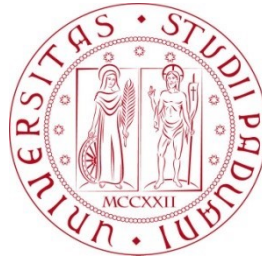


Università degli Studi di Padova  
Dipartimento di Scienze Statistiche  
Corso di Laurea Magistrale in  
Scienze Statistiche



**Un test da campo per il futsal:  
rilevazione e analisi di dati  
longitudinali su atleti  
di livello nazionale**

Relatore: Prof. Adriano Paggiaro  
Dipartimento di Scienze Statistiche

Correlatore: Prof. Stefano Scarpa  
Università Giustino Fortunato - Benevento

Laureanda: Francesca Guicciardi o Guizzardi  
Matricola N. 1130841

Anno Accademico 2018/2019



Un test da campo per il futsal:  
rilevazione e analisi di dati longitudinali  
su atleti di livello nazionale



*A F., quando dietro al pallone  
ci correvamo insieme.*



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>7</b>
<b>1 L'indagine della valutazione funzionale</b>	<b>9</b>
1.1 I test di valutazione funzionale . . . . .	10
1.1.1 Requisiti del test . . . . .	12
1.1.2 Test con la palla . . . . .	15
1.2 Le capacità coordinative e la differenziazione . . . . .	16
1.3 L'indagine statistica e il questionario . . . . .	19
<b>2 Il test</b>	<b>23</b>
2.1 Il progetto, l'oggetto di studio e il campione . . . . .	23
2.2 Pianificazione . . . . .	25
2.2.1 Lo svolgimento . . . . .	26
2.3 Pretest e Retest . . . . .	29
2.3.1 Pretest . . . . .	29
2.3.2 Retest . . . . .	30
2.4 Questo esperimento può definirsi test di valutazione funzionale? . . . . .	30
<b>3 Dati e analisi descrittive</b>	<b>35</b>
3.1 I dati . . . . .	36
3.2 Pretest: primi risultati . . . . .	40
3.3 Il test: statistiche descrittive . . . . .	42
3.3.1 Analisi dei giocatori . . . . .	43
3.3.2 Analisi dei singoli tiri e la variabile <i>Test</i> . . . . .	47
<b>4 Le determinanti nel punteggio del test</b>	<b>53</b>
4.1 L'effetto delle caratteristiche del tiro . . . . .	53

4.1.1	Il trend . . . . .	53
4.1.2	L'adattamento . . . . .	55
4.1.3	Altre determinanti . . . . .	58
4.2	Modello multilevel . . . . .	59
4.3	Analisi longitudinali . . . . .	68
4.3.1	Le determinanti del miglioramento . . . . .	70
4.4	Confronto di genere . . . . .	71
4.4.1	La differenza di adattamento . . . . .	74
4.4.2	Modello gerarchico con intercetta e pendenza casuale . . . . .	75
4.4.3	Miglioramento . . . . .	78
4.5	Misure alternative dell'outcome . . . . .	79
4.5.1	Variabile risposta dicotomica . . . . .	79
4.5.2	Modello SEM . . . . .	80
	<b>Conclusioni</b>	<b>83</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>87</b>
	<b>Appendice A</b>	<b>89</b>
	<b>Appendice B</b>	<b>93</b>
	<b>Appendice C</b>	<b>101</b>



# Introduzione

L'intero mondo dello sport sta vivendo negli ultimi decenni un exploit di prestazioni. I motivi sono molteplici: maggior investimenti nei settori giovanili, allenatori certificati, lo sviluppo di nuove tattiche, una maggiore attenzione all'alimentazione, l'introduzione della psicologia dello sport. Tutti questi fattori consentono ad un atleta di compiere gesti fisici e tecnici straordinari. L'aspetto su cui si focalizza questa tesi riguarda la capacità di correggere un tiro di rigore da parte di un giocatore di futsal così come si evince da un'analisi statistica di dati ricavati da test mirati.

Il *futsal*, detto anche calcio a 5 o in gergo popolare "calcetto" è una variante del ben più noto calcio a 11. Se le origini di quest'ultimo risalgono al XVIII secolo in Inghilterra, il futsal nasce in sud America, precisamente in Uruguay, negli anni trenta del secolo scorso. Le principali differenze riguardano il campo e il numero di giocatori. Questo sport è praticato in una struttura chiusa, solitamente con suolo in linoleum o parquet. Le dimensioni sono molto ridotte rispetto al calcio a 11: 40 metri di lunghezza per 20 metri di larghezza. In campo si scontrano 2 squadre composte da 5 giocatori ciascuna e l'obiettivo è quello di fare goal nella porta avversaria, che misura mediamente 3x2 metri.

Per valutare questa capacità di correzione del tiro è stato ideato un test di valutazione da campo ed è stato applicato ad alcuni atleti residenti in Veneto. Sono state contattate 121 persone di 10 squadre diverse. Le 5 squadre maschili hanno partecipato nell'anno 2018/2019 al campionato regionale veneto di serie C1 e C2, mentre le squadre femminili, militanti in serie A1 e A2, hanno partecipato ad un campionato nazionale. In molti casi, sono stati testati atleti che hanno o hanno avuto esperienze nella squadra nazionale di calcio a 5 italiana e di altre nazionalità, sia maschile che femminile.

Il test consiste nel tirare 3 volte verso un bersaglio e ripetere questa operazione per 4 bersagli distinti. L'obiettivo di questa tesi è indagare quali fattori possano influenzare la prestazione di un giocatore di calcio a 5 durante una serie ripetuta di calci di rigore. Oltre alla valutazione

della prestazione, viene analizzato anche il miglioramento, ovvero la capacità di raddrizzare il tiro dopo una prova non svolta correttamente.

I dati raccolti sono stati analizzati con un approccio statistico. Una delle capacità dell'analisi statistica è quella di riuscire a filtrare il rumore per individuare le relazioni sottostanti tra i dati. In questo modo è possibile riconoscere questa componente casuale ed estrarre informazioni utili in assenza di questa. Nello sport in particolare, questo aspetto è molto importante poiché i risultati di un evento sportivo non dipendono solo dalle capacità di un giocatore ma anche dalla "fortuna" (Severini 2015). Spesso non è facile distinguere questi due contributi soprattutto nel caso di studi osservazionali, ovvero dove l'evento non è controllato dagli analisti. Tuttavia, in questa tesi l'esperimento e i giocatori erano controllati durante tutta l'esecuzione e questo ha permesso una valutazione chiara del fenomeno sottostante. Per interpretare i modelli implementati, è necessario tenere a mente che essi esprimono solo una semplificazione delle complesse relazioni esistenti in natura. Questo fatto comunque non li rende privi di utilità, bensì essenziali per individuare il processo sottostante che ha generato i dati.

I risultati mostrano la difficoltà da parte degli atleti di affrontare un nuovo bersaglio mantenendo la performance del bersaglio precedente. Il miglioramento ottenuto dalla ripetizione in un singolo bersaglio è invece evidente e significativo.

La trattazione si sviluppa come segue.

Nel capitolo 1 viene data la definizione di test di valutazione funzionale, il suo scopo e la sua utilità. Si fornisce anche una breve descrizione dell'oggetto di interesse: la capacità di modificare i movimenti del corpo in relazione a stimoli esterni, come un calcio di rigore sbagliato.

Nel capitolo 2 viene presentato il test, dal progetto iniziale alla realizzazione fino alla raccolta dei dati.

Nel capitolo 3 si espone una panoramica delle variabili relative ai giocatori e al test e le prime evidenze descrittive.

Il capitolo 4 è dedicato alla modellistica: sono stati applicati vari metodi statistici per rispondere alla domanda di ricerca.

L'ultimo capitolo riassume infine le conclusioni principali della ricerca.

# Capitolo 1

## L'indagine della valutazione funzionale

Esistono tanti fattori che determinano le prestazioni sportive dei giocatori, siano essi amatoriali o agonisti. Alcuni di questi sono legati all'atleta, come l'alimentazione, la costituzione fisica, i fattori psicologici. Altri invece dipendono dall'ambiente sportivo, come l'elasticità articolare, la capacità di equilibrio. Nel calcio e in molte altre discipline questi fattori, direttamente misurabili o meno, interagiscono tra loro in modo complesso e dinamico (Roi 2014). Di fatto, non sempre risulta facile intuire quali componenti siano più determinanti nella performance in un atleta, ad esempio le capacità fisiche o l'intensità degli allenamenti. Un modo molto utile per indagare i fattori legati alle capacità fisiche è attraverso l'uso della valutazione funzionale.

La valutazione funzionale rappresenta una misurazione di parametri fisiologici e tecnici indispensabili a monitorare il processo di preparazione di un atleta, con lo scopo di valutare i progressi in una disciplina sportiva ma anche di prevenire e recuperare infortuni. Le valutazioni funzionali si rivelano quindi fondamentali per la verifica di obiettivi prefissati dagli allenatori, evidenziando le caratteristiche eccellenti e carenti. Quindi, la valutazione funzionale non è mai fine a sé stessa, ma è fondamentale per ottenere informazioni per la comprensione delle capacità dei giocatori (Winter et al. 2010), ma anche per impostare l'allenamento e ottimizzare la prestazione (Weinck 2004). Di conseguenza, risulta essenziale definire la finalità della valutazione funzionale in modo sufficientemente esaustivo prima di effettuare la misurazione.

La finalità delle valutazioni funzionali può variare a seconda del periodo in cui esse vengono svolte. Di sotto si riportano alcuni esempi di utilizzo.

1. Identificare le caratteristiche di un giocatore quando non sono disponibili altre informazioni (per esempio per un nuovo atleta) aiuta a fornire un quadro generale dei suoi punti forti e deboli.
2. Ripetere delle prove di valutazione funzionale più volte durante la stagione sportiva è utile per valutare periodicamente gli effetti dell'allenamento e quindi il raggiungimento degli obiettivi e l'evoluzione della prestazione.
3. Un test può essere utile anche per motivare un atleta o per soddisfare una richiesta specifica del giocatore.
4. La valutazione funzionale può essere sfruttata per verificare l'efficacia dei metodi, dei mezzi e della struttura del carico di allenamento (Harre 1982). In questo caso l'attenzione del valutatore e dell'allenatore non è rivolta ai giocatori ma ai protocolli di allenamento.
5. Anche la valutazione della gara può essere formativa se guardata in ottica di verifica dei risultati ottenuti con l'allenamento.
6. Da un punto di vista prettamente educativo, la valutazione funzionale insegna ai bambini (ma anche ai giovani e adulti di alto livello) a controllare il raggiungimento degli obiettivi personali e a conoscere di conseguenza meglio il proprio corpo.

## 1.1 I test di valutazione funzionale

I test costituiscono un controllo periodico efficace, la cui analisi dei risultati permette di mettere in relazione la performance con le strategie di lavoro da adottare. Le informazioni utili sono rilevate tramite delle prove nelle quali sono misurate determinati variabili. Tali prove sono comunemente definite *test*, parola usata per intendere "misura" (Coulson e Archer 2009). Il test è un indicatore di una qualità o una capacità che si vuole indagare (Marella e Risaliti 1999) ed è indispensabile per la programmazione dei processi di allenamento e per diagnosticare eventuali insufficienze che non sempre possono essere intuite dalla semplice osservazione del gioco (Weinck 2004). Una volta raccolti i dati con i test, il compito del valutatore funzionale è analizzare e interpretare i risultati delle varie prove, in modo da ottenere le informazioni utili per impostare o modificare allenamenti e obiettivi, del singolo giocatore o della squadra. Le tabelle riassuntive contenenti poche e semplici statistiche descrittive offrono già la possibilità di avere una visione d'insieme della situazione, dell'allenamento, della squadra e del singolo giocatore e di valutare se ci sono dati molto diversi dagli altri, i cosiddetti *outliers*, e quindi imputabili ad errori di

taratura dello strumento o di trascrizione. Le analisi possibili di questi dati sono molteplici e dipendono principalmente dal focus: ad esempio si possono confrontare i giocatori a distanza di tempo oppure un giocatore rispetto al livello medio della squadra.

Esistono tante caratteristiche dei test di valutazione funzionale. In primo luogo, è opportuno distinguere i test generali dai test specifici. I primi indagano le caratteristiche fisiche di base come la forza, la potenza e la resistenza di un atleta. Hanno lo scopo di verificare l'acquisizione dei livelli minimi indispensabili di prestazione per la valutazione della forma fisica. I test specifici invece indagano le capacità tecniche di un atleta, ad esempio la capacità di fare canestro da una certa distanza o di colpire con una racchetta da tennis una pallina indirizzandola verso un punto preciso del campo. Proprio per questo motivo, negli sport è consigliabile effettuare questa tipologia di test con gli oggetti specifici dello sport in questione (canestro, palle, porta...).

Un'altra importante suddivisione dei test riguarda l'ambiente in cui vengono effettuati. Si parla di test da campo e test da laboratorio. Questi ultimi sono svolti in un ambiente controllato (laboratorio appunto) e utilizzano apparecchiature che simulano l'attività sportiva. I test da campo sono invece proposti mentre l'atleta è impegnato nel proprio allenamento. I test da laboratorio hanno il vantaggio di una standardizzazione chiara dei risultati, ovvero tutti gli atleti testati si trovano nelle stesse condizioni, e le misurazioni sono più precise, non dovendo tener conto di fattori esterni come un suolo irregolare o il vento. Tuttavia, questa tipologia di test richiede apparecchiature costose e un tempo di esecuzione più lungo. I test da campo d'altronde sono meno affidabili perché non si svolgono in ambienti "sterili". Ciò nonostante sono più specifici dei test da laboratorio perché possono indagare tutti gli aspetti tecnici propri della disciplina in questione. Tuttavia, negli ultimi anni, con il progresso delle nuove tecnologie queste due tipologie di test non vengono più tanto definite dall'ambiente di rilevazione, quanto piuttosto dalle attrezzature utilizzate. Ora si definisce un test di laboratorio una prova che, indipendentemente dal luogo di rilevazione, necessita di attrezzature complesse e costose, di personale qualificato (medico) e che viene eseguita in un ambiente in cui la maggior parte delle variabili è rigidamente controllata. Il resto viene catalogato come test da campo. Gli altri vantaggi dei test da campo sono la possibilità di valutare molti soggetti in breve tempo, un costo ridotto e non viene solitamente richiesta molta attrezzatura. D'altro canto, uno degli svantaggi è la presenza obbligatoria di apparecchi di sicurezza come il defibrillatore, in caso di test che richiedono grandi sforzi fisici. La loro semplicità, economicità e la facile e rapida interpretazione dei risultati spiega perché molto spesso sono preferiti i test da campo. Inoltre, questi test possono essere proposti in un qualsiasi momento durante l'allenamento e durante l'anno, mentre spesso per i test da laboratorio è necessario "riservare" lo studio e contattare preventivamente i medici.

Esistono molte altre caratteristiche dei test che hanno per oggetto la presenza (o meno) di un

intervallo di riposo durante la prova o la capacità (o meno) di misurare direttamente la variabile d'interesse. Un'altra distinzione degna di nota è dettata dal carico del test. A volte si chiede ad un giocatore di sottoporsi ad un test di tipo massimale, ovvero ad una prova molto faticosa che richiede una grande collaborazione da parte dei soggetti in esame. Questo test viene interrotto al sopraggiungere di uno stato soggettivo di fatica incompatibile con la prosecuzione della prova. In questi test risulta di fondamentale importanza la presenza di un consenso informato, la certificazione di idoneità agonistica e una buona dose di motivazione. Nei test submassimali l'intensità proposta non è mai massimale e per questo sono molto più comuni.

Un'altra considerazione riguarda il campione da testare. Nonostante da un punto di vista fisiologico esistano notevoli differenze tra il sesso maschile e quello femminile, le donne ormai gareggiano nella maggior parte delle discipline sportive con le stesse distanze, durate e regolamenti dei maschi. Di conseguenza, anche i test di valutazione funzionale sono gli stessi. Tuttavia, ogni allenatore e/o valutatore è libero di impostare la valutazione sulla squadra in base all'obiettivo, tenendo conto dei limiti fisiologici rispetto ad un team maschile.

Non si possono fare le stesse considerazioni per sport "simili". Ad esempio, nel calcio a 5 rispetto al calcio (a 11) le dimensioni del campo sono notevolmente inferiori. Un campo di calcio a 11 mediamente misura 100x70 metri, mentre il futsal si svolge in un rettangolo di gioco pari a 40x20. Di conseguenza, i parametri da rilevare tramite la valutazione funzionale saranno diversi: resistenza, capacità di "tenere palla" per tanti metri e colpi di testa nel calcio a 11 e ripetizione di sprint, veloci cambi di direzione e alternanza di movimenti a bassa e alta intensità nel calcio a 5. Quindi, è comunque possibile svolgere i test specifici tecnici propri del calcio ma tenendo conto doverosamente delle misure delle distanze e della dimensione della porta, che dovrà essere più piccola.

### **1.1.1 Requisiti del test**

Non tutti gli esercizi che vengono proposti ad allenamenti possono definirsi test di valutazione funzionale. Tre sono i requisiti necessari che devono valere per rientrare in questa tipologia. Queste prerogative servono a garantire la bontà delle informazioni raccolte e devono essere previamente dimostrate sperimentalmente e fornite per ogni test da sottoporre.

#### **Validità**

E' il concetto più importante da considerare nella valutazione funzionale. Consiste nel misurare effettivamente il parametro che si vuole valutare (Buonaccorsi 2003). Diventa quindi fondamentale definire a priori lo scopo del test.

Spesso non è possibile calcolare direttamente la variabile di interesse. Per questo sono state introdotte 3 categorie di validità che dipendono rispettivamente dal contenuto, dal criterio e dal costruito (Coulson e Archer 2009). La validità di contenuto in ambito di valutazione funzionale dell'atleta richiede che un test debba misurare direttamente la variabile che si vuole considerare. Ad esempio, il tempo impiegato a percorrere 30 metri fornisce direttamente la velocità della corsa. La validità di criterio si basa sulla relazione statistica (correlazione) che intercorre tra il risultato di un test diretto e quello di un altro test nel quale è stata misurata una data variabile in modo indiretto. Per esempio, per valutare il consumo di ossigeno durante un test di Cooper<sup>1</sup>, si confronta questo risultato con il consumo di ossigeno registrato in un test da laboratorio sul tapis roulant per 12 minuti. In questi casi si calcola il coefficiente di correlazione tra i due test. Un valore maggiore o pari all'80% è sintomo di validità. Infine, la validità di costruito riguarda i test che valutano parametri che è impossibile misurare direttamente, come l'abilità, la destrezza, l'ansia. In questo caso, la validità va dimostrata logicamente e statisticamente affinché il test fornisca un indicatore sensato del parametro di interesse.

### **Affidabilità**

Definita anche *attendibilità*, rappresenta anch'essa una caratteristica fondamentale per i test di valutazione funzionale. Un test si dice affidabile quando è ripetibile dallo stesso atleta con analoghi risultati a breve distanza di tempo, ammesso che la capacità dell'atleta non sia variata nel tempo e quindi a parità di altre condizioni. La seconda valutazione viene solitamente chiamata *retest*. I risultati potrebbero risentire dell'intervallo di tempo tra le due esecuzioni. Purtroppo a volte, come in questa tesi, non è possibile eseguire più prove a causa di condizioni meteo avverse, indisponibilità della squadra o finanziamenti. In alternativa, è possibile valutare l'affidabilità tramite lo studio della performance di un altro atleta con le stesse capacità e caratteristiche del soggetto in esame. La difficoltà di poter reperire giocatori così simili, spesso induce a ricorrere a due valutazioni distanti nel tempo.

Nel valutare l'affidabilità bisogna assicurarsi che il test sia svolto prima che la prestazione si modifichi per l'effetto dell'allenamento, ovvero le prove devono essere sempre svolte in un momento preciso dell'allenamento, nè all'inizio nè alla fine. Inoltre, sia il numero di ripetizioni che la durata del test possono condizionare l'affidabilità. Per misurare l'attendibilità di un test solitamente si usa un indice di coerenza interna (chiamato  $\alpha$  di Cronbach) o una procedura split-half sample<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>Test da campo in un cui un atleta deve percorrere la massima distanza possibile in 12 minuti di corsa. Esiste una relazione scientifica significativa tra la distanza percorsa e il consumo di ossigeno.

<sup>2</sup>Si divide casualmente il campione in esame in 2 sottocampioni e questi devono produrre gli stessi risultati del campione originale.

## Obiettività

Un test è detto obiettivo o *oggettivo* se fornisce lo stesso risultato quantitativo indipendentemente dall'operatore che rileva i dati. Un test possiede un alto livello di obiettività quando la misura è effettuata con strumenti di facile utilizzo (metro o cronometro), mentre diminuisce quando all'operatore è chiesto di dare un giudizio soggettivo (come la valutazione di un balletto nella ginnastica artistica). Esistono due tipi di obiettività: intra-operatore e inter-operatore. La prima si riferisce ad uno stesso operatore che giudica un test in due o più momenti differenti. La seconda si riferisce alla misura o al giudizio della stessa azione effettuata da più operatori. In entrambi i casi, l'aiuto di un supporto video può essere vantaggioso. In genere si utilizza un coefficiente di correlazione tra le varie rilevazioni per valutare la concordanza e l'uniformità delle misure, sia dello stesso soggetto in esame che di diversi osservatori.

Affinchè vengano rispettati questi requisiti, è necessario che il test sia standardizzato: le modalità di somministrazione del test devono essere sempre le medesime, come anche le modalità di spiegazione (in dettaglio) e di esecuzione. Si parla di standardizzazione anche in riferimento ai materiali utilizzati per l'esecuzione e agli strumenti di rilevazione, le modalità di preparazione della prova e il controllo sulla correttezza dell'esecuzione del rilevatore, che quindi dovrà essere sempre lo stesso.

Esistono altri requisiti dei test altrettanto importanti che derivano dai primi 3 precedentemente descritti. Vengono riportati con una breve descrizione:

- **Rilevanza:** ogni test dovrebbe indagare una qualità correlata con la prestazione.
- **Specificità:** è la caratteristica riferita alla modalità di esecuzione dell'esercizio, che in linea di massima dovrebbe avvicinarsi il più possibile all'attività sportiva da valutare.
- **Economicità:** un test è considerato economico quando può essere utilizzato in breve tempo, necessita di poco materiale, può essere applicato con facilità, effettuato in gruppo e fornisce risultati analizzabili senza calcoli complessi.
- **Eticità:** è necessario che ogni test sia accettato dal giocatore e che possa svolgerlo senza rischi per la sua salute.
- **Collaborazione:** chi somministra il test deve aver ben chiaro lo scopo e questo deve essere condiviso dai soggetti, i quali lo eseguiranno con la massima collaborazione.



### 1.1.2 Test con la palla

Ci sono moltissimi test specifici già utilizzati dalle società sportive per valutare i propri atleti. Alcuni possono essere trasversali (come la capacità di resistenza alla corsa), mentre altri dipendono fortemente dalla disciplina in esame, ad esempio la capacità di difendere una schiacciata da parte di un pallavolista. In questo paragrafo viene trattata una categoria di test specifica del mondo del calcio: i test con la palla. Questi test sono proposti soprattutto nei settori giovanili per valutare i risultati del recupero funzionale dopo un infortunio ma anche per verificare il livello del giocatore rispetto alle sue carenze ed eccellenze, avendo una forte componente tecnica. Esistono 3 grandi categorie di test con la palla, a seconda della finalità.

- Test tecnici: riguardano passaggi, palleggi con i piedi, colpi di testa e precisione dei tiri.
- Test di potenza: dove si calcola la velocità della palla in seguito ad un tiro o ad una rimessa laterale.
- Test di agilità: sprint con cambi di direzione, slalom, dribbling.

Il test preso in considerazione, di cui si propone una variante per il calcio a 5 in questa tesi, è chiamato "Tiro in porta con pallone fermo (Dead Ball)" (Roi 2014). Il test originale prevede che il giocatore debba effettuare un tiro in porta con palla ferma da una distanza di 16 metri in posizione centrale. Lo specchio della porta viene diviso in 6 settori e il pallone deve entrare in quello in alto a destra o in alto a sinistra. Si fanno 3 prove per ciascuno dei due settori e si assegnano 3 punti se il pallone entra nello spazio prestabilito, 1 punto se il pallone impatta la traversa o il palo che delimita il settore prestabilito oppure se il pallone entra nel settore centrale in alto e 0 altrimenti.

Spesso nella pratica vengono introdotti dei test "modificati", come è stato messo in pratica in questa tesi. Modificare il protocollo di un test richiederebbe la determinazione della sua validità e degli altri requisiti fondamentali. Per questo motivo, i test modificati sono spesso inaffidabili per valutare la prestazione di un giocatore. Tuttavia, se il test modificato prevede solo una variazione dei tempi di corsa o della lunghezza della corsa o del tiro, dal punto di vista pratico si può accettare la modifica (Roi 2014), poiché la validità sta nella misura dei parametri rappresentativi di spazio, tempo e velocità. Se invece ad esempio si cambiano le formule per rilevare la quantità di ossigeno consumato durante una corsa, la modifica non è più valida e il test risulta inaffidabile. Il test che è stato applicato in questo studio prevede delle modifiche solo nel numero di bersagli da centrare e un adattamento della distanza dalla porta dovuta alle dimensioni ridotte della portarispetto al test originale *Dead Ball*. In particolare, sono stati aggiunti due bersagli vicini

al livello del suolo ed è stato eliminato il bersaglio centrale. Trattandosi di una porta di calcio a 5 e non più a 11, la distanza tra il dischetto e la porta misura 6 metri invece di 16. Di conseguenza, non è stato necessario valutare la validità del test.

## 1.2 Le capacità coordinative e la differenziazione

Le capacità motorie rappresentano il potenziale di ogni soggetto che permette la formazione di abilità motorie. Le abilità motorie sono tutte le sequenze di movimenti che vengono appresi in modo stabile con l'allenamento e che si automatizzano con la ripetizione. L'atleta nei giochi sportivi mette in azione le sue abilità motorie ma senza avere come fine l'azione del singolo movimento (ad esempio fermare un pallone a calcio), bensì la complessa azione tattica del gioco. Quindi le abilità motorie sono le azioni che si sono consolidate per mezzo dell'esercizio ripetuto e che in parte si svolgono automaticamente, senza che l'attenzione sia volutamente concentrata sull'esecuzione del movimento. In un'abilità, la coordinazione motoria è talmente perfezionata e consolidata che il compito di movimento viene svolto con grande sicurezza.

Le capacità motorie si distinguono in due grandi categorie, fortemente interconnesse e reciprocamente influenzabili: le capacità condizionali e le capacità coordinative (Invernizzi & Dugnani 2014).

Le capacità condizionali dipendono prevalentemente dai processi di produzione dell'energia. Queste capacità permettono lo sviluppo dei grandi organi e tessuti, come il sistema cardio-respiratorio, cardio-vascolare e il sistema muscolare, e attraverso queste viene allenata la forza, la rapidità e la resistenza. Sono rappresentate dall'insieme di caratteristiche biochimiche e morfologiche che contraddistinguono le potenzialità fisiche di un individuo.

Le capacità coordinative sono rappresentate da tutto ciò che è in grado di regolare il movimento, consentendo l'esecuzione di un gesto in maniera armoniosa ed economica dal punto di vista energetico. Sono determinate dai processi di controllo provenienti dal sistema nervoso centrale e di regolazione del movimento, cioè da processi informativi.

Le capacità coordinative si sviluppano soltanto con la pratica: quindi rappresentano sia un presupposto essenziale della prestazione ma anche un risultato frutto di allenamenti. Le capacità coordinative non si presentano mai isolate, ma sono fortemente collegate tra loro e quindi agiscono come complesso.

Per essere definita capacità coordinativa, il controllo dei movimenti in un'attività fisica deve possedere delle caratteristiche essenziali:

- Per realizzare gli scopi dell'azione, il controllo deve riguardare un numero più o meno

grande di movimenti parziali del corpo.

- Tutto il corpo cambia costantemente la propria posizione rispetto all'ambiente circostante in maniera più o meno ampia e/o varia.
- A volte è necessario reagire a determinati segnali, cioè eseguire al momento giusto un'adeguata azione motoria.
- Nelle discipline sportive è importante anche adeguare o trasformare il movimento a seconda dei cambiamenti della situazione che sopraggiungono all'improvviso, come un contropiede nel calcio.
- Il corpo mentre si muove deve essere mantenuto in equilibrio, oppure riportato in equilibrio dopo cambiamenti molto ampi della sua posizione nello spazio.
- In alcune attività c'è una peculiarità del controllo motorio che consiste nel far coincidere il movimento con un determinato ritmo prescritto per via acustica, musicale o anche visiva.

Un tempo era riconosciuta come capacità coordinativa solo la *destrezza*. La destrezza si presenta in forme molto diverse ma può essere definita come la capacità di controllare coordinazioni motorie difficili, di impadronirsene con rapidità e di dare alle proprie azioni una forma che risponda alle esigenze delle singole situazioni. In altre parole, è la capacità di risolvere in maniera rapida e adeguata un compito motorio. Tuttavia, trattandosi di una definizione molto generica e imprecisa risulta impossibile trovare un criterio di giudizio unitario. Per questo sono state definite e introdotte 7 nuove distinte capacità coordinative:

1. Abbinamento: capacità di coordinare movimenti di segmenti del corpo per abbinarli al movimento globale.
2. Orientamento: capacità di determinare e variare la posizione del corpo nello spazio e nel tempo in riferimento al campo d'azione, agli oggetti in gioco e agli avversari/compagni.
3. Equilibrio: capacità di mantenere tutto il corpo in condizioni di equilibrio o ripristinare questa condizione dopo alcuni spostamenti.
4. Reazione: capacità di iniziare ad eseguire rapidamente in risposta ad un segnale delle azioni motorie adeguate.
5. Trasformazione: capacità di adattare l'azione in svolgimento programmata ad una situazione diversa e improvvisa.

6. Ritmizzazione: capacità di intuire un ritmo imposto dall'esterno, di riprodurlo nei movimenti propri. E' anche la capacità di realizzare nella propria attività motoria il ritmo interiorizzato di un movimento.
7. Differenziazione: capacità di arrivare ad una sintonia di grande precisione tra singole fasi del movimento in maniera economica.

In questa tesi lo studio verte sulla differenziazione cinestesica (da *cines*, movimento, e *tesi*, senso di) nel tiro per giocatori di calcio a 5, ovvero sulla capacità di regolare i movimenti del corpo durante un calcio di rigore per adattarsi ad un gesto errato. L'esperimento viene spiegato nel capitolo 2.

La capacità di differenziazione si fonda sulla percezione esatta e consapevole dei parametri dinamici spaziali e temporali del movimento che si esegue, confrontando questo movimento con l'immagine mentale che l'atleta ha del proprio corpo (Casolo 2002). La sua espressione è determinata dal grado di padronanza del gesto motorio e solo grazie a questo autocontrollo è possibile la percezione delle differenze più sottili tra l'esecuzione del movimento reale e l'esecuzione ideale che si ha in mente. La capacità di differenziazione assume quindi un'importanza particolare nelle fasi in cui si perfezionano e si rendono stabili i movimenti sportivi nelle sessioni di allenamento e in gara. Un aspetto tipico di questa capacità di sintonia precisa dei movimenti nel calcio è chiamato "senso della palla". Anche l'attitudine al rilassamento muscolare è un aspetto di questa capacità, se riferita al controllo volontario preciso dell'attività muscolare. Per questo motivo la differenziazione deve essere considerata come condizione essenziale per l'ottenimento delle massime prestazioni motorie e sportive.

Esistono tante forme di differenziazione e possono essere espresse secondo 4 criteri:

1. Il genere di esecuzione motoria, secondo la finalità:
  - ripetizione esatta o mantenimento dei movimenti
  - rilassamento di determinati gruppi di muscoli
  - regolazione della velocità dei movimenti (senso del ritmo).
2. Il genere di parametri del movimento:
  - parametri spaziali
  - parametri temporali.

3. Le parti del corpo che sono principalmente in azione:

- mani, dita, piedi...
- grandi settori del corpo come tronco o arti.

4. Il genere di condizioni ambientali che l'atleta deve affrontare:

- avversario
- attrezzi (ostacoli...).

Quindi è necessario distinguere molti aspetti della capacità di differenziazione e il suo sviluppo dovrebbe prendere un carattere specifico. Ad esempio, per giocare a calcio un soggetto ha bisogno prevalentemente di destrezza del piede e della testa, piuttosto che delle mani. L'importanza di questa capacità coordinativa è pressappoco uguale in tutte le discipline sportive perché le prestazioni di alto livello richiedono sempre una grande precisione dei movimenti nell'esecuzione tecnica dell'esercizio di gara. In questo testo, in particolare, l'attenzione sarà rivolta ad un contesto privo di avversari in una palestra con il fine di correggere il tiro di rigore in una porta di calcio a 5 divisa in settori.

### 1.3 L'indagine statistica e il questionario

Molto spesso, accanto all'analisi dei dati rilevati sul campo, ai giocatori viene proposto un questionario o un'intervista che serve per conoscerli meglio e per poter studiare la relazione tra variabili socio/demografiche e prestazione. Lo studio a carattere osservazionale che mira a verificare determinate ipotesi è detto *indagine statistica* o *survey*. Questa indagine permette anche, attraverso un processo di inferenza statistica, di fare previsioni su performance di giocatori non rilevati a partire dal campione in esame.

Viene definita come popolazione obiettivo la popolazione generica su cui fare affermazioni (nel caso di questa tesi sono i giocatori e le giocatrici di calcio a 5 in Italia), e come popolazione statistica la popolazione di cui si dispone (un campione di 5 squadre femminili e di 5 squadre maschili). Questi individui rilevati sono definiti tramite le caratteristiche di interesse, il tempo e lo spazio. In altre parole, il campione in esame è composto da giocatori/trici di calcio a 5, tesserati/e nel 2018/2019 e residenti in Veneto. Per ogni individuo del campione si rilevano delle caratteristiche osservabili demografiche e/o relative all'esperienza pregressa del giocatore, che possono assumere valori continui o diverse modalità. Questi possibili esiti devono essere definiti dal ricercatore ed essere espliciti, in numero  $\geq 2$ , mutuamente esclusivi ed esaustivi.

Le variabili possono avere un diverso riferimento temporale: esistono variabili invariabili da un certo momento in poi (es. data di nascita), variabili di stato (assumono una modalità diversa a seconda del determinato istante di tempo dell'interrogazione, ad esempio l'età) e di flusso (sono indicate con riferimento ad un certo intervallo di tempo, ad esempio i giorni di degenza rimasti dopo un infortunio).

Si definiscono diverse fasi dell'indagine statistica (Bocuzzo 2018).

- **Astrazione:** processo di ideazione dell'indagine.
- **Indagine pilota:** indagine preliminare con la quale vengono collaudati i materiali e le procedure, selezionati i rilevatori, estratte alcune informazioni sulla distribuzione principale delle variabili. E' una simulazione dell'indagine principale che serve a verificare la fattibilità dello studio nei modi e nei tempi previsti ed eventualmente a riformulare le ipotesi di ricerca e rivalutare gli strumenti.
- **Rilevazione dei dati:** acquisizione dei dati dal campione.
- **Elaborazione dei dati:** memorizzazione, codifica e analisi statistica della qualità dei dati in una prima fase. Successivamente, inferenza e interpretazione dei risultati.
- **Reportistica:** creare una relazione chiara e dettagliata sui risultati emersi.

Esistono varie tecniche di rilevazione: interviste faccia a faccia, interviste telefoniche, questionari (cartacei o computerizzati). In questa tesi viene utilizzato il questionario cartaceo, un insieme strutturato di domande. Trattandosi di uno strumento di misura, deve essere standardizzato: le domande devono essere uguali per tutti gli intervistati e devono essere comprese da tutti, per garantire la confrontabilità dei risultati.

Il ricercatore ha il compito di trasmettere un senso di professionalità di fronte ai rispondenti e un'immagine di serietà e cortesia, promettere e mantenere la custodia delle informazioni raccolte, spiegare gli obiettivi in modo generale o specificatamente se richiesto dagli intervistati. Se il questionario non è in forma anonima bisogna chiedere il consenso firmato al trattamento dei dati.

Il questionario, come ogni strumento di rilevazione dati, è fonte di errori non campionari. Questi possono essere commessi dal ricercatore, ma anche dal rispondente. Gli errori aumentano con l'aumentare della lunghezza e della complessità del questionario. Le fonti di errore possono essere le seguenti:

1. Quesito mal posto e/o istruzioni errate: le risposte saranno conseguentemente distorte.

2. Onerosità della domanda: viene richiesto un elenco molto lungo o qualcosa di intimo e personale.
3. Approssimazione: la domanda richiede un ricordo lontano o una risposta minuziosa.
4. Domande imbarazzanti: il rispondente tende a non dire il vero.
5. Compiacenza: la risposta è adattata agli obiettivi della ricerca.
6. Desiderabilità sociale: "tutti vogliamo sembrare migliori".

Una prima regola generale per evitare questi problemi è quella di eludere informazioni che la gente non vuole fornire, a meno che questo non sia proprio l'oggetto della ricerca. Altri accorgimenti riguardano l'applicazione di regole metodologiche: per essere ottimale un questionario deve essere breve (ponendo dei limiti di tempo e di pagine) ed essenziale, evitando domande ridondanti e non discriminanti.





# Capitolo 2

## Il test

### 2.1 Il progetto, l'oggetto di studio e il campione

Alcuni degli aspetti più interessanti e stimolanti in molti sport ad alto livello durante una competizione sono l'intensità di gioco, l'estro dei campioni e il limitato tasso di errore. Questa tesi vuole focalizzarsi sull'ultimo punto, studiando la capacità di adattamento all'errore e l'eventuale correzione al tiro tramite simulazione del calcio di rigore in un giocatore di calcio a 5. Questa ricerca non ha lo scopo di definire quali giocatori sono stati precisi durante l'esecuzione, ovvero quali calciatori hanno svolto un gesto motorio meticoloso. Il motivo è che la precisione non può essere valutata con un singolo test (Tsigilis 2002), in quanto si tratta di un concetto molto ampio e limitarsi allo studio della precisione del tiro senza considerare la precisione del passaggio, della posizione giusta nel campo... sarebbe riduttivo per ottenere una valutazione della performance globale di un giocatore. Inoltre, la precisione è fortemente condizionata dall'esperienza dei giocatori, ovvero dalla possibilità di sviluppare le proprie capacità tecniche sin dalla giovane età. Per evitare di avvantaggiare soggetti provenienti da società in cui il settore giovanile aveva fornito le giuste basi tecniche, valutando anche tempo e mezzi a disposizione, la tesi verte sulla *capacità di tiro* e della sua *correzione*, dove non entrano in gioco solo le abilità tecniche del giocatore ma anche la mentalità e il dosaggio della forza.

In termini tecnici si parla di differenziazione cinestesica. Questa rappresenta la capacità di consapevolezza del proprio tono muscolare e di come dosarlo per coordinarsi in maniera adeguata durante un movimento (Zanella 2013). L'informazione cinestesica controlla il movimento trasferendo al cervello le informazioni sul grado di apertura/chiusura delle articolazioni e sul gra-

do di contrazione/rilasciamento muscolare in una situazione dinamica. Grazie all'informazione cinestesica si riesce a percepire, riconoscere e memorizzare le sensazioni muscolari e articolari interne che, unite all'immagine del proprio corpo, conferiscono il senso della posizione dello spazio. Questo meccanismo percettivo identifica le tante variazioni della postura dovute ai movimenti portando ad attuare eventualmente degli aggiustamenti controllati del comportamento motorio. La capacità di differenziazione cinestesica, assieme ad altre capacità coordinative, determina la capacità di apprendimento motorio.

Il gesto motorio preso in considerazione è il tiro, un aspetto molto importante e funzionale nel calcio perché è l'elemento fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo finale: fare goal. La differenziazione cinestesica per questo sport interviene nel gesto tecnico del tiro, nella conduzione della palla, nel passaggio ma anche nella finta e nel dribbling.

Gli studi fatti finora in campo motorio-sportivo non trattavano questo tema nel settore del futsal. L'assenza di dati su test da campo riferiti al calcio a 5 e le mie personali conoscenze nel settore hanno permesso di creare, sviluppare e applicare un esperimento rivolto a squadre maschili e femminili del calcio a 5 nel Veneto, iscritte a campionati regionali, interregionali e nazionali. Per ottenere un numero considerevole di dati sono state contattate 10 squadre, con una media di circa 12 giocatori in ogni squadra. Tutti i giocatori hanno deciso volontariamente di partecipare, una volta informati del test. Il campione risultante è formato da 121 giocatori. Per le squadre femminili sono state arruolate le società riportate nella tabella 2.1:

Nome Squadra	Serie 2018/2019
Real Grisignano	A1
Futsal Breganze	A1
Calcio Padova Femminile	A2
Pdm Granzette	A2
Asd Noalese 2013	A2

Tabella 2.1: Campione squadre femminili.

Per selezionare il campione maschile con lo stesso livello tecnico delle squadre femminili scelte c'erano due possibilità. Una prima opzione è quella di scegliere squadre "Under19". Una seconda opzione è quella di scegliere squadre maschili con le medesime *condizioni* femminili, ovvero parità di allenamenti settimanali, numero di stranieri venuti in Italia esclusivamente per giocare a futsal ed eventuale retribuzione economica per i top players. In questo caso la scelta sarebbe ricaduta su squadre maschili militanti in serie C2 e C1.

La scelta finale è stata dettata dalla capacità di reperibilità di queste squadre. Il futsal in Italia non è uno sport molto diffuso e spesso è considerato il rifugio di calciatori a 11 annoiati, fuori

forma o fuori età. Conseguentemente, solo grandi società di calcio a 5 dispongono di un vivaio giovanile. Nel Veneto, come nel resto d'Italia, queste grandi società sono poche e quindi alla fine è stato adottato il *convenience sample*, ovvero sono state contattate le squadre con cui le probabilità di entrare in contatto erano maggiori. La tabella 2.2 riporta i nomi delle squadre maschili e la loro relativa categoria.

Nome Squadra	Serie 2018/2019
A-Team	C1
Gifema Diavoli	C1
Calcio Padova Maschile	C1
Moniego	C2
Vigoreal	C2

Tabella 2.2: Campione squadre maschili.

## 2.2 Pianificazione

Le squadre citate sono state contattate telefonicamente. A tutti gli allenatori e allenatrici è stata fornita al telefono una breve descrizione del test, dello scopo della ricerca e delle tempistiche necessarie. Ogni test si è svolto durante un consueto allenamento settimanale della squadra in osservazione. Tutte le squadre sono state testate nel mese di novembre 2018, tranne il Vigoreal a metà dicembre. Per lo svolgimento è stato necessario l'aiuto di una collaboratrice fissa che rilevasse i dati in concomitanza con me e di un'altra eventuale persona che potesse aiutare a raccogliere i palloni per rendere più veloce la prova.

Per agevolare il programma di training impostato dai dirigenti delle società, è stata data piena libertà ai mister di organizzare il test all'interno dell'allenamento. In particolare, alcuni allenatori/allenatrici hanno preferito svolgerlo come parte integrante di un esercizio, ad esempio in un percorso dove una postazione consisteva appunto nel test. Queste squadre sono state Noalese, Granzette, Breganze, Calcio Padova Maschile e Femminile, A-Team e Gifema Diavoli. Le altre squadre (Real Grisignano, Moniego e Vigoreal) invece hanno preferito fare il test alla fine dell'allenamento.

Il giorno dell'incontro, prima dell'inizio della sessione di allenamento o prima di iniziare il test, venivano presentate a voce a tutta la squadra le modalità dell'esperimento e vengono chiariti eventuali dubbi. Ai giocatori veniva rilasciato un foglio da compilare, con l'aiuto della collaboratrice in caso di giocatori stranieri. Questo breve questionario doveva inoltre essere firmato al termine dell'allenamento. Sono state richieste poche e semplici informazioni anagrafiche e sulle

esperienze pregresse del giocatore in ambito sportivo. E' stato evitato di chiedere informazioni personali quali il reddito percepito come giocatore dalla società sportiva (non comprensivo di lavori extra) e il livello di importanza all'interno della squadra (riserva, titolare, top player), nonostante potessero essere aspetti interessanti da analizzare. Il giocatore dichiarava inoltre di essere a conoscenza che i dati rilevati sarebbero stati trattati con finalità statistiche per questa tesi di ricerca. Le figure 2.1 e 2.2 riportano il prototipo di questionario con consenso e il prototipo di foglio di rilevazione utilizzato dalla collaboratrice, entrambi compilati e firmati da una giocatrice della società Noalese.

### 2.2.1 Lo svolgimento

Il test consiste nel tirare da un punto centrale di fronte alla porta verso la porta. Questo punto è comunemente noto come dischetto del calcio di rigore e dista 6 metri dal centro della porta. Alla porta è stata applicata una rete con dei buchi acquistata in un punto vendita di una famosa catena di articoli sportivi (Decathlon), descritta in figura 2.3 con le relative misure.

Il calciatore tira nei 4 buchi presenti agli angoli della rete, quelli contornati di rosso in alto a sinistra (A) e a destra (B) e quelli contornati di blu in basso a sinistra (C) e a destra (D). Da notare che gli obiettivi posti in basso sono leggermente rialzati dal terreno. Per ogni obiettivo, chiamato *target*, il giocatore deve effettuare 3 tiri consecutivi. Il numero 3 è stato scelto per poter cogliere meglio la capacità di adattamento e correzione dell'errore del giocatore, poiché consentono maggiore robustezza dei risultati rispetto a solo 2 prove.

Nel caso di 2 tiri, e' plausibile ipotizzare che se il primo tiro va discretamente, il secondo va ugualmente se non meglio. Tuttavia, è possibile che il secondo subisca un peggioramento. In questo caso non sarebbe chiaro se è stato il primo tiro ad essere andato particolarmente bene o il secondo particolarmente male. Aggiungendo un terzo tiro in sequenza, le probabilità di cogliere un adattamento all'errore aumentano. E' necessario tuttavia aggiungere che 3 tiri siano necessari ma spesso non sufficienti. Un giocatore avrebbe bisogno di molte più prove per potersi adattare e per ottenere una significatività statistica più evidente del miglioramento. Bisogna comunque cercare un compromesso con i mezzi a disposizione: chiedere ad una squadra di poter effettuare per ogni target 10 tiri richiederebbe una disponibilità molto grande sia in termini di assenza del giocatore durante l'allenamento che di tempo richiesto. Per svolgere il test in tempi ragionevoli quindi è stato necessario applicare un numero di tiri ridotto, giungendo alla scelta di 3 tiri effettivi per ogni target.

Riassumendo, il giocatore parte da un target ed effettua 3 tiri, passa al secondo target ed effettua altri 3 tiri, etc.. per un totale di 12 tiri. I palloni utilizzati sono quelli messi a disposizione dalla

squadra analizzata (marchio 'Gems' o 'Agla'), con una circonferenza di circa 65 cm.

Punteggi:

- Se il target viene centrato si assegna un punteggio pari a 1;
- Se viene colpito il bordo colorato del target o il palo/traversa che delimita il target ma quest'ultimo non viene centrato, il punteggio è 0.5;
- Se il target non viene colpito in nessun punto, il punteggio è pari a 0.

L'inserimento del valore 0.5 aumenta l'informazione raccolta e quindi la variabilità dei risultati. Mentre è impossibile confondere un target centrato da un target non centrato, l'arbitrarietà della misurazione tra 0 e 0.5 ha reso necessario il servizio di una collaboratrice, esterna al mondo del calcio per evitare posizioni di favoreggiamento in caso di conoscenze personali in una determinata squadra del campione. Le eventuali concordanze tra i risultati della mia misurazione e quelli della collaboratrice rappresentano un esempio di oggettività del test. I dati sono stati raccolti indipendentemente e solo alla fine del test ho preso possesso delle rilevazioni della collaboratrice.

L'ordine degli obiettivi viene deciso a priori in modo randomizzato per ogni singolo giocatore, il quale non è a conoscenza della propria sequenza fino al momento del test. Questa randomizzazione è utile per vedere meglio l'adeguamento del giocatore al tiro. Se la sequenza fosse stata la medesima per tutti i giocatori, si poteva andare incontro a 2 problematiche:

1. Gli ultimi giocatori che effettuano la prova possono osservare l'ordine di tiro dei giocatori precedente e magari riuscire meglio perché hanno già un'idea nella mente della prova che eseguiranno.
2. Risulterebbe impossibile identificare separatamente l'effetto del diverso target dall'ordine previsto. Ad esempio, gli ultimi tiri potrebbero avere meno successi rispetto ai primi, non perché siano particolarmente difficili ma a causa di un fattore "stanchezza".

E' comunque lecito ipotizzare che i giocatori siano più concentrati e a mente fredda all'inizio e più disinteressati e negligenti alla fine, o al contrario che gli ultimi tiri riescano meglio per un migliore adattamento al tipo di test. Con la randomizzazione si evita che i bersagli iniziali (con più concentrazione) e quelli finali (con meno) siano sempre gli stessi. In questo modo è possibile identificare quali siano i target empiricamente più facili e quelli più difficili. In principio si pensava di fare una randomizzazione totale dei tiri tra tutti i bersagli. Ad esempio un tiro in A, secondo tiro in C, poi un tiro in D, poi un altro in C, etc.. fino ad avere comunque 3 tiri per

ogni target. Tuttavia in questo modo non sarebbe possibile tenere conto della memorizzazione dell'errore e quindi dell'eventuale adeguamento. Si è quindi deciso di rinunciare a questa ulteriore randomizzazione per avere in cambio miglior stima della capacità di miglioramento del giocatore. Ogni questionario conteneva la sequenza personale dei tiri svolti dal giocatore che aveva firmato quel particolare questionario. Le sequenze sono state definite da una selezione di valori pseudo-casuali del software R, utilizzato anche per le analisi della tesi. Prima dell'inizio della prova ad ogni giocatore è stata esposta la sequenza personale dei target.

Come informazione aggiuntiva sono stati rilevati per ogni tiro il piede del giocatore (destra o sinistra) e il tipo di rincorsa. Si è scelto deliberatamente di non rilevarli solo una volta, ma per tutti i tiri.

Persone ambidestre possono preferire piedi diversi per adattarsi agli errori anche all'interno dello stesso target. Inoltre, il giocatore sceglie arbitrariamente la modalità di rincorsa che preferisce e anche questa può rappresentare un indicatore di eventuale correzione al tiro. Le modalità ammissibili sono due: da posizione ferma o con rincorsa. La rincorsa può essere presa da qualsiasi punto del campo. Se il test veniva svolto in una squadra femminile, veniva applicato dello scotch al suolo ad 1.5 metri di distanza dal punto di tiro. Se la rincorsa della giocatrice partiva entro il segno dello scotch, allora la rincorsa veniva registrata come *breve*. In caso contrario, se la rincorsa partiva da oltre 1.5 metri, la rincorsa veniva definita *lunga*. Poiché i maschi posseggono una falcata più ampia, si è deciso di utilizzare i 2 metri come valore discriminatorio per la rincorsa del campione maschile. È stata rilevata la rincorsa in quanto si tratta di un elemento fortemente condizionato dal bersaglio da centrare. Di fatto, se si traccia una linea immaginaria parallela alla porta passante per il punto di tiro e un giocatore destro prende una rincorsa con un'angolazione maggiore di  $45^\circ$  da questo punto, allora la postura lo porta naturalmente ad indirizzare il tiro nella parte destra della porta (target B e D). Se invece la rincorsa è breve, ovvero l'angolo formato è meno di  $45^\circ$ , allora il giocatore sarà portato a tirare in A o C. Questa "regola" è un utile vademecum per i portieri.

In un primo momento l'idea era quella di registrare il numero di passi prima del tiro. Tuttavia, la presenza dei tipici "passetti" hanno reso fuorviante questa rilevazione. Trattandosi comunque di una variabile di controllo e non sperimentale, avrebbe aggiunto solamente informazione a posteriori.

Durante la prova, io mi posizionavo al limite dell'area di rigore (a 6 metri dal centro della porta) alla sinistra del giocatore mentre la collaboratrice si metteva alla destra. L'eventuale collaboratrice metteva in posizione i palloni nel dischetto per rendere più veloce il test. La raccolta dati è avvenuta tramite carta e penna per praticità ed evitare errori di battitura. Nel caso di allentamento o manomissione della rete dovuti alla serie ripetuta dei tiri, la terza

collaboratrice andava personalmente a riposizionarla correttamente prima di riprendere il test. Non sono state ammesse variazioni nel disegno dell'esperimento.

## 2.3 Pretest e Retest

### 2.3.1 Pretest

Prima di contattare il campione, è stato svolto un piccolo *Pretest* presso una squadra amatoriale di calcio a 5 femminile a Padova, l'Asd Gregorense. Questa fase di validazione del test è avvenuta il 29 ottobre 2018. Sono state valutate con le medesime condizioni del test tutte le giocatrici di questa squadra a fine allenamento, con tanto di compilazione modulo e firma del consenso al trattamento dei dati. Questa fase di prova è ritenuta necessaria per diversi motivi. Una prima ragione era studiare le differenze di valutazione tra i risultati miei e della collaboratrice. L'eventuale assenza di discordanza tra le due rilevazioni avrebbe supportato l'ipotesi di un test oggettivo e attendibile. In questo caso di poteva pensare di non ricorrere ad una seconda rilevazione.

Una seconda ragione dell'applicazione del pretest era capire eventuali problematiche che si potevano riscontrare nello svolgimento. Il test è difficile da capire? Il giocatore commette errori durante la prova, ad esempio sbaglia la sequenza dei tiri? Lo reputa troppo lungo? Ci sono informazioni personali di cui non vuole consentire l'utilizzo? Tutte le eventuali questioni sollevate avrebbero portato ad una rielaborazione del test nei suoi punti critici.

Un altro motivo molto importante per cui il pretest è stato fondamentale è stata la valutazione delle tempistiche. Uno dei fattori più importanti affinché gli allenatori consentissero lo svolgimento di questo test è stato proprio il tempo richiesto. Il pretest ha permesso di stimare un tempo necessario per ogni giocatore pari a circa 2.5/3 minuti.

I dati rilevati sono stati utilizzati per fare una prima indagine esplorativa dell'andamento dei tiri. I risultati, riportati nel capitolo successivo, sono stati fortemente condizionati dal livello di esperienza delle giocatrici e dal tempo a disposizione della palestra. Un altro problema riscontrato era la concentrazione: le ragazze in attesa della prova incitavano la giocatrice in esame, portandola anche alla distrazione. Questo problema è stato esposto alle squadre del campione, che hanno organizzato il test in modo che venisse coinvolto un giocatore alla volta. In un primo momento nel pretest, era prevista la raccolta del numero di passi per ogni tiro, piuttosto che la tipologia di rincorsa (ferma/breve/lunga). Dopo aver valutato sul campo la difficoltà a rilevare questa variabile, è stato deciso di mantenere solo la tipologia. Questo è stato un altro motivo per cui è stato utile il pretest.

### 2.3.2 Retest

L'idea iniziale era quella di confrontare i dati della misurazione di novembre con una seconda misurazione effettuata nel mese di gennaio per lo stesso campione. Questo secondo test, chiamato *Retest* e descritto nel capitolo 1.1.1, consisteva in una rilevazione analoga alla prima, secondo le stesse modalità. Nel retest l'ordine delle squadre sarebbe stato lo stesso della prima misurazione. L'ordine dei giocatori non sarebbe stato importante perché ogni giocatore avrebbe avuto una sequenza di tiri randomizzata e diversa dagli altri giocatori. I risultati del retest avrebbero potuto evidenziare:

1. Miglioramenti: in questo caso il susseguirsi degli impegni sportivi di campionato e Coppa Italia ha portato i giocatori ad allenarsi anche sui tiri.
2. Risultati stazionari: i giocatori in questi mesi hanno svolto esercizi non mirati ai tiri. Il test resta comunque attendibile.
3. Peggioramenti: il test non risulterebbe attendibile e andrebbe quindi rivisitato.

Sarebbe stato interessante in caso di retest chiedere ai giocatori se durante gli allenamenti o i rigori in partita hanno rievocato alla memoria la propria prova durante il test. Nel caso, un confronto tra i risultati di chi ha ritenuto utile il test e si è esercitato nei tiri rispetto ad un giocatore disinteressato avrebbe potuto portare ad una qualche evidenza di miglioramento della performance grazie al focus mentale.

Il motivo per cui non è stato possibile svolgere il retest è stato il tempo. A gennaio molte squadre svolgono un richiamo di preparazione atletica in seguito allo stop del campionato per le festività natalizie. In questo periodo quindi allenatori e preparatori atletici preferiscono dedicare le sessioni di allenamento alla forza e alla resistenza fisica piuttosto che alla tecnica individuale e quindi ai tiri in porta. Alcune società avevano dato disponibilità ad effettuare il retest nei mesi successivi (febbraio/marzo), ma gli appuntamenti sarebbero andati oltre le scadenze previste per la tesi.

## 2.4 Questo esperimento può definirsi test di valutazione funzionale?

L'idea di questo esperimento è partita dal test di valutazione funzionale con la palla descritto nel paragrafo 1.1.2. Per contestualizzarlo al mondo del calcio a 5, sono state introdotte delle modifiche per quanto riguarda l'ambiente, la dimensione della porta e la distanza di tiro.



Tuttavia, come citato nello stesso paragrafo, queste modifiche possono essere accettate senza dover ricorrere alla rivalutazione della validità, oggettività e affidabilità. Di fatto, la modalità di esecuzione è la stessa: 3 calci di rigore indirizzati a settori specifici della porta. In questo esperimento sono stati aggiunti 2 obiettivi in più, con il mero scopo di aumentare l'informazione raccolta. Nel testo di riferimento (Roi 2014) non viene citato l'uso di un secondo osservatore, che è stato comunque necessario. D'altronde, trattandosi di un test da campo, è difficile utilizzare all'interno della porta pannelli elettronici che registrino se il pallone è entrato perfettamente nell'area interessata o no. Quindi, essendo un test in parte soggettivo, si può giustificare l'uso del collaboratore. In fin dei conti, è stata apportata ulteriore variabilità, di cui si può fare uso o meno a seconda dello studio.

Questo test è riuscito a fornire per quanto possibile risultati di tipo quantitativo trasformando i concetti studiati (l'adattamento al tiro) in dati (target centrato o no). Riassumendo, si tratta di un test di valutazione funzionale da campo, diretto (il target centrato o meno viene misurato direttamente), dinamico e sottomassimale, ovvero è una prova che porta il soggetto al raggiungimento di una predeterminata intensità di esercizio, senza arrivare ai limiti di sopportazione. Una particolare attenzione si dovrebbe dedicare sui vari fattori che potrebbero influire sui risultati di un test, come la temperatura, il rumore, le distrazioni, le condizioni fisiche del soggetto (salute, alimentazione prima o dopo il test, stato emozionale, consumo di sostanze dopanti), orario della giornata, superficie sulla quale si esegue l'esperimento. Il test sviluppato in questa tesi dispone di caratteristiche standard per tutte le squadre.

## “Test di adattamento e correzione al tiro tramite simulazione del calcio di rigore”

Nome (nome e cognome) \_\_\_\_\_

Età in anni compiuti al giorno del test 22

Altezza (in cm) 155                      Peso (in kg) 4.6

Nazionalità Italiana  SI  NO

Hai mai giocato a calcio a 11?  SI  NO

Hai mai praticato altri sport oltre al calcio a 11 o calcio a 5 per più di 2 anni?  SI  NO

Quale principalmente? JUDO

Ruolo (portiere, centrale, pivot, laterale) LATERALE

Piede Preferito                      DX                        AMBIDESTRO

Acconsento al trattamento dei dati personali rilevati per finalità statistiche e scientifiche al fine di condurre questa tesi di ricerca ai sensi del Regolamento (UE) 2016/679\*

Data 07/11/18    Firma \_\_\_\_\_

\*acconsento al trattamento dalla richiedente dott.ssa Francesca Guicciardi, la quale assicura che la raccolta dati verrà effettuata nel rispetto delle norme di garanzia della privacy (D.Lgs. 196/2003 e Regolamento UE 2016/679) e che i dati verranno utilizzati esclusivamente per la realizzazione del lavoro di tesi e comunque per sole finalità statistiche e scientifiche, pertanto verranno trattati in forma assolutamente anonima ed i dati sensibili e personali non saranno in alcun modo comunicati o diffusi.

~~~~~ Spazio riservato agli analisti ~~~~~

Squadra NOALESE                                              Sesso                      M

Sequenza:

|   |   |
|---|---|
| a | b |
| c | d |

D=dx / S=sx

F=fermo / B=rincorsa breve / L=rincorsa lunga

| Tiro | Bersaglio                                                          |                                                                    |                                                                                             |                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|      | B                                                                  | C                                                                  | A                                                                                           | D                                                                  |
| 1    | <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> D   | <input checked="" type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> D   | <input checked="" type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> D                            | <input checked="" type="checkbox"/> 0,5 <input type="checkbox"/> D |
|      | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   | F <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   |
| 2    | <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> D   | <input checked="" type="checkbox"/> 0,5 <input type="checkbox"/> D | <input checked="" type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> D                            | <input checked="" type="checkbox"/> 0,5 <input type="checkbox"/> D |
|      | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>                            | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   |
| 3    | <input checked="" type="checkbox"/> 0,5 <input type="checkbox"/> D | <input checked="" type="checkbox"/> 0,5 <input type="checkbox"/> D | <input checked="" type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> D                            | <input checked="" type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> D   |
|      | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>                            | F <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>   |

Figura 2.1: Questionario con consenso compilato e firmato.

Dati secondo osservatore indipendente

Nome Collaboratore GB

Giocatore \_\_\_\_\_

Squadra ADALESE

Sequenza:

|   |   |
|---|---|
| a | b |
| c | d |

D=dx / S=sx

F=fermo / B=rincorsa breve / L=rincorsa lunga

| Tiro | \ | Bersaglio |         |       |         |
|------|---|-----------|---------|-------|---------|
|      |   | B         | C       | A     | D       |
| 1    |   | X A D     | X 0 D   | X 0 D | X 0,5 D |
|      |   | F B X     | F B X   | F X L | F X L   |
| 2    |   | X A D     | X 0,5 D | X 0 D | X 0,5 D |
|      |   | F B X     | F B X   | F X L | F X L   |
| 3    |   | X 0 D     | X 0,5 D | X 0 D | X 0 D   |
|      |   | F B X     | F B X   | F X L | F X L   |

Figura 2.2: Rilevazione dati della collaboratrice.

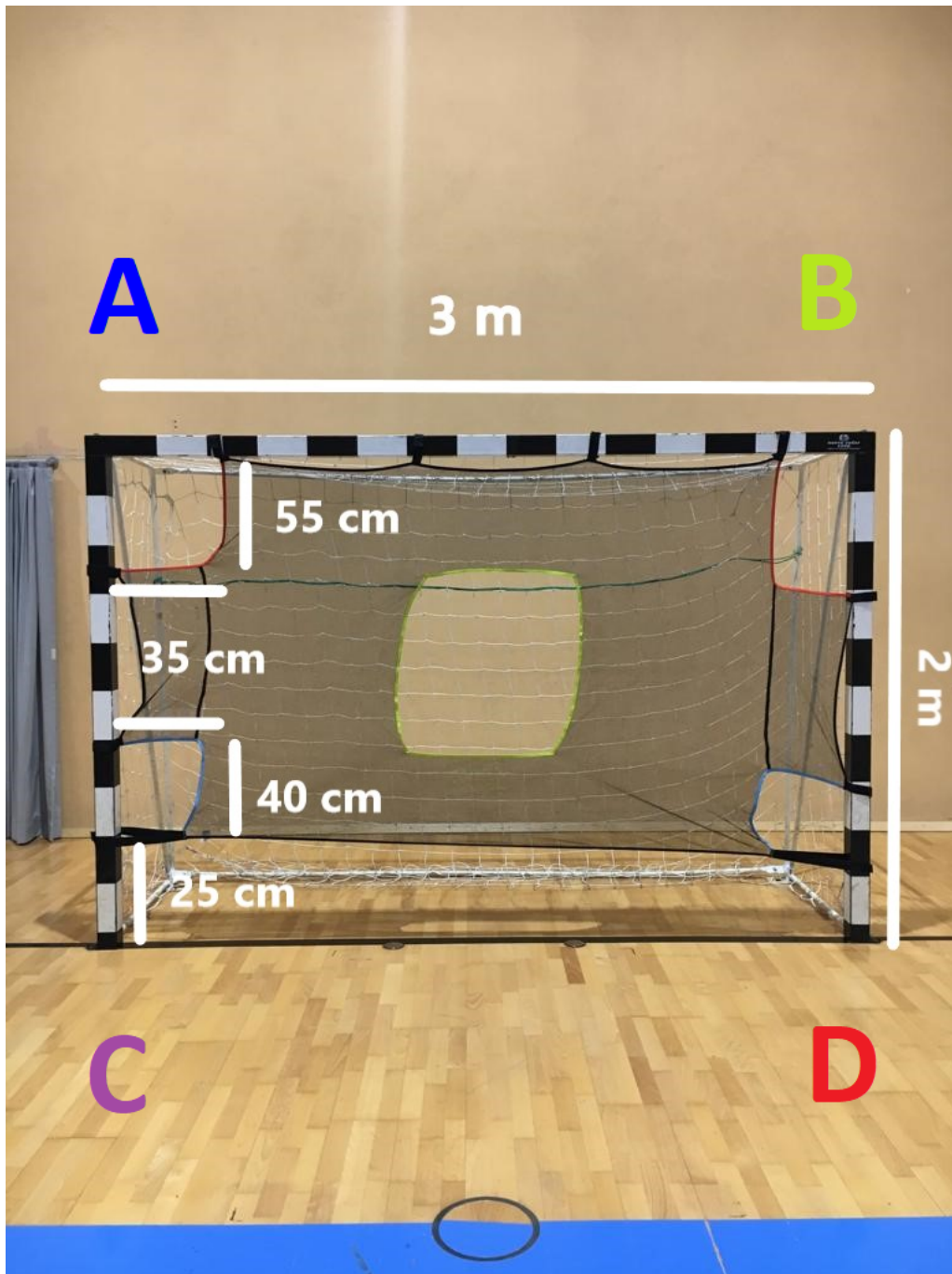


Figura 2.3: Rete con misure e target.

## Capitolo 3

# Dati e analisi descrittive

I dati raccolti in questo esperimento si prestano a molteplici domande di ricerca e possono essere analizzati tramite diversi strumenti. Nello specifico, i dati sono stati riportati in un foglio di calcolo Excel. I motivi principali sono due. In primo luogo, si tratta di un programma in cui le operazioni di interrogazione ed estrazione possono avvenire in maniera semplice e veloce. Secondariamente, Excel è un software noto e accessibile a tutti, anche agli allenatori delle squadre contattate. Data la finalità della ricerca, era necessario fornire alle società un file facilmente fruibile per le analisi personali del proprio team. Le analisi statistiche sono invece eseguite con il software R.

Lo scopo dell'esperimento consiste nell'individuare un possibile adattamento all'errore nel tiro di rigore. E' plausibile pensare possano esserci dei fattori che influenzano il miglioramento, sia nelle ripetizioni di uno stesso bersaglio che tra un bersaglio e quello successivo. In tal caso, sarà necessario individuare questi fattori e capire in che modo si relazionano con l'outcome di interesse: il punteggio ottenuto in ogni singolo tiro del test.

Prima di analizzare le informazioni raccolte, è opportuno passare ad una prima fase di descrizione della struttura del dataset e della codifica utilizzata per le variabili, ottenute sia tramite il questionario che l'esperimento. In questo capitolo vengono introdotti i dati e viene fornita una prima "immagine" della situazione attraverso semplici statistiche descrittive, del pretest e del campione.

## 3.1 I dati

Durante l'esperimento sono state raccolte 21 variabili distribuite su più livelli: un primo livello relativo alla singola misurazione del tiro, un secondo relativo al giocatore e un terzo relativo alla squadra. Per facilitarne l'uso, è stata utilizzata una codifica funzionale alle analisi. Si riporta nella tabella 3.1 una panoramica delle variabili, il loro significato, la codifica e il livello a cui fanno riferimento. Alcune variabili potevano assumere solo un valore appartenente ad un insieme chiuso, come la variabile *Ruolo*: i giocatori potevano dichiarare solo un valore tra quelli proposti nel questionario. Altre variabili invece potevano assumere qualsiasi valore. Nel dataset sono presenti anche variabili dicotomiche, come la *Nazionalità* o *Calcio*. Le variabili relative alle misurazioni di *Altezza* e *Peso* sono codificate come numeri interi.

Le analisi preliminari hanno poi portato alla creazione e combinazione di alcune variabili adatte al problema:

- **Test.** Questa variabile combina l'informazione del punteggio relativa alla mia rilevazione del punteggio con quella della collaboratrice attraverso una media aritmetica. Poiché il bersaglio centrato ha sempre portato a rilevazioni identiche, le situazioni di discordanza riguardavano solo i valori 0 e 0.5. La codifica adottata è riportata nella tabella 3.2.
- **Rincorsa.** La tipologia di rincorsa rilevata da me e dalla collaboratrice era piuttosto varia. Per sintetizzare queste informazioni in un'unica variabile, è stata applicata una codifica numerica simile a quella adottata per la variabile *Test*. In particolare, dapprima è stato associato il valore 0 alla rincorsa "Ferma", 0.5 se la rincorsa era "Breve" e 1 altrimenti alle variabili *Tipologiamio* e *Tipologiacol*. Dopodiché tra le due misurazioni è stata effettuata una media. La tabella 3.3 riassume la codifica utilizzata.
- **PiedeTiro.** Poiché logicamente la rilevazione del piede di tiro era sempre identica a quella della collaboratrice, la variabile *Piedemio* è stata rinominata *PiedeTiro*, per evidenziare che non ci fossero errori di misura.
- **IDGioc, IDSquadra.** Queste variabili rappresentano gli indicatori per il singolo giocatore (*IDGioc*) e per la squadra (*IDSquadra*).
- **SportAlSi.** Una variabile dicotomica che indica se il giocatore aveva praticato altri sport precedentemente (1), o se nella vita aveva solo giocato a calcio o calcio a 5 (0).
- **SportPalla.** Uno dei quesiti che vengono posti in questa tesi è se possa esserci una relazione tra la capacità di movimento del piede e quella del movimento delle braccia,

Tabella 3.1: Descrizione delle variabili.

| Variabile    | Significato                                                  | Codifica                                                                                 | Livello     |
|--------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Squadra      | Nome della società                                           | Stringa                                                                                  | Squadra     |
| Serie        | Campionato 2018/2019                                         | C2,C1,A2,A1                                                                              | Squadra     |
| Sesso        | Società Maschile/ Femminile                                  | 0=Maschile, 1=Femminile                                                                  | Squadra     |
| Cognome      | Cognome del giocatore                                        | Stringa                                                                                  | Giocatore   |
| Nome         | Nome del giocatore                                           | Stringa                                                                                  | Giocatore   |
| Età          | Età del giocatore                                            | Età in anni compiuti                                                                     | Giocatore   |
| Altezza      | Altezza del giocatore                                        | Altezza in cm                                                                            | Giocatore   |
| Peso         | Peso del giocatore                                           | Peso in kg                                                                               | Giocatore   |
| Nazionalità  | Nazionalità italiana o no                                    | 0=Italiana, 1=Non italiana                                                               | Giocatore   |
| Calcio       | Calciatore di calcio a 11 in precedenza                      | 0=No, 1=Si                                                                               | Giocatore   |
| Altri.sport  | Nome dell'altro sport principalmente praticato dal giocatore | Stringa ("0" se non sono stati praticati altri sport precedenti)                         | Giocatore   |
| Piede        | Piede preferito del giocatore                                | 0=Destro, 1=Sinistro, 2=Ambidestro                                                       | Giocatore   |
| Ruolo        | Ruolo del giocatore nella squadra                            | Centrale, Laterale, Pivot, Portiere, Universale                                          | Giocatore   |
| Bersaglio    | Bersaglio da colpire                                         | A=Alto a sinistra, B=Alto a destra, C=Basso a sinistra, D=Basso a destra                 | Misurazione |
| TiroPerBers  | Sequenza dei tiri all'interno del bersaglio                  | 1=1° Tiro per quel bersaglio, 2=2° Tiro per quel bersaglio, 3=3° Tiro per quel bersaglio | Misurazione |
| Tiro         | Sequenza dei tiri nell'intero test                           | 1=1° tiro,..,12=12° Tiro nel test globale                                                | Misurazione |
| Testmio      | Valore del test secondo la mia misurazione                   | 0=Bersaglio mancato, 0.5=Bersaglio toccato ma non centrato, 1=Bersaglio centrato         | Misurazione |
| Piedemio     | Piede del tiro secondo la mia misurazione                    | 0=Piede destro, 1=Piede sinistro                                                         | Misurazione |
| Tipologiamio | Rincorsa secondo la mia valutazione                          | F=Fermo, B=Rincorsa breve, L=Rincorsa lunga                                              | Misurazione |
| Testcol      | Valore del test secondo la collaboratrice                    | 0=Bersaglio mancato, 0.5=Bersaglio toccato ma non centrato, 1=Bersaglio centrato         | Misurazione |
| Piedecol     | Piede del tiro secondo la collaboratrice                     | 0=Piede destro, 1=Piede sinistro                                                         | Misurazione |
| Tipologiacol | Rincorsa secondo la collaboratrice                           | F=Fermo, B=Rincorsa breve, L=Rincorsa lunga                                              | Misurazione |

Tabella 3.2: Codifica della variabile Test

| Testcol | Testmio |      |   |
|---------|---------|------|---|
|         | 0       | 0.5  | 1 |
| 0       | 0       | 0.25 | X |
| 0.5     | 0.25    | 0.5  | X |
| 1       | X       | X    | 1 |

Tabella 3.3: Codifica della variabile Rincorsa

| Tipologiacol | Tipologiamio |      |      |
|--------------|--------------|------|------|
|              | 0            | 0.5  | 1    |
| 0            | 0            | 0.25 | 0.5  |
| 0.5          | 0.25         | 0.5  | 0.75 |
| 1            | 0.5          | 0.75 | 1    |

svilupata magari in precedenza durante la pratica di un altro sport. In quest'ottica è interessante indagare se giocatori che hanno precedentemente fatto sport con la palla (pallavolo, pallacanestro, tennis, rugby, hockey o pallamano) possano essere avvantaggiati al test. La variabile è così costruita:

$$SportPalla = \begin{cases} 1, & \text{se Altri.sport} = \text{"Pallavolo"}, \dots, \text{"Pallamano"}, \\ 0, & \text{altrimenti.} \end{cases}$$

Per quanto riguarda le unità statistiche sono state testate 10 squadre per una media di 12 giocatori all'incirca per ogni team. La tabella 3.4 riporta i giocatori partecipanti delle squadre maschili e femminili. Il dataset finale è organizzato in modo che ogni riga rappresenti una singola misurazione, mettendo in evidenza la struttura multilevel dei dati. Nella tabella 3.5 si riporta un'estrazione con dati riferiti ad una giocatrice della Noalese. Il dataset non contiene valori nulli o non ammissibili. In caso di dubbi su quanto riportato nel questionario, veniva contattato personalmente il giocatore in questione per eventuali delucidazioni.

Tabella 3.4: Composizione del campione tra le squadre.

| Squadra          | N°componenti |
|------------------|--------------|
| Ateam            | 10           |
| Breganze         | 12           |
| Gifema           | 11           |
| Granzette        | 12           |
| Grisignano       | 7            |
| Moniego          | 14           |
| Noalese          | 15           |
| Padova Femminile | 13           |
| Padova Maschile  | 13           |
| Vigoreal         | 14           |
| Totale           | 121          |



Tabella 3.5: Subset relativo ad una giocatrice della Noalese.

| Squadra | Serie | Sesso | Cognome | Nome | Età | Altezza | Peso | Nazionalità | Calcio | Altri sport | Piede | Ruolo    | Bersaglio | Tiro/Per/Bers | Tiro | Testmio | Piedemio | Tipologiamio | Testcol | Piedecol | Tipologiacol |
|---------|-------|-------|---------|------|-----|---------|------|-------------|--------|-------------|-------|----------|-----------|---------------|------|---------|----------|--------------|---------|----------|--------------|
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | B         | 1             | 1    | 1       | 1        | L            | 1       | 1        | L            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | B         | 2             | 2    | 1       | 1        | L            | 1       | 1        | L            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | B         | 3             | 3    | 0.5     | 1        | L            | 0       | 1        | L            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | C         | 1             | 4    | 0       | 1        | L            | 0       | 1        | L            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | C         | 2             | 5    | 0.5     | 1        | L            | 0       | 1        | L            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | C         | 3             | 6    | 0.5     | 1        | L            | 0.5     | 1        | L            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | A         | 1             | 7    | 0       | 1        | B            | 0       | 1        | B            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | A         | 2             | 8    | 0       | 1        | L            | 0       | 1        | B            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | A         | 3             | 9    | 0       | 1        | L            | 0       | 1        | B            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | D         | 1             | 10   | 0.5     | 1        | L            | 0.5     | 1        | B            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | D         | 2             | 11   | 0.5     | 1        | L            | 0.5     | 1        | B            |
| Noalese | A2    | 1     | X       | X    | 22  | 155     | 46   | 0           | 0      | Judo        | 1     | Laterale | D         | 3             | 12   | 0       | 1        | L            | 0       | 1        | B            |

## 3.2 Pretest: primi risultati

Come accennato nel paragrafo 2.3.1, il pretest è stata una fase molto utile per individuare e correggere i limiti dell'impostazione del test e del questionario. Le variabili raccolte nel pretest sono le stesse descritte nel paragrafo 3.1 ad eccezione delle variabili relative alla rincorsa. In principio, questa informazione era stata rilevata tramite 4 variabili, differenti da quelle utilizzate nel test vero e proprio:

- **Tipologiamio.** Una variabile dicotomica riferita alla mia rilevazione. Vale 0 se la ragazza partiva da posizione ferma e 1 se veniva effettuata una rincorsa.
- **Passimio.** Una variabile numerica riferita alla mia rilevazione. Conta il numero di passi eseguiti nella rincorsa. Nel caso di partenza da ferma, questa variabile vale 0.
- **Tipologiacol.** Una variabile dicotomica riferita alla rilevazione della collaboratrice. Vale 0 se la ragazza partiva da posizione ferma e 1 se veniva effettuata una rincorsa.
- **Passicol.** Una variabile numerica riferita alla rilevazione della collaboratrice. Conta il numero di passi eseguiti nella rincorsa. Nel caso di partenza da ferma, questa variabile vale 0.

Non è stato facile durante l'esperimento contare il numero di passi eseguiti dalle giocatrici, spesso a causa dei cosiddetti *passetti*. Per sopperire a questo problema, è stata creata a posteriori una nuova variabile *Rincorsa*, in maniera quasi analoga al metodo descritto precedentemente.

- E' stata dapprima applicata una media aritmetica tra il numero di passi registrati da me e dalla collaboratrice per ogni misurazione; tale variabile è stata chiamata *Media*.
- In seguito è stata creata una variabile *Rincorsa* così definita:

$$Rincorsa = \begin{cases} 0, & \text{se } Media \in [0, 1), \\ 1, & \text{se } Media \in [1, 2), \\ 2, & \text{se } Media \geq 2. \end{cases}$$

Questi primi dati sono stati analizzati con l'ottica di creare una panoramica dell'esperimento. In particolare, sono state indagate eventuali fonti di errore tra me e la collaboratrice. Nel caso in questione, non sono state riscontrate discordanze per quanto riguarda il piede del tiro. Rispetto al valore del test, solo 5 tiri classificati come 0 da me sono stati classificati 0.5 dalla collaboratrice

e 3 nel caso opposto, per un totale di 8 tiri su un totale di 72 rilevazioni. D'altronde, un valore di 0.85 di correlazione tra le nostre misurazioni era già un buon indicatore di obiettività del test. Un po' più problematica è stata la valutazione della rincorsa. Ben 65 sono stati i casi in cui è stata riscontrata una divergenza tra le nostre misurazioni dei passi. Ciò può essere dovuto sia alla velocità di esecuzione della prova e quindi ad una difficoltà oggettiva della rilevazione, ma anche all'inesperienza della collaboratrice ad osservare questa variabile. Questo è stato uno dei principali motivi che ha condotto all'eliminazione delle variabili *Passi* e all'introduzione del metro per valutare la lunghezza della rincorsa nell'esperimento vero e proprio.

Tutte le giocatrici hanno tirato col piede preferito, ovvero con il loro piede "forte". Solo una ragazza era mancina, e questo non renderebbe robuste eventuali analisi riguardo al piede di tiro. La distribuzione dei punteggi dei tiri è rappresentata marginalmente per ogni target nella tabella 3.6.

Tabella 3.6: Distribuzione dei punteggi nel pretest secondo il target.

|       | A    | B    | C    | D    |
|-------|------|------|------|------|
| 0     | 11   | 13   | 15   | 11   |
| 0.25  | 2    | 2    | 2    | 2    |
| 0.5   | 3    | 3    | 0    | 3    |
| 1     | 2    | 0    | 1    | 2    |
| Media | 0.22 | 0.11 | 0.08 | 0.22 |

Il basso numero di successi e l'alto numero di insuccessi hanno reso il bersaglio C il più ostico tra tutti i target. Come detto nel paragrafo sulla descrizione dell'esperimento, di fatto questo bersaglio non si trova ad altezza suolo ma è rialzato di 25 cm. Di conseguenza, non è facile regolare l'inclinazione del piede per centrare questo punto. I bersagli A e D sono invece caratterizzati da un numero inferiore di tiri negativi. I successi sono troppo pochi per evidenziare un adattamento.

La figura 3.1 mostra l'andamento dei tiri per le 6 atlete dell'Asd Gregorense.

Com'è evidente dai punteggi bassi, le performance non sono state eccellenti. Non sembra ci sia evidenza di aumento del punteggio negli ultimi tiri e nemmeno all'interno di un particolare target. I motivi sono diversi: in primo luogo le ragazze non hanno avuto molto tempo per effettuare il test. Secondariamente, all'esperimento è stata dedicata la parte finale dell'allenamento. Le giocatrici quindi, mentre erano in attesa del proprio turno, incitavano la compagna in esame. Questo può aver generato distrazione e una sorta di ansia da prestazione. Le ragazze si sono comunque dimostrate molto attente al pretest e hanno potuto contribuire in maniera significativa a delineare i limiti e le qualità dell'esperimento. Infine, è necessario tenere conto

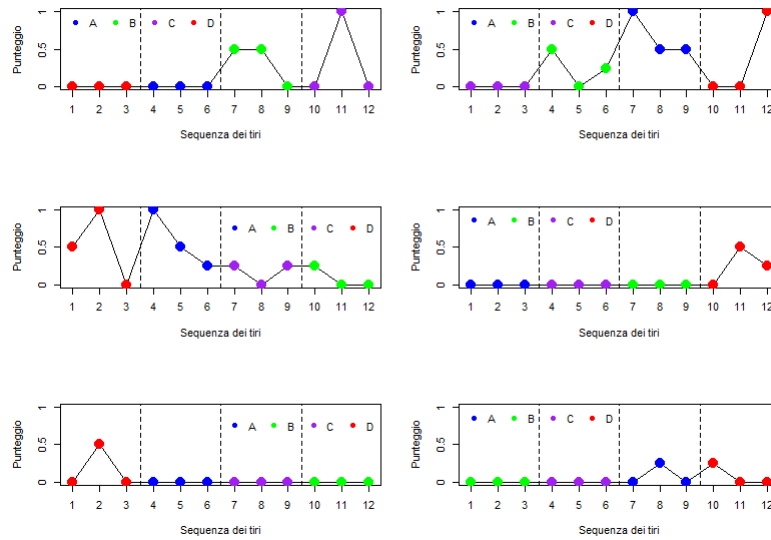


Figura 3.1: Sequenza dei tiri per l'Asd Gregorense.

che il livello di tecnica calcistica di queste ragazze non è lo stesso dei giocatori e delle giocatrici prese in esame durante l'esperienza effettiva.

In sostanza, questo non è un test adatto a giocatori principianti, ma solo a professionisti o comunque ad atleti dotati di un alto livello tecnico. Il confronto tra il numero di successi, ovvero di centri del target, nel pretest (6%) e nel test (18%) permette di affermare che questo test non sia troppo facile e discrimina bene la *bravura* del giocatore, paragonando società professionistiche e dilettantistiche.

### 3.3 Il test: statistiche descrittive

Per come è stato costruito l'esperimento, il dataset presenta osservazioni ripetute e multilivello. Le ripetizioni sono date dalla sequenza dei tiri nell'intero test e all'interno dei target. La struttura gerarchica è data invece dai livelli 'misurazione', 'giocatore' e 'squadra'. Nella prossima sezione viene fornita un'analisi preliminare della composizione del campione a seconda della distribuzione delle variabili riferite ai giocatori. A seguire vengono introdotte le variabili relative al test: la misurazione del punteggio, della rincorsa e del piede di tiro. Infine, si passa ad una analisi dei target.

### 3.3.1 Analisi dei giocatori

Il campione è formato da 121 giocatori suddivisi in 5 squadre maschili e 5 femminili, per un totale di 59 femmine e 62 maschi. I giocatori militanti nei diversi campionati sono rispettivamente 28 per la C2 maschile, 34 per la C1 maschile, 40 per l'A2 femminile e 19 per l'A1 femminile. Di seguito viene fornita una panoramica delle variabili raccolte nel campione.

#### ETÀ

Nella figura 3.2 viene mostrata per la variabile *Età* la distribuzione totale e per le popolazioni maschili e femminili. Sono stati rilevati giocatori che vanno dai 17 ai 41 anni. La maggior parte degli atleti si concentra nella fascia dai 17 ai 37 anni. I maschi sono molto giovani: il 64% ha meno di 21 anni con un'età media di 25 anni. Le donne hanno una distribuzione più uniforme e una media pari a 27 anni.

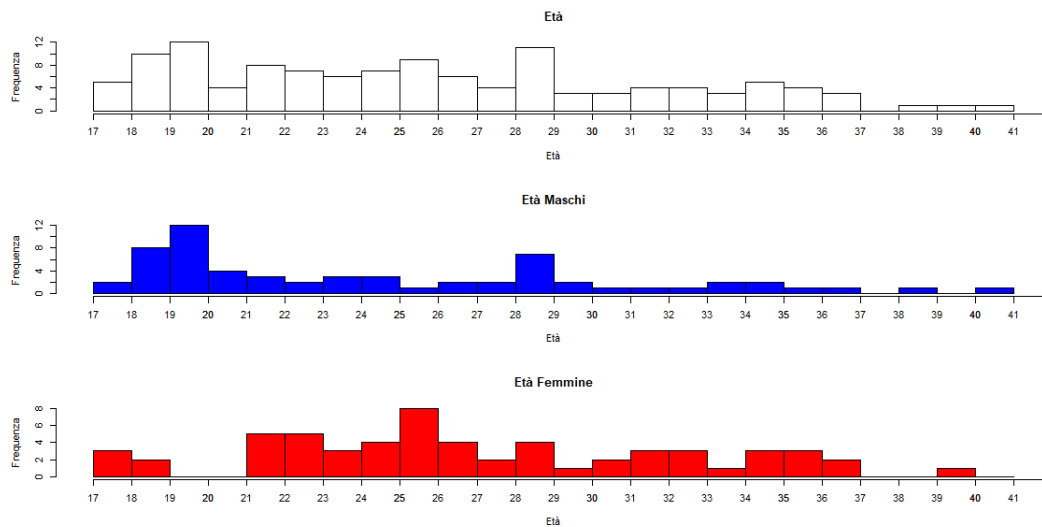


Figura 3.2: Distribuzione della variabile *Età* nel campione.

#### ALTEZZA

La figura 3.3 riporta la distribuzione della variabile *Altezza*, misurata in cm. La distribuzione relativa ai maschi è spostata verso valori più grandi, mentre le femmine hanno mediamente un'altezza più bassa. Le medie sono rispettivamente di 179 e 163 cm.

#### PESO

Il *Peso* è molto variabile nel campione: si passa dai 45 a 110 kg, come mostrato in figura 3.4.

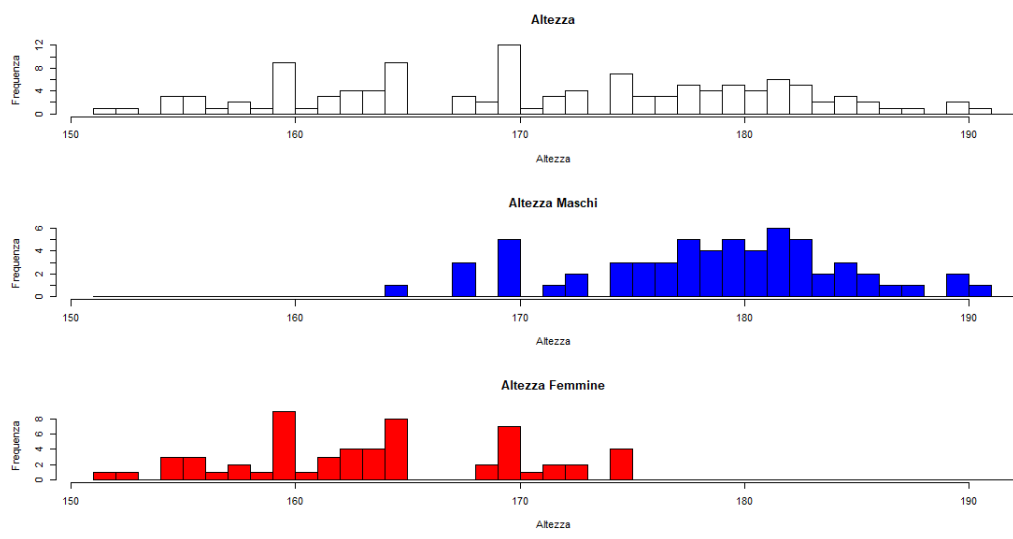


Figura 3.3: Distribuzione della variabile *Altezza* nel campione.

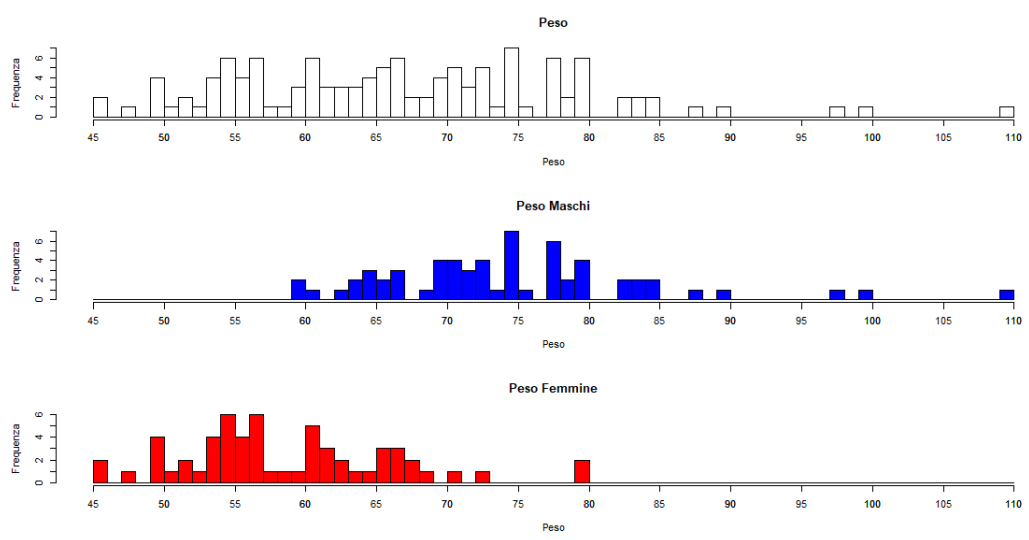


Figura 3.4: Distribuzione della variabile *Peso* nel campione.

Per questa variabile sono presenti più valori estremi tra i maschi che tra le femmine. I primi hanno un peso medio di 75 kg, mentre le ultime di 59 kg. È inoltre evidente come molti atleti abbiano dato una valutazione approssimata del proprio peso, come 55, 60, 70 o 80kg. Questo può essere dovuto anche ad una indisposizione a rivelare il proprio peso.

## NAZIONALITA'

Come nel calcio, alcune società solide nel panorama di calcio a 5 contattano giocatori stranieri per farli giocare nel campionato italiano. A volte questi atleti di diversa nazionalità vengono in Italia quando sono molto giovani e la Divisione calcio a 5 riconosce loro una "formazione" (calcistica) italiana e quindi possono richiedere la seconda cittadinanza. Per questo motivo, alcune persone che hanno svolto il test, sebbene non abbiano origini italiane, hanno comunque la cittadinanza italiana. La variabile *Nazionalità* assume valore "Non italiana" solo per quei giocatori che sono venuti in Italia da pochi anni e/o che non hanno la cittadinanza italiana. La tabella 3.7 riporta il numero di stranieri per maschi e femmine nel campione, con una netta maggioranza di italiani.

Tabella 3.7: Distribuzione della variabile *Nazionalità* nel campione.

|         | Italiana | Non italiana |
|---------|----------|--------------|
| Maschi  | 57       | 5            |
| Femmine | 51       | 8            |
| Totale  | 108      | 13           |

## CALCIO

Spesso il calcio a 5 è considerato (erroneamente) uno sport molto meno faticoso e impegnativo del calcio a 11. Questo spiega perché molti ex giocatori di calcio a 11 si ritirano dal calcio e si dedicano al futsal. Nella tabella 3.8, che riporta la distribuzione della variabile *Calcio* nei due sessi, questo fenomeno risulta molto evidente.

Tabella 3.8: Distribuzione della variabile *Calcio* nel campione.

|         | No | Sì |
|---------|----|----|
| Maschi  | 4  | 58 |
| Femmine | 20 | 39 |
| Totale  | 24 | 97 |

Solo 4 maschi non hanno mai giocato a calcio a 11 prima di iniziare un'esperienza nel futsal. Tra le donne invece questo fenomeno è molto più comune, considerando anche la poca diffusione di ogni forma del calcio nel mondo femminile (Uva e Gasparri 2018).

## ALTRI.SPORT

Molte persone prima del calcio hanno comunque fatto altri sport. Ad ogni giocatore è stato chiesto quale fosse stata, escluso il calcio, la disciplina più praticata nella loro vita fino a quel momento. Le risposte sono state molto diverse, come riportato nella tabella 3.9. In particolare è possibile notare che circa la metà degli atleti maschi non ha mai fatto altri sport al di fuori del calcio, mentre le donne hanno praticato molti sport con la palla (in particolare pallavolo e pallacanestro). Tra tutti gli atleti comunque lo sport più praticato è il nuoto.

Tabella 3.9: Distribuzione della variabile *Altri.sport* nel campione.

|               | Maschi | Femmine |
|---------------|--------|---------|
| Nessuno sport | 38     | 22      |
| Arti Marziali | 2      | 1       |
| Atletica      | 1      | 5       |
| Ciclismo      | 1      | 0       |
| Danza         | 0      | 1       |
| Ginnastica    | 0      | 2       |
| Hockey        | 1      | 1       |
| Nuoto         | 13     | 11      |
| Pallacanestro | 2      | 5       |
| Pallamano     | 1      | 2       |
| Pallavolo     | 1      | 6       |
| Pattinaggio   | 0      | 1       |
| Rugby         | 1      | 0       |
| Tennis        | 1      | 2       |

## PIEDE

Quando è stato chiesto ai giocatori il loro piede preferito, è stata lasciata loro la possibilità di indicare "ambidestro", ovvero di non avere un piede "forte", preferito. La tabella 3.10 mostra le categorie e la ripartizione per il sesso. Come ci si poteva aspettare, è molto più frequente trovare giocatori destri. Nel campione sono presenti 21 mancini e 11 ambidestri.

Tabella 3.10: Distribuzione della variabile *Piede* nel campione.

|         | Destri | Mancini | Ambidestri |
|---------|--------|---------|------------|
| Maschi  | 43     | 13      | 6          |
| Femmine | 46     | 8       | 5          |
| Totale  | 89     | 21      | 11         |



## RUOLO

Nel calcio a 5 esistono 4 ruoli principali. Il portiere è il giocatore posizionato in porta con il compito di impedire i goal avversari. Il centrale è un giocatore che è posizionato davanti alla porta e ha un ruolo difensivo. I laterali giocano a lato del campo e hanno una funzione sia di difesa che di attacco. Il pivot è la punta offensiva. Un altro ruolo molto richiesto nel calcio a 5 è l'universale. Questo giocatore ha solitamente delle abilità tecniche e tattiche così sviluppate da poter essere messo in qualsiasi posizione in campo con funzione di attacco e di difesa, portiere escluso. La tabella 3.11 mette in evidenza come la composizione delle squadre sia sostanzialmente speculare tra maschi e femmine.

Tabella 3.11: Distribuzione della variabile *Ruolo* nel campione.

|            | Maschi | Femmine |
|------------|--------|---------|
| Portiere   | 12     | 8       |
| Centrale   | 13     | 13      |
| Laterale   | 25     | 23      |
| Pivot      | 11     | 12      |
| Universale | 1      | 3       |

### 3.3.2 Analisi dei singoli tiri e la variabile *Test*

La variabile riferita al punteggio del test è stata rilevata indipendentemente da me e dalla collaboratrice. La correlazione tra i nostri valori è molto alta, pari a 0.885. Le osservazioni in cui le due misurazioni non coincidono sono 200. Queste situazioni sono solo relative ai punteggi 0 e 0.5.

Tabella 3.12: Misurazioni dei punteggi.

| Testmio | Testcol |     |     |
|---------|---------|-----|-----|
|         | 0       | 0.5 | 1   |
| 0       | 637     | 53  | 0   |
| 0.5     | 147     | 353 | 0   |
| 1       | 0       | 0   | 262 |

Dalla tabella 3.12 si vede che sono molte più le osservazioni in cui ho assegnato io un valore non nullo e la collaboratrice un valore pari a 0. In poche parole, la mia valutazione è stata molto spesso “più buona”. Un quesito interessante può riguardare la discordanza in funzione del bersaglio in esame. Le tabelle 3.13- 3.16 mostrano la dissonanza a seconda del target, senza riportare i valori sulla diagonale.

Tabella 3.13: Bias del punteggio nel bersaglio A.

| Testcol | Testmio |     |
|---------|---------|-----|
|         | 0       | 0.5 |
| 0       | 0       | 10  |
| 0.5     | 39      | 0   |

Tabella 3.14: Bias del punteggio nel bersaglio B.

| Testcol | Testmio |     |
|---------|---------|-----|
|         | 0       | 0.5 |
| 0       | 0       | 12  |
| 0.5     | 27      | 0   |

Tabella 3.15: Bias del punteggio nel bersaglio C.

| Testcol | Testmio |     |
|---------|---------|-----|
|         | 0       | 0.5 |
| 0       | 0       | 15  |
| 0.5     | 46      | 0   |

Tabella 3.16: Bias del punteggio nel bersaglio D.

| Testcol | Testmio |     |
|---------|---------|-----|
|         | 0       | 0.5 |
| 0       | 0       | 16  |
| 0.5     | 35      | 0   |

I bersagli dove più spesso personalmente avevo rilevato un valore di 0.5 e la collaboratrice 0 sono i target C e A, ovvero quelli a sinistra della porta. Poiché durante tutti i test io ero posizionata in quella parte, si può dire che il bias potrebbe dipendere dalla vicinanza dell'osservatore con il target. In sostanza, è come se l'osservatrice non vedesse bene quando il bersaglio era lontano e ha assegnato un valore nullo quando in realtà la palla era andata vicino al bersaglio.

Queste differenze tra bersagli sono state analizzate a coppie di target attraverso un test Chi quadro per tabelle di contingenza. Nessun test è risultato significativo, ad indicare che l'errore di valutazione è distribuito uniformemente tra tutti i bersagli. Per ovviare a questo bias, è stata creata la variabile *Test*, che combina le due osservazioni facendone la media. L'idea è che un tiro con valutazione discordante sia meno preciso di quelli con due valutazioni pari a 0.5. La nuova variabile di interesse *Test* presenta 637 tiri nulli, 553 bordi e 262 centri. Il basso numero di centri conferma che non è un test facile, ma è adatto a valutare la capacità di miglioramento solo per professionisti.

### La variabile *Rincorsa*

Per quanto riguarda le valutazioni della rincorsa, le misure rilevate da me e dalla collaboratrice sono molto discordanti, come mostrato in tabella 3.17.

Tuttavia, il test Chi-quadro di Pearson rigetta l'ipotesi di indipendenza delle misurazioni. Il valore della statistica test assume valore 1075.5, che confrontato con la distribuzione  $\chi_4^2$  genera un p-value prossimo allo 0.

Tabella 3.17: Misurazioni della rincorsa.

| Tipologia | Tipologia col |     |     |
|-----------|---------------|-----|-----|
|           | F             | B   | L   |
| F         | 258           | 182 | 3   |
| B         | 39            | 342 | 6   |
| L         | 1             | 233 | 388 |

In sostanza, tra le nostre rilevazioni è presente un bias consistente ma non sono stati riportati valori casuali. Per ovviare a questa situazione, è stata costruita la variabile *Rincorsa* che combina le due informazioni. La nuova variabile *Rincorsa* si distribuisce come in tabella 3.18.

Tabella 3.18: Distribuzione della variabile *Rincorsa*.

| Valore Rincorsa | Numero Osservazioni |
|-----------------|---------------------|
| 0               | 258                 |
| 0.25            | 221                 |
| 0.5             | 346                 |
| 0.75            | 239                 |
| 1               | 388                 |

I metodi più utilizzati sono stati la rincorsa “lunga” (valore 1) e “media” (valore 0.5). Cinquantotto persone hanno cambiato rincorsa almeno una volta nel proprio test all’interno di un bersaglio. Sono circa la metà, quindi si può affermare che c’è stato un adattamento della corsa. In particolare, 45 persone l’hanno modificata tra il 1° e il 2° tiro e 43 l’hanno modificata tra il 2° e il 3°. Trenta persone l’hanno modificata 2 volte all’interno di un target: questi sono quelli che hanno impiegato più tempo a capire quale fosse il modo migliore per calciare. Sono state invece 46 le persone che hanno cambiato tra un target e un altro. I bersagli in cui sono stati effettuati cambi di rincorsa sono riportati in tabella 3.19.

Tabella 3.19: Distribuzione dei cambi di *Rincorsa* tra target.

| Partenza | Arrivo |   |    |   |
|----------|--------|---|----|---|
|          | A      | B | C  | D |
| A        | 0      | 9 | 5  | 5 |
| B        | 5      | 0 | 12 | 6 |
| C        | 8      | 4 | 0  | 5 |
| D        | 7      | 5 | 5  | 0 |

È evidente come per passare dal B al C, sia stato spesso necessario un cambio di rincorsa. I cambi principali avvengono dalla parte sinistra della porta alla parte destra (e viceversa), non tanto tra i bersagli alti e bassi. Questo conferma la teoria dei rigori spiegata in nel paragrafo

2.2.1: un giocatore destro che fa una rincorsa più stretta, ha più probabilità di colpire i bersagli A o C, mentre chi fa rincorsa più lunga solitamente colpisce meglio B o D.

### Il piede di tiro

Come anticipato nel paragrafo 3.1, non ci sono stati errori di misura nella variabile relativa al piede di tiro. In altre parole, non vi sono discordanze tra l'osservazione mia e quella della collaboratrice. La maggior parte dei tiri sono stati eseguiti con il piede destro: 1174. I restanti 278 (19%) sono stati effettuati con il sinistro. Tra i giocatori che si erano definiti ambidestri, 9 hanno tirato con il destro e 2 con il sinistro. Un giocatore che si era definito destro ha eseguito tutto il test con il sinistro. Un altro giocatore ha fatto l'opposto. Questo può far pensare che abbiano sbagliato a dichiarare il proprio piede forte nel questionario. Solo una ragazza, che si era dichiarata destra, ha cambiato piede durante il test: ha tirato 10 volte con il destro e 2 con il sinistro.

### Analisi dei bersagli

La disposizione dei bersagli nella rete fa sì che alcuni possano essere colpiti più facilmente e altri meno. In particolare, i target C e D a causa del rialzo da terra dovrebbero essere i più difficili. La tabella 3.20 riporta i punteggi realizzati in tutti e quattro i target.

Tabella 3.20: Distribuzione dei punteggi nei bersagli.

|       | A    | B    | C    | D    |
|-------|------|------|------|------|
| 0     | 160  | 133  | 185  | 159  |
| 0.25  | 49   | 39   | 61   | 51   |
| 0.5   | 81   | 110  | 71   | 91   |
| 1     | 73   | 81   | 46   | 62   |
| Media | 0.35 | 0.40 | 0.27 | 0.33 |

Effettivamente, sia se si considera il punteggio medio sia il numero di centri (punteggi pari a 1), i più difficili sono il C e il D. In altre parole è più complicato fare centro nei bersagli bassi, come ipotizzato. A seguire viene l'A (in alto a sinistra), ed infine il B (alto a destra). L'appendice A presenta alcune analisi disaggregate rispetto alle caratteristiche del giocatore.

Poiché il test consiste in 12 tiri consecutivi, può succedere che un atleta si stanchi di ripetere la prova o al contrario migliori la prestazione per una migliore conoscenza del tipo di test. Se si fosse assegnata a tutti i giocatori la stessa sequenza dei bersagli (ad esempio A-B-C-D), si correva il rischio che per l'ultimo bersaglio D la performance fosse diversa, non perché fosse

oggettivamente difficile o facile ma perché semplicemente il giocatore si stancava o migliorava la prestazione nel tempo. Per evitare questo inconveniente, si è proceduto alla randomizzazione. Con la tabella 3.21 è possibile valutare se effettivamente ci sono stati dei bersagli impostati all'inizio o alla fine troppo spesso o troppo raramente.

Tabella 3.21: Distribuzione della sequenza dei bersagli.

|   | A  | B  | C  | D  |
|---|----|----|----|----|
| 1 | 36 | 30 | 23 | 32 |
| 2 | 31 | 35 | 27 | 28 |
| 3 | 23 | 32 | 37 | 29 |
| 4 | 31 | 24 | 34 | 32 |

Non sono evidenti grandi asimmetrie nella distribuzione. Questa tabella di contingenza è stata analizzata tramite un test Chi quadro. Il valore della statistica test pari a 9.49 confrontato con un  $\chi_9^2$  genera un p-value pari a 0.39. Si conclude che è presente indipendenza tra le celle e questo vuol dire che l'esperimento è stato randomizzato bene: non ci sono stati bersagli effettuati solo all'inizio o solo alla fine. Le performance che ne seguiranno saranno quindi dettate solamente dalla difficoltà oggettiva del target. Questa analisi verrà ripresa più avanti anche nella sezione della modellistica.



## Capitolo 4

# Le determinanti nel punteggio del test

Uno degli obiettivi principali della tesi riguarda l'adattamento all'errore, ovvero il miglioramento nel tiro successivo. Un giocatore potrebbe effettuare due tipi di miglioramenti: all'interno dello stesso target e tra un target e l'altro. Nel primo caso, l'analisi è simile alla ricerca di un *apprendimento*, chiamato anche *adattamento* o *riprogrammazione motoria* (ovvero all'interno dello stesso target), mentre nel secondo caso si cerca un *trend* (il livello di partenza del 1° target è inferiore al livello di partenza dell'ultimo target, indipendentemente dal tipo target?). La domanda di ricerca è vedere se esistono caratteristiche proprie del giocatore (socio demografiche oppure legate all'esperienza del giocatore) o proprie del test (tipo di bersaglio, ripetizione del tiro) che rendono un esperimento ben eseguito e un giocatore performante.

### 4.1 L'effetto delle caratteristiche del tiro

#### 4.1.1 Il trend

Il primo passo è la ricerca del trend. La figura 4.1 sottostante riporta le medie condizionate dei punteggi per ogni tiro (in rosso) e la regressione lineare di *Test* sulla variabile *Tiro* (retta verde). La grandezza dei punti è proporzionale alla numerosità osservata per quel valore.

La retta ha una pendenza pressoché piatta, ad indicare che non è presente nessun trend, né crescente né decrescente. Se viene indagato tramite il software R, i risultati in tabella 4.1 non

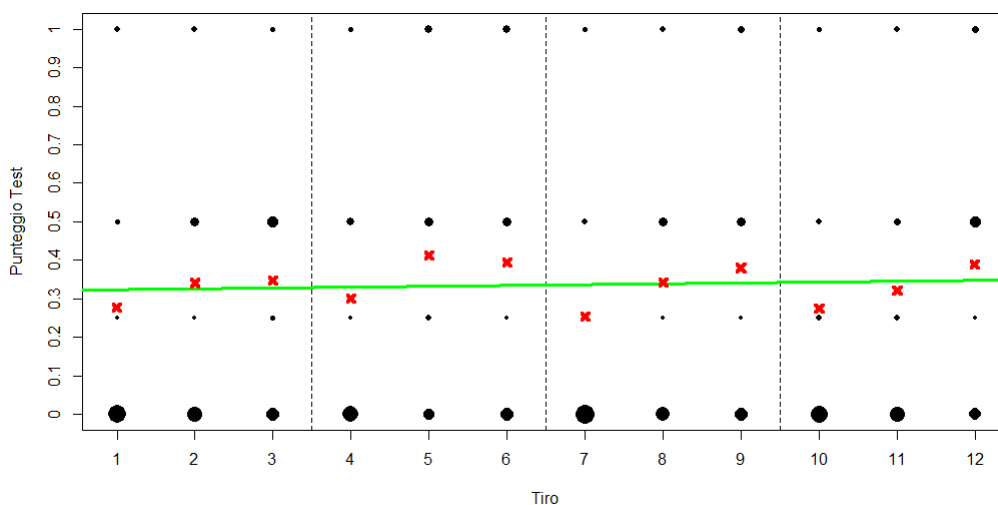


Figura 4.1: Trend della variabile *Test*.

lasciano dubbi. La stima della pendenza non è significativa in questa retta di regressione.

Tabella 4.1: Stima del trend lineare.

|              | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.323 | 0.021      | 15.61   | 0.000   | *** |
| Tiro         | 0.002 | 0.003      | 0.74    | 0.459   |     |

La ricerca di un trend è molto importante per capire se un giocatore riesce ad adattarsi a diversi punti da colpire nella porta. Sebbene dal grafico precedente non sembri ci sia una qualche forma di relazione tra la sequenza totale dei tiri e il punteggio, sono state comunque testate relazioni alternative. In particolare è stato specificato un trend quadratico per evidenziare un eventuale "effetto stanchezza": si potrebbe ipotizzare che un giocatore gestisca male i primi tiri perché deve abituarsi al test e gli ultimi tiri perché si stanca, mentre i tiri centrali avranno punteggi migliori. Successivamente è stato provato un approccio tramite dummy: 1 effetto distinto per ogni tiro. Questa relazione voleva captare eventuali singoli tiri particolarmente andati male o bene. Infine, per cogliere una eventuale non monotonicità in modo diverso rispetto alla relazione parabolica precedente, sono state applicate dummy che individuassero i primi tiri (1-3), i tiri mediani (i tiri dal 4 al 9) e gli ultimi (10-12). Le tabelle 4.2-4.4 riportano le stime ottenute con i diversi modelli.



Tabella 4.2: Relazione polinomiale.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.336  | 0.009      | 34.66   | 0.000   | *** |
| Lineare      | 0.002  | 0.002      | 0.74    | 0.459   |     |
| Quadratica   | -0.244 | 0.369      | -0.66   | 0.509   |     |

Tabella 4.3: Raggruppamento in classi.

|                  | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|------------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)     | 0.321 | 0.019      | 16.56   | 0.000   | *** |
| Tiri mediani 4-9 | 0.026 | 0.023      | 1.10    | 0.271   |     |
| Ultimi 3 tiri    | 0.006 | 0.027      | 0.25    | 0.802   |     |

Tabella 4.4: Dummy.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.276  | 0.033      | 8.28    | 0.00    | *** |
| Tiro2        | 0.064  | 0.047      | 1.35    | 0.17    |     |
| Tiro3        | 0.070  | 0.047      | 1.48    | 0.13    |     |
| Tiro4        | 0.024  | 0.047      | 0.52    | 0.60    |     |
| Tiro5        | 0.136  | 0.047      | 2.88    | 0.00    | **  |
| Tiro6        | 0.117  | 0.047      | 2.49    | 0.01    | *   |
| Tiro7        | -0.022 | 0.047      | -0.48   | 0.63    |     |
| Tiro8        | 0.066  | 0.047      | 1.39    | 0.16    |     |
| Tiro9        | 0.103  | 0.047      | 2.18    | 0.02    | *   |
| Tiro10       | -0.002 | 0.047      | -0.04   | 0.96    |     |
| Tiro11       | 0.045  | 0.047      | 0.96    | 0.33    |     |
| Tiro12       | 0.111  | 0.047      | 2.35    | 0.01    | *   |

In definitiva, poiché nessuna specificazione risulta significativa, si conclude che non esiste trend, in nessuna forma: la performance media all’inizio del test è la stessa della fine. Tuttavia, la tabella 4.4 mostra stime significative negli ultimi tiri degli ultimi tre bersagli, indicando una componente “stagionale”. La prossima sezione analizza in dettaglio questa evidenza.

#### 4.1.2 L’adattamento

La regressione del punteggio sulla variabile *TiroPerBers*, una per postazione, consente di valutare come cambia la performance nello stesso bersaglio.

Le rette in figura 4.2 descrivono molto meglio l’andamento della variabile *Test* in ogni bersaglio. Sembra che la pendenza sia positiva in tutti e 4 i bersagli. Il fatto che questi miglioramenti

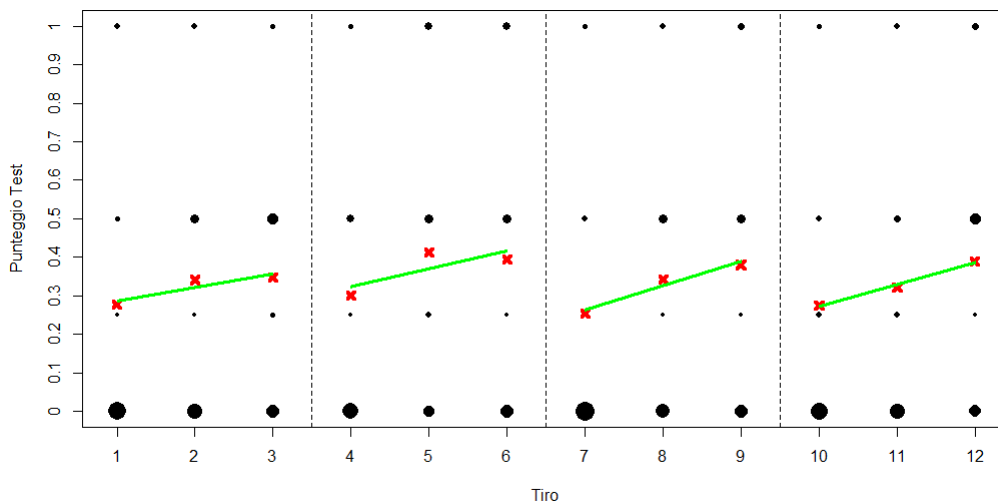


Figura 4.2: Adattamento lineare della variabile *Test*.

abbiano un effetto positivo sulla variabile di interesse è evidente dalla stima del modello lineare presentato in tabella 4.5. Si conferma la presenza di una riprogrammazione motoria nell'esperimento: i giocatori con l'aumento delle ripetizioni hanno una performance migliore di 0.05 per ogni tiro in più verso lo stesso bersaglio.

Può sorgere il dubbio che il tipo di relazione tra l'adattamento e il punteggio del test non sia lineare. Se vengono unite con una spezzata le medie condizionate nello stesso bersaglio (figura 4.3), si nota che i secondi tiri sono mediamente più alti dei primi, e che i terzi sono maggiori dei secondi, ma questo secondo incremento è minore rispetto al primo.

Tabella 4.5: Adattamento lineare della variabile *Test*.

|              | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.235 | 0.025      | 9.23    | 0.000   | *** |
| TiroPerBers  | 0.050 | 0.011      | 4.26    | 0.000   | *** |

Si può agire in due modi: o provare con una relazione parabolica o costruire una dummy per ogni valore di *TiroPerBers*. Dapprima è stata provata una relazione parabolica: in tabella 4.6 il coefficiente relativo al grado 2 non è significativo al 10%. Quindi, considerare una relazione quadratica non è una buona idea.

E' stata quindi applicata una codifica dummy: in tabella 4.7 rispetto al 1° tiro, ovvero la baseline rappresentata dall'intercetta, sia il 2° che il 3° tiro sono altamente significativi. In particolare, rispetto al 1° tiro, i giocatori hanno migliorato molto la performance sia nel 2° tiro e sia nel 3° tiro.

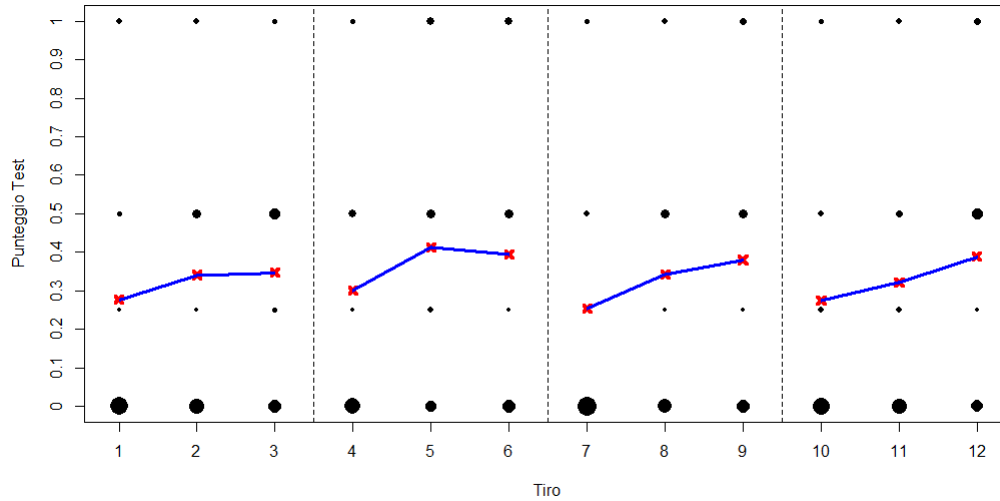


Figura 4.3: Adattamento non lineare della variabile *Test*.

Tabella 4.6: Adattamento parabolico.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.336  | 0.009      | 34.88   | 0.000   | *** |
| Lineare      | 1.566  | 0.367      | 4.26    | 0.000   | *** |
| Quadratica   | -0.496 | 0.367      | -1.35   | 0.177   |     |

Tabella 4.7: Adattamento con dummy per la variabile *Test*.

|              | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.276 | 0.016      | 16.57   | 0.000   | *** |
| TiroPerBers2 | 0.078 | 0.023      | 3.30    | 0.000   | *** |
| TiroPerBers3 | 0.100 | 0.023      | 4.26    | 0.000   | *** |

In tabella 4.8 è stato applicato un test F per valutare l'esistenza di una differenza tra il 2° e 3° tiro.

$$H_0: \text{TiroPerBers2} - \text{TiroPerBers3} = 0$$

$$H_1: \text{TiroPerBers2} - \text{TiroPerBers3} \neq 0.$$

Tabella 4.8: Test F per la differenza tra il 2° e il 3° tiro.

| Modello   | Res.Df | RSS    | Df | Sum of Sq | F     | Pr(>F) |
|-----------|--------|--------|----|-----------|-------|--------|
| Ristretto | 1450   | 195.83 |    |           |       |        |
| Completo  | 1449   | 195.7  | 1  | 0.125     | 0.925 | 0.336  |

Il test F accetta l'ipotesi di uguaglianza dei coefficienti. Quindi non c'è differenza significativa

tra il 2° e 3° tiro, ma solo tra il 1° e il 2°, e di conseguenza tra il 1° e il 3°. Si considera questa come relazione più appropriata per definire l'adattamento.

### 4.1.3 Altre determinanti

Un altro predittore che potenzialmente potrebbe essere rilevante per definire il punteggio del test è il bersaglio. La regressione tra il test e tale variabile in tabella 4.9 mostra la difficoltà dei target come anticipato nelle statistiche descrittive. Il bersaglio C (in basso a sinistra) è il più difficile, mentre il B è il più facile. Tra il bersaglio D e la baseline non ci sono differenze.

Tabella 4.9: Effetto del bersaglio.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.346  | 0.019      | 17.98   | 0.000   | *** |
| BersaglioB   | 0.055  | 0.027      | 2.02    | 0.043   | *   |
| BersaglioC   | -0.079 | 0.027      | -2.93   | 0.003   | **  |
| BersaglioD   | -0.015 | 0.027      | -0.55   | 0.578   |     |

Le altre due variabili relative alla singola misurazione sono la rincorsa e il piede con cui è stata effettuata la misurazione. Le tabelle 4.10 e 4.11 riportano le due stime distinte.

Tabella 4.10: Effetto del piede di tiro.

|              | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.334 | 0.010      | 31.01   | 0.000   | *** |
| PiedeTiro1   | 0.008 | 0.024      | 0.35    | 0.722   |     |

In tabella 4.10 il piede con cui è stato effettuato il tiro non è significativo e questo può essere dovuto al fatto che i mancini sono pochi, solo il 19%. Comunque, i pochi mancini rilevati, hanno avuto mediamente una performance migliore dei destri.

Tabella 4.11: Effetto della rincorsa.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.376  | 0.017      | 21.31   | 0.000   | *** |
| Rincorsa     | -0.073 | 0.026      | -2.72   | 0.006   | **  |

Dalla tabella 4.11 la rincorsa invece è significativa e negativa: prendere una rincorsa lunga porta ad un punteggio più basso del test. Sono stati tentati anche altri tipi di relazione (quadratica e con dummy) ma nessuna di queste si adattava meglio al modello come una relazione lineare. Questi ultimi risultati sono riportati in appendice B.

Per valutare congiuntamente tutti questi effetti in tabella 4.12 è stato applicato un modello lineare con tutte e sole variabili relative alla singola misurazione, per vedere se esistono cambiamenti di significatività e/o polarità delle stime. Non sono state applicate interazioni, perché nessuna di quelle indagate risultava avesse un effetto sulla performance. In appendice B sono presentati i risultati principali.

Tabella 4.12: Stima del modello di regressione lineare della variabile *Test*.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.327  | 0.032      | 10.01   | 0.000   | *** |
| BersaglioB   | 0.051  | 0.027      | 1.89    | 0.058   | .   |
| BersaglioC   | -0.085 | 0.027      | -3.13   | 0.001   | **  |
| BersaglioD   | -0.021 | 0.027      | -0.75   | 0.438   |     |
| TiroPerBers2 | 0.075  | 0.023      | 3.19    | 0.001   | **  |
| TiroPerBers3 | 0.096  | 0.024      | 4.01    | 0.000   | *** |
| Tiro         | 0.000  | 0.002      | 0.14    | 0.885   |     |
| Rincorsa     | -0.072 | 0.026      | -2.69   | 0.007   | **  |
| PiedeTiro1   | 0.011  | 0.024      | 0.45    | 0.649   |     |

L'apprendimento continua ad essere significativo, mentre il trend continua a non esserlo. La rincorsa è ancora significativa: chi fa rincorsa lunga, ha un punteggio più basso. Il piede di tiro ancora una volta non ha un effetto sul punteggio. Resta significativo il target: bersaglio B facile e C difficile. Quest'ultimo risultato conferma la corretta randomizzazione dell'esperimento: tutti i giocatori hanno svolto una sequenza di bersagli diversa dagli altri e casuale e quindi le variabili relative al trend, all'apprendimento e al bersaglio sono ortogonali.

Riassumendo, queste prime analisi dimostrano che il giocatore quando tira più volte nella stessa posizione, indipendentemente dal bersaglio verso cui sta tirando, ha una performance crescente. Quando però cambia bersaglio, torna al punto di partenza. È come se ogni bersaglio fosse un esercizio a sé, non c'è un effetto di "miglioramento della prestazione complessiva" ma neanche un "effetto stanchezza".

## 4.2 Modello multilevel

Finora è stato applicato un pooling dei dati, ovvero non è stato considerato che le osservazioni appartengono a giocatori diversi militanti in squadre diverse, ma è stato analizzato solo un' grande insieme di misurazioni': come se fosse stato un singolo giocatore a ripetere il test per 121 volte. In questa sezione si prende in esame la struttura dei dati, passando all'**analisi gerarchica**. Sono presenti 3 livelli in questi dati: il I° livello è la misurazione, il II° è il giocatore mentre il III° è rappresentato dalla squadra. Ogni livello ha delle proprie variabili: a livello di misurazione

ci sono le variabili *Test*, *Rincorsa*, *PiedeTiro Bersaglio*, *Tiro*, *TiroPerBers*, già analizzate in precedenza. Per il livello giocatore ci sono *Età*, *Altezza*, *Peso*, *Nazionalità*, *Calcio*, *Altri.sport*, *Piede*, *Ruolo*. A livello di squadra sono state rilevate *Sesso* e *Serie*. È possibile ora valutare se convenga studiare un modello più complesso che tenga conto di questa struttura multilivello.

Come prima analisi, vengono utilizzati solo il I° e il II° livello: la singola misurazione e il giocatore. Per ogni giocatore sono state registrate 12 misurazioni (ovvero i 12 tiri). Dapprima è stato valutato un modello unpooled: un modello che considera un livello di partenza diverso per ogni giocatore. Vengono calcolate quindi 121 intercette, una diversa per ogni giocatore, che rappresentano il punto di partenza medio di ogni giocatore ponendo a 0 le esplicative. Gli effetti delle variabili relative alla misurazione (*bersaglio*, *tiro*, *tiropersbers*, *rincorsa*, *piedetiro*), chiamati effetti fissi, sono in comune tra tutti i giocatori. Questo approccio consente di stimare gli effetti di queste variabili al netto di tutte le caratteristiche invarianti del giocatore, anche quelle non osservabili.

Il modello utilizzato è il seguente:

$$Test_{ij} = \gamma_{00} + \alpha_j + \beta_1 \times Tiro_{ij} + \beta_2 \times TiroPerBers2_{ij} + \beta_3 \times TiroPerBers3_{ij} + \beta_4 \times BersaglioB_{ij} + \beta_5 \times BersaglioC_{ij} + \beta_6 \times BersaglioD_{ij} + \beta_7 \times Rincorsa_{ij} + \beta_8 \times PiedeTiro1_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (4.1)$$

dove

$$i = 1, \dots, 12 \quad j = 1, \dots, 121$$

e  $\epsilon_{ij}$  è una realizzazione di una variabile casuale  $\epsilon \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\epsilon^2)$ .  $\alpha_j$  rappresenta il livello medio del giocatore j.

La variabile identificatrice del gruppo (*IDGioc*) individua un'intercetta diversa per i 121 giocatori. Le stime del modello si trovano nella tabella 4.13

Gli effetti del trend e dell'apprendimento non sono mutati: continua ad essere importante solo il miglioramento all'interno del target e non tra target. Per la perdita di significatività di rincorsa e piede di tiro, bisogna considerare che con questo approccio il contributo proviene solo dalla varianza *within*, ovvero le variazioni intervenute per ogni giocatore nei diversi tiri: alcuni giocatori cambiano la rincorsa nel proprio test, mentre ci sono troppo poche persone che hanno cambiato piede di tiro. Le intercette stimate in tabella 4.14 sono molto variabili e alcune anche significative, quindi sembrerebbe sia presente un *effetto giocatore*. In altre parole, esistono giocatori più bravi e giocatori meno bravi e non è corretto considerare tutti i giocatori di uguale bravura. Come sono distribuite queste 121 intercette?

Tabella 4.13: Modello unpooled.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| IDGioc1      | 0.523  | 0.299      | 1.74    | 0.081   | .   |
| ...          | ...    | ...        | ...     | ...     | ... |
| IDGioc121    | 0.293  | 0.113      | 2.57    | 0.010   | *   |
| BersaglioB   | 0.048  | 0.026      | 1.83    | 0.066   | .   |
| BersaglioC   | -0.087 | 0.026      | -3.23   | 0.001   | **  |
| BersaglioD   | -0.024 | 0.026      | -0.90   | 0.364   |     |
| TiroPerBers2 | 0.074  | 0.023      | 3.22    | 0.001   | **  |
| TiroPerBers3 | 0.095  | 0.023      | 4.02    | 0.000   | *** |
| Tiro         | 0.000  | 0.002      | 0.16    | 0.865   |     |
| Rincorsa     | -0.114 | 0.062      | -1.81   | 0.069   | .   |
| PiedeTiro1   | -0.204 | 0.276      | -0.73   | 0.461   |     |

Tabella 4.14: Distribuzione delle intercette nel modello unpooled.

| Min.  | 1st Qu. | Median | Mean  | 3rd Qu. | Max.  |
|-------|---------|--------|-------|---------|-------|
| 0.048 | 0.268   | 0.377  | 0.393 | 0.516   | 0.798 |

Sono valori piuttosto variabili. Il giocatore meno “abile” parte da un valore di 0.048, mentre il migliore da 0.798.

Cosa conviene fare tra pooling o no pooling dei dati? Il modello pooling assume tutti i giocatori identici ignorando la variabilità dei giocatori, mentre il metodo no pooling analizza ogni giocatore a sé facendo partire ognuno da un livello diverso. Il metodo *gerarchico* tiene conto che le osservazioni di uno stesso gruppo (giocatore) non sono indipendenti e impone un vincolo alla variabilità delle intercette del modello no pooling: non le stima tutte singolarmente ma le fa provenire da una stessa distribuzione  $\mathcal{N}(\gamma_{00}, \sigma_{\beta}^2)$ . Se questa varianza  $\sigma_{\beta}^2$  tende a 0, allora le intercette sono considerate tutte uguali e quindi è possibile fare il pooling dei dati. Se invece questa varianza tende a  $+\infty$ , ogni intercetta può assumere qualsiasi valore (soluzione no pooling). Il coefficiente di correlazione intraclassa (ICC) è uno strumento per scegliere tra queste due situazioni. Da una parte il pooling dei dati (tutte le osservazioni accorpate in un unico campione, non ci sono “gruppi”), dall'altra il no pooling (una stima per ogni giocatore). Alternativamente può consigliare di tenere in considerazione la struttura gerarchica dei dati (modello gerarchico). L'ICC rappresenta la proporzione di varianza totale spiegata dall' “effetto giocatore”. Se  $ICC \rightarrow 0$  la soluzione del modello gerarchico tende alla soluzione pooling, mentre se  $ICC \rightarrow 1$  la soluzione tenderà al no pooling.

La tabella 4.15 riporta le seguenti informazioni:

- *ICC* è il valore stimato del coefficiente di correlazione intraclassa.

Tabella 4.15: Stima dell'indice ICC per il modello gerarchico.

| ICC   | LowerICC | UpperICC | N   | K  | Varw  | Vara  |
|-------|----------|----------|-----|----|-------|-------|
| 0.044 | 0.017    | 0.08     | 121 | 12 | 0.130 | 0.006 |

- *LowerICC* e *UpperICC* sono gli estremi dell'intervallo di confidenza della stima dell'ICC.
- *N* e *K* indicano rispettivamente il numero di gruppi (giocatori) e il numero di osservazioni medio per ogni giocatore.
- *Varw* rappresenta la varianza *within*, ovvero la varianza all'interno dei gruppi. Questa corrisponde alla media delle varianze interne dei tiri effettuati da ogni giocatore.
- *Vara* è la varianza *between*, ovvero la varianza tra i gruppi. Poiché ogni giocatore ha un numero di osservazioni costante pari a 12, la varianza *between* corrisponde ad una semplice varianza delle singole medie di ogni giocatore.

La somma di queste due ultime varianze fornisce la varianza totale. Il valore ICC è pari a 0.044 e rappresenta la porzione di varianza *between* sulla varianza totale. È un valore piuttosto basso: sembrerebbe che ogni tiro sia indipendente dagli altri e perciò converrebbe fare un pooling completo delle misurazioni. In questo caso verrebbe a mancare la *conditio sine qua non* per i modelli gerarchici. I giocatori sono comunque diversi tra loro (nel modello no pooled le intercette erano molto variabili), ma nel momento in cui si confrontano tutti i giocatori insieme, la variabilità *within* ha la meglio. C'è più variabilità fra i tiri di un giocatore che tra giocatori.

Un'alternativa al test F per verificare se l'ICC sia statisticamente diverso dal valore nullo, è guardare l'intervallo di confidenza (LowerCI e UpperCI). Il valore 0 non è compreso nell'intervallo di confidenza al 5%, quindi l'ICC non è statisticamente nullo. Di conseguenza, è ammissibile l'utilizzo di un modello gerarchico con intercetta casuale e predittori al 1° livello riferiti alla misurazione. Con questo modello si riesce a tenere conto sia della variabilità all'interno di ogni giocatore che della (minore) differenza tra i giocatori. Il nuovo modello sarà:

$$Test_{ij} = \gamma_{00} + U_{0j} + \beta_1 \times Tiro_{ij} + \beta_2 \times TiroPerBers2_{ij} + \beta_3 \times TiroPerBers3_{ij} + \beta_4 \times BersaglioB_{ij} + \beta_5 \times BersaglioC_{ij} + \beta_6 \times BersaglioD_{ij} + \beta_7 \times Rincorsa_{ij} + \beta_8 \times PiedeTiro1_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (4.2)$$

dove

$$i = 1, \dots, 12 \quad j = 1, \dots, 121.$$



$\epsilon_{ij}$  è una realizzazione di una variabile casuale  $\epsilon \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\epsilon^2)$  e  $U_{0j}$  è una realizzazione di una variabile casuale  $U \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\beta^2)$ .

Tabella 4.16: Effetti casuali del modello gerarchico a livello *giocatore*.

| Gruppo   | Effetto casuale | Varianza | Dev.Std. |
|----------|-----------------|----------|----------|
| IDGioc   | (Intercetta)    | 0.006    | 0.078    |
| Residual |                 | 0.126    | 0.355    |

Tabella 4.17: Effetti fissi del modello gerarchico a livello *giocatore*.

|              | Stima  | Std. Error | t value |
|--------------|--------|------------|---------|
| (Intercetta) | 0.330  | 0.034      | 9.52    |
| Tiro         | 0.000  | 0.002      | 0.14    |
| TiroPerBers2 | 0.075  | 0.023      | 3.26    |
| TiroPerBers3 | 0.096  | 0.023      | 4.10    |
| BersaglioB   | 0.051  | 0.026      | 1.92    |
| BersaglioC   | -0.085 | 0.026      | -3.21   |
| BersaglioD   | -0.021 | 0.026      | -0.80   |
| Rincorsa     | -0.075 | 0.031      | -2.41   |
| PiedeTiro1   | 0.010  | 0.029      | 0.34    |

Le tabelle 4.16 e 4.17 presentano le stime del modello. L'intercetta  $\gamma_{00} + U_{0j}$  cambia per ogni giocatore, mentre gli effetti  $\beta_k$  delle  $k$  esplicative non cambiano tra i giocatori.  $\gamma_{00}$  (Intercetta) è la media globale di tutti i tiri,  $U_{0j}$  è la deviazione del giocatore  $j$ -esimo dalla media globale. In questo caso,  $\gamma_{00} = 0.33$ . La tabella degli effetti casuali fornisce la varianza spiegata dagli effetti casuali:  $\sigma_\beta^2 = 0.006$  (varianza tra i gruppi),  $\sigma_\epsilon^2 = 0.126$  è invece la varianza *within*, ovvero la varianza residua non spiegata dall'*effetto giocatore*.  $\sigma_\beta^2$  è stato definito come l'elemento che discrimina un modello gerarchico da un modello pooled. In questo caso, essendo piccolissimo, si ottiene un'ulteriore conferma che si poteva usare un modello lineare classico senza struttura gerarchica: la variabilità tra le intercette è molto bassa e di conseguenza i giocatori sono tutti simili tra loro. La distribuzione delle stime delle intercette del modello gerarchico è descritta in tabella 4.18.

Tabella 4.18: Distribuzione delle stime delle intercette nel modello gerarchico a livello *giocatore*.

| Min.  | 1st Qu. | Median | Mean | 3rd Qu. | Max.  |
|-------|---------|--------|------|---------|-------|
| 0.223 | 0.295   | 0.327  | 0.33 | 0.357   | 0.464 |

Tutte queste intercette sono più “concentrate” attorno alla media/mediana (che quasi coincidono), rispetto alle stime unpooled, dove erano più disperse. Da qui si può vedere come il modello gerarchico sia un compromesso tra la stima pooled (0.327) e le stime del modello unpooled: il

modello gerarchico non vede i giocatori come tutti diversi, ma li “raggruppa” facendo provenire il loro valore medio di *Test* da una stessa distribuzione normale.

I t-value confermano quanto detto in precedenza nel modello lineare. L’adattamento (*TiroPerBers*) è altamente significativo, mentre il trend (*Tiro*) non è significativo. Il piede è ancora non significativo, mentre i bersagli e la rincorsa continuano ad esserlo. Anche qui non risulta significativa la differenza tra il 2° e il 3° tiro in ogni bersaglio. Il relativo Test  $\chi^2$  è riportato in appendice. La figura 4.4 riporta graficamente il risultato delle 3 regressioni (pooled, unpooled e multilevel) su 8 giocatori selezionati casualmente. Per presentare un grafico 2D, è stata utilizzata sull’asse delle ascisse l’adattamento all’interno dei bersagli.

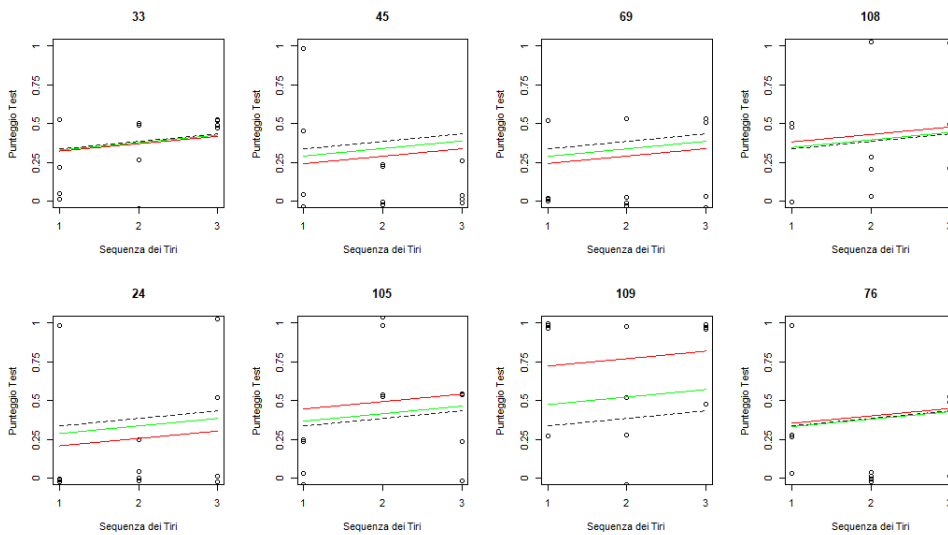


Figura 4.4: Confronto fra modello pooled, unpooled e gerarchico, esempio per 8 giocatori.

La retta nera (fissa) indica la stima pooled, la retta rossa la stima unpooled (retta calcolata al netto degli altri giocatori), mentre la verde riporta il pooling parziale. Dal grafico risulta evidente come la retta multilevel sia il compromesso tra i due modelli estremi (pooled e unpooled). I giocatori 105 e 109 sono partiti da un livello iniziale molto maggiore rispetto alla media di tutti gli altri giocatori. Gli atleti 45, 69 e 24 sono andati mediamente peggio. Nel caso in esame, il modello gerarchico è sempre più vicino al modello pooling, a dimostrazione, complice la bassa numerosità per ogni giocatore (solo 12 osservazioni), che si possono considerare tutti i giocatori insieme. Non conta tanto la differenza tra i singoli giocatori, quanto la variabilità tra le osservazioni all’interno del giocatore. Comunque i risultati di interesse sono tutti molto simili, quindi non sarebbe un grosso errore usare un modello rispetto ad un altro. In questi casi viene sempre preferita la semplicità alla complessità e per questo si conferma la preferenza per il modello lineare semplice (pooling completo).

La regressione pooled risulta più efficiente sotto l'ipotesi di non correlazione fra gli effetti casuali e le esplicative del modello, ma diventa inconsistente nel caso questa assunzione non sia verificata. Nel qual caso è preferibile la stima unpooled che, come già detto, elimina le caratteristiche non osservate invariabili nel tempo. Il test di Hausman confronta le stime dei due approcci per verificare tale assunzione: se sono troppo diverse si utilizza la stima unpooled perché consistente, altrimenti si usa quella pooled perché più efficiente. Il valore della statistica test  $\chi^2$  con 6 gradi di libertà pari a 0.507 conduce ad un p-value di 0.998. L'ipotesi è chiaramente accettata, confermando la sostanziale invarianza delle stime di interesse nei due approcci, per cui è possibile utilizzare il modello con effetti casuali. Dato che però questi non risultano significativi, e di conseguenza anche il modello lineare classico fornisce risultati equivalenti, è consigliabile l'utilizzo di quest'ultimo perché fornisce una soluzione più semplice da interpretare.

Non avendo riscontrato un effetto giocatore, non ci si attende un ruolo rilevante per i predittori relativi al giocatore (età, altezza, peso, nazionalità, calcio, altri.sport, piede, ruolo). È stato comunque provato questo approccio per vedere se i risultati rimangono robusti. Per semplificare, si assume che anche queste variabili avranno un effetto fisso per tutti i giocatori (come anche le variabili relative alla misurazione: *tiro*, *adattamento*, *rincorsa*, *bersaglio*, *piede di tiro*). L'intercetta sarà ancora variabile per tutti i giocatori. Il modello stimato è:

$$\begin{aligned}
 Test_{ij} = & \gamma_{00} + U_{0j} + \beta_1 \times Tiro_{ij} + \beta_2 \times TiroPerBers2_{ij} + \beta_3 \times TiroPerBers3_{ij} + \beta_4 \times BersaglioB_{ij} + \\
 & \beta_5 \times BersaglioC_{ij} + \beta_6 \times BersaglioD_{ij} + \beta_7 \times Rincorsa_{ij} + \beta_8 \times PiedeTiro1_{ij} + \beta_9 \times Eta'_j + \\
 & \beta_{10} \times Altezza_j + \beta_{11} \times Peso_j + \beta_{12} \times Nazionalita'_j + \beta_{13} \times Calcio1_j + \beta_{14} \times Altri.sport_j + \\
 & \beta_{15} \times Piede1_j + \beta_{16} \times Piede2_j + \beta_{17} \times Ruolo_j + \epsilon_{ij} \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

dove

$$i = 1, \dots, 12 \quad j = 1, \dots, 121.$$

$\epsilon_{ij}$  è una realizzazione di una variabile casuale  $\epsilon \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\epsilon^2)$  e  $U_{0j}$  è una realizzazione di una variabile casuale  $U \sim \mathcal{N}(0, \sigma_U^2)$ .

Tabella 4.19: Effetti casuali del modello gerarchico a livello *giocatore* con esplicative.

| Gruppo   | Effetto casuale | Varianza | Dev.Std. |
|----------|-----------------|----------|----------|
| IDGioc   | (Intercetta)    | 0.004    | 0.070    |
| Residual |                 | 0.126    | 0.355    |

Gli effetti casuali e fissi sono riportati nelle tabelle 4.19 e 4.20.

Tabella 4.20: Effetti fissi del modello gerarchico a livello *giocatore* con esplicative.

|                          | Stima  | Std. Error | t value |
|--------------------------|--------|------------|---------|
| (Intercetta)             | 0.069  | 0.298      | 0.23    |
| Età                      | -0.003 | 0.002      | -1.53   |
| Altezza                  | 0.000  | 0.001      | 0.47    |
| Peso                     | 0.001  | 0.001      | 0.95    |
| Nazionalità              | 0.000  | 0.042      | 0.00    |
| Calcio1                  | 0.075  | 0.035      | 2.15    |
| Altri.sportArti Marziali | 0.127  | 0.095      | 1.33    |
| Altri.sportAtletica      | -0.006 | 0.056      | -0.11   |
| Altri.sportCiclismo      | -0.063 | 0.128      | -0.49   |
| Altri.sportDanza         | -0.191 | 0.131      | -1.45   |
| Altri.sportGinnastica    | -0.082 | 0.101      | -0.82   |
| Altri.sportHockey        | -0.006 | 0.100      | -0.06   |
| Altri.sportJudo          | 0.091  | 0.136      | 0.66    |
| Altri.sportNuoto         | -0.026 | 0.032      | -0.80   |
| Altri.sportPallacanestro | -0.031 | 0.055      | -0.56   |
| Altri.sportPallamano     | 0.142  | 0.080      | 1.77    |
| Altri.sportPallavolo     | -0.005 | 0.055      | -0.10   |
| Altri.sportPattinaggio   | -0.029 | 0.139      | -0.21   |
| Altri.sportRugby         | 0.230  | 0.134      | 1.72    |
| Altri.sportTennis        | 0.069  | 0.081      | 0.85    |
| Piede1                   | -0.047 | 0.075      | -0.62   |
| Piede2                   | -0.008 | 0.050      | -0.17   |
| RuoloLaterale            | 0.022  | 0.034      | 0.67    |
| RuoloPivot               | 0.010  | 0.041      | 0.25    |
| RuoloPortiere            | -0.010 | 0.041      | -0.25   |
| RuoloUniversale          | 0.085  | 0.075      | 1.12    |
| Tiro                     | 0.000  | 0.002      | 0.14    |
| TiroPerBers2             | 0.076  | 0.023      | 3.29    |
| TiroPerBers3             | 0.097  | 0.023      | 4.14    |
| BersaglioB               | 0.052  | 0.026      | 1.98    |
| BersaglioC               | -0.083 | 0.026      | -3.14   |
| BersaglioD               | -0.019 | 0.026      | -0.71   |
| Rincorsa                 | -0.047 | 0.034      | -1.37   |
| PiedeTiro1               | 0.051  | 0.071      | 0.72    |

Tutti gli effetti studiati in precedenza rimangono: trend non significativo, adattamento significativo, la difficoltà dei bersagli. Fare una rincorsa lunga continua a produrre un risultato peggiore nel test. Le caratteristiche del giocatore sono generalmente non significative. Il piede “forte”, ovvero il piede preferito, non è significativo, come non lo è il piede con cui si tira, probabilmente a causa della bassa numerosità dei mancini e degli ambidestri. Rispetto al centrale, impostato come baseline, il pivot, il laterale e l’universale hanno ottenuto punteggi più alti. Di fatto, sono questi i ruoli che fanno goal in partita. Il portiere ha un valore inferiore del centrale, come era prevedibile. Incredibilmente, il pivot ovvero la ‘punta’ nel calcio a 5 ha un punteggio non molto

più alto rispetto al centrale. Questo è dovuto al fatto che in genere i pivot non hanno l'occasione durante le partite di tirare a porta vuota, perché sono costantemente marcati. Quindi solitamente il pivot, sebbene sia agile a muoversi sotto porta, fornisce l'assist per i laterali piuttosto che tirare. I giocatori universali sono troppo pochi per trarre conclusioni (solo 4), tuttavia, questi hanno avuto dei risultati significativamente positivi. Gli stranieri (*Nazionalità1*), sebbene siano pochi anch'essi (13 su 121) hanno comunque un coefficiente negativo. Chi ha giocato a calcio a 11 precedentemente ha una probabilità maggiore di andare bene al test. L'effetto di peso e l'altezza sono lievemente positivi. L'età è negativa e leggermente significativa, ad indicare che i più giovani sono più performanti. Per quanto riguarda gli sport, non sembra una variabile che influenza il risultato del test. Ciò nonostante, sembra che gli sport con la palla (pallavolo, rugby, pallamano), abbiano un coefficiente positivo, tranne il basket. Gli sport invece prettamente fisici come il nuoto, la danza o il judo invece hanno un valore negativo. In appendice è riportato un modello simile al precedente in cui vengono applicate parametrizzazioni alternative per indagare se esiste una relazione tra la performance del test e aver praticato in precedenza uno sport con la palla. Inoltre, è stata applicata anche una relazione polinomiale per la variabile età per scoprire se i più performanti sono gli atleti giovani ma anche quelli esperti, ovvero i più anziani. Secondo il test t, le sole variabili di II livello significative in questo modello sono l'età, aver giocato a calcio precedentemente, aver praticato altri sport, l'adattamento, il bersaglio e la rincorsa. Le nuove intercette si distribuiscono come in tabella 4.21. Sono ancora più schiacciate verso la media rispetto a prima. Naturalmente l'introduzione di variabili di controllo esogene ha ridotto la variabilità delle intercette (ovvero la varianza di II livello, tra i giocatori).

Tabella 4.21: Distribuzione delle stime delle intercette nel modello gerarchico a livello *giocatore* con esplicative.

| Min.   | 1st Qu. | Median | Mean  | 3rd Qu. | Max.  |
|--------|---------|--------|-------|---------|-------|
| -0.025 | 0.044   | 0.069  | 0.069 | 0.092   | 0.144 |

Di fatto,  $\sigma_\beta^2$  ora vale 0.005, ancora meno rispetto al modello con solo le variabili relative alla misurazione, a riprova del fatto che non si dovrebbe considerare il livello 'giocatore' aggiungendo variabili di secondo livello. Questo risultato era evidente anche dalla formula per il calcolo della stima delle intercette del modello gerarchico:

$$\hat{\gamma}_{00} + \hat{U}_{0j} = \frac{\frac{n_j}{\sigma_\epsilon^2}}{\frac{n_j}{\sigma_\epsilon^2} + \frac{1}{\sigma_\beta^2}} \times \hat{\alpha}_j + \frac{\frac{1}{\sigma_\beta^2}}{\frac{n_j}{\sigma_\epsilon^2} + \frac{1}{\sigma_\beta^2}} \times \hat{\gamma}_{00}$$

dove  $\hat{\alpha}_j$  rappresenta la stima della media per il giocatore j nel modello unpooled, e  $\hat{\gamma}_{00}$  rappre-

sentata la stima dell'intercetta per l'interno campione calcolata con il modello pooled.

La stima delle intercette  $\hat{\gamma}_{00} + \hat{U}_{0j}$  del modello gerarchico non è altro che una media pesata delle stime del modello unpooled (primo termine) e della stima del modello pooled (secondo termine). Poiché il 1° peso vale 0.356 e il secondo vale 0.6435, le stime del modello gerarchico tenderanno alle stime pooled. Quindi, in definitiva, non conviene controllare per il giocatore.

È stato provato a considerare un altro 'livello', ovvero la squadra (III° livello di rilevazione), ma i risultati rimangono i medesimi e sono riportati in appendice C.

### 4.3 Analisi longitudinali

Uno degli scopi della tesi, oltre all'indagine della performance dei giocatori, riguardava l'analisi dei miglioramenti compiuti dagli atleti. Si passa quindi ora ad uno studio sulle differenze prime, non più sui livelli. Un modello in cui vengono analizzate le differenze con l'osservazione precedente (in questo caso, solo all'interno del bersaglio) per sfruttare la caratteristica panel dei dati viene chiamato *first difference*. L'outcome di interesse diventa ora la differenza tra i livelli delle variabili rispetto all'osservazione precedente. Poiché lo studio riguarda il progresso compiuto dai giocatori in ogni target (sia tra il 1° e il 2° bersaglio che tra il 2° e il 3°), verranno eliminati gli effetti individuali costanti nei diversi tiri, come tutte le caratteristiche proprie del giocatore o della squadra. Le uniche variabili che rimangono da analizzare sono quelle che mutano tra una singola misurazione e quella successiva. In altre parole, la variabile *Test*, la variabile *Rincorsa*, la variabile relativa al piede di tiro.

I modelli risultanti saranno i seguenti:

$$\begin{aligned} Test_{TiroPerBers=2,j} - Test_{TiroPerBers=1,j} = \\ \beta_1 \times (Rincorsa_{TiroPerBers=2,j} - Rincorsa_{TiroPerBers=1,j}) + \\ \beta_2 \times (PiedeTiro_{TiroPerBers=2,j} - PiedeTiro_{TiroPerBers=1,j}) + \epsilon \quad (4.4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Test_{TiroPerBers=3,j} - Test_{TiroPerBers=2,j} = \\ \beta_1 \times (Rincorsa_{TiroPerBers=3,j} - Rincorsa_{TiroPerBers=2,j}) + \\ \beta_2 \times (PiedeTiro_{TiroPerBers=3,j} - PiedeTiro_{TiroPerBers=2,j}) + \epsilon \quad (4.5) \end{aligned}$$

Per quanto riguarda la rincorsa, trattandosi di una variabile numerica, è stata creata una variabi-

le  $RincDiff_{i,i-1}$  che assume valore pari alla differenza tra il valore di  $Rincorsa$  in  $TiroPerBers_i$  e  $TiroPerBers_{i-1}$ . Per la variabile  $PiedeTiro$  invece, essendo dicotomica (0=destra, 1=sinistra), è stata creata una dummy  $CambioPiede_{i,i-1}$  che vale 0 se non è stato cambiato piede tra il tiro  $i-1$  e il tiro  $i$  e 1 se invece il piede è cambiato. Non è stata creata la variabile  $CambioPiede_{32}$  perché nessun giocatore ha cambiato piede tra il 2° e il 3° tiro. Il primo modello stimato in tabella 4.22 analizza la differenza tra il 1° e il 2° tiro:

Tabella 4.22: First Difference sul miglioramento tra 1° e 2° tiro.

|               | Stima  | Std. Error | t value | p value |    |
|---------------|--------|------------|---------|---------|----|
| (Intercetta)  | 0.067  | 0.022      | 3.03    | 0.002   | ** |
| RincDiff21    | -0.399 | 0.130      | -2.89   | 0.003   | ** |
| CambioPiede21 | -0.317 | 0.482      | -0.65   | 0.510   |    |

L'intercetta conferma un miglioramento significativo fra il 1° e il 2° tiro. La variabile relativa al cambio di piede non è significativa. In merito a questo, è necessario ricordare che solo una persona aveva cambiato il piede tra il 1° e il 2° tiro in un bersaglio: era partita con il destro e aveva concluso con il sinistro. Per quanto riguarda la rincorsa, questa è significativa al 5% ed è negativa: all'aumentare della rincorsa tra il 1° e il 2° tiro, ovvero ad un aumento della variabile  $RincDiff_{21}$ , il miglioramento è minore. Questo conferma quanto visto nell'analisi sui livelli, ovvero che una rincorsa lunga non produce buoni risultati nel test.

Al fine di individuare quali fossero i giocatori con miglior adattamento tra il 1° e il 2° livello per tutti i bersagli, è stato implementato un modello unpooled su ogni giocatore. La stessa analisi è stata svolta sulle squadre e sui bersagli. I giocatori migliori sono stati un giocatore del Vigoreale, uno del Moniego e una del Breganze. Questi 3 giocatori sono mediamente migliorati di 0.5 tra il 1° e il 2° tiro in tutti i bersagli. Per quanto riguarda la squadra, le migliori sono state l'Ateam, la Noalese e il Grisignano. Tra i bersagli, A e B sono i target che hanno riscontrato un maggior adattamento al tiro.

La tabella 4.23 differenza tra il 2° tiro e il 3° tiro.

Tabella 4.23: First Difference sul miglioramento tra 2° e 3° tiro

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |
|--------------|--------|------------|---------|---------|
| (Intercetta) | 0.021  | 0.022      | 0.928   | 0.354   |
| RincDiff32   | -0.130 | 0.147      | -0.885  | 0.376   |

A conferma di quanto detto per la valutazione dell'apprendimento nella sezione riguardante i livelli, non è presente una significativa differenza tra la performance al 2° tiro e al 3° tiro. Di conseguenza, questo modello non è significativamente preferibile al modello nullo. Anche

il miglioramento tra il 2° e il 3° tiro è stato comunque analizzato marginalmente al giocatore, squadra e bersaglio. In particolare, i giocatori migliori sono 3 atleti della Noalese, Vigoreal e Grisignano. Le squadre globalmente più performanti tra il 2° e il 3° tiro sono il Breganze, la Noalese e il Vigoreal. Tra i bersagli, A e B continuano ad essere i più pratici per l'adattamento.

### 4.3.1 Le determinanti del miglioramento

E' stato applicato un modello avente il miglioramento come variabile risposta al fine di trovare delle variabili riferite al giocatore che possano avere un effetto sull'apprendimento. Le altre variabili rimangono sui livelli, consentendo di analizzare anche le caratteristiche invarianti nel tempo. Le variabili selezionate per le quali può essere interessante individuare un effetto sono *Serie, Età, Nazionalità, Calcio, Piede, Ruolo, SportAlsì*. Nelle tabelle 4.24 e 4.25 vengono riportate le stime dell'effetto di queste variabili sul miglioramento tra il 1° e il 2° tiro e tra il 2° e il 3° tiro.

Tabella 4.24: Regressione sul miglioramento tra il 1° e il 2° tiro.

|                 | Stima  | Std. Error | t value | p value |
|-----------------|--------|------------|---------|---------|
| (Intercetta)    | -0.127 | 0.132      | -0.96   | 0.337   |
| SerieA2         | 0.000  | 0.078      | 0.00    | 0.999   |
| SerieC1         | -0.028 | 0.079      | -0.35   | 0.726   |
| SerieC2         | -0.027 | 0.083      | -0.33   | 0.743   |
| Età             | 0.008  | 0.004      | 1.94    | 0.053   |
| Nazionalità1    | -0.015 | 0.083      | -0.19   | 0.851   |
| Calcio1         | 0.045  | 0.061      | 0.73    | 0.464   |
| Piede1          | -0.021 | 0.061      | -0.36   | 0.722   |
| Piede2          | 0.152  | 0.083      | 1.84    | 0.066   |
| RuoloLaterale   | -0.021 | 0.060      | -0.36   | 0.720   |
| RuoloPivot      | -0.031 | 0.070      | -0.44   | 0.658   |
| RuoloPortiere   | 0.005  | 0.073      | 0.08    | 0.936   |
| RuoloUniversale | 0.071  | 0.142      | 0.50    | 0.616   |
| SportAlsì1      | -0.059 | 0.049      | -1.20   | 0.232   |

Tenendo a dovuta considerazione che la numerosità utilizzata per stimare 14 parametri è solo di 484 dati (ogni giocatore ha a disposizione solo 4 miglioramenti tra un tiro e il successivo all'interno di un bersaglio), risulta evidente che non ci siano molti effetti positivi. Infatti, nel modello 4.24 il valore F della statistica test utilizzato per valutare la significatività dell'intero modello conduce ad un p value pari a 0.4, evidenziando di fatto la convenienza ad utilizzare un modello nullo. Invece, nel modello 4.25, l'ipotesi nulla di uguaglianza con il modello nullo viene rigettata al 5%, ad indicare che l'effetto della serie C1 (significativo al 10%) e dell'essere ambidestri (significativo al 1%) giustificano l'utilizzo di questo modello.



Tabella 4.25: Regressione sul miglioramento tra il 2° e il 3° tiro.

|                 | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|-----------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)    | 0.040  | 0.130      | 0.35    | 0.725   |     |
| SerieA2         | -0.070 | 0.070      | -0.91   | 0.365   |     |
| SerieC1         | -0.145 | 0.008      | -1.79   | 0.074   | .   |
| SerieC2         | -0.070 | 0.080      | -0.84   | 0.404   |     |
| Età             | -0.002 | 0.004      | -0.57   | 0.568   |     |
| Nazionalità1    | 0.082  | 0.080      | 0.97    | 0.331   |     |
| Calcio1         | 0.079  | 0.062      | 1.28    | 0.202   |     |
| Piede1          | 0.000  | 0.060      | 0.00    | 1.000   |     |
| Piede2          | -0.362 | 0.084      | -4.31   | 0.000   | *** |
| RuoloLaterale   | 0.093  | 0.061      | 1.53    | 0.127   |     |
| RuoloPivot      | 0.065  | 0.071      | 0.92    | 0.359   |     |
| RuoloPortiere   | 0.039  | 0.074      | 0.53    | 0.595   |     |
| RuoloUniversale | 0.084  | 0.144      | 0.59    | 0.556   |     |
| SportAlsil      | 0.043  | 0.005      | 0.87    | 0.385   |     |

Tuttavia, tra il 1° e il 2° tiro, i giocatori più grandi in termini di età (i più esperti) hanno migliorato significativamente al 10% la loro performance. Anche gli ambidestri hanno registrato un adattamento positivo al 10%. Tra gli effetti non significativi ma comunque indicativi è presente quello degli ex giocatori di calcio a 11 e di alcuni ruoli. Oltre agli ‘Universali’, anche i portieri hanno mostrato una positiva riprogrammazione motoria rispetto ai ‘Centrali’. Rispetto alla baseline rappresentata dalla serie A1 femminile, la serie A2 ha una performance analoga mentre le serie C1 e C2 performano peggio.

Tra il 2° e il 3° tiro invece gli ambidestri registrano un calo molto significativo. Tutti i ruoli sono migliorati di più rispetto alla baseline (‘Centrale’), come anche gli stranieri, gli ex giocatori di calcio a 11 e gli atleti che avevano praticato altri sport precedenti. L’A2 registra questa volta un miglioramento minore rispetto all’A1. Le serie maschili C1 e C2 invece mantengono un coefficiente negativo.

Da quest’ultima analisi può sorgere il dubbio che il comportamento delle serie A1 e A2 sia simile, così come il comportamento tra la serie C1 e C2. Queste 2 coppie di categorie hanno in comune il sesso: le serie A1 e A2 sono rappresentate dal campione femminile, mentre la C1 e C2 dal campione maschile. Nel paragrafo successivo il focus viene quindi trasferito sulla comparazione tra i due generi.

## 4.4 Confronto di genere

Si vuole investigare se una partizione meno fine di quella tra giocatori o squadre, dettata dal *Sesso*, possa avere un effetto nel determinare la variabile di interesse. La figura 4.5 riporta il

grafico riferito all'adattamento, con il colore delle rette ad indicare il genere.

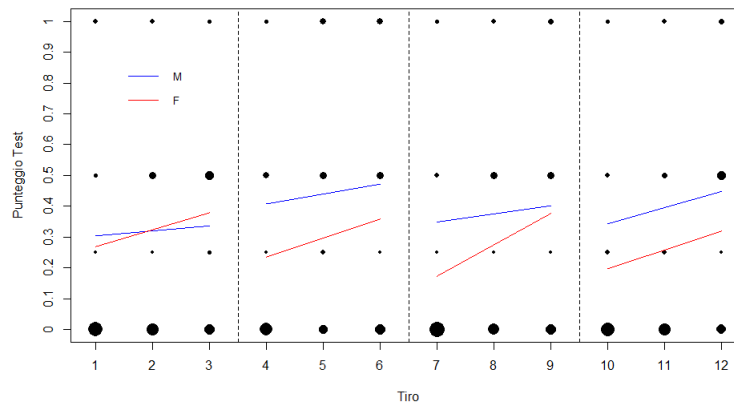


Figura 4.5: Adattamento dei punteggi stratificati per genere.

È evidente che in tutti i bersagli, escluso il primo, i maschi hanno avuto una performance sempre maggiore rispetto alle femmine. Ogni retta tiene in considerazione solo l'adattamento in quel bersaglio, indipendentemente dal *tipo* di bersaglio (A, B, C, D).

È stato applicato inizialmente un modello unpooled per determinare la differenza nei livelli tra i due generi, dove i maschi e le femmine possono partire da valori diversi. Le stime sono riportate in tabella 4.26.

Tabella 4.26: Modello lineare con *Sesso*.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.347  | 0.032      | 10.57   | 0.000   | *** |
| Sesso1       | -0.086 | 0.020      | -4.30   | 0.000   | *** |
| Tiro         | 0.000  | 0.002      | 0.16    | 0.871   |     |
| TiroPerBers2 | 0.076  | 0.023      | 3.26    | 0.001   | **  |
| TiroPerBers3 | 0.098  | 0.023      | 4.10    | 0.000   | *** |
| BersaglioB   | 0.053  | 0.026      | 1.98    | 0.047   | *   |
| BersaglioC   | -0.082 | 0.027      | -3.05   | 0.002   | **  |
| BersaglioD   | -0.017 | 0.026      | -0.66   | 0.506   |     |
| Rincorsa     | -0.032 | 0.028      | -1.16   | 0.244   |     |
| PiedeTiro1   | -0.032 | 0.028      | -1.16   | 0.244   |     |

Oltre a tutte le evidenze precedentemente elencate, si evince che il sesso ha un effetto molto significativo e negativo. In sostanza, le femmine hanno mediamente un punteggio significativamente minore dei maschi in tutte le ripetizioni. Nelle tabelle 4.27 e 4.28 viene quindi stimato un modello gerarchico che raggruppa i dati secondo il genere, ovvero l'intercetta sarà calcolata diversamente per i maschi e per le femmine tramite un pooling parziale.

Tabella 4.27: Effetti casuali del modello gerarchico a livello *Sesso*.

| Gruppo   | Effetto casuale | Varianza | Dev.Std. |
|----------|-----------------|----------|----------|
| Sesso    | (Intercetta)    | 0.003    | 0.059    |
| Residual |                 | 0.131    | 0.361    |

Tabella 4.28: Effetti fissi del modello gerarchico a livello *Sesso*.

|              | Stima  | Std. Error | t value |
|--------------|--------|------------|---------|
| (Intercetta) | 0.305  | 0.053      | 5.69    |
| Tiro         | 0.000  | 0.002      | 0.16    |
| TiroPerBers2 | 0.076  | 0.023      | 3.26    |
| TiroPerBers3 | 0.098  | 0.023      | 4.10    |
| BersaglioB   | 0.053  | 0.026      | 1.97    |
| BersaglioC   | -0.082 | 0.027      | -3.05   |
| BersaglioD   | -0.018 | 0.026      | -0.67   |
| Rincorsa     | -0.034 | 0.028      | -1.24   |
| PiedeTiro1   | 0.000  | 0.024      | 0.03    |

Anche qui è stato assunto che l'effetto delle esplicative (tra cui l'adattamento) sia lo stesso in entrambi i sessi. I valori delle intercette per i maschi e le femmine sono rispettivamente 0.35 e 0.26. La figura 4.6 mostra l'uguaglianza tra le stime del modello unpooled (a sinistra) e le stime gerarchiche (a destra). La retta nera, ancora una volta, indica il modello pooled.

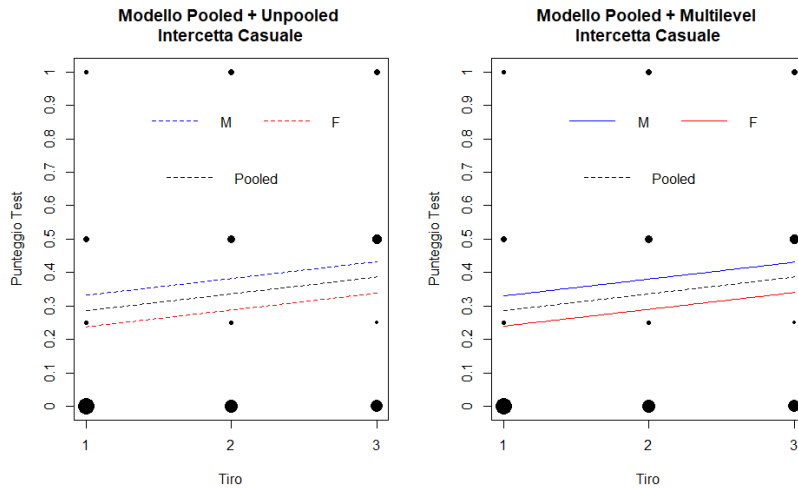


Figura 4.6: Confronto modello unpooled e gerarchico stratificato per genere.

Come prima cosa si nota che le femmine partono da livelli peggiori, e l'adattamento è comunque evidente: entrambi i sessi sono migliorati nelle ripetizioni. Inoltre, data la numerosità grande e somigliante tra i due gruppi, le stime del modello gerarchico coincidono perfettamente con le stime del modello unpooled (i valori delle stime differiscono di appena 2 millesimi). In sostanza,

valutando ancora una volta il basso valore assunto dalla variabilità *between*, si riconferma la non validità del modello gerarchico, a favore di un semplice modello lineare che tenga conto del sesso.

#### 4.4.1 La differenza di adattamento

La figura 4.5 della performance stratificata per genere mostra non solo dei livelli più bassi per le femmine, ma anche una diversa pendenza. Si passa quindi ad un'analisi del miglioramento, dove il focus non è più l'*altezza* della retta, bensì la pendenza. Di fatto, soprattutto nel 1° e nel 3° bersaglio, le pendenze delle rette rosse sono visibilmente maggiori per le donne rispetto agli uomini.

#### Interazioni

E' stato dapprima applicato il modello presente nella tabella 4.5 separatamente per i maschi e per le femmine. I risultati sono riportati nelle tabelle 4.29 e 4.30.

Tabella 4.29: Regressione lineare della variabile *Test* sulla variabile *TiroPerBers* per i maschi.

|                         | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|-------------------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)            | 0.318 | 0.035      | 8.67    | 0.00    | *** |
| as.numeric(TiroPerBers) | 0.031 | 0.016      | 1.86    | 0.063   | .   |

Tabella 4.30: Regressione lineare della variabile *Test* sulla variabile *TiroPerBers* per le femmine.

|                         | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|-------------------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)            | 0.148 | 0.035      | 4.28    | 0.000   | *** |
| as.numeric(TiroPerBers) | 0.069 | 0.016      | 4.36    | 0.000   | *** |

I risultati presenti in tabella 4.26 sono riscontrabili anche qui: il livello di intercetta tra maschi e femmine è diverso. Le femmine partono da un livello molto inferiore rispetto ai maschi. Per quanto riguarda la pendenza, è evidente che in realtà tra i giocatori maschi l'apprendimento è molto lieve. Per le donne invece questo coefficiente è statisticamente significativo e molto più grande.

E' stato quindi applicato un modello su tutti i dati con l'inserimento di un'interazione tra la variabile *TestPerBers* e *Sesso* per riscontrare questa differenza di adattamento tra maschi e femmine.

L'intercetta indica il livello medio di partenza dei maschi, mentre il coefficiente *Sesso1* indica la differenza del punto di partenza delle femmine rispetto ai maschi. Il coefficiente *TiroPerBers*

Tabella 4.31: Modello con interazione tra *Sesso* e adattamento.

|                    | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)       | 0.318  | 0.035      | 9.02    | 0.000   | *** |
| Sesso1             | -0.170 | 0.050      | -3.37   | 0.000   | *** |
| TiroPerBers        | 0.031  | 0.016      | 1.94    | 0.052   | .   |
| Sesso1:TiroPerBers | 0.038  | 0.023      | 1.63    | 0.103   |     |

rapresenta la pendenza per i maschi, mentre *Sesso1:TiroPerBers* fornisce la differenza tra le due pendenze. Nonostante la non significatività, la stima di questa differenza è superiore alla stima della pendenza dei maschi.

In sostanza, sebbene le femmine abbiano una capacità di apprendimento maggiore, questa evidenza non è supportata a livello statistico. La figura 4.7 mostra le due pendenze secondo il genere.

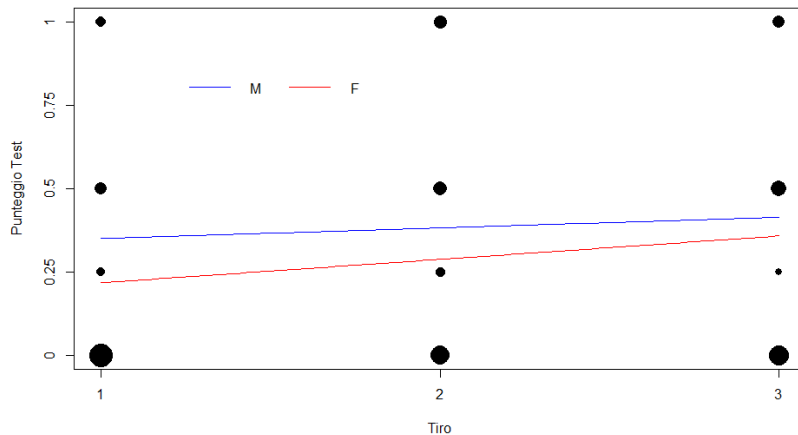


Figura 4.7: Confronto tra pendenze diverse per genere.

#### 4.4.2 Modello gerarchico con intercetta e pendenza casuale

Avendo appurato che maschi e femmine partono da livelli diversi e hanno una capacità di adattamento diversa, questa situazione può essere investigata anche attraverso un modello gerarchico a livello *Sesso* con intercetta e pendenza casuale. L'intercetta casuale individuerà il diverso livello di partenza tra i due sessi, mentre la pendenza casuale descriverà la diversa capacità di adattamento.

L'outcome del modello è ancora il livello. Per praticità, non sono state considerate altre esplicative all'infuori dell'intercetta. Le stime del modello con intercetta e pendenza casuale sono

riportate nelle tabelle 4.32 e 4.33. I nuovi coefficienti stimati per l'intercetta e la pendenza a seconda del genere sono presentati in tabella 4.34.

Tabella 4.32: Effetti casuali del modello gerarchico a livello *Sesso* con intercetta e pendenza casuale.

| Gruppo      | Effetto casuale | Varianza | Dev.Std. |
|-------------|-----------------|----------|----------|
| Sesso       | (Intercetta)    | 0.045706 | 0.2138   |
| TiroPerBers |                 | 0.002778 | 0.0527   |
| Residual    |                 | 0.132776 | 0.3644   |

Tabella 4.33: Effetti fissi del mdello gerarchico a livello *Sesso* con intercetta e pendenza casuale.

|              | Stima   | Std. Error | t value |
|--------------|---------|------------|---------|
| (Intercetta) | 0.43059 | 0.02489    | 17.3    |

Tabella 4.34: Stime dell'intercetta e pendenza casuale per i due sessi.

|         | Intercetta | Pendenza   |
|---------|------------|------------|
| Maschi  | 0.3322163  | 0.02425068 |
| Femmine | 0.1530646  | 0.06841551 |

Questo modello è stato confrontato a livello grafico (figura 4.8) con il modello precedente sui livelli con solo l'intercetta casuale, dove l'apprendimento era considerato analogo tra i due sessi.

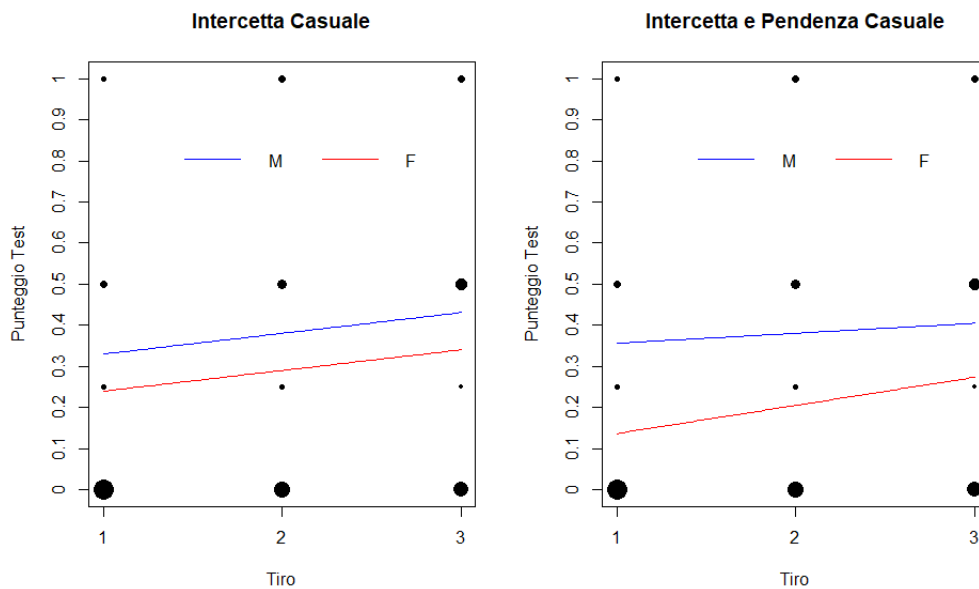


Figura 4.8: Confronto modello con intercetta casuale e modello con intercetta e pendenza.

Il grafico a sinistra riporta le stime del modello gerarchico con solo intercetta casuale, ovvero il grafico a destra della figura 4.6. A destra è raffigurato il nuovo modello dove i 2 sessi partono da livelli diversi con un effetto diverso di apprendimento. È evidente che le donne partono comunque da un valore inferiore ai maschi. Tuttavia, la loro stagionalità (pendenza) è maggiore rispetto ai compagni maschi. In definitiva, sono migliorate di più con le ripetizioni.

Quale dei due modelli è migliore? Conviene tenere la pendenza random o solo l'intercetta random? La varianza dell'effetto casuale di stagionalità è molto bassa (0.003), e un vettore con varianza praticamente nulla è una costante. Quindi potrebbe bastare un effetto fisso. Viene testata quindi l'ipotesi:

$$H_0: \sigma_{\text{apprendimento}}^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_{\text{apprendimento}}^2 > 0.$$

Questa verifica d'ipotesi equivale a fare un test log rapporto di verosimiglianza, il quale fornisce un valore della statistica test pari a 5.02 con 1 grado di libertà. L'ipotesi nulla viene accettata all'1% e rigettata al 5%. Trattandosi di una situazione non molto chiara, è stato ricercato un altro approccio, ovvero i criteri di informazione. Nel momento in cui si confrontano gli indici di Akaike (AIC) per i due modelli in tabella 4.35, si conclude che sussiste una perdita del criterio di informazione, seppur minima.

Tabella 4.35: Confronto AIC tra i due modelli gerarchici.

|     | Intercetta casuale | Intercetta + pendenza casuale |
|-----|--------------------|-------------------------------|
| AIC | 1215.083           | 1212.065                      |

In conclusione, un modello con intercetta e pendenza casuale si adatta meglio ai dati in esame. I due sessi partono da livelli diversi: le donne hanno una media iniziale più bassa degli uomini. Tuttavia, con l'aumentare delle ripetizioni, le donne hanno mostrato una capacità di riprogrammazione motoria maggiore rispetto agli uomini. Sono quindi migliorate di più, riducendo notevolmente il gap iniziale.

Se si confronta il modello gerarchico con intercetta e pendenza casuale con il modello lineare con l'interazione tra apprendimento e *Sesso* in tabella 4.31, si evince che la pendenza per i maschi nel modello gerarchico cala del 22%, ad indicare che un modello più complesso individua un effetto ben più piccolo di quello riscontrato da un semplice modello lineare.

### 4.4.3 Miglioramento

Si passa ora alla valutazione del singolo adattamento tra il 1° e il 2° tiro tramite i dati sulle differenze per valutare le disuguaglianze di genere. La tabella 4.36 riporta le stime del modello di regressione di *Test21* sulla variabile *Sesso*.

Tabella 4.36: Modello per il miglioramento tra il 1° e il 2° tiro: confronto di genere.

|              | Stima | Std. Error | t value | p value |
|--------------|-------|------------|---------|---------|
| (Intercetta) | 0.068 | 0.031      | 2.191   | 0.029 * |
| Sesso1       | 0.021 | 0.044      | 0.486   | 0.627   |

Come è stato detto precedentemente, l'intercetta non è molto significativa a causa del numero ridotto dei dati a disposizione. Per stimare questo modello sono stati utilizzati solo 236 dati per le femmine e 248 dati per i maschi. Anche il coefficiente di *Sesso* non risulta significativo e quindi si accetta l'ipotesi che tra il 1° e il 2° tiro non c'è differenza tra i miglioramenti dei due generi. Tuttavia, anche in questo caso la polarità è positiva, ad indicare che tra il 1° e il 2° tiro in ogni bersaglio le femmine sono migliorate di più rispetto ai maschi.

Se si prosegue all'analisi dei miglioramenti tra 2° e 3°, i risultati in tabella 4.37 sono in linea con quanto discusso finora.

Tabella 4.37: Modello per il miglioramento tra il 2° e il 3° tiro: confronto di genere.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |
|--------------|--------|------------|---------|---------|
| (Intercetta) | -0.004 | 0.0315     | -0.128  | 0.898   |
| Sesso1       | 0.055  | 0.045      | 1.215   | 0.225   |

In questo caso, le stime mostrano che i maschi non sono migliorati tra il 2° e il 3° tiro, mentre le femmine sì. Ora risulta evidente perché il miglioramento tra gli ultimi due tiri in ogni bersaglio a livello globale di entrambi i sessi sia sempre risultato non significativo (tabella 4.8): il peggioramento dei maschi è stato bilanciato dal miglioramento delle femmine. Anche qui, la mancata evidenza significativa potrebbe dipendere dalla limitata numerosità campionaria.

In definitiva, si conclude che sia i maschi che le femmine sono migliorati con le ripetizioni tra il 1° e il 2° tiro, mentre tra il 2° e il 3° tiro invece non sussiste miglioramento tra i maschi, a differenza delle donne. L'evidenza del gap tra i due sessi in entrambi i casi non è supportata dalla numerosità delle osservazioni.



## 4.5 Misure alternative dell'outcome

Una volta presentati i risultati delle analisi dei modelli precedenti, è possibile ora mostrare come tali risultati siano fortemente robusti a diverse specificazioni alternative al modello lineare.

### 4.5.1 Variabile risposta dicotomica

Dapprima, viene sperimentato un modello lineare cambiando la variabile risposta. Si assume che la rilevazione della variabile *Test* avvenga in maniera più grezza: il punteggio assumerà valore 1 se la variabile *Test* vale 1 e 0 altrimenti. La nuova variabile *TestBin* raggruppa sotto il valore 0 tutti i tiri che non sono stati “perfetti”. In altre parole, vengono considerati “successo” solo i tiri molto precisi ovvero quelli con valore di *Test*=1, mentre si assume che i tiri che hanno avuto una valutazione di 0.5 e 0.25 abbiano colpito il palo (e quindi non siano goal) o abbiano colpito la parte interna della rete e quindi siano presumibilmente parati dal portiere. In questo modo viene risolto il problema degli errori di misura dovuti ai valori 0.5 e 0.25, mentre il valore 1 resta inequivocabile. Con questa procedura viene ridotta sensibilmente la variabilità dell'outcome poiché ora può assumere solo 2 valori. Ne consegue che le stime potrebbero perdere molta della significatività che avevano con il modello originale. I risultati sono riportati nella tabella 4.38.

Tabella 4.38: Modello lineare con outcome 0/1.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.208  | 0.034      | 35.14   | 0.000   | *** |
| BersaglioB   | 0.018  | 0.028      | 0.64    | 0.516   |     |
| BersaglioC   | -0.079 | 0.029      | -2.77   | 0.006   | **  |
| BersaglioD   | -0.036 | 0.028      | -1.23   | 0.210   |     |
| TiroPerBers2 | 0.041  | 0.025      | 1.65    | 0.098   | .   |
| TiroPerBers3 | 0.048  | 0.025      | 1.89    | 0.058   | .   |
| Tiro         | 0.000  | 0.003      | 0.13    | 0.894   |     |
| Rincorsa     | -0.066 | 0.028      | -2.35   | 0.018   | *   |
| PiedeTiro1   | 0.006  | 0.025      | 0.22    | 0.820   |     |

Tutti le conclusioni del modello con la variabile *Test* rimangono. Il bersaglio C è statisticamente più difficile dell'A, l'adattamento è presente ma solo leggermente e continua a non esserci traccia di trend. La rincorsa è ancora significativa e negativa. Quindi, tutti i risultati permangono, con solo un'evidenza di significatività minore.

La natura della variabile risposta così costruita si presta bene all'applicazione di un modello di regressione logistico, dove viene modellata la probabilità di riscontrare un successo, ovvero di fare centro nel bersaglio. Tenendo conto che solo il 18% dei tiri è andato a centro, viene stimato

in tabella 4.39 un modello logit con funzione legame binomiale controllando per tutte le variabili relative alla misurazione.

Tabella 4.39: Modello logistico.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | -1.360 | 0.232      | -5.853  | 0.000   | *** |
| BersaglioB   | 0.108  | 0.182      | 0.594   | 0.552   |     |
| BersaglioC   | -0.591 | 0.207      | -2.851  | 0.004   | **  |
| BersaglioD   | -0.239 | 0.192      | -1.242  | 0.214   |     |
| TiroPerBers2 | 0.295  | 0.174      | 1.692   | 0.090   | .   |
| TiroPerBers3 | 0.338  | 0.176      | 1.911   | 0.056   | .   |
| Tiro         | 0.003  | 0.020      | 0.158   | 0.874   |     |
| Rincorsa     | -0.457 | 0.193      | -2.367  | 0.017   | *   |
| PiedeTiro1   | 0.045  | 0.174      | 0.259   | 0.795   |     |

Come nell'ultimo modello lineare (4.38), le variabili hanno perso un po' di significatività. Tuttavia, i segni e la "scala" restano sempre gli stessi: il punteggio al 3° tiro è comunque più alto del 2° e la loro differenza è sempre non significativa, la rincorsa ha coefficiente negativo, il trend è ancora non significativo e il bersaglio C resta significativamente più difficile del bersaglio A (baseline). In sostanza, il modello logistico conferma ancora le ipotesi di ricerca: non è presente un trend, ma è presente un adattamento, anche se meno significativo.

#### 4.5.2 Modello SEM

Nel paragrafo relativo alle analisi è sempre stata utilizzata la variabile *Test* come combinazione (decisa a priori) della misurazione mia e della collaboratrice. Ora, viene sviluppato un modello di misura per valutare l'errore di misura per l'outcome, e vedere quindi quanto la mia valutazione sia affidabile rispetto a quella della collaboratrice. Nelle statistiche descrittive si era visto che la correlazione tra le valutazioni mie e della mia collaboratrice era alta: 0.89.

Nel modello SEM la variabile latente (*Test*) viene misurata da 2 osservatori indipendenti (*Testmio* e *Testcol*) e viene regredita sulle variabili esogene, senza fonti di errore, trovate rilevanti nelle analisi precedenti: *Sesso*, *Rincorsa*, *TiroPerBers* e *Bersaglio*. Trattandosi di un modello MIMIC, non sono presenti problemi di identificazione. Come parametri da stimare sono stati lasciati liberi tutti i coefficienti relativi alle esogene: sia le intercette che le covarianze, anche quelle che non sono risultate significative (come il bersaglio e l'adattamento). Sono stati stimati anche i pesi per il modello di misura e le varianze delle 3 variabili relative ai test. Per identificare l'unità di misura mantenendo un'interpretabilità dei risultati, è stato fissato a 1 il factor loading della mia osservazione e lasciato libero il parametro della varianza della variabile latente *Test*

(Rosseel 2012). Le tabelle 4.40 e 4.41 riportano il modello stimato con le stime standardizzate, mentre la figura 4.9 mostra la struttura del modello.

Tabella 4.40: Modello di misura per la variabile *Test*.

|         | Stima | Std. Error | t value | p value | Stima Stand. |
|---------|-------|------------|---------|---------|--------------|
| Testmio | 1.000 |            |         |         | 0.994        |
| Testcol | 0.910 | 0.013      | 70.18   | 0.000   | 0.890        |

Tabella 4.41: Regressione di *Test* sulle variabili osservate.

|               | Stima  | Std. Error | t value | p value | Stima Stand. |
|---------------|--------|------------|---------|---------|--------------|
| Sesso_Femmina | -0.097 | 0.020      | -4.77   | 0.000   | -0.130       |
| Rincorsa      | -0.037 | 0.029      | -1.32   | 0.190   | -0.036       |
| TiroPerBers_2 | 0.079  | 0.024      | 3.32    | 0.001   | 0.099        |
| TiroPerBers_3 | 0.097  | 0.024      | 4.10    | 0.000   | 0.122        |
| Bersaglio_B   | 0.044  | 0.027      | 1.62    | 0.104   | 0.051        |
| Bersaglio_C   | -0.082 | 0.027      | -2.97   | 0.003   | -0.094       |
| Bersaglio_D   | -0.025 | 0.027      | -0.89   | 0.371   | -0.028       |

Per valutare la bontà di adattamento di un modello SEM vengono utilizzati degli indici che colgono diversi aspetti di un possibile allontanamento fra valori effettivi e stimati della matrice di covarianza fra le variabili osservate. I più diffusi sono il CFI e l'RMSEA. Il primo deve assumere un valore tendente all'1 per indicare un buon adattamento, mentre il secondo deve essere inferiore allo 0.08. Gli indici di bontà di questo modello in tabella 4.42 sono molto buoni e quindi il modello trovato è soddisfacente.

Tabella 4.42: Indici di bontà del modello SEM

| CFI   | RMSEA |
|-------|-------|
| 0.999 | 0.021 |

Il modello SEM conferma la robustezza delle analisi: le femmine hanno un punteggio peggiore dei maschi (coefficiente negativo), la rincorsa è negativa, l'adattamento al 2° tiro è significativa e positiva, mentre l'adattamento al 3° tiro è maggiore della precedente. Il bersaglio B è più facile dell'A, il bersaglio C è il più difficile. I factor loading standardizzati sono molto alti: 0.99 per la mia misurazione e 0.89 per la misurazione della collaboratrice. Si può affermare quindi che non è presente errore di misura tra le nostre osservazioni e che l'utilizzo della variabile *Test* creata in principio è appropriato. Le due rilevazioni sono affidabili, pertanto si può affermare che il test è oggettivo.

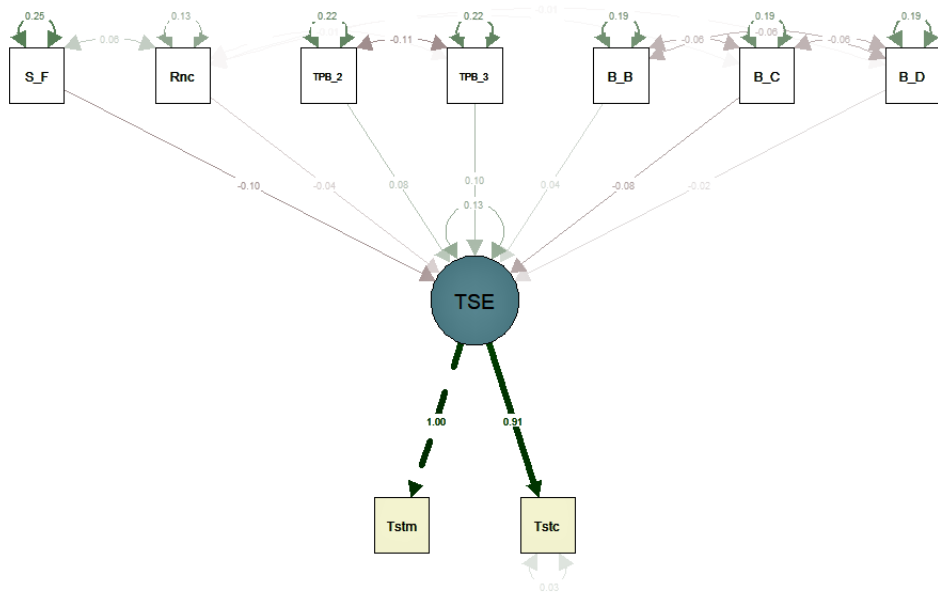


Figura 4.9: Modello SEM stimato

Riassumendo, i risultati trovati nei paragrafi precedenti mostrano un risultato robusto: non è presente un trend, l'adattamento è evidente, c'è un effetto bersaglio e un lieve effetto rincorsa. Questi risultati sono attendibili perché queste evidenze sono presenti in tutti i bersagli. In ogni target c'è un miglioramento tra il 1° e il 2° tiro, come anche tra il 2° e il 3°, sebbene quest'ultimo non sia significativo. Il fatto che non ci sia trend rende più chiaro il miglioramento all'interno del target, altrimenti i salti tra il 1° tiro e il 2° e tra il 2° tiro e il 3° sarebbero stati più piccoli. In questo caso invece, le variazioni tra tiri successivi sono descritte puramente dalla riprogrammazione motoria.

# Conclusioni

La finalità di questa tesi è analizzare la performance di un campione di atleti di calcio a 5 maschile e femminile del panorama italiano. Come indicatore di performance è stato utilizzato il punteggio conseguito in un test da campo progettato per questa ricerca. È stato chiesto all'atleta di effettuare 3 tiri verso un punto preciso della porta e di ripetere tale operazione per 4 punti distinti. Il vantaggio principale di questo test da campo, sebbene sia un test più adatto ai professionisti che ai dilettanti, è la possibilità di costruirlo con strumenti semplici e poco costosi. Di fatto, tutti i ricercatori o allenatori delle scuole calcio che potrebbero trovare utile questo studio hanno la possibilità di replicarlo e modificarlo a seconda dell'interesse. Bisogna tenere presente che un test è sempre un compromesso tra i desideri del ricercatore e i limiti della sua applicazione. In altre parole, non è sempre possibile chiedere troppa disponibilità alle squadre per svolgere un test fisico.

L'interesse verte sia sulla capacità di totalizzare un punteggio alto ma anche sull'abilità di correzione del tiro. I risultati mostrano che non sussiste un miglioramento tra un bersaglio e l'altro, ma solo tra le ripetizioni di uno stesso bersaglio. Di fatto, è più facile riprogrammare il movimento se le condizioni sperimentali sono le medesime, ed anche un piccolo cambiamento (come il bersaglio) porta a non riuscirci. Esistono dei bersagli più difficili e bersagli più facili. Per questo tipo di esperimento, effettuare una rincorsa lunga (oltre 1.5 metri per le donne e 2 metri per gli uomini) produce un effetto negativo sul punteggio. Non esiste un forte effetto giocatore, né un effetto squadra.

Le misure mie e della collaboratrice sono affidabili, non risultano evidenti errori di misura. Un modello lineare pooling completo è il modello più adatto, nonché semplice da implementare ed interpretare. Tuttavia, questi risultati sono fortemente robusti a diverse specificazioni alternative, quindi l'utilizzo di modelli diversi porta solamente ad un'ulteriore conferma delle conclusioni. È stato poi approfondito un confronto di genere. Ne deriva che i maschi partono da livelli maggiori delle femmine, ma che la capacità di adattamento è diversa: tra la prima e la seconda

ripetizione di tutti i bersagli i maschi e le femmine migliorano in modo simile. A seguire, tra il 2° e il 3° tiro, i maschi peggiorano mentre le femmine sono migliorate. Tuttavia, per confermare questa evidenza sono necessari ulteriori dati data la scarsa significatività. Il confronto delle prestazioni maschili e femminili è un aspetto molto interessante. La fisiologia dei due corpi non permetterebbe nessun tipo di confronto se venisse valutata la potenza o la resistenza alla corsa. Di conseguenza è stato tentato di valutare un aspetto fondamentale nello sport che possa essere paragonabile nei due sessi: lo status mentale-psicologico. Per questo motivo nella tesi è stato dato spazio al miglioramento. L'analisi sui livelli ha rilevato che a livello tecnico le donne sono molto più indietro degli uomini, nonostante siano state selezionate atlete militanti nelle massime serie nazionali. La precisione nei tiri è una caratteristica che viene consolidata con la pratica dell'allenamento e nasce nei primi anni delle scuole calcio, quando l'atleta è ancora bambino. L'assenza quasi totale di una formazione calcistica femminile solida e diffusa nel territorio italiano purtroppo continuerà a impedire a molte ragazze di affacciarsi a questo sport e di fornire i giusti mezzi per la sua pratica. D'altro canto, dal punto di vista della concentrazione, sembra che le donne nello sport siano molto più attente agli stimoli esterni. Sono più capaci di recepire l'ambiente circostante, a ascoltare gli allenatori e a adattarsi di conseguenza. Questo si riscontra anche nelle gare fisiche estreme, come le ultra maratone, dove non è raro trovare una donna nel podio. In queste situazioni infatti non sono più necessarie solo le condizioni fisiche prestanti, ma anche una buona dose di resistenza alla fatica e motivazione. Per concludere, vi sono alcuni possibili sviluppi futuri per questa tesi, con l'auspicio possano risultare di interesse per qualche ricercatore o allenatore:

1. Aumentare il numero di tiri da ogni postazione per valutare meglio la significatività degli effetti.
2. Introdurre 4 tipologie di calcio: calcio da fermo, calcio con qualsiasi rincorsa, calcio con rimbalzo, calcio con palla in movimento.
3. Applicare un retest al campione per verificare l'affidabilità.
4. Far tirare il giocatore da diversi punti del campo, per vedere l'effetto della "visione" del campo.
5. Inserire il target al centro della porta, misurando la potenza oltre che alla precisione e consentendo una maggiore variabilità dei risultati.
6. Creare un test più facile da eseguire, ad esempio utilizzando una rete con buchi più grandi, per adattarlo ad atleti di livelli inferiori ed aumentare anche la capacità discriminante.

È bene comunque sottolineare che il calcio a 5 è uno sport occasionale, come la maggior parte degli sport di scontro tra squadre (a differenza invece della ginnastica o atletica leggera dove si gareggia contro dei giudici o contro un primato personale). Ovvero, un giocatore può centrare il bersaglio in tutti e 3 tiri e per tutte e 4 le postazioni ma poi potrebbe sbagliare un rigore in partita a causa della carica emotiva del match e della presenza di un portiere di cui non si conoscono le abilità. Quindi questo test può servire per valutare la concentrazione dei giocatori, ma si ritiene comunque utile dedicare del tempo in allenamento per preparare psicologicamente il calciatore alla partita.





# Bibliografia

- [1] Boccuzzo (2018) *Teoria e tecnica dell'indagine statistica e del campionamento*, Slides del corso della facoltà di scienze statistiche all'Università degli studi di Padova.
- [2] Buonaccorsi A. (2003), *Manuale di standardizzazione dei test*, Osservatorio Nazionale Capacità Motorie (CONI).
- [3] Casolo F. (2002), *Lineamenti di teoria e metodologia del movimento umano*, Vita e Pensiero editore, Milano.
- [4] Coulson Mors & Archer David (2009), *Practical Fitness Testing*, Bloomsbury Sport, Londra (Inghilterra).
- [5] Harre, Dietrich (1982), *Principles of sport training*, Central Books Ltd, Dagenham (Inghilterra).
- [6] Invernizzi P.L. & Dugnani S.(2014), *Didattica del movimento umano* , Carabà.
- [7] Marella & Risaliti (1999), *Libro dei test*, Edizioni Correre
- [8] Rosseel Y.(2012), *lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling*, Journal of Statistical Software.
- [9] Roi, Giulio Sergio (2014), *I test di valutazione funzionale*, Editoriale Sport Italia, Milano.
- [10] Severini, Thomas A. (2015), *Analytic methods in sports*, Chapman & Hall CRC, Londra (Inghilterra).
- [11] Tsigilis N. (2002), *Test-retest of the neurofit test battery administered to university students*, Perceptual and Motor Skills (95).

- [12] Uva M. e Gasparri M. (2018), *Campionesse, storie avvincenti del calcio femminile*, Giunti Editore, Firenze.
- [13] Weineck, Jurgen (2004) *Optimales Training*, Spitta Verlag GmbH & Co., Balingen (Germania).
- [14] Winter, Edward M. e al. (2010), *Test per lo sport e l'attività fisica*, Calzetti-Mariucci, Torgiano (Pg).
- [15] Zanella S. (2013), *La capacità di differenziazione cinestesica nel calcio. Creazione, validazione e applicazione di un test per bambini dai 6 agli 11 anni*, Tesi di laurea, UNIPD.

# Appendice A: analisi dei bersagli

Nel seguito si presentano brevemente alcune analisi disaggregate per capire se ci sono bersagli più difficili a seconda del giocatore.

Se viene analizzata secondo le differenze di genere, si nota che il C è il più difficile e il B il più facile per i maschi quanto per le femmine.

| Maschi |      |      |      |      | Femmine |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|
|        | A    | B    | C    | D    |         | A    | B    | C    | D    |
| 0      | 0.37 | 0.31 | 0.44 | 0.38 | 0       | 0.51 | 0.42 | 0.59 | 0.51 |
| 0.25   | 0.15 | 0.13 | 0.20 | 0.13 | 0.25    | 0.12 | 0.08 | 0.13 | 0.15 |
| 0.5    | 0.25 | 0.30 | 0.19 | 0.27 | 0.5     | 0.20 | 0.31 | 0.20 | 0.23 |
| 1      | 0.23 | 0.26 | 0.17 | 0.22 | 1       | 0.17 | 0.19 | 0.08 | 0.12 |
| Media  | 0.39 | 0.44 | 0.31 | 0.38 | Media   | 0.30 | 0.36 | 0.22 | 0.28 |

Esistono delle differenze a seconda del piede di tiro? Le tabelle successive mostrano che la distribuzione dei punteggi per i destri e i mancini è lievemente diversa.

Poiché nel campione il numero di destri è maggiore del numero di mancini, in ogni cella è riportata la frequenza relativa per colonna, ovvero la distribuzione dei punteggi condizionatamente ai bersagli, in modo da tenere conto delle diverse numerosità.

| Destri |      |      |      |      | Mancini |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|
|        | A    | B    | C    | D    |         | A    | B    | C    | D    |
| 0      | 0.45 | 0.36 | 0.53 | 0.45 | 0       | 0.41 | 0.41 | 0.44 | 0.39 |
| 0.25   | 0.13 | 0.09 | 0.16 | 0.14 | 0.25    | 0.16 | 0.16 | 0.21 | 0.16 |
| 0.5    | 0.21 | 0.32 | 0.21 | 0.25 | 0.5     | 0.28 | 0.25 | 0.14 | 0.28 |
| 1      | 0.21 | 0.23 | 0.11 | 0.17 | 1       | 0.16 | 0.19 | 0.21 | 0.18 |
| Media  | 0.35 | 0.41 | 0.25 | 0.33 | Media   | 0.34 | 0.35 | 0.33 | 0.35 |

Poiché i tiri eseguiti con un piede destro rappresentano oltre l'80% del totale, ne consegue l'uguaglianza che la media generale sia molto simile alla media dei punteggi dei destri. Per i

destri, i bersagli bassi (C e D) sono i più difficili, mentre sono più agevoli quelli alti. I mancini hanno invece una prestazione pressochè costante in tutti i target. Il B è stato comunque in generale il bersaglio più abbordabile.

Uno dei motivi per cui è stato chiesto ai giocatori di indicare una precedente esperienza di calcio a 11 è quello di verificare se effettivamente un ex calciatore fosse più abile a mirare nei bersagli alti, avendo a che fare con una porta molto grande (2.44 metri). Per valutare questa teoria, è stato considerato il numero di tiri medio in ogni combinazione (bersaglio, punteggio) per i giocatori che non hanno mai avuto esperienza nel calcio a 11 (24) e per i giocatori che invece l'hanno avuta (97). I valori sono riportati nelle tabelle che valutano l'esperienza nel calcio a 11.

| Nessuna esperienza nel calcio a 11 |      |      |      |      | Esperienza nel calcio a 11 |      |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|------|
|                                    | A    | B    | C    | D    |                            | A    | B    | C    | D    |
| 0                                  | 0.68 | 0.44 | 0.57 | 0.49 | 0                          | 0.38 | 0.35 | 0.49 | 0.43 |
| 0.25                               | 0.07 | 0.07 | 0.17 | 0.15 | 0.25                       | 0.15 | 0.12 | 0.17 | 0.14 |
| 0.5                                | 0.15 | 0.25 | 0.18 | 0.22 | 0.5                        | 0.24 | 0.32 | 0.20 | 0.26 |
| 1                                  | 0.10 | 0.24 | 0.08 | 0.14 | 1                          | 0.23 | 0.22 | 0.14 | 0.18 |
| Media                              | 0.19 | 0.38 | 0.21 | 0.29 | Media                      | 0.39 | 0.41 | 0.28 | 0.34 |

In sostanza, mediamente un giocatore che non ha mai giocato a calcio a 11 ha una probabilità maggiore di tirare male in tutti i bersagli (punteggio 0). Anche per quanto riguarda i centri (punteggio 1) ha valori inferiori, tranne che per il B. Quindi, per tutti i tiri, chi ha giocato a calcio ha una performance molto migliore.

È stato applicato lo stesso approccio per vedere la differenza di performance tra i vari ruoli nelle tabelle seguenti.

Per quanto riguarda i centri (punteggio 1) i laterali hanno una performance molto simile alla media globale della tabella 3.20. I centrali hanno riscontrato difficoltà nel D. I pivot vanno molto bene nei tiri a destra della porta. I portieri vanno bene in tutti tranne che nel C. Gli universali sono quelli con i punteggi più alti di tutti. Infatti come è stato detto sono giocatori con tecnica calcistica molto elevata. Il motivo per cui la prestazione degli 'Universali' non risulta significativa è la bassa numerosità campionaria di questi: solo 4 giocatori su 121 ricoprono questo ruolo. Nel capitolo della modellistica l'effetto positivo di questi giocatori sarà evidente.

| Centrale |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
|          | A    | B    | C    | D    |
| 0        | 0.45 | 0.36 | 0.47 | 0.45 |
| 0.25     | 0.12 | 0.13 | 0.18 | 0.17 |
| 0.5      | 0.27 | 0.35 | 0.20 | 0.27 |
| 1        | 0.17 | 0.17 | 0.14 | 0.11 |
| Media    | 0.33 | 0.37 | 0.29 | 0.29 |

| Laterale |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
|          | A    | B    | C    | D    |
| 0        | 0.47 | 0.42 | 0.51 | 0.44 |
| 0.25     | 0.12 | 0.11 | 0.15 | 0.14 |
| 0.5      | 0.18 | 0.22 | 0.21 | 0.26 |
| 1        | 0.24 | 0.25 | 0.14 | 0.16 |
| Media    | 0.36 | 0.39 | 0.28 | 0.32 |

| Pivot |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|
|       | A    | B    | C    | D    |
| 0     | 0.39 | 0.29 | 0.51 | 0.41 |
| 0.25  | 0.20 | 0.09 | 0.17 | 0.15 |
| 0.5   | 0.27 | 0.45 | 0.17 | 0.25 |
| 1     | 0.16 | 0.17 | 0.15 | 0.20 |
| Media | 0.33 | 0.42 | 0.27 | 0.36 |

| Portiere |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
|          | A    | B    | C    | D    |
| 0        | 0.42 | 0.37 | 0.57 | 0.43 |
| 0.25     | 0.13 | 0.12 | 0.22 | 0.12 |
| 0.5      | 0.25 | 0.25 | 0.20 | 0.23 |
| 1        | 0.20 | 0.26 | 0.17 | 0.22 |
| Media    | 0.36 | 0.42 | 0.17 | 0.36 |

| Universale |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|
|            | A    | B    | C    | D    |
| 0          | 0.50 | 0.25 | 0.50 | 0.50 |
| 0.25       | 0.08 | 0.00 | 0.08 | 0.08 |
| 0.5        | 0.17 | 0.42 | 0.08 | 0.17 |
| 1          | 0.25 | 0.33 | 0.33 | 0.25 |
| Media      | 0.35 | 0.54 | 0.40 | 0.35 |



# Appendice B: Ricerca di specificazione

Il modello lineare presentato nella tabella 4.12 è stato valutando anche attraverso alcune modifiche ed aggiungendo ulteriori effetti di interesse. Di seguito se ne riportano le stime.

- Valutazione della variabile *Serie*

Effetto *Serie*.

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.282  | 0.037      | 7.50    | 0.000   | *** |
| SerieA2      | -0.027 | 0.029      | -0.95   | 0.340   |     |
| SerieC1      | 0.058  | 0.030      | 1.92    | 0.054   | .   |
| SerieC2      | 0.078  | 0.031      | 2.52    | 0.011   | *   |
| BersaglioB   | 0.053  | 0.026      | 1.98    | 0.047   | *   |
| BersaglioC   | -0.082 | 0.026      | -3.05   | 0.002   | **  |
| BersaglioD   | -0.017 | 0.026      | -0.66   | 0.508   |     |
| TiroPerBers2 | 0.077  | 0.023      | 3.30    | 0.000   | *** |
| TiroPerBers3 | 0.099  | 0.023      | 4.26    | 0.000   | *** |
| Rincorsa     | -0.033 | 0.028      | -1.17   | 0.242   |     |

Rispetto all'A1 rappresentata dalla baseline, l'A2 ha una performance peggiore, ma la differenza non è significativa. La serie maschile C1 e C2 invece ha una performance più positiva dell'A1 femminile e questi effetti sono significativi rispettivamente al 10% e al 5%. Questo risultato conferma quanto concluso nella tesi: la performance dei maschi è maggiore di quella delle femmine.

- Modello Stepwise.

E' stata applicata una procedura di selezione automatica delle variabili attraverso una *stepwise bidirezionale*, con l'ottica di mantenere sempre un modello lineare ma riducendo

la dimensionalità. E' stato scelto di considerare il *sesto* nell'insieme delle variabili di partenza, piuttosto che la *squadra* o la *serie*.

Modello *Stepwise*

|              | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.285  | 0.034      | 8.29    | 0.000   | *** |
| Sesso1       | -0.080 | 0.020      | -3.98   | 0.000   | *** |
| Calcio1      | 0.050  | 0.025      | 1.99    | 0.046   | *   |
| BersaglioB   | 0.055  | 0.026      | 2.05    | 0.040   | *   |
| BersaglioC   | -0.079 | 0.026      | -2.98   | 0.002   | **  |
| BersaglioD   | -0.015 | 0.026      | -0.56   | 0.572   |     |
| TiroPerBers2 | 0.078  | 0.023      | 3.36    | 0.000   | *** |
| TiroPerBers3 | 0.100  | 0.023      | 4.34    | 0.000   | *** |

Questi risultati confermano quanto già visto nel capitolo 4. Le variabili più determinanti per definire il punteggio del test sono l'apprendimento, il tipo di bersaglio, l'esperienza nel calcio a 11 e il sesso. Tutti i coefficienti sono i medesimi delle analisi precedenti. L'unica variabile che non è stata inserita ma che è stato riscontrato abbia un effetto sulla variabile *Test* è la rincorsa. D'altro canto, la procedura stepwise non seleziona le variabili significative, ma solo quelle che apportano una maggiore perdita del criterio di informazione AIC.

E' stata applicata una procedura stepwise per fare una selezione di variabili in un modello analogo ma tenendo come outcome le variabili *Testmio* invece di *Test*. Sono state ottenute le stesse variabili, anche utilizzando la variabile *Testcol*.

- Modello con diversa riparametrizzazione della variabile *Rincorsa*

La variabile *Rincorsa* è spesso risultata significativa nei modelli precedenti. In particolare, risultava che una rincorsa lunga portasse a performance peggiori. Sono stati implementati due modelli lineari analoghi al modello 4.11 con una diversa riparametrizzazione di tale variabile.

- Rincorsa quadratica: è stato applicato un polinomio di grado 2 alla variabile *Rincorsa*. I risultati sono presenti nella tabella 4.43.
- Rincorsa con dummy: la variabile è stata ricodificata come categoriale. Le stime sono riportate in tabella 4.44.

Nel primo caso, la variabile rincorsa di secondo grado non risulta significativa. Per quanto riguarda l'effetto della variabile categoriale, questo è significativo e negativo. Tuttavia, è



Tabella 4.43: Modello con rincorsa quadratica

|                    | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)       | 0.336  | 0.009      | 34.73   | 0.00    | *** |
| poly(Rincorsa, 2)1 | -1.006 | 0.369      | -2.72   | 0.006   | **  |
| poly(Rincorsa, 2)2 | 0.093  | 0.369      | 0.25    | 0.800   |     |

Tabella 4.44: Modello con rincorsa dummy

|                         | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|-------------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)            | 0.369  | 0.022      | 16.06   | 0.000   | *** |
| as.factor(Rincorsa)0.25 | 0.013  | 0.033      | 0.38    | 0.69    |     |
| as.factor(Rincorsa)0.5  | -0.032 | 0.030      | -1.07   | 0.2848  |     |
| as.factor(Rincorsa)0.75 | -0.072 | 0.033      | -2.17   | 0.02    | *   |
| as.factor(Rincorsa)1    | -0.056 | 0.029      | -1.91   | 0.05    | .   |

stato comunque scelto di utilizzare un approccio lineare in tutte le analisi.

## Interazioni con apprendimento e trend

In questa sezione viene valutata la presenza o meno di interazione tra le variabili risultate significative e gli effetti di interesse (apprendimento e trend). Vengono presentate quelle di maggiore importanza e a seguire le interazioni di importanza minore.

- Interazione tra rincorsa e apprendimento.

Tabella 4.45: Interazione tra variabile *rincorsa* e apprendimento.

|                       | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|-----------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)          | 0.305  | 0.031      | 9.55    | 0.000   | *** |
| Rincorsa              | -0.049 | 0.047      | -1.03   | 0.299   |     |
| TiroPerBers2          | 0.071  | 0.044      | 1.63    | 0.102   |     |
| TiroPerBers3          | 0.130  | 0.043      | 3.02    | 0.002   | **  |
| Rincorsa:TiroPerBers2 | 0.008  | 0.066      | 0.12    | 0.897   |     |
| Rincorsa:TiroPerBers3 | -0.061 | 0.065      | -0.92   | 0.353   |     |

In sostanza, l'introduzione dell'interazione tra la rincorsa e l'apprendimento fa perdere la significatività del 2° tiro in ogni bersaglio, come anche l'effetto principale di *Rincorsa*. Il 3° tiro resta invece significativo. La direzione delle stime comunque non è alterata: la rincorsa lunga non è produttiva ed entrambe le ripetizioni hanno punteggi più alti.

L'interazione tra queste due variabili non risulta significativa, come mostrato anche dall'ANOVA:

Modello Ristretto: modello senza interazioni.

Modello Completo: modello con interazioni.

Tabella 4.46: Anova per valutare l'interazione tra *rincorsa* e apprendimento

| Modello   | Res.Df | RSS    | Df | Sum of Sq | F     | Pr(>F) |
|-----------|--------|--------|----|-----------|-------|--------|
| Ristretto | 1448   | 194.84 |    |           |       |        |
| Completo  | 1446   | 194.66 | 2  | 0.184     | 0.682 | 0.505  |

Se ne deduce che statisticamente l'effetto della rincorsa non cambia all'aumentare delle ripetizioni della prova. Le osservazioni in cui era stato effettuato un cambio di rincorsa, mostrate nelle statistiche descrittive, sono troppo poche per produrre un effetto positivo.

- Interazione tra apprendimento e bersaglio.

Tabella 4.47: Interazione tra *bersaglio* e apprendimento.

|                         | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|-------------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)            | 0.276  | 0.033      | 8.33    | 0.000   | *** |
| BersaglioB              | 0.051  | 0.046      | 1.10    | 0.271   |     |
| BersaglioC              | -0.070 | 0.046      | -1.49   | 0.134   |     |
| BersaglioD              | 0.018  | 0.046      | 0.39    | 0.692   |     |
| TiroPerBers2            | 0.095  | 0.046      | 2.02    | 0.043   | *   |
| TiroPerBers3            | 0.113  | 0.046      | 2.42    | 0.015   | *   |
| BersaglioB:TiroPerBers2 | -0.002 | 0.066      | -0.03   | 0.975   |     |
| BersaglioC:TiroPerBers2 | -0.020 | 0.066      | -0.31   | 0.755   |     |
| BersaglioD:TiroPerBers2 | -0.045 | 0.066      | -0.68   | 0.493   |     |
| BersaglioB:TiroPerBers3 | 0.012  | 0.066      | 0.18    | 0.852   |     |
| BersaglioC:TiroPerBers3 | -0.008 | 0.066      | -0.12   | 0.901   |     |
| BersaglioD:TiroPerBers3 | -0.055 | 0.066      | -0.84   | 0.401   |     |

Come osservato prima, l'introduzione dell'interazione fa perdere una parte della stima dei main effects, che perdono quindi di significatività. L'intercetta, che ha un coefficiente grande e significativo, rappresenta la baseline: 1° tiro del bersaglio A. Quindi, un giocatore che inizia il test con il bersaglio A parte con un punteggio medio di 0.27. Rispetto a questo, le ripetizioni successive dello stesso bersaglio sono andate statisticamente meglio (TiroPerBers2 e TiroPerBers3). I bersagli non sono più significativi, ma i segni rimangono intatti: il bersaglio B è ancora il più facile e il C il più difficile. Le interazioni non sono significative:

Modello Ristretto: modello senza interazioni.

Modello Completo: modello con interazioni.

Tabella 4.48: Anova per valutare l'interazione tra *bersaglio* e apprendimento.

| Modello   | Res.Df | RSS    | Df | Sum of Sq | F     | Pr(>F) |
|-----------|--------|--------|----|-----------|-------|--------|
| Ristretto | 1440   | 192.12 |    |           |       |        |
| Completo  | 1446   | 192.34 | -6 | -0.177    | 0.221 | 0.969  |

Tuttavia, è evidente come l'ultima ripetizione del B (BersaglioB:TiroPerBers3) abbia un coefficiente positivo, BersaglioC sia negativo. Questi valori rappresentano rispettivamente la prova più facile (l'ultima ripetizione del tiro più facile), e la più difficile (prima ripetizione del bersaglio più ostico). Queste interazioni sono state studiate anche con un apprendimento lineare.

Sono state indagate anche altre interazioni, come quella tra il tipo di rincorsa e il bersaglio da colpire e tra il target con il piede di tiro. Poiché nessuna di queste interazioni risulta significativa, le tabelle con i relativi coefficienti sono riportati in appendice.

- Modello con la sequenza dei tiri

Potrebbe essere interessante, invece di considerare i 12 tiri totali, ogni singola “postazione”.

È stata creata una variabile “Tiroq” raggruppa la variabile Tiro nel seguente modo:

- I primi 3 tiri sono del primo bersaglio:  $Testq=1$  se  $Tiro=1$  oppure  $Tiro=2$  oppure  $Tiro=3$ .
- I tiri dal 4 al 6 sono del secondo bersaglio:  $Testq=2$  se  $Tiro=4$  oppure  $Tiro=5$  oppure  $Tiro=6$ .
- Etc. . .

Tabella 4.49: Interazione tra *Tiroq* e *bersaglio*

|              | Stima | Std. Error | t value | p value |     |
|--------------|-------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta) | 0.321 | 0.019      | 16.57   | 0.00    | *** |
| Tiroq2       | 0.048 | 0.027      | 1.75    | 0.079   | .   |
| Tiroq3       | 0.004 | 0.027      | 0.15    | 0.880   |     |
| Tiroq4       | 0.006 | 0.027      | 0.25    | 0.801   |     |

Il test F che valuta la significatività del modello afferma che il modello stimato non è preferibile al modello nullo (p-value= 0.26).

- Interazione tra bersaglio e trend.

La domanda a cui si vuole rispondere è se esistono dei bersagli particolarmente difficili o particolarmente facili, a seconda che vengano praticati all'inizio o alla fine del test. Questo equivale a fare un'interazione tra la variabile questa variabile *Tiroq* e il bersaglio. I risultati sono i seguenti.

Tabella 4.50: Interazione tra *Tiroq* e *bersaglio*

|                   | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|-------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)      | 0.340  | 0.035      | 9.65    | 0.000   | *** |
| BersaglioB        | 0.081  | 0.052      | 1.56    | 0.117   |     |
| BersaglioC        | -0.108 | 0.056      | -1.91   | 0.055   | .   |
| BersaglioD        | -0.069 | 0.051      | -1.35   | 0.176   |     |
| Tiroq2            | 0.046  | 0.051      | 0.90    | 0.366   |     |
| Tiroq3            | -0.050 | 0.056      | -0.89   | 0.372   |     |
| Tiroq4            | 0.014  | 0.051      | 0.28    | 0.778   |     |
| BersaglioB:Tiroq2 | -0.023 | 0.073      | -0.32   | 0.747   |     |
| BersaglioC:Tiroq2 | 0.017  | 0.079      | 0.22    | 0.824   |     |
| BersaglioD:Tiroq2 | 0.009  | 0.075      | 0.12    | 0.897   |     |
| BersaglioB:Tiroq3 | 0.034  | 0.077      | 0.44    | 0.658   |     |
| BersaglioC:Tiroq3 | 0.055  | 0.079      | 0.69    | 0.489   |     |
| BersaglioD:Tiroq3 | 0.158  | 0.078      | 2.02    | 0.004   | *   |
| BersaglioB:Tiroq4 | -0.131 | 0.077      | -1.68   | 0.091   | .   |
| BersaglioC:Tiroq4 | 0.052  | 0.077      | 0.68    | 0.495   |     |
| BersaglioD:Tiroq4 | 0.066  | 0.074      | 0.89    | 0.371   |     |

A conferma di quanto visto finora, incontrare il bersaglio C all'inizio porta a risultati peggiori (BersaglioC). Sorprendentemente, il coefficiente del 4° tiro nel bersaglio B è negativo (e al limite della significatività). Questo può essere dovuto al fatto che sebbene sia un bersaglio facile, quando incontrato alla fine (dopo aver fatto tutti gli altri più difficili), il giocatore subisca una sorta di “scoraggiamento” per via dei tiri precedenti più difficili e non riesca a farlo bene. Sembra invece che vada bene il 3° bersaglio D. Questi due coefficienti comunque sono al limite della significatività, la quale non è elevata perché sono poche le persone per ogni combinazione. In sostanza, esistono davvero bersagli che conviene incontrare prima o alla fine? Questo modello è stato confrontato tramite un ANOVA con un modello costruito con le stesse variabili ma senza interazione. Il test valuta la significatività dell'interazione.

Modello Ristretto: modello senza interazioni.

Modello Completo: modello con interazioni.

Il test F suggerisce di accettare al 10% l'ipotesi nulla di equivalenza tra i due modelli.

Tabella 4.51: Anova per valutare l'interazione tra *Tiroq* e *bersaglio*

| Modello   | Res.Df | RSS    | Df | Sum of Sq | F     | Pr(>F) |
|-----------|--------|--------|----|-----------|-------|--------|
| Ristretto | 1445   | 192.59 |    |           |       |        |
| Completo  | 1436   | 192.80 | 9  | 1.787     | 1.478 | 0.150  |

Quindi, si può affermare non c'è una sequenza migliore e una peggiore. Ovvero, il bersaglio C è difficile sempre, il B è facile sempre, non importa quando vengono incontrati questi bersagli nella sequenza del test.

A seguire, vengono mostrati i risultati delle interazioni appena citate con un *apprendimento lineare*.

- Interazione tra *rincorsa* e apprendimento *lineare*

Tabella 4.52: Interazione tra *rincorsa* e *apprendimento lineare*

|                                  | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|----------------------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)                     | 0.242  | 0.047      | 5.06    | 0.000   | *** |
| Rincorsa                         | -0.008 | 0.071      | -0.11   | 0.901   |     |
| as.numeric(TiroPerBers)          | 0.065  | 0.021      | 3.01    | 0.002   | **  |
| Rincorsa:as.numeric(TiroPerBers) | -0.029 | 0.032      | -0.90   | 0.368   |     |

- Interazione tra *bersaglio* e apprendimento *lineare*

Tabella 4.53: Interazione tra *rincorsa* e *apprendimento lineare*

|                                    | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|------------------------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)                       | 0.232  | 0.050      | 4.59    | 0.000   | *** |
| BersaglioB                         | 0.042  | 0.071      | 0.59    | 0.551   |     |
| BersaglioC                         | -0.071 | 0.071      | -0.99   | 0.317   |     |
| BersaglioD                         | 0.040  | 0.071      | 0.56    | 0.570   |     |
| as.numeric(TiroPerBers)            | 0.056  | 0.023      | 2.42    | 0.015   | *   |
| BersaglioB:as.numeric(TiroPerBers) | 0.006  | 0.033      | 0.18    | 0.851   |     |
| BersaglioC:as.numeric(TiroPerBers) | -0.004 | 0.033      | -0.12   | 0.900   |     |
| BersaglioD:as.numeric(TiroPerBers) | -0.027 | 0.033      | -0.84   | 0.400   |     |

## Interazioni tra le altre variabili

- Interazione tra *PiedeTiro* e target.

Le interazioni non risultano significative a causa del basso numero di mancini nel campione.

Tabella 4.54: Interazione tra *PiedeTiro* e *bersaglio*

|                       | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|-----------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)          | 0.348  | 0.021      | 16.29   | 0.000   | *** |
| BersaglioB            | 0.064  | 0.030      | 2.13    | 0.032   | *   |
| BersaglioC            | -0.098 | 0.030      | -3.25   | 0.001   | **  |
| BersaglioD            | -0.022 | 0.030      | -0.73   | 0.465   |     |
| PiedeTiro1            | -0.011 | 0.049      | -0.23   | 0.8118  |     |
| BersaglioB:PiedeTiro1 | -0.050 | 0.069      | -0.72   | 0.470   |     |
| BersaglioC:PiedeTiro1 | 0.096  | 0.069      | 1.39    | 0.163   |     |
| BersaglioD:PiedeTiro1 | 0.036  | 0.069      | 0.52    | 0.598   |     |

- Interazione tra *Rincorsa* e *Bersaglio*.

Tabella 4.55: Interazione tra *Rincorsa* e *bersaglio*

|                     | Stima  | Std. Error | t value | p value |     |
|---------------------|--------|------------|---------|---------|-----|
| (Intercetta)        | 0.398  | 0.038      | 10.47   | 0.000   | *** |
| BersaglioB          | 0.048  | 0.052      | 0.93    | 0.350   |     |
| BersaglioC          | -0.096 | 0.050      | -1.91   | 0.054   | .   |
| BersaglioD          | -0.028 | 0.051      | -0.56   | 0.571   |     |
| Rincorsa            | -0.086 | 0.054      | -1.58   | 0.112   |     |
| BersaglioB:Rincorsa | 0.002  | 0.078      | 0.03    | 0.969   |     |
| BersaglioC:Rincorsa | 0.019  | 0.074      | 0.26    | 0.792   |     |
| BersaglioD:Rincorsa | 0.013  | 0.077      | 0.17    | 0.864   |     |

Neanche in questo caso evidenti presenze di interazioni significative.

# Appendice C: Modello gerachico

In riferimento al modello gerarchico a livello *giocatore*, è stata valutata la significatività della differenza tra il punteggio al 2° e al 3° tiro. La tabella seguente mostra che questa differenza non è significativa, neanche nel modello gerarchico.

Tabella 4.56: Significatività della differenza tra 2° e 3° tiro nel modello gerarchico a livello *giocatore*

| Df | Chisq   | Pr(>Chisq) |
|----|---------|------------|
| 1  |         |            |
| 2  | 1 0.857 | 0.354      |

Sempre in questo modello gerarchico, sono state attuate delle riparametrizzazioni alla luce dei risultati in 4.20. E' stata applicata una rincorsa quadratica e valutato l'effetto di aver giocato ad uno sport precedente con la palla in tabella 4.57.

## Modello gerarchico a livello di *squadra*

Come primo passo, si riporta graficamente il confronto tra le stime del modello pooled e il modello unpooled per vedere se a livello di squadra ci siano graficamente delle differenze. Nell'asse delle ascisse è ancora riportata la variabile relativa alla riprogrammazione motoria, il cui effetto è assunto costante per tutte le squadre. Tra le diverse squadre cambia solo l'intercetta, rappresentata appunto dalla variabile *Squadra*:

Le rette colorate indicano la stima unpooled, mentre la retta nera e fissa indica la stima pooled. Sembrerebbe che non ci siano notevoli differenze, sia nei maschi (retta blu) che nelle femmine (retta rossa) rispetto alla regressione pooled. Le uniche evidenze su una performance negativa riguardano il Granzette e il Padova Femminile. Al contrario, A team e Vigoreal sono le due squadre con risultati migliori della media. Per andare alla ricerca della presenza di un "effetto squadra", è stato applicato un pooling parziale con intercetta diversa per ogni squadra, tenendo

Tabella 4.57: Modello gerarchico a livello *giocatore* con riparametrizzazioni

|                 | Stima  | Std. Error | t value |
|-----------------|--------|------------|---------|
| (Intercetta)    | -0.115 | 0.26       | -0.433  |
| poly(Età, 2)1   | -0.775 | 0.48       | -1.593  |
| poly(Età, 2)2   | -0.295 | 0.45       | -0.652  |
| Altezza         | 0.001  | 0.0        | 0.594   |
| Peso            | 0.002  | 0.00       | 1.427   |
| Nazionalità1    | 0.023  | 0.04       | 0.576   |
| Calcio1         | 0.066  | 0.03       | 2.171   |
| SportPalla1     | 0.039  | 0.03       | 1.153   |
| Piede1          | -0.032 | 0.07       | -0.458  |
| Piede2          | -0.015 | 0.04       | -0.333  |
| RuoloLaterale   | 0.033  | 0.03       | 1.020   |
| RuoloPivot      | 0.015  | 0.03       | 0.401   |
| RuoloPortiere   | -0.017 | 0.03       | -0.449  |
| RuoloUniversale | 0.116  | 0.07       | 1.586   |
| Tiro            | 0.000  | 0.00       | 0.155   |
| TiroPerBers2    | 0.076  | 0.02       | 3.306   |
| TiroPerBers3    | 0.098  | 0.02       | 4.155   |
| BersaglioB      | 0.052  | 0.02       | 1.995   |
| BersaglioC      | -0.083 | 0.02       | -3.131  |
| BersaglioD      | -0.018 | 0.02       | -0.702  |
| Rincorsa        | -0.042 | 0.03       | -1.251  |
| PiedeTirol      | 0.032  | 0.06       | 0.478   |

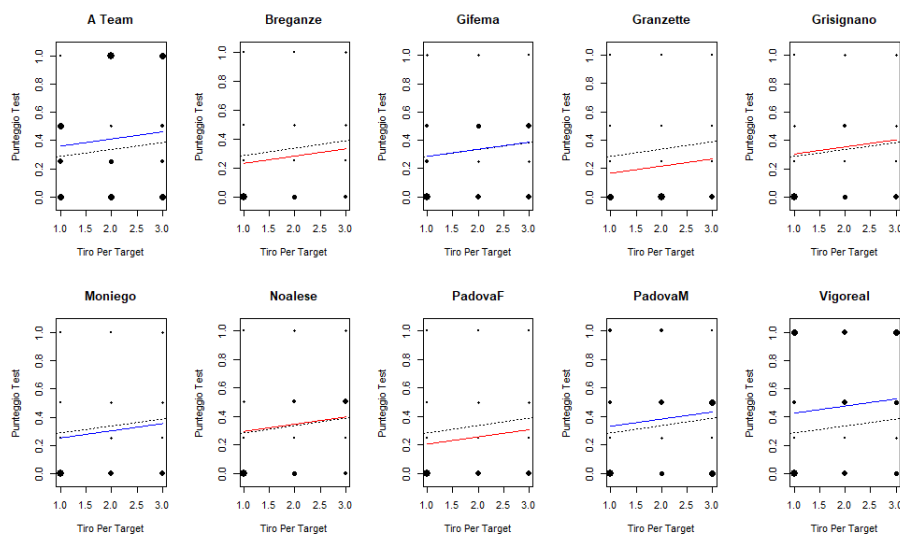


Figura 4.10: Stima del modello pooled e unpooled per le squadre

conto che adesso ogni “gruppo” ha una numerosità  $n_j$  diversa: ad esempio la Noalese ha 15 giocatori rilevati, mentre il Grisignano solo 7.

Tutti gli effetti studiati in precedenza rimangono: trend non significativo, adattamento signifi-



Tabella 4.58: Random Effects del mdello gerarchico a livello *squadra*

| Gruppo   | Effetto casuale | Varianza | Dev.Std. |
|----------|-----------------|----------|----------|
| Squadra  | (Intercetta)    | 0.004    | 0.07     |
| Residual |                 | 0.128    | 0.35     |

Tabella 4.59: Stime dei Fixed Effects del mdello gerarchico a livello *squadra*

|              | Stima   | Std. Error | t value |
|--------------|---------|------------|---------|
| (Intercetta) | 0.3298  | 0.0399     | 8.26    |
| Tiro         | 0.0004  | 0.0028     | 0.14    |
| TiroPerBers2 | 0.0754  | 0.0231     | 3.25    |
| TiroPerBers3 | 0.0968  | 0.0237     | 4.08    |
| BersaglioB   | 0.0512  | 0.0266     | 1.92    |
| BersaglioC   | -0.0851 | 0.0267     | -3.18   |
| BersaglioD   | -0.0210 | 0.0266     | -0.78   |
| Rincorsa     | -0.0717 | 0.0291     | -2.46   |
| PiedeTiro1   | -0.0021 | 0.0249     | -0.08   |

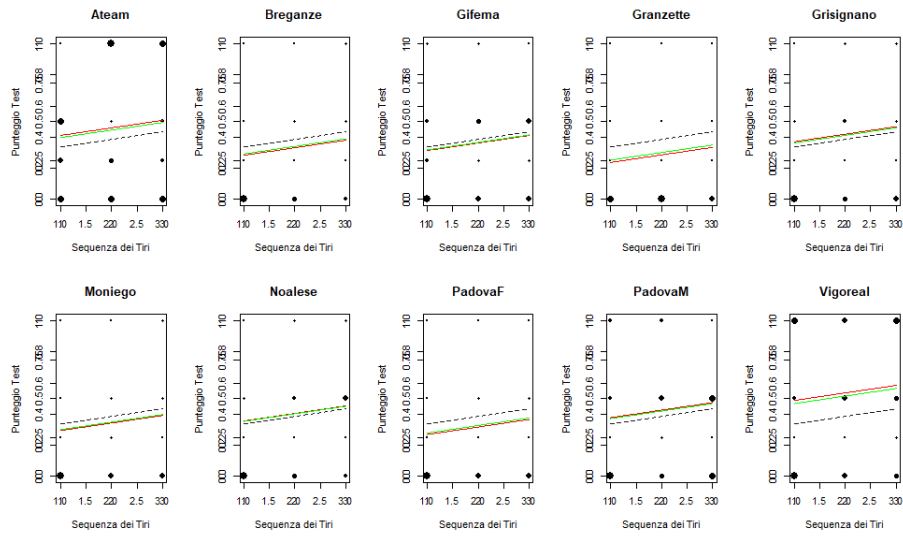
cativo, la difficoltà dei bersagli. Fare una rincorsa lunga produce un risultato peggiore nel test. Il piede di tiro non è importante per definire il punteggio del test. Anche qui, accetto l'ipotesi che il 2° e il 3° tiro di ogni bersaglio siano identici. La distribuzione delle nuove intercette è la seguente:

Distribuzione delle intercette del modello gerarchico a livello *squadra*

| Min.  | 1st Qu. | Median | Mean  | 3rd Qu. | Max.  |
|-------|---------|--------|-------|---------|-------|
| 0.242 | 0.284   | 0.326  | 0.329 | 0.359   | 0.458 |

I valori sono molto simili al primo modello gerarchico, con solo le variabili relative alla misurazione, poiché anche qui sono state usate solo quelle variabili di controllo. Proviamo a guardare i risultati grafici della regressione pooled, unpooled e questo modello gerarchico.

Ora, la retta gerarchica è sempre vicina al modello unpooled. Questo può essere dovuto al fatto che la numerosità di ogni gruppo è diversa, e quindi il modello gerarchico ne tiene conto. È evidente che le rette verdi tra loro comunque non siano tanto diverse. Quindi, il modello gerarchico ha prodotto risultati molto simili tra le squadre. Come anche si evince dalla bassa stima della varianza *between* (0.004921), confermiamo che non esiste un effetto significativo della squadra. Le squadre sono troppo poco diverse tra loro da giustificare un modello gerarchico. Ancora una volta, una soluzione pooling è quella ritenuta più adeguata.



Stima del modello pooled, unpooled e gerarchico per le squadre.