



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Filosofia, Sociologia, Pedagogia e Psicologia Applicata

Corso di Laurea Triennale in

SCIENZE PSICOLOGICHE SOCIALI E DEL LAVORO

**Le abilità motorie dei primi vasai del Neolitico: la cinematica 3-D
traccia la nascita di una nuova competenza**

**The motor skills of early Neolithic potters: 3-D kinematics traces the
origins of a new expertise**

Relatrice: Prof.ssa Sartori Luisa (DPG, UNIPD)

Correlatrice: Dott.ssa Straulino Elisa (DPG, UNIPD)

Correlatrice esterna: Dott.ssa Forte Vanessa (DBC, UNIPD; DSA, Sapienza, UNIROMA)

Laureanda: Dalena Martina

Matricola: 2012810

Anno Accademico 2022-2023

Indice

| | |
|---|-----------|
| Capitolo 1: Introduzione..... | 5 |
| 1.1 Il Neolitico | 8 |
| 1.2 Ceramica | 9 |
| 1.2.1 <i>Il ruolo della ceramica nel neolitico</i> | 9 |
| 1.2.2 <i>Lavorazione della ceramica</i> | 10 |
| 1.2.3 <i>La chaîne opératoire nella produzione della ceramica</i> | 12 |
| 1.3 Analisi cinematica | 13 |
| 1.3.1 <i>Movimento di raggiungimento e prensione</i> | 15 |
| 2.1 Partecipanti | 20 |
| 2.2 Stimoli sperimentali | 20 |
| 2.3 Apparato sperimentale | 21 |
| 2.4 Raccolta dati | 21 |
| 2.5 Procedura sperimentale | 22 |
| 2.6 Processamento dati | 22 |
| 2.7 Variabili dipendenti e analisi dati | 23 |
| Capitolo 3: Risultati | 26 |
| 3.1 Tempo di movimento (TM) | 26 |
| 3.2 Delay | 26 |
| 3.3 Tempo di massima altezza della traiettoria (TMT%) | 27 |
| 3.4 Massima apertura (MA) | 28 |
| 3.5 Massima velocità di apertura (MVA) | 28 |
| 3.6 Tempo di massima apertura (TMA%) | 29 |
| 3.7 Tempo di massima velocità di apertura (TMVA%) | 30 |
| Capitolo 4: Discussione | 32 |
| Capitolo 6: Conclusione | 34 |
| Capitolo 7: Bibliografia | 36 |

Capitolo 1: Introduzione

Nel corso degli anni, sia il campo delle scienze cognitive che quello dell'archeologia, hanno fornito contributi significativi nello studio dell'intelligenza umana. Le neuroscienze sono state in grado di delineare le aree cerebrali coinvolte nelle diverse capacità umane (come il linguaggio, la capacità simbolica, l'abilità rappresentativa, l'apprendimento tramite l'insegnamento, la teoria della mente, il senso di sé, la credenza casuale), insieme all'identificazione dei possibili meccanismi neurali e dei processi cognitivi che sottendono tali abilità. D'altra parte, l'archeologia, utilizzando una scala temporale e spaziale differente, ha permesso di ottenere una comprensione di dove e di quando il genere umano sia comparso, fornendo informazioni sul momento e il luogo in cui la maggior parte delle caratteristiche comportamentali, in particolare quelle associate all'intelligenza umana moderna attribuibili nello specifico ad *Homo sapiens*, siano emerse (Renfrew et al., 2008).

Un elemento cruciale che costituisce un ponte concettuale tra le scienze cognitive e l'archeologia è l'apprendimento. La capacità di apprendere da istruzioni piuttosto che semplicemente dall'osservazione, e di condividere consapevolmente la conoscenza, è un tratto prettamente umano che consente di sfruttare al meglio le conoscenze acquisite. L'analisi delle abilità pratiche delle popolazioni del passato ci offre una finestra privilegiata per comprendere le complesse interazioni sociali, la specializzazione tecnologica e il ruolo cruciale che la trasmissione delle conoscenze ha giocato nella formazione delle diverse identità culturali che hanno caratterizzato la storia umana.

Negli ultimi due decenni, gli archeologi hanno dimostrato un crescente interesse nello studio delle abilità e delle conoscenze delle antiche civiltà. Si è ormai consolidato il concetto che individui con diversi livelli di esperienza nella creazione e nell'uso di manufatti abbiano influito sulla variazione della cultura materiale ritrovata negli scavi archeologici. Pertanto, approfondire la comprensione di come tali abilità siano state acquisite, condivise e trasmesse, oltre a identificare chi sia stato coinvolto in questo processo, riveste una fondamentale importanza per interpretare le varie evidenze

archeologiche e gettare luce sulle dinamiche socioculturali del passato. Lo sviluppo delle abilità e la trasmissione delle conoscenze rappresentano un'area di indagine che va oltre gli studi archeologici, coinvolgendo discipline come la psicologia e le neuroscienze cognitive (Forte et al., 2023; Renfrew et al., 2008). Mentre l'archeologia ci aiuta a comprendere lo sviluppo delle abilità in momenti specifici della storia umana, gli studi di psicologia cognitiva e neuroscienze si concentrano sul presente, esplorando come le persone acquisiscono e sviluppano abilità lungo il corso delle loro vite, indagando anche i processi neurali e cerebrali che sottendono tali abilità cognitive e la trasmissione delle conoscenze.

L'integrazione tra scienze cognitive e archeologia offre l'opportunità di analizzare e comprendere in modo approfondito come le competenze umane si sono sviluppate in passato e come oggi variano in diverse condizioni ambientali, sociali e culturali. Tale approccio multidisciplinare arricchisce la nostra comprensione della complessità umana e delle dinamiche culturali che hanno modellato la nostra specie nel corso della storia. Inoltre, la collaborazione tra scienze cognitive e archeologia può aiutare a sviluppare una comprensione più profonda delle influenze culturali sulla mente umana, esaminando sia gli aspetti biologici che quelli culturali che contribuiscono alle abilità cognitive complesse. Una cooperazione tra queste due discipline risulta indispensabile per esplorare le connessioni tra cervello, corpo, cultura e materialità. Infatti, il processo di apprendimento non si limita solamente alle interazioni tra individui, ma coinvolge anche oggetti materiali e simboli, che rivestono un ruolo fondamentale nella trasmissione culturale e nell'acquisizione delle competenze umane (Renfrew et al., 2008).

Un contributo significativo negli studi archeologici può essere fornito dalla tecnologia della cinematica 3-D. Essa consente di tracciare i movimenti del corpo umano nello spazio tridimensionale con estrema precisione, offrendo una visione più approfondita delle abilità motorie e della capacità di manipolare materiali (Castiello, 1995).

Il presente studio ha l'obiettivo di testare l'acquisizione delle abilità motorie coinvolte nella lavorazione della ceramica, mediante l'analisi cinematica 3D del movimento. In particolare, ci siamo focalizzati sull'utilizzo di una spatola per eseguire l'azione di rifinitura di una ciotola di argilla grezza. Abbiamo formato due gruppi di partecipanti: uno ha ricevuto un training sulle tecniche utilizzate dai vasai del Neolitico, mentre l'altro

gruppo non ha ricevuto alcun training. Prima e dopo il training, tutti i partecipanti sono stati sottoposti a test per valutare l'efficacia dell'acquisizione di nuove abilità motorie nella lavorazione della ceramica.

In primo luogo, verrà esplorato sinteticamente il periodo storico del Neolitico, analizzando i principali sviluppi culturali e sociali di questa epoca, con particolare attenzione al ruolo cruciale svolto dalla tecnologia ceramica. Approfondiremo le principali tecniche utilizzate nella lavorazione dell'argilla attraverso l'approccio della "*chaîne opératoire*". Successivamente, forniremo una panoramica della metodologia dell'analisi cinematica, concentrandoci principalmente sul movimento di raggiungimento e prensione, che costituisce il compito sperimentale trattato nella ricerca. Descriveremo nel dettaglio il metodo sperimentale utilizzato e le modalità di registrazione del movimento con l'analisi cinematica 3D. Infine, presenteremo i risultati ottenuti durante l'analisi dei dati, valutando l'efficacia del training nel promuovere l'acquisizione di nuove competenze motorie. I risultati saranno discussi in relazione agli obiettivi di ricerca e alle ipotesi formulate, al fine di fornire nuove prospettive sulla comprensione dell'acquisizione delle abilità motorie nella lavorazione della ceramica durante il Neolitico.

1.1 Il Neolitico

Il termine "Neolitico" deriva dalle parole greche νέος (nèos, "nuovo") e λίθος (lithos, "pietra"), e significa "età nuova della pietra" o "età della pietra nuova". Fu coniato nel 1865 da J. Lubbock per indicare il periodo successivo al Paleolitico, contrassegnato dall'introduzione dell'agricoltura, dall'uso di strumenti di pietra levigata e dalla diffusione della ceramica. Successivamente, il termine assume un'accezione più ampia, descrivendo una fase caratterizzata dall'economia produttiva basata sull'agricoltura e sull'allevamento, definita da V. G. Childe nel 1934 come "rivoluzione neolitica", in quanto ha portato a trasformazioni tecnologiche e socioculturali significative nell'assetto delle comunità, paragonabile all'importanza della rivoluzione industriale (Cocchi Genick, 1994).

Attualmente viene impiegato il termine "neolitizzazione" per descrivere l'insieme dei cambiamenti che hanno condotto dalla pratica di un'economia di caccia e raccolta ad un sistema produttivo, accompagnati da trasformazioni di carattere tecnologico e socioculturale. La trasformazione delle comunità preistoriche durante la neolitizzazione è generalmente identificata attraverso una serie di caratteristiche economiche e tecnologiche, come la domesticazione di piante e animali, e la produzione e l'uso di manufatti in ceramica e utensili in pietra scheggiata e levigata.

Con l'avvento dell'economia produttiva, si osservò anche un aumento della sedentarietà con la nascita dei primi villaggi stabili. Questo cambiamento potrebbe essere attribuito alla maggior conoscenza delle risorse territoriali, già riscontrabile in alcune regioni durante il tardo Mesolitico (periodo di passaggio dal Paleolitico al Neolitico), il quale aveva ridotto la mobilità dei gruppi e li aveva resi più inclini a adottare innovazioni economiche come la domesticazione di piante e animali. L'introduzione dell'agricoltura con le sue varie fasi operative, unita al controllo degli animali domestici portò prevalentemente a uno stile di vita sedentario. In questo contesto economico e culturale si inserisce l'innovazione della tecnologia ceramica, giocando un ruolo cruciale nella vita delle comunità preistoriche (Cocchi Genick, 1994; Fowler et al., 2014).

1.2 Ceramica

1.2.1 *Il ruolo della ceramica nel neolitico*

Attualmente le prime attestazioni di utilizzo della ceramica, intesa come argilla cotta, risalgono a circa 20000 anni fa in Cina e in associazione a gruppi che praticavano caccia e raccolta (Wu et al., 2012). Tuttavia, evidenze più consistenti provengono da periodi successivi e contesti del Vicino Oriente e Grecia. Nel resto del Mediterraneo le prime produzioni di ceramica impressa risalgono al VII millennio a.C. ca. (Cocchi Genick, 1994). In base a queste evidenze, il processo di scoperta della tecnologia ceramica potrebbe essere stato policentrico sviluppandosi in diverse regioni dell'Eurasia e dell'Africa, a intermittenza. I primi artefici erano comunità di cacciatori raccoglitori nomadi del Paleolitico superiore e del Mesolitico, piuttosto che agricoltori sedentari. La sua origine potrebbe essere nata da curiosità, sperimentalismo e interessi magici o rappresentazione del prestigio, piuttosto che dalla sedentarietà e dalle esigenze dell'accumulazione dovute all'agricoltura e all'allevamento, come sostenevano le vecchie teorie (Vidale, 2007).

La lavorazione di questa materia prima plastica dimostra un elevato livello di abilità sia nella gestione del fuoco, sia nella modellazione a mano, senza l'uso del tornio che verrà introdotto successivamente. La forma dei vasi, le tecniche e i motivi decorativi potrebbero essere stati il riflesso di dinamiche culturali. Questo ha portato gli studiosi a leggere le variazioni negli aspetti stilistici e nelle forme vascolari come indicatori di culture e momenti diversi (Cocchi Genick, 1994).

Alcuni studiosi hanno adottato un approccio più ampio, concentrandosi sulla natura dei materiali ceramici, i procedimenti tecnologici, le replicazioni sperimentali, le analisi fisico-chimiche e gli aspetti etnografici e sociologici, andando oltre la semplice classificazione tipologica. Ciò ha portato a riconoscere il ruolo importante della ceramica come indicatore di processi culturali. La sua variabilità riflette la diversità dei processi socioculturali e del comportamento delle comunità (Matson, 1965; Roux, 2019; Shepard, 1976).

Gli studi sulla ceramica riguardano diversi aspetti, tra cui la ricerca della materia prima, i procedimenti di trasformazione, l'uso e il riciclo, al fine di integrare l'interpretazione cronologica e culturale con informazioni sulla produzione, l'utilizzo, la rottura e il rifiuto

dei manufatti. Questi aspetti contribuiscono alla definizione e allo studio del sistema socioculturale (Vidale, 2007).

1.2.2 Lavorazione della ceramica

La materia prima utilizzata era l'argilla allo stato naturale, reperibile in depositi fluviali, lacustri o superficiali. Mediante l'aggiunta di acqua e diverse manipolazioni, si ottiene un impasto omogeneo e plastico (Levi, 2010).

Una volta ottenuto l'impasto desiderato, la fase successiva è la modellazione del manufatto. Questa può essere eseguita con diverse tecniche, tra cui la manipolazione diretta, scavando un blocco d'impasto o modellandolo sotto la pressione delle dita (tecnica a pizzicato) o, più comunemente, utilizzando la tecnica "a colombino" (o "a cercine"). Nel nostro esperimento, abbiamo osservato e analizzato quest'ultima. Tale tecnica prevede la creazione di cordoni cilindrici d'argilla, chiamati anche "colombini", che vengono avvolti a spirale l'uno sull'altro fino a ottenere la forma desiderata per l'oggetto ceramico. Il processo di creazione del colombino consiste nel far rotolare il pezzo d'argilla tra il palmo delle mani e il piano di lavoro, usando entrambe le mani. Questo movimento rotatorio e leggermente pressante consente di formare un cilindro allungato di argilla, che costituisce il colombino iniziale. Una volta ottenuto il colombino iniziale, il ceramista utilizza le dita per modellarlo ulteriormente, assicurandosi che il diametro sia uniforme. Inoltre, il ceramista può regolare le dimensioni e la lunghezza del colombino in base alle esigenze dell'oggetto ceramico che si sta costruendo (Cuomo di Caprio, 2007; Roux, 2019). La lavorazione dell'argilla con la tecnica "a colombino" richiede pratica e maestria delle mani (Fig. 1).

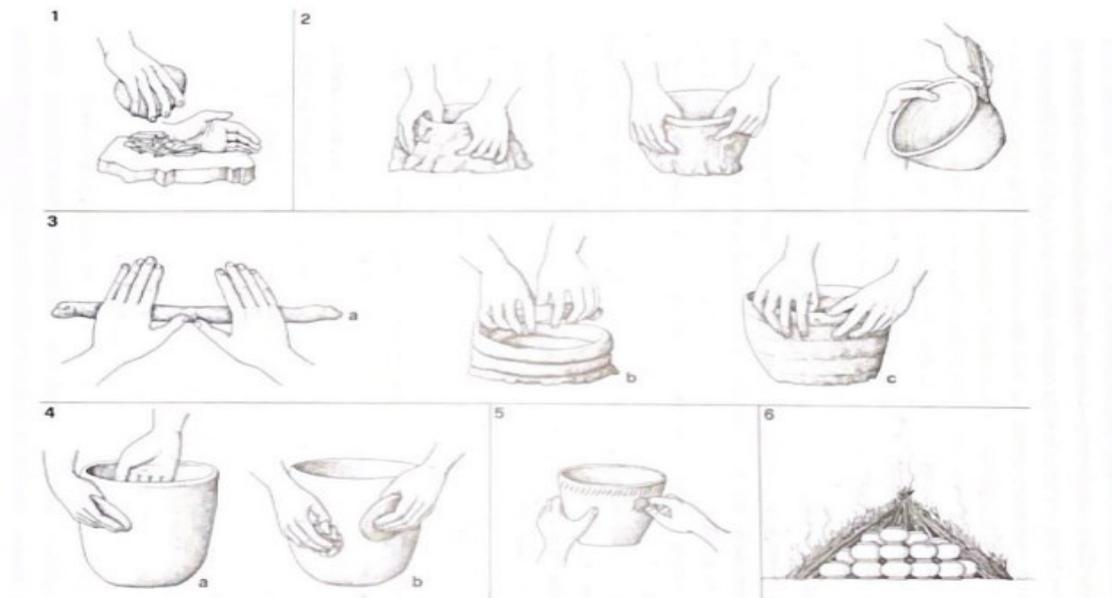


FIGURA 1 IMMAGINE TRATTA DA MANUALE DI PREISTORIA, IL NEOLITICO,1994, D. COCCHI GENICK. LA FIGURA MOSTRA LE VIARIE TECNICHE E FASI DELLA LAVORAZIONE DELLA CERAMICA: LA MODELLAZIONE A PIZZICATO (2), LA MODELLAZIONE A COLOMBINO (3), LA RIFINITURA MEDIANTE UN'UTENSILE (4), LA DECORAZIONE (5) E INFINE LA COTTURA (6).

Dopo aver dato forma al manufatto, il vaso in argilla viene rifinito regolarizzando le superfici. Questo processo può includere l'uso di spatole e diversi tipi di strumenti per rimuovere le imperfezioni e omogeneizzare la superficie rendendola liscia. Le spatole possono avere diverse forme e dimensioni a seconda dell'utilizzo previsto e in base alle preferenze del ceramista. Ad esempio, alcune spatole hanno una punta arrotondata, ideale per scolpire e in base a superfici curve o concave; altre possono avere un bordo piatto o dentellato, che consente la creazione di dettagli e texture più definite. Inoltre, possono essere di diversa materia prime come il legno o l'osso.

La prensione della spatola da parte del ceramista è un aspetto importante nella lavorazione della ceramica, poiché influenza la precisione del lavoro svolto. Infatti, la corretta prensione consente al ceramista di avere un controllo adeguato durante la modellazione, rifinitura e decorazione dell'argilla. Le modalità di presa della spatola sono diverse e variano in base alle preferenze personali e alle esigenze specifiche di lavoro.

In seguito alla modellazione e alla levigatura delle superfici vascolari è possibile decorare il manufatto con tecniche come applicazioni plastiche, o tecniche ad impressione, incisione, intaglio e graffito oltre alle decorazioni dipinte utilizzando coloranti naturali.

Dopo la modellazione e la decorazione, i manufatti vengono lasciati essiccare affinché l'argilla perda parte dell'acqua presente nell'impasto prima di essere esposta al fuoco. Tuttavia, le superfici possono essere ulteriormente lavorate prima della cottura ad uno stadio un po' più avanzato di essiccamento per rimuovere le irregolarità evidenti e levigare il vaso con uno sfregamento prolungato ottenendo un effetto lucido.

La cottura è la fase finale del processo di produzione della ceramica ed è fondamentale per conferire rigidità, porosità e stabilità ai manufatti trasformando l'argilla in ceramica attraverso un cambiamento chimico-fisico che si attiva al raggiungimento di alte temperature ($> 650^\circ$) (Cuomo Caprio, 2007; Levi, 2010). In passato, le tecniche di cottura avvenivano disponendo i vasi in aree circoscritte o fosse scavate nel terreno in modo che i vasi fossero a contatto diretto con il combustibile (Cocchi Genick, 1994; Vidale, 2007).

1.2.3 *La chaîne opératoire nella produzione della ceramica*

Le competenze specifiche, le scelte tecnologiche e gli strumenti necessari per realizzare i vasi in ceramica possono essere indagati attraverso la metodologia della *chaîne opératoire*. Il concetto di "*chaîne opératoire*" ("catena operativa" o "sequenza operativa") è stato introdotto per la prima volta nel 1966 dall'antropologo francese Leroi-Gourhan ed è stato ampiamente applicato nello studio della tecnologia ceramica nella ricerca sia etnografica che archeologica. Questo approccio rappresenta una metodologia di studio che mira a comprendere l'intero processo di produzione, definito come una serie di operazioni che trasformano la materia prima in un prodotto finito, oppure una parte specifica del processo di produzione (Roux, 2019). Un approccio di questo tipo ci permette di concentrarci su ogni fase della sequenza produttiva, a partire dall'approvvigionamento della materia prima e procedendo con la messa in forma del vaso, fino alla cottura o ai trattamenti post-cottura (Forte, 2019).

Non si tratta solo di un approccio finalizzato alla classificazione, ma di uno che mira a una comprensione più profonda del significato sociale delle tecniche utilizzate nelle società antiche. Tale approccio ha spostato l'attenzione dallo studio degli esseri umani preistorici attraverso i loro strumenti in pietra allo studio delle società preistoriche attraverso le loro tecniche (Soressi & Geneste, 2011). L'obiettivo principale della *chaîne opératoire* è ricostruire e interpretare le strategie cognitive e tecnologiche degli individui del passato, osservando i dettagli delle azioni che compivano durante il processo di

produzione. Si tratta di un approccio multidisciplinare che permette agli archeologi e agli antropologi di ottenere informazioni dettagliate sulla tecnologia utilizzata, sulle materie prime, sugli strumenti e sulle specifiche abilità e competenze artigianali delle culture coinvolte. Grazie ad esso, i ricercatori possono considerare gli oggetti da una prospettiva diversa, come parte di un processo sociale e tecnologico, e rivelatori dei gruppi sociali che li hanno prodotti, identificando modelli di diffusione culturale attraverso la trasmissione di gesti tecnici (Roux, 2019).

L'uso delle tecnologie digitali, come la cinematica 3-D, può essere incorporato nell'approccio della *chaîne opératoire* per investigare le pratiche artigianali e offrire una più approfondita comprensione delle dinamiche sociali dei gruppi che esistevano in epoche passate.

1.3 Analisi cinematica

Lo studio delle abilità motorie degli antichi vasai del Neolitico può fare ricorso all'analisi cinematica del movimento. La cinematica, intesa come “descrizione matematica del movimento”, viene utilizzata come variabile dipendente nello studio della psicologia sperimentale, concentrandosi in particolare sul controllo motorio (Nicoletti, 2007). Nello studio della psicologia sperimentale, la cinematica è una misura fondamentale per comprendere i processi mentali coinvolti nel controllo motorio. Attraverso l'analisi dettagliata dei parametri cinematici come la velocità, l'accelerazione e la precisione del movimento, gli psicologi possono tracciare le strategie cognitive e motorie adottate dagli individui durante il compimento di una determinata attività.

Un importante incentivo alla ricerca e allo studio del movimento è rappresentato dall'avvento delle tecniche cinematografiche. In quanto, le registrazioni dei gesti consentono osservazioni dettagliate e la possibilità di analizzare i movimenti al rallentatore, rivelando particolari sfuggenti. Tuttavia, i filmati da soli non forniscono una descrizione completa del movimento e richiedono integrazione con altre analisi e misurazioni. Nel corso del tempo, i progressi tecnologici relativi alle modalità di misurazione del movimento hanno permesso di analizzare ogni tipo di gesto, migliorando la comprensione del movimento umano e del controllo motorio in diverse situazioni e contesti. Questo ha permesso all'analisi del movimento di essere riconosciuta come uno

strumento molto utile per la rilevazione di alterazioni dello sviluppo motorio e cognitivo (Castiello, 1995).

Per comprendere il movimento umano, si selezionano specifici aspetti e si analizzano in diverse condizioni sperimentali. Questi aspetti possono includere la durata complessiva del movimento, l'accuratezza ed elementi come la variazione angolare di un'articolazione rispetto all'intero movimento corporeo. Gli approfondimenti nello studio del movimento prendono in considerazione informazioni quantitative come velocità e accelerazione e le loro variazioni nel tempo. Queste descrizioni sono particolarmente utili per distinguere diverse strategie utilizzate per raggiungere lo stesso obiettivo nei gesti analizzati. Nell'analisi cinematica di qualsiasi movimento, fondamentale è il sistema di riferimento, poiché la descrizione di un evento dipende dal sistema di riferimento adottato. All'interno di un dato sistema di riferimento, vengono descritte la posizione e il movimento di ciascun elemento utilizzando coordinate spaziali. Le coordinate più comunemente utilizzate, sono quelle cartesiane, che utilizzano tre assi ortogonali tra loro (x, y, z), con un'origine comune. Grazie ad un sistema di riferimento si ha a disposizione un formalismo matematico per descrivere con precisione l'esatta posizione del corpo nello spazio (Castiello, 1995)

Tra le tecniche avanzate per l'analisi cinematica dell'immagine, le tecniche optoelettriche hanno giocato un ruolo significativo nel favorire notevoli progressi. Queste tecniche prevedono l'utilizzo di marcatori posizionati sul soggetto, i quali possono essere di due tipi: "attivi" o "passivi". Nel caso dell'esperimento descritto, sono stati utilizzati marcatori di tipo passivo, costituiti da semisfere di plastica ricoperte di materiale riflettente. Le telecamere registrano in tempo reale le coordinate spaziali dei marcatori durante il movimento, basandosi sulla loro luminosità e, in alcuni sistemi avanzati, anche sulla loro forma (Ferrigno & Pedotti, 1985).

Un notevole vantaggio nell'utilizzo di questi sistemi è che tutti i dati sono riferiti a un sistema spaziale di riferimento assoluto. Inoltre, molti sistemi, consentono l'uso di numerosi marcatori da posizionare sul soggetto, permettendo la registrazione di più punti di interesse. L'utilizzo di marker passivi risulta particolarmente pratico, poiché essi non hanno bisogno di cavi e sono facili da montare, garantendo al soggetto una sensazione di libertà e comfort durante le prestazioni (Castiello, 1995).

I parametri cinematici sono stati utilizzati anche con una diversa finalità, ovvero come variabili dipendenti in disegni sperimentali in cui il movimento viene utilizzato per studiare in maniera indiretta altri fenomeni. Ad esempio, confrontando i parametri cinematici di soggetti affetti da diversi disturbi del sistema nervoso centrale con quelli di soggetti sani, è possibile inferire il ruolo svolto dalle strutture nervose lese nella programmazione ed esecuzione del movimento oppure si possono studiare i processi di selezione dell'azione (Allport, 1987) in situazioni in cui i soggetti si trovino ad agire in presenza di ostacoli (ad es. Sailing, Alberts, Stelmach, Bloedel, 1998) o in presenza di distrattori all'interno della scena visiva (ad es. Bonfiglioli, Castiello, 1998).

1.3.1 Movimento di raggiungimento e prensione

Il presente studio si è focalizzato sul comportamento di raggiungimento e prensione della mano di una spatola per la lavorazione dell'argilla.

L'abilità nell'uso della mano è stata fondamentale per il progresso tecnologico, sociale e culturale della specie umana. La capacità altamente sviluppata della mano umana di afferramento e manipolazione degli oggetti, sotto il preciso controllo visivo, rappresenta una caratteristica chiave del sistema motorio umano (Begliomini et al., 2007).

L'analisi cinematica di tale movimento (*reach-to-grasp*) è stata ampiamente studiata nelle neuroscienze. Marc Jeannerod, uno scienziato francese, ha giocato un ruolo significativo nello sviluppo di questa analisi, caratterizzando il profilo cinematico di tale movimento in varie situazioni sperimentali, sia su soggetti sani che su quelli affetti da malattie degenerative del sistema nervoso (Castiello, 1995). Jeannerod ha distinto le proprietà degli oggetti in due categorie: intrinseche ed estrinseche. Le proprietà intrinseche sono legate agli attributi fisici degli oggetti, come dimensione, forma, tipo di materiale e peso, mentre le proprietà estrinseche riguardano le relazioni spaziali tra gli oggetti e i soggetti, come distanza, posizione e orientamento. Secondo le ricerche di Jeannerod, le proprietà intrinseche degli oggetti influenzano principalmente la postura della mano (componente distale o di manipolazione), mentre le proprietà estrinseche influenzano principalmente la traiettoria spaziale del braccio (componente prossimale o di trasporto) che accompagna la mano verso l'oggetto da afferrare. La componente prossimale del movimento è misurata attraverso la velocità e l'accelerazione del marcatore posizionato sul polso nel corso del tempo. La velocità varia in base alla posizione e al tipo di oggetto da afferrare, ad esempio

la fase di decelerazione, che va dal punto di massima velocità alla fine del movimento, è un indicatore significativo in relazione alla dimensione dell'oggetto da afferrare. I risultati del primo lavoro di Jeannerod (1981), che prendono in esame i profili di velocità e accelerazione, misurati in base allo spostamento compiuto dalla mano o dal polso, mostrano come durante l'esecuzione del movimento, il profilo di velocità risultava relativamente simmetrico, con una fase iniziale di accelerazione che culminava nel picco di velocità, seguita da una fase di decelerazione. Per quanto riguarda la componente distale, l'apertura della mano rispetto alla dimensione dell'oggetto è un parametro importante da considerare. Questa apertura varia proporzionalmente alla dimensione dell'oggetto da afferrare. Per misurare ciò, si considera la distanza tra i marcatori posti sull'unghia del dito indice e sull'unghia del pollice (Castiello, 1995).

Per quanto riguarda la componente di trasporto (*reaching*), la mano segue una traiettoria a forma di “U rovesciata” verso l'oggetto, sollevandosi gradualmente, raggiungendo l'apice della traiettoria e abbassandosi fino al bersaglio. La lunghezza della traiettoria varia con la distanza dell'oggetto. L'arto attraversa una fase di accelerazione seguita da una decelerazione quando si avvicina all'oggetto (Fig.2), (Jeannerod, 1984). Relativamente alla componente di manipolazione (*grasping*), si possono individuare due fasi principali: inizialmente, c'è un'estensione delle dita e una volta raggiunta la “*maximum grip aperture*” (ossia la massima apertura della presa, in cui le dita si aprono fino a raggiungere una distanza massima, che varia in base alle dimensioni dell'oggetto) segue una progressiva chiusura della presa sull'oggetto. La configurazione della mano e delle dita nel momento in cui entra in contatto con l'oggetto rappresenta il risultato finale di una sequenza motoria che inizia già durante la fase di trasporto della mano verso l'oggetto (Castiello, 1995; Chieffi et al., 1991; Chieffi & Gentilucci, 1993; Jeannerod, 1984).

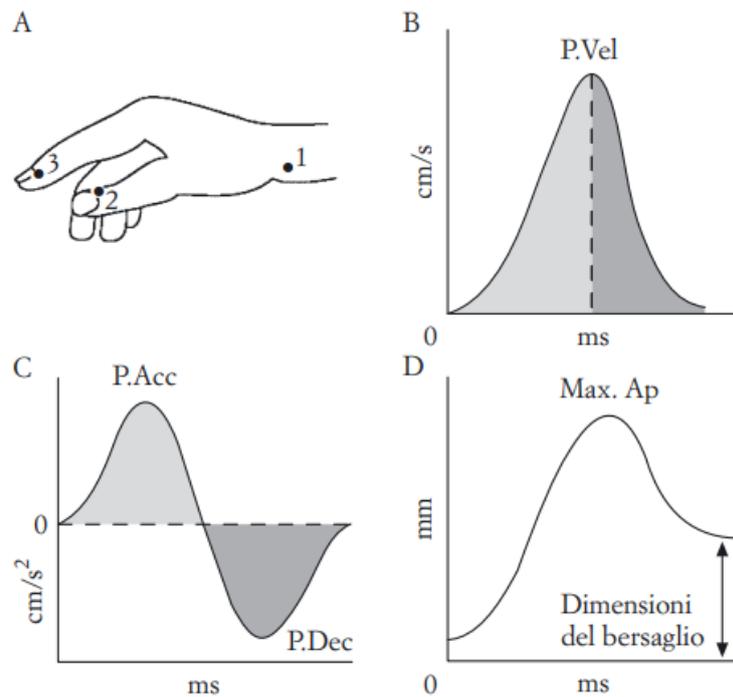


FIGURA 2 ANALISI CINEMATICA DELLE COMPONENTI DI TRASPORTO E MANIPOLAZIONE DURANTE IL MOVIMENTO DI PRENSIONE. BONIFIGLIOLI, 2000. DIAGRAMMI SCHEMATICI DEI PARAMETRI CINEMATICI DURANTE IL MOVIMENTO DI PRENSIONE, MOSTRANDO LE COMPONENTI DI TRASPORTO E MANIPOLAZIONE. LA FIGURA (A) INDICA I PUNTI ANATOMICI UTILIZZATI PER DETERMINARE LE VARIABILI DI INTERESSE (1: POLSO; 2: POLLICE; 3: INDICE). I GRAFICI (B) E (C) MOSTRANO IL PROFILO DELLA VELOCITÀ E DELL'ACCELERAZIONE RISPETTO ALLO SPOSTAMENTO DEL POLSO, CON LA ZONA PIÙ CHIARA RAPPRESENTANTE LA FASE DI ACCELERAZIONE E QUELLA PIÙ SCURA LA FASE DI DECELERAZIONE. I PUNTI RILEVANTI SONO IL PICCO DI VELOCITÀ (P. VEL), IL PICCO DI ACCELERAZIONE (P. ACC), E IL PICCO DI DECELERAZIONE (P. DEC). IL GRAFICO (D) ILLUSTRA IL PROFILO DELL'APERTURA DELLA PRESA IN RELAZIONE ALLA DISTANZA TRA IL POLLICE E L'INDICE (MAX. AP), EVIDENZIANDO COME LA MASSIMA APERTURA TRA LE DUE DITA SIA MAGGIORE DELLE DIMENSIONI REALI DELL'OGGETTO PRESO.

Queste due componenti interagiscono tra loro per pianificare e regolare adeguatamente l'azione di raggiungimento e afferramento. Jeannerod ha ipotizzato che i sistemi motori coinvolti nel trasporto e nella manipolazione possono essere considerati come moduli separati con differenti modalità di attivazione. Il modulo di trasporto elabora le informazioni visive dell'ambiente esterno per localizzare spazialmente il bersaglio e attivare i muscoli necessari per spostare la mano verso quella posizione. D'altra parte, il modulo di manipolazione estrae informazioni riguardanti la forma e le dimensioni dell'oggetto, attivando i muscoli distali coinvolti nell'afferramento. Questa separazione tra i circuiti neurali responsabili del controllo delle due componenti del movimento di prensione è stata supportata da studi neurofisiologici su primati non umani. In particolare, si credeva che all'interno di un circuito parieto-frontale laterale, coinvolgente

principalmente l'area intraparietale anteriore (AIP) e le regioni dorsale (PMd) e ventrale (PMv) delle aree premotorie, fosse associata principalmente la componente di prensione. D'altra parte, la componente di raggiungimento sembrava coinvolgere un circuito parieto-frontale più mediale, che comprendeva l'area intraparietale (mIP) al confine con l'area V6A e il PMd (Fig.3). Tuttavia, questa rigida separazione tra le vie neurali e le funzioni non è più considerata valida. Il sistema di raggiungimento e prensione si è rivelato altamente integrato e caratterizzato da una sovrapposizione delle due vie (Fattori et al., 2010). Le evidenze sperimentali suggeriscono che la pianificazione e l'esecuzione dei movimenti di raggiungimento e prensione potrebbero condividere una rete neurale comune, confermando l'idea che le basi neurali del raggiungimento e della prensione possono sovrapporsi sia in termini spaziali che temporali (Verhagen et al., 2013). Tuttavia, sebbene entrambi i circuiti rispondano ad entrambe le azioni, si riscontra una preferenza predominante per un'azione rispetto all'altra, evidente su una scala temporale. (Begliomini et al., 2014).

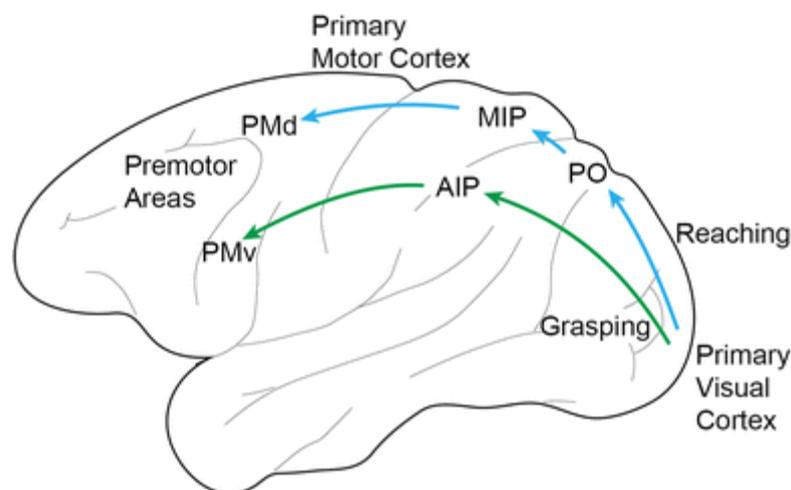


FIGURA 3 WHISHAW ET AL.,2016. NELL'IMMAGINE VIENE MOSTRATO IL GESTO DI REACHING MEDIATO DA UN PERCORSO DI RAGGIUNGIMENTO DORSOMEDIALE CHE COLLEGA LA CORTECCIA VISIVA CON LA CORTECCIA PREMOTORIA DORSALE (PMd) ATTRAVERSO L'AREA PARIETO-OCCIPITALE EXTRASTRIATA (PO) E L'AREA INTRAPARIETALE MEDIALE (MIP). MENTRE, IL GESTO DI GRASPING È MEDIATO DA UN PERCORSO DI AFFERRARE DORSOLATERALE CHE COLLEGA LA CORTECCIA VISIVA CON IL SOLCO INTRAPARIETALE ANTERIORE (AIP) E LA CORTECCIA PREMOTORIA VENTRALE (PMv)

Le dimensioni dell'oggetto da afferrare non è l'unico fattore che guida l'azione di *reach-to-grasp*. Vari esperimenti che utilizzano tecniche cinematiche suggeriscono l'influenza di altri attributi dell'oggetto come la forma, la consistenza, il peso e la fragilità (Castiello, 2005). Inoltre, ulteriori evidenze sperimentali mettono in luce come movimenti di raggiungimento e prensione con requisiti bio-meccanici quasi identici ma con differenti intenzioni motorie, presentano caratteristiche cinematiche diverse (Flindall & Gonzalez, 2019).

I movimenti di presa possono essere distinti principalmente in due categorie: il "*power grip*" e il "*precision grip*". Il *power grip* è caratterizzato da una presa forte e salda, coinvolge l'intera mano e le dita si flettono verso il palmo; il *precision grip* richiede un movimento più accurato e preciso e viene ottenuto attraverso l'opposizione tra il pollice e una o più dita (Napier, 1960).

Il vocabolario delle prensioni varia a seconda del tipo di oggetto e diverse strutture neurali viene attivato a seconda del tipo di prensione richiesta (Napier, 1956). L'analisi cinematica è uno strumento prezioso per caratterizzare queste diverse prensioni e fornisce informazioni importanti sulla programmazione delle azioni umane.

Questi risultati non solo codificano parametri cinematici diversi in base al contesto, ma offrono anche una base di partenza per comprendere l'organizzazione neurale del movimento e i meccanismi psicologici che guidano la selezione delle azioni umane (Castiello, 1995).

Capitolo 2: Metodo

2.1 Partecipanti

All'esperimento hanno preso parte quindici studenti e quattordici studentesse del Dipartimento di Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica (DBC) dell'Università di Padova, di età compresa tra i 19 e i 30 anni (F età media = 21,80; M età media = 21,46). Di questi ventinove, quattordici hanno partecipato alla ricerca come gruppo sperimentale (9 maschi e 5 femmine), mentre i restanti quindici come gruppo di controllo (6 maschi e 9 femmine). Tutti i partecipanti, ignari del disegno sperimentale e dello scopo dello studio, hanno fornito il loro consenso informato a partecipare alla ricerca "Becoming an Expert" condotta in collaborazione con il Dipartimento di Beni Culturali (DBC) dell'Università di Padova e coordinata dalla dott.ssa Vanessa Forte. Inoltre, la maggior parte dei partecipanti ha dimostrato una preferenza manuale destra (Edinburgh Handedness Inventory).

Le misurazioni sono state effettuate sia sul gruppo sperimentale che sul gruppo di controllo, in due sessioni a distanza di un mese. Tra le due sessioni solo il gruppo sperimentale ha partecipato a un periodo di training, durante il quale ha appreso le tecniche di lavorazione della ceramica utilizzate dai primi vasai del Neolitico (tecnica del colombino e l'uso della spatola per la rifinitura delle superfici). Durante il periodo di training, si richiedeva un impegno minimo di 24 ore. Alcuni partecipanti hanno superato questa soglia, raggiungendo fino a un massimo di 42 ore di partecipazione, altri non sono riusciti a raggiungere le 24 ore, effettuando almeno 17 ore. Nel conteggio delle ore rientrano anche le sessioni di *refresh* effettuate immediatamente prima della raccolta dei dati.

2.2 Stimoli sperimentali

Gli stimoli sperimentali utilizzati consistevano in una ciotola d'argilla grezza (6 cm di diametro), posizionata a pochi centimetri dalla mano sinistra del partecipante, e una spatola (15 cm di lunghezza), posizionata orizzontalmente al centro dello spazio di lavoro, ad una distanza di circa 30 cm dalle mani del partecipante. Le mani del partecipante erano distanziate tra loro di 25 cm.

2.3 Apparato sperimentale

I partecipanti, accolti all'interno del setting sperimentale (Fig.3A), sono stati sottoposti al test individualmente. Sono stati invitati a sedersi su una sedia di fronte a una superficie di lavoro di dimensioni 90 x 90 cm, con i polsi e le mani appoggiati sul tavolo, nella posizione iniziale come illustrato nella figura (Fig.3A).

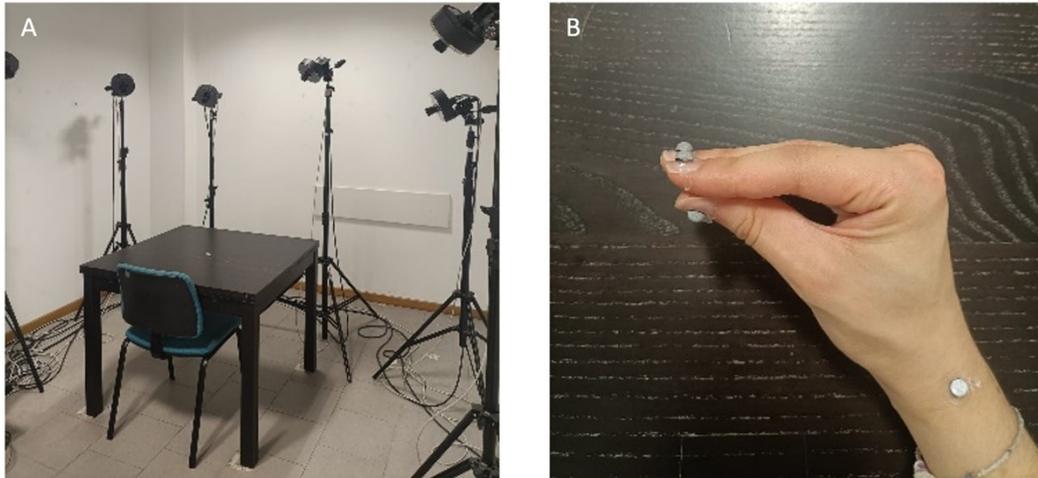


FIGURA 4. NEL PANNELLO A, IL SETTING SPERIMENTALE. NEL PANNELLO B, LA CONFIGURAZIONE DI PARTENZA DELLA MANO.

2.4 Raccolta dati

La registrazione cinematografica del movimento è stata effettuata attraverso l'utilizzo del sistema 3D-optoelettronico SMART-D (Bioengineering Technology & Systems, B|T|S|). Sulla mano destra di ciascun partecipante sono stati applicati 7 marker passivi riflettenti l'infrarosso, con un diametro di 6 mm. La posizione dei marker nello spazio e nel tempo è stata registrata tramite sei telecamere digitali a infrarossi disposte a semicerchio, a una distanza di 1-1,2 metri al centro della stanza. I marker, fissati con nastro biadesivo, sono stati posizionati sulla punta di tutte le dita e sul polso, in corrispondenze dell'ulna e radio.

Per ottenere una rilevazione ottimale di tutti i marker, all'inizio di ogni studio, le telecamere venivano attentamente impostate per ottenere l'inquadratura migliore (ciò includeva la regolazione dello zoom, della luminosità e della messa a fuoco). Successivamente, il sistema veniva calibrato. Tale procedura di calibrazione si articolava

in due fasi: inizialmente, una struttura rappresentante i tre assi cartesiani con cinque marker a distanza nota (terna), veniva posizionata al centro del tavolo una per eseguire la calibrazione statica. In seguito, si procedeva con l'esecuzione di una calibrazione dinamica per delineare lo spazio sperimentale. Questa fase prevedeva il movimento di una bacchetta con tre marker lungo traiettorie circolari e ondulatorie nello spazio interessato. Durante questa calibrazione, la deviazione standard dell'errore era di 0.2 mm per gli assi x, y e z.

La registrazione del movimento veniva effettuata mediante il software SMART Capture, in grado di rilevare e registrare la traiettoria dei marcatori passivi. Questo software permetteva di acquisire in modo accurato e dettagliato i dati relativi al movimento durante le attività sperimentali.

2.5 Procedura sperimentale

La stessa procedura viene utilizzata per tutti i partecipanti e sia nella sessione pre-training che in quella post-training. Dopo aver firmato il consenso informato e compilato il questionario sulla dominanza manuale (Edinburgh Handedness Inventory), ciascun partecipante è stato invitato a prendere posto alla postazione di lavoro, dove gli sono stati posizionati i marker e indicata la posizione di partenza univoca per tutte le prove.

In seguito, è stato chiesto a ciascun partecipante di svolgere le azioni di raggiungimento, prensione, sollevamento e avvicinamento della spatola, con l'obiettivo di eseguire azioni di rifinitura di una ciotola d'argilla grezza posizionata alla loro sinistra e successivamente riposizionarla nel punto di partenza. Il momento d'inizio del movimento è stato indicato dallo sperimentatore, senza porre limiti di tempo e senza fornire alcuna informazione circa l'affordance corretta dell'oggetto.

Per ogni partecipante sono stati raccolti dieci trials, sia nella sessione pre-training che in quella post-training, al fine di ottenere numero consistente di dati per l'analisi delle performance.

2.6 Processamento dati

Dopo la raccolta dati, ogni trial è stato analizzato singolarmente. Attraverso il programma SMART-D Tracker software package (B|T|S), è stata eseguita la ricostruzione 3-D dei marker, permettendo l'identificazione della loro posizione in funzione del tempo. Questa operazione comportava l'assegnazione del nome corrispondente a ciascun marker,

durante l'intera durata del movimento, basandosi sul modello della mano costruito precedentemente costruito (Fig.4).

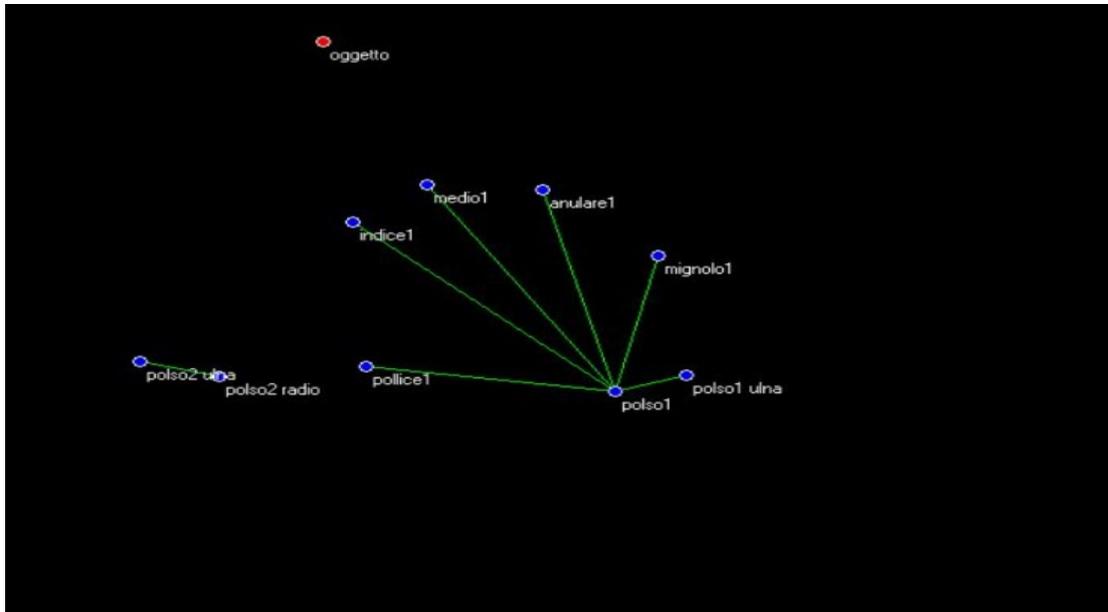


FIGURA 5-MODELLO DELLA MANO SMART-D TRACKER

Successivamente, i dati ottenuti sono stati filtrati e analizzati utilizzando il software SMART-D Analyzer (B|T|S). Il protocollo d'analisi, ovvero lo schema computazionale applicato all'insieme dei dati, è stato appositamente progettato per il calcolo di specifici parametri cinematici del movimento individuale.

2.7 Variabili dipendenti e analisi dati

Facendo riferimento alla letteratura precedente riguardante il comportamento di raggiungimento e prensione (Wing et al., 1986; Castiello & Umiltà, 1992; Gentilucci, 2003), sono state prese in considerazione una serie di variabili dipendenti, rilevanti per le nostre ipotesi sperimentali, sia per le componenti di raggiungimento che di manipolazione.

I parametri cinematici, riferiti sia al *reaching* che al *grasping*, presi in esame sono i seguenti:

- Tempo di movimento (TM): l'intervallo temporale tra l'inizio del movimento (ovvero il primo istante in cui la velocità del polso ha superato i 5mm/s e si mantiene al di sopra di questa soglia per almeno 500 ms) e la fine della presa

(ossia quando la velocità di chiusura della presa scende al di sotto della soglia 5 mm/s);

- Delay tra l'inizio del *reaching* e l'inizio del *grasping*, cioè l'intervallo di tempo tra l'inizio del raggiungimento e l'inizio della prensione (ms).

COMPONENTE DI RAGGIUNGIMENTO (*REACHING*)

Il parametro cinematico preso in esame relativo alla componente di raggiungimento è:

- Il tempo di massima altezza della traiettoria (TMT%): la proporzione di tempo in cui si è verificata la massima altezza delle coordinate 3-D.

COMPONENTE DI MANIPOLAZIONE (*GRASPING*)

I parametri cinematici considerati che si riferiscono alla componente di manipolazione sono:

- Massima apertura della mano (MA): la massima distanza radiale raggiunta dalle coordinate 3-D del pollice e dell'indice (mm);
- Massima velocità di apertura (MVA): la velocità massima delle coordinate 3-D del pollice e dell'indice durante l'apertura della mano (mm/s);
- Tempo di massima apertura (TMA%): la proporzione di tempo in cui il pollice e l'indice hanno raggiunto una distanza massima, dall'inizio del movimento;
- Tempo di massima velocità di apertura (TMVA%): la proporzione di tempo in cui il pollice e l'indice hanno raggiunto una velocità di apertura massima dall'inizio del movimento.

Per ciascun parametro cinematico, abbiamo calcolato le medie e deviazioni standard sia per il gruppo sperimentale che per il gruppo di controllo, prima e dopo il training. I dati ottenuti sono stati analizzati utilizzando uno strumento aggiuntivo per Excel. Nello specifico, abbiamo effettuato dei Test t per campioni appaiati ($p < 0.05$), al fine di valutare l'eventuale presenza di una differenza statisticamente significativa tra le medie dei gruppi prima e dopo l'implementazione del training, con l'obiettivo di dedurre l'efficacia di tale intervento.

Capitolo 3: Risultati

3.1 Tempo di movimento (TM)

Nell'analisi del tempo di movimento non è emerso alcun effetto significativo del training sul gruppo sperimentale. Nella fase pre-training, la media dei tempi di movimento risulta maggiore rispetto alla fase post-training. Tuttavia, le differenze e le variazioni nei tempi di movimento tra le due sessioni, secondo i risultati del Test t non hanno evidenziato significatività statistica ($p = 0.22$). Pertanto, è possibile affermare che dal punto di vista statistico i tempi di movimento dopo il training non presentino differenze rilevanti rispetto ai tempi di movimento precedenti al training (Tabella 1).

Nel gruppo di controllo, la media dei tempi di movimento è aumentata dalla prima sessione. Il Test t indica la presenza di significatività statistica nella variazione di tali tempi di movimento ($p = 0.04$). Ciò significa che i tempi di movimento del gruppo di controllo sono peggiorati nella seconda sessione (Tabella 1).

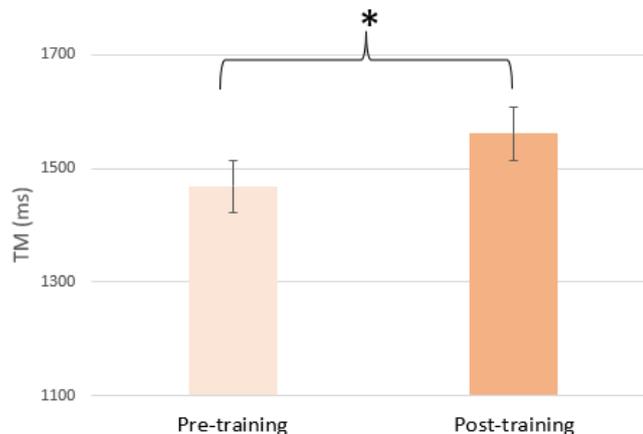


FIGURA 6. IL GRAFICO RIPORTA LA DIFFERENZA SIGNIFICATIVA TRA LE MEDIE RELATIVE AI TEMPI DI MOVIMENTO, TRA IL PRE E IL POST TRAINING, ALL'INTERNO DEL GRUPPO DI CONTROLLO.

3.2 Delay

L'analisi dei dati ha rilevato un effetto significativo del training sul gruppo sperimentale, in relazione al ritardo tra l'inizio del *reaching* e l'inizio del *grasping*. La media del delay post-training è minore rispetto a quelle del pre-training. Il

Test t evidenzia una differenza statisticamente significativa tra le sessioni pre e post-training ($p = 0.05$), (Tabella 1).

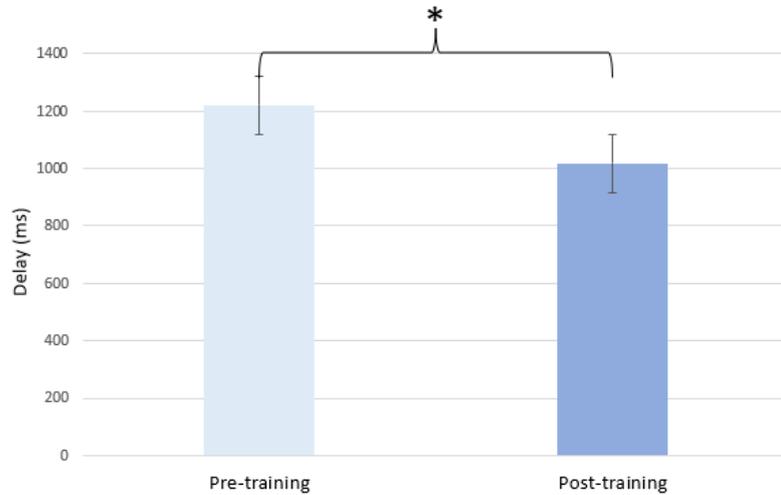


FIGURA 7 IL GRAFICO RIPORTA LA DIFFERENZA SIGNIFICATIVA TRA LE MEDIE RELATIVE AL DELAY TRA L'INIZIO DEL *REACHING* E L'INIZIO DEL *GRASPING*, TRA IL PRE E IL POST TRAINING, ALL'INTERNO DEL GRUPPO SPERIMENTALE.

In termini statistici, il delay tra l'inizio del *reaching* e l'inizio del *grasping* non sembra differire in modo significativo tra le due condizioni nel gruppo di controllo ($p = 0.37$), (Tabella 1).

3.3 Tempo di massima altezza della traiettoria (TMT%)

Nel gruppo sperimentale, è emerso un effetto significativo in seguito al training, in relazione al tempo di massima altezza della traiettoria. L'analisi del tempo di massima altezza della traiettoria all'interno del gruppo sperimentale rileva una riduzione del tempo medio nel post-training rispetto al pre-training. Il Test t indica che questa differenza nei tempi di massima altezza della traiettoria prima e dopo il training è statisticamente significativo ($p = 0.04$), (Tabella 1).

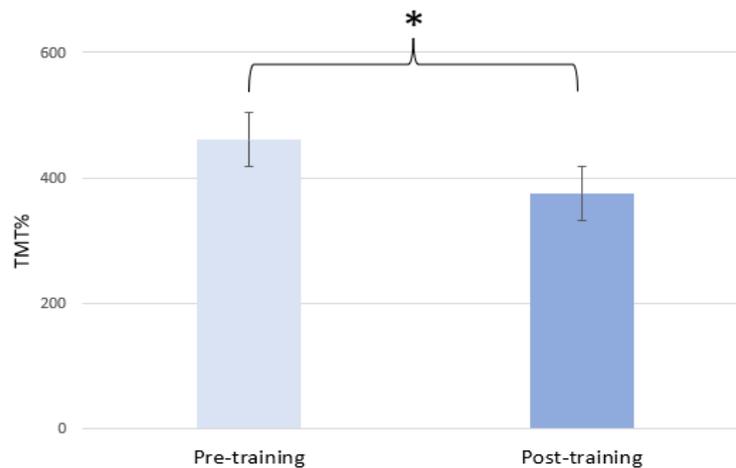


FIGURA 8 IL GRAFICO RIPORTA LA DIFFERENZA SIGNIFICATIVA TRA LE MEDIE RELATIVE AL TEMPO DI MASSIMA ALTEZZA DELLA TRAIETTORIA, TRA IL PRE E IL POST TRAINING, ALL'INTERNO DEL GRUPPO SPERIMENTALE.

Per quanto riguarda il gruppo di controllo, il tempo in cui il polso raggiunge il picco di massima altezza della traiettoria non è statisticamente significativa tra le due sessioni ($p = 0.34$), (Tabella 1).

3.4 Massima apertura (MA)

Nessun effetto significativo è stato rilevato in relazione alla massima apertura della mano destra in nessuno dei due gruppi ($p = 0.27$ e $p = 0.34$ rispettivamente per il gruppo sperimentale e di controllo), (Tabella 1).

3.5 Massima velocità di apertura (MVA)

Nell'analisi della massima velocità di apertura della mano destra, non sono stati individuati effetti significativi nel gruppo sperimentale ($p = 0.84$) né nel gruppo di controllo ($p = 0.89$).

3.6 Tempo di massima apertura (TMA%)

L'analisi del tempo di massima apertura della mano rileva che dopo il training si è verificata una diminuzione media del tempo. Il Test t suggerisce che la differenza nel tempo di massima apertura della mano tra le condizioni pre e post-training è statisticamente significativa ($p = 0.04$), (Tabella 1).

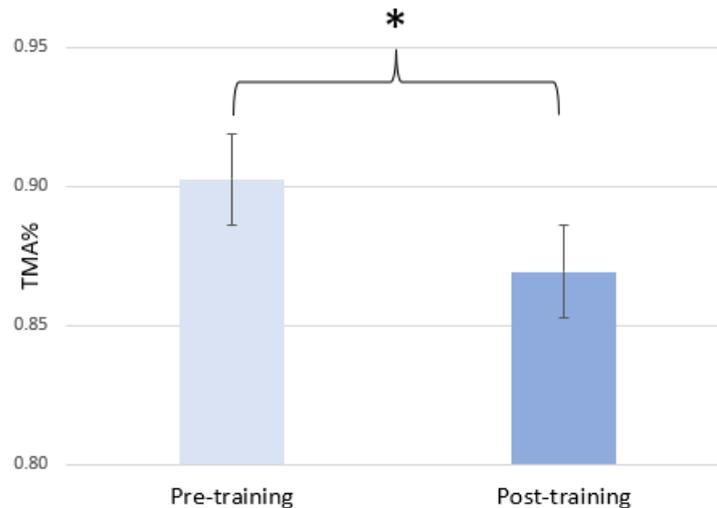


FIGURA 9 IL GRAFICO RIPORTA LA DIFFERENZA SIGNIFICATIVA TRA LE MEDIE RELATIVE AL TEMPO DI MASSIMA APERTURA DELLA MANO, TRA IL PRE E IL POST TRAINING, ALL'INTERNO DEL GRUPPO SPERIMENTALE.

Per quanto riguarda il gruppo di controllo, l'analisi indica un aumento nella media del tempo di massima apertura della mano nella seconda sessione. Il Test t suggerisce che la discrepanza nel tempo di massima apertura della mano non è statisticamente significativa in questo gruppo (Tabella 1).

3.7 Tempo di massima velocità di apertura (TMVA%)

L'analisi del tempo di massima velocità di apertura della mano destra ha rilevato un effetto significativo dovuto al training all'interno del gruppo sperimentale ($p = 0.02$): dopo il training si è verificata un'anticipazione del picco di massima velocità di apertura (Tabella 1).

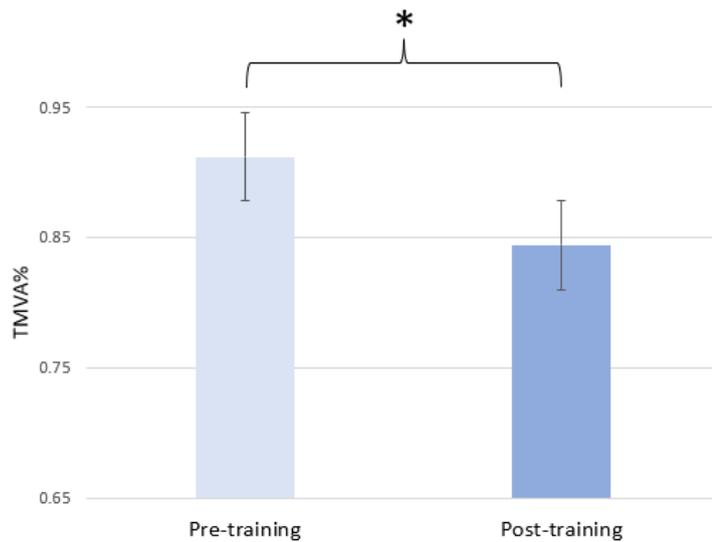


FIGURA 10 IL GRAFICO RIPORTA LA DIFFERENZA SIGNIFICATIVA TRA LE MEDIE RELATIVE AL TEMPO DI MASSIMA VELOCITÀ, TRA IL PRE E IL POST TRAINING, ALL'INTERNO DEL GRUPPO SPERIMENTALE.

L'analisi nel gruppo di controllo invece, non presenta una differenza statisticamente significativa ($p = 0.44$), (Tabella 1).

TABELLA 1 LA TABELLA PRESENTA LE MEDIE, LE DEVIAZIONI STANDARD E LE STATISTICHE TEST SUDDIVISE TRA IL GRUPPO SPERIMENTALE E QUELLO DI CONTROLLO, PRIMA E DOPO IL TRAINING, PER LE SEGUENTI VARIABILI DIPENDENTI PRESE IN ESAME: TEMPO DI MOVIMENTO (TM), DELAY TRA L'INIZIO DEL *REACHING* E L'INIZIO DEL *GRASPING* (DELAY), TEMPO DI MASSIMA ALTEZZA DELLA TRAIETTORIA (TMT%), MASSIMA APERTURA DELLA MANO (MA), MASSIMA VELOCITÀ DI APERTURA (MVA), TEMPO DI MASSIMA APERTURA (TMA%) E TEMPO DI MASSIMA VELOCITÀ DI APERTURA (TMVA%).

| | Gruppo sperimentale | | | Stat t |
|------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| | Pre-training | Post-training | | |
| TM (ms) | 1437.86 (± 313.50) | 1306.42 (±206.66) | | 1.34 (p= 0.22) |
| DELAY (ms) | 1221.43 (± 246.34) | 1017.41 (± 177.95) | | 2.40 (p = 0.05) |
| TMT% | 460.38 (± 43.31) | 374.51 (± 89.47) | | 2.53 (p = 0.04) |
| MA (mm) | 47.49 (± 12.20) | 45.83 (± 9.08) | | 0.27 (p = 0.79) |
| MVA (mm/s) | 85.26 (± 73.20) | 91.04 (± 62.31) | | -0.21 (p = 0.84) |
| TMA% | 0.90 (±0.03) | 0.87 (± 0.03) | | 2.57 (p = 0.04) |
| TMVA% | 0.91 (± 0.04) | 0.84 (± 0.04) | | 2.88 (p = 0.02) |
| | Gruppo di controllo | | | |
| | Pre-training | Post-training | | Stat t |
| TM (ms) | 1468.17 (± 347.79) | 1561.63 (± 325.22) | | -2.39 (p = 0.04) |
| DELAY (ms) | 1143.68 (± 252.97) | 1197.06 (± 233.69) | | -0.96 (p =0.37) |
| TMT% | 742.12 (± 594.68) | 550.98 (± 128.64) | | 1.02 (p = 0.34) |
| MA (mm) | 53.13 (± 13.99) | 50.14 (± 14.47) | | 1.01 (p = 0.34) |
| MVA (mm/s) | 107.71 (± 59.67) | 104.70 (± 63.78) | | 0.15 (p = 0.89) |
| TMA% | 0.94 (± 0.23) | 0.89 (± 0.14) | | 1.09 (p = 0.31) |
| TMVA% | 0.91 (± 0.24) | 0.87 (± 0.15) | | 0.80 (p = 0.44) |

Capitolo 4: Discussione

L'obiettivo principale di questa ricerca è stato analizzare, attraverso l'analisi 3-D del movimento, l'efficacia del training a cui i partecipanti del gruppo sperimentale hanno preso parte, al fine di favorire l'apprendimento di nuove abilità motorie legate alle tecniche di lavorazione della ceramica impiegate dai primi vasai del Neolitico. Nel contesto di questo esperimento, ci siamo concentrati sul comportamento di raggiungimento e prensione della mano nell'impiego di una spatola per modellare l'argilla.

L'analisi cinematica, seguita dall'applicazione del Test t per campioni appaiati, ha permesso di estrarre i parametri cinematici ritenuti rilevanti per valutare se il training abbia prodotto effetti statisticamente significativi. Tale valutazione è stata condotta sia nel gruppo sperimentale, che ha partecipato al training, che nel gruppo di controllo, che non ha partecipato al training. Ci aspettavamo una differenza statisticamente significativa tra le fasi pre e post-training, circoscritta al gruppo sperimentale.

Nel gruppo sperimentale, sono emersi risultati significativi per alcune delle variabili dipendenti considerate, indicando un possibile cambiamento dovuto al training. In particolare, è stata riscontrata una riduzione significativa nel delay tra l'inizio del *reaching* e l'inizio del *grasping*. Per quanto riguarda la componente di raggiungimento, si è registrata un'anticipazione del tempo di massima altezza della traiettoria nella fase di post training del gruppo sperimentale, che potrebbe suggerire un miglioramento nella coordinazione e nell'efficienza del movimento.

Riguardo alla componente di manipolazione, nel gruppo sperimentale dopo il training, è stata osservata una significativa anticipazione sia della massima apertura che della massima velocità di apertura della mano. Tale anticipazione sembra indicare che i partecipanti del gruppo sperimentale siano stati in grado di regolare la velocità del movimento in modo più preciso, adattandosi meglio alle esigenze del compito. Il picco di massima velocità è minore e anticipato rispetto il gruppo di controllo. Nella letteratura, è ampiamente accettato che la massima apertura della mano e la velocità del movimento varia proporzionalmente alle dimensioni dell'oggetto da afferrare (Jeannerod, 1984; Castiello, 1995). Ad esempio, la fase di decelerazione, che si estende dal punto di

massima velocità alla conclusione del movimento, è influenzata dalle dimensioni dell'oggetto: oggetti più piccoli richiedono più tempo per consentire una precisa posizione delle dita, quindi si allunga la fase di chiusura della mano, determinando un anticipo del momento di massima apertura (Castiello, 1995). Nell'ambito del nostro studio, l'anticipato e ridotto picco di velocità, potrebbe suggerire un effetto specifico in termini di precisione nel controllo della mano, indicando che i partecipanti stanno apprendendo a eseguire l'apertura in modo più controllata ed efficiente in seguito al training.

Capitolo 6: Conclusione

L'esperimento condotto ha rilevato cambiamenti circoscritti all'interno del gruppo sperimentale, suggerendo un possibile effetto positivo del training sulle abilità motorie oggetto di analisi. Questi risultati preliminari costituiscono una buona base su cui costruire indagini future, orientate ad una comprensione più approfondita dell'impatto del training. Studi futuri potrebbero investigare ulteriori variabili cinematiche, tra cui la velocità massima del polso, la decelerazione massima del polso, la deviazione massima della traiettoria, la massima velocità di chiusura della presa e il tempo di deviazione massima della traiettoria. Inoltre, sarebbe interessante esaminare non solo l'aspetto relativo alla manipolazione e al raggiungimento, ma anche la dinamica dell'avvicinamento della spatola guidato dall'intenzione di modellare la ciotola d'argilla. L'analisi di queste variabili e componenti potrebbe offrire una visione più ampia e dettagliata, consentendo di ottenere ulteriori informazioni sull'efficacia del training nel migliorare la specifica abilità motoria trattata.

Attraverso questo studio, l'analisi cinematica 3-D getta luce sulla comparsa di una nuova competenza, che trova le sue origini tra gli antichi vasai del Neolitico. Ciò rappresenta un ulteriore passo in avanti verso un approccio multidisciplinare che riconosce come il progresso scientifico possa essere raggiunto attraverso la sinergia di competenze e prospettive provenienti da diverse discipline. Una collaborazione attiva tra psicologia e archeologia consente di lavorare congiuntamente per indagare i legami neurali, comportamentali e materiali che caratterizzano l'evoluzione cognitiva umana.

L'integrazione delle conoscenze delle scienze cognitive con l'analisi archeologica offre un quadro più completo e approfondito, affrontando le complesse tematiche legate all'evoluzione dell'apprendimento e alla diffusione culturale nel corso della storia. Questo ci permette anche di comprendere meglio i potenziali collegamenti tra la plasticità cerebrale e la plasticità culturale (Renfrew et al., 2008).

L'approccio multidisciplinare si traduce in una comprensione più ricca e sfaccettata di ciò che significa "essere umani". Da prospettive e modalità di comprensione completamente differenti, emerge un quadro comprensivo e interconnesso che arricchisce la nostra

visione dell'evoluzione umana e delle dinamiche culturali che l'hanno plasmata nel corso del tempo.

Capitolo 7: Bibliografia

- Allport, D. A. (1987). *Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action*. <https://philpapers.org/rec/ALLSFA>
- Begliomini, C., Caria, A., Grodd, W., & Castiello, U. (2007). Comparing natural and constrained movements: New insights into the visuomotor control of grasping. *PloS One*, 2(10), e1108. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001108>
- Begliomini, C., De Sanctis, T., Marangon, M., Tarantino, V., Sartori, L., Miotto, D., Motta, R., Stramare, R., & Castiello, U. (2014). An investigation of the neural circuits underlying reaching and reach-to-grasp movements: From planning to execution. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.00676>
- Castiello, U. (1995). *Tecniche sperimentali di ricerca in psicologia*. PICCIN.
- Castiello, U. (2005). The neuroscience of grasping. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(9), Articolo 9. <https://doi.org/10.1038/nrn1744>
- Castiello, U., & Umiltà, C. (1992). Splitting focal attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(3), 837–848. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.18.3.837>
- Chieffi, S., & Gentilucci, M. (1993). Coordination between the transport and the grasp components during prehension movements. *Experimental Brain Research*, 94(3), 471–477. <https://doi.org/10.1007/BF00230205>
- Chieffi, S., Gentilucci, M., Castiello, U., & Scarpa, M. (1991). [Kinematic study of the temporal coupling between the components of transport and manipulation during reaching and grasping movements]. *Bollettino Della Societa Italiana Di Biologia Sperimentale*, 67(7), 723–729.
- Cocchi Genick, D. (1994). *Manuale di preistoria*. Octavo.
- Cuomo Caprio, N. C. di. (2007). *Ceramica in archeologia 2: Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. L'ERMA di BRETSCHNEIDER.
- Ferrigno, G., & Pedotti, A. (1985). ELITE: A digital dedicated hardware system for movement analysis via real-time TV signal processing. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 32(11), 943–950. <https://doi.org/10.1109/TBME.1985.325627>
- Flindall, J., & Gonzalez, C. L. R. (2019). On the neurocircuitry of grasping: The influence of action intent on kinematic asymmetries in reach-to-grasp actions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81(7), 2217–2236. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01805-5>

- Forte, V. (2019). Skilled people or specialists? Knowledge and expertise in copper age vessels from central Italy. *Journal of Anthropological Archaeology*, 55, 101072. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2019.101072>
- Forte, V., Castañeda, N., & Romagnoli, F. (2023). From Novices to Experts: Skill Development and Knowledge Transmission in Prehistory. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10816-023-09601-0>
- Fowler, C., Hardin, J., & Hofmann, D. (2014). *The Oxford Handbook of Neolithic Europe* | Oxford Academic. <https://academic.oup.com/edited-volume/35019?login=true#login-purchase#login-purchase>
- Gentilucci, M. (2003). *L'osservazione della presa influenza la produzione del linguaggio—Gentilucci—2003—European Journal of Neuroscience—Wiley Online Library*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1460-9568.2003.02438.x>
- Jeannerod, M. (1984). The timing of natural prehension movements. *Journal of Motor Behavior*, 16(3), 235–254. <https://doi.org/10.1080/00222895.1984.10735319>
- Levi, S. T. (2010). *Dal coccio al vasaio—Zanichelli*. <https://www.zanichelli.it/ricerca/prodotti/dal-coccio-al-vasaio>
- Matson, F. R. (1965). *Ceramics and Man*. Aldine Publishing Company.
- Napier, J. R. (1956). THE PREHENSILE MOVEMENTS OF THE HUMAN HAND. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 38-B(4), 902–913. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.38B4.902>
- Napier, J. R. (1960). Studies of the Hands of Living Primates. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 134(4), 647–657. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1960.tb05606.x>
- Nicoletti, A. M. B. (2007). *Il controllo motorio—Roberto Nicoletti—Anna M. Borghi—Libro—Il Mulino—Introduzioni. Psicologia | IBS*. <https://www.ibs.it/controllo-motorio-libro-roberto-nicoletti-anna-m-borghi/e/9788815118868>
- Renfrew, C., Frith, C., & Malafouris, L. (2008). Introduction. The sapient mind: Archaeology meets neuroscience. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1499), 1935–1938. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0016>
- Roux, V. (2019). *Ceramics and Society: A Technological Approach to Archaeological Assemblages*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03973-8>
- Shepard, A. O. (1976). *Ceramics for the Archaeologist*. Carnegie Institution of Washington.
- Soressi, M., & Geneste, J.-M. (2011). The history and efficacy of the Chaîne Opératoire approach to lithic analysis: Studying techniques to reveal past societies in an evolutionary perspective. *PaleoAnthropology*, 2011, 334–350.
- Vidale, M. (2007). *Ceramica e archeologia* (1. ed.). Carocci.

Wing, A. M., Turton, A., & Fraser, C. (1986). Grasp size and accuracy of approach in reaching. *Journal of Motor Behavior*, 18(3), 245–260. <https://doi.org/10.1080/00222895.1986.10735380>

Wu, X., Zhang, C., Goldberg, P., Cohen, D., Pan, Y., Arpin, T., & Bar-Yosef, O. (2012). Early Pottery at 20,000 Years Ago in Xianrendong Cave, China. *Science (New York, N.Y.)*, 336, 1696–1700. <https://doi.org/10.1126/science.1218643>