stima della statura in campioni di popolazione europea (Giannecchini e Moggi-Cecchi), mentre la formula per gli Afro-americani è stata proposta tra i metodi migliori per calcolare la statura in campioni preistorici Italiani (Formicola 1983) ed è stata ritenuta più adatta rispetto a TGW per stimare la statura di popolazioni del centro Italia dal periodo del ferro al periodo medievale (Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008). I diversi metodi sono stati utilizzati per stimare la statura dei periodi sardi, dal Neolitico all'età Moderna, al fine di visualizzare l'esistenza di un trend millenario nella statura.

Per il confronto delle medie staturali sarde con quelle delle altre nazioni è stato adottato il metodo di Pearson. Infatti questo metodo permette la comparazione diretta con i dati riportati in letteratura per le serie italiane e spagnole mentre per la serie Portoghese sono state ricalcolate le medie staturali a partire dal valore medio della lunghezza del femore riportato nel lavoro di Cardoso e Gomes (2009) (Tabella 15).

Per la serie italiana (Tabella 15) vengono riportati anche i valori staturali dal neolitico all'età del Bronzo (Borgognini-Tarli 1992), poi non inseriti nelle analisi successive per evitare errori di interpretazione visto che le stime sono effettuate con il metodo di Trotter e Gleser "for Whites", il quale produce una sovrastima di circa 4 cm rispetto al metodo di Pearson (Cardoso e Gomes 2009), utilizzato da Giannecchini e Moggi-Cecchi (2008) per i periodi successivi.

Al fine di rendere le medie staturali comparabili nel tempo tra Sardegna, Italia, Spagna e Portogallo, sono stati messi a confronto i valori di serie scheletriche coeve seguendo le indicazioni cronologiche fornite dai diversi autori (Tabella 16). In diversi casi lo stesso periodo era sovrapponibile o parzialmente sovrapponibile nel confronto tra i campioni, come la transizione fra Neolitico e Calcolitico. In Sardegna il tardo Neolitico viene datato tra 4000 e 3200 a.C e il Calcolitico tra 3200 e 2200 a.C (Tykot 1994), in Italia la suddivisione cronologica inquadra il Tardo Neolitico tra 4500 e 3500 a.C. e il Calcolitico tra il 3500 e il 2100 a.C. (Rottoli e Castiglioni 2009); per il Portogallo, Cardoso e Gomes (2009) indicano come tardo Neolitico/Calcolitico il periodo che va dal 3500 al 2100 a.C., mentre in Spagna il Tardo Neolitico è dato tra il 3800 e il 3000 a.C. e l'Eneolitico tra 3000 e 2200 a.C. (McClure et al 2011).

Per identificare l'andamento temporale per la statura è stato adottato uno schema cronologico semplificato: tardo Neolitico (4000-3200 a.C.), Calcolitico (3200-2000 a.C.), età del Bronzo (2000-1000 a.C.), età del Ferro (1000-300 a.C.), periodo Romano (300 a.C. -500 d.C.), periodo Medievale (V-XV secolo d.C.) e periodo Moderno (XV-XIX sec. d.C.)

Le medie staturali delle serie spagnole per l'età del Bronzo, Cultura Talaiotica e Medioevo (Lalueza-Fox, 1998) sono state ottenute calcolando la media ponderata dei valori staturali pubblicati da Lalueza-Fox (Tabella 15). Le medie staturali Portoghesi sono state ottenute applicando il metodo di Pearson alle medie pesate delle lunghezze massime dei femori riportate nel lavoro di Cardoso e Gomez (2009).

Per una miglior rappresentazione grafica, le medie staturali dei periodi per i quali il dato non era presente sono state calcolate con il metodo dell'interpolazione (Marasculio e Serlin 1988). In particolare il Calcolitico sardo (3200-2200 a.C.) e l'età del Ferro (1000-500 a.C.) e per i Portoghesi l'età del Bronzo (2000-1000 a.C.) e l'età del Ferro (1000-500 a.C.), per entrambi i sessi.

Per valutare se i diversi metodi utilizzati per determinare la statura producessero valori significativamente differenti, è stato adottato il test non parametrico di Kruskal-Wallis (K-W) e come post-hoc il test di Wilcoxon (WIL) per dati appaiati con la correzione di Bonferroni-Dunn (B-D), assumendo $\alpha=0,01$.

Per determinare l'esistenza di differenze significative tra i maschi e le femmine dello stesso periodo nella serie sarda, è stato utilizzato il test di Welch.

Per verificare se all'interno dello stesso sesso la differenza tra le medie di due periodi contigui fosse significativa, è stato utilizzato il test di Mann-Whitney (M-N) con la correzione di Bonferroni-Dunn, assumendo $\alpha=0,01$, per ogni confronto a coppie.

Table 15. Siti archeologici di provenienza del materiale scheletrico analizzato, suddivisi per periodo. Sono riportate le medie staturali, quando presente anche la numerosità del campione e la deviazione standard, i dati bibliografici, l'osso, la variabile metrica e il metodo utilizzato per stimare la statura.

Zona geografica	Datazione ¹	Sito o località di provenienza	Maschi			Femmine			Riferimenti bibliografici per dati metrici, cronologi	Osso/misura	Metodo
			N	media	SD	N	media	SD			
Sardegna	Neolitico recente (4000-3200 a.C)	<i>San Benedetto-Iglesias</i>	3	163,5	4,6	3	151,2	3,7	P. Martella	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
	Età del Bronzo (1600-850 a.C)	<i>Is Aruttas-Oristano, Capo Pecora-Arbus, Grotta Tueri-Perdasdefogu, Grotta Lumaccioni -Alghero, Li Muri-Arzachena, Ingurtosu Mannu-Donori, Sa Serra Masi-Siliqua</i>	37	164,5	3,8	20	151,7	4,0	P. Martella	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
	Periodo Romano (238 a.C. - 476 d.C.)	<i>Mitza Salida-Masullas-Oristano, Genna Cuccureddu-Baunei</i>	15	163,7	3,0	17	152,3	3,9	P. Martella	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
	Alto Medioevo (V-X sec. d.C.)	<i>Chiesa San Saturnino</i>	18	165,3	3,1	9	151,6	4,0	P. Martella	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
	Periodo Moderno-Contemporaneo (XVI-XIX sec. d.C.)	<i>Chiesa San Michele-Bono (Sassari)</i>	75	163,4	3,1	44	150,7	3,2	P. Martella	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
Italia	Neolitico medio	Italia centro-meridionale	-	166.0	-	-	156.0	-	Borgognini 1992 ²	ossa lunghe	Trotter e Gleser, 1952
	Eneolitico	Italia centro-meridionale	-	168.0	-	-	156.6	-	Borgognini 1992	ossa lunghe	Trotter e Gleser, 1952
	Età del Bronzo	Italia centro-meridionale	-	168.0	-	-	158.0	-	Borgognini 1992	ossa lunghe	Trotter e Gleser, 1952

	Età del ferro (IX-V sec. a.C.) ³	Italia centrale	220	166.6	4	181	154.3	3.7	Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008	femore, tibia, ⁴ omero e radio/lunghezza massima	Pearson 1899
	Periodo Romano (V sec. a.C – V sec. d.C.)	Italia centrale	153	164.4	3.9	130	152.1	3.4	Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008	femore, tibia, ⁴ omero e radio/lunghezza massima	Pearson 1899
	Periodo Medievale (V – XV sec. d.C.)	Italia centrale	187	166.9	4.3	150	154.5	3.4	Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008	femore, tibia, ⁴ omero e radio/lunghezza massima	Pearson 1899
Spagna	Neo-Chalcolithic	Meseta, Levante	93	162.6	-	60	150.6	-	Lalueza-Fox, 1998	ossa lunghe	Pearson 1899
	Età del Bronzo (2000-1000 a.C.) ⁵	Catalonia; Andalusia (Argar Culture)	99	162.4	-	74	151.1	-	Lalueza-Fox, 1998	ossa lunghe	Pearson 1899
	Cultura Talaotica (600-200 a.C.) ⁵	Son Real, Majorca; Illot des Porros, Majorca	424	165.5	-	229	153.6	-	Lalueza-Fox, 1998	ossa lunghe	Pearson 1899
	Periodo Romano (III-V sec. d.C.)	Tarragona	168	163.2	-	88	151.8	-	Lalueza-Fox, 1998	ossa lunghe	Pearson 1899
	Periodo Medievale (VII-XIV sec. d.C.) ⁵	Catalonia; Montjuich, Barcelona; Palacios de la Sierra, Burgos; La Torrecilla, Granada; La Olmeda, Palencia; Santa Maria de Hito, Cantabria; Villanueva de Soportilla, Burgos	280	164.8	-	152	152.9	-	Lalueza-Fox, 1998	ossa lunghe	Pearson 1899
Portogallo	Neolitico recente e Calcolitico (3500-2100 a.C.)	Poço Velho (Cascais) Eira Pedrinha (Condeixa-a-Nova) Quinta do Anjo (Palmela)	6	158.3	-	20	150.5	-	Cardoso e Gomes, 2009	femore/lunghezza massima	Mendonça, 2000

	Periodo Romano (II a.C.- IV sec. d.C.)	Conimbriga (Coimbra) Tróia (Setúbal)	6	165.5	-	4	151.5	-	Cardoso e Gomes, 2009	femore/lunghezza massima	Mendonça, 2000
	Periodo Medievale (XII-XVI sec. d.C.)	São Manços (Évora) São Pedro de Caneferim (Sintra) São Martinho (Leiria)	37	165.7	-	23	157.1	-	Cardoso e Gomes, 2009	femore/lunghezza massima	Mendonça, 2000
Portugal ⁶	Neolitico recente e Calcolitico (3500-2100 a.C.)	Poço Velho (Cascais) Eira Pedrinha (Condeixa-a-Nova) Quinta do Anjo (Palmela)	6	160.2	-	20	149.2	-	Cardoso e Gomes, 2009	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
	Periodo Romano (II a.C.- IV sec. d.C.)	Conimbriga (Coimbra) Tróia (Setúbal)	6	165.2	-	4	149.9	-	Cardoso e Gomes, 2009	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899
	Periodo Medievale (XII-XVI sec. d.C.)	São Manços (Évora) São Pedro de Caneferim (Sintra) São Martinho (Leiria)	37	165.4	-	23	154.7	-	Cardoso e Gomes, 2009	femore/lunghezza massima	Pearson, 1899

¹ viene riportata la suddivisione cronologica usata dagli autori nelle loro pubblicazioni

²Borgognini-Tarli (1992), dati non utilizzati per le analisi

³schema cronologico semplificato

⁴il valore staturale per ogni individuo è stato ottenuto dalla media dei valori staturali calcolati da ogni osso lungo

⁵media ponderata

⁶ medie Portoghesi ricalcolate e partire dalla media ponderata dei valori della massima lunghezza del femore riportati in Cardoso e Gomes (2009)

Table 16. Periodi culturali Sardi, Italiani, spagnoli e Portoghesi a confronto.

Datazione	Sardegna¹	Italia²	Spagna³	Portogallo⁴
1500 d.C.	Periodo Medievale	Periodo Medievale	Periodo Medievale	Periodo Medievale
500 d.C.	Periodo Romano	Periodo Romano	Periodo Romano	Periodo Romano
500 a.C.	Età del Ferro	Età del Ferro	Età del Ferro	Età del Ferro
1000 a.C.	Età del Bronzo	Età del Bronzo	Età del Bronzo	Età del Bronzo
1500 a.C.	Età del Bronzo	Età del Bronzo	Età del Bronzo	Età del Bronzo
2500 a.C.	Calcolitico	Calcolitico	Calcolitico	Neolitico recente
3000 a.C.	Calcolitico	Calcolitico	Calcolitico	Neolitico recente
3500 a.C.	Neolitico recente	Medio e tardo Neolitico	Neolitico recente	Neolitico
4000 a.C.	Neolitico medio	Medio e tardo Neolitico	Neolitico	Neolitico
4500 a.C.	Neolitico medio	Medio e tardo Neolitico	Neolitico	Neolitico
5000 a.C.	Neolitico medio	Medio e tardo Neolitico	Neolitico	Neolitico

¹Tykot, 1994

²Gianecchini e Moggi-Cecchi 2008; Rottoli e Castiglioni, 2009

³Lalueza-Fox, 1998; McClure et al., 2011

⁴Figueiral e Bettencourt, 2004; Catanzariti et al., 2008; Cardoso e Gomes, 2009

RISULTATI E DISCUSSIONE

4.4 Risultati

Determinazione del sesso.

Lo studio della distribuzione delle 5 variabili (utilizzate per la determinazione del sesso) rispetto al sesso attribuito, ha permesso di identificare i valori soglia mostrati nella Tabella 17.

Il nuovo metodo è servito per attribuire con la nuova procedura 3 casi dubbi e per riattribuire 2 casi discordanti.

Tabella 17. Variabili e valori soglia considerati per l'attribuzione del sesso

Variabile	Soglia ♂♀
Diam. V. Testa	≥ 42,5
Largh. Bicon.	≥ 75
Circ. metà diaf.	≥ 83
Lungh. max	≥ 412
Lungh. Fis.	≥ 410

Cambiamenti staturali in Sardegna

I dati staturali Sardi (Tabella 18) sono stati utilizzati per costruire le Figure 16 e 17, per maschi e femmine rispettivamente, le quali illustrano per ogni metodo (PEA, TGW, TGA, SJO1, SJO3 e RUFF) il possibile andamento dal Neolitico al periodo Moderno.

Il test K-W ha mostrato che le differenze tra i valori stimati con i diversi metodi sono sempre statisticamente significativi per entrambi i sessi ($p < 0,001$).

Il test post-hoc di Wilcoxon (WIL) per dati appaiati con la correzione di Bonferroni-Dunn (B-D), assumendo $\alpha = 0,01$, è risultato sempre significativo ($p < 0,001$).

Table 18. Materiale scheletrico Sardo. Media della statura maschile e femminile (in cm), numerosità del campione (N) e deviazioni standard (SD) per periodo, per ogni equazione di regressione utilizzata.

Maschi															
	Neolitico recente (4000-3200 a.C.)			Età del Bronzo (1600-850 a.C.)			Periodo Romano (238 a.C. - 476 d.C.)			Alto Medioevo (V-X sec. a.C.)			Periodo Moderno- (XVI-XIX sec. a.C.)		
	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD
PEA	3	163,5	4,6	37	164,5	3,8	15	163,7	3,0	18	165,3	3,1	75	163,4	3,1
TGA	3	162,6	5,2	37	163,6	4,2	15	162,8	3,4	18	164,6	3,5	75	162,5	3,5
TGW	3	165,4	5,9	37	166,7	4,8	15	165,7	3,8	18	167,7	3,9	75	165,3	3,9
SJO1	3	164,9	6,5	37	166,3	5,3	15	164,2	4,2	18	167,4	4,3	75	164,8	4,4
RUF	3	161,7	6,7	37	163,2	5,5	15	162,1	4,3	18	164,3	4,5	75	161,6	4,5
SJO3	3	164,3	6,7	37	165,8	5,5	15	164,7	4,3	18	166,9	4,4	75	164,2	4,5
Femmine															
	Neolitico recente (4000-3200 a.C.)			Età del Bronzo (1600-850 a.C.)			Periodo Romano (238 a.C. - 476 d.C.)			Alto Medioevo (V-X sec. a.C.)			Periodo Moderno- (XVI-XIX sec. a.C.)		
	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD
PEA	3	151,2	3,7	20	151,7	4,0	17	152,3	3,9	9	151,6	4,0	44	150,7	3,2
TGA	3	151,6	4,3	20	152,2	4,7	17	153,0	4,6	9	152,1	4,6	44	151,0	3,8
TGW	3	153,6	4,7	20	154,2	5,1	17	155,1	5,0	9	155,1	5,0	44	153,0	4,1
SJO1	3	155,9	5,0	20	156,6	5,4	17	157,5	5,3	9	156,4	5,4	44	155,3	4,3
RUF	3	151,9	5,1	20	152,6	5,5	17	153,5	5,5	9	152,5	5,5	44	151,3	4,4
SJO3	3	155,0	5,2	20	155,7	5,6	17	156,6	5,5	9	155,6	5,5	44	154,4	4,5

PEA = Pearson (1899); TGA = Trotter e Gleser per Afro-American (1952, 1977); TGW = Trotter e Gleser "for Whites" (1952); SJO = Sjøvold (1990); RUF = Ruff et al. (2012).

Nei maschi, l'andamento della statura per il campione sardo non cambia a seconda del metodo utilizzato; si osservano solo differenze nei valori calcolati per i periodi. La stima maggiore è stata ottenuta con il metodo TGW, seguito da SJO1, SJO3, PEA, TGA e RUF. La differenza tra il metodo che produce le stime maggiori e quello che produce le minori è in media di 3,6 cm.

La Figura 17 mostra un incremento nelle medie staturali dal Tardo Neolitico (4000-3000 a.C.) all'età del Bronzo (1600-850 a.C.) seguito da un decremento, che registra il valore minimo per tutti i metodi considerati, durante il Periodo Romano (238 a.C.-476 d.C.) (Tabella 18). Successivamente si osserva un incremento, che registra il valore massimo per tutti i metodi,

nel Periodo Medievale (V-XV secolo d.C.). Tuttavia il test M-N con la correzione B-D non ha evidenziato differenze significative nei confronti a coppie tra le medie dei diversi periodi.

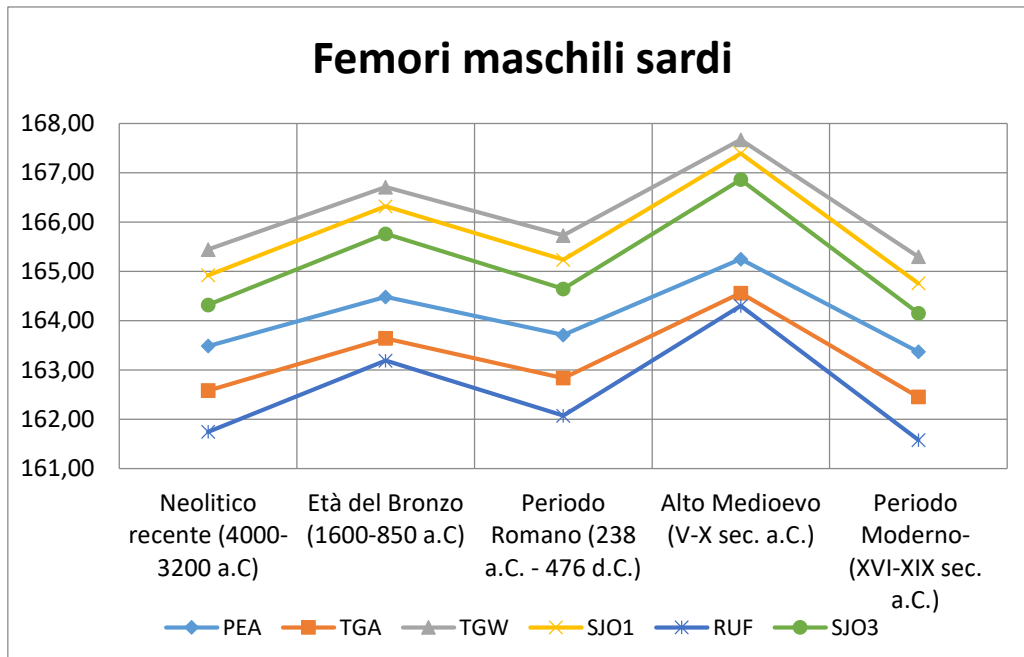


Figura 16. Medie staturali maschili nel tempo calcolate con le diverse equazioni considerate. Statura in centimetri in ordinata e periodi in ascissa

La Figura 17 mostra per le femmine sarde, similmente ai maschi, che l'andamento della statura non cambia a seconda del metodo utilizzato. Si osserva un leggero incremento dal Tardo Neolitico (4000-3000 a.C.) al periodo romano (238 a.C.-476 d.C.) ed un successivo decremento sino al periodo Moderno (V-XV secolo d.C.). Le stime maggiori sono prodotte da SJO1, seguito da SJO3, TGW, RUF, TGB e PEA. La differenza tra il metodo che produce le stime maggiori e quello che produce le minori è in media di 4,8 cm.

Anche per il campione femminile il test M-N con la correzione B-D non ha evidenziato differenze significative nei confronti a coppie tra le medie dei diversi periodi.

Il test di Welch ha dimostrato che tra le medie maschili e le medie femminili dello stesso periodo esiste una differenza statisticamente significativa ($p < 0,001$).

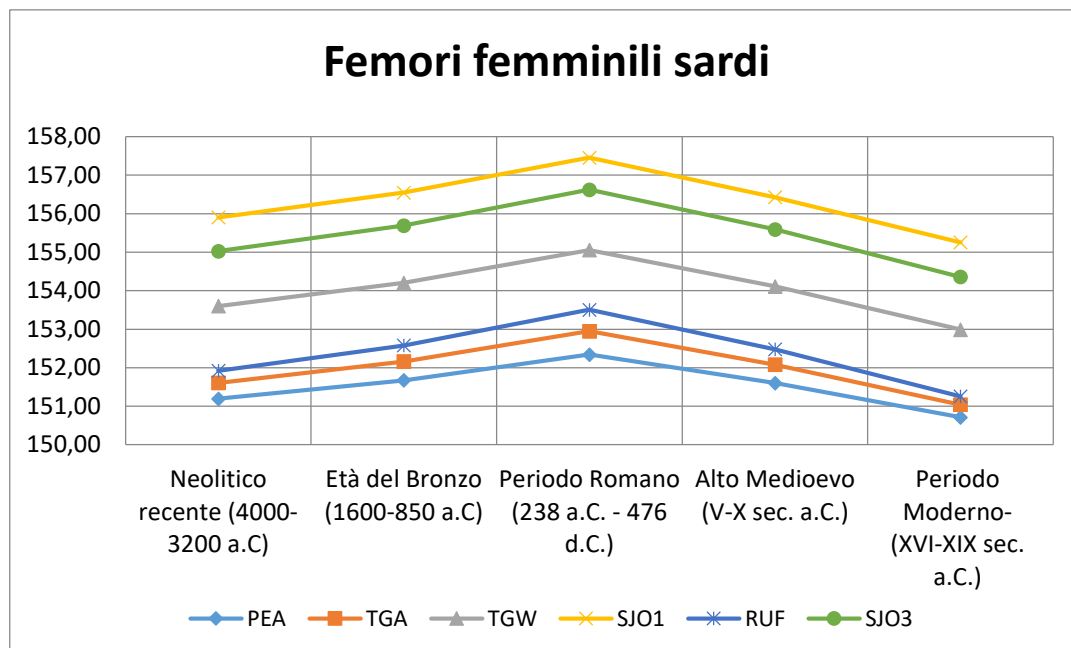


Figura 17. Medie staturali femminili nel tempo calcolate con le diverse equazioni considerate. Statura in centimetri in ordinata e periodi in ascissa.

Confronto con campioni Europei

I dati staturali (Tabella 15) e i valori interpolati sono stati utilizzati per costruire le Figure 18 e 19, rispettivamente per maschi e femmine, illustrando i possibili trend per la statura dal Neolitico al Medioevo per la Sardegna e per i campioni confrontati.

Si osserva immediatamente un diverso trend temporale tra i campioni maschili e femminili nella serie sarda e nella serie portoghese tra l'età del Ferro (1000-300 a.C.) e il Medioevo (V-XV secolo d.C.), mentre Spagna e Italia mantengono lo stesso trend nei due sessi.

Senza considerare i dati interpolati è possibile osservare un trend comune tra le serie maschili di Sardegna, Italia e Spagna, caratterizzato da un incremento nel periodo Medioevale (V-XV secolo d.C.) preceduto in genere da un picco negativo delle medie durante la dominazione romana (300 a.C.- 500 d.C.).

Il campione maschile italiano mostra un decremento di 2,2 cm tra l'età del Ferro e il periodo Romano (da 166,6 cm a 164,4 cm) ed un incremento di 2,5 cm nel Medioevo (166,9 cm). Tra l'età del Ferro e il periodo Romano i maschi spagnoli mostrano un decremento di 2,3 cm (da 165,5 a 163,2 cm) ed un successivo incremento di 1,6 cm nel Medioevo (164,8 cm). Il campione maschile sardo mostra un decremento di 0,8 cm tra l'età del Bronzo e il periodo

Romano (da 164,5 cm a 163,7 cm) ed un successivo incremento di 1,6 cm nel Medioevo (165,3 cm). I dati del campione portoghese mostrano un trend diverso caratterizzato da un incremento dal Calcolitico (3200-2000 a.C.) al Medioevo, da 160,2 cm a 165,4 cm.

I campioni femminili non mostrano trend simili tra le diverse serie, fatta eccezione per l'Italia e la Spagna tra l'età del Ferro e il Medioevo. Entrambe mostrano un andamento simile a quello delle corrispondenti serie maschili. Il campione femminile italiano decrementa di 2,2 cm dall'età del Ferro al periodo Romano (da 154,3 cm a 152,1 cm) per poi incrementare di 2,4 cm (sino a 154,5 cm) nel Medioevo; il campione spagnolo decrementa di 1,8 cm tra l'età del ferro e il periodo Romano (da 153,6 cm a 151,8 cm) e successivamente aumenta di 1,1 cm nel Medioevo (sino a 152,9 cm). Le femmine sarde mostrano un incremento nella statura dal Neolitico al periodo Romano, rispettivamente da 151,2 cm a 152,3 cm, per poi diminuire nel Medioevo sino a 151,6 cm; mentre le femmine portoghesi mostrano un incremento dal Neolitico al Medioevo passando da 149,2 cm a 154,7 cm.

La stima della statura per l'età del Ferro in Spagna è stata calcolata da serie scheletriche appartenenti al periodo Talaiotico (600-200 a.C.) (Tabella 15), che si riferisce a popolazioni delle Baleari, dunque non rappresentative dell'intera Spagna.

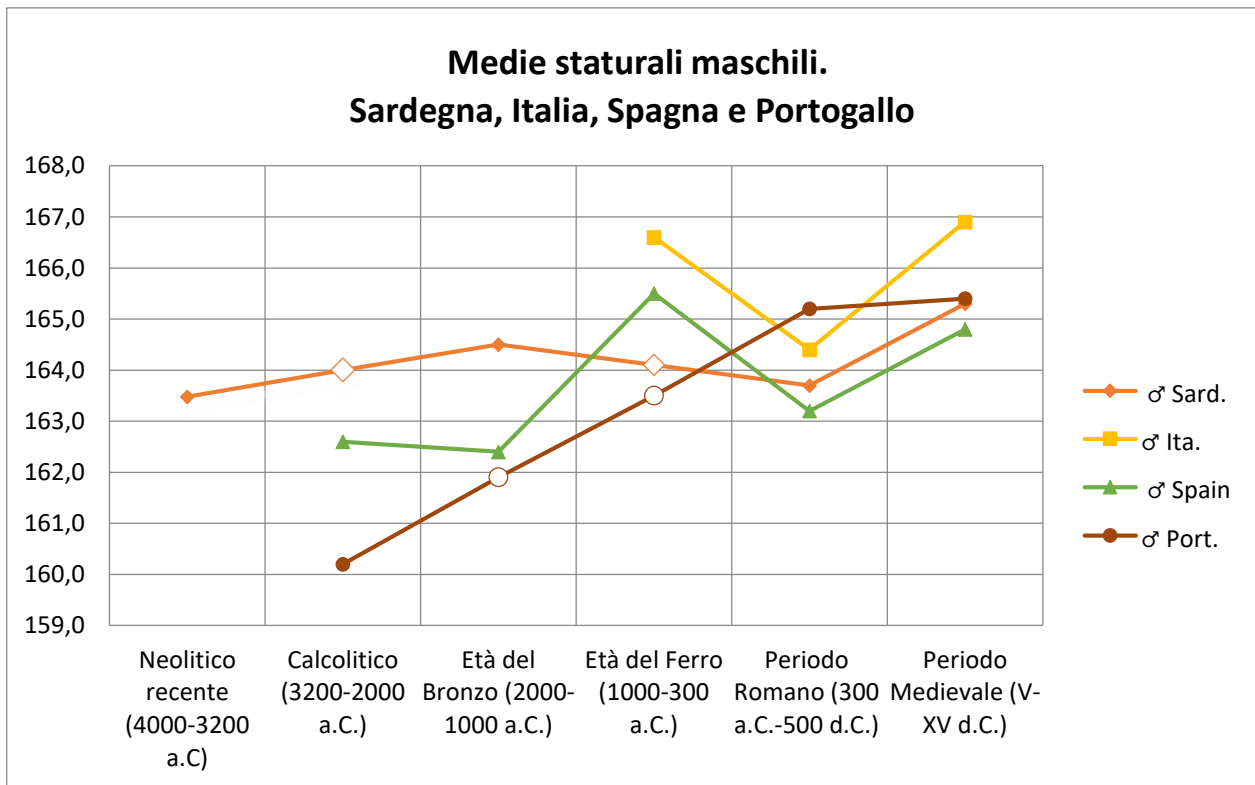


Figura 19. Stature medie maschili nel tempo. Statura in cm in ordinata e suddivisione temporale in ascissa. I punti vuoti rappresentano le stature medie interpolate.

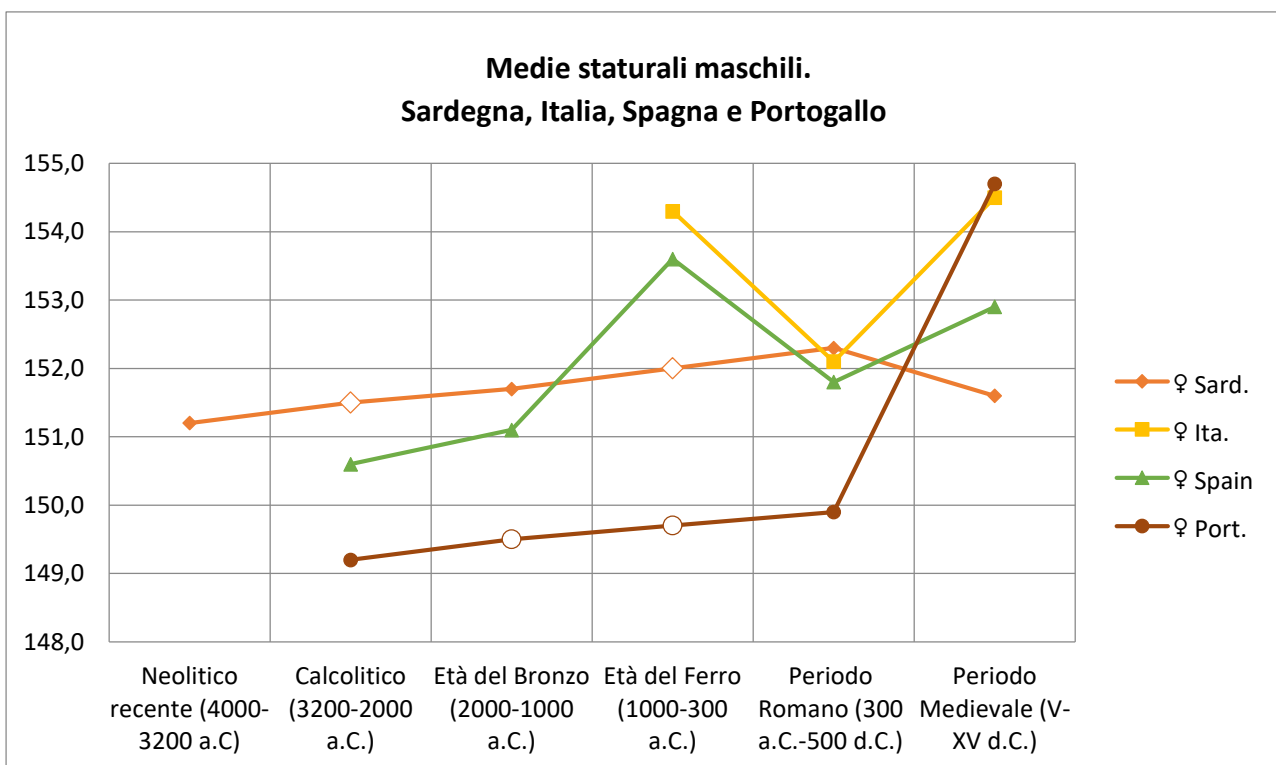


Figura 20. Stature medie femminili nel tempo. Statura in cm in ordinata e suddivisione temporale in ascissa. I punti vuoti rappresentano le stature medie interpolate.

4.5 Discussione

L'analisi della statura e delle sue variazioni nel tempo nelle popolazioni del passato è condizionata da una serie di limitazioni metodologiche, determinate dalla difficoltà intrinseca di ricostruire la statura del vivente dai reperti scheletrici.

Nella stima della statura per una popolazione scheletrica bisogna tenere conto di alcune problematiche che possono inficiare una corretta stima dei dati:

- La sicura datazione del materiale scheletrico
- La corretta attribuzione del sesso
- La scelta del metodo da utilizzare
- La numerosità del campione

Come già osservato nel lavoro di Martella et al. (2016), nell'analizzare il materiale scheletrico proveniente da siti archeologici, i primi problemi da affrontare riguardano principalmente la datazione del materiale e il suo stato di conservazione. Infatti il materiale scheletrico può derivare da contesti sconvolti con riutilizzo nel tempo che non permettono una chiara suddivisione temporale se non attraverso datazioni al radiocarbonio. Un contesto come quello di una sepoltura multipla o collettiva con riutilizzo e sconvolgimento dei materiali, spesso non permette una chiara attribuzione dei segmenti scheletrici agli individui in quanto i resti scheletrici non si trovano in connessione. L'impossibilità di attribuire gli elementi scheletrici ai singoli individui non consente di effettuare la stima della statura con il metodo anatomico e compromette la chiara attribuzione del sesso influenzando ulteriormente la stima delle medie staturali in quanto le equazioni di regressione sono generalmente sesso specifiche (Martella et al., 2016).

Quando non è possibile utilizzare il metodo anatomico per la stima statura o non è presente una formula specifica per la popolazione studiata, è necessario avvalersi di una delle equazioni esistenti. La scelta deve considerare che i diversi metodi basati sulla lunghezza delle ossa lunghe producono differenti stime della statura. Per esempio, le tavole di Manouvrier (1892) e le formule di Pearson (1899) producono valori in media inferiori di 4 cm rispetto a quelli prodotti dalle equazioni di Trotter e Gleser (1958) per i "bianchi" (Cardoso e Gomes, 2009). I differenti risultati possono essere spiegati dal fatto che le formule sono state ottenute

con diverse procedure e da campioni con disuguali proporzioni arti/tronco (Trotter e Gleser, 1952,1958,1977; Formicola 1983,1989; Formicola e Holt, 2007). Infatti le formule per la ricostruzione della statura sono specifiche per una data popolazione e dovrebbero essere applicate per stimare la statura della popolazione sulla quale sono state calibrate.

Considerata la mancanza di una equazione di regressione specifica per la popolazione sarda e di informazioni relative alle proporzioni corporee o scheletri completi da utilizzare per il calcolo di una equazione specifica per la popolazione, il calcolo delle medie staturali è stato effettuato con diversi metodi (Belcastro e Facchini, 2001) al fine di rendere il dato disponibile per il confronto con popolazioni coeve.

Un altro problema da affrontare quando si lavora con materiale non in connessione e proveniente da sepolture sconvolte, è se stimare la statura a partire sempre dallo stesso osso (femore destro o femore sinistro) o dal NMI ricavato, in questo caso, da entrambi i femori. Va infatti considerato che la scelta di stimare la statura solo dai femori destri o sinistri può comportare una riduzione consistente del campione rispetto al NMI. La riduzione del campione non comporta una migliore stima della statura in quanto è elevata la correlazione dei valori dei due femori (Trotter, 1970) e la asimmetria tra essi non è significativa (Hauser et al., 2005), pertanto si reputa maggiormente opportuno salvaguardare la consistenza numerica dei campioni.

Inoltre l'associazione tra ossa pari in contesti sconvolti è soggetta ad un criterio morfologico soggettivo, quindi è preferibile evitare l'utilizzo della media tra le due ossa, come invece suggerito da Trotter (1970), perché i femori potrebbero appartenere a individui diversi.

Stima e cambiamenti millenari della statura in Sardegna.

Escludendo il lavoro di Martella et al. (2016), i dati più aggiornati relativi alle caratteristiche metriche e staturali della popolazione sarda dal Neolitico al periodo Moderno sono riportati da Floris et al. (2012), i quali aggiornano solo le medie dal periodo Romano al periodo Moderno, mentre le stime dal Neolitico al periodo Nuragico sono di Floris (1983). In questo lavoro e nei precedenti (Cosseddu et al 1980; Floris 1983 e Floris 1998) le medie staturali sono calcolate con il metodo del Manouvrier (1892), metodo storicizzato e non basato su

equazioni di regressione che viene oramai impiegato raramente negli studi sulla statura di popolazioni europee. Da evidenziare che in questi lavori le medie staturali non sono calcolate sul numero minimo di individui, ma sul numero di ossa lunghe, senza tenere quindi conto della possibilità di campionare più volte lo stesso individuo.

Nei maschi e nelle femmine sarde il trend staturale non cambia in base al metodo utilizzato ed esiste una differenza significativa nei valori staturali stimati calcolati per periodo. Rispetto al precedente lavoro (Martella et al. 2016) non si osservano variazioni nei trend calcolati con i diversi metodi, ad esclusione di quello femminile. Tra maschi e femmine si osservano due diversi andamenti staturali, si deve però ricordare che non sono state rilevate differenze statisticamente significative nel confronto a coppie tra valori di diversi periodi, È possibile ipotizzare un andamento millenario per i maschi che comporta un incremento nelle medie staturali dal Tardo Neolitico all'età del Bronzo, durante il quale si verificò l'espansione della cultura nuragica, seguito da un decremento nel periodo Romano, un incremento nel periodo Medievale e di nuovo un decremento nel periodo Moderno.

Il trend staturale femminile mostra un lieve incremento dal tardo Neolitico al periodo Romano ed un successivo decremento sino al periodo Moderno.

In merito alla discutibilità dell'attendibilità della valutazione dei cambiamenti millenari nella statura, osservando i dati riguardanti la popolazione sarda, l'adozione della stessa metodologia di determinazione (Pearson, 1899) consente di eliminare almeno l'aleatorietà delle comparazioni conseguenti alla diversità dei risultati che possono determinare i vari metodi per stimare il dato staturale dai reperti scheletrici.

Inoltre, sul materiale scheletrico sardo, è stato elaborato un metodo per la stima del sesso basato sui caratteri discriminanti del femore, utile quando si studiano resti scheletrici non in connessione anatomica provenienti da ossario o da contesti funerari sconvolti.

Confronti tra le popolazioni

Nell'analizzare l'andamento della statura nel tempo tra popolazioni coeve devono essere affrontati diversi problemi che rendono difficile una chiara interpretazione dei dati:

- L'utilizzo da parte degli autori di diversi metodi per determinare la stima della statura.
- La datazione dei resti scheletrici.
- L'assenza dei valori relativi alle medie staturali e/o alle deviazioni standard in alcuni periodi di tempo.
- L'esiguo numero di campioni utilizzato per la stima della statura.
- La provenienza del materiale scheletrico da singoli siti o la scarsa numerosità dei campioni, non rappresentativi dell'intero paese

Il primo problema prospettato che si presenta nell'analizzare l'andamento della statura è conseguente alle differenti metodiche adottate per la sua stima, soprattutto quando per la stessa nazione vengono utilizzati più metodi come nel caso dei dati analizzati per l'Italia. Infatti i dati dal Neolitico al Ferro della serie italiana sono stati ottenuti con il metodo di Trotter e Gleser (Borgonigni-Tarli 1992), il quale sovrastimerebbe di circa 4 cm (Cardoso e Gomes, 2009) rispetto al metodo di Pearson (1899) usato da Gianecchini e Moggi-Cecchi (2008) che, secondo quanto da loro proposto e da Formicola (1983) è insieme a quello di Trotter e Gleser per gli Afro-Americani (1952, 1957) il più idoneo per il calcolo della statura. Un altro problema da tenere in considerazione riguarda la datazione e conseguentemente l'attribuzione culturale del materiale. Capita spesso che la datazione dei resti scheletrici non venga effettuata attraverso il radiocarbonio ma tramite l'analisi del contesto culturale fornito dai reperti di interesse archeologico (come per esempio i campioni eneolitici sardi). Questo metodo di datazione si può rivelare assai impreciso nel caso di un sito funerario dove sia stato praticato il riutilizzo di sepolture appartenenti a periodi culturali precedenti o nel caso in cui il sito non sia stato rinvenuto sigillato e sia stato violato recentemente o nei tempi antichi. L'assenza di una datazione al radiocarbonio rende il confronto tra popolazioni coeve provenienti da diverse nazioni, difficile e impreciso.

Un'altra complicazione, che di fatto costituisce una delle principali difficoltà nell'analisi dei cambiamenti millenari tra le popolazioni del passato, è legato all'assenza in alcuni intervalli di tempo dei valori delle medie staturali (es. la serie Spagnola nel neolitico e nell'eneolitico) e dei valori della deviazione standard (es. serie italiana dal Neolitico all'età del Ferro e la serie

Spagnola che riporta le deviazioni standard solo per il Medioevo). L'assenza di questi valori assieme alla scarsa numerosità del campione, spesso costituito da pochi individui come nel caso della serie sarda del Neolitico, non consentono di analizzare in continuum l'andamento della statura e la sua variabilità nel corso del tempo e di valutare statisticamente le differenze tra le medie.

Da non sottovalutare anche l'importanza della numerosità dei siti di provenienza dei campioni scheletrici. Infatti il materiale esaminato può non essere rappresentativo dell'intera nazione in quanto può provenire da un numero esiguo di siti o persino da un singolo sito di raccolta per periodo, come nel caso del Neolitico Medio e dell'Alto Medioevo per la serie sarda, non consentendo in realtà una attribuzione dei cambiamenti staturali che possano definirsi rappresentativi dell'intera popolazione della regione di riferimento.

In base ai dati esaminati, pur tenendo a mente le difficoltà interpretative la diversità mostrata dai trend maschili e femminili nelle differenti nazioni, è stato comunque possibile osservare per le tre regioni del Mediterraneo, Italia, Spagna e Sardegna, il medesimo trend caratterizzato da un incremento nel periodo Medioevale (V-XV sec. a.C.) preceduto in genere da un picco negativo delle medie durante la dominazione romana. Mentre i maschi portoghesi mostrano un diverso trend caratterizzato da un incremento dal calcolitico (3200-2000 a.C.) al Medioevo. I campioni femminili non mostrano trend simili ad esclusione delle femmine Italiane e Spagnole tra l'Età del Ferro e il periodo Medioevale. Da notare che Keopke e Baten (2005 a,b), i quali analizzano dal I secolo d.C sino al XVIII secolo d.C. i cambiamenti biologici negli standard di vita e l'impatto climatico, rilevano per il periodo analizzato un trend staturale simile a quello qui individuato, evidenziando un periodo di stagnazione della statura in Europa centrale, meridionale e occidentale durante l'Impero Romano (27 a.C - 476 d.C), un drastico incremento in Europa nel V e VI secolo d.C. e ancora nell'XI e XII secolo d.C.

La fine del periodo Romano-inizio del Medioevo- fu un periodo di transizione politica, sociale ed economica (Giannecchini e Moggi-Cecchi, 2008) che ha visto l'Europa, e in particolare le regioni sotto il dominio Romano, andare incontro a cambiamenti che hanno portato ad un incremento delle medie staturali cessata la dominazione Romana. Il basso e l'alto Medioevo, nonostante le epidemie e le carestie, non sono sembrati così "scuri" se consideriamo

l'incremento della statura. Infatti per regioni come il Portogallo questo è stato un periodo di relativa prosperità economica (Marques, 1980). Secondo Montanari (1988, 1994) gli agricoltori nel Nord Italia avevano una migliore alimentazione sia qualitativa sia quantitativa durante il Alto Medioevo rispetto al Periodo romano o dal Tardo/Basso Medioevo fino al primo decennio del XIX secolo d.C. I cambiamenti economici, climatici, agricoli e la densità della popolazione (Steckel 2004; Gehrards 2005; Keopke e Baten 2005b, 2008; Barbiera e della Zuanna 2009) nel Medioevo potrebbero aver contribuito ad un miglioramento dello stato nutrizionale.

I cambiamenti staturali che emergono devono comunque essere interpretati con estrema cautela tenendo conto sia delle osservazioni fatte in precedenza riguardanti l'assenza di dati, l'esiguità dei campioni in alcuni periodi e l'uso di metodiche diverse, sia del periodo di tempo osservato (circa 5500 anni), caratterizzato da importanti cambiamenti sociali, culturali ed economici; sia del fatto che il materiale esaminato non è rappresentativo dell'intera regione in quanto proviene da un numero esiguo di siti non omogeneamente distribuito sul territorio e in alcuni casi da un singolo sito archeologico per periodo.

Nel valutare i fattori che possono aver influito sulle variazioni staturali bisogna, ovviamente, considerare quelli che direttamente influenzano il dispiegarsi del potenziale genetico per l'accrescimento: la nutrizione e lo stato di salute (Danubio e Sanna 2008). Affinché l'interpretazione delle variazioni staturali nel passato sia attendibile e completa, essa richiede una comprensione delle condizioni ambientali durante il periodo preso in considerazione, l'esame degli indicatori di attività e della dieta, l'analisi di eventuali ritardi nell'accrescimento e l'aggiunta di informazioni bioculturali (Vercellotti et al., 2014). Pertanto una esaustiva spiegazione delle variazioni staturali riscontrate nei vari periodi è allo stato attuale di difficile proposizione in quanto il quadro dei dati relativi alla nutrizione, allo stato di salute e a fattori eco-socio-bioculturali delle popolazioni osservate è eufemisticamente frammentario.

Spesso nell'interpretare le variazioni nelle medie staturali delle popolazioni del passato queste sono state correlate ad indicatori indiretti dei fattori influenzanti l'accrescimento come i cambiamenti climatici e le variazioni della densità di popolazione (Keopke e Baten, 2005b; Gerhards, 2005; Özer, 2011). Il clima potrebbe indirettamente influenzare la statura

nel breve periodo assumendo che temperature più calde favoriscono i raccolti e la produzione di nutrienti più proteici (Keopke e Baten, 2005b).

Uno dei fattori indiretti in grado di condizionare l'intensità dei cambiamenti secolari nella statura è lo stato sociale (Danubio e Sanna, 2008). È molto difficile valutare questo aspetto nell'analisi dei cambiamenti millenari della statura in quanto lo stato sociale degli individui raramente viene riportato per le serie scheletriche considerate. Tuttavia, la natura dei contesti deposizionali (per esempio, sepolture collettive preistoriche, cimiteri pubblici, cimiteri o sepolture nelle chiese) suggerisce che molte delle serie scheletriche siano composte da individui rappresentativi dell'intera popolazione. Nessuno dei campioni analizzati sembra rappresentare un particolare gruppo sociale, privilegiato o non.

Riassumendo, allo stato attuale si ritiene impossibile determinare un comune trend millenario per le popolazioni considerate, in oltre si sottolinea che ogni interpretazione di questo andamento è molto approssimativa a causa della mancanza di dati che consentirebbero una analisi continua e non frammentaria del trend temporale. La disuguaglianza nel possibile andamento millenario tra popolazioni e tra i sessi e la diversità nelle variazioni staturali tra le popolazioni potrebbero essere spiegate da differenze nei contesti ambientali e socioeconomici nel tempo tra le regioni e nelle regioni.

5 CONCLUSIONI

I risultati dell'analisi multivariata comparativa dei caratteri morfometrici del cranio hanno consentito di formulare alcune ipotesi interpretative sulla storia biologica del popolamento della Sardegna. In particolare è rilevabile: A) la somiglianza/continuità fra sardi neolitici, nuragici e recenti; B) La tendenza ad una progressiva differenziazione fra i gruppi sardi (Ozieri, Nuragici, moderni) e quelli dell'Italia; C) un possibile contributo Neolitico ed anche Paleomesolitico alla struttura genetica della odierna popolazione sarda; D) la sostanziale omogeneità temporale e spaziale dei Nuragici.

Queste ipotesi trovano sostegno anche nei risultati delle analisi paleogenetiche, infatti avvalorerebbero la basilare omogeneità temporale e spaziale dei Nuragici, la loro continuità con i Sardi neolitici e recenti, oltre che il possibile contributo Neolitico ed anche Paleomesolitico alla composizione genetica dei Sardi attuali. Una conferma o meno di questa ipotesi potrà trovare riscontro in successive analisi paleogenetiche sulle serie scheletriche sarde, in modo da ottenere dei risultati genetici basati su campioni più consistenti e temporalmente ampi.

Comunque pur essendo l'aDNA lo strumento d'elezione sia per le analisi delle relazioni genetiche tra le popolazioni del passato sia per valutare l'origine e la composizione delle popolazioni attuali, risulta opportuno sottolineare che i dati molecolari offrono attualmente un composito grado di informazione non esaustivo.

In riferimento alla statura, qualora si operi un'analisi di sintesi delle variazioni staturali delle popolazioni preistoriche e di quelle storiche sorgono dei notevoli problemi di attendibilità.

I dati raccolti e analizzati indicano che le condizioni per l'individuazione di un andamento comune nei cambiamenti millenari tra le popolazioni del Sud Europa, qui considerate, non sono affidabili.

Infatti per confrontare in maniera appropriata i risultati di differenti studi è necessario condurre una revisione sistematica del contesto cronologico e culturale delle serie scheletriche, identificare il metodo più appropriato per calcolare le medie staturali, analizzare e/o fornire nuovi dati riguardanti le caratteristiche che consentano di individuare le condizioni

nutrizionali, di salute ed ecologiche delle popolazioni nei vari periodi. Gli stessi accorgimenti sono auspicabili anche quando si valuta l'andamento staturale di una popolazione al fine di avere una maggiore comprensione delle variazioni temporali.

Nel caso in cui non sia possibile stabilire il metodo più appropriato per la stima della statura della popolazione studiata, come nel caso dei campioni sardi, si ritiene essenziale la stima e la pubblicazione dei dati staturali derivati con più metodi in quanto permette di poter confrontare il dato con il maggior numero di popolazioni.

I metodi più attendibili da considerare sono quelli utilizzati per popolazioni con caratteristiche fisiche simili alla popolazione in studio, quelli derivati a partire da popolazioni della stessa area geografica e quelli già utilizzati per la stima della statura in popolazioni coeve della stessa area geografica.

In conclusione, per la ricostruzione dei popolamenti umani e dei cambiamenti millenari nelle caratteristiche antropologiche, i dati osteometrici offrono un fondamentale contributo congiuntamente a quelli archeologici, biochimici, climatici, geologici e nutrizionali. Inoltre al fine di poter avere una ampia disponibilità di analisi dei dati si considera estremamente opportuno la creazione di un database *open access* che permetta la condivisione dei *set* di dati. La condivisione dei dati, sempre più necessaria in campo biologico e biomedico (Milia et al., 2012; Congiu et al., 2012), è da considerarsi indispensabile anche in campo osteo-archeologico, in quanto l'aumentata disponibilità dei dati di base, resa possibile dal *data sharing*, consentirebbe un più rapido ed efficiente progresso nella ricerca, un migliore sfruttamento dei dati e la possibilità di effettuare il controllo della qualità dei dati e la promozione della creatività scientifica.

APPENDICE

Tabella 1. N° di osservazioni disponibili, mancanti e loro percentuale per ogni variabile considerata nel campione cranico sardo dall'età del Bronzo al XIX secolo.

	N° osservazioni	N° oss. mancanti	% oss. mancanti
M1	84	4	4,5
M5	78	10	11,4
M7	59	29	33,0
M8	77	11	12,5
M9	86	2	2,3
M11	73	15	17,0
M16	54	34	38,6
M17	78	10	11,4
M40	75	13	14,8
M43	80	8	9,1
M44	72	16	18,2
M45	47	41	46,6
M48	85	3	3,4
M49a	72	16	18,2
M51	88	0	0,0
M52	88	0	0,0
M54	82	6	6,8
M55	86	2	2,3
M60	64	24	27,3
M61	61	27	30,7

Tabella 2. *Analisi con 24 gruppi e 12 misure.* Medie dei valori delle misurazioni per i 24 gruppi considerati, dopo la ricostruzione dei dati mancanti e la correzione. M = Martin e Saller, 1957; N= numerosità del campione

	M1	M5	M8	M9	M17	M40	M45	M48	M51	M52	M54	M55	N
WEUP	2,46	1,30	1,78	1,28	1,74	1,28	1,74	0,83	0,54	0,39	0,33	0,64	13
ITLP	2,48	1,27	1,83	1,22	1,79	1,21	1,78	0,85	0,56	0,40	0,32	0,63	16
ITM	2,40	1,29	1,86	1,24	1,80	1,22	1,79	0,88	0,54	0,39	0,29	0,66	10
FRLP	2,45	1,31	1,82	1,26	1,74	1,26	1,77	0,88	0,52	0,39	0,31	0,64	11
SFRM	2,43	1,32	1,74	1,24	1,78	1,25	1,72	0,90	0,53	0,39	0,32	0,65	9
NFRM	2,39	1,29	1,77	1,27	1,77	1,27	1,74	0,87	0,53	0,39	0,33	0,64	16
IBM	2,40	1,31	1,76	1,23	1,77	1,29	1,68	0,90	0,52	0,39	0,33	0,63	13
NITN	2,44	1,33	1,79	1,23	1,79	1,26	1,68	0,85	0,53	0,41	0,32	0,63	19
SITN	2,42	1,31	1,82	1,24	1,78	1,23	1,67	0,88	0,52	0,42	0,31	0,64	20
OZI	2,41	1,31	1,74	1,27	1,75	1,27	1,66	0,89	0,52	0,41	0,33	0,63	9
ANR	2,42	1,32	1,82	1,27	1,74	1,26	1,67	0,88	0,53	0,40	0,31	0,64	17
BON	2,36	1,31	1,84	1,27	1,70	1,26	1,66	0,89	0,52	0,41	0,31	0,67	11
NUR	2,42	1,32	1,77	1,26	1,73	1,27	1,64	0,88	0,53	0,41	0,31	0,65	75
RIN	2,35	1,29	1,80	1,24	1,74	1,26	1,65	0,89	0,54	0,42	0,31	0,65	16
APP	2,36	1,30	1,85	1,28	1,74	1,24	1,68	0,85	0,54	0,42	0,30	0,66	15
ETR	2,36	1,27	1,83	1,24	1,69	1,20	1,69	0,90	0,54	0,43	0,31	0,67	46
TUSR	2,39	1,30	1,82	1,24	1,71	1,22	1,67	0,89	0,54	0,43	0,31	0,65	28
CAST	2,38	1,31	1,84	1,28	1,76	1,22	1,66	0,87	0,53	0,41	0,32	0,65	14
SICG	2,34	1,30	1,84	1,23	1,74	1,23	1,69	0,90	0,52	0,43	0,31	0,67	10
SAR	2,40	1,31	1,75	1,24	1,72	1,25	1,61	0,88	0,52	0,44	0,32	0,66	62
FIR	2,30	1,29	1,82	1,26	1,72	1,20	1,66	0,89	0,54	0,44	0,31	0,66	100
SIR	2,30	1,29	1,80	1,23	1,69	1,23	1,66	0,90	0,54	0,44	0,31	0,67	52
SPR	2,36	1,30	1,79	1,25	1,74	1,20	1,64	0,90	0,53	0,43	0,31	0,66	12
THR	2,39	1,30	1,80	1,26	1,73	1,22	1,67	0,90	0,54	0,42	0,30	0,67	10
media	2,38	1,30	1,80	1,25	1,73	1,24	1,67	0,88	0,53	0,42	0,31	0,65	604

Tabella 3. *Analisi temporale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Medie dei valori delle misurazioni per i 6 gruppi dopo la ricostruzione dei dati mancati e la standardizzazione (M = Martin e Saller, 1957). N= numerosità del campione

Gruppo	M1	M5	M7	M8	M9	M11	M16	M17	M40	M43	M44	M45	M48	M51	M52	M54	M55	M60	M61	N.
NUR III	2,627	1,415	0,490	1,885	1,358	1,634	0,419	1,872	1,357	1,449	1,340	1,759	0,949	0,572	0,455	0,338	0,709	0,739	0,842	30
NUR I	2,587	1,419	0,504	1,901	1,361	1,652	0,433	1,848	1,360	1,438	1,334	1,764	0,957	0,574	0,445	0,334	0,705	0,718	0,849	22
NUR II	2,614	1,477	0,494	1,902	1,335	1,671	0,412	1,887	1,369	1,424	1,333	1,750	0,954	0,574	0,449	0,342	0,702	0,744	0,826	16
SPR	2,530	1,385	0,477	1,923	1,357	1,688	0,431	1,877	1,275	1,430	1,341	1,747	0,961	0,569	0,464	0,339	0,728	0,709	0,904	10
THR	2,558	1,401	0,508	1,916	1,350	1,684	0,406	1,860	1,307	1,441	1,340	1,796	0,970	0,578	0,450	0,320	0,719	0,724	0,891	10
SAR	2,592	1,420	0,494	1,890	1,334	1,625	0,416	1,859	1,354	1,427	1,321	1,743	0,955	0,563	0,479	0,343	0,709	0,745	0,855	62
Tutti	2,594	1,421	0,494	1,896	1,346	1,644	0,419	1,864	1,349	1,434	1,330	1,754	0,955	0,569	0,463	0,339	0,709	0,736	0,854	150

Tabella 4. *Analisi spaziale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Medie dei valori delle misurazioni per i 9 gruppi dopo la ricostruzione dei dati mancati e la standardizzazione (M = Martin e Saller, 1957). N= numerosità del campione

	M1	M5	M7	M8	M9	M11	M16	M17	M40	M43	M44	M45	M48	M51	M52	M54	M55	M60	M61	N
NUR-C	2,604	1,441	0,488	1,883	1,354	1,632	0,420	1,865	1,358	1,442	1,336	1,753	0,955	0,574	0,455	0,344	0,713	0,737	0,835	37
NUR-N	2,655	1,422	0,500	1,871	1,342	1,677	0,414	1,919	1,361	1,439	1,327	1,794	0,957	0,571	0,440	0,325	0,721	0,721	0,854	6
NUR-S	2,611	1,418	0,506	1,917	1,357	1,666	0,425	1,860	1,364	1,436	1,340	1,759	0,947	0,572	0,446	0,333	0,692	0,731	0,845	25
SAR-C	2,606	1,420	0,499	1,920	1,343	1,630	0,411	1,862	1,341	1,431	1,323	1,739	0,950	0,561	0,478	0,347	0,705	0,738	0,846	26
SAR-N	2,604	1,430	0,496	1,864	1,353	1,624	0,433	1,872	1,342	1,428	1,317	1,745	0,943	0,578	0,487	0,324	0,698	0,719	0,864	5
SAR-S	2,563	1,415	0,493	1,848	1,312	1,611	0,421	1,852	1,366	1,422	1,315	1,751	0,968	0,562	0,472	0,346	0,724	0,761	0,858	21
SPR-C	2,537	1,388	0,473	1,919	1,358	1,716	0,430	1,904	1,279	1,421	1,340	1,715	0,960	0,563	0,462	0,339	0,735	0,712	0,912	6
THR	2,558	1,401	0,508	1,916	1,350	1,684	0,406	1,860	1,307	1,441	1,340	1,796	0,970	0,578	0,450	0,320	0,719	0,724	0,891	10
SPR-S	2,518	1,381	0,485	1,928	1,356	1,646	0,432	1,838	1,269	1,444	1,342	1,796	0,962	0,579	0,467	0,338	0,718	0,704	0,893	4
All Grps	2,593	1,421	0,495	1,894	1,345	1,644	0,419	1,865	1,347	1,434	1,331	1,755	0,956	0,569	0,461	0,339	0,711	0,735	0,853	140

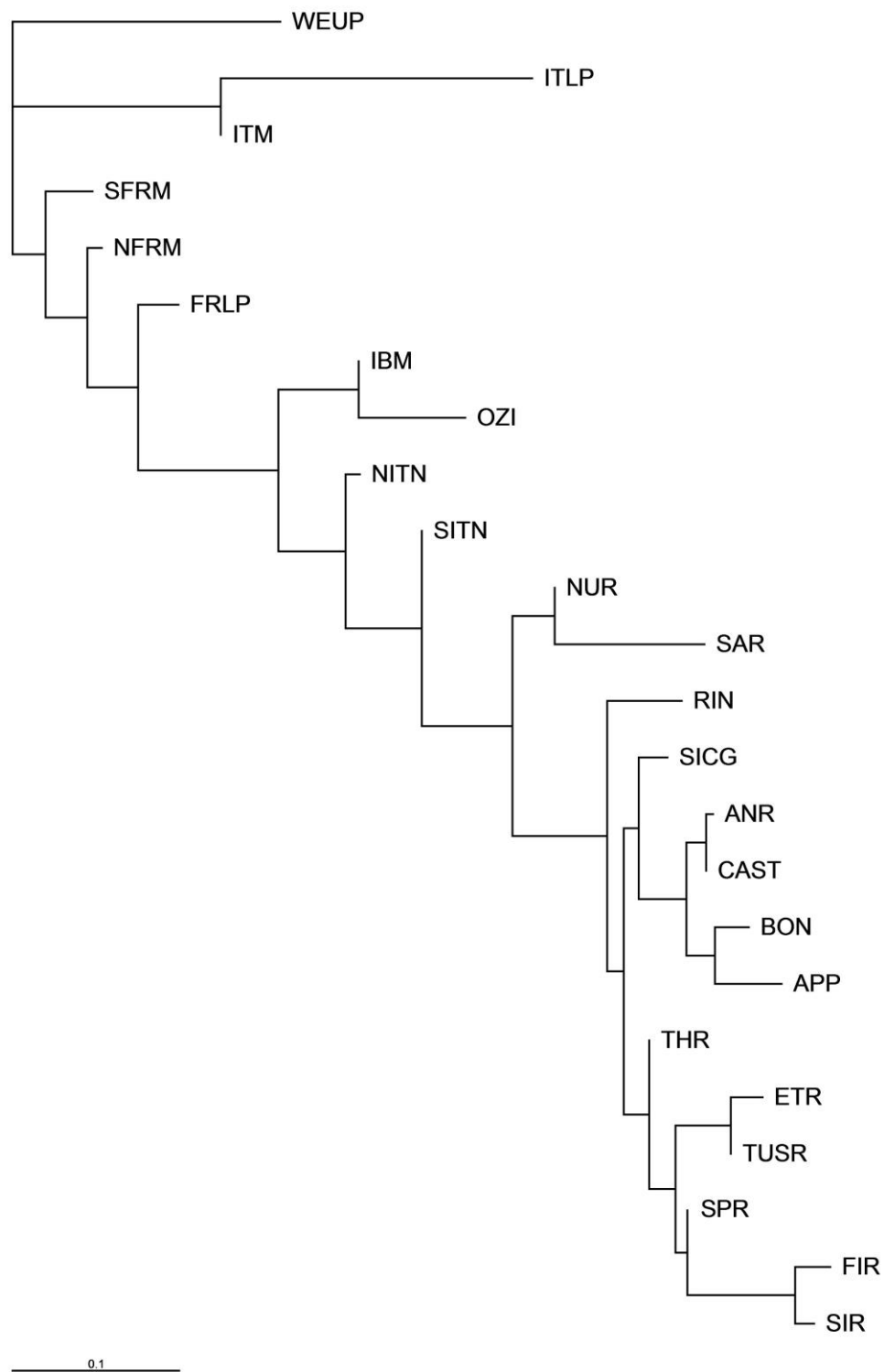


Figura 1. Analisi con 24 gruppi e 12 variabili. Dendrogramma elaborato con il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice D^2 risultante dall'analisi della matrice R, metodo NJ. Il gruppo WEUP è stato assegnato come *outgroup*. L'immagine è stata ottenuta con il programma TreeView opzione *phylogram*.

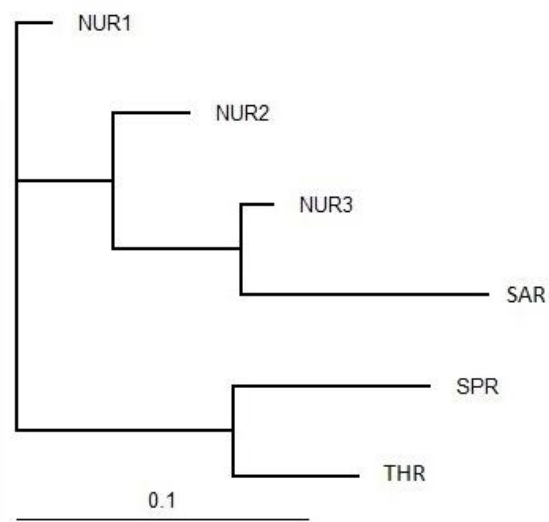


Figura 2. *Analisi temporale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Dendrogramma elaborato con il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice D^2 risultante dall'analisi della matrice R, metodo NJ. Il gruppo NUR1 è stato assegnato come *outgroup*. L'immagine è stata ottenuta con il programma TreeView opzione *phylogram*

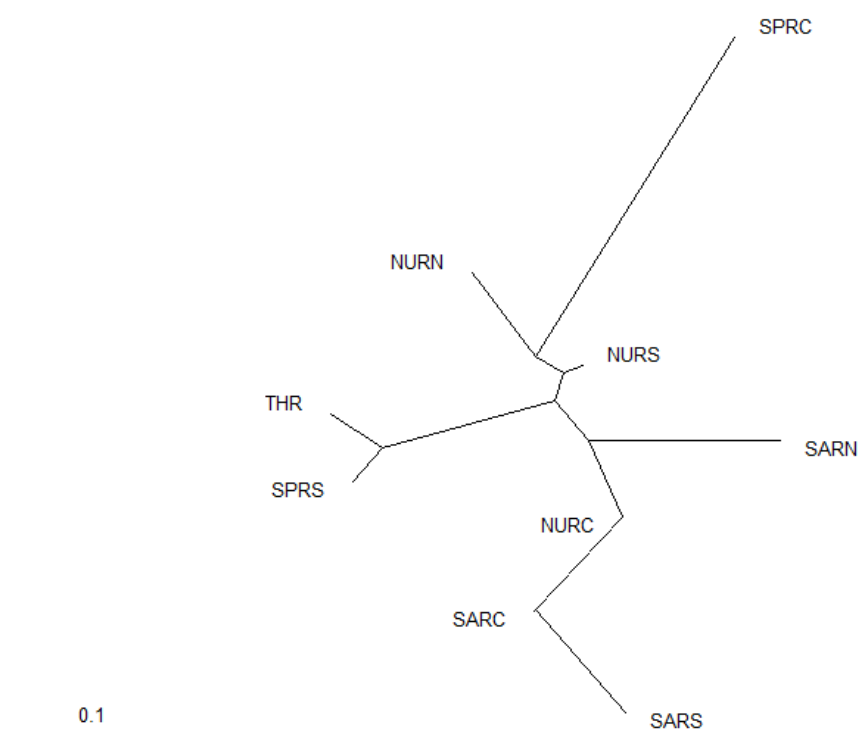


Figura 3. *Analisi spaziale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Albero elaborato con il programma Phylip 3.69 a partire dalla matrice D^2 risultante dall'analisi della matrice R, metodo NJ senza *outgroup*, non essendo possibile stabilire il gruppo più antico. L'immagine è stata ottenuta con il programma TreeView opzione *unrooted*.

A seguire le Tabelle (da 5 a 13) con i coefficienti standardizzati, le *factor structure matrix* e la classificazione degli individui nei gruppi per le tre analisi effettuate.

Analisi con 12 variabili e 24 gruppi

Tabella 5: *Analisi con 12 variabili e 24 gruppi*. Coefficienti standardizzati delle 12 misure per le funzioni discriminanti 1-12 risultanti dall'analisi, con autovalori e % di varianza spiegata da ciascuna funzione discriminante.

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6	Root 7	Root 8	Root 9	Root 10	Root 11	Root 12
M1	1,600328	-0,024243	-1,28314	-0,03425	1,065030	0,337725	-1,09285	-0,035503	-1,40822	1,517300	0,397873	-0,358912
M5	1,033402	0,279877	-1,37161	-0,76782	0,991956	0,341479	-1,46057	0,029191	-1,80081	2,201034	0,151038	0,749160
M8	0,910761	0,675552	-1,19701	-0,74021	0,972134	0,546518	-1,17723	0,440638	-1,44357	2,533516	0,517999	-0,259753
M9	1,133178	0,103117	-1,06487	-1,35588	1,327850	0,269707	-1,66401	-0,276886	-1,62713	1,683644	0,211443	-0,412500
M17	1,560827	0,388392	-1,94065	-1,52370	1,074558	0,807479	-0,87303	-0,029140	-1,67622	1,647352	0,673163	-0,267143
M40	1,694098	0,108352	-1,86605	-1,55034	2,013747	0,348388	-1,02372	0,735847	-1,99126	2,440254	0,289859	-0,586796
M45	1,641069	0,780788	-1,52830	-0,82729	1,011903	0,087134	-1,32601	0,465933	-1,35694	1,214286	0,050614	0,008826
M48	1,449754	0,454731	-2,24100	-1,28896	1,035346	-0,332375	-1,38210	-0,083944	-2,35951	2,686692	0,363653	-0,460366
M51	1,091302	0,757375	-1,58525	-0,77786	1,735836	0,253616	-0,67255	-0,356252	-1,59796	1,976557	0,334109	-0,090190
M52	1,755743	0,368705	-3,13913	-1,40058	2,059165	0,787634	-2,19302	0,484589	-2,53146	2,753944	0,333721	-0,404245
M54	2,473116	0,499514	-3,12479	-1,71370	2,260995	0,244023	-2,41660	0,174035	-2,28585	3,555745	1,051866	-0,083302
M55	1,814875	0,470392	-1,80258	-1,30077	2,423366	0,674803	-1,74753	0,428380	-2,51267	2,334008	1,311324	-0,075020
Eigenval	1,079962	0,549419	0,23671	0,16180	0,123417	0,103362	0,07467	0,069365	0,04148	0,030835	0,016635	0,009671
Cum.Prop	0,432447	0,652450	0,74724	0,81203	0,861445	0,902834	0,93273	0,960507	0,97712	0,989466	0,996127	1,000000

Tabella 6: *Analisi con 12 variabili e 24 gruppi. Factor structur matrix, correlazioni delle 12 misure con le funzioni discriminanti 1-12 risultanti dall'analisi.*

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6	Root 7	Root 8	Root 9	Root 10	Root 11	Root 12
M1	0,570577	-0,321558	0,138922	0,585284	-0,111307	0,231984	0,059732	-0,225650	-0,126235	0,101910	-0,099509	-0,228630
M5	0,085826	-0,334936	0,134203	-0,039510	-0,120839	0,153829	0,111149	-0,012587	-0,259184	0,175305	-0,320962	0,780498
M8	-0,104072	0,489832	0,292827	0,107645	-0,273137	0,383248	-0,129864	0,206838	0,180531	0,447873	0,072494	-0,363774
M9	0,008746	-0,011650	0,447454	-0,334611	0,108888	0,113928	-0,498483	-0,451034	0,085569	-0,028565	-0,305680	-0,330571
M17	0,322289	-0,001674	-0,091676	-0,375455	-0,446158	0,577744	0,342024	-0,245340	-0,054911	-0,075922	0,153023	0,067403
M40	0,255949	-0,439190	0,192339	-0,238600	0,240986	-0,098577	0,441198	0,407687	0,057064	0,227919	-0,403000	0,037538
M45	0,441122	0,679112	0,136647	-0,038839	-0,070913	-0,159881	-0,177751	0,272250	-0,010473	-0,290634	-0,317189	0,050452
M48	-0,208933	0,008109	-0,131256	0,019164	-0,356527	-0,608816	0,112416	0,021912	-0,566140	-0,061602	0,253144	-0,198517
M51	-0,095066	0,477066	-0,078237	0,159293	0,517610	0,031828	0,308778	-0,515176	0,110556	0,068583	-0,291437	0,018141
M52	-0,584547	-0,073574	-0,546618	0,226130	0,119864	0,257694	-0,275017	0,143608	-0,068627	-0,238407	-0,176786	-0,182028
M54	0,128085	-0,178924	-0,210665	-0,124406	0,113274	-0,297307	-0,158537	-0,095119	0,758417	0,215286	0,317930	0,183563
M55	-0,254171	0,054702	0,118267	0,081721	0,162154	-0,192860	-0,078179	0,251192	-0,463038	-0,336021	0,667190	0,081138

Tabella 7. Analisi con 12 variabili e 24 gruppi. Classificazione degli individui nei gruppi: percentuale di casi (individui) correttamente classificati in ciascun gruppo di origine e numero assoluto di individui risultanti meglio classificati nei diversi gruppi.

	%	WEUP	ITLP	ITM	FRLP	SFRM	NFRM	IBM	NITN	SITN	OZI	ANR	BON	NUR	RIN	APP	ETR	TUSR	CAST	SICG	SAR	FIR	SIR	SPR	THR
WEUP	30,77	4	1	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ITLP	62,50	0	10	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
ITM	40,00	0	1	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
FRLP	54,55	0	0	1	6	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SFRM	22,22	2	0	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NFRM	43,75	1	0	0	1	2	7	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
IBM	53,85	0	0	0	1	1	0	7	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
NITN	47,37	1	1	0	0	0	0	2	9	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
SITN	10,00	0	0	2	0	0	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	4	0	0	0	2
OZI	44,44	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
ANR	23,53	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	1	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2
BON	18,18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0
NUR	22,67	4	0	0	1	1	0	3	2	0	7	3	5	17	3	5	0	4	4	1	8	0	1	1	5
RIN	31,25	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	1	0	1	0	4
APP	53,33	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	8	1	0	0	1	0	0	0	1	0
ETR	39,13	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	1	18	6	1	2	1	3	3	2	2
TUSR	28,57	0	0	1	1	0	0	0	3	1	1	0	0	0	1	1	1	8	1	1	1	3	0	1	3
CAST	28,57	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	3	1	4	1	1	0	0	0	0
SICG	10,00	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
SAR	53,23	1	0	0	0	0	1	1	8	0	3	2	4	2	2	0	0	0	1	1	33	0	2	1	0
FIR	35,00	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	2	1	4	4	10	3	2	3	5	35	9	10	6

SIR	30,77	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	2	2	3	0	1	4	4	11	16	1	2
SPR	16,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2	0	1	1	1	0	2	0
THR	30,00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
Total	34,93	15	14	11	15	12	19	21	32	11	19	17	19	31	28	30	42	26	17	23	61	54	34	21	32

Analisi temporale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C

Tabella 8. *Analisi temporale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Coefficienti standardizzati, delle 19 misure per le FD1-5 risultanti dall'analisi, con autovalori e % di varianza spiegata da ciascuna funzione discriminante.

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5
M1	0,484382	0,304194	0,187532	0,451050	-0,402140
M5	1,336372	-0,414272	-0,239723	1,432874	0,221511
M7	1,560764	-0,245065	-0,248627	1,384776	0,915445
M8	0,930907	-0,108418	0,121978	0,637915	0,242532
M9	1,177625	0,240823	0,637894	1,322185	0,667843
M11	1,159469	-0,205947	-0,136533	1,332007	0,117281
M16	1,874690	0,228870	1,257398	1,937146	0,313759
M17	0,809334	-0,022844	0,307685	0,901923	-0,171103
M40	1,122728	0,344290	0,585004	1,366102	0,960901
M43	0,298064	-0,121943	0,009316	0,031681	-0,086512
M44	0,547786	0,086958	0,434601	0,295068	-0,258984
M45	0,602837	0,033906	0,243079	0,549496	0,404420
M48	1,392720	-0,019433	0,140597	1,103945	0,362413
M51	1,068268	-0,118254	-0,167361	0,702898	0,166798
M52	0,531697	-0,559852	0,489180	1,412471	0,530120
M54	1,418404	-0,073346	0,352839	2,028979	0,235043
M55	1,135683	0,003990	0,348257	0,957869	-0,084062
M60	0,470951	-0,001465	-0,087115	1,137197	-0,116512
M61	1,788430	-0,855784	0,431841	1,300199	0,305534
Eigenval	0,923494	0,355843	0,217107	0,164147	0,137438
Cum.Prop	0,513615	0,711522	0,832269	0,923562	1,000000

Tabella 9. *Analisi temporale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C. Factor structure matrix, correlazioni delle 19 misure con le funzioni discriminanti 1-5 risultanti dall'analisi.*

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5
M1	-0,152818	0,467956	-0,122822	-0,065921	-0,209296
M5	-0,026599	0,189906	-0,320600	0,340930	-0,017394
M7	0,044366	0,062496	-0,198592	-0,165958	0,426144
M8	0,129349	-0,137678	-0,041155	0,062626	0,012315
M9	0,172843	0,151349	0,236223	-0,248586	-0,067066
M11	0,386651	-0,157192	-0,245834	0,125485	-0,239071
M16	0,128074	0,081467	0,433067	0,124266	0,196597
M17	0,018913	0,027475	-0,108778	0,141409	-0,414817
M40	-0,191747	0,490365	-0,171562	0,164914	0,293009
M43	0,080620	0,202786	0,142755	-0,471344	-0,170330
M44	0,190951	0,115010	0,032741	-0,210974	-0,314060
M45	0,145950	0,030471	-0,150477	-0,357336	0,056170
M48	0,057239	-0,140247	-0,074975	-0,044540	0,104008
M51	0,263382	0,196477	-0,192346	-0,213766	-0,110164
M52	-0,460262	-0,487208	0,218474	0,183700	0,086403
M54	-0,175184	0,049460	0,138853	0,402953	-0,114492
M55	0,059105	-0,221422	0,107773	-0,109841	-0,172776
M60	-0,349304	0,100034	-0,301607	0,106145	-0,141546
M61	0,134654	-0,522493	0,200457	-0,246515	-0,009207

Tabella 10. *Analisi temporale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C. . Classificazione degli individui nei gruppi: percentuale di casi (individui) correttamente classificati in ciascun gruppo di origine e numero assoluto di individui risultanti meglio classificati nei diversi gruppi.*

	%	NUR3	NUR1	NUR2	SPR	THR	SAR
NUR3	56,67	17	2	1	1	1	8
NUR1	50,00	6	11	2	0	2	1
NUR2	43,75	2	2	7	2	1	2
SPR	60,00	0	1	1	6	2	0
THR	80,00	1	0	0	1	8	0
SAR	64,52	13	2	4	1	2	40
Tot.	59,33	39	18	15	11	16	51

Analisi spaziale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C

Tabella 11. *Analisi spaziale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C*. Coefficienti standardizzati, delle 19 misure per le FD1-8 risultanti dall'analisi, con autovalori e % di varianza spiegata da ciascuna funzione discriminante.

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6	Root 7	Root 8
M1	-0,71447	-0,93913	0,290686	-0,006768	-0,47313	0,240300	-0,212245	0,026348
M5	-1,26521	-1,45847	-0,352912	0,186679	-0,56653	-0,323035	-0,030075	1,291767
M7	-1,32786	-1,87701	-0,013846	-0,359334	-1,27284	-0,287144	0,776801	1,205414
M8	-0,70014	-0,52648	-0,008531	0,145475	-0,50273	-0,760196	-0,201089	0,237201
M9	-1,12619	-1,63319	0,253509	0,477520	-0,17832	-0,182093	0,627984	0,666128
M11	-1,23232	-1,56125	-0,121629	0,060888	-0,68041	0,001727	0,631330	0,779544
M16	-1,78946	-3,12781	0,110780	0,311358	-0,16123	-0,658430	0,630298	0,381918
M17	-0,99385	-1,49803	-0,057361	0,012861	-0,47234	0,378862	0,045375	0,283282
M40	-1,18182	-1,94656	0,396035	0,231740	-0,54484	0,157520	0,861323	0,578587
M43	-0,25622	-0,62015	-0,200298	-0,137950	-0,33336	0,001042	-0,457954	0,855417
M44	-0,75775	-0,82045	0,213160	0,064026	-0,67893	-0,442628	0,327703	-0,332769
M45	-0,40904	-1,11894	0,082476	-0,584179	-0,30073	-0,124577	0,411617	-0,368428
M48	-1,19387	-1,39931	0,021334	-0,124758	-0,40777	-0,391686	0,243769	0,550542
M51	-0,74892	-0,88412	-0,245660	-0,350533	0,52659	-0,174402	0,052700	0,826364
M52	-0,63049	-1,76247	-0,515321	0,391658	-0,50061	0,160956	0,669711	0,739796
M54	-1,08150	-2,68799	-0,096382	-0,120645	-0,81530	-0,567523	0,112977	0,617933
M55	-0,94680	-1,99779	-0,055914	-0,465168	-0,80995	-0,099568	-0,051342	0,537330
M60	-0,27745	-1,85508	0,015814	-0,281707	-0,51549	-0,732005	0,478158	0,825743
M61	-1,82869	-1,99718	-0,835345	0,020598	-0,61364	-0,131227	0,380673	0,830331
Eigenval	0,95656	0,44479	0,366627	0,235676	0,19729	0,166789	0,104908	0,040258
Cum.Prop	0,38066	0,55766	0,703560	0,797347	0,87586	0,942232	0,983980	1,000000

Tabella 12. *Analisi spaziale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C . Factor structure matrix, correlazioni delle 19 misure con le funzioni discriminanti 1-8 risultanti dall'analisi.*

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6	Root 7	Root 8
M1	0,007168	0,116138	0,493691	0,178696	-0,099528	0,418588	-0,185181	0,030681
M5	0,049406	-0,037121	0,186087	0,037491	0,103073	0,076380	-0,174175	0,315914
M7	0,002886	0,284748	0,131633	-0,082043	-0,143610	0,033498	0,361894	0,024295
M8	-0,178286	0,351413	-0,037029	0,336102	-0,301305	-0,356273	-0,185376	-0,157424
M9	-0,225027	0,151871	0,133268	0,243172	0,139256	-0,111467	-0,315315	0,194832
M11	-0,494599	0,097563	-0,077084	-0,011531	-0,336814	-0,024853	0,155265	-0,062118
M16	-0,071860	-0,156769	0,013739	0,164291	0,328324	-0,075176	0,247889	-0,363527
M17	-0,136523	-0,103062	0,008684	0,046873	-0,156083	0,400850	-0,166586	-0,053647
M40	0,182834	-0,123337	0,534887	-0,053148	0,029197	0,152308	0,312165	0,151635
M43	-0,079945	0,124542	0,157180	-0,093930	0,130576	-0,080860	-0,358765	0,093089
M44	-0,214692	0,067815	0,109252	-0,006860	0,064754	-0,293819	-0,168435	0,093209
M45	-0,090165	0,204204	0,043519	-0,472555	0,131171	0,044158	-0,004881	-0,319317
M48	0,019849	-0,084957	-0,153924	-0,293233	-0,034343	-0,060130	0,013391	0,074959
M51	-0,210531	0,157120	0,142597	-0,227940	0,562202	-0,053616	-0,176141	0,339668
M52	0,387544	0,011361	-0,509317	0,443843	0,022339	0,191351	-0,013362	0,024301
M54	0,265339	-0,260554	0,013446	0,228687	-0,127787	-0,274485	-0,399310	-0,131246
M55	0,005746	-0,294765	-0,329488	-0,345675	-0,073433	0,089571	-0,274601	0,049722
M60	0,346835	-0,222462	0,130268	-0,183283	-0,162979	-0,110458	0,339050	0,312402
M61	-0,171960	0,005286	-0,513467	-0,133743	-0,078571	-0,010474	0,252869	-0,151350

Tabella 13. *Analisi spaziale dei gruppi sardi dall'Età del Bronzo al XIX sec. a.C. Classificazione degli individui nei gruppi: percentuale di casi (individui) correttamente classificati in ciascun gruppo di origine e numero assoluto di individui risultanti meglio classificati nei diversi gruppi*

	%	NURC	NURN	NURS	SARC	SARN	SARS	SPRC	THR	SPRS
NURC	37,8378	14	5	3	5	3	1	2	2	2
NURN	83,3333	0	5	0	0	0	1	0	0	0
NURS	48,0000	3	2	12	3	1	1	1	2	0
SARC	53,8462	1	2	1	14	2	4	0	2	0
SARN	80,0000	0	0	1	0	4	0	0	0	0
SARS	57,1429	3	0	1	2	1	12	0	0	2
SPRC	66,6667	0	0	1	0	0	0	4	0	1
THR	80,0000	1	0	0	0	0	0	0	8	1
SPRS	100,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Total	55,0000	22	14	19	24	11	19	7	14	10

A seguire le Tabelle (14-15-16) con le matrici di Mahalanobis per le tre analisi effettuate.

Tabella 14. *Analisi con 24 gruppi e 12 variabili.* Matrice D^2 di Mahalanobis (metà superiore) e valori di F (metà inferiore) per i 24 gruppi considerati nell'analisi con 12 variabili. I valori NON significativi di F ($p>0,05$) sono evidenziati in grassetto.

	WEUP	ITLP	ITM	FRLP	SFRM	NFRM	IBM	NITN	SITN	OZI	ANR	BON	NUR	RIN	APP	ETR	TUSR	CAST	SICG	SAR	FIR	SIR	SPR	THR
WEUP		6,656	7,737	4,436	4,734	3,557	7,591	6,040	7,800	6,812	8,632	11,570	7,264	11,128	9,331	11,571	10,748	10,946	12,102	11,576	15,128	14,294	12,955	11,860
ITLP	3,903		4,312	6,457	6,344	7,976	10,779	8,244	8,988	13,165	13,908	19,592	13,991	14,306	15,130	12,396	11,767	16,081	13,878	17,418	17,019	16,923	15,219	14,412
ITM	3,575	2,170		4,138	6,566	5,455	9,409	7,867	6,967	12,862	8,970	11,645	11,008	9,210	8,167	8,997	9,077	10,296	7,524	15,521	11,412	11,640	11,008	8,622
FRLP	2,161	3,441	1,772		3,555	2,870	5,057	4,559	4,957	6,771	4,696	7,289	6,292	8,817	8,520	7,253	6,354	7,395	6,008	9,974	11,459	10,872	8,837	7,096
SFRM	2,058	2,987	2,543	1,439		2,405	2,892	4,192	4,663	2,982	7,517	11,346	6,367	9,194	11,839	9,809	8,648	9,303	8,496	9,010	12,141	12,003	8,060	8,997
NFRM	2,086	5,216	2,744	1,529	1,132		2,600	3,507	4,621	4,061	4,819	7,728	5,244	5,859	7,023	7,621	7,108	6,133	5,917	8,454	9,400	9,398	7,157	6,927
IBM	4,034	6,320	4,348	2,463	1,258	1,525		2,373	3,030	2,438	4,127	7,138	3,556	4,284	8,955	7,315	5,683	5,871	5,029	5,177	8,536	7,659	5,478	6,556
NITN	3,811	5,854	4,214	2,596	2,093	2,490	1,497		0,910	4,429	2,934	6,475	2,607	4,338	5,743	5,657	3,689	3,967	3,887	3,292	6,892	6,874	4,354	5,170
SITN	5,024	6,532	3,797	2,876	2,366	3,358	1,952	0,725		4,134	2,617	4,747	2,500	3,696	4,704	4,162	2,736	2,897	2,192	2,816	4,585	4,976	2,645	4,002
OZI	2,962	6,199	4,981	2,740	1,097	1,912	1,060	2,211	2,098		6,191	8,136	4,192	7,748	10,695	9,408	7,927	7,027	7,768	5,180	9,349	9,642	6,125	9,094
ANR	5,199	9,372	4,617	2,564	3,616	3,247	2,485	2,152	1,966	2,978		1,584	1,348	2,609	2,776	3,241	1,930	0,861	2,640	4,100	4,865	4,846	2,683	1,720
BON	5,636	10,441	4,987	3,278	4,591	4,118	3,477	3,688	2,754	3,293	0,865		2,776	3,762	2,547	3,614	3,250	1,785	2,441	4,966	4,242	3,680	3,722	3,084
NUR	6,580	15,083	7,940	4,934	4,183	5,654	3,221	3,231	3,227	2,754	1,527	2,177		2,353	3,549	3,786	2,321	2,513	4,044	1,686	4,708	4,079	2,449	2,320
RIN	6,525	9,357	4,634	4,699	4,329	3,832	2,512	3,080	2,686	3,649	1,758	2,005	2,536		2,612	2,919	2,347	3,013	2,886	4,116	2,587	2,033	2,449	1,906
APP	5,313	9,576	4,006	4,420	5,444	4,445	5,099	3,935	3,296	4,918	1,808	1,322	3,627	1,653		3,540	3,450	2,255	3,474	6,231	3,305	3,518	4,154	2,786
ETR	9,588	12,030	6,042	5,264	6,037	7,396	6,061	6,219	4,742	5,789	3,289	2,623	8,825	2,833	3,273		0,532	3,196	2,420	4,897	2,097	1,617	1,928	1,749
TUSR	7,801	9,795	5,468	4,102	4,815	5,917	4,125	3,414	2,610	4,414	1,669	2,098	3,869	1,954	2,755	0,756		2,338	2,254	3,412	2,311	1,971	1,454	1,311
CAST	6,032	9,816	4,910	3,724	4,167	3,744	3,235	2,614	1,950	3,147	0,541	0,899	2,424	1,839	1,335	2,804	1,784		2,458	4,639	3,320	4,303	1,839	2,200
SICG	5,592	6,982	3,075	2,573	3,290	2,977	2,324	2,082	1,195	3,008	1,359	1,045	2,917	1,452	1,704	1,625	1,358	1,172		4,255	2,606	2,470	2,397	2,889
SAR	10,170	18,110	10,927	7,618	5,789	8,790	4,549	3,914	3,481	3,328	4,472	3,793	4,677	4,279	6,152	10,571	5,380	4,332	2,996		4,518	4,032	2,723	4,604
FIR	14,228	19,191	8,482	9,284	8,196	10,600	8,029	8,997	6,247	6,310	5,779	3,437	16,497	2,917	3,524	5,400	4,133	3,334	1,937	14,136		0,788	1,457	2,936
SIR	12,153	16,927	7,981	8,070	7,529	9,400	6,512	7,820	5,876	6,048	5,076	2,732	10,240	2,033	3,348	3,227	2,933	3,880	1,693	9,322	2,203		2,268	3,012
SPR	6,609	8,532	4,909	4,146	3,389	4,012	2,794	2,618	1,622	2,575	1,543	1,746	2,071	1,373	2,264	1,500	0,999	0,972	1,069	2,238	1,276	1,808		1,442
THR	5,480	7,251	3,524	3,039	3,484	3,485	3,029	2,769	2,181	3,522	0,885	1,321	1,673	0,959	1,366	1,175	0,790	1,049	1,181	3,241	2,182	2,065	0,643	

Tabella 15. *Analisi temporale dei gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Matrice D^2 di Mahalanobis (metà superiore) e valori di F (metà inferiore) per i 6 gruppi considerati nell'analisi temporale dal Bronzo al XIX sec. a.C.. I valori significativi di F ($p>0,05$) sono evidenziati in grassetto.

	NUR3	NUR1	NUR2	SPR	THR	SAR
NUR3		3,178	2,964	7,845	6,495	2,067
NUR1	1,857		3,102	5,083	4,921	5,485
NUR2	1,424	1,323		7,065	5,294	4,037
SPR	2,710	1,609	2,002		5,561	8,696
THR	2,243	1,558	1,500	1,280		7,203
SAR	1,925	4,102	2,364	3,448	2,857	

Tabella 16. *Analisi spaziale dei gruppi sardi, dall'età del Bronzo al XIX sec. a.C.* Matrice D^2 di Mahalanobis (metà superiore) e valori di F (metà inferiore) per i 9 gruppi considerati nell'analisi spaziale dal Bronzo al XIX sec. a.C.. I valori significativi di F ($p>0,05$) sono evidenziati in grassetto

	NUR-C	NUR-N	NUR-S	SAR-C	SAR-N	SAR-S	SPR-C	THR	SPR-S
NUR-C		4,758	1,808	2,934	6,210	3,039	12,055	5,740	6,173
NUR-N	1,115		4,496	8,524	10,334	9,732	12,269	6,051	11,802
NUR-S	1,225	0,988		4,253	7,098	6,603	11,461	4,504	7,048
SAR-C	2,034	1,886	2,461		6,101	3,154	17,510	6,655	7,205
SAR-N	1,242	1,280	1,343	1,161		8,360	16,952	8,959	7,330
SAR-S	1,849	2,062	3,421	1,664	1,533		17,736	9,469	9,185
SPR-C	2,826	1,671	2,518	3,875	2,099	3,758		12,967	14,498
THR	2,051	1,030	1,461	2,182	1,356	2,912	2,208		4,664
SPR-S	1,012	1,286	1,103	1,134	0,740	1,401	1,580	0,605	

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutte le persone che, in questo lungo periodo di ricerca e formazione, hanno reso possibile la realizzazione di questo lavoro.

Innanzitutto vorrei esprimere la mia sincera e più profonda gratitudine al prof. Emanuele Sanna che mi ha incoraggiato, seguito e consigliato in questo lungo percorso di dottorato, e alla prof.ssa Elisabetta Marini per il supporto, la disponibilità e i preziosi consigli. A entrambi va anche la mia stima e riconoscenza in quanto come responsabili, rispettivamente, del Museo Sardo di Antropologia ed Etnografia e del Laboratorio di Antropologia Scheletrica dell'Università di Cagliari, mi hanno fornito parte del materiale di studio e gli spazi per lavorare.

Un ringraziamento speciale va al prof. Maurizio Brizzi, dell'Università di Bologna, per l'aiuto nell'elaborazione delle statistiche necessarie allo sviluppo degli argomenti relativi la statura, e al Dott. Giuseppe D'Amore per avermi insegnato le metodologie statistiche utilizzate nel lavoro sulla craniometria e per i suoi preziosi consigli.

Si ringrazia inoltre la Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e per le province di Oristano, Medio Campidano, Carbonia-Iglesias, Ogliastra - Area funzionale Patrimonio Archeologico, per la concessione di studio di parte dei reperti usati in questa tesi.

Un ringraziamento speciale va agli amici e colleghi che con me hanno attraversato questo percorso, in particolare Elena, Ornella e Valeria che mi hanno dovuto sopportare e sono state un fondamentale sostegno morale.

Un ultimo ringraziamento, ma non certo per importanza, va alla mia famiglia (passata e presente) e a mio marito, Daniele, che mi ha sempre incoraggiato e sostenuto e senza il quale tutto questo non sarebbe stato possibile.

“La presente tesi è stata prodotta con il supporto di una borsa di studio finanziata con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013 - Obiettivo competitività regionale e occupazione, Asse IV Capitale umano, Linea di Attività I.3.1 “Finanziamento di corsi di dottorato finalizzati alla formazione di capitale umano altamente specializzato, in particolare per i settori dell’ICT, delle nanotecnologie e delle biotecnologie, dell'energia e dello sviluppo sostenibile, dell'agroalimentare e dei materiali tradizionali”

BIBLIOGRAFIA

- Acsádi G., Nemeskéri J. (1970). History of human life span and mortality. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Afifi A.A., Clark V. (1996). Computer-aided Multivariate Analysis. Chapman & Hall, London.
- Ardu Onnis E. (1895-96). Contributo all'Antropologia della Sardegna. Atti della Società Romana di Antropologia 3:179-192.
- Auerbach B. M. (2011). Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the revised fully technique for estimating stature. *Am J Phys Anthropol* 145(1):67-80.
- Barbiera I., Dalla Zuanna G. (2009). Population dynamics in Italy in the Middle Ages: new insights from archaeological findings. *Population and development review* 35:367-389.
- Barbujani G., Magagi A., Minch E., Cavalli-Sforza L.L. (1997). An apportionment of human DNA diversity. *P Natl Acad Sci Usa*, 94:4516-4519.
- Bartoloni P. (1998). La tomba 88 della necropoli arcaica di Monte Sirai. *Veröffentlichungen der Joachim Jungius-Gesellschaft der Wissenschaften Hamburg*, 87:353-58.
- Baydas, B., Erdem, A., Yavuz, I., Ceylan, I. (2007). Heritability of facial proportions and soft-tissue profile characteristics in Turkish Anatolian siblings. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 131:504- 509.
- Beddoe J. (1888). On the stature of the older races of England, as estimated from the long bones. *J. Anthropol. Inst. Great Britain and Ireland* 17: 201–209.
- Belcastro M. G., Facchini F. (2001). Anthropological and cultural features of a skeletal sample of horsemen from the medieval necropolis of Vicenne-Campochiaro (Molise, Italy). *Collegium antropologicum* 25(2):387-401.
- Bernardini P. (2001), La presenza egeo-orientale in Sardegna e le rotte dell'età del Bronzo. In Bernardini P. e D'Oriano R. (a cura di) *Argyróphleps nesos – L'isola dalle vene d'argento. Esploratori, mercanti e coloni in Sardegna tra il XIV e il VI sec. a.C.* Pinacoteca Civica "Galileo Cattabriga", Bondeno pp.23-26.
- Bernardini P. (2009). Fenici e Punici in Sardegna. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009.* Firenze, 1:163-182.

- Bidmos M.A. (2005). On the non-equivalence of documented cadaver lengths to living stature estimates based on Fully's method on bones in the Raymond A. Dart Collection. *J Forensic Sci* 50(3):501-506.
- Bidmos MA. (2008). Metatarsals in the estimation of stature in South Africans. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 15(8):505-509.
- Bielicki T., Szklarska A. (1999). Secular trends in stature in Poland: national and social class-specific. *Ann Hum Biol* 26(3):251-258.
- Black III TK (1978). A new method for assessing sex of fragmentary skeletal remains: femoral shaft circumference. *Am J Phys Anthropol* 48:227-232.
- Boccone S., Cremasco M. M., Bortoluzzi S., Moggi-Cecchi J., Massa E. R. (2010). Age estimation in subadult Egyptian remains. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology*, 61(5):337-358.
- Bogin B, Keep R. (1999). Eight thousand years of economic and political history in Latin America revealed by anthropometry. *Ann Hum Biol* 26(4):333-351.
- Bogin B., Rios L. (2003). Rapid morphological change in living humans: implications for modern human origins. *Comp Biochem Phys A* 136:71–84.
- Bogin B., Smith P., Orden A.B., Varela Silva M., and Loucky J. (2002). Rapid change in height and body proportions of Maya American children. *Am J Hum Biol* 14(6):753-761.
- Borgognini Tarli S.M. (1992). Aspetti antropologici e paleodemografici dal paleolitico superiore alla prima età del ferro. In: Guidi A, Piperno M, (eds) *Italia preistorica*. Editori Laterza, Roma-Bari, pp 238-273.
- Braüer G. (1988). Osteometrie. In: Knussman, R. (ed.), *Anthropologie. Handbuch der Vergleichenden Biologie des Menschen, vol. 1: Wesen und Methoden der Anthropologie*. G. Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 160–231.
- Breitinger E. (1937). Assessment of stature from the length of limb bones. *Anthropol Anz* 14:249-274.
- Brewster C., Meiklejohn C., von Cramon-Taubadel N., Pinhasi R. (2014). Craniometric analysis of European Upper Palaeolithic and Mesolithic samples supports discontinuity at the Last Glacial Maximum. *Nature Communications* 5, DOI: 10.1038/ncomms5094
- Broglio A. (2003). *Introduzione al Paleolitico*. Laterza, Roma-Bari.

Buikstra J.E., Frankenburg S.R., Konigsberg L.W. (1990). Skeletal biological distance studies in American physical anthropology: Recent trends. *Am J of Phys Anthropol* 82(1):1-7.

Buikstra J., Ubelaker D. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains. In: *Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History*. Arkansas Archeological Survey Research Series, 44.

Businco L. (1933). Scheletri protosardi rinvenuti in recenti scavi in Campidano e in Barbagia. *Atti società Italiana di anatomia* 44:323-326.

Byers S.N., (2002). Introduction to forensic anthropology. A text book. Boston MA: Allyn & Bacon, A Pearson education company.

Byrd R.M., (2014). Phenotypic variation of transitional forager-farmers in the Sonoran Desert. *Am J of Phys Anthropol* 155:579-590.

Campus F., Leonelli V. (2006b). La cisterna del nuraghe Adoni di Villanovatulo (NU). *Cronache di Archeologia* 5:47-70.

Capocasa M., Anagnostou P., Bachis V., Battaglia C., Bertoncini S., et al. (2014). Linguistic, geographic and genetic isolation: a collaborative study of Italian populations. *J Anthropol Sci* 92: 201-231.

Caramelli D. (2009). Antropologia molecolare. Manuale di base. Firenze University Press, Firenze.

Caramelli D., Vernesi C., Sanna S., Sampietro L., Lari M., Castrì L., Vona G., et al. (2007). Genetic variation in prehistoric Sardinia. *Hum Genet* 122:327-336.

Cardoso H.F.V., Gomes J.E.A. (2009). Trends in adult stature of peoples who inhabited the modern Portuguese territory from the Mesolithic to the late 20th century. *Int J Osteoarchaeol* 19:711-725.

Carson E.A. (2006). Maximum likelihood estimation of human craniometric heritabilities. *Am J Phys Anthropol* 131:169-180.

Catanzariti G., McIntosh G., Monge Soares A.M., Díaz-Martínez E., Kresten P., Osete M.L. (2008). Archaeomagnetic dating of a vitrified wall at the Late Bronze Age settlement of Misericordia (Serpa, Portugal). *J Archaeol Sci* 35:1399-1407.

Castaldi E. (1968). Tombe di Giganti nel Sassarese. *Origini* 3:1-132.

Cetti P., Moggi Cecchi J., Nicolini L. (1988). La variazione secolare della statura in Italia: le possibili cause. *Antropologia contemporanea* 11:147-159.

- Cheverud J.M. (1988). A comparison of genetic and phenotypic correlations. *Evolution* 42:958–968.
- Chiang C. W., Marcus J. H., Sidore C., Al-Asadi H., Zoledziwska M., Pitzalis M., et al. (2016). Population history of the Sardinian people inferred from whole-genome sequencing. *BioRxiv*, doi: <http://dx.doi.org/10.1101/092148>
- Chikhi L., Nichols R.A., Barbujani G., Beaumont M.A. (2002). Y genetic data support the Neolithic demic diffusion model. *P Natl Acad Sci Usa* 99:11008–11013.
- Cohen M.N, and Crane-Kramer G.M. (2007). Ancient health: skeletal indicators of agricultural and economic intensification. University Press of Florida, Gainesville.
- Congiu A., Anagnostou P., Milia N., Capocasa M., Montinaro F., Destro Bisol G. (2012). Online database for mtDNA and Y chromosome polymorphism in human populations. *J Anthropol Sci* 90:201–215
- Contu E. (1970a). Monte D’Accoddi (Sassari). *Riv. Sci. Preist.* 25, 436–437
- Contu E. (1970b). Su Crocifissu Mannu (Porto Torres). *Riv. Sci. Preist.* 25, 436.
- Contu E. (1971). S’Isterridolzu (Ossi). *Riv. Sci. Preist.* 26, 498.
- Contu E. (1972). Su Crucifissu Mannu (Porto Torres). *Riv. Sci. Preist.* 27, 473–474.
- Contu E. (1985). Il nuraghe. In: *Civiltà Nuragica*. Electa, Milano pp.45-109.
- Contu E. (1992). L’inizio dell’età Nuragica. In Atti del III Convegno di Studi “Un millennio di relazioni fra la Sardegna e i paesi Mediterranei”, Selargius-Cagliari 1987. Della Torre, Cagliari pp. 13-40.
- Contu E. (1998). Stratigrafia di altri elementi di cronologia della Sardegna preistorica e protostorica. In: Balmuth M.S. e Tykot R.H. (eds) *Sardinian and Aegean chronology*. Oxbow books, Oxford pp. 63-76.
- Cordeiro C., Muñoz-Barús JI., Wasterlain S., Cunha E., Vieira DN. (2009). Predicting adult stature from metatarsal length in a Portuguese population. *Forensic Sci Int* 193;131.e1-131.e4.
- Cordy J.M, Ginesu S., Sias S. (2001). Nuvelles preuves de l’existence d’une immigration humaine archaïque en Sardaigne: la grotte préhistorique de Nurighe (Thiesi, Sassari) (Pleistocene moyen). Pre-actes XIV Congr. UISPP, Liegi p. 101.

Cosseddu G.G., Floris G., Lucia G., Vona G. (1980). Variazioni secolari della statura e dell'indice cefalico dei sardi. *Antropologia contemporanea*, 3(4):463-466.

Cosseddu G.G., Fenu A., Floris G., Lucia G., Vona G. (1983). Stato attuale dei reperti cranici protostorici sardi. *Arch. Antrop. Etnol.* 113:249-261.

Cosseddu G.G., Floris G., Sanna E. (1994). Verso una revisione dell'inquadramento cronologico e morfometrico delle serie scheletriche paleo-protosarde. I: Craniometria, primi dati. *Rivista di Antropologia* 72:153-162.

Costa A.M. (1983). Santu Teru - Monte Luna (campagne di scavo 1980-82). *Rivista di Studi Fenici* 11(2): 224-231

Usai E., (1981). Su alcuni gioielli della necropoli di Monte Luna – Senorbì. *Rivista di Studi Fenici* 9: 39-40

D'Amore G., Di Marco S., Bigazzi R., Tartarelli G., Sineo L. (2009). Late Pleistocene human evolution in Sicily: comparative morphometric analysis of Grotta di San Teodoro craniofacial remains. *J Hum Evol* 56:537-550.

D'Amore G., Di Marco S., Di Salvo R., Messina A., Sineo L. (2010a). Early peopling of Sicily: evidence from the Mesolithic skeletal remains from Grotta d'Oriente. *Ann Hum Biol* 37(3): 403-426

D'Amore G., Di Marco S., Floris G., Pacciani E., Sanna E. (2010b). Craniofacial morphometric variation and the biological history of the peopling of Sardinia. *Homo* 61:385-412.

D'Amore G., Di Marco S., Floris G., Pacciani E., Sanna E. (2012). Indagine sul popolamento della Sardegna nella Preistoria attraverso lo studio della variabilità morfometrica craniofaciale. Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 3:1005-1009.

Danubio M.E. (2011). Alti e bassi: dai "Pigmei d'Europa" al *secular change* della statura. In: Volpone A. e Destro-Bisol G. (eds), *Se vi sono donne di genio. Appunti di viaggio nell'antropologia dall'Unità d'Italia a oggi*. Casa editrice Università La Sapienza, Roma pp 157:167.

Danubio M.E., Sanna E. (2008). Secular changes in human biological variables in Western Countries: an update review and synthesis. *J Anthropol Sci* 86: 91-112.

Darroch J.N., Mosimann J.E. (1985). Canonical and principal components of shape. *Biometrika* 72:241-252.

Demartis G.M. (1986). La necropoli di Anghelu Ruju. C. Delfino editore, Sassari

- Depalmas A. (2009a). Il Bronzo medio della Sardegna. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:123-130.
- Depalmas A. (2009b). Il Bronzo recente in Sardegna. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:131-140.
- Depalmas A. (2009c). Il Bronzo finale in Sardegna. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:141-154.
- Devor EJ. (1987). Transmission of human craniofacial dimensions. *J Craniofac Genet Dev Biol* 7:95–106.
- Dudzik B., Kolatorowicz A. (2016). Craniometric data analysis e estimation of biodistance. In: Pilloud M.A., Hefner J.T. (eds), *Biological Distance Analysis*. San Diego, Academic Press pp. 23-33.
- Dupertuis, C.W., Hadden Jr JA. (1951). On the reconstruction of stature from long bones. *Am J of Phys Anthropol* 9(1):15-53.
- Dwight T. (1894). Methods of estimating the height from parts of the skeleton. *Medical Record N.Y.* 46:293-296.
- Edgar J.H., Hunley K.L. (2009). Race reconciled? How biological anthropologists view human variation. *Am J of Phys Anthropol* 139:1-4.
- Eliakis C., Eliakis CE., Iordanidis P. (1966). Sur la determination de la taille d'après la mensuration des os longs. *Annales de Médecine Legale* 46:403-421.
- Eveleth P.B., and Tanner J.M. (1990). *Worldwide variation in human growth*. Cambridge University Press.
- Facchini F., Gualdi Russo E. (1982). Secular anthropometric changes in a sample of Italian adults. *J Hum Evol* 11:703-714.
- Feldesman M.R., Lundy J.K. (1988). Stature estimates for some African Plio-Pleistocene fossil hominids. *J Hum Evol* 17(6):583-596.
- Feldesman M. R., Kleckner J. G., Lundy J. K. (1990). Femur/stature ratio and estimates of stature in mid- and late-pleistocene fossil hominids. *Am J Phys Anthropol* 83:359–372. doi:10.1002/ajpa.1330830309.

Felsenstein J. (2005). PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.6. Distributed by the author. Department of Genome Sciences, University of Washington, Seattle. <http://evolution.genetics.washington.edu/phylip.html>

Ferembach D., Schwindezy I., Stoukal M. (1980). Recommendation for age and sex diagnoses of skeletons. *J Hum Evol* 9:517-549.

Ferrarese Ceruti M.L. (1981). La Cultura di Bonnanaro. In: Ichnussa. Credito Italiano-Schweizer, Milano, pp. 67-77.

Ferrarese Ceruti M.L., (1972-1974). La Tomba XVI di Su Crocifissu Mannu e la Cultura di Bonnanaro. *Bull. Paletnol. Ital.* 81:113-210.

Figueiral I., Bettencourt A.M.S. (2004). Middle/Late Bronze Age plant communities and their exploitation in the Cávado Basin (NW Portugal) as shown by charcoal analysis: the significance and co-occurrence of *Quercus* (deciduous) – Fabaceae. *Veg Hist Archaeobot* 13: 219-232.

Fisher, R. A. (1936). The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics* 7:179-188. doi:10.1111/j.1469-1809.1936.tb02137.x

Floris G. (1983). La statura nella protostoria sarda. *Arch. Antrop. Etnol* 113:263-267.

Floris G. (1998). Sull'evoluzione dei sardi dalla preistoria ad oggi. In Floris G., Sanna E. (a cura di), *L'uomo in Sardegna. Aspetti di antropobiologia ed ecologia umana*. Zonza editori, Sestu: 11-19.

Floris Masala R., Usai E., (1997). L'ossario di San Saturno a Cagliari: come utilizzare i resti scheletrici privi di datazione. *Antropologia Contemporanea* 20:109-111.

Floris G., Floris R., Fonzo O., Sanna E. (2012). Variazioni staturali in Sardegna dal Neolitico al XX secolo. Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 3:1019-1022.

Formicola V. (1983). Stature in Italian prehistoric samples, with particular reference to methodological problems. *Homo* 34:33-47.

Formicola V. (1989). La ricostruzione della statura dalle ossa degli arti. Valutazione sull'attendibilità in campioni neolitici. *Rivista di Antropologia* 67:307-318.

Formicola V. (1993). Stature reconstruction from long bones in ancient population samples: an approach to the problem of its reliability. *Am J of Phys Anthropol* 90(3):351-358.

Formicola V, Franceschi M. (1996). Regression equations for estimating stature from long bones of early Holocene European samples. *Am J of Phys Anthropol* 100:83-88

Formicola V., Giannecchini M. (1999). Evolutionary trends of stature in Upper Palaeolithic and Mesolithic Europe. *J Hum Evol* 36:319–333.

Formicola V., Holt B.M. (2007). Resource availability and stature decrease in Upper Palaeolithic Europe. *J Anthropol Sci* 85:147-155.

Francalacci P., Morelli L., Underhill P.A., Lillie A.S., Passarino G., et al. (2003). Peopling of three mediterranean islands (Corsica, Sardinia and Sicily) inferred by Y-chromosome biallelic variability. *Am J Phys Anthropol* 121: 270-279.

Francalacci P., Morelli L., Angius A., Berutti R., Reinier F., et al. (2013). Low-pass DNA sequencing of 1200 Sardinians reconstructs European Y-chromosome phylogeny. *Science* 341:565-569.

Frasetto F. (1907a). Contributo alla paleoantropologia della Sardegna. Materiale scheletrico e paleontologico della Grotta di Palmaera (Sassari). Atti Congresso Naturalisti Italiani, Milano.

Frasetto F. (1907b). Grotta eneolitica di Palamera (Sassari). Bullettino Paleontologico Italiano, Roma.

Freyer D.W. (1984). Biological and cultural change in the European Late Pleistocene and Early Holocene. In: Smith F.H., Spencer F.(eds.). *The origins of modern humans: a world survey of the fossil evidence*. Wiley-Liss, New York.

Frisancho A.R. (2007). Relative leg length as a biological marker to trace the developmental history of individuals and populations: Growth delay and increased body fat. *Am J Hum Biol* 19:703–71.

Fully G. (1956). Une nouvelle méthode de détermination de la Taille. *Ann Med Leg* 35:266–273.

Fully G., Pineau H. (1960). Détermination de la stature au moyen du squelette. *Annales de Médecine Légale* 40:145-153.

Genoves S. 1967. Proportionality of the long bones and their relation to stature among Mesoamericans. *American Journal of Physical Anthropology* 26(1):67-77

Gerhards G. (2005). Secular variation in the body stature of the inhabitants of Latvia (7th millennium BC–20th c. AD). *Acta Med Lituanica* 12:33–39.

Germanà F. (1975). Il gruppo umano nuragico di S'iscia e sas Piras (Usini-Sassari). Antropologia e Paleopatologia. *Studi Sardi*, Sassari 23:53-124.

- Germanà F. (1979-1980). I paleosardi di Is Aruttas (Cabras-Oristano). Nota I: antropologia del cranio. *Arch. Antrop. Etnol* 112:233-280.
- Germanà F. (1982). I paleosardi di Is Aruttas (Cabras-Oristano). Nota II: antropologia dello scheletro post-craniale. *Arch. Antrop. Etnol* 109-110:343-391.
- Germanà, F. (1983). Paleosardi arcaici e recenti. *Antropologia Contemporanea*, 6(1):41-42.
- Germanà F. (1984). Paleosardi di Cultura Bonnanaro. *Riv. Sci. Preist.* 39, 179–221.
- Germanà, F. (1986). Tentativo di sintesi della frequentazione umana nella Sardegna preistorica. *Nuovo Bullettino Archeologico Sardo* 3. Carlo Delfino editore, pp 279-292.
- Germanà, F. (1987). Etnie nuragiche, in La Sardegna nel Mediterraneo tra il II e il I millennio a. C. Atti del II Convegno di Studi «Un millennio di relazioni fra la Sardegna e i paesi del Mediterraneo», Selargius-Cagliari, 27-30 novembre 1986, pp 353-357.
- Germanà, F. (1989). Forme umane di cultura Ozieri. Sintesi craniologica. In: Dettori Campus L. (a cura di), *La cultura di Ozieri, problematiche e nuove acquisizioni*, Atti del I Convegno di studio, Ozieri, pp 295-308.
- Germanà F. (1995). L' uomo in Sardegna dal paleolitico all'età nuragica. Carlo Delfino Editore, Sassari.
- Germanà, F. (2004). Gli ultimi paleosardi (aspetti antropologici e paleopatologici). *Quaderni della Soprintendenza Archeologica per le Province di Cagliari e Oristano* 21: 21-45.
- Ghirotto S., Mona S., Benazzo A., Papparazzo F., Caramelli D., Barbujani G. (2009). Inferring genealogical processes from patterns of Bronze-Age and modern DNA variation in Sardinia. *Mol. Biol. Evol.* 27(4): 875-886. doi: 10.1093/molbev/msp292
- Giannecchini M., Moggi-Cecchi J. (2008). Stature in archaeological samples from Central Italy: methodological issues and diachronic changes. *Am J of Phys Anthropol* 135:284-292.
- Giles E., Elliot O. (1962). Race identification from cranial measurements. *J Forensic Sci* 7:147-157.
- Giles E., Elliot O., (1963). Sex determination by discriminant function analysis of crania. *Am J Phys Anthropol* 21(1):53-68.
- Ginesu S., Sias S., Cordy J.M. (2003). Morphological evolution of the Nurighe cave (Logudoro, Northern Sardinia, Italy) and the presence of man: first result. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 26:41-48.

- Giroux C.L., Wescott D.J. (2008). Stature estimation based on dimensions of the bony pelvis and proximal femur. *J Forensic Sci* 53(1):65-68.
- Goldewijk K.G, Jacobs J. (2013). The relation between stature and long bone length in the Roman Empire. SOM Research Reports; vol. 13002-EEF. University of Groningen. www.rug.nl/feb/research
- Gower J.C. (1966). Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53:325–338.
- Guirguis, M. (2011). Gli Spazi della morte a Monte Sirai (Carbonia-Sardegna): rituali e ideologie funerarie nella necropoli fenicia e punica (scavi 2005-2010). *Fasti OnLine Documents & Research* 230:1-32.
- Gustafsson A., Weredelin L., Tullberg B.S., Lindenfors P. (2007). Stature and sexual dimorphism in Sweden, from the 10th to the end of the 20th century. *Am J Hum Biol* 19:861–870.
- Hanihara T., Ishida H., Dodo Y. (2003). Characterization of biological diversity through analysis of discrete cranial traits. *Am J Phys Anthropol* 121(3):241-251.
- Hanihara T., Ishida H. (2009). Regional differences in craniofacial diversity and the population history of Jomon Japan. *Am J Phys Anthropol* 139(3):311-22.
- Harpending H., Jenkins T. (1973). Genetic distance among southern African populations. In: Crawford M.H., Workman P.L. (eds.), *Methods and Theories of Anthropological Genetics*. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp:177-200.
- Harpending H., Ward R. 1982. Chemical systematics and human evolution. In: Nitecki, M. (ed.), *Biochemical Aspects of Evolutionary Biology*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 213-256.
- Harvati K., Weaver T. (2006). Human cranial anatomy and the differential preservation of population history and climate signatures. *The Anatomical Record* 288A:1225-1233.
- Hauser R., Smoliński J., Gos T. (2005). The estimation of stature on the basis of measurements of the femur. *Forensic Sci Int*, 147(2):185-190.
- Hermanussen M., 2003. Stature of early Europeans. *Hormones* 2(3):175-178.
- Himes J.H., Yarbrough C., Martorell R. (1977). Estimation of stature in children from radiographically determined metacarpal length. *J Forensic Sci* 22:452-456.
- Holland T.D. (1995). Brief communication: estimation of adult stature from calcaneus and talus. *Am J Phys Anthropol* 96:315-320.

- Holliday T.W., Hilton C. (2010). Body proportions of circumpolar peoples as evidenced from skeletal data: Ipiutak and Tigara (Point Hope) versus Kodiak Island Inuit. *Am J Phys Anthropol* 142:287–302.
- Holliday T.W., Ruff C.B. (1997). Ecogeographical patterning and stature prediction in fossil hominids: Comment on M.R. Feldesman and R.L. Fountain, *American Journal of Physical Anthropology* (1996) 100:207-224. *Am J Phys Anthropol* 103(1):137-140.
- Holt B.M. (2003). Mobility in Upper Paleolithic and Mesolithic Europe: evidence from the lower limb. *Am J Phys Anthropol* 122:200–215.
- Howells W.W. (1973). Cranial variation in man: a study by multivariate analysis of patterns of difference among recent human populations. In: *The Museum, Vol. 67. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*, Harvard University, Cambridge.
- Hunley K.L., Healy M.E., Long J.C. (2009). The global pattern of gene identity variation reveals a history of longrange migrations, bottlenecks, and local mate exchange: implications for biological race. *Am J Phys Anthropol* 139:35-46.
- Jablonski N.J., Chaplin G. (2000). The evolution of human skin coloration. *J Hum Evol* 39:57-106.
- Jantz R.L. (1973). Microevolutionary change in Arikara crania: a multivariate analysis. *Am J Phys Anthropol* 38(1):15-26.
- Jantz R.L. (1992). Modification of the Trotter and Gleser female stature estimation formulae. *J Forensic Sci* 37(5):1230-1235.
- Jantz R.L., Hunt D.R., Meadows L. (1995). The measure and mismeasure of the tibia: implications for stature estimation. *J Forensic Sci* 40(5):758-761.
- Jantz L.M, Jantz R.L. (1999). Secular change in long bone length and proportion in the United States, 1800-1970. *Am J Phys Anthropol* 110(1):57-67.
- Jantz R., Ousley S. (2005). *FORDISC 3.0: Computerized Forensic Discriminant Functions. Version 3.1.* The University of Tennessee, Knoxville.
- Jantz R.L., Ousley S.D. (2013). Introduction to Fordisc 3. In: Tersigni-Tarrant M.A., Shirley N.R. (Eds.), *Forensic Anthropology: An Introduction*. CRC Press, Boca Raton pp. 253:269.
- Jelenkovic A., Poveda A., Susanne C., Rebato E. (2010). Common genetic and environmental factors among craniofacial traits in Belgian nuclear families: comparing skeletal and soft-tissue related phenotypes. *Homo* 61:191-203.

- Johannsdottir B., Thorarinsson F., Thordarson A., Magnusson T.E. (2005). Heritability of craniofacial characteristics between parents and offspring estimated from lateral cephalograms. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 127:200–207.
- Jorde L.B. (1980). The genetic structure of subdivided human populations: a review. In: Mielke J.H. Crawford M.H. (eds.), *Current Developments in Anthropological Genetics, vol. 1: Theory and Methods*. Plenum Press, New York, pp. 135-208.
- Jungers W.L., Falsetti A.B., Wall CE. (1995). Shape, relative size, and size-adjustments in morphometrics. *Yearbook of Physical Anthropology* 38:137-161.
- Kalia S., Shetty SK., Patil K., Mahima VG. (2008). Stature estimation using odontometry and skull anthropometry. *Indian Journal of Dental Research* 19(2):150-154.
- King K.A. (2004). A test of the Fully anatomical method of stature estimation. *American Association of Physical Anthropologists (Suppl)*:38-125.
- Klein Hofmeijer G., Martini F., Sanges M., Sondaar P.Y., Ulzega A. (1987-88). La fine del Pleistocene nella grotta Corbeddu in Sardegna. *Rivista di Scienze Preistoriche* XLI(1-2):29-64.
- Koepke N., Baten J. (2005a). The biological standard of living in Europe during the last two millennia. *Eur Rev Econ Hist* 9:61–95.
- Koepke N., Baten J. (2005b). Climate and its impact on the biological standard of living in North-East, Centre-West, and South Europe during the last 2000 years. *History of Meteorology* 2:147–159.
- Koepke N., Baten J. (2008). Agricultural specialization and height in ancient and medieval Europe. *Explorations in Economic History* 45:127–146.
- Konigsberg L.W. (1990). Analysis of prehistoric biological variation under a model of isolation by geographic and temporal distance. *Hum Biol* 62:49-70.
- Konigsberg L.W. (2000). Quantitative variation and genetics. In: Stinson S., Bogin B., Huss-Ashmore R., O'Rourke D.H. (Eds.), *Human Biology: An Evolutionary and Biocultural Perspective*. Wiley Liss, New York, pp. 135-162.
- Konigsberg L. W. (2006). A post-Neumann history of biological and genetic distance studies in bioarchaeology. In Buikstra L.E., Beck L.A. (eds.) *Bioarchaeology: the contextual analysis of human remains*. Academic Press, New York pp 263-279.
- Konigsberg L., Blangero J. (1993). Multivariate quantitative genetic simulations in anthropology with an example from the South Pacific. *Hum Biol* 65:897-915.

- Konigsberg L.W., Ousley S.D. (1995). Multivariate quantitative genetics of anthropometric traits from the Boas data. *Hum Biol* 67(3):481-498.
- Krogman W.M, Iscan M.Y., 1986. The human skeleton in forensic medicine. Charles C, Thomas, Springfield.
- Kruskal J.B., Wish M., (1978). Multidimensional Scaling. Sage Publications, Beverly Hills, CA.
- Lai L. (2009). Il clima nella Sardegna preistorica e protostorica: problemi e nuove prospettive. In: *Atti della XLIV riunione scientifica - La preistoria e la protostoria della Sardegna, 23-28 novembre 2009*; Cagliari, Barumini, Sassari. Volume I, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, pp 313-324.
- Lai L., Fonzo O, Pacciani E., O' Connell T. (2014). Isotopi stabili e radioattivi: primi dati su dieta e cronologia assoluta delle sepolture di Mont'e Prama, In: M. Minoja & A. Usai (a cura di) *Le sculture di Mont'e Prama - Contesto, scavi e materiali*. Gangemi Ed. pp. 207-218.
- Lalueza-Fox C. (1998). Stature and sexual dimorphism in ancient Iberian populations. *Homo* 49: 260-272.
- Larsen C.S. (1997). Bioarchaeology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Larsen C.S. (2002). Bioarchaeology: the lives and lifestyles of past people. *J Archaeol Res* 10:119-166.
- Legendre P., Legendre L. (1998). Numerical ecology, 2. Elsevier, Amsterdam.
- Leonelli V. (2003). L'età del Bronzo recente nel nuraghe Arrubiu e sull'altopiano di Pran'e Muru nel quadro della Sardegna centro-meridionale. In Cossu T., Campus F., Leonelli V., Perra M. e Sanges M. (a cura di) *La vita nel Nuraghe Arrubiu*. Comune di Orroli: 35-52.
- Lette G. (2009). Genetic regulation of adult stature. *Curr Opin Pediatr* 21:515-522.
- Lewontin R.C. (1972). The apportionment of human diversity. *Evolutionary Biology* 6:381-398.
- Li J.Z., Absher D.M., Tang H., Southwick A.M., Casto A.M., Ramachandran S., et al. (2008). Worldwide human relationships inferred from genomewide patterns of variation. *Science* 319:1100-1104. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1153717>
- Li, M.X., Liu, P.Y., Li, Y.M., Qin, Y.J., Liu, Y.Z., Deng, H.W., 2004. A major gene model of adult height is suggested in Chinese. *J Hum Genet* 49(3):148-153.

- Lilliu G. (1990). Sopravvivenze nuragiche in età romana. *L'Africa romana* 7:415-446.
- Lilliu G. (2003). La civiltà dei sardi. Dal Paleolitico all'età dei nuraghi. Edizioni Il Maestrale, Nuoro.
- Livingstone F.B. (1962). On the non-existence of human races. *Current Anthropology* 3(3):279-281.
- Long J.C., Kittles R.A. (2003). Human genetic diversity and the nonexistence of biological races. *Hum Biol* 75:449-471.
- Lo Schiavo F. (2002). Osservazioni sul problema dei rapporti fra Sardegna ed Etruria in età Nuragica. In *Atti del XXI Convegno di Studi Etruschi, Etruria e Sardegna centro-occidentale tra l'Età del bronzo Finale e l'Arcaismo* pp. 51-70.
- Lugliè C. (2009a). Il Mesolitico. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:31-36.
- Lugliè C. (2009b). Il Neolitico Antico. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:37-47.
- Lugliè C., Le Bourdonnec F.X., Poupeau G., Atzeni f., Dubernet S., Moretto P., Serani I. (2007). Early Neolithic obsidian in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu case. *J Archaeol Sci* 34:428-439.
- Lundy J.K. (1983). Living stature from long limb bones in the South African Negro. *S Afr J Sci* 79:337-338.
- Lundy J.K., (1985). The mathematical versus anatomical methods of stature estimate from long bones. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 6(1):73-76.
- Lundy J.K. (1988). A report on the use of Fully's anatomical method to estimate stature in military skeletal remains. *J Forensic Sci* 33(2):534-539.
- Maat G.J.R. (2005). Two millennia of male stature development and population health and wealth in the Low Countries. *Int J Osteoarchaeol* 15:276-290.
- Macdonnel W.R. (1901). On criminal anthropometry and the identification of criminals. *Biometrika* 1:177-227.
- Macgregor, S., Cornes, B.K., Martin, N.G., Visscher, P.M., (2006). Bias, precision and heritability of self-reported and clinically measured height in Australian twins. *Human Genetics* 120(4):571-580.

- Mahalanobis P.C. 1936. On the generalized distance in statistics. *National Historic Institute of Science, India* pp. 49-55.
- Maijanen H. (2009). Testing anatomical methods for stature estimation on individuals from the W. M. Bass Donated Skeletal Collection. *J Forensic Sci* 54(4):746-752.
- Maijanen H., Niskanen M. (2006). Comparing stature-estimation methods on Medieval inhabitants of Westerhus, Sweden. *Fennoscandia Archaeologica* 23:37-46.
- Maijanen H., Niskanen M. (2010). New regression equations for stature estimation for Medieval Scandinavians. *Int J Osteoarchaeol* 20:472-480.
- Malina R.M., Reyes M.E., Little B.B. (2010). Secular change in heights of indigenous adults from a Zapotec-speaking community in Oaxaca, southern Mexico. *Am J Phys Anthropol* 141(3):463-475.
- Mallegni F., Serra A., Trebini L., Wilkens B. (2011). La falange nella grotta di Nurighe presso Cheremule: revisione e nuove informazioni. *Sardinia, Corsica et Baleares antiquae* IX:9-12.
- Mancinelli D., Vargiu R., (2012). The trend of stature in pre-protolithic Central-Southern Italy. *Am J Phys Anthropol* 90:1-4.
- Manos A., Floris R. (2005). La Necropoli di Mitza Salida – Masullas – Oristano (OR). *Rendiconti Seminario Facoltà di Scienze Università di Cagliari* 75(1-2):65-73.
- Manouvrier L. (1892). Determination of height from the long bones of the limbs. *Revue mensuelle de l'École d'Anthropologie* 2:227-233.
- Marascuilo L.A., Serlin R.C. (1988). *Statistical methods for the social and behavioral sciences*. Freeman and Company, New York
- Marcus L.F. (1990). Traditional morphometrics. In: Rohlf F.J., Bookstein F.L. (eds.), *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. The University of Michigan Museum of Zoology pp. 77:122.
- Marini E., Rebato E., Racugno W., Buffa R., Salces I., & Borgognini Tarli S. M. (2005). Dispersion dimorphism in human populations. *Am J Phys Anthropol* 127(3):342-350.
- Marques A. (1980). *Ensaio da história medieval Portuguesa*. Editorial Veja Lisboa.
- Martella P., Brizzi F., Sanna E., (2016). Is the evaluation of millennial changes in stature reliable? A study in southern Europe from the Neolithic to the Middle Ages. *Archaeol Anthropol Sci* DOI 10.1007/s12520-016-0374-4.

Martella P., Floris R., Usai E. (2014). Primi dati osteologici su resti scheletrici provenienti da due tombe della Sardegna meridionale: Ingurtosu Mannu (Donori) e Sa Serra Masi (Siliqua). *Annali dell'Università di Ferrara, Museologia Scientifica e Naturalistica* 10(2):68–73

Martin R., Saller G. (1957). *Lehrbuck der Anthropologie*, Stuttgart (3 ed.).

Martini F. (1999a). Le *facies* clactoniane sarde nel quadro del paleolitico inferiore peninsulare e insulare. In: Martini F. (a cura di) *Sardegna paleolitica. Studi sul più antico popolamento dell'isola*. Museo Fiorentino di Preistoria "Paolo Graziosi", Centro Stampa 2P, Firenze pp 221-244.

Martini F. (2009). Il Paleolitico in Sardegna: evidenze, problemi e ipotesi a trant'anni dalla scoperta. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:17-27.

Martini F., Ulzega A. (1989-1990). L'insularità e i suoi effetti sul popolamento umano delle isole del Mediterraneo nel Pleistocene e nel primo Olocene. *Rivista di Scienze Preistoriche* 42:271-288.

Masali M. (1967). Considerazioni sull'aumento secolare della statura e i fattori ambientali. *Arch. Antrop. Etnol* 97:71-76.

Massari C. (1962). Rilievi su un cranio di Arzachena (Nuoro). *Archivio Antrop. Etnol.* 93:461-464.

Maxia C. (1943). Resti scheletrici umani del Neo-eneolitico e del periodo Punico-Romano (S.Elia, BiTia, Barumini). *Rassegna Medica Sarda* 3-4

Maxia C. (1951-52). Sull'Antropologia dei protosardi. Sinossi iconografica. *Rivista di Antropologia* 39:133-178.

Maxia C., (1964). Osservazioni sul materiale scheletrico di una grotta funeraria nuragica a Perdasdefogu. In: Estratto dagli Atti della VIII e IX Riunione Scientifica, Firenze, pp. 157–163.

Maxia C., Atzeni E. (1963). La necropoli eneolitica di S. Benedetto di Iglesias. In: Atti VIII e IX Riun. dell'Istituto Italiano di Preistoriae Protostoria, Firenze, pp. 123–135.

Maxia C., Fenu A. (1963a). Sull'antropologia dei Protosardi, sinossi iconografica, Nota III. I ritrovamenti eneolitici della grotta "Su Cungiareddu de Serafini". *Rendic. Semin. Fac. Sci. Univ. Cagliari* 33:1–2.

Maxia C., Fenu A. (1963b). Sull'antropologia dei protosardi e dei sardi moderni. Sinossi iconografica. Nota IV. I crani e I femori della cripta della chiesa di S. Michele in Bono (fine XVI-

metà XIX secolo). *Rendiconti del seminario della Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari* 33(3-4).

Maxia C., Fenu A. (1966). Sull'antropologia dei protosardi e dei sardi moderni, Sinossi iconografica. Nota V. I crani di Tharros (sec. VI-VII d.C.). *Rendic. Semin. Fac. Sci. Univ. Cagliari* 34:1-25.

Maxia C., Floris A. (1961). Osservazioni e rilievi sull'antropologia ed etnografia dei protosardi dal neolitico al periodo nuragico secondo i ritrovamenti degli ultimi 10 anni. Atti del 1° Congresso di Scienze Antropologiche, Etnologiche e di Folklore, Torino: 92-104.

Maxia C., Fenu A., Lucia G., Saiu E., Floris G.U., Cosseddu G.G. (1972). Sull'antropologia dei protosardi e dei sardi moderni. Nota VIII – Sinossi iconografica. Resti scheletrici nuragici rinvenuti a Capo Pecora (Fluminimaggiore). *Riv. Sci. Preist.* 42:199-212.

McEvoy B.P., Visscher P.M. (2009). Genetics of human height. *Econ Hum Biol* 7:294-306.

McClure S.B., García O., Togores C.R., Culleton B.J., Kennett D.J. (2011). Osteological and paleodietary investigation of burials from Cova de la Pastora, Alicante, Spain. *J Archaeol Sci* 38:420-428.

McKeown AH., Schmidt R.W. (2013). Geometric morphometrics. In: DiGangi E., Moore M. (eds). *Research methods in human skeletal biology*. Academic Press 325:359.

Meadows L, and Jantz R.L. (1992). Estimation of stature from metacarpal length. *J Forensic Sci* 37:147-154.

Meadows L., and Jantz R.L. 1995. Allometric secular change in the long bones from the 1800s to the present. *J Forensic Sci* 40(5):762-767.

Melis M.G. (2009). L'Eneolitico antico, medio ed evoluto in Sardegna: dalla fine dell'Ozieri all'Abealzu. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:81-95.

Melis M.G. (2013). Problemi di cronologia insulare. La Sardegna tra il IV e il III millennio BC. Atti dell'incontro di Studi: *Cronologia assoluta e relativa dell'età del Rame in Italia*. QuiEdit, Verona pp. 197-211.

Melis P. (2003). *Civiltà Nuragica*. C. Delfino, Sassari.

Mendes-Correa A.A. (1932). La taille des Portugais d'après les os longues. *Anthropologie* 10:268-272.

Mendonça M. (2000). Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population. *Am J Phys Anthropol* 112:39-48.

Messeri, P. (1969). La tomba dei giganti a Oridda (Sennori-Sassari): Parte antropologica. Tombe di giganti nel Sassarese di Castaldi E. *Origini*, 3, 139-156.

Milia N., Congiu A., Anagnostou P., Montinaro F., Capocasa M., et al. (2012). Mine, yours, ours? Sharing data on human genetic variation. *PLoS ONE* 7(6):e37552. doi:10.1371/journal.pone.0037552.

Montanari M. (1988). Alimentazione e cultura nel medioevo. Laterza, Bari.

Montanari M. (1994). The Culture of Food. Blackwell, Oxford and Cambridge.

Moore M.K., Ross AH. (2013). Stature estimation. In: DiGangi E., Moore M. (eds). *Research methods in human skeletal biology*. Academic Press 151:179.

Moravetti A. (2009). La cultura di Monte Claro e il Vaso Campaniforme. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:97-106.

Moscato S. (2000). Italia punica. Bompiani, Milano.

Musgrave J.H., Harneja N.K. (1978). The estimation of adult stature from metacarpal bone length. *Am J Phys Anthropol* 48:113-120.

Naikmasur V. G., Shrivastava R., Mutalik S. (2010). Determination of sex in South Indians and immigrant Tibetans from cephalometric analysis and discriminant functions. *Forensic Sci Int*, 197(1), 122e1-122e6.

Niceforo A. (1895-96). Le varietà umane pigmee e microcefaliche della Sardegna. *Atti della Società Romana di Antropologia* 3:201-222.

Niskanen M., Junno J. (2004). The reconstruction of body size and shape of the Paleolithic period Europeans. *People, Material Culture and Environment in the North*: 310-321.

Olivier G., (1963). L'estimation de la stature par les os longs des membres. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris* 4:433-449.

Olivier G., Aron C., Fully G., Tissier G. (1978). New estimation of stature and cranial capacity in modern man. *J Hum Evol* 7:513-518.

Olivier G., Pineau. H. (1957). Comparisons entre les mensurations sur le squelette et sur le vivant. *Rev. Anthropol.* 3:1-16.

Olivieri A., Sidore C., Achilli A., Angius A., Posth C., Furtwängler A., ... & Pitzalis, M. (2017). Mitogenome diversity in Sardinians: a genetic window onto an island's past. *Mol biol evol* doi:10.1093/molbev/msx082.

Olivier G., Tissier H. (1975). Estimation de la stature féminine d'après les os longs des membres. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 2(4):297-305.

Özer BK, Sağır M, Özer I. (2011). Secular changes in the height of the inhabitants of Anatolia (Turkey) from the 10th millennium B.C. to the 20th century A.D. *Econ Hum Biol* 9:211–219.

Pacciani E., D'Amore G., Di Marco S., Messina A., Sineo L. (2014). Il reperto cranico umano del Riparo della Rossa, Serra San Quirico (Ancona) nel contesto della variabilità morfometrica delle popolazioni neolitiche italiane ed europee. *Rivista di Studi Liguri* Anni 2011-2013, Atti del convegno "Il pieno sviluppo del Neolitico in Italia", Museo Archeologico del Finale - Finale Ligure Borgo 8-10 giugno 2009, p. 383-387

Pearson K. (1899). Mathematical contribution to the theory of evolution. *On the reconstruction of the stature of prehistoric races*. Philosophical Transactions of the Royal Society 192:169-244.

Pearson K., Bell J. (1917-1919). A study of the long bones of the English skeleton. I. The femur. *Drapers' Company Research Mem University of London, Biom series*.

Peck M.N., Lundberg O. (1995). Short stature as an effect of economic and social conditions in childhood. *Soc Sci Med* 41(5):733–738.

Perola, M., Sammalisto, S., Hiekkalinna, T., Martin, N.G., Visscher, P.M., Montgomery, G.W., et al. (2007). Combined genome scans for body stature in 6,602 European twins: evidence for common Caucasian loci. *PLoS Genetics* 3 (6), e97.

Piazza A., Cappello N., Olivetti E., Rendine S., (1988). A genetic history of Italy. *Ann. Hum. Genet.* 52:203–213.

Pietrusewsky M. (2008). Metric analysis of skeletal remains: methods and applications. In: Katzenberg M.A., Saunders S.R. (Eds.) *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, pp. 487:532.

- Pietrusewsky M., Tsang C. (2003). A preliminary assessment of health and disease in human skeletal remains from Shi San Hang: a prehistoric aboriginal site on Taiwan. *Anthropol Sci* 111:203–223.
- Pinhasi R., von Cramon-Taubadel N. (2009). Craniometric Data Supports Demic Diffusion Model for the Spread of Agriculture into Europe. *PLoS ONE* 4(8): e6747. doi:10.1371/journal.pone.0006747
- Pinhasi, R., Thomas, M. G., Hofreiter, M., Currat, M., & Burger, J. (2012). The genetic history of Europeans. *Trends in Genetics* 28(10):496-505.
- Pittau P., Lugiè C., Buosi C., Sanna I., Del Rio M. (2012). Palynological interpretation of the Early Neolithic coastal open-air site at Sa Punta (central-western Sardinia, Italy). *J Archaeol Sci* 39(5):1260-1270.
- Pomeroy E., and Stock J.T. (2012). Estimation of stature and body mass from the skeleton among coastal and mid-altitude Andean populations. *Am J Phys Anthropol* 147(2):264-279.
- Pusceddu V., Martella P., Floris R., Del Vai, C. (2012). Phoenician-Punic Inhumations from Othoca Necropolis (Santa Severa, Santa Giusta-Or). *Journal of Biological Research-Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale* 85(1):190-193
- Raxter M.H., Auerbach B.M., Ruff C.B. (2006). Revision of the Fully technique for estimating statures. *Am J Phys Anthropol* 130:374–384.
- Raxter M.H., Ruff C.B. (2010). The Effect of Vertebral Numerical Variation on Anatomical Stature Estimates. *J Forensic Sci* 55(2):464-466.
- Raxter M.H., Ruff C.B., Auerbach B.M. (2007). Technical note: revised Fully stature estimation technique. *Am J Phys Anthropol* 133:817–818.
- Raxter M.H., Ruff CB., Azab A., Erfan M., Soliman M., and El-Sawaf A. (2008). Stature estimation in ancient Egyptians: a new technique based on anatomical reconstruction of stature. *Am J Phys Anthropol* 136(2):147-155.
- Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Grootes P. M. et al. (2013). IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4)
- Relethford JH. 1991. Effect of changes in population size on genetic microdifferentiation. *Hum Biol* 63:629-641.
- Relethford JH. (1994). Craniometric variation among modern human populations. *Am J Phys Anthropol* 95:53-62.

Relethford J.H. (2001). Global analysis of regional differences in craniometric diversity and population substructure. *Hum Biol* 73:629-636.

Relethford J.H. (2002). Apportionment of global human genetic diversity based on craniometrics and skin color. *Am J Phys Anthropol* 118(4):393-398.

Relethford JH. (2004). Global patterns of isolation by distance based on genetic and morphological data. *Hum Biol* 76:499-513.

Relethford JH. (2007). The use of quantitative traits in anthropological genetic studies of population structure and history. In: Crawford MH. (ed.), *Anthropological Genetics Theory, Methods and Applications*. The Cambridge University Press, Cambridge, pp. 187-209.

Relethford J.H. (2009). Race and global patterns of phenotypic variation. *Am J Phys Anthropol* 139:16-22.

Relethford J.H. (2010). Population-specific deviations of global human craniometric variation from a neutral model. *Am J Phys Anthropol* 142(1):105-111.

Relethford JH. (2013). *Genetica delle popolazioni umane*. A cura di G. Barbujani. Casa Editrice Ambrosiana, Rozzano (Milano).

Relethford J.H. (2016). Biological distances and population genetics. In: Pilloud MA. & Hefner JT. (eds), *Biological Distance Analysis*. San Diego, Academic Press pp 23-33.

Relethford JH., Blangero J. 1990. Detection of differential gene flow from patterns of quantitative variation. *Hum Biol* 62:5-25.

Relethford JH, Harpending HC. 1994. Craniometric variation, genetic theory, and modern human origins. *Am J Phys Anthropol* 95:249–270.

Relethford JH., Crawford MH., Blangero J. 1997. Genetic drift and gene flow in post-famine Ireland. *Hum Biol* 69:443–465.

Relethford J.H., Lees F.C. (1982). The use of quantitative traits in the study of human population structure. *Am J Phys Anthropol* 25:113-132.

Rencher A.C., (1995). *Methods of Multivariate Analysis*. John Wiley & Sons, New York.

Richards M. (2003). The Neolithic invasion of Europe. *Annual Review of Anthropology* 32:135-163.

Rodoinova D., Tenekedjiev K., Yornanov Y., 2002. Stature estimation from long bone lengths in Bulgarians. *Homo* 52(3):221–232.

- Rollet E. (1888). On the measurement of the long bones of the limbs. Theses pour le doctorat en medecine, liere series, Université de Lyon, 1-128.
- Roseman C.C. (2004). Detecting interregionally diversifying natural selection on modern human cranial form by using matched molecular and morphometric data. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:12824-12829.
- Rosenberg K.R., Zune L., and Ruff C.B. (2006). Body size, body proportions, and encephalization in a Middle Pleistocene archaic human from northern China. *P Natl Acad Sci USA* 103(10):3552-3556.
- Rösing F.W., Graw M., Marré B., Ritz-Timme S., Rothschild M.A., Rötzscher K., Schmeling A., Schröder I., Geserick G. (2007). Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *Homo* 58, 75–89.
- Ross A.H., Baker L.E., Falsetti A. (2003). Sexual dimorphism a proxy for environmental sensitivity? A multitemporal view. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 89 (1e2), 1e12.
- Rottoli M., Castiglioni E. (2009). Prehistory of plant growing and collecting in northern Italy, based on seed remains from the early Neolithic to the Chalcolithic (c. 5600–2100 cal B.C.). *Veget Hist Archaeobot* 18:91–103.
- Rubini M., Mogliazza S. (2005). Storia delle popolazioni italiane dal neolitico ad oggi. Soprintendenza per i beni archeologici del Lazio. Eurografica, Roma.
- Ruff C. (1991). Climate and body shape in hominid evolution. *Journal of Human Evolution* 21(2):81-105.
- Ruff C. (1994). Morphological adaptation to climate in modern and fossil hominids. *Yearb Phys Anthropol* 37
- Ruff C. (2000). Body mass prediction from skeletal frame size in elite athletes. *Am J Phys Anthropol* 113(4):507-517.
- Ruff C. 2002. Variation in human body size and shape. *Annu Rev Anthropol* 31:211-232.
- Ruff C., Trinkaus E., Holliday T.W. (1997). Body mass and encephalization in Pleistocene Homo. *Nature* 387(6629):173-176.
- Ruff C., Holt B., Trinkaus E. (2006). Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's law" and bone functional adaptation. *Am J Phys Anthropol* 129(4):484-498.

Ruff C.B., Holt B.M., Niskanen M., Sladěk V., Berner M., Garofalo E., Garvin H.M., Hora M., Maijanen H., Niinimäki S., Salo K., Schuplerová E., Tompkins D., (2012a). Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *Am J Phys Anthropol* 148(4):601-617.

Ruff C.B., Niskanen M., Junno J.A., Jamison P. (2005). Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans. *J Hum Evol* 48:381–392.

Sadocchi S. (1981). *Manuale di statistica multivariate per le scienze sociali*. Franco Angeli Editore, Milano.

Sahni D., Sharmast P., Kaur G., Aggarwal A. (2010). Estimation of stature from facial measurements in northwest Indians, *Legal Medicine* 12(1):23-27.

Saitou N., Nei M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol Biol Evol* 4:408–425.

Sanna E. (2006). *Il popolamento della Sardegna e le origini dei Sardi*. CUEC, Cagliari.

Sanna E. (2009). *Nella Preistoria le origini dei Sardi*. CUEC, Cagliari.

Sanna E. (2011). Antropologia dei Sardi: dai Pigmei microcefali al DNA antico. In: Volpone A. e Destro-Bisol G. (eds), *Se vi sono donne di genio. Appunti di viaggio nell'antropologia dall'Unità d'Italia a oggi*. Casa editrice Università La Sapienza, Roma pp 168:176.

Sanna E. (2015). La ricostruzione della storia biologica del popolamento della Sardegna tramite la morfometria cranio-facciale. In: Floris G. e Floris R. (eds). *Il Museo Sardo di Antropologia ed Etnografia*. Edizione AV, Cagliari, pp 153-189.

Sanna E., Fagioli M.B., Liguori A., Floris G. (1999). Verso una revisione dell'inquadramento cronologico e morfometrico delle serie scheletriche paleo-protosarde. II: craniometria, ulteriori aggiornamenti. *Archivio per l'antropologia e la Etnologia* 129:239-250.

Sanna S., Jackson A.U., Nagaraja R., Willer C.J., Chen W.M., et al. (2008). Common variants in the GDF5-UQCC region are associated with variation in human height. *Nature Genetics* 40:198-203.

Santoni V. (2009). La cultura del Bronzo antico I-II in Sardegna. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:114-121.

- Sardi M., Ramirez Rozzi F., González-José R., Pucciarelli H.M. 2005. South Amerindian craniofacial morphology: diversity and implications for Amerindian evolution. *Am J Phys Anthropol* 128:747-756.
- Sarigu M., Floris G. U., Floris R., Pusceddu V. (2016). The Osteological Collection of the University of Cagliari: From Early Neolithic to Modern Age. *HOMO-Journal of Comparative Hum Biol* 67(3):216-225.
- Schillaci MA., (2008). Human cranial diversity and evidence for an ancient lineage of modern humans. *J Hum Evol* 54:814–826.
- Sciulli P.W, and Hetland B.M. (2007). Stature estimation for prehistoric Ohio valley native American populations based on revisions of the Fully technique. *Archaeology of Eastern North America* 35.
- Sciulli P.W, Schneider K.N, Mahaney M.C. (1990). Stature Estimation in Prehistoric Native-Americans of Ohio. *Am J Phys Anthropol* 83(3):275-280.
- Sergi G. (1907). Crani antichi della Sardegna. *Atti della Società Romana di Antropologia* 13:13–22.
- Serra P.B., Corone R., Serra R. (1989). S. Giuliano di Selargius (Cagliari). *Quaderni della Soprintendenza Archeologica per le provincie di Cagliari e oristano* 6:227-259.
- Sherwood R. J., Duren D. L., Demerath E. W., Czerwinski S. A., Siervogel R. M., Towne B. (2008). Quantitative genetics of modern human cranial variation. *J Hum Evol* 54(6):909-914.
- Sherwood R. J., Duren D. L., Mahaney M. C., Blanger, J., Dyer T. D., Cole S. A., ... & Nahhas, R. W. (2011). A Genome-Wide Linkage Scan for Quantitative Trait Loci Influencing the Craniofacial Complex in Humans (*Homo sapiens sapiens*). *The Anatomical Record*, 294(4): 664-675.
- Sierp I., Henneberg M. (2016). Reconstruction of body height from the skeleton: Testing a dozen different methods for consistency of their results. *Anthropol Anz* 73(1):7-21.
- Singh B., Sohal HS. (1952). Estimation of stature from clavicles in Punjabis. A preliminary report. *Indian Journal of Medical Research* 40:67-71.
- Simmons T., Jantz R.L., Bass W.M., 1990. Stature estimation from fragmentary femora: a revision of the Steele method. *J Forensic Sci* 35(3):628-636.
- Skeates R., Gradoli M.G., Beckett J. (2013). The Cultural Life of Caves in Seulo, Central *Sardinia*. *J. Medit. Arch.* 26:97–126.

Slice D.E., Ross A.H. (2009). 3D-ID: Geometric Morphometric Classification of Crania for Forensic Scientists.

Smith P., Horowitz LK. (1984). Archaeological and skeletal evidence for dietary change during the Late Pleistocene/ Early Holocene in the Levant. In: Cohen MN, Armelagos G J (eds.). *Paleopathology at the origin of agriculture*. Academic Press, Orlando pp.101-136.

Sneath, P.H.A., Sokal, R.R. (1973). *Numerical Taxonomy*. Freeman, San Francisco.

Sondaar P.Y., Elburg R., Klein Hofmeijer G., Spaan A., De Visser H., et al. (1993). Il popolamento della Sardegna nel tardo Pleistocene: nuova acquisizione di un resto fossile umano dalla grotta Corbeddu. *Riv. Sci. Preist.* 45, 243–251.

Sonedda E., Carai A., Floris R., Gessa S., Santa Cruz G., Santa Cruz R. (2007). Studio morfometrico e molecolare in una serie di denti isolati del periodo tardo nuragico. In: Atti del XVII Congresso AAI, Cagliari, pp. 381–384.

Sørensen T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5:1-34.

StatSoft Italia, 2000. STATISTICA Kernel release 5.5 A for Windows, Copyright 1984–2000. Statsoft Inc., Tulsa, OK.

Steckel R.H. (1995). Stature and the standard of living. *J. Econ. Lit.* 33: 1903-1940.

Steckel R.H. (2004). New Light on the “Dark Ages.” The remarkably tall stature of Northern European men during the medieval era. *Soc Sci Hist* 28:211–29.

Steckel R.H, and Rose J.C. (2002). *The backbone of history: health and nutrition in the Western Hemisphere*. Cambridge University Press, Cambridge.

Steele DG. (1970). Estimation of stature from fragments of long limb bones. In: Stewart TD. (ed). *Personal identification in mass disaster*. Washington DC, Smithsonian Institution pp 85-97.

Stevenson P. (1929). On racial differences in stature long bone regression formulae, with special reference to stature reconstruction formulae for the Chinese. *Biometrika* 21, 303e318.

Stewart T.D. (1979). *Essentials of Forensic Anthropology: Especially as Developed in the United States*. Charles C. Thomas, Springfield.

Stini W.A. (1982). Sexual dimorphism and nutrient reserves. In: Hall R.L. (ed.), *Sexual Dimorphism in Homo sapiens*. Praeger, New York, pp. 391-419

Stojanowski C.M., Schillaci M.A. (2006). Phenotypic approaches for understanding patterns of intracemetery biological variation. *Yearbook of Physical Anthropology* 49:49-88.

Sjøvold T., (1990). Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation. *Hum Evol* 5(5):431-447.

Sunda S. (2003). I Resti scheletrici umani rinvenuti nella grotta di Genna Cuccureddu (Baunei). Tesi di Laurea in Scienze Naturali, Università degli Studi di Cagliari.

Susanne C. (1985). Living condition and secular trend. *J Hum Evol* 14:357-370.

Takamura K., Ohyma S., Yamada T., Ishinishi N. (1988). Changes in body proportions of Japanese medical students between 1961 and 1986. *Am J Phys Anthropol.* 77:17-22.

Tanda G. (1976). Monte d'Accoddi, Tomba II (Sassari). In: Nuove testimonianze archeologiche della Sardegna centro-settentrionale. Dessì, Sassari, pp. 35–60.

Tanda G. (1990). La successione delle culture. In: Tanda G. (a cura di) *Ottana. Archeologia e territorio*. Studiostampa, Nuoro pp.34-85.

Tanda G. (1998). Articolazione e cronologia del Neolitico antico. In: Balmuth M.S. e Tykot R.H. (eds) *Sardinian and Aegean chronology*. Oxbow books, Oxford pp 77-92.

Tanda G. (2009). Il Neolitico recente. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:59-71.

Tanner J.M, (1962). Growth at adolescence. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Tanner J.M., Hayashi T., Preece M., and Cameron N. 1982. Increase in length of leg relative to trunk in Japanese children and adults from 1957 to 1977: comparison with British and with Japanese Americans. *Annals of Human Biology* 9(5):411-423.

Telkkä A. (1950). On the prediction of human stature from the long bones. *Acta Anatomica* 9(1-2):103-117.

TreeView: <http://taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/treeview.html>

Trinkaus E. (1981). Neanderthal limb proportions and cold adaptation. IN: Stringer C.B. (ed.). *Aspects of human evolution*. Taylor and Francis, Londra, pp187-224.

Trotter M. (1970). Estimation of stature from intact long limb bones. In: Stewart T.D. (ed.). *Personal identification in mass disasters*. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC:71-83.

- Trotter M., Gleser, G. C. (1951). Trends in stature of American whites and Negroes born between 1840 and 1924. *Am J Phys Anthropol*, 9(4), 427-440.
- Trotter M., Gleser GC. (1952). Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol* 10:463–514.
- Trotter M., Gleser G.C. (1958). A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am J Phys Anthropol* 16(1):79-123.
- Trotter, M., Gleser, G.C. 1977. Corrigenda to “Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. (*Am J Phys Anthropol.*). *Am J Phys Anthropol* 47:355-356.
- Tykot RH. 1994. Radiocarbon dating and absolute chronology in Sardinia and Corsica. In: Skeates R., Whitehouse R. (eds). *Radiocarbon Dating and Italian Prehistory*. Accordia Specialist Studies on Italy, London, pp 115-145.
- Ugas G. (1992). Il sacello del vano “e” nella fortezza nuragica di Su Mulinu-Villanovafranca (CA). *Atti del Convegno Internazionale Anathema, Scienze dell’antichità, Storia Archeologia Antropologia* pp.137-156.
- Ugas G. (1998). Considerazioni sulle sequenze culturali e cronologiche tra l’Eneolitico e l’epoca nuragica. In: Balmuth M.S. e Tykot R.H. (eds) *Sardinian and Aegean chronology*. Oxbow books, Oxford pp. 251-272.
- Ugas G. (2005). *L’alba dei Nuraghi*. Fabula, Cagliari.
- Ugas G. (2009). Il I Ferro in Sardegna. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:163-182.
- Ugas G., Serra P. (1990). Complesso sepolcrale bizantino nel mastio del nuraghe Su Nuraxi di Siurgus Donigala-Cagliari. In *Atti Convegno di Cuglieri, Mediterraneo tardo antico e medievale* pp. 107-131.
- Ulijaszek S., Komlos J. (2010). From a history of anthropometry to anthropometric history. In: Mascie-Taylor CGN, Yasukouchi A, Ulijaszek S (eds.). *Human variation: from the laboratory to the field*. CRC press.
- Ulzega A. (1999). I siti paleolitici: geomorfologia e pedologia. Lineamenti geomorfologici. In: Martini F. (a cura di) *Sardegna paleolitica. Studi sul più antico popolamento dell’isola*. Museo Fiorentino di Preistoria “Paolo Graziosi”, Centro Stampa 2P, Firenze pp 24-34.

Usai L. (2009). Il Neolitico medio. *Atti della XLIV Riunione scientifica: la preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari 23-28 novembre 2009, 1:49-58.

Varesi L., Memmì M., Cristofari M.C., Mameli G.E., Calò C.M., Vona G. (2000). Mitochondrial Control-Region Sequence Variation in the Corsican Population, France. *Am J Hum Biol* 12:339-351.

Vercellotti G., Agnew A.M., Justus H.M., Sciulli P.W. (2009). Stature estimation in an early Medieval (XI-XII c.) Polish population: testing the accuracy of regression equations in a bioarcheological sample. *Am J Phys Anthropol* 140:135-142.

Vercellotti G., Piperata B.A., Agnew A.M., Wilson W.M., Dufour D.L., et al. (2014). Exploring the multidimensionality of stature variation in the past through comparisons of archaeological and living populations. *Am J Phys Anthropol* 155:229-242.

von Cramon-Taubadel N., Pinhasi R. (2011). Craniometric data support a mosaic model of demic and cultural Neolithic diffusion to outlying regions of Europe. *Proc. R. Soc. B* 278: 2874-2880.

Vona G., Calò C.M. (2006). History of Sardinian population (Italy, Western Mediterranean) as inferred from genetic analysis. In: Calò CM, Vona G (eds) *Human genetic isolates. Research Signpost*, Trivandrum, Kerala (India), pp 1-28.

Ulijaszek S., Komlos J. 2010. From a history of anthropometry to anthropometric history. In: Mascie-Taylor CGN, Yasukouchi A, Ulijaszek S (eds.). *Human variation: from the laboratory to the field*. CRC press.

Ward J.H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Statist. Assoc.* 58:236-244.

Weaver T.D., Roseman C.C., Stringer C.B. (2008). Close correspondence between quantitative- and molecular-genetic divergence times for Neandertals and modern humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:4645-4649.

Weinstein K.J. (2005). Body proportions in ancient Andeans from high and low altitudes. *Am J Phys Anthropol* 128(3):569-585.

Wilbur A. K. (1998). The utility of hand and foot bones for the determination of sex and the estimation of stature in a prehistoric population from west-central Illinois. *Int J Osteoarchaeol*, 8(3):180-191.

Williams-Blangero S., Blangero J. (1989). Anthropometric Variation and the Genetic Structure of the Jirels of Nepal. *Human Biology* 61(1):1-12.

Wilson R.J., Herrmann N.P., Jantz L.M. (2010). Evaluation of stature estimation from the database for forensic anthropology. *J Forensic Sci* 55(3):684-689.

Wright R.V. (1992). Correlation between cranial form and geography in Homo sapiens: CRANID a computer program for forensic and other applications. *Archaeology in Oceania* 27 (3):128-134.

Wolanski n. (1980). Secular changes in contemporary man. *Antropologia contemporanea* 3:427-450.

Zedda N. (2013). Revisione, integrazione, restauro e nuovi dati sulla serie scheletrica dellatomba a poliandro di Motrox'e Bois (Usellus). Tesi di Laurea in Scienze Naturali, Università degli Studi di Cagliari.

Zoledziwska M., Sidore C., Chiang C. W., Sanna S., Mulas A., Steri M., et al. (2015). Height-reducing variants and selection for short stature in Sardinia. *Nature genetics* 47:1352-1356.