Rivista di Scienze Preistoriche - LXXIII S3 - 2023
Preistoria e Protostoria della Liguria - pp. 481-507

RIVISTA DI SCIENZE PREISTORICHE

https://www.openprehistory.org/categoria-prodotto/numeri-speciali/

Alessandra Varalli [1, *], Vitale Stefano Sparacello [2], Irene Dori [3, 4], Elisabetta Starnini [5], Paolo Biagi [6], Gwenaëlle Goude [7]

Ricostruzione dei pattern alimentari e delle pratiche di allattamento e svezzamento dal Neolitico alle età dei metalli tramite analisi multi-isotopiche della dentina incrementale e del collagene osseo

[1] CASEs Research Group, Department of Humanities, Universitat Pompeu Fabra, c/Trias Fargas 25-27, 08005 Barcelona, Spain; e-mail: alessandravaralli@gmail.com; alessandra.varalli@upf.edu
[2] Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università degli Studi di Cagliari, Italia; e-mail vitale.sparacello@unica.it
[3] Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza, Piazza S. Fermo 3, 37121 Verona, Italia; e-mail: irene.dori@cultura.gov.it
[4] Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Firenze. Via del Proconsolo 12, 50122 Firenze, Italia
[5] Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università degli Studi di Pisa. Via dei Mille 19, 56126 Pisa, Italia; e-mail: elisabetta.starnini@unipi.it
[6] Dipartimento di Studi sull'Asia e sull'Africa Mediterranea, Università Ca' Foscari, Venezia. Ca' Cappello, 2035 San Polo, I-30125 Venezia, Italia; e-mail: pavelius@unive.it
[7] Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Culture, LAMPEA. 5, rue du Château de l'Horloge, 13094 Aix-en-Provence, France; e-mail: gwenaelle.goude@univ-amu.fr
* Autore Corrispondente: Alessandra Varalli, alessandra.varalli@upf.edu, alessandravaralli@gmail.com

Parole chiave: isotopi stabili, infanzia, tubercolosi, Neolitico, età dei metalli

Keywords: stable isotopes, infancy, tuberculosis, Neolithic, metal ages

ABSTRACT - Reconstruction of dietary patterns and breastfeeding and weaning practices from the Neolithic to the Bronze Age through multi-isotopic analysis of incremental dentin and bone collagen - This study analyses changes in breastfeeding and weaning practices, diet, and residential mobility in Liguria (Italy) from the Neolithic to the end of the metal ages. The stable isotopes of carbon, nitrogen, and sulphur from dentine microsections provided information on early diet during development in seven individuals dated to the Neolithic, Copper, Bronze, and Iron Ages, unearthed from nearby caves in the Finalese area.

Although it is difficult to pinpoint the exact timing of the introduction of supplementary food and of the end of breastfeeding, results show a marked difference between the Neolithic and metal age individuals. Neolithic children appear to have breastfed for a longer period, possibly at the longer end of the variability in traditional agriculturalists (ranging 2-4 years) and their diet included animal protein food; conversely, post-Neolithic children had a shorter breastfeeding period, and were weaned using plant resources. Sulphur isotopes highlight diachronic changes in mobility, suggesting a local origin of Neolithic and Copper Age children, and movement from the inland for Bronze and Iron Age children. One adolescent, who died with skeletal signs of tuberculosis, shows a sharp increase in $\delta^{15}N$ in the last 2-3 years of life, suggesting intense catabolism. This indicates that, by the Neolithic, tuberculosis already had the potential to manifest as a chronic and long-lasting infection, which is typical of diseases with a long history of host-pathogen coevolution.

We suggest that the shortening of breastfeeding and weaning practices in the metal ages may have been facilitated by socioeconomic and technological improvements, including the introduction of new agricultural practices and new crops. Neolithic delayed practices, although shorter than the ones shown by

hunter gatherers, may have been influenced by a highly infectious environment. Indeed, prolonged breastfeeding is common in marginal contexts, where the maximization of the immune potential transmitted by breast milk is perceived as a priority. However, due to methodological limitations, this study could only include individuals who did not survive into adulthood. It is possible therefore that the analysis highlights the pattern shown by the fragile subset of the populations under exam, rather than successful breastfeeding and weaning practices.

1. Introduzione

1.1 Le informazioni su dieta e ambiente derivabili dagli isotopi stabili di tessuto osseo e denti

La composizione biogeochimica dell'osso, ed in particolare i rapporti isotopici di carbonio, azoto e zolfo ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{34}S$), sono comunemente utilizzati per studiare la dieta, la mobilità e più in generale i comportamenti umani delle popolazioni del passato (Drucker *et alii* 2018; Goude *et alii* 2018; Jovanovic *et alii* 2019). In genere, i dati per questo tipo di indagini vengono estratti dalla frazione organica (collagene) delle ossa e forniscono informazioni riguardanti gli ultimi 10-15 anni di vita dell'individuo, tempo che corrisponde al periodo tra la formazione e l'eventuale rimodellamento del tessuto osseo (Szulc-Seeman-Delmas 2000; Hedges *et alii* 2007). A differenza delle ossa, i denti non vengono mai rimodellati dall'organismo; indipendentemente dall'età alla morte dell'individuo, i denti forniscono pertanto informazioni biogeochimiche sul periodo durante il quale si formano le varie componenti (dentina, smalto, ecc.), quindi tra la fase prenatale e la tarda adolescenza, a seconda del dente (Battaglia e Regnault 2001; Nehlich 2015; Beaumont *et alii* 2013; Holm *et alii* 2017).

I valori isotopici delle piante alla base della catena trofica influiscono sugli organismi dei livelli trofici successivi, in seguito ad un processo denominato frazionamento. Ciò determina un progressivo aumento degli isotopi più pesanti (^{13}C, ^{15}N) rispetto a quelli più leggeri (^{12}C, ^{14}N) nelle specie più in alto nella catena alimentare (Bocherens e Drucker 2003): ad ogni livello trofico superiore corrisponde un aumento del 3-5‰ in $\delta^{15}N$, e circa 1‰ in $\delta^{13}C$. I neonati allattati al seno seguono questo modello, e risultano più in alto nella catena trofica degli individui svezzati (Herrscher-Goude-Metz 2017; de Luca *et alii* 2012). Aumenti in $\delta^{15}N$ possono anche essere dovuti a fenomeni di catabolismo, a seguito di carenze alimentari o patologie (ad es. Beaumont *et alii* 2015).

I rapporti isotopici $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ e $\delta^{34}S$ alla base della catena dipendono da diversi parametri ambientali (ad esempi altitudine, latitudine, umidità, tipo di rocce che generano i suoli, vicinanza col mare), e variano lungo di essa sulla base della fisiologia delle specie coinvolte (ad es. Farquhar-Ehleringer-Hubick 1989; Amundson *et alii* 2003). Studiando campioni archeologici, grazie agli isotopi di carbonio e azoto è possibile caratterizzare la dieta in base alla fonte prevalente di proteine, carnee piuttosto che vegetali, nell'uomo come negli animali della catena trofica locale. Si può inoltre distinguere l'origine delle proteine vegetali, se appartenenti al ciclo del carbonio C_3 (ad es. grano, orzo, riso) oppure C_4 (ad es. miglio, canna da zucchero, mais), in quanto le piante C_4 presentano valori più elevati di $\delta^{13}C$. Grazie agli isotopi stabili di carbonio, azoto e zolfo è inoltre possibile discriminare se la dieta include prevalentemente risorse selezionate da ambienti d'acqua dolce, marini o terrestri, e ricostruire fenomeni di mobilità all'interno di una popolazione o durante la vita di un individuo (Nehlich 2015; Schoeninger e DeNiro 1984; Goude e Fontugne 2016; Varalli-Goude-Del Lucchese 2015).

1.2 Applicazione dei metodi isotopici alla ricostruzione dello svezzamento

Come accennato, tramite gli isotopi stabili è possibile studiare l'allattamento e lo svezzamento, poiché il neonato, da una posizione trofica più elevata rispetto a quello della madre durante l'allattamento esclusivo, con valori $\delta^{15}N$ circa il 2‰ più alti (Herrscher-Goude-Metz 2017), si sposta verso un valore compatibile con i valori medi della popolazione adulta nel momento in cui vengono introdotti cibi complementari, e ancor di più con il completamento dello svezzamento (Fogel-Tuross-Owsley 1989; Fuller *et alii* 2006; de Luca

et alii 2012). Al fine di individuare questi parametri fondamentali di ecologia umana (*life history*, o analisi delle fasi del ciclo vitale) nelle popolazioni del passato, gli studi effettuati su campioni bioarcheologici hanno creato modelli basati su misure di $\delta^{15}N$ dal collagene osseo di individui neonatali e infantili di diverse età, confrontandoli con i risultati ottenuti da individui femminili appartenenti alla stessa popolazione (ad es. Jay *et alii* 2008). Altri studi hanno effettuato analisi intra-osso negli individui in via di sviluppo, confrontando i valori ottenuti da diverse aree di crescita delle ossa lunghe: la metafisi prossimale, la diafisi e la metafisi distale (Waters-Rist *et alii* 2011). Tuttavia, l'approccio più affidabile e dettagliato prevede lo studio del collagene incrementale della dentina (*incremental dentin collagen*), un tessuto che si depone ad intervalli regolari durante lo sviluppo del dente, i cui valori isotopici permettono di ricostruire la dieta infantile dalla nascita fino alla tarda adolescenza, con una risoluzione temporale che può essere inferiore all'anno (Beaumont *et alii* 2013, 2015, 2018; Sandberg *et alii* 2014). L'analisi incrementale della dentina permette quindi di identificare con una maggiore precisione temporale lo spostamento trofico dell'infante con lo svezzamento, oltre a offrire la possibilità di caratterizzare altri aspetti della dieta e mobilità grazie all'integrazione dei dati derivati dagli isotopi del carbonio e dello zolfo. Questo metodo ha anche il vantaggio di poter utilizzare individui che hanno superato la fase di svezzamento, anche adulti nel caso l'usura dentaria non abbia intaccato la dentina. Altri metodi, come l'utilizzo di collagene osseo da individui deceduti a diverse età, possono essere distorti dal fatto che gli individui morti potrebbero non essere rappresentativi della popolazione vivente (uno dei problemi delle analisi bioarcheologiche riassunti nel famoso "Paradosso Osteologico"; Wright e Yoder 2003; DeWitte e Stojanowski 2015; Wood *et alii* 1992).

1.3 Importanza delle pratiche di allattamento e svezzamento per la comprensione degli adattamenti umani

Lo studio dell'alimentazione dei neonati e subadulti è importante per la ricostruzione della fertilità di una popolazione, degli andamenti demografici, delle strategie di *life history*, e dello stato di salute delle popolazioni preistoriche. Le pratiche di allattamento e svezzamento (*infant breastfeeding and weaning practices*, BWPs), infatti, dipendono da numerosi fattori, quali il tipo di economia di sussistenza, le condizioni fisiche e sociali della madre, ed il contesto ambientale, in particolare il suo carico infettivo (Trivers 1974; Ellison 2001; McDade 2001; Sellen 2007, 2009; McDade e Worthmann 1998). Su questo substrato si inseriscono le strategie riproduttive parentali, che teoricamente mirano ad una gestione delle risorse utile a massimizzare l'*output* riproduttivo, anche bilanciando l'investimento sulla prole corrente per salvaguardare la fertilità futura (Trivers 1974; Wood 1994; Ellison 2001). Inoltre, come tutti i comportamenti umani, le BWPs sono spesso normate da pratiche culturali, le quali non sempre sembrano rispettare i principi adattativi (Sellen 2001a, 2001b, 2007). Ricostruire le modalità, i tempi, e la variabilità delle BWPs può quindi fornire un elevato numero di informazioni sugli aspetti bioculturali delle popolazioni del passato (Tsutaya e Yoneda 2015).

La ricostruzione delle BWPs è particolarmente importante per lo studio della neolitizzazione e del successivo sviluppo socio-economico. Evidenze archeologiche suggeriscono che l'adozione di un'economia di produzione, basata sull'addomesticamento di piante e animali, abbia cambiato radicalmente l'alimentazione, l'organizzazione sociale, e lo stato di salute delle popolazioni neolitiche, ripercuotendosi sugli andamenti demografici (ad es. Wood 1998; Bocquet-Appel 2002, 2009, 2011a, 2011b). Sebbene l'idea di una esplosione demografica, motore di continui cicli espansivi, sia stata criticata e sia stata rimodulata in un più complesso mosaico di fenomeni di espansione e crisi, sul lungo periodo è innegabile un significativo aumento della popolazione umana, sulla base di dati archeologici, antropologici, radiocarbonici, e genetici (Bocquet-Appel 2002, 2009, 2011a, 2011b; Willis e Bennett 1994; van Andel e Runnels 1995; Bellwood e Oxenham 2008; Porčić-Blagojević-Stefanović 2016; Zahid-Robinson-Kelly 2016). Diversi studi suggeriscono che l'aumento della popolazione, rispetto ai periodi precedenti, e quindi in confronto ad una modalità di sussistenza basata su caccia e raccolta, sia stata principalmente una conseguenza dell'incremento della fertilità femminile, talmente elevato da compensare un contemporaneo aumento della mortalità infantile (Armelagos-Goodman-Jacobs 1991; Page *et alii* 2016). Una combinazione di numerosi fattori può aver influenzato positivamente la fertilità femminile; tra questi si

possono annoverare una più prevedibile gestione delle risorse alimentari (grazie anche a tecniche di conservazione), un loro migliore apporto nutrizionale, e la diminuzione del tempo dedicato all'approvvigionamento, con un conseguente minor dispendio energetico e un impatto positivo anche sulla cura della prole. Questi miglioramenti, iniziati nel Neolitico e notevolmente intensificatisi con gli sviluppi tecnologici delle fasi successive, hanno permesso cambiamenti vantaggiosi, dal punto di vista della *fitness* riproduttiva, nella nostra *life history*, come un più precoce raggiungimento del menarca ed un conseguente incremento del periodo riproduttivo totale, e infine uno svezzamento più veloce, che permette una riduzione dell'intervallo tra le nascite (Roth 1981; Ellison 2001; Armelagos-Goodman-Jacobs 1991; Bentley-Paine-Boldsen 2001; Buikstra-Konigsberg-Bullington 1986; Page *et alii* 2016).

Il presente studio esplora queste tematiche tramite l'analisi isotopica della dentina incrementale ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ e $\delta^{34}S$), esaminando un campione di subadulti che si collocano tra il Neolitico antico e le età dei metalli, tutti provenienti dalla regione del Finalese in Liguria (Italia nord-occidentale). Inoltre, integrando a questi dati quelli ottenuti dal collagene osseo degli adulti delle relative comunità, è possibile discutere queste pratiche alla luce delle tradizioni alimentari caratteristiche di ogni fase cronologica. Alcuni di questi aspetti sono stati sviluppati nella comunicazione di Goude e collaboratori "New insights into Neolithic dietary and cultural behaviours in Liguria" presentata alla LIII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria "*Preistoria e Protostoria della Liguria"* a Genova (16-20 ottobre 2018), e successivamente discussi in Goude *et alii* (2020). In questa sede presentiamo un aggiornamento dei risultati e della discussione, aggiungendo nuovi dati ottenuti dall'analisi del collagene osseo degli individui adolescenti e degli adulti ricavati dal progetto BUR.P.P.H (Idex Bordeaux, P.I. Vitale Stefano Sparacello) e DEN.P.H (Marie Skłodowska-Curie, Université de Bordeaux, P.I. Irene Dori) e da alcuni risultati preliminari ottenuti da un nuovo progetto incentrato sull'età dei metalli in Liguria (progetto MetalLI, JRF-Marie Curie COFUND, Durham University; P.I. Alessandra Varalli). Tramite la ricostruzione dei tempi e delle modalità di svezzamento, degli episodi di stress metabolico, e della mobilità residenziale, lo studio si propone di investigare i cambiamenti diacronici nelle strategie di sussistenza e nell'organizzazione sociale, i cambiamenti ambientali e di carico infettivo, e il loro possibile impatto sulle strategie riproduttive e sulla fertilità. L'approccio micro-regionale e diacronico è necessario dato il mosaico di condizioni ambientali e adattamenti umani che, nel loro insieme, costituiscono i processi di neolitizzazione e il successivo sviluppo sociale, economico, e tecnologico delle età dei metalli (ad es. Cunliffe 1994, 2008; Guidi 2000; Zvelebil 2001; Bogucki e Crabtree 2004; Cohen e Crane-Kramer 2007; Porčić-Blagojević-Stefanović 2016; Bocquet-Appel *et alii* 2009).

1.4 Il contesto bioarcheologico in Liguria dal Neolitico all'età del Ferro

Il processo di neolitizzazione ebbe le sue origini nel Vicino Oriente, e raggiunse il Mediterraneo nord-occidentale intorno al 5800-5600 BCE, quando i primi gruppi agro-pastorali appartenenti al complesso culturale Impresso-Cardiale (ICC) si insediarono nell'arco Ligure-Provenzale (Binder *et alii* 2017). Successivamente, durante il quinto millennio BCE (5000-4300 BCE circa; Binder e Sénépart 2010; Del Lucchese e Starnini 2015), si diffuse in Liguria e nell'Italia settentrionale la cultura dei Vasi a Bocca Quadrata (VBQ), seguita dalla cultura di Chassey (c. 4300-3700 BCE; Maggi 1997a; Crepaldi 2001). A questa seguono le età dei metalli, la cui cronologia in Liguria è suddivisa in età del Rame (3700-2200 BCE circa), età del Bronzo (iniziale: 2200-1600 BCE; medio: 1600-1350 BCE; tardo e finale: 1350-900 BCE) ed età del Ferro (dal 900 BCE circa alla conquista romana nel 180 BCE) (de Marinis 2013; Bagolini e Biagi 1990; Del Lucchese e Maggi 1998; de Marinis e Spadea 2004, 2007; Maggi-Nisbet-Barker 1991-92).

Le testimonianze archeologiche dell'occupazione umana nella Liguria di Ponente provengono prevalentemente da numerose grotte e ripari sotto roccia concentrati nel raggio di pochi chilometri nell'area del Finalese (Savona). Qui, importanti siti come la Caverna delle Arene Candide hanno prodotto sequenze stratigrafiche che vanno dal Paleolitico superiore all'età romana (Maggi 1997a; Tiné 1999; Arobba *et alii* 2017). Gli studi archeologici e zooarcheologici forniscono un quadro dell'economia di sussistenza neolitica ligure, che si basava su una varietà di piante do-

mesticate, principalmente orzo e grano (Nisbet 2008; Arobba *et alii* 2017), e sull'allevamento del bestiame, soprattutto degli ovini (Rowley-Conwy 1992, 1997; Macphail *et alii* 1997; Rowley-Conwy *et alii* 2020). Le analisi isotopiche (analisi di $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ effettuate sul collagene osseo) confermano una dieta a base di cereali C_3, integrate da una significativa componente di proteine derivate da animali terrestri. Le stesse analisi suggeriscono che le risorse marine non costituissero una componente importante della dieta durante il periodo ICC (Mannino *et alii* 2018) e il successivo VBQ (Goude-Binder-Del Lucchese 2014; Le Bras-Goude *et alii* 2006). Tuttavia, sono presenti evidenze archeologiche (ad es. ami da pesca) e archeozoologiche (i.e. conchiglie, resti ittici), che suggeriscono l'utilizzo delle risorse marine per tutto il Neolitico (Desse-Berset e Desse 1999), probabilmente ad integrare in misura marginale una dieta prevalentemente carnea.

Fatta eccezione per le testimonianze riguardanti l'utilizzo delle grotte per fini domestico-produttivi, di stabulazione degli animali, e funerari (Rowley-Conwy 1992, 1997; Del Lucchese 1997; Maggi e Nisbet 2000; Arobba *et alii* 2017), l'impatto di queste comunità neolitiche sul territorio ligure è attualmente poco conosciuto. Non sono state trovate, ad oggi, evidenze di grandi insediamenti, ma solo pochi manufatti attribuiti a siti all'aperto (Starnini e Vicino 1993; Starnini e Ottomano 2015). Le attività umane non sembrano aver avuto un impatto sulla copertura forestale fino alla fine del Neolitico (Nisbet 1997), quando venne introdotto l'uso del fuoco per gestire le risorse forestali (Maggi 1997b). Le testimonianze archeologiche di crescente complessità socio-economica, crescita demografica e ampliamento delle reti di scambio osservate in Italia e in Europa durante l'età dei metalli (Cunliffe 1994, 2008; Guidi 2000; Bogucki e Crabtree 2004), si manifestano in Liguria sotto diverse forme, come l'aumento progressivo dell'estrazione di rame e diaspro, che incidono sul territorio a partire dall'età del Rame (Maggi e Pearce 2005; De Pascale *et alii* 2006). La diffusione della Cultura del Vaso Campaniforme tra la fine dell'età del Rame e l'inizio dell'età del Bronzo (Chiarenza-Del Lucchese-Rossi 2012), e un aumento degli insediamenti fortificati sempre più strutturati durante l'età del Bronzo e del Ferro (ad es. Giuggiola 1959; Maggi 1990), sono indicazione di una crescente rete di movimenti, scambi, e contatti anche conflittuali.

Tuttavia, l'economia delle comunità liguri rimane anche per le età dei metalli sempre strettamente legata al territorio che, presentando una morfologia caratterizzata da valli brevi e strette, con versanti ripidi, influisce in modo significativo sulle scelte di sussistenza e dei modi di insediamento. Per tutta la durata dell'età dei metalli, infatti, la coltivazione dei cereali di origine neolitica persiste, e solo occasionalmente si intensifica, come riscontrato a Castellaro di Uscio e Monte Trabocchetto dove, per esempio, analisi isotopiche effettuate su cariossidi di cereali (orzo e grano) attestano un progressivo incremento della fertilizzazione dei campi dall'età del Rame all'età del Ferro (Varalli *et alii* 2019). Inoltre, rispetto al Neolitico, si evidenzia una diversificazione delle colture: in associazione a orzo e grano, si rinvengono nuove specie, non solo cerealicole, come il miglio, ma anche leguminose, come fave e lenticchie, la cui diffusione sembra avvenire dall'età del Rame (Nisbet 1990; Arobba e Caramiello 2006; Arobba-Caramiello-Del Lucchese 2003). A questo si aggiunge l'introduzione di nuove tecniche agricole per agevolare l'aumento della produzione, come la pratica dalla rotazione delle colture (Castelletti 1974; Del Lucchese *et alii* 1998).

Se per numerosi siti di altura si ipotizza un utilizzo unicamente stagionale, alcuni insediamenti, proprio come Castellaro di Uscio, erano probabilmente punti adatti allo stanziamento, perché posti all'incrocio di vie di comunicazione che collegano ampie fasce di territorio e quindi strategiche per i collegamenti (Maggi 1990). In una regione così aspra, le comunità locali erano dotate di una profonda conoscenza delle risorse locali e nell'economia di questi gruppi umani un ruolo non secondario era occupato dalla pastorizia. Analisi polliniche, antracologiche e sulla micromorfologia dei suoli sostengono che gli incendi fossero uno strumento di gestione del bosco, utilizzato per diradarlo in modo da ampliare gli spazi utilizzabili a pascolo: evidenze che attestano la diffusione di modelli simili sono presenti anche sull'Appennino Settentrionale (Maggi-Nisbet-Barker 1991-92; Lowe *et alii* 1994). Le testimonianze che suggeriscono l'importanza della pastorizia sono numerose (Watson 1996; Di Francescantonio 2015): l'azione antropica ha giocato un ruolo fondamentale sulla copertura boschiva, favorendo in particolare la sostituzione del faggio in luogo dell'abete bianco, alla luce del fatto che il sottobosco delle faggete risulta essere più

efficiente in termini di prodotti erbacei destinati al pascolo (Moreno e Raggio 1991). Il progressivo aumento dell'insediamento ad altitudini più elevate proprio a partire dall'età del Rame che si accentua nei periodi successivi e la non occasionalità di tali frequentazioni sono attestati dai dati antropologici riguardanti sesso ed età degli individui rinvenuti nelle grotticelle sepolcrali delle età dei metalli di tutta la Liguria di Ponente (ad es. Grotta della Pollera, Arma delle Anime, Grotta del Pertuso, Buco del Diavolo) (ad es. Bareschino-Del Lucchese-Formicola 2013): tali reperti infatti, sembrano riferirsi ad intere comunità familiari più che a gruppi specializzati (Del Lucchese 1998).

Nonostante, quindi, durante l'età dei metalli si evidenzi un'agricoltura più variegata e una pastorizia che suggerisce metodi di allevamento più evoluti, la dieta non sembra variare in modo significativo in questa regione: le analisi isotopiche di carbonio e azoto effettuate su resti umani e animali selezionati da vari siti, infatti, non sembrano ad oggi evidenziare differenze sostanziali nel tipo di risorse consumate tra il Neolitico e l'età del Bronzo (Varalli-Goude-Del Lucchese 2015). Sulla base dei dati ad oggi disponibili, i primi cambiamenti importanti si registrano tra la fine dell'età del Bronzo e l'inizio dell'età del Ferro, quando si rileva un'introduzione significativa di piante C_4 (miglio e panico) nella dieta (Varalli- Goude-Del Lucchese 2015, Varalli *et alii* 2022). Questo trend, tuttavia, non sembra essere uniforme in tutto il nord Italia, dove in effetti simili cambiamenti si manifestano più precocemente, almeno nelle regioni del Veneto, della Lombardia e del nord-est italiano, dove il passaggio da una dieta prevalentemente a base di risorse C_3, come orzo e miglio, a risorse C_4 si evidenzia in corrispondenza della transizione Bronzo antico-Bronzo medio (Tafuri-Craig-Canci 2009; Varalli *et alii* 2016a; Tafuri *et alii* 2018, Varalli *et alii* 2022). Tale fenomeno si registra non solo nel Nord Italia, ma a livello europeo e anche oltre: gli studi isotopici condotti nei diversi paesi come in Austria, Svizzera, Francia, Croazia, Slovenia e anche nell'area del Caucaso per esempio, mostrano come l'introduzione delle piante C_4 nella dieta si manifesta in maniera diffusa ma non omogenea tra la fine dell'età del Bronzo e l'età del Ferro (ad es. Murray e Schoeninger 1988; Le Huray e Schutkowski 2005; Lightfoot-Šlaus-O'Connell 2012; Lightfoot *et alii* 2015; Goude *et alii* 2015; 2017; Varalli *et alii* 2016b, 2021, 2022; Tafuri *et alii* 2018; Herrscher *et alii* 2018).

1.5 Aspettative delle analisi e research questions

Come introdotto in precedenza, le pratiche di allattamento e svezzamento sono influenzate dal tipo di economia di sussistenza, ed in generale, i tempi di allattamento esclusivo e svezzamento delle comunità agricole sono più brevi rispetto a quelli dei cacciatori-raccoglitori (Bentley-Paine-Boldsen 2001). I resoconti etnografici mostrano, in media, un TBF più tardivo (tra i 3-5 anni di età) nei cacciatori-raccoglitori, rispetto agli agricoltori (tra i 2-4 anni), anche se con variazioni significative (ad es. Sellen 2001a, 2006, 2007, 2009; Dettwyler 2004; Kennedy 2005; Marlowe 2005; Sellen e Smay 2001). Una simile variabilità, ma senza un'associazione coerente con la modalità di sussistenza, è presente nella tempistica dell'introduzione di alimenti complementari, da immediatamente dopo la nascita (in rari casi), fino all'estremo opposto di 1-1,5 anni di età (Sellen 2001a; Sellen e Smay 2001). Tali estremi appaiono non-adattativi, in quanto la durata ottimale dell'allattamento esclusivo è di circa 6 mesi (ad es. le raccomandazioni nutrizionali della WHO 2002; Butte-Lopez-Alarcon-Garza 2002). L'introduzione di alimenti diversi dal latte materno prima dei 6 mesi espone il bambino ad un aumento del carico batterico e virale, causando un incremento nella morbilità e problemi gastrointestinali (Kramer e Kakuma 2004). Dopo circa 6 mesi, invece, il solo latte materno non riesce a fornire abbastanza nutrimento ed elementi essenziali per sostenere la crescita ottimale, e la riserva di grassi depositati nei primi sei mesi si esaurisce rapidamente (Kuzawa 1998). I dati etnografici raccolti su vari gruppi tradizionali con diverse pratiche di sussistenza pre-industriali suggeriscono che la maggior parte di essi adotta pratiche alimentari che sono in larga misura in accordo con una strategia ottimale (Sellen 2007). Tuttavia, pratiche sub-ottimali sono comunque diffuse, e possono essere una conseguenza di fattori contingenti, come la salute della madre e/o del bambino, fattori ecologici e di stagionalità locale, ma possono anche essere legate a particolari pratiche culturali e credenze (Sellen 2001a, 2001b, 2007).

Gli studi sull'alimentazione infantile nella preistoria attraverso le analisi isotopiche mostrano come le BWPs seguano in larga parte la varia-

bilità sopra descritta: lo svezzamento nei cacciatori-raccoglitori del Paleo/Mesolitico sembra sia avvenuto in età più avanzata rispetto alle comunità agro-pastorali del Neolitico (ad es. Howcroft 2013; Reynard e Tuross 2015; Tsutaya e Yoneda 2015; Howcroft-Eriksson-Lidén 2014). I risultati per le età dei metalli mostrano ampie variazioni a seconda della popolazione (ad es. Howcroft 2013; Fernández-Crespo *et alii* 2018; Scharlotta *et alii* 2018a), ed è solo con il periodo post-medievale che lo svezzamento sembra avvenire regolarmente prima dei 2 anni di età (King-Humphrey-Hillson 2005). Sempre secondo i risultati isotopici ottenuti dal collagene osseo e della dentina, la variabilità nell'introduzione di alimenti supplementari spazia tra 0,5 e 2 anni, a seconda della popolazione (Howcroft 2013). Tuttavia, Millard (2000) suggerisce che le ricerche condotte esclusivamente sul tessuto osseo, senza analizzare la dentina, possono sovrastimare la cessazione dell'allattamento esclusivo anche di 6-9 mesi.

Da questa indagine, quindi, ci attendiamo che gli individui del Neolitico ligure mostrino un profilo isotopico compatibile con un'età di svezzamento completo più precoce rispetto ai cacciatori-raccoglitori. Lo scenario di variabilità nelle pratiche di allattamento/svezzamento emerso per le età dei metalli (Howcroft 2013) non consente di avere aspettative chiare. Tuttavia, prevediamo che i cambiamenti sociali, le innovazioni tecnologiche e le differenti strategie di sussistenza abbiano permesso una ulteriore diminuzione nei tempi delle strategie di svezzamento, come suggerito dal notevole incremento demografico dell'età dei metalli (ed es. Müller 2013; Bevan 2017; Capuzzo *et alii* 2018). Inoltre, sulla base delle informazioni attualmente disponibili per il nord Italia, ci aspettiamo anche di rilevare evidenze dell'introduzione di nuove varietà vegetali verso la fine dell'età dei metalli. L'incremento poi degli scambi può aver favorito la mobilità delle persone, e questo potrebbe risultare dai profili isotopici di $\delta^{34}S$.

Oltre che dalle pratiche di sussistenza, le condizioni ecologiche ("*local ecology*" *sensu* McDade 2003: 111) delle comunità del Neolitico in Liguria, e le conseguenti pratiche di allattamento e svezzamento, sono state forse influenzate da un alto carico infettivo. Infatti, diversi casi di tubercolosi osteoarticolare sono stati diagnosticati nella serie scheletrica neolitica del Finalese (Formicola-Milanesi-Scarsini 1987; Canci-Minozzi-Borgognini Tarli 1996; Sparacello *et alii* 2017, 2018; Dori *et alii* 2020 e altri casi sono in corso di studio). La tubercolosi è una malattia altamente contagiosa e debilitante, che ha un severo impatto sul sistema metabolico e sulla crescita (Sparacello *et alii* 2016). Durante l'allattamento, il latte materno svolge una importante funzione di sostengono al sistema immunitario del neonato (McDade 2003; McDade e Worthmann 1998; Pacheco *et alii* 2015; Jeurink *et alii* 2019); è quindi possibile che l'allattamento esclusivo fosse più prolungato nel Neolitico ligure, come si osserva oggi soprattutto in contesti marginali, con risorse limitate, e ad alto carico infettivo (Cantrelle e Leridon 1971; Lindstrom e Berhanu 2000).

Inoltre, lo studio della dentina incrementale offrirà l'opportunità di studiare direttamente gli effetti della tubercolosi sulla fisiologia della crescita. Uno degli individui neolitici inclusi in questo studio è Arene Candide V (scavi Bernabò-Brea e Cardini; Bernabò Brea 1946), un adolescente la cui causa del decesso è attribuibile alla tubercolosi, vista la presenza della lesione di Pott, un collasso della colonna vertebrale con conseguente severa cifosi delle vertebre toraciche (Formicola-Milanesi-Scarsini 1987). Come accennato in precedenza, le variazioni dei valori $\delta^{15}N$ possono essere correlate non solo ai cambiamenti della dieta, ma anche a periodi di stress fisiologico e catabolismo generati da importanti carenze alimentari e malattie debilitanti (Henderson-Lee-Thorp-Loe 2014; Montgomery *et alii* 2013; Armit *et alii* 2015; Beaumont *et alii* 2015; DeWitte e Stojanowski 2015; King *et alii* 2018); questo approccio è supportato da recenti studi sperimentali condotti anche sugli animali (Doi-Akamatsu-Gonzáles 2017). Lo studio di Arene Candide V fornirà quindi informazioni sul decorso della tubercolosi in questo individuo, contribuendo al dibattito sulla virulenza della TBC e sulla coevoluzione del patogeno nel Neolitico (Sparacello *et alii* 2016). La tubercolosi causa gravi disturbi metabolici (attivazione delle citochinica, anomalie nel metabolismo delle proteine, squilibri ormonali) che portano ad un severo catabolismo (Macallan 1999; Schwenk e Macallan 2000; del Rey *et alii* 2007). Durante questo stato di "consunzione" il corpo metabolizza gli aminoacidi dai propri tessuti per sintetizzare nuove proteine, con conseguente aumento dei valori $\delta^{15}N$ (Katzenberg e Lovell 1999; Beaumont e Montgomery 2016; Beaumont *et alii* 2013). L'analisi della dentina incrementale permetterà di tracciare l'insorgenza di

questo "incremento trofico patologico", e di stimare la durata della malattia che, sulla base del livello di gracilizzazione scheletrica (Sparacello *et alii* 2016) e della presenza di ipoplasia dello smalto nel terzo molare (Formicola-Milanesi-Scarsini 1987), è state stata stimata a circa 2-3 anni.

2. Materiali e metodi

I denti utilizzati in questo studio appartengono a sette individui, rinvenuti in quattro grotte del Finalese a pochi chilometri di distanza l'una dall'altra: Arene Candide, Arma dell'Aquila, Arma delle Anime e Arma dei Parmorari (tab. I e fig.1). Tutti gli individui sono stati datati tramite AMS (Mannino *et alii* 2018; Sparacello *et alii* 2019, 2020; Panelli *et alii* questo volume). Le date ottenute vanno dal Neolitico alla fine dell'età dei metalli (tab. I): un individuo risale al Neolitico ICC (Arma dell'Aquila RS3; Sparacello *et alii* 2018, 2019), due al Neolitico VBQ (Arene Candide V, e un individuo rinvenuto tra i resti scheletrici in deposizione secondaria della grotta di Arene Candide), due risalgono alla fine dell'età del Rame, uno alla tarda età del Bronzo, e uno all'età del Ferro. L'età alla morte degli individui è stata stimata principalmente dallo sviluppo dentale, coadiuvato dal *pattern* di fusione epifisaria e dalla misura delle ossa lunghe (Cardoso e Ríos 2011; Schaefer-Black-Scheuer 2009; AlQahtani-Hector-Liversidge 2010; Boccone *et alii* 2010).

Sono stati analizzati i primi molari superiori o inferiori, ad eccezione di Arene Candide V, per il quale si è analizzato il canino superiore (tab. I). La selezione dei campioni è avvenuta sulla base di differenti parametri, tra cui il buono stato di conservazione e l'assenza di danni tafonomici o lesioni patologiche, come per esempio carie. L'impossibilità di utilizzare lo stesso tipo di dente per tutti gli individui è dovuta sia alla scarsità, nella serie scheletrica, di molari distaccati dalla mandibola non usurati e/o danneggiati, sia a motivi di conservazione. Tuttavia, recenti ricerche hanno dimostrato che, in base ai periodi di sviluppo dei diversi denti, i risultati dei primi molari sono ampiamente sovrapponibili con quelli derivati dai canini (Sandberg *et alii* 2014).

Inoltre, poiché per lo studio della dentina incrementale il protocollo utilizzato prevede la distruzione di metà dente, per limitare l'impatto sulla serie scheletrica si sono selezionati reperti unicamente rinvenuti in deposizione secondaria, e non derivanti dalle sepolture (tab. I). Sempre al fine di minimizzare la perdita di informazioni legate al tipo di analisi distruttiva, è stata effettuata un'impronta in materiale siliconico della corona e una micro TAC di tutti i denti studiati[1].

L'analisi incrementale della dentina è stata effettuata secondo il protocollo elaborato da Beaumont et al. (2013); il collagene è stato estratto presso il laboratorio LAMPEA (UMR 7269) (Goude *et alii* 2018) (fig. 2). I denti sono stati sezionati secondo il piano sagittale dalla punta di una cuspide alla punta di una radice: la metà del dente utilizzata, una volta pulita con ossido di alluminio con una sabbiatrice per eliminare le contaminazioni superficiali, è stata poi demineralizzata in HCl (0,05M) a 4°C per diversi giorni. Successivamente, con un bisturi sterilizzato si sono realizzate le sezioni trasversali di dentina dello spessore di 1 mm. Ogni sezione è stata poi immersa in NaOH per 20 ore per rimuovere i potenziali contaminanti rimanenti, risciacquata e solubilizzata in HCl (0,01M) a 100°C per 17 ore. Ogni microsezione solubilizzata è stata congelata e liofilizzata per 24 ore. Il collagene è stato poi analizzato via EA-IRMS[2]. Il controllo di qualità di ogni analisi è stato verificato secondo gli standard dell'IAEA; l'errore di misura degli standard è dello 0,1‰ per CN e dello 0,2‰ per S. La conservazione del collagene e l'affidabilità dei dati isotopici sono state controllate seguendo i criteri internazionali suggeriti da Ambrose (1993), DeNiro (1985) e Nehlich e Richards (2009).

Il pattern temporale di sviluppo dentario è descritto nell'atlante QMUL (AlQahtani- Hector-Liversidge 2010), che fornisce la stima dell'età per diversi livelli di formazione della corona e della radice. Nel caso dell'analisi di un dente ancora in formazione, l'età dell'individuo è data dal

1 Analisi con microtomografo General Electric vtome x s realizzate presso UMS 3626 PLACAMAT finanziato da LabEx LaScArBx e Région Nouvelle-Aquitaine. Le condizioni di scansione: 80kV e 150µA (senza filtro)

2 (analizzatore EA Europa Scientific accoppiato a Europa Scientific 20-20 IRMS; IsoAnalytical Ltd, Crewe, UK).

Codice	*Individuo*	*Età alla morte (anni)*	*Sesso*	*Dente* [1]	*Stadio di sviuppo* [2]	*Codice Laboratorio*	*Data uncal BP*	*Data Cal BCE 95.4%* [3]	*Periodo* [3]
AQ 012	Arma dell'Aquila RS3 C13	*4-6*	indet.	URM1	R ¼	OxA-2365-50	6669±34	5644-5529	ICC Neolitico
ACN 031	Arene Candide V BB	*14-16*	M?	ULC	Completo	GrM-14528	5800±25	4720-4557	VBQ Neolitico
ACN 022	Arene Candide BB RS Zona G 13°T = 22	*11-12*	indet.	URM1	Completo	Lyon-14586	5915±30	4847-4715	VBQ Neolitico
PARM 003	Parmorari RS Richard 1931-32 dente	*8.5-9.5*	indet.	URM1	A 1/2	GrM-15945	4030±25	2620-2475	Età del Rame
ANI 002	Arma delle Anime RS Giuggiola C4 1657	*8.5-10.5*	indet.	LLM1	Rc	Lyon-14598	3880±30	2467-2236	Età del Rame
PARM 002	Parmorari RS Richard framm. mascellare	8.5-9.5	indet.	ULM1	Rc	Lyon-14602	3035±30	1397-1211	Età del Bronzo
ANI 001	Arma delle Anime RS Giuggiola A	*13-15*	indet.	LLM1	completo	Lyon-14597	2485±30	776-488	Età del Ferro

Tab. 1 – Gli individui inclusi in questo studio. [1] Legenda per identificazione dei denti: I: incisivo; P: premolare; M: molare; U: superiore; L: inferiore; R: destro; L: sinistro; [2] AlQahatani *et alii*, 2010; [3] calibrata usando OxCal v 4.3 (Bronk Ramsey, 2009), curva IntCal13 (Reimer *et alii*, 2013), dettagli in Sparacello *et alii*, 2019, 2020; Mannino *et alii*, 2018.

Individuals analysed in this study. [1] *Teeth legend: I: I: incisor; P: premolar; M: molar; U: upper; L: lower; R: right; L: left;* [2] *AlQahatani* et alii*, 2010;* [3] *calibrated using OxCal v 4.3 (Bronk Ramsey, 2009), IntCal13 curve (Reimer* et alii*, 2013), details in Sparacello* et alii*, 2019, 2020; Mannino* et alii*, 2018.*

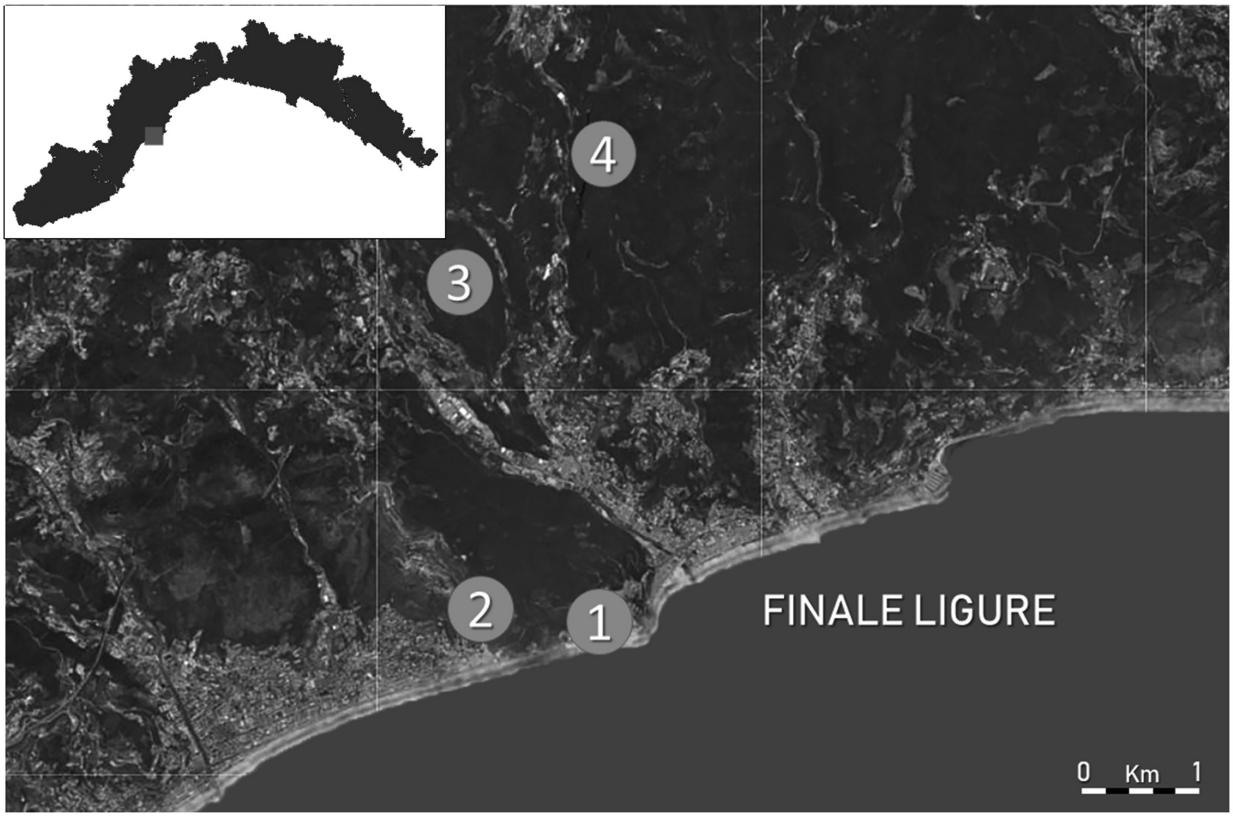

Fig. 1 – Mappa dell'area del Finalese (Liguria di Ponente) con indicate le grotte da cui provengono gli individui di questo studio: 1) Arene Candide, 2) Arma dei Parmorari, 3) Arma delle Anime, 4) Arma dell'Aquila.

Geographical map of the Finalese area (Western Liguria) with the caves object of this study: 1) Arene Candide, 2) Arma dei Parmorari, 3) Arma delle Anime, 4) Arma dell'Aquila.

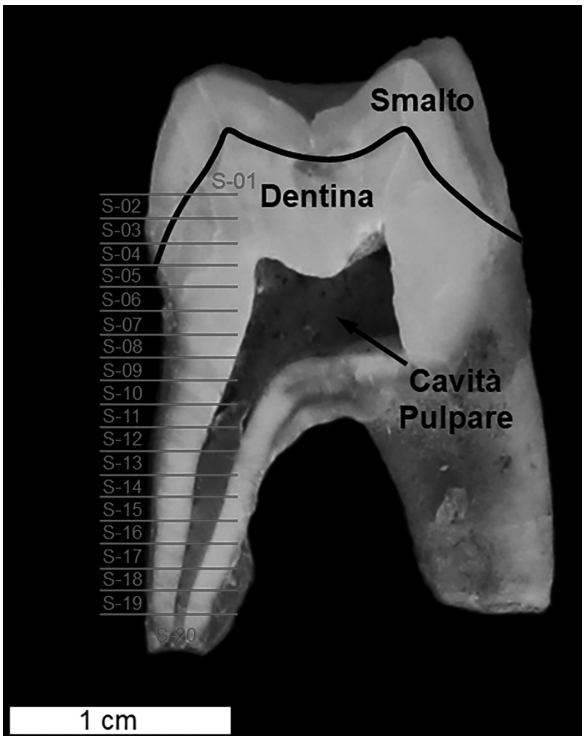

Fig. 2 – Sezione di un dente molare umano con rappresentazione ideale della microsequenza per effettuare l'analisi della dentina incrementale. Ciascuna sezione corrisponde a ca. 1 mm. (DEJ: transizione smalto-dentina, CEJ: transizione cemento-smalto).

Sectioned human molar tooth, with a representation of the ideal sequential microsampling of incremental dentin. Each section is ca. 1mm. (DEJ: dentin-enamel junction, CEJ: cementum-enamel junction).

livello di formazione raggiunto alla morte. Nel caso di denti con radici complete, l'informazione biochimica contenuta nel dente si riferisce al periodo temporale dall'inizio alla fine della formazione della dentina (per esempio nel caso di un primo molare permanente inferiore il periodo temporale corrisponde a 9,7 anni di età, dato che viene ottenuto dalla differenza tra Ac-Ci = 10-0.3 = 9.7; AlQahtani- Hector-Liversidge 2010), e l'individuo è morto un certo lasso di tempo dopo la fine dello sviluppo dentario (solitamente non molti anni dopo, poiché la metodologia prevede che la corona non possa essere usurata significativamente).

Per determinare quale finestra temporale nella vita dell'individuo rappresenta ciascuna delle sezioni incrementali di dentina, si è fatto riferimento al metodo descritto da Beaumont e Montgomery (2015) e Beaumont e collaboratori (2013). Questo metodo approssima ad una costante il tasso di crescita della dentina (3-5µm al giorno, Hillson 1996; Dean e Scandrett 1995; Liversidge-Dean-Molleson 1993; Dean *et alii* 1993), il che è ragionevole sebbene alcuni studi abbiano mostrato una certa variabilità nel tasso di crescita tra la corona e l'apice delle radici (Dean 2009; Dean e Cole 2013). Prima di effettuare le sezioni, è stata misurata la lunghezza totale della dentina di ogni dente per stimare il tasso di crescita a partire della dimensione reale. Per ogni dente, lo sviluppo temporale della dentina è stato diviso per questa lunghezza per valutare il tempo di crescita corrispondente a 1 mm. Questi risultati sono stati moltiplicati per le misure effettive di ogni singola sezione ottenuta da ciascun dente. In questo modo, è stato possibile tener conto della variabilità del tasso di crescita tra gli individui (Dean e Vesey 2008; Liversidge-Dean-Molleson 1993; Dean *et alii* 1993).

I dati derivati dalla dentina incrementale sono poi contestualizzati con valori ottenuti dal collagene osseo di individui adolescenti ed adulti rinvenuti nelle stesse grotte o da siti poco distanti, sempre localizzati nel Finalese. Questi dati sono in parte ricavati da studi precedenti (Goude-Binder-Del Lucchese 2014; Le Bras-Goude *et alii* 2006; 2020; Mannino *et alii* 2018), in altri casi invece provengono da nuove analisi effettuate appositamente per questa ricerca e da risultati preliminari ottenuti nel progetto in corso sull'età dei metalli. È in effetti estremamente importante conoscere la variabilità dei valori isotopici degli adulti nelle diverse fasi cronologiche perché attraverso questi sono noti i trend alimentari caratteristici dei vari periodi indagati. Contestualizzando, quindi, i risultati dei denti dei subadulti con i dati isotopici degli adulti coevi, non solo è possibile comprendere i cambiamenti delle strategie di svezzamento tra i diversi periodi, ma è anche possibile valutare le differenze tra l'alimentazione dei primi anni di vita e l'intera popolazione di riferimento.

3. RISULTATI

I profili dei risultati per ciascun elemento ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{34}S$) sono visualizzati per l'intero campione nelle figure 3 ($\delta^{15}N$), 4 ($\delta^{13}C$) e 5 ($\delta^{34}S$). Tutte le sezioni di dentina (n=85; da 3 a 18 sezioni per dente) hanno fornito una buona qualità del collagene, con percentuali di C e N che rientrano nei criteri di riferimento internazionali, eccetto la

sezione di un dente di AQ 012. Sulla base del collagene rimanente, le analisi dello zolfo sono state effettuate su 15 sezioni in 5 denti.

Le prime microsezioni del nostro campione rappresentano intervalli di formazione che hanno una età di metà intervallo che varia da 1,2 e 2,6 anni. Sebbene, per alcuni individui, la prima sezione possa aver incluso la dentina formatasi durante il primo trimestre, generalmente il valore di $\delta^{15}N$ del primo intervallo non riflette solo il latte materno, ma probabilmente anche gli alimenti complementari introdotti nella dieta. Nonostante ciò, per tutti gli individui analizzati, il valore di $\delta^{15}N$ di questa prima sezione è sempre il più alto (da 12,2 a 10,1‰), ed è seguito da una forte diminuzione (ad eccezione di un individuo VBQ, ACN 022; fig. 3). L'elevato valore di $\delta^{15}N$ delle prime microsezioni indica che il latte materno costituiva ancora una parte significativa della dieta dell'individuo.

Utilizzando i valori di $\delta^{15}N$ della dentina provenienti dal periodo dell'allattamento esclusivo, è possibile estrapolare il rapporto $\delta^{15}N$ teorico delle madri durante la gravidanza. I dati di riferimento sono stati ottenuti in maniera sperimentale, analizzando latte materno e tessuti dei neonati (Herrscher-Goude-Metz 2017), e indicano che il $\delta^{15}N$ della madre è del 2‰ inferiore al $\delta^{15}N$ del neonato. Se applichiamo questa correzione alla prima microsezione della dentina dei due individui neolitici VBQ ($\delta^{15}N$ 11,9‰ e 11,6‰), il rapporto $\delta^{15}N$ teorico delle madri dovrebbe essere compreso tra 9,6 e 9,9‰, valore che risulta superiore ai valori ottenuti dal tessuto osseo per le femmine adulte VBQ (n = 16; media = 8,9‰; range 8,1-9,5‰). L'individuo ICC ha un $\delta^{15}N$ più basso nella prima sezione rispetto agli individui VBQ, 10.4‰, ma ugualmente non compatibile con il valore di $\delta^{15}N$ registrato nei 3 individui femminili adulti ICC (n = 3; media = 9,0‰; range 8,5-9,7‰). Questo risultato suggerisce che la dieta del neonato durante il periodo coperto dalla prima microsezione fosse fortemente influenzato dal contributo del latte materno, sebbene probabilmente i cibi complementari fossero già stati introdotti.

Ad eccezione di Parmorari 002, risalente al Bronzo finale ($\delta^{15}N$ = 12,2‰), tutti gli individui dell'età dei metalli mostrano valori di $\delta^{15}N$ della prima microsezione minori a quelli del Neolitico VBQ (tra il 10,8 e il 10,1‰), nonostante abbiano generalmente un'età a metà della prima sezione inferiore (fig. 3). Per tutti gli individui, sempre ad eccezione di Parmorari 002, il valore teorico di $\delta^{15}N$ del tessuto osseo delle madri rientra nell'intervallo $\delta^{15}N$ mostrato dal tessuto osseo degli adulti (n = 30, media = 8,4‰; range 6,8-9,7‰, non è stato possibile selezionare unicamente le donne adulte, in quanto si tratta di resti in deposizione secondaria).

Dopo la prima microsezione, i profili di $\delta^{15}N$ di tutti gli individui mostrano una diminuzione, almeno fino all'età di circa 4 anni, ad eccezione dell'individuo risalente al Neolitico ICC (AQ 012), che mostra un forte aumento nella terza e ultima microsezione. La curva di diminuzione fino all'età di circa 4 anni è più ripida negli individui dell'età dei metalli rispetto ai due individui del Neolitico VBQ (fig. 3). Dopo questa età, i profili di $\delta^{15}N$ dei due individui del Neolitico VBQ e di quelli dell'età dei metalli differiscono ulteriormente: tre individui (ANI 002, fine età del Rame; PARM 002, Bronzo finale; ANI 001, età del Ferro) sembrano raggiungere un *plateau*, mentre uno (PARM 003, età del Rame) mostra un aumento (fig. 3). I due individui del Neolitico VBQ mostrano un'interruzione nella diminuzione di $\delta^{15}N$ fino a circa 5-6 anni di età, seguita da un ulteriore calo fino a circa 6,5 anni (per ACN 022) e 9,5 anni (per Arene Candide V), quando raggiungono un *plateau*. Da notare come Arene Candide V mostri un'inversione nelle ultime tre microsezioni, con un aumento costante ed accelerato di $\delta^{15}N$, a partire da circa 11,5 anni fino a circa 14 anni, in prossimità del momento del decesso, stimato tra i 14 e i 16 anni di età.

Per quanto riguarda i risultati del carbonio, i profili dei diversi individui sono in genere sovrapponibili lungo tutto il periodo di sviluppo della dentina, ad eccezione di ANI 002, i cui valori di $\delta^{13}C$ sono nettamente inferiori, e di ANI 001. In questo individuo, le ultime tre sezioni subiscono un rilevante aumento dell'isotopo pesante ^{13}C, dato compatibile con i valori elevati di $\delta^{13}C$ registrati nel suo tessuto osseo (fig. 4). L'individuo VBQ Arene Candide V mostra invece un profilo con ampie variazioni, che diminuisce bruscamente verso i bassi valori di $\delta^{13}C$ mostrati dall'individuo ANI 002 intorno all'età di circa 7 anni, per poi risalire, e diminuire di nuovo nell'ultima sezione.

I profili di $\delta^{34}S$ si distinguono in tre gruppi che sembrano coincidere con diversi momenti cronologici (fig. 5). I valori di $\delta^{34}S$ più alti sono registrati per gli individui del Neolitico ICC (AQ 012) e dell'età del Rame (PARM 003), con un range compreso tra

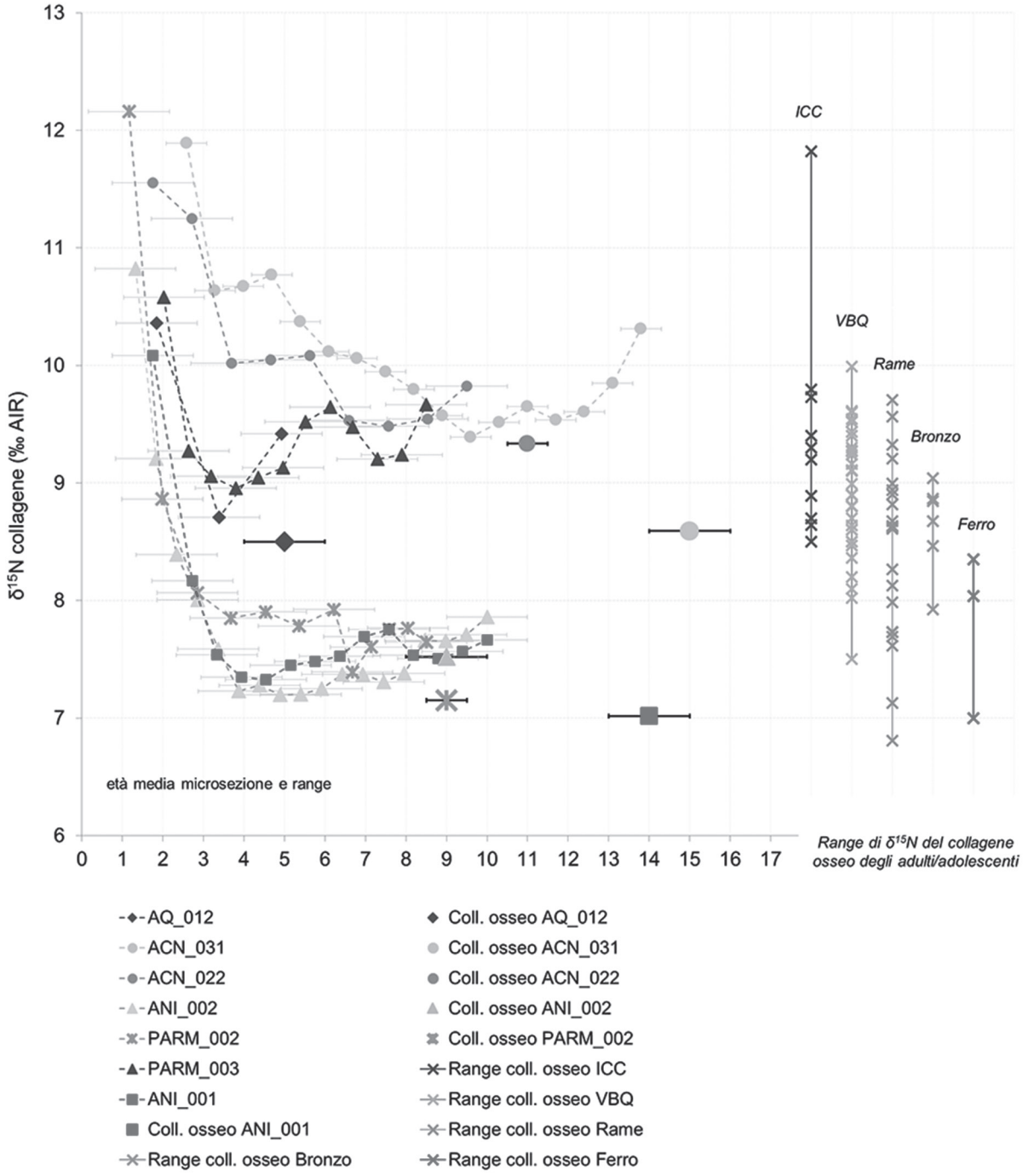

Fig. 3 – Profili dei valori di $\delta^{15}N$ delle microsezioni di dentina di ciascun individuo; quando presenti, sono riportati anche i valori ottenuti dal collagene osseo relativi all'individuo. La variabilità dei valori degli adulti per ogni fase cronologica ottenuta dal collagene osseo è rappresentata sulla destra del grafico (aggiornata da Goude *et alii* 2020).

$\delta^{15}N$ profile of dentine microsections for all individuals. Bone values for each subject are indicated when present. Adult bone collagen variability is provided by period on the right of the graph (updated from Goude et alii *2020).*

10 e 11,5‰. Un individuo risalente alla fine dell'età del Rame (ANI 002) mostra i valori di $\delta^{34}S$ inferiori, da -3,4 a -2,8‰. Infine, gli individui risalenti al Bronzo finale (PARM 002) e all'età del Ferro (ANI 001) mostrano valori bassi, da 2 a 4,9‰.

Per quanto riguarda le analisi del collagene osseo effettuate sugli adolescenti e adulti selezionati dalle stesse grotte dei subadulti considerati per la dentina incrementale e da altri siti in prossimità (Pipistrelli, Camerotto, Grotta

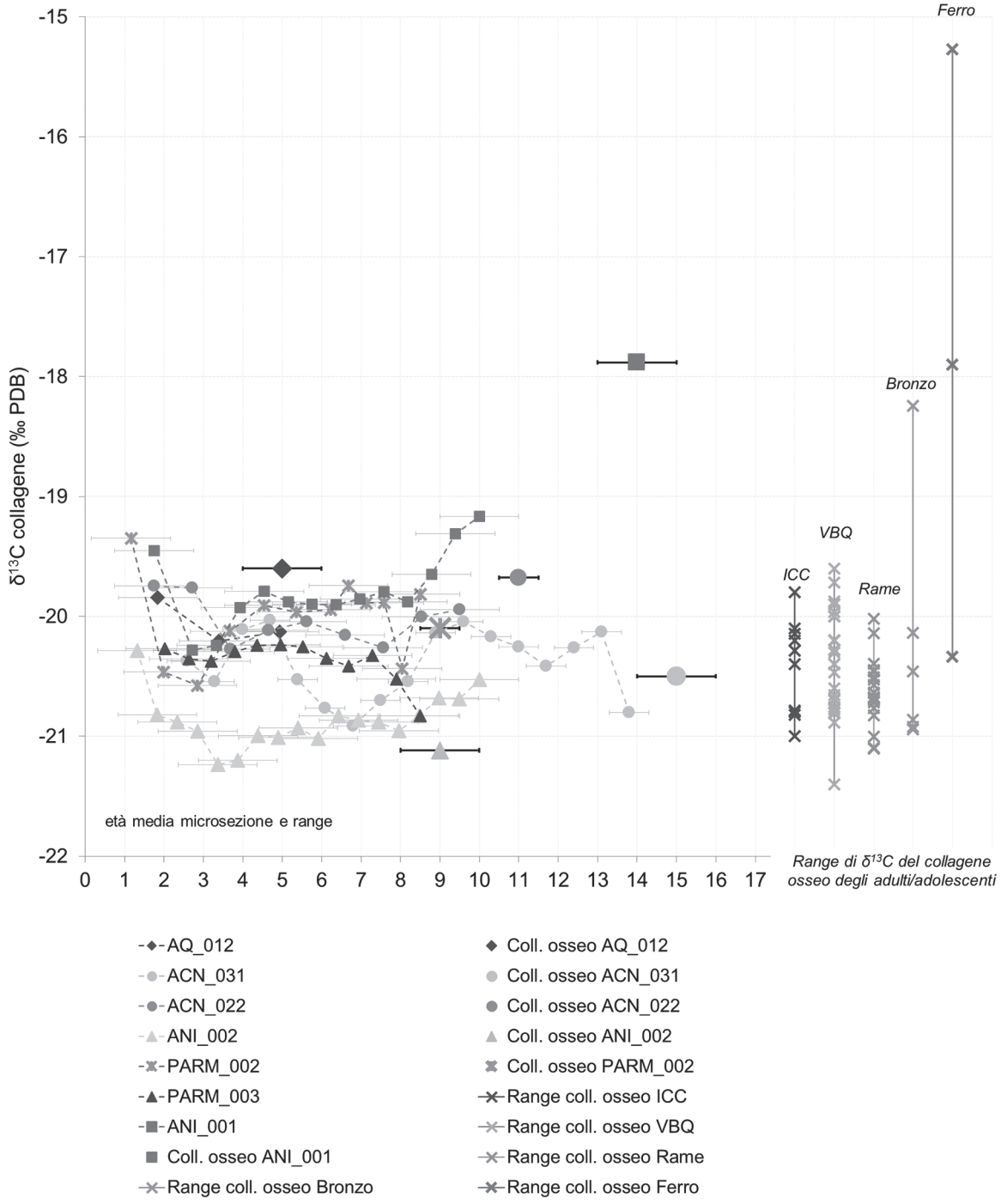

Fig. 4 – Profili dei valori di $\delta^{13}C$ delle microsezioni di dentina di ciascun individuo; quando presenti, sono riportati anche i valori ottenuti dal collagene osseo relativi all'individuo. La variabilità dei valori degli adulti per ogni fase cronologica ottenuta dal collagene osseo è rappresentata sulla destra del grafico (aggiornata da Goude *et alii* 2020).

$\delta^{13}C$ profile of dentine microsections for all individuals. Bone values for each individual are indicated when present. Adult bone collagen variability is provided by period on the right of the graph (updated from Goude et alii *2020).*

dell'Acqua, Arma del Morto, Mandurea, Pollera, Bergeggi, Battorezza), in questo studio si riportano i risultati di 79 individui di cui 10 attribuiti a ICC, 3 a ICC/VBQ, 36 a VBQ, 21 all'età del Rame, 6 dell'età del Bronzo e 3 dell'età del Ferro. I valori si distribuiscono tra 6,8‰ e 11,8‰ per $\delta^{15}N$ e tra -21,4‰ e -15,3‰ per $\delta^{13}C$. Di questi individui, 32 sono stati analizzati per lo zolfo e i valori sono inclusi tra 2,7‰ a 11,1‰, suggerendo una variabilità pari a 8,4, piuttosto

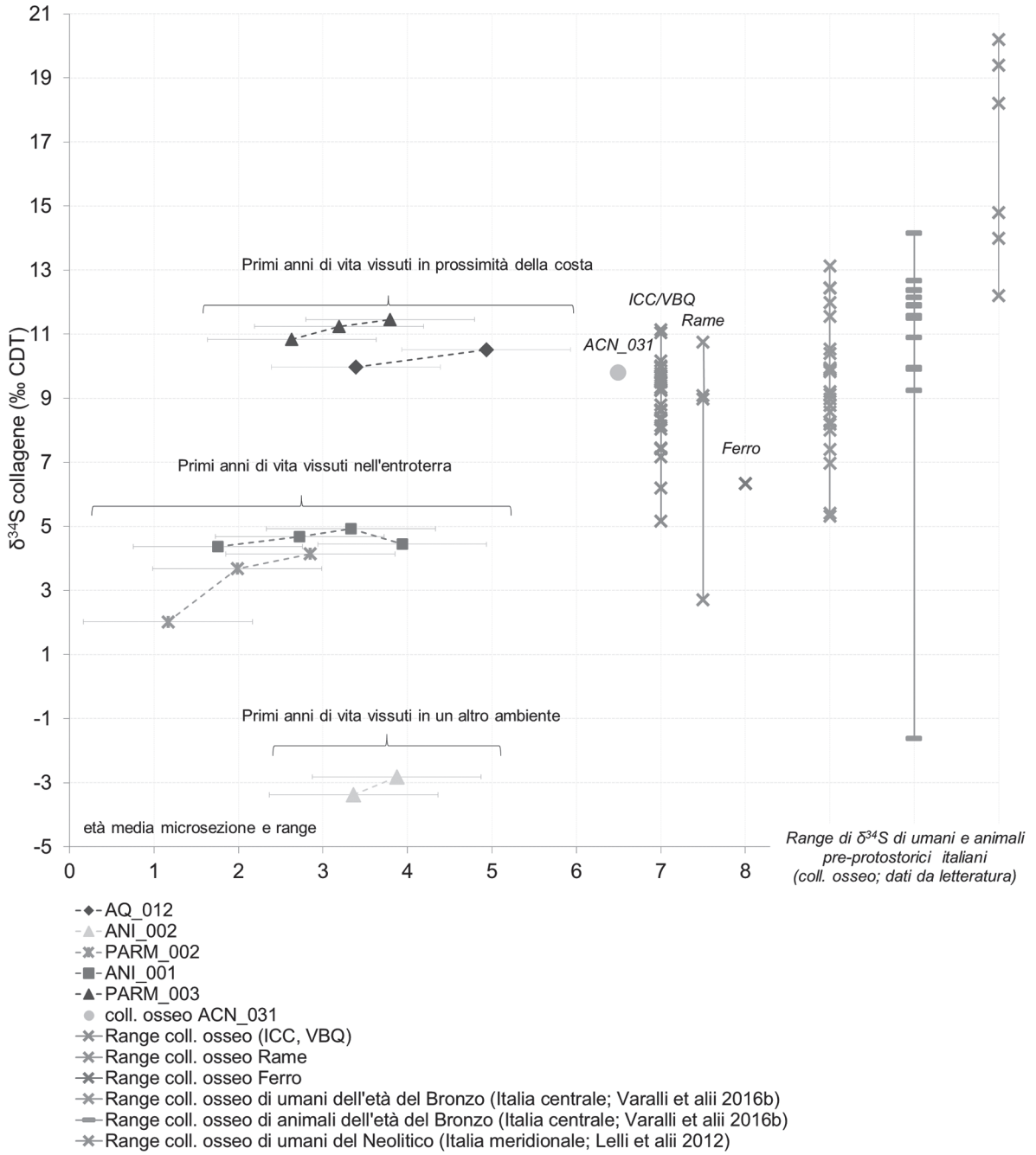

Fig. 5 – Profili dei valori di $\delta^{34}S$ delle microsezioni di dentina di ciascun individuo; quando presenti, sono riportati anche i valori ottenuti dal collagene osseo relativi all'individuo. La variabilità dei valori degli adulti per ogni fase cronologica ottenuta dal collagene osseo è rappresentata sulla destra del grafico (aggiornata da Goude *et alii* 2020).

Sulfur stable isotope ratio profile of dentine microsections for all individuals. Bone values for each individual are indicated when present. Adult bone collagen variability is provided by period on the right of the graph (updated from Goude et alii *2020).*

accentuata considerando che gli individui considerati provengono tutti da grotte limitrofe.

4. Discussione

Questo studio, attraverso l'analisi isotopica della dentina incrementale, ha permesso di tracciare i cambiamenti dell'alimentazione nella prima infanzia in un campione di subadulti preistorici liguri. I risultati permettono di distinguere differenti tempistiche nelle pratiche di allattamento e svezzamento tra gli individui del Neolitico e quelli delle età dei metalli. Grazie anche all'incremento dei dati relativi agli adulti, questa ricerca suggerisce non solo l'accentuarsi di diffe-

renze nella dieta tra le diverse fasi cronologiche, ma ha anche evidenziato possibili fenomeni di incremento della mobilità sul territorio.

4.1 Allattamento e svezzamento

Le ricerche che utilizzano la dentina incrementale generalmente stimano la fine dell'allattamento utilizzando il momento in cui i valori di $\delta^{15}N$ cessano di diminuire ripidamente, raggiungendo un *plateau* (Eerkens-Berget-Bartelink 2011; Beaumont *et alii* 2013; Sandberg *et alii* 2014; Scharlotta *et alii* 2018b). Sulla base di questo principio, la maggior parte degli individui del nostro campione, indipendentemente dalla cronologia, mostra un'interruzione nel ripido declino dei valori $\delta^{15}N$ tra i 3 e i 4 anni di età, ad eccezione di un individuo risalente al Neolitico ICC, Arma dell'Aquila RS3, che discuteremo in maggior dettaglio in seguito. Tuttavia, tra gli individui del Neolitico VBQ e dell'età dei metalli, vi sono evidenti differenze. Per gli individui post-neolitici, infatti, si nota un'inversione dei valori di $\delta^{15}N$, che scendono brevemente al di sotto dei valori del tessuto osseo, per poi tornare a salire. Sandberg e collaboratori (2014) notarono questo pattern (Henderson-Lee-Thorp-Loe 2014) e suggerirono che il fenomeno fosse legato ad un frazionamento relativamente basso dell'azoto, a causa di un periodo in cui l'apporto nutritivo non soddisfa pienamente le esigenze metaboliche durante la crescita (ma non abbastanza severo da tradursi in catabolismo; Fuller *et alii* 2005). Gli stessi autori suggeriscono una possibile causa nel consumo di alimenti complementari con ridotto apporto proteico, come pappe a base di piante C_3 (Sandberg *et alii* 2014). Bisogna notare che l'effetto della discriminazione degli isotopi dell'azoto sul loro andamento è un fenomeno non ancora totalmente compreso, che può portare a sopravvalutare i tempi di svezzamento. Infatti, considerando i valori $\delta^{13}C$ nelle prime microsezioni, anche essi indicativi del processo di svezzamento (Sandberg *et alii* 2014), si può notare un forte calo, tra lo 0,5-1,2‰, tra gli 1 e 2 anni di età in due individui post-neolitici, e tra 2 e 3 anni in uno. Questo segnale può essere correlato all'introduzione di proteine derivate da alimenti ricchi di carboidrati durante lo svezzamento, come le pappe a base di vegetali (Craig *et alii* 2009).

Al contrario, per i due individui risalenti al Neolitico VBQ, il valore di $\delta^{15}N$ della dentina, nel momento in cui la sua curva cessa di diminuire bruscamente, è ancora superiore al valore medio del tessuto osseo degli adulti, ed è seguito da un ulteriore declino dopo un breve plateau. Elevati livelli di $\delta^{15}N$ seguiti da una graduale diminuzione sono stati attribuiti all'uso di alimenti complementari arricchiti in ^{15}N, in particolare proteine di origine animale (Tsutaya e Yoneda 2015; Sandberg *et alii* 2014). Questo sembra coerente con i valori arricchiti in ^{13}C nell'individuo risalente al Neolitico VBQ nelle prime due microsezioni (fino ad un'età di quasi 2 anni), seguiti da un calo tra i 3 e i 4 anni. Alcuni autori, tuttavia, suggeriscono che livelli elevati di $\delta^{15}N$ potrebbero derivare dal catabolismo legato alla malnutrizione (Beaumont e Montgomery 2016; Sandberg *et alii* 2014). È possibile dunque che, durante il Neolitico in Liguria, il processo di svezzamento, che comporta la cessata protezione immunitaria offerta dal latte materno, corrispondesse ad un periodo di intenso stress metabolico. Questo potrebbe essere correlato ad un improvviso e significativo investimento energetico nel sistema immunitario, causato dall'esposizione ad un ambiente a elevato carico infettivo. La presenza di un elevato carico infettivo nel Neolitico ligure è suggerita dalla scoperta di diverse lesioni scheletriche compatibili con tubercolosi osteoarticolare (Formicola-Milanesi-Scarsini 1987; Canci-Minozzi-Borgognini Tarli 1996; Sparacello *et alii* 2017, 2018; Dori *et alii* 2020). Questo stress metabolico può aver portato i rapporti isotopici dell'azoto verso valori negativi; un tale scenario è coerente con il picco nell'incidenza della ipoplasia lineare dello smalto, un indicatore di disturbi nel normale sviluppo, attorno ai 2-3 anni (Orellana-Gonzales *et alii* 2020; Dori *et alii* questo volume), e con i successivi ritardi nello sviluppo postcranico osservato nel campione neolitico ligure (Dori *et alii* 2020). Inoltre, nel caso in cui del latte di origine animale fosse stato introdotto durante lo svezzamento, questo può aver determinato un aumento della morbilità infantile (infezioni gastrointestinali), e carenze di micronutrienti (Oliver *et alii* 2009; Claeys *et alii* 2013), influenzando quindi anche i valori $\delta^{15}N$.

L'analisi della dentina incrementale dei primi molari e dei canini permanenti può aiutare a stimare il momento dello svezzamento attraverso l'identificazione dei picchi di valori di $\delta^{15}N$ e $\delta^{13}C$, ma non consente un'indagine ad alta risoluzione del primo anno di vita, quando l'allattamento cessa, in teoria, di essere esclusivo e comincia il

processo di svezzamento (Beaumont *et alii* 2018). Tuttavia, se si considera la differenza in $\delta^{15}N$ tra i tessuti del neonato e il latte materno, si può dedurre come, nella maggior parte degli individui qui studiati, il valore $\delta^{15}N$ nelle prime microsezioni fosse vicino al picco. I due individui risalenti al Neolitico VBQ mostrerebbero quindi dei profili di decremento più "dolci", con un picco più tardo, possibilmente tra 1,5-2 anni di età, rispetto agli individui dell'età dei metalli, che presentano un declino in $\delta^{15}N$ più ripido, e un picco stimato tra <1 e 1,5 anni. Questa valutazione è anche supportata dai dati $\delta^{13}C$ delle prime microsezioni.

4.2 Mortalità e stress metabolici

Arma dell'Aquila RS3, risalente al Neolitico ICC, è il soggetto più giovane tra gli individui studiati, con età alla morte tra i 4-6 anni; questo subadulto mostra un profilo isotopico peculiare. L'andamento di $\delta^{15}N$ tra la prima e la seconda microsezione risulta simile a quello della maggior parte degli individui risalenti all'età dei metalli, ma è seguito da un forte incremento di $\delta^{15}N$, a cui non corrisponde nessun aumento significativo di $\delta^{13}C$. Questo suggerisce un intenso stress metabolico (Beaumont e Montgomery 2016; de Luca *et alii* 2012). Si può ipotizzare che questo individuo sia stato soggetto ad uno svezzamento più rapido, verosimilmente con un'introduzione di alimenti complementari di origine vegetale, forse a causa di una carenza di latte materno (ad es. Moucheraud *et alii* 2015). Questo potrebbe aver diminuito le possibilità di sopravvivenza; una relazione tra l'età dello svezzamento con gli estremi di precocità e tardività correlati con maggiore mortalità è stata osservata in studi etnografici di comunità moderne (ad es. Lindstrom e Bernau, 2000; Caulfield-Huffman-Piwoz 1999; Tenfelde *et alii* 2012), e suggerita in alcune ricerche bioarcheologiche (ad es. King-Humphrey-Hillson 2005; Pearson *et alii* 2010; Sandberg *et alii* 2014).

All'estremo opposto, l'individuo che mostra il profilo di decremento in $\delta^{15}N$ meno brusco e più prolungato, e quindi forse soggetto a pratiche di svezzamento più differite, è Arene Candide V. Questo individuo morì a circa 15 anni di età, probabilmente a causa della tubercolosi osteoarticolare di cui mostra le lesioni scheletriche, ed è caratterizzato da una crescita limitata sia in statura che per lo sviluppo corticale delle ossa lunghe (Sparacello *et alii* 2016; Dori *et alii* 2020). Dopo un *plateau* post-svezzamento, il profilo di $\delta^{15}N$ per questo individuo mostra un netto cambiamento a partire da circa 11,5 anni, aumentando progressivamente fino all'ultima microsezione, che copre il periodo intorno ai 14 anni di età, cioè vicino al momento del decesso. Contemporaneamente, il profilo $\delta^{13}C$ mostra una netta diminuzione (anche se si nota un leggero aumento seguito poi da una riduzione dei valori nell'ultima microsezione). Come accennato in precedenza, profili di $\delta^{15}N$ e $\delta^{13}C$ divergenti sono interpretati come indicatori di malnutrizione e catabolismo (Beaumont e Montgomery 2016; Sandberg *et alii* 2014) che per questo individuo sono probabilmente legati alla tubercolosi (Macallan 1999; Schwenk e Macallan 2000; del Rey *et alii* 2007). L'inizio del periodo di catabolismo, almeno 2-3 anni prima della morte, è coerente con le stime sull'inizio dell'infezione basate sul livello di gracilizzazione scheletrica e sull'ipoplasia dello smalto (Formicola-Milanesi-Scarsini 1987; Sparacello *et alii* 2016). Una tale stima è anche simile all'aspettativa di vita dei casi di tubercolosi prima che esistesse un trattamento antibiotico, sebbene la variabilità individuale fosse elevata (Tiemersma *et alii* 2011). Questo risultato sembra confermare ulteriormente che, già nel Neolitico, la progressione della tubercolosi fosse lenta e cronica, caratteristica questa di malattie con una lunga storia di coevoluzione tra il patogeno e l'organismo ospitante (Sparacello *et alii* 2016).

4.3 Dal Neolitico alle età dei metalli: cambiamenti diacronici nei modelli di sussistenza, strategie adattive e mobilità

Questo studio, nonostante il ridotto numero di individui analizzati, ha permesso di mettere in evidenza l'emergere di importanti cambiamenti diacronici, non solo a livello delle strategie di allattamento e svezzamento, ma anche l'insorgenza di abitudini alimentari differenti tra le comunità del Neolitico e quelle dei periodi successivi.

I primi studi isotopici mirati alla ricostruzione della dieta per le età dei metalli avevano già rilevato cambiamenti significativi dei pattern alimentari tra il Bronzo finale e l'età del Ferro in Liguria, indicando un incremento nel consumo di piante C_4, come il miglio (Varalli-Goude-Del Lucchese 2015): questi cereali, infatti, sembra vengano a sostituirsi alle colture più tradizionali di grano e orzo in comunità come Buco del Diavolo,

nell'entroterra imperiese. Questo cambiamento nella dieta, che vede l'aumento dell'importanza delle piante C_4 rispetto a quelle C_3, è associato all'introduzione di nuove pratiche agricole, e nelle regioni centrali del nord e nel nord-est della penisola sembra verificarsi prima, col passaggio cioè tra il Bronzo antico e il Bronzo medio (Tafuri-Craig-Canci 2009; Tafuri *et alii* 2018; Varalli *et alii* 2016a, Varalli *et alii* 2022). Nonostante non siano attualmente note le ragioni che spingono le varie comunità a modificare le strategie di produzione, si ipotizza che le cause di questo fenomeno siano molteplici. La principale consiste in un irrigidimento climatico responsabile di un clima più freddo e umido alle medie latitudini che, aggiungendosi ad un eccessivo sfruttamento dei suoli per le intense attività antropiche, si ritiene abbia indotto le comunità agropastorali a modificare le scelte dei prodotti agricoli. Infatti pare che queste siano maggiormente rivolte verso colture meno sensibili alle variazioni climatiche e con elevate capacità di adattamento e tollerabilità ai diversi ambienti, come le migliacee (ad es. cambiamenti climatici: Magny 2004; Mayewski *et alii* 2004; vegetazione e impatto antropico all'età del Bronzo in Nord Italia: Cremaschi 2009; Valsecchi *et alii* 2006).

Nonostante le indagini isotopiche sulle età dei metalli della Liguria siano ad oggi ancora limitate, i risultati preliminari permettono di intravedere prospettive interessanti riguardo i cambiamenti alimentari nel tempo. Infatti, nel campione di individui adulti qui considerato, è possibile evidenziare un trend di diminuzione nel tempo dei valori di $\delta^{15}N$ (fig. 3), come già evidenziato in Goude *et al.* (2020). Per quanto riguarda i valori di $\delta^{13}C$, l'andamento non è costante dal Neolitico all'età del Ferro: dal Neolitico ICC all'età del Rame si nota infatti una lieve diminuzione dei valori di $\delta^{13}C$ che sembrano però tornare ad aumentare nelle fasi successive, soprattutto nell'età del Ferro (Goude *et alii* 2020), ma anche in un individuo della tarda età del Bronzo incluso in questo studio (fig. 4). Le cause di questo andamento, sia per l'azoto che per il carbonio, sono sicuramente legate ai cambiamenti nelle modalità di sussistenza, che vedono da una parte una diminuzione del consumo di cibi a base di proteine animali (carne e derivati) e dall'altra un incremento nella proporzione di proteine di origine vegetale. Inoltre, l'andamento del $\delta^{13}C$ suggerisce che fino all'età del Rame i vegetali consumati fossero prevalentemente di tipo C_3, e successivamente furono integrati e/o sostituiti da quelli di tipo C_4. Anche i valori di $\delta^{13}C$ del tessuto osseo del subadulto risalente all'età del Ferro (ANI 001) sono elevati, e l'analisi della dentina incrementale suggerisce che questo aumento, indicativo di un significativo consumo di alimenti derivati da piante C_4, cominciò dall'età di circa 8 anni. Questa evidenza suggerisce che, dopo lo svezzamento, la dieta dei bambini fosse in linea con la dieta degli adolescenti e degli adulti. È bene sottolineare che il quadro qui delineato è preliminare, poiché basato su un numero ridotto di individui, e verrà ulteriormente approfondito in un progetto attualmente condotto da uno degli autori (AV: progetto MetalLI).

Nonostante il limitato numero di campioni, anche le pratiche di svezzamento ricostruite tramite il metodo della dentina incrementale sembrano mostrare un pattern diacronico all'interno delle età dei metalli. Con l'età del Rame, il *pattern* di svezzamento sembra abbreviato rispetto al Neolitico VBQ, ma con una dieta infantile post-svezzamento simile (individuo Parmorari 003). A partire dalla fine dell'età del Rame, sia il *pattern* di svezzamento che la dieta successiva sembrano essere significativamente differenti, con una ulteriore riduzione del periodo di allattamento e svezzamento e una dieta più ricca di proteine di origine vegetali durante tutta l'infanzia (e l'età adulta). Come discusso sopra, a partire dall'età del Ferro ulteriori variazioni riguardano l'introduzione delle piante a ciclo C_4. Ovviamente, non si può escludere che le differenze osservate siano in realtà dovute ad una variabilità all'interno della popolazione in termini di dieta e strategie di svezzamento (ad es. Howcroft 2013; Howcroft-Eriksson-Lidén 2014), ma l'interpretazione su base diacronica sembra essere supportata dai risultati ottenuti dai profili di $\delta^{34}S$ della dentina.

I profili di $\delta^{34}S$ della dentina sono disponibili solo per alcuni individui e risultano incompleti in seguito alla mancanza di collagene sufficiente per effettuare le analisi su tutte le sezioni. Tuttavia, anche per essi si distinguono tre diversi gruppi in base alla cronologia. Il primo gruppo comprende i subadulti del Neolitico ICC e dell'età del Rame; questi non mostrano cambiamenti sostanziali tra i 2,5-3,5 anni e presentano valori simili a quelli registrati dal tessuto osseo degli adulti ICC e VBQ e dell'adolescente VBQ Arene Candide V. Le analisi relative agli isotopi dello zolfo sono attualmente molto limitate in Italia; ciò nonostante,

sulla base dei dati disponibili, i valori di questi due subadulti sono compatibili con quelli rilevati in popolazioni che vivono sulla costa (Lelli *et alii* 2012; Varalli *et alii* 2016b). Il secondo gruppo è rappresentato da un unico individuo, datato alla fine dell'età del Rame, che mostra valori poco comuni nell'area del Mediterraneo e che sono generalmente più caratteristici di aree lontane dal mare (Lelli *et alii* 2012; Varalli *et alii* 2016b). È interessante notare come questo individuo abbia risultati simili al $\delta^{34}S$ del collagene osseo di un altro subadulto perfettamente coevo e sepolto nello stesso sito, Arma delle Anime ($\delta^{34}S$ = -1,9‰ e non rappresentato in figura 5 perché subadulto). Si potrebbe ipotizzare quindi che questi due infanti, mostrando valori così simili, siano originari di un'altra zona e che probabilmente si siano spostati insieme con l'intero nucleo familiare o con una ristretta comunità nell'area dove son stati infine sepolti.

L'ultimo gruppo, il terzo, è rappresentato dai due subadulti risalenti al Bronzo finale e all'età del Ferro: questi hanno un profilo $\delta^{34}S$ omogeneo tra i 2 e 4 anni, con valori anch'essi caratteristici dell'entroterra, ma diversi da quelli precedenti (Drucker *et alii* 2018; Rey *et alii* 2019). L'individuo del Bronzo finale mostra un aumento in $\delta^{34}S$ tra ca. 1 e 2 anni, variazione che potrebbe riflettere la mobilità tra diverse località dell'entroterra e/o una modifica dell'alimentazione a causa dello svezzamento.

La grande variabilità di $\delta^{34}S$ rilevata tra gli individui può essere giustificata dal fatto che la Liguria, dal punto di vista geologico, si presenta piuttosto variegata. A questo si aggiunge la geomorfologia di un territorio in gran parte montuoso che rende le differenze tra i valori isotopici dell'entroterra (generalmente inferiori a 6‰) e della costa (tendenzialmente al di sopra di 7-10‰) maggiormente accentuati. In generale, i valori $\delta^{34}S$ rilevati negli individui che vivono sulla costa possono essere più elevati a causa di un maggiore consumo di risorse marine, o in seguito al cosiddetto *"sea spray effect"* dovuto alle brezze marine che trasportano aerosol ricchi in solfati. Sulla base dei risultati ottenuti dal carbonio e dall'azoto, è probabilmente quest'ultimo fenomeno la causa dei valori elevati in $\delta^{34}S$ presso i neolitici liguri. Inoltre, la differenza tra i valori dell'entroterra e della costa sono particolarmente accentuati in un territorio come la Liguria, in quanto le brezze marine difficilmente riescono a penetrare per chilometri nell'entroterra (ad es. Nehlich 2015). I risultati isotopici preliminari ottenuti da individui selezionati nelle grotticelle della Valle Argentina (estremità occidentale della Liguria di Ponente), situate nell'entroterra e anche ad altitudini piuttosto elevate, oltre i 1000 m.s.l.m., presentano valori terrestri inferiori a 7,3‰ e compatibili con i valori dei due individui dell'età del Bronzo e del Ferro (Varalli-Gröcke-Skeates 2020). Questa evidenza suggerisce quindi che i due individui abbiano passato i loro primi anni di vita in aree lontane dalla costa e, visto la similarità dei risultati, non possiamo escludere che provengano proprio da questa zona della Liguria. Unici e differenti da tutti i risultati della Liguria sono i due individui dell'età del Rame sopra menzionati (gruppo 2), per i quali si ipotizza un'origine differente, probabilmente esterna alla Liguria ma comunque lontano dalla costa.

Sebbene sia difficile poter capire il luogo di origine di un individuo, questo studio mostra la necessità di effettuare ulteriori analisi sul territorio e su aree vicine per avere maggiori informazioni sui valori dello zolfo, e definire in modo più preciso la variabilità locale.

I risultati di questo studio, quindi, suggeriscono che i cambiamenti nella dieta e nelle pratiche di allattamento e svezzamento desunti dai profili di $\delta^{15}N$, $\delta^{13}C$ e $\delta^{34}S$, potrebbero essere giustificati, in parte, da fenomeni di mobilità in Liguria di persone provenienti da aree diverse, aventi strategie di sussistenza e colture differenti. Particolarmente interessante è la differenza tra 1) l'individuo della piena età del Rame, che mostra una pratica di svezzamento diversa dal VBQ, ma presenta similarità con i profili isotopici degli individui del Neolitico nella tarda infanzia, e 2) l'individuo della tarda età del Rame, che sembra avere non solo uno svezzamento, ma anche una dieta successiva differente, dati i valori di $\delta^{13}C$, e presumibilmente non ha un'origine locale (valori $\delta^{34}S$). Questo risultato potrebbe essere associato ai cambiamenti socio-culturali e all'aumento delle migrazioni legate alla diffusione della cultura del Vaso Campaniforme in tutta Europa, che in Liguria si è verificata nella seconda metà del terzo millennio BCE (Chiarenza 2007; Chiarenza-Del Lucchese-Rossi 2012). Ulteriori dati per testare questo interessante risultato deriveranno dal progetto in corso dedicato nello specifico alle età dei

metalli in Liguria (progetto MetalLI, JRF-Marie Curie COFUND, Durham University; AV).

4.4 Life history, fattori ambientali, limiti dello studio e considerazioni finali

Sebbene le tempistiche dell'introduzione degli alimenti complementari e dello svezzamento siano difficili da definire con precisione, questo studio ha evidenziato cambiamenti diacronici nei profili isotopici, che si accompagnano con l'evoluzione dei sistemi di sussistenza nel periodo tra il Neolitico e l'età del Ferro in Liguria. Come previsto, tutti gli individui qui analizzati mostrano una riduzione dei tempi di allattamento rispetto alle popolazioni cacciatori-raccoglitori, sia moderne che preistoriche, per cui lo svezzamento si conclude tra i 3 e i 5 anni di età. Tuttavia, all'interno del campione analizzato, gli individui risalenti al Neolitico VBQ mostrano cambiamenti più graduali nei profili dei rapporti isotopici durante la crescita, in netto contrasto con gli individui datati alle età dei metalli. Nel complesso, questo suggerisce che le pratiche di svezzamento dei VBQ liguri possano essere tra le più prolungate, all'interno della variabilità mostrata dai primi agricoltori preistorici (Howcroft 2013; Howcroft-Eriksson-Lidén 2014; Pearson *et alii* 2010, 2015; Cienkosz-Stepanczak *et alii* 2017; Fernández-Crespo *et alii* 2018; Scharlotta *et alii* 2018b) e delle agricolture tradizionali odierne (Sellen 2001, 2006, 2007, 2009; Dettwyler 2004; Kennedy 2005; Marlowe 2005; Sellen e Smay 2001), che varia generalmente tra i 2 e i 4 anni di età.

Quali possono essere i motivi ambientali di questo adattamento? Come già rilevato, le pratiche di allattamento e svezzamento sono il risultato di una mediazione tra fattori ecologici, culturali, e strategie parentali. Teoricamente, le strategie mirano a massimizzare l'esito del "dilemma dello svezzamento", cioè il bilanciamento tra nutrizione, sviluppo, e protezione immunologica adeguata (Waterlow 1981; McDade e Worthman 1998; Rowland-Barrell-Whitehead 1978), senza però mettere a repentaglio la capacità riproduttiva futura. Pratiche di svezzamento e allattamento prolungate sono più comuni in situazioni in cui le risorse alimentari sono limitate e di scarsa qualità, quando la crescita è percepita come insoddisfacente, e in presenza di ambienti a elevato carico infettivo (Sellen 2001b, 2007; Cantrelle e Leridon 1971; McDade e Worthman 1998; Lindstrom e Berhanu 2000). Tutte queste motivazioni, ma soprattutto quest'ultima, sembrano plausibili per il Neolitico VBQ della Liguria, dove sembra vi sia stata una notevole diffusione di patologie infettive come la tubercolosi (TBC).

Tuttavia, va notato che nessun degli individui qui considerati ha raggiunto l'età adulta, ed un soggetto VBQ è deceduto proprio di tubercolosi. È quindi possibile che i risultati di questo studio non riflettano in realtà le pratiche di svezzamento ottimali, ma piuttosto delle strategie sub-ottimali, che aumentarono la suscettibilità dell'individuo ai rischi ambientali, e portarono ad una minore possibilità di sopravvivenza. Una correlazione negativa tra pratiche di svezzamento prolungate e la successiva probabilità di sopravvivenza è stata esplorata in uno studio bioarcheologico di una popolazione medievale del Sudan, in cui si è evidenziato come gli individui morti in età adulta fossero stati svezzati prima, in media, degli individui morti in età infantile (Sandberg *et alii* 2014). Allo stesso modo, uno studio su gruppi Neolitici stanziati in Turchia (VII-IX millennio BCE) suggerisce tassi di mortalità infantile significativamente più alti presso quelle comunità in cui l'introduzione dei cibi complementari appare posticipata, fino a circa due anni, rispetto ai villaggi dove lo svezzamento esclusivo non andava oltre il primo anno di età (Pearson *et alii* 2010).

Le problematiche legate alla ricostruzione dei parametri di *life history* di una popolazione preistorica sulla base dei resti scheletrici, e quindi di quella frazione di popolazione che è deceduta ad una data età, è un problema ben noto in bioarchaeologia (cf. "paradosso osteologico"; Wright e Yoder 2003; DeWitte e Stojanowski 2015; Wood *et alii* 1992). Infatti, le caratteristiche dei defunti potrebbero non rispecchiare quelle degli individui viventi, ma della frazione più fragile, e quindi essere poco indicative delle reali condizioni e dei comportamenti della popolazione. Purtroppo questo problema è inevitabile, in particolare quando si utilizza una metodologia come quella della dentina incrementale, che necessita di denti con una corona ben preservata. In un contesto di intensa usura dentale, come il Neolitico e le età dei metalli, questo fattore limita necessariamente l'indagine a individui giovani, che non sono sopravvissuti fino all'età adulta, e quindi sono più probabilmente rappresentativi della frazione fragile della popolazione.

In conclusione, i risultati ottenuti in questo studio suggeriscono differenze nelle pratiche di

svezzamento, dieta, e mobilità dal Neolitico alle età dei metalli, e contribuiscono al dibattito sui fattori che influenzarono la fertilità femminile e la crescita demografica nei primi agricoltori. La riduzione dei tempi di svezzamento, con il conseguente accorciamento della separazione temporale tra le nascite, sembra essere cominciata nel Neolitico, ma con ulteriori significative diminuzioni a partire dalla tarda età del Rame e prima età del Bronzo. Significativi cambiamenti diacronici nella dieta adulta e nel tipo di alimenti complementari sono osservabili diacronicamente, con un progressivo aumento dell'importanza delle risorse vegetali, soprattutto di tipo C_4 a partire dall'età del Bronzo. Sebbene sia difficile distinguere le strategie adattative dalle pratiche culturali, questo studio suggerisce che le pratiche di svezzamento relativamente prolungate per una popolazione agro-pastorale, riscontrate nel neolitico ligure, potrebbero essere legate ad un elevato carico infettivo ambientale.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le provincie di Imperia, La Spezia e Savona, per aver concesso l'accesso alle collezioni scheletriche, in particolare il Soprintendente Vincenzo Tiné e i funzionari Marta Conventi, Stefano Costa e Nico Radi. Siamo grati ai direttori, ai curatori e al personale dei musei in cui sono conservati i reperti osteologici per la continua assistenza durante la raccolta dei dati: Daniele Arobba, Andrea De Pascale (Museo Archeologico del Finale, Finale Ligure), Patrizia Garibaldi, Guido Rossi, Irene Molinari (Museo di Archeologia Ligure, Genova) e Monica Zavattaro (Museo di Storia Naturale - Sezione di Antropologia e Etnologia, Università degli Studi di Firenze). A Chiara Panelli, Stefano Rossi, Roberto Maggi, Vincenzo Formicola, Giovanni Murialdo, Elisa Bianchi, Simona Mordeglia, Giuseppe "Cisque" Vicino, Maria Tagliafico, Walter Siciliano, Jacopo Moggi, Giovanna Stefania, Luca Bachechi, Chiara Bullo e Brunetto Chiarelli per il loro prezioso aiuto e contributo scientifico.

Le date AMS eseguite presso il "Centre de Datation par le RadioCarbone, UMR 5138 "Archéométrie et Archéologie", Lione" hanno beneficiato del supporto del programma "ARTEMIS". Siamo grati a Sanne Palstra e a tutto lo staff del Centre for Isotope Research (CIO), Università di Groningen, per l'assistenza continuativa durante l'analisi.

Il progetto BUR.P.P.H.: "Burial practices at the Pleistocene - Holocene transition: the changing role of pathology, violence, and "exceptional events"" (PI: VSS) ha ricevuto il sostegno finanziario dello Stato francese nell'ambito del programma IdEx Bordeaux: Initiative d'excellence de l'Université de Bordeaux ANR-10-IDEX-03-02. Il progetto DEN.P.H.: "Dental anthropology at the Pleistocene-Holocene transition - insight on lifestyle and funerary behaviour from Neolithic Liguria (Italy)" (PI: ID) è finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione di sovvenzione Marie Skłodowska-Curie n. 752626. ES è cofinanziata dal PRA 2018-Università di Pisa, "Paesaggi funerari tra rito e società. Nuovi approcci allo studio delle necropoli nel mondo antico".

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ALQAHTANI S.J., HECTOR M.P., LIVERSIDGE H.M. (2010) - Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption, *American Journal of Physical Anthropology* 142(3): 481-490.

AMBROSE S.H. (1993) - Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretative considerations, in SANDFORD M.K., ed. - *Investigations of ancient human tissue Chemical analyses in Anthropology*. Langhorne: Gordon and Breach Science Publishers, 59-130.

ARMELAGOS G.J., GOODMAN A.H., JACOBS K.H. (1991) - The origins of agriculture: population growth during a period of declining health, *Population and Environment* 13: 9-22.

AMUNDSON R., AUSTIN A.T., SCHUUR E.A.G., YOO K., MATZEK V., KENDALL C., UEBERSAX A., BRENNER D., BAISDEN W.T. (2003) - Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen, *Global Biogeochemical Cycles* 17(1): 1031.

ARMIT I., SHAPLAND F., MONTGOMERY J., BEAUMONT J. (2015) - Difference in death? A lost Neolithic inhumation cemetery with Britain's earliest case of rickets, at Balevullin, Western Scotland, *Proceedings of the Prehistoric Society* 81: 199–214.

AROBBA D., CARAMIELLO R. (2006) - Rassegna dei ritrovamenti paleobotanici d'interesse alimentare in Liguria tra Neolitico ed età del Ferro e variazioni d'uso del territorio. *Atti Soc. Nat. Mat. Modena* 137: 255-274.

AROBBA D., CARAMIELLO R., DEL LUCCHESE A. (2003) - Archaeobotanical investigations in Liguria: preliminary data on the early Iron Age at Monte Trabocchetto (Pietra

Ligure, Italy). *Vegetation History and Archaeobotany* 12: 253–262.

Arobba D., Panelli C., Caramiello R., Gabriele M., Maggi R. (2017) - Cereal remains, plant impressions and 14C direct dating from the Neolithic pottery of Arene Candide Cave (Finale Ligure, NW Italy), *Journal of Archaeological Science: Reports* 12: 395-404.

Bagolini B., Biagi P. (1990) - The radiocarbon chronology of the Neolithic and Copper Age of northern Italy, *Oxford Journal of Archaeology* 9: 1-23.

Bareschino A., Del Lucchese A., Formicola V. (2013) - Condizioni di vita e comportamento funerario in valle Argentina (IM) tra il IV e il I millennio a.C., *Archeologia in Liguria* IV (2010-2011): 278-280.

Battaglia F.C., Regnault T.R.H. (2001) - Placental Transport and Metabolism of Amino Acids, *Placenta* 22(2): 145-161.

Beaumont J., Gledhill A., Lee-Thorp J., Montgomery J. (2013) - Childhood diet: a closer examination of the evidence from dental tissues using stable isotope analysis of incremental human dentine, *Archaeometry* 55(2): 277-295.

Beaumont J., Montgomery J. (2015) - Oral histories: A simple method of assigning chronological age to isotopic values from human dentine collagen, *Annals of Human Biology* 42(4): 407–414.

Beaumont J., Montgomery J. (2016) - The great Irish famine: Identifying starvation in the tissues of victims using stable isotope analysis of bone and incremental dentine collagen, *PLoS One* 11(8): e0160065.

Beaumont J., Montgomery J., Buckberry J., Jay M. (2015) - Infant mortality and isotopic complexity: New approaches to stress, maternal health, and weaning, *American Journal of Physical Anthropology* 157(3): 441–457.

Beaumont J., Atkins E.-C., Buckberry J., Haydock H., Horne P., Howcroft R., Mackenzie K., Montgomery J. (2018) - Comparing apples and oranges: Why infant bone collagen may not reflect dietary intake in the same way as dentine collagen, *American Journal of Physical Anthropology* 67: 524–540.

Bellwood P., Oxenham M. (2008) - The expansions of farming societies and the role of the Neolithic demographic transition, in Bocquet-Appel J.-P., Bar-Yosef O., eds. - *The Neolithic Demographic Transition and its Consequences.* New York: Springer, 13-34.

Bentley G.R., Paine R.R., Boldsen J.L. (2001) - Fertility changes with the prehistoric transition to agriculture. Perspectives for reproductive ecology and paleodemography, in Ellison P., ed. - *Reproductive ecology and human evolution*. New York: Aldine de Gruyter, 203-232.

Bernabò Brea L. (1946) - *Gli scavi nella Caverna delle Arene Candide. Parte Prima: gli strati con ceramiche*. Collezione di Monografie Preistoriche ed Archeologiche Vol. 1 Rivista di Studi Liguri 12. Bordighera: Istituto di Studi Liguri.

Bevan A., Colledge S., Fuller D., Fyfe R., Shennan S., Stevens C. (2017) - Holocene population, food production, and climate, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (49): E10524-E10531.

Binder D., Battentier J., Delhon C., Sénépart I. (2017) - In pursuit of a missing transition: the Mesolithic and Neolithic radiocarbon chronology at La Font-aux-Pigeons rockshelter, *Antiquity* 91: 605-620.

Binder D., Sénépart I. (2010) - La séquence de l'Impresso-Cardial de l'abri Pendimoun et l'évolution des assemblages céramiques en Provence, *Mémoire de la Société Préhistorique française* 51: 149-167.

Boccone S., Micheletti Cremasco M., Bortoluzzi S., Moggi-Cecchi J., Rabino Massa E. (2010) - Age estimation in subadult Egyptian remains, *HOMO* 61: 337-358.

Bocherens H., Drucker D. (2003) - Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems, *International Journal of Osteoarchaeology* 13: 46-53.

Bocquet-Appel J.-P. (2002) - Paleoanthropological traces of a Neolithic demographic transition, *Current Anthropology* 43: 637-650.

Bocquet-Appel J.-P. (2009) - The demographic impact of the agricultural system in human history, *Current Anthropology* 50: 657-660.

Bocquet-Appel J.-P. (2011a) - When the World's Population Took Off: The Springboard of the Neolithic Demographic Transition, *Scienc*e 333: 560- 561.

Bocquet-Appel J.-P. (2011b) - The agricultural demographic transition during and after the agriculture inventions, *Current Anthropology* 52: S497-S510.

Bocquet-Appel J.-P., Naji S., Vander Linden M., Koslowski J.K. (2009) - Detection of diffusion and contact zones of early farming in Europe from the space-time distribution of 14C dates, *Journal of Archaeological Sciences* 36: 807-819.

Bogucki P., Crabtree P.J., eds. (2004) - *Ancient Europe 8000 BC – AD 1000* Vol II. New York: Charles Scribner's Sons.

Buikstra J.E., Konigsberg L.W., Bullington J. (1986) - Fertility and the development of agriculture in the Prehistoric Midwest, *American Antiquity* 51: 528-546.

Butte N.F., Lopez-Alarcon M.G., Garza C. (2002) - *Nutrient adequacy of exclusive breastfeeding for the term infant during the first six months of life*. Geneva: World Health Organization (WHO).

Canci A., Minozzi S., Borgognini Tarli S. (1996) - New evidence of tuberculous spondylitis from Neolithic Liguria (Italy), *International Journal of Osteoarchaeology* 6: 497-501.

Cantrelle P., Leridon H. (1971) - Breast feeding, mortality in childhood and fertility in a rural zone of Senegal, *Population Studies* 25: 505–533.

Capuzzo G., Zanon M., Dal Corso M., Kirleis W., Barceló J.A. (2018) - Highly diverse Bronze Age population dynamics in Central-Southern Europe and their response to regional climatic patterns, *PLoS ONE* 13(8): e0200709.

Cardoso H., Ríos L. (2011) - Age estimation from stages of epiphyseal union in the presacral vertebrae, *American Journal of Physical Anthropology* 144: 238-247.

Castelletti L. (1974) - Castellaro di Zignago, in *Atti XVI Riunione Scientifica in Liguria* (3-5 novembre 1973). Firenze: Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria: 175.

Caulfield L.E., Huffman S.L., Piwoz E.G. (1999) - Interventions to improve intake of complementary foods by infants 6 to 12 months of age in developing countries: impact on growth and on the prevalence of malnutrition and potential contribution to child survival, *Food and Nutrition Bulletin* 20(2): 183-200.

CHIARENZA N. (2007) - *L'Eneolitico nell'Occidente Ligure. Revisione dei materiali e confronti.* Tesi di dottorato, Università di Pisa.

CHIARENZA N., DEL LUCCHESE A., ROSSI G. (2012) - Distribution et aspects du Campaniforme en Ligurie (Italie). Congrés Internacional Xarxes al Neolític – Neolithic Networks Rubricatum, *Revista del Museu de Gavà* 5: 425-432.

CIENKOSZ-STEPANCZAK B., LISOWAK-GACZOREK A., HADUCH E., ELLAM R., COOK G., KRUK J., MILISAUSKAS S., KOZIEL S., SZOSTEK K. (2017) - Nitrogen and strontium isotopes as tools for reconstruction of breastfeeding practices and human behavior – a Neolithic collective grave in Bronocice (Poland), *Collegium Anthropologicum* 41: 191-199.

CLAEYS W.L., CARDOEN S., DAUBE G., DE BLOCK J., DEWETTINCK K., DIERICK K., DE ZUTTER L., HUYGHEBAERT A., IMBERECHTS H., THIANGE P., VANDENPLAS Y., HERMAN L. (2013) - Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits, *Food Control* 31(1): 251-262.

COHEN M.N., CRANE-KRAMER G.M.M. (2007) - *Ancient health: skeletal indicators of agricultural and economic intensification*. Gainesville, FL: University Press.

CRAIG O.E., BIAZZO M., O'CONNELL T.C., GARNSEY P., MARTINEZ-LABARGA C., LELLI R., SALVADEI L., TARTAGLIA G., NAVA A., RENO L., FIAMMENGHI A., RICKARDS O., BONDIOLI L. (2009) - Stable Isotopic Evidence for Diet at the Imperial Roman Coastal Site of Velia (1st and 2nd Centuries AD) in Southern Italy, *American Journal of Physical Anthropology* 139: 572-583.

CREMASCHI M. (2009). Ambiente, clima ed uso del suolo nella crisi della cultura delle Terramare, in CAZZELLA A., CARDARELLI A., FRANGIPANE M., PERONI R., eds. - Le Ragioni del Cambiamento - Reasons for change. Nascita, declino, crollo delle società fra IV e I millennio a.C. *Scienze dell'Antichità* 15: 521-534.

CREPALDI F. (2001) - Le Chasséen en Ligurie, *Bulletin de La Société Préhistorique Française* 98(3): 485–494.

CUNLIFFE B. (1994) - *The Oxford illustrated Prehistory of Europe*. New York: Oxford University Press.

CUNLIFFE B. (2008) - *Europe between the oceans. 9000 BC – AD 1000*. New Haven: Yale University Press.

DE LUCA A., BOISSEAU N., TEA I., LOUVET I., ROBINS R.J., FORHAN A., CHARLES M.-A., HANKARD R. (2012) - δ15N and δ13C in hair from newborn infants and their mothers: A cohort study, *Pediatric Research* 71: 598–604.

DE MARINIS R.C., ed. (2013) - *L'età del Rame. La pianura padana e le Alpi al tempo di* Ötzi. Brescia: Compagnia della Stampa Massetti Rodella Editori.

DE MARINIS R.C., SPADEA G., eds. (2004) - *I Liguri. Un antico popolo europeo tra Alpi e Mediterraneo*. Geneva: Skira.

DE MARINIS R.C., SPADEA G., eds. (2007) - *Ancora sui Liguri. Un antico popolo europeo tra Alpi e Mediterraneo*. Genova: De Ferrari Editore.

DEAN M.C. (2009) - Extension rates and growth in Tooth Heights of modern human and fossil hominin canines and molars, *Comparative Dental Morphology* 13: 68-73.

DEAN M.C., BEYNON A.D., REID D.J., WHITTAKER D.K. (1993) - A longitudinal study of tooth growth in a single individual based on long- and short-period incremental markings in dentine and enamel, *International Journal of Osteoarchaeology* 3: 249–264.

DEAN MC., COLE TJ. (2013) - Human life history evolution explains dissociation between the timing of tooth eruption and peak rates of root growth, *PLoS ONE* 8: e54534.

DEAN M.C., SCANDRETT A.E. (1995) - Rates of dentine mineralization in permanent human teeth, *International Journal of Osteoarchaeology* 5: 349–358.

DEAN M.C., VESEY P. 2008. Preliminary observations on increasing root length during the eruptive phase of tooth development in modern humans and great apes, *Journal of Human Evolution* 54: 258–271.

DENIRO M.J. (1985) - Post-mortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios on relation to palaeodietary reconstruction, *Nature* 317(6032): 806-809.

DEL LUCCHESE A. (1997) - The Neolithic burials from Arene Candide: the Bernabò Brea-Cardini excavation, in MAGGI R., STARNINI E., VOYTEK B.A., eds. - *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the holocene sequence (excavations Bernabò Brea-Cardini 1940-1950).* Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana n.s., 5: 605–609.

DEL LUCCHESE A. (1998) - L'Età del Bronzo: la Liguria dal 2300 al 1000 a.C., in DEL LUCCHESE A., MAGGI R., eds. - *Dal diaspro al bronzo. L'Età del Rame e l'Età del Bronzo in Liguria: 26 secoli di storia fra 3600 e 1000 anni Avanti Cristo*. La Spezia: Quaderni della Soprintendenza Archeologica della Liguria 5, 29-47.

DEL LUCCHESE A., NISBET R., OTTOMANO C., SCAIFE R., SORRENTINO C., STARNINI E., (1998) - L'insediamento dell'età del Bronzo di Bric Tana (Millesimo, Savona). Primi risultati delle ricerche, *Bullettino di Paletnologia Italiana* 89 n.s. VII: 233-289.

DEL LUCCHESE A., MAGGI R., eds. (1998) - *Dal diaspro al bronzo. L'Età del Rame e l'Età del Bronzo in Liguria: 26 secoli di storia fra 3600 e 1000 anni Avanti Cristo*. La Spezia: Quaderni della Soprintendenza Archeologica della Liguria 5.

DEL LUCCHESE A., STARNINI E. (2015) - Aggiornamenti sulla fase antica della Cultura dei Vasi a Bocca Quadrata in Liguria da una revisione dei materiali ceramici in corso, *Archeologia in Liguria*, n.s., Vol. V, 2012-2013. Genova: Sagep Editrice: 27-37.

DEL REY A., MAHUAD CV, BOZZA V, BOGUE C., FARRONI MA., BAY ML, BOTTASSO OA., BESEDOVSKY. (2007) - Endocrine and cytokine responses in humans with pulmonary tuberculosis, *Brain Behavior and Immunity* 21: 171-179.

DE PASCALE A., MAGGI R., MONTANARI C., MORENO D. (2006) - Pollen, herds, jasper and copper mines: economic and environmental changes during the 4th and 3rd millennia BC in Liguria (NW Italy), *Environmental Archaeology* 11: 115-124.

DESSE-BERSET N., DESSE J. (1999) - Les poissons, in TINÉ S., ed. - *Il Neolitico della caverna delle Arene Candide* (scavi 1972-1977). Bordighera: Istituto Internazionale di Studi Liguri: 36-50.

DETTWYLER K.A. (2004) - When to wean: biological versus cultural perspectives, *Clinical Obstetrics and Gynecology* 47: 712-723.

DEWITTE S., STOJANOWSKI C. (2015) - The osteological paradox 20 years later: Past perspectives, Future Directions, *Journal of Archaeological Research* 23: 1–54.

Di Francescantonio L. (2015) - I reperti faunistici della grotta del Pertuso (appendice), in Varalli A., Goude G., Del Lucchese A. - Dal Neolitico all'Età del Ferro: indagine paleonutrizionale su alcune popolazioni della Liguria attraverso un approccio isotopico, *Archeologia in Liguria*, n.s., Vol. V, 2012-2013. Genova: Sagep Editrice: 11-19.

Doi H., Akamatsu F., Gonzáles A.L. (2017) - Starvation effects on nitrogen and carbon stable isotopes of animals: an insight from meta-analysis of fasting experiments, *Royal Society Open Science* 4: 170633.

Dori I., Varalli A., Seghi F., Moggi-Cecchi J., Sparacello V.S. (2020) - Environmental correlates of growth patterns in Neolithic Liguria (northwestern Italy), *International Journal of Paleopathology* 28: 112-122.

Drucker D., Valentin F., Thevenet C., Mordant D., Cottiaux R., Delsate D., van Neer W. (2018) - Aquatic resources in human diet in the Late Mesolithic in Northern France and Luxembourg: insights from carbon, nitrogen and sulphur isotope ratios, *Archaeological and Anthropological Sciences* 10: 351-368.

Eerkens J.W., Berget A.G., Bartelink E.J. (2011) - Estimating weaning and early childhood diet from serial micro-samples of dentin collagen, *Journal of Archaeological Science* 38: 3101–3111.

Ellison P.T. (2001) - Introduction. Ecology, reproduction, and human evolution, in Ellison P.T., ed. - *Reproductive ecology and human evolution*. New York: Aldine de Gruyter: 1-12.

Farquhar G.D., Ehleringer J.R., Hubick K.T. (1989) - Carbon isotope discrimination and photosynthesis, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40: 503-537.

Fernández-Crespo T., Czermak A., Lee-Thorp J.A., Schulting R.J. (2018) - Infant and childhood diet at the passage tomb of Alto de la Huesera (north-central Iberia) from bone collagen and sequential dentine isotope composition, *International Journal of Osteoarchaeology* 28(5): 542-551.

Fogel M., Tuross N., Owsley D. (1989) - Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations, *Carnegie Institute of Washington Yearbook* 88: 111–117.

Formicola V., Milanesi Q., Scarsini C. (1987) - Evidence of spinal tuberculosis at the beginning of the fourth millennium BC from Arene Candide cave (Liguria, Italy), *American Journal of Physical Anthropology* 72: 1-6.

Fuller B.T., Fuller J.L., Sage N.E., Harris D.A., O'Connell T.C., Hedges R.E.M. (2005) - Nitrogen balance and d15N: why you're not what you eat during pregnancy, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18: 2889–2896.

Fuller B.T., Fuller J.L., Harris D.A., Hedges R.E.M. (2006) - Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios, *American Journal of Physical Anthropology* 129(2): 279–293.

Giuggiola O. (1959) - Il villaggio delle Anime: un abitato fortificato dell'età del Ferro nel Finalese, *Rivista Ingauna e Intemelia* 14(1-4): 51-58.

Goude G., Binder D., Del Lucchese A. (2014) - Alimentation et modes de vie néolithiques en Ligurie, in Bernabo Brea M., Maggi R., Manfredini A., eds. - Il Pieno Neolitico in Italia (8-10 Giugno, Finale Ligure 2009), *Rivista di Studi Liguri* 77: 371-387.

Goude G., Balasescu A., Réveillas H., Thomas Y., Lefranc P. (2015) - Diet Variability and Stable Isotope Analyses: Looking for Variables Within the Late Neolithic and Iron Age Human Groups from Gougenheim Site and Surrounding Areas (Alsace, France), *International Journal of Osteoarchaeology* 25: 988–996.

Goude G., Fontugne M. (2016) - Carbon and nitrogen isotopic variability in bone collagen during the Neolithic period: Influence of environmental factors and diet, *Journal of Archaeological Science* 70: 117-131.

Goude G., Rey L., Toulemonde F., Cervel M., Rottier S. (2017) - Dietary changes and millet consumption in northern France at the end of Prehistory: Evidence from archaeobotanical and stable isotope data, *Environmental Archaeology* 22: 268–282.

Goude G., Salazar-García D.C., Power R.C., Terrom J., Rivollat M., Deguilloux M.-F., Pemonge M.-H., Le Bailly M., Andre G., Coutelas A., Hauzeur A. (2018) - A Multidisciplinary Approach to Neolithic Life Reconstruction, *Journal of Archaeological Method and Theory* 26: 537-560.

Goude G., Dori I., Sparacello V.S., Starnini E., Varalli A. (2020) - Multi-proxy stable isotope analyses of dentine microsections reveal diachronic changes in life history adaptations, mobility, and tuberculosis induced wasting in prehistoric Liguria (Finale Ligure, Italy, northwestern Mediterranean), *International Journal of Paleopathology* 28: 99-111.

Guidi A. (2000) - *Preistoria della complessità sociale*. Bari: Laterza.

Hedges R.E.M., Clement J.G., Thomas C.D.L., O'Connell T.C. (2007) - Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements, *American Journal of Physical Anthropology* 133(2): 808-816.

Henderson R.C., Lee-Thorp J., Loe L. (2014) - Early life histories of the London poor using δ13C and δ15N stable isotope incremental dentine sampling, *American Journal of Physical Anthropology* 154(4): 585–593.

Herrscher E., Goude G., Metz L. (2017) - Longitudinal Study of Stable Isotope Compositions of Maternal Milk and Implications for the Palaeo-Diet of Infants, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 29(3-4): 131-139.

Herrscher E, Poulmarc'h M, Pecqueur L, Jovenet E, Benecke N, Decaix A, Lyonnet B, Guliyev F, André G. (2018) - Dietary inferences through stable isotope analysis at the Neolithic and Bronze Age in the southern Caucasus (sixth to first millenium BC, Azerbaijan): From environmental adaptation to social impacts, *American Journal of Physical Anthropology* 167: 856–875.

Hillson S. (1996) - *Dental anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Holm M.B., Bastani N.E., Holme A.M., Zucknick M., Jansson T., Refsum H., Mørkrid L., Blomhoff R., Henriksen T., Michelsen T.M. (2017) - Uptake and release of amino acids in the fetal-placental unit in human pregnancies, *PLOS one* 12(10): e0185760.

Howcroft R. (2013) - *Weaned upon a time. Studies of the infant diet in prehistory*. Tesi di dottorato, Stockholm University, Svezia.

HOWCROFT R., ERIKSSON G., LIDÉN K. (2014) - Infant feeding practices at the Pitted Ware Culture site of Ajvide, Gotland, *Journal of Anthropological Archaeology* 34: 42-53.

JAY M., FULLER B.T., RICHARDS M.P., KNÜSEL C.J., KING S.S. (2008) – Iron age breastfeeding practices in Britain: Isotopic evidence from Wetwang slack, East Yorkshire, *American Journal of Physical Anthropology* 136: 327-337.

JEURINK P.V., KNIPPING K., WIENS F., BARAŃSKA K., STAHL B., GARSSEN J., KROLAK-OLEJNIK B. (2019) - Importance of maternal diet in the training of the infant's immune system during gestation and lactation, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(8): 1311-1319.

JOVANOVIĆ J., DE BECDELIÈVRE C., STEFANOVIĆ S., Živaljević I., DIMITRIJEVIĆ V., GOUDE G. (2019) - Last hunters–first farmers: new insight into subsistence strategies in the Central Balkans through multi-isotopic analysis, *Archaeological and Anthropological Sciences* 11(7): 3279-3298.

KATZENBERG M.A., LOVELL N.C. (1999) - Stable isotope variation in pathological bone, *International Journal of Osteoarchaeology* 9: 316–324.

KENNEDY G.E. (2005) - From the ape's dilemma to the weanling's dilemma: early weaning and its evolutionary context, *Journal of Human Evolution* 48: 123-145.

KING T., HUMPHREY L.T., HILLSON S.W. (2005) - Linear enamel hypoplasia as indicator of systemic physiological stress: evidence from two known age-at-death and sex populations from postmedieval London, *American Journal of Physical Anthropology* 128: 547-559.

KING C.L., HALCROW S.E., MILLARD A.R., GRÖCKE D.R., STANDEN V.G., PORTILLA M., ARRIAZA B.T. (2018) - Let's talk about stress, baby! Infant-feeding practices and stress in the ancient Atacama Desert, Northern Chile, *American Journal of Physical Anthropology* 166(1): 139-155.

KRAMER M.S., KAKUMA R. (2004) - The Optimal Duration of Exclusive Breastfeeding, in PICKERING LK, MORROW AL, RUIZ-PALACIOS GM, SCHANLER RJ, eds. - Protecting Infants through Human Milk. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 554. Boston: Springer, 63-77.

KUZAWA C.W. (1998) - Adipose tissue in human infancy and childhood: an evolutionary perspective, *Yearbook of Physical Anthropology* 107: 177-210.

LE BRAS-GOUDE G., BINDER D., FORMICOLA V., DUDAY H., COUTURE C., HUBLIN J.-J., RICHARDS M. (2006) - Stratégies de subsistance et analyse culturelle de populations Néolithiques de Ligurie: approche par l'étude isotopique (δ13C et δ15N) des restes osseux, *Bulletins et Mémoires de la Societé d'Anthropologie de Paris* 18: 43-53.

LE HURAY J.D., SCHUTKOWSKI H. (2005) - Diet and social status during the La Tène period in Bohemia: carbon and nitrogen stable isotope analysis of bone collagen from Kutna´ Hora-Karlov and Radovesice, *Journal of Anthropological Archaeology* 24: 135-147.

LELLI R., ALLEN R., BIONDI G., CALATTINI M., BARBARO C.C., GORGOGLIONE M.A., MANFREDINI A., MARTÍNEZ-LABARGA C., RADINA F., SILVESTRINI M., TOZZI C., RICKARDS O., CRAIG O.E. (2012) - Examining dietary variability of the earliest farmers of South-Eastern Italy, *American Journal of Physical Anthropology* 149: 380-390.

LIGHTFOOT E., Šlaus M., O'CONNELL T.C. (2012) - Changing cultures, changing cuisines: Cultural transitions and dietary change in iron age, roman, and early medieval Croatia, *American Journal of Physical Anthropology* 148: 543–556.

LIGHTFOOT E., Šlaus M., Šikanjić P.R., O'CONNELL T.C. (2015) - Metals and millets: Bronze and Iron Age diet in inland and coastal Croatia seen through stable isotope analysis, *Archaeological Anthropological Sciences* 7: 375–386.

LINDSTROM D.P., BERHANU B. (2000) - The effects of breastfeeding and birth spacing on infant and early childhood mortality in Ethiopia, *Social Biology* 47: 1–17.

LIVERSIDGE H.M., DEAN M.C., MOLLESON T.I. (1993) - Increasing human tooth length between birth and 5.4 years, *American Journal of Physical Anthropology* 90: 307–313.

LOWE J. J., DAVITE C., MORENO D., MAGGI R. (1994) - Holocene pollen stratigraphy and human interference in the woodlands of the northern Apennines, Italy. *The Holocene* 4(2): 153–164.

MACALLAN D.C. (1999) - Malnutrition in tuberculosis, *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 34: 153-157.

MACPHAIL R.I., COURTY M.A., HATER J., WATTEZ J. (1997) - The soil micromorphological evidence of domestic occupation and stabling activities, in MAGGI R., ed. - *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Bernabò Brea-Cardini 1940–50).* Memorie Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5. Roma: il Calamo: 53-88.

MAGGI R. (1997a) - The radiocarbon chronology, in MAGGI R., ed. - *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Bernabò Brea-Cardini 1940–50).* Memorie Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5. Roma: il Calamo: 31-52.

MAGGI R. (1997b) - *Aspetti di Archeologia del Territorio in Liguria: La Formazione Del Paesaggio dal Neolitico all'Età del Bronzo*, Annali dell'Istituto 'Alcide Cervi' 19. Bari: Edizioni Dedalo.

MAGGI R., ed. - (1990) - *Archeologia dell'Appennino ligure: gli scavi del Castellaro di Uscio: un insediamento di crinale occupato dal Neolitico alla conquista romana.* Bordighera: Istituto Internazionale di Studi Liguri.

MAGGI R., PEARCE M. (2005) - Mid fourth-millennium copper mining in Liguria, north-west Italy: The earliest known copper mines in Western Europe, *Antiquity* 79: 66-77.

MAGGI R., NISBET R. (2000) - Alberi da foraggio e scalvatura neolitica: nuovi dati dalle Arene Candide, in PESSINA A., MUSCIO G., eds. - *La Neolitizzazione tra Oriente e Occidente*. Atti Convegno di Studi. Udine: Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale: 289-308

MAGGI R., NISBET R., BARKER G., eds. (1991-92) - *Archeologia della pastorizia nell'Europa meridionale*, *Rivista di Studi Liguri* 56-57.

MAGNY M. (2004) - Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements, *Quaternary International* 113: 65-79.

MAYEWSKI P.A., ROHLING E.J., STAGER J.C., KARLÉN W., MAASCH K.A., MEEKER L.D., MEYERSON E.A., GASSE F., VAN KREVELD S., HOLMGREN K., LEE-THORP J.,

Rosqvist G., Rack F., Straubwasser M., Schneider R.R., Steig E.J. (2004) - Holocene climate variability, *Quaternary Research* 62: 243-255.

Mannino M.A., Talamo S., Goude G., Richards M.P. (2018) - Analisi isotopiche e datazioni sul collagene osseo degli inumati dell'Arma dell'Aquila, in Biagi P., Starnini E., eds. - *Gli Scavi nell'Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Savona): Le Ricerche e i Materiali degli Scavi del Novecento*. Quaderno 15. Trieste: Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia: 183–188.

Marlowe F.W. (2005) - Hunter-gatherers and human evolution, *Evolutionary Anthropology* 14: 54-67.

McDade T.W. (2001) - Parent-offspring conflict and the cultural ecology of breastfeeding, *Human Nature* 12: 9-25.

McDade T.W. (2003) - Life history theory and the immune system: steps toward a human ecological immunology, *Yearbook of Physical Anthropology* 46: 100-125.

McDade T.W., Worthman C.M. (1998) - The weanling's dilemma reconsidered: a biocultural analysis of breastfeeding ecology, *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics* 19: 286-299.

Millard A.R. (2000) - A model for the effect of weaning on nitrogen isotope ratios in humans, in Goodfriend G., Collins M., Fogel M., Macke S., Wehmiller J., eds. - *Perspectives in Amino Acid and Protein Geochemistry*. New York: Oxford University Press: 51–59.

Montgomery J., Beaumont J., Jay M., Keefe K., Gledhill A.R., Cook G.T., Dockrill S.J., Melton N.D. (2013) - Strategic and sporadic marine consumption at the onset of the Neolithic: increasing temporal resolution in the isotope evidence, *Antiquity* 87(338): 1060-1072.

Moreno D., Raggio O. (1996) - The making and fall of an intensive pastoral land-use-system. Eastern Liguria, 16-19th centuries in Maggi R., Nisbet R., Barker G., eds. -*Archeologia della pastorizia nell'Europa meridionale*, *Rivista di Studi Liguri* 57(1-4): 193-218.

Moucheraud C., Worku A., Molla M., Finlay J.E., Leaning J., Yamin A.E. (2015) - Consequences of maternal mortality on infant and child survival: a 25-year longitudinal analysis in Butajira Ethiopia (1987-2011), *Reproductive Health* 12(1): S4.

Müller J. (2013) - Demographic traces of technological innovation, social change and mobility: from 1 to 8 million Europeans (6000–2000 BCE), in Kadrow S., Włodarczak P., eds. - *Environment and subsistence – forty years after Janusz Kruk's "Settlement studies…"*. Rzeszów, Bonn: Rudolf Habelt: 1–14.

Murray M.L., Schoeninger M.J. (1988) - Diet, status, and complex social structure in Iron Age Central Europe: some contributions from bone chemistry, in Gibson D.B.I., Geselowitz M.N. eds, *Tribe and Polity in Late Prehistoric Europe: Demography, Production and Exchange in the Evolution of Complex Social Systems*. New York: Plenum Press: 155-176.

Nehlich O., Richards M.P. (2009) - Establishing collagen quality criteria for sulphur isotope analysis of archaeological bone collagen, *Archaeological and Anthropological Sciences* 1(1): 59-75.

Nehlich O. (2015) - The application of sulphur isotope analyses in archaeological research: A review, *Earth-Science Reviews* 142(0): 1-17.

Nisbet R. (1990) - Uso del legno ed economia agricola al Castellaro di Uscio, in Maggi R, ed. - *Archeologia dell'Appennino ligure: gli scavi del Castellaro di Uscio: un insediamento di crinale occupato dal Neolitico alla conquista romana.* Bordighera: Istituto Internazionale di Studi Liguri VIII: 197-208.

Nisbet R. (1997) - Arene Candide: charcoal remains and prehistoric woodland use, in Maggi R., ed. - *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Bernabò Brea-Cardini 1940–50).* Memorie Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5. Roma: il Calamo: 103–112.

Nisbet R. (2008) - Environment and agriculture in the early Neolithic of the Arene Candide (Liguria), in Fiorentino G., Magri D., eds - *Charcoals from the Past: Cultural and Palaeoenvironmental Implications*. Proceedings of the Third International Meeting of Anthracology, Cavallino - Lecce (Italy) (28 giugno-1 luglio 2004). BAR International Series, 1807: 193-198.

Oliver S.P., Boor K.J., Murphy S.C., Murinda S.E. (2009) - Food safety hazards associated with consumption of raw milk, *Foodborne Pathogens and Disease* 6(7): 793-806.

Orellana González E., Sparacello V.S., Bocaege E., Varalli A., Moggi-Cecchi J., Dori I. (2020) - Insights on patterns of developmental disturbances from analysis of linear enamel hypoplasia in a Neolithic sample from Liguria (northwestern Italy*), International Journal of Paleopathology* 28: 123-136.

Pacheco A.R., Barile D., Underwood M.A., Mills D.A. (2015) - The impact of the milk glycobiome on the neonate gut microbiota, *Annual Review of Animal Biosciences* 3: 419-445.

Page A.E, Viguier S., Dyble M., Smith D., Chaudhary N., Salali G.D., Thompson J., Vinicius L., Mace R., Migliano A.B. (2016) - Reproductive trade-offs in extant hunter-gatherers suggest adaptive mechanism for the Neolithic expansion, *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 4694-4699.

Pearson J.A., Haddow S.D., Hillson S.W., Knüsel C.J., Larsen C.S., Sadvari J.W. (2015) - Stable carbon and nitrogen isotope analysis and dietary reconstruction through the life course at Neolithic Çatalhöyük, Turkey, *Journal of Social Archaeology* 15: 210-232.

Pearson J.A., Hedges R.E.M., Molleson T.I., Özbek M. (2010) - Exploring the relationship between weaning and infant mortality: An isotope case study from Aşikli Höyük and Cayönü Tepesi, *American Journal of Physical Anthropology* 143: 448-457.

Porčić M., Blagojević T., Stefanović S. (2016) - Demography of the early Neolithic population in Central Balkans: population dynamics reconstruction using summed radiocarbon probability distributions, *PLoS ONE* 11(8): e0160832.

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haflidason H., Hajdas I., Hattž C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R. W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. (2013) - IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP, *Radiocarbon* 55(4): 1869-1887.

REY L., SALAZAR-GARCÌA D.C., CHAMBON P., SANTOS F., ROTTIER S., GOUDE G. (2019) - A multi-isotope analysis of Neolithic human groups in the Yonne valley, Northern France: insights into dietary patterns and social structure, *Archaeological and Anthropological Sciences* 11: 5591-5616.

REYNARD L.M., TUROSS N. (2015) - The known, the unknown and the unknowable: weaning times from archaeological bones using nitrogen isotope ratios, *Journal of Archaeological Science* 53: 618-625.

ROTH E.A. (1981) - Sedentism and changing fertility patterns in a Northern Athapascan isolate, *Journal of Human Evolution* 10: 413-425.

ROWLAND M.G.M., BARRELL R.A.E., WHITEHEAD R.G. (1978) - The Weanling's Dilemma, *The Lancet* 311: 136-138.

ROWLEY-CONWY P. (1992) - Arene Candide: a Small Part of a Larger Pastoral System? in MAGGI R., NISBET R., BARKER G., eds. - Archeologia della pastorizia nell'Europa meridionale, *Rivista di Studi Liguri* 57(1-4): 95-116.

ROWLEY-CONWY P. (1997) - The animal bones from Arene Candide (Holocene sequence): final report, in MAGGI R., ed. - *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Bernabò Brea-Cardini 1940–50).* Memorie Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5. Roma: il Calamo: 153-279.

ROWLEY-CONWY P., PANELLI C., ROSSI S., NISBET R., MAGGI R. (2020) - First farmers in Liguria, north-western Italy: new evidence from Arene Candide and nearby sites, in GRON K., SORENSON L., ROWLEY-CONWY P., eds. - *Farmers at the Frontier. A Pan-European Perspective on Neolithisation*. Oxford: Oxbow Books, 125-143.

SANDBERG P.A., SPONHEIMER M., LEE-THORP J., VAN GERVEN D. (2014) - Intra-tooth stable isotope analysis of dentine: a step toward addressing selective mortality in the reconstruction of life history in the archaeological record, *American Journal of Physical Anthropology* 155: 281-293.

SCHAEFER M., BLACK S., SCHEUER L. (2009) - *Juvenile osteology – a laboratory and field manual*. New York: Academic Press.

SCHARLOTTA I., GOUDE G., HERRSCHER E., BAZALIISKII V.I., WEBER A.W. (2018a) - "Mind the gap" - Assessing methods for aligning age determination and growth rate in multi-molar sequences of dietary isotopic data, *American Journal of Human Biology* 30(5): e23163.

SCHARLOTTA I., GOUDE G., HERRSCHER E., BAZALIISKII V.I., WEBER A.W. (2018b) - Shifting weaning practices in Early Neolithic Cis-Baikal, Siberia: New insights from stable isotope analysis of molar micro-samples, *International Journal of Osteoarchaeology* 28(5): 579-598.

SCHOENINGER M.J., DENIRO M.J. (1984) - Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 625-639.

SCHWENK A., MACALLAN D.C. (2000) - Tuberculosis, malnutrition and wasting, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 3: 285-291.

SELLEN D.W. (2001a) - Comparison of infant feeding patterns reported for nonindustrial populations with current recommendations, *The Journal of Nutrition* 131: 2707-2715.

SELLEN D.W. (2001b) - Weaning, complementary feeding, and maternal decision making in rural East African pastoral population, *Journal of Human Lactation* 17: 233-244.

SELLEN D.W. (2006) - Lactation, Complementary Feeding, and Human Life History, in HAWKES K., PAINE R.R., eds. - *The Evolution of Human Life History*. Oxford: James Currey, 155-196.

SELLEN D.W. (2007) - Evolution of infant and young child feeding: implications for contemporary public health, *Annual Review of Nutrition* 27: 123-148.

SELLEN D.W. (2009) - Evolution of human lactation and complementary feeding: implications for understanding contemporary cross-cultural variation, in GOLDBERG G.R., ed. - *Breastfeeding: Early Influences on Later Health.* Dordrecht: Springer, 253–282

SELLEN D.W., SMAY D.B. (2001) - Relationship between subsistence and age at weaning in ''preindustrial'' societies, *Human Nature* 12: 47-87.

SPARACELLO V.S., ROBERTS C.A., CANCI A., MOGGI-CECCHI J., MARCHI D. (2016) Insights on the paleoepidemiology of ancient tuberculosis from the structural analysis of postcranial remains from the Ligurian Neolithic (northwestern Italy), *International Journal of Paleopathology* 15: 50-64.

SPARACELLO V.S., ROBERTS C.A., KERUDIN A., MÜLLER R. (2017) - A 6500-year-old Middle Neolithic child from Pollera Cave (Liguria, Italy) with probable multifocal osteoarticular tuberculosis, *International Journal of Paleopathology* 17: 67-74.

SPARACELLO V.S., PANELLI C., ROSSI S., DORI I., VARALLI A., GOUDE G., KACKI S., PARTIOT C., ROBERTS C.A., MOGGI-CECCHI J. (2018) - Chapter 9: archaeothanatology and palaeobiology of the burials and "scattered human remains" from Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Savona), in BIAGI P., STARNINI E., eds. - *Gli scavi all'Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Savona): le Ricerche e i Materiali degli Scavi del Novecento*. Trieste: Società per la Preistoria e Protostostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno 15: 143-181

SPARACELLO V.S., PANELLI C., ROSSI S., DORI I, VARALLI A., GOUDE G., STARNINI E., BIAGI P. (2019) - The re-discovery of Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Italy): New insights on Neolithic funerary behavior from the sixth millennium BCE in the north-western Mediterranean, *Quaternary International* 512: 67-81.

SPARACELLO V.S., VARALLI A., ROSSI S., PANELLI C., GOUDE G., PALSTRA S.W.L., CONVENTI M., DEL LUCCHESE A., AROBBA D., DE PASCALE A., ZAVATTARO M., GARIBALDI P., ROSSI G., MOLINARI I., MAGGI R., MOGGI-CECCHI J., STARNINI E., BIAGI P., DORI I. (2020) - Dating the funerary use of caves in Liguria (northwestern Italy) from the Neolithic to historic times: results from a large-scale AMS dating campaign on human skeletal series, *Quaternary International* 536: 30-44.

STARNINI E., VICINO G. (1993) - Segnalazione di un sito neolitico in località S. Sebastiano di Perti (Finale Ligure-SV), *Rassegna di Archeologia* 11: 37-43.

STARNINI E., OTTOMANO C. (2015) - Villanova d'Albenga, località Coasco, sito preistorico, *Archeologia in Liguria*, vol. V, nuova serie, 2012-2013, Genova, Sagep: 140-141.

SZULC P., SEEMAN E., DELMAS P.D. (2000) - Biochemical Measurements of Bone Turnover in Children and Adolescents, *Osteoporosis International* 11(4): 281-294.

Tafuri M.A., Craig O.E., Canci A. (2009) - Stable isotope evidence for the consumption of millet and other plants in Bronze Age Italy, *American Journal of Physical Anthropology* 139: 146–153.

Tafuri M.A., Rottoli M., Cupitò M., Pulcini M.L., Tasca G., Carrara N., Bonfanti F., Salzani L., Canci A. (2018) - Estimating C4 plant consumption in Bronze Age Northeastern Italy through stable carbon and nitrogen isotopes in bone collagen, *International Journal of osteoarchaeology* 28: 131-142.

Tenfelde S.M., Finnegan L., Miller A.M., Hill P.D. (2012) - Risk of breastfeeding cessation among low-income women, infants, and children: a discrete time survival analysis, *Nursing Research* 61(2): 86-95.

Tiemersma E.W., van der Werf M.J., Borgdorff M.W., Williams B.G., Nagelkerke J.D. (2011) - Natural history of tuberculosis: duration and fatality of untreated-pulmonary tuberculosis in HIV negative patients: a systematic review, *PLoS One* 6 (4): e17601.

Tiné V. (1999) - Transizione tra Neolitico antico e Neolitico medio. Le ceramiche dello stile Pollera. Strato 13, in Tiné S., ed. - *Il Neolitico nella Caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977).* Bordighera: Istituto Internazionale di studi Liguri, Collezione di Monografie Preistoriche ed Archeologiche, X: 142-180.

Trivers R.L. (1974) - Parent-offspring conflict, American Zoologist 14:249-264.

Tsutaya T., Yoneda M. (2015) - Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: A review, *American Journal of Physical Anthropology* 156: 2–21.

Valsecchi V., Tinner W., Finsinger W., Ammann B. (2006) - Human impact during the Bronze Age on the vegetation at Lago Lucone (northern Italy), *Vegetation history and Archaeobotany* 15(2): 99-113.

van Andel T.H., Runnels C.N. (1995) - The earliest farmers in Europe, *Antiquity*, 69: 481-500.

Varalli A., Goude G., Del Lucchese A. (2015) - Dal Neolitico all'Età del Ferro: indagine paleonutrizionale su alcune popolazioni della Liguria attraverso un approccio isotopico, *Archeologia in Liguria*, n.s., Vol. V (2012-2013). Genova: Sagep Editrice: 11-19.

Varalli A., Moggi-Cecchi J., Dori I., Boccone S., Bortoluzzi S., Tafuri MA. (2016a) - Dietary continuity vs. discontinuity in Bronze Age Italy. The isotopic evidence from Arano di Cellore (lllasi, Verona, Italy), *Journal of Archaeological Science: Reports* 7: 104-113.

Varalli A., Moggi-Cecchi J., Moroni A., Goude G. (2016b) - Dietary variability during Bronze Age in Central Italy: first results, *International Journal of Osteoarchaeology* 26(3): 431-446.

Varalli A., Gröcke D., Church M., Arobba D., Nisbet R., Skeates R. (2019) - Assessing harvesting strategies in western Italy through isotope archaeobotany. Workshop ArchaeoOrganics (20-21 giugno 2019, Università La Sapienza, Roma). Presentazione orale.

Varalli A., Gröcke D., Skeates R. (2020) - Exploring dietary changes in the North Italian Metal Ages: a multi-isotopic approach. 1845e Journées de la Société d'Anthropologie de Paris (29-31 Gennaio 2020, Aix-en-Provence). Presentazione poster.

Varalli A., David-Elbiali M., Desideri J., Goude G., Honegger M., Besse M. (2021) - Bronze Age innovations and impact on human diet: a multi-isotopic and multi-proxy study of western Switzerland. *PlosOne* 10.1371/journal.pone.0245726.

Varalli A., Moggi-Cecchi J., Goude G. (2022) - A multi-proxy bioarchaeological approach reveals new trends in Bronze Age diet in Italy. *Scientific Report* 12:12203.

Waterlow J. (1981) - Observations on the suckling's dilemma: a personal view, *Journal of Human Nutrition* 35: 85-98.

Waters-Rist A.L., Bazaliiskii V.I., Weber A.W., Katzenberg M.A. (2011) - Infant and child diet in Neolithic hunter-fisher-gatherers from cis-baikal, Siberia: Intra-long bone stable nitrogen and carbon isotope ratios, *American Journal of Physical Anthropology* 146(2): 225-41.

Watson C.S. (1996) - The vegetational history of the northern Apennines, Italy: information from three new sequences and a review of Regional vegetational change, *Journal of Biogeography* 23(6): 805-841

Willis, K. J., Bennett, K. D. (1994) - The Neolithic transition – fact or fiction? Palaecological evidence from the Balkans, *Holocene* 4: 326-330.

WHO (2002) - *Global strategy on infant and young child feeding*. Online resource. ISBN: 9241562218

Wood J.W. (1994) - *Dynamics of human reproduction: biology, biometry, demography*. New York: Aldine de Gruyter.

Wood J.W. (1998) - A theory of preindustrial population dynamics: Demography, economy, and well-being in Malthusian systems, *Current Anthropology* 39:99-135.

Wood J.W., Milner G.R., Harpending H.C., Weiss K.M. (1992) - The osteological paradox: problems of inferring prehistoric health from skeletal samples, *Current Anthropology* 33:343-370.

Wright L.E., Yoder C.J. (2003) - Recent progress in bioarchaeology: approaches to the osteological paradox, *Journal of Archaeological Research* 11: 43-70.

Zahid H.J., Robinson E., Kelly R.L. (2016) - Agriculture, population growth, and statistical analysis of the radiocarbon record, *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 931-935.

Zvelebil M. (2001) - The agricultural transition and the origins of Neolithic society in Europe, *Documenta Praehistorica* 28: 1-26.