



Università degli Studi di Trieste

DIPARTIMENTO UNIVERSITARIO CLINICO DI SCIENZE MEDICHE,
CHIRURGICHE E DELLA SALUTE

Corso di Studi
TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO

SET-UP DELLA TUTA SENSORIZZATA UTILE ALL'OGGETTIVAZIONE E VALUTAZIONE DELLO SFORZO FISICO PER LA PREVENZIONE DELLE MALATTIE PROFESSIONALI DA SOVRACCARICO BIOMECCANICO

Tesi di laurea triennale

Relatore

Prof. Corrado Negro

Correlatore

Prof. Michele Bordignon

*Laureando
Golop Mattia*

Anno Accademico 2021-2022

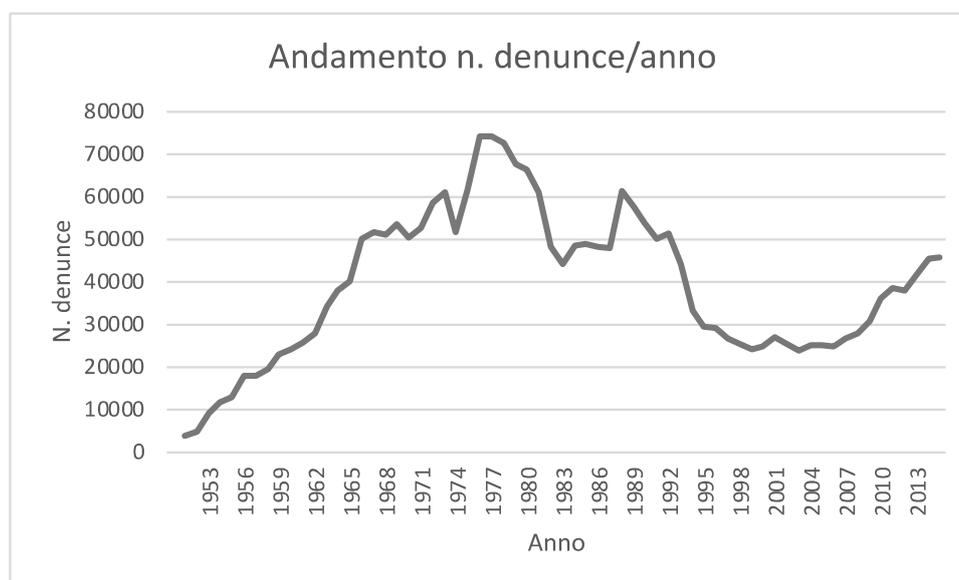
Sommario

1) Introduzione	2
2) Normativa di riferimento.....	8
3) Materiali e Metodi.....	20
1. Presentazione tuta sensorizzata	20
2. Elettromiografia di superficie	24
3. Protocollo di Campionamento	25
4. Prove di Laboratorio.....	30
5. Descrizione del contesto aziendale e malattia professionale	33
6. Prove sul campo	35
5) Risultati	46
6) Conclusioni.....	48
7) Bibliografia.....	49
1. Documenti Istituzionali.....	49
2. Sitografia.....	50
3. Articoli e Studi	51
8) Allegati	52
Allegato 1 - Prove di Laboratorio	52
Allegato 2 - Prove sul campo Movimentazione 1	58
Allegato 3 - Prove sul campo Movimentazione 2	73
Allegato 4 - Legenda Alle Tabelle 10 e 11	82
Allegato 5 – Album fotografico	83
9) Ringraziamenti	85

1) Introduzione

Il boom produttivo che ha investito l'Europa, ma non solo, nel secondo dopoguerra ha portato con sé l'aumento netto e tangibile del fenomeno infortunistico, dettato dalla crescita del lavoro all'interno delle fabbriche e dall'utilizzo sempre più diffuso e spregiudicato di macchinari e attrezzature. Contestualmente al fenomeno infortunistico si analizza anche l'aumento d'insorgenza delle malattie professionali¹, come si nota dal numero di casi denunciati, per l'industria e i servizi, dal 1951 al 2015: i dati evidenziano una rapida crescita nei numeri fino agli anni '80, per poi subire un calo e risalire a cavallo del nuovo millennio:

Grafico 1: INAIL - Casi di malattia professionale denunciati - Industria e servizi



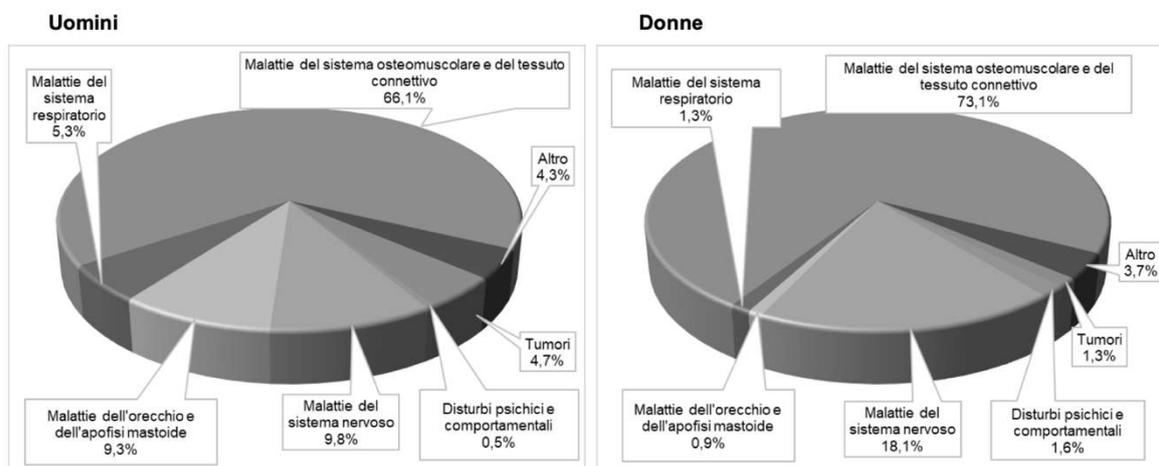
Rivolgendo lo sguardo ai dati degli anni più recenti, si nota come le malattie professionali causate da sovraccarico biomeccanico² e quindi dovute da movimentazione manuale dei carichi, mantenimento di posture incongrue, operazioni di traino-spinta e di movimenti ripetuti degli arti superiori abbiano un'incidenza sempre maggiore, come dimostra la Figura1, a discapito di Malattie del Sistema Nervoso, Malattie del Sistema Respiratorio, Tumori, ecc. .

¹ Patologia la cui causa agisce lentamente e progressivamente sull'organismo, legata all'attività professionale. Dette anche tecnopatie.

² Condizione di stress delle strutture osteoarticolari, muscolotendinee e neurovascolari che comporta, se non adeguatamente affrontata e gestita, la comparsa di disturbi muscolo-scheletrici

Nel 2020 le denunce di malattia professionale del Sistema Osteomuscolare e del Tessuto Connettivo³ rappresentano il 68% delle denunce totali pervenute nello stesso anno.

Figura 1: Dati INAIL - Andamento degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali, 2022. Denunce di malattie professionali, anno di protocollazione 2020.



Un dato che merita di essere portato alla luce è quello inerente alle denunce *totali* del medesimo anno, che se comparato con quelle per lo stesso periodo dell'anno successivo, segna oltre 10mila denunce in meno (-22,8%)⁴. Nel 2020, infatti, i vari arresti e ripartenze delle attività produttive hanno ridotto l'esposizione al rischio di contrarre malattie professionali. Allo stesso tempo, lo stato di emergenza, le limitazioni alla circolazione stradale e gli accessi controllati a strutture sanitarie di vario genere hanno disincentivato e reso più difficoltoso al lavoratore la presentazione di eventuali denunce di malattia, rimandandola al 2021.

Il Testo Unico di riferimento per le malattie professionali è il DPR 1124/65, il quale fornisce la classificazione delle stesse che, nel dettaglio, vengono distinte in tre differenti liste:

- *Lista I: Malattie la cui origine lavorativa è di elevata probabilità*
- *Lista II: Malattie la cui origine lavorativa è di limitata probabilità*
- *Lista III: Malattie la cui origine lavorativa è possibile*

Ulteriormente, le malattie professionali sono classificate in “tabellate” e “non tabellate”.

³ Denominazione che l'INAIL utilizza per identificare le malattie professionali dovute da Sovraccarico Biomeccanico

⁴ Open data mensili INAIL 2021

<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/sala-stampa/comunicati-stampa/com-stampa-open-data-2021.html>

Si dicono “tabellate” se:

- indicate nelle due tabelle (una per l’industria e una per l’agricoltura)
- provocate da lavorazioni indicate nelle stesse tabelle
- denunciate entro un determinato periodo dalla cessazione dell’attività rischiosa, fissato nelle tabelle stesse (“periodo massimo di indennizzabilità”)

Di seguito, in Tabella 1, si riporta un esempio:

Tabella 1: Periodo massimo di indennizzabilità⁵ - Tabella delle malattie professionali nell’industria INAIL (2017)

MALATTIA	LAVORAZIONE	PERIODO MASSIMO DI INDENNIZZABILITÀ DALLA CESSAZIONE DELLA LAVORAZIONE
Ernia Discale Lombare	a) Lavorazioni svolte in modo non occasionale con macchine che espongono a vibrazioni trasmesse al corpo intero: macchine movimentazione materiali vari, trattori, gru portuali, carrelli sollevatori (muletti), imbarcazioni per pesca professionale costiera e d’altura. b) Lavorazioni di movimentazione manuale dei carichi svolte in modo non occasionale in assenza di ausili efficaci	1 anno

Nel cosiddetto “sistema tabellare”, il lavoratore è sollevato dall’onere di dimostrare il nesso causale tra patologia ed attività professionale; contrariamente, viene definita malattia professionale “non tabellata” la malattia che non è presente in tabella, la cui professionalità può essere riconosciuta, ma l’onere della prova è a carico del lavoratore, il quale deve dimostrare l’origine professionale della sua patologia fornendo le prove dell’ esistenza della stessa, della causa di lavoro e del rapporto eziologico che intercorre tra di essi.

Questa seconda possibilità esiste grazie alla sentenza n. 179/88 della Corte Costituzionale che ha introdotto il cosiddetto “sistema misto”, grazie al quale è prevista la possibilità per l’assicurato di provare che l’origine della malattia non tabellata di cui è

⁵ INAIL – Operazioni di traino e spinta – Le tabelle delle malattie professionali

portatore, pur non rientrando nelle tre condizioni previste dalle tabelle, sia comunque di origine professionale.

Sul tema delle tecnopatie interviene l'articolo 10 del Dlgs 38/2000⁶ il quale consente di adeguare le tabelle delle malattie professionali allegata al Testo Unico nelle “*Nuove tabelle delle Malattie Professionali nell'industria e nell'agricoltura*” a seguito della Tabella precedente, in vigore dal 1994.

L'insorgenza dei DMS⁷ non è inevitabile, ma esistono dei principi di prevenzione da seguire al fine di prevenire il manifestarsi di tali patologie. I più importanti fattori di rischio riguardano

- *caratteristiche del carico*: peso, dimensioni, difficoltà nella presa, distanza dal busto, equilibrio instabile del carico
- *caratteristiche dell'ambiente di lavoro*: spazi adeguati alla movimentazione dei carichi, spazi insufficienti, temperatura o umidità inadeguata
- *esigenze connesse all'attività*: pause e recuperi fisiologici insufficienti, ritmi imposti e non modulabili dal lavoratore, distanza di sollevamento;
- *fattori individuali di rischio*: indumenti o calzature inadeguati, inidoneità a svolgere il compito, insufficienza o inadeguatezza delle conoscenze della formazione o dell'addestramento
- *sforzo fisico richiesto*: eccessivo, prolungato e ripetuto oppure effettuato con torsioni del busto

Conseguentemente le misure per la riduzione del rischio da sovraccarico biomeccanico riguardano l'organizzazione e la configurazione dei luoghi di lavoro, l'adeguatezza delle attrezzature utilizzate per lo svolgimento delle mansioni, la gestione e organizzazione del processo produttivo aziendale.

L'obiettivo che la presente Tesi si propone di perseguire riguarda l'ultimo fattore di rischio enunciato: lo sforzo fisico. È noto che si tratti di un fattore di rischio soggettivo, di difficile oggettivazione e variabile in funzione della persona che compie le operazioni che rendono evidenti l'insorgere dei DMS.

Anche tra i metodi esistenti più comuni, quali OCRA⁸ e NIOSH⁹, inerenti la valutazione del rischio derivante rispettivamente da movimenti ripetuti e sollevamento dei

⁶ Disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali a norma dell'art.55 co.10, della legge 17 maggio 1999, n.144

⁷ Disturbi Muscolo Scheletrici, sinonimo di patologie da sovraccarico

⁸ Occupational Repetitive Action

carichi il “fattore” sforzo fisico non è contemplato, ma viene interpellato, per esempio, ne “*La Scala di Borg*”: si tratta di uno strumento utile alla valutazione della *percezione dello sforzo*, concetto introdotto alla fine degli anni '50 dallo stesso creatore della scala, Gunnar Borg. Oggi la percezione dello sforzo fisico è un parametro ampiamente utilizzato per quantificare l'intensità dell'esercizio e per monitorare il carico globale di allenamento, soprattutto negli sport. In realtà sarebbe più corretto parlare di “scale” di Borg, dal momento che negli anni ne sono state elaborate di diverse:

1. *Scala categorica 6 a 20*, denominata RPE¹⁰ scale;
2. *Scala Category Ratio 0-10 scale (CR-10)*, ad oggi la più diffusa;
3. *Category Ratio 0-100 scale (CR-100)*, elaborata da Elisabet Borg, seguendo le orme del padre.

Prima di procedere con l'analisi della scala CR-10, è necessario fare un breve prologo sul *Modello Psicobiologico della Percezione dello Sforzo*: è stato scientificamente dimostrato che l'affaticamento mentale può avere un impatto significativo sulle performance atletiche quasi pari a quello dell'esaurimento muscolare. Il primo a pubblicare osservazioni sull'impatto dell'affaticamento mentale sulle susseguenti prestazioni fisiche fu Angelo Mosso nel 1891, il quale riportò nel suo libro seminale sulla fatica che la resistenza muscolare di due suoi colleghi professori di fisiologia si era ridotta in seguito a lunghe lezioni ed esami orali¹¹.

L'affaticamento mentale dunque viene definito come uno stato psicobiologico causato da compiti cognitivi prolungati, caratterizzato da sensazioni soggettive di “stanchezza” e “mancanza di energia”¹². Esso limita la tolleranza all'esercizio negli esseri umani attraverso una maggiore percezione dello sforzo, piuttosto che attraverso meccanismi cardiorespiratori (es. aumento della frequenza cardiaca) e muscolo-energetici (es. accumulo del lattato)¹³.

Sono molteplici, pertanto, le variabili che influenzano la percezione dello sforzo fisico impiegato nel corso delle attività lavorative e che ne rendono difficile la valutazione e l'oggettivazione. Nello specifico, l'obiettivo del presente studio di Tesi consiste nel set-

⁹ National Institute for Occupational Safety and Health – organismo americano che si interessa della salute e sicurezza sul lavoro

¹⁰ Rating of Perceived Exertion

¹¹ A. Mosso, *La Fatica*. Milano: Treves, 1981

¹² Boksem MA, Tops M. “*Mental fatigue: costs and benefits.*” *Brain Res Rev.* 2008;59(1):125 – 139

¹³ Marcora SM, Staiano W, Manning V. “*Mental fatigue impairs physical performance in humans.*” *J Appl Physiol* (1985). 2009;106(3):857 – 864

up completo della tuta sensorizzata¹⁴, fino al compimento di misurazioni che permettano di valutare e oggettivare lo sforzo muscolare nelle diverse modalità di spinta di rotoli di carta di grossa portata e valutare se sussiste una riduzione soggettiva ed oggettiva dello sforzo fisico imposto ai lavoratori. Una eventuale riduzione dello sforzo fisico porterà di conseguenza ad una riduzione del rischio da sovraccarico biomeccanico.

¹⁴ o dispositivi sensorizzati

2) Normativa di riferimento

Ai sensi dell'art. 15 co.1 lett.a, b, d del Dlgs 81/2008, Testo Unico per la sicurezza sul lavoro, le misure generali per la tutela della sicurezza sul lavoro sono, tra le altre, rispettivamente:

- la valutazione di tutti i rischi per la salute e sicurezza
- la programmazione della prevenzione, mirata ad un complesso che integri in modo coerente nella prevenzione le condizioni tecniche produttive dell'azienda nonché l'influenza dei fattori dell'ambiente e dell'organizzazione del lavoro
- il rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione, in particolare al fine di ridurre gli effetti sulla salute del lavoro monotono e di quello ripetitivo.

Inoltre, secondo l'art.17 co.1 lett.a del Dlgs 81/2008 il datore di lavoro ha l'obbligo, non delegabile, di valutare tutti i rischi per la salute e sicurezza nei luoghi di lavoro e, conseguentemente, provvedere alla stesura del documento di valutazione dei rischi (DVR). Riferendosi agli obblighi del datore di lavoro e del dirigente, dall'art.18 co.1 lett.z del Dlgs 81/2008 è previsto che essi s'impegnino ad aggiornare le misure di prevenzione in relazione ai mutamenti organizzativi e produttivi che hanno rilevanza ai fini della salute e sicurezza del lavoro, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e della protezione.

Per quanto concerne la normativa specifica, il Testo Unico per la sicurezza sul lavoro dedica il Titolo VI alla Movimentazione Manuale dei Carichi (MMC), occupandosi dei rischi dovuti da essa e dal sovraccarico biomeccanico.

Ai sensi dell'art.168 , commi 1 e 2 il datore di lavoro adotta ogni misura e ricorre ai mezzi appropriati al fine di evitare la necessità di ricorrere alla movimentazione manuale dei carichi da parte dei lavoratori; qualora ciò non sia possibile, il datore di lavoro adotta le misure organizzative necessarie, ricorre ai mezzi appropriati e fornisce ai lavoratori stessi i mezzi utili allo scopo di ridurre il rischio che comporta la movimentazione manuale di detti carichi, tenendo conto dell'ALLEGATO XXXIII, ed in particolare:

- a) organizza i posti di lavoro in modo che detta movimentazione assicuri condizioni di sicurezza e salute;
- b) valuta, se possibile anche in fase di progettazione, le condizioni di sicurezza e di salute connesse al lavoro in questione tenendo conto dell' ALLEGATO XXXIII;

- c) evita o riduce i rischi, particolarmente di patologie dorso-lombari, adottando le misure adeguate, tenendo conto in particolare dei fattori individuali di rischio, delle caratteristiche dell'ambiente di lavoro e delle esigenze che tale attività comporta, in base all' ALLEGATO XXXIII;
- d) sottopone i lavoratori alla sorveglianza sanitaria di cui all'articolo 41, sulla base della valutazione del rischio e dei fattori individuali di rischio di cui all'ALLEGATO XXXIII.

Il datore di lavoro deve fare riferimento alle norme tecniche riportate all'ALLEGATO XXXIII (ove possibile), come indicato al comma 3. Negli altri casi può riferirsi alle buone prassi e alle linee guida.

Nello specifico, l'ALLEGATO XXXIII contiene gli elementi ai quali è opportuno attenersi durante la valutazione del rischio derivante da MMC e sovraccarico biomeccanico, in particolare:

1. Caratteristiche del carico
2. Sforzo fisico richiesto
3. Caratteristiche dell'ambiente di lavoro
4. Esigenze connesse all'attività
5. Fattori individuali di rischio

Viene fatto riferimento anche a norme tecniche, quali le norme della serie ISO 11228 "*Ergonomics – Manual Handling*", nelle sue parti

- ISO 11228 – 1 "*Lifting and carrying*" (Sollevamento e Trasporto)
- ISO 11228 – 2 "*Pushing and Pulling*" (Traino - Spinta)
- ISO 11228 – 3 "*Handling of low load at high frequency*" (Movimentazione di carichi leggeri ad alta frequenza)

Anche se non indicata nell'ALLEGATO XXXIII si riporta un'ulteriore norma, la ISO 11226 "*Evaluation of static working postures*" (Valutazione delle posture di lavoro statiche), utile per una completa valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico.

Al fine di applicare correttamente e in modo completo le norme sopra riportate, si suggerisce di utilizzare il metodo proposto dal Technical Report ISO/TR 12295, documento elaborato dal Comitato Tecnico ISO/TC 159 (Ergonomics), Sottocomitato SC 3 (Anthropometry and biomechanics): fornisce criteri utili alla corretta applicazione delle già elencate norme introducendo alcuni valori da attribuire ai parametri che identificano ciascun fattore di rischio, in virtù dei recenti risultati sperimentali. Trova applicazione in fase di valutazione dei rischi, ma anche nella progettazione delle attività che comportano

movimentazione manuale dei carichi o l'assunzione di posture di lavoro statiche, imputate di causare, nel tempo, l'insorgenza di patologie da sovraccarico biomeccanico interessanti le strutture osteoarticolari, muscolotendinee e nervovasculari¹⁵. L'applicazione pratica della norma tecnica è divisa in tre distinti livelli:

- Primo livello – Domande chiave
- Secondo livello – Valutazione Rapida
- Terzo livello – Pianificazione delle azioni correttive

Nello specifico:

Primo livello – Domande Chiave:

Si tratta di una serie di quesiti organizzati in una checklist con risposta SI/NO, pensati per stabilire l'applicabilità delle norme tecniche di riferimento (ISO 11228 parti 1, 2, 3 ed ISO 11226). Qualora una o più norme tecniche risultino applicabili, l'utente verrebbe indirizzato alle domande del Secondo livello (Valutazione Rapida), appropriate alla/e norma/e identificata/e.

Secondo livello – Valutazione Rapida:

L'obiettivo che la Valutazione Rapida si pone è quello di fornire un'indicazione approssimativa dell'impatto dei rischi ergonomici individuati al termine delle Domande Chiave. La Valutazione Rapida mira a individuare attraverso domande quantitative e qualitative le due condizioni di esposizione estrema: *Assenza di rischio significativo – Presenza di condizioni accettabili e Presenza di rischio significativo e inaccettabile – Condizioni critiche*; e della condizione intermedia: *Rischio presente ma non critico – Condizioni sfavorevoli presenti ma non critiche*. Le domande, organizzate in check list, sono specifiche per i rischi ergonomici trattati dalle norme tecniche e presentano come possibilità di risposta SI/NO.

Terminata la fase di Valutazione Rapida, per ogni rischio ergonomico si giunge alle possibili condizioni:

Rischio presente o accettabile: nessuna azione da adempiere. Provvedere alla revisione periodica della valutazione

Rischio presente ma non critico: rifarsi alla norma tecnica specifica per un'analisi più dettagliata.

¹⁵ INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
Conoscere il rischio – movimentazione manuale dei carichi. Il technical report ISO/TR 12295:2014

Rischio presente e critico: adempiere azioni per ridurre il rischio, senza ritardo. Rifarsi alla norma tecnica specifica al fine di individuare le opzioni migliori per la riduzione del rischio.

Terzo livello – Pianificazione delle Azioni Correttive:

Pianificare le azioni correttive sulla base di quanto emerso al termine del Secondo Livello – Valutazione Rapida.

Si provvede ora a fornire una breve descrizione dei metodi valutativi alla base delle norme tecniche riportate nel technical report. Per quanto riguarda la descrizione delle norme, la ISO 11228 – part 2 “Pushing and Pulling” (Traino - Spinta) occuperà la parte preponderante del seguente capitolo, in quanto la valutazione e l’operazione oggetto dell’obiettivo della presente Tesi si basano su azioni di Traino – Spinta e dunque merita una descrizione più approfondita.

ISO 11228 – part 1 “Lifting, Lowering and Carrying” (Sollevamento, Abbassamento e Trasporto)

La norma ISO 11228-1 si applica a movimentazioni manuali di oggetti con una massa di 3 kg o superiore, caratterizzate da velocità di cammino moderate, da 0,5 a 1 m/s, lungo una superficie orizzontale; si basa su una giornata di lavoro di 8 ore, ma considera anche tempi di lavoro più prolungati, fino a 12 ore. La ISO 11228-1 non considera il traino e la spinta di oggetti presenti in altre parti delle serie ISO 11228, inoltre, non riguarda il sollevamento manuale di oggetti laddove si usino apparecchiature di ausilio al sollevamento, come gli esoscheletri, e non prende in considerazione le necessità di donne in gravidanza o di persone con disabilità.

La norma è costituita da un approccio per step e ognuno rappresenta una verifica che consente il passaggio a quello successivo se positiva, al contrario, evidenzia la necessità di riprogettare l’attività lavorativa.

La norma, per ogni compito di sollevamento confronta il peso dell’oggetto sollevato con il Peso Limite Raccomandato (PLR). Il PLR è un dato, espresso in chilogrammi, ricavato attraverso un’equazione che, a partire da un peso massimo sollevabile in condizioni di lavoro ideali (indicato nella norma), considera l’eventuale esistenza di fattori lavorativi sfavorevoli introducendo nell’equazione fattori moltiplicativi, compresi tra 0 e 1.

Il confronto tra il peso dell'oggetto sollevato e il PLR viene effettuato tramite rapporto, noto come *Lifting Index*.

In tabella vengono riassunte le fasce di rischio, con la priorità ed entità degli interventi preventivi:

Tabella 2: Fasce di rischio ISO 11228-1

VALORE DI LIFTING INDEX	LIVELLO DI ESPOSIZIONE	INTERVENTI RACCOMANDATI
LI < 1	Rischio molto basso	Nessun intervento richiesto per la salute della popolazione
1 < LI < 1,5	Rischio basso	Prestare attenzione a condizioni di basse frequenze/elevati carichi; considerare tutti i fattori nella riprogettazione dei compiti e delle postazioni di lavoro per portare a LI < 1
1,5 < LI < 2	Rischio moderato	Riprogettare i compiti di lavoro secondo priorità, per diminuire LI ed effettuare un'analisi per verificare l'efficacia degli interventi
2 < LI < 3	Rischio alto	Riprogettare i compiti di lavoro il più presto possibile per ridurre il valore di LI
LI > 3	Rischio molto alto	Riprogettare i compiti di lavoro il più presto immediatamente per ridurre il valore di LI

ISO 11228 – part 2 “Pushing and Pulling” (Traino - Spinta)

La norma ISO 11228-2 consente di valutare i rischi connessi ad attività di traino e spinta, svolte da un lavoratore adulto in posizione eretta, che applica la forza con entrambe le mani per muovere (o arrestare) un oggetto. Il protocollo prevede la valutazione del rischio secondo gradi di approfondimento successivi:

- Identificazione dei pericoli (forza, postura, distanza percorsa, caratteristiche dell'oggetto, caratteristiche individuali dell'operatore, organizzazione del lavoro)
- Stima del rischio
- Valutazione e quantificazione del rischio

Per quel che riguarda l'ultima fase, ovvero quella di valutazione del rischio, la norma prevede la possibilità di utilizzare due metodi di analisi, a seguito del grado di approfondimento.

Metodo 1.

Sulla base dell'analisi condotta grazie ad una check list, si procede con la valutazione generale di tutti i rischi connessi alle operazioni di traino – spinta per le quali si rende necessario conoscere l'altezza del punto di applicazione della forza, la frequenza di applicazione, l'entità della forza impiegata, la distanza da percorrere e la composizione della popolazione lavorativa (maschile o femminile).

Viene ricavato un indice di rischio (IR), il quale deriva dal confronto tra i valori di forza (iniziale e di mantenimento) misurati con un dinamometro e quelli ricavati dalle tabelle psicofisiche di Snook e Ciriello e permette la classificazione in “accettabile” o “inaccettabile” un compito di traino o spinta di un carico.

Metodo 2.

Nel caso in cui venisse riscontrata una condizione “inaccettabile”, derivante dal metodo 1, dal punto di vista del sovraccarico biomeccanico, il metodo 2 permette di calcolare i limiti di accettabilità basati sulla forza muscolare (FBr) e sulla forza compressiva nella zona lombare (FLs). Partendo da questi valori si può arrivare a calcolare il limite di sicurezza (FL), determinato dal rapporto tra i valori di forza esercitata dall'operatore durante il traino o la spinta, effettivamente misurati con il dinamometro e quelli individuati dalle appropriate tabelle. Il metodo risulta estremamente complesso e richiede una notevole esperienza per una corretta applicazione.

1. Il metodo di Snook e Ciriello

La norma ISO 11228-2 si basa, in parte, sul protocollo ideato da Snook e Ciriello e sviluppato negli Stati Uniti nel 1991. Sin dal 1970 sono stati condotti studi sull'analisi e sulla valutazione del sovraccarico biomeccanico in azioni di sollevamento, abbassamento, traino, spinta e trasporto. Negli esperimenti condotti, i soggetti esaminati potevano scegliere liberamente il carico da movimentare, mentre le variabili dei compiti da svolgere (traino o spinta), l'altezza dell'impugnatura o delle maniglie, la distanza da percorrere, la frequenza delle azioni venivano imposte dagli sperimentatori. I soggetti monitoravano le loro sensazioni di fatica e sforzo e aggiustavano il carico o la forza impiegata.¹⁶

I risultati degli studi vengono poi riassunti all'interno delle cosiddette “tabelle psicofisiche”, le quali forniscono importanti informazioni sulle capacità e sulle limitazioni

¹⁶ INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
Conoscere il rischio - movimentazione manuale dei carichi. La norma tecnica UNI ISO 11228-2

dei lavoratori riguardo alla movimentazione manuale dei carichi, intesa in senso generale. Vengono forniti per ciascuna tipologia di azione, per sesso e per diversi percentili di “protezione” della popolazione sana, nonché per varianti interne al tipo di azione (frequenza, altezza da terra del punto di applicazione della spinta, distanza di trasporto, ecc.) i valori limite di riferimento del peso (azioni di trasporto) o della forza esercitata (in azioni di tirare o spingere) rispettivamente nella fase iniziale (picco di forza) e poi di mantenimento dell’azione (forza di mantenimento). Nelle tabelle riportate sono forniti i relativi valori “ideali” per quel che riguarda le azioni di spinta e sono stati selezionati i valori che tendono a proteggere il 90% delle popolazioni adulte sane, maschili e femminili.

Per quel che riguarda l’utilizzo pratico dei dati riportati in tabella, si tratta di individuare la situazione che più rispecchia lo scenario lavorativo in oggetto, scegliere la popolazione da proteggere (maschile, femminile o entrambe), estrapolare il valore raccomandato (di peso o di forza) e confrontarlo con il peso o la forza effettivamente sprigionata, misurata tramite un dinamometro e posta al numeratore. Il valore raccomandato viene posto al denominatore. Così facendo si ottiene un indice di rischio del tutto analogo a quello ricavato dall’analisi delle azioni di sollevamento.

Come indicato sopra, vengono ora riportate le tabelle per le azioni di spinta, nelle quali vengono indicate le massime forze (iniziali e di mantenimento in Kg) raccomandate per la popolazione lavorativa adulta sana, in funzione di: sesso, distanza di spostamento, frequenza di azione e altezza delle mani da terra.

FI: Forza di mantenimento

FM: Forza iniziale

Tabella 3. Maschi, distanza 2 - 7,5 - 15 metri

DISTANZA	2 metri							7,5 metri							15 metri						
AZIONE OGNI	6s	12s	1m	2m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	2m	5m	30m	8h	5s	35s	1m	2m	5m	30m	8h
ALTEZZA MANI DA TERRA																					
145 cm FI	20	22	25	25	26	26	31	14	16	21	21	22	22	26	16	18	19	19	20	21	25
FM	10	13	15	16	18	18	22	8	9	13	13	15	16	18	8	9	11	12	13	14	16
95 cm FI	21	24	26	26	28	28	34	16	18	23	23	25	25	30	18	21	22	22	23	24	28
FM	10	13	16	17	19	19	23	8	10	13	13	15	15	18	8	10	11	12	13	13	16
65 cm FI	19	22	24	24	25	26	31	13	14	20	20	21	21	26	15	17	19	19	20	20	24
FM	10	13	16	16	18	19	23	8	10	12	13	14	15	18	8	10	11	11	12	13	15

Tabella 4. Maschi, distanza 30 - 45 - 60 metri

DISTANZA	30 metri					45 metri					60 metri			
AZIONE OGNI	1m	2m	5m	30m	8h	1m	2m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h
ALTEZZA MANI DA TERRA														
145 cm FI	15	16	19	19	24	13	14	16	16	20	12	14	14	18
FM	8	10	12	13	16	7	8	10	11	13				
95 cm FI	17	19	22	22	27	14	16	19	19	23	14	16	16	20
FM	8	10	12	13	16	7	8	9	11	13				
65 cm FI	14	16	19	19	23	12	14	16	16	20	12	14	14	17
FM	8	9	11	13	15	7	8	9	11	13				

Tabella 5. Femmine, distanza 2 - 7,5 - 15 metri

DISTANZA	2 metri							7,5 metri							15 metri						
AZIONE OGNI	6s	12s	1m	2m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	2m	5m	30m	8h	5s	35s	1m	2m	5m	30m	8h
ALTEZZA MANI DA TERRA																					
135 cm FI	14	15	17	18	20	21	22	15	16	16	16	18	19	20	12	14	14	14	15	16	17
FM	6	8	10	10	11	12	14	6	7	7	7	8	9	11	5	6	6	12	7	7	9
90 cm FI	14	15	17	18	20	21	22	14	15	16	17	19	19	21	11	13	14	22	16	16	17
FM	6	7	9	9	10	11	13	6	7	8	8	9	9	11	5	6	6	12	7	8	10
60 cm FI	11	12	24	24	25	16	31	11	12	14	14	16	16	17	9	11	12	19	13	14	15
FM	5	6	16	16	18	19	23	6	7	7	7	8	8	11	5	6	6	6	7	7	9

Tabella 6. Femmine, distanza 30 - 45 - 60 metri

DISTANZA	30 metri					45 metri					60 metri			
AZIONE OGNI	1m	2m	5m	30m	8h	1m	2m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h
ALTEZZA MANI DA TERRA														
135 cm FI	12	13	14	15	17	12	13	14	15	17	12	13	14	15
FM	5	6	6	6	8	5	5	5	6	8	4	4	4	6
90 cm FI	12	14	15	16	18	12	14	15	16	18	12	14	14	16
FM	5	6	6	7	9	5	6	6	6	8	4	4	4	6
60 cm FI	11	12	12	13	15	11	12	12	13	15	10	11	12	13
FM	5	6	6	6	8	5	5	5	6	7	4	4	4	6

Dalle tabelle si ricavano degli indicatori sintetici di rischio, i quali non sono altro che il rapporto tra il peso (la forza) effettivamente movimentato nella specifica situazione lavorativa e il peso (la forza) raccomandato per quell'azione. Sulla base dei risultati (indicatori) ottenuti è possibile individuare tutte le attività e le aree dove vengono svolte, per le quali sono richieste gli interventi di bonifica a carattere protezionistico-preventivo.

Pertanto, gli indici di rischio che si ricavano sono:

Tabella 7: Snook e Ciriello. Valutazione del rischio

SNOOK E CIRIELLO - VALUTAZIONE DEL RISCHIO	
IR = 0,75 (area verde)	Situazione accettabile, nessuno specifico intervento richiesto
$0,76 < IR < 1,25$ (area gialla)	Situazione che si avvicina ai limiti, circa 10-20% della popolazione non protetta e si richiedono cautela ed interventi, anche se non immediati
IR > 1,25 (area rossa)	Situazione che può comportare un rischio per una quota rilevante di soggetti e richiede interventi di prevenzione primaria
IR > 3 (area viola)	Situazione che necessita di interventi di prevenzione immediati e non procrastinabili

Il metodo Snook – Ciriello offre vantaggi e svantaggi, nella sua applicazione.

Vantaggi:

1. Applicabile a settori industriali e sanitari
2. Riproducibile
3. Tiene conto del genere

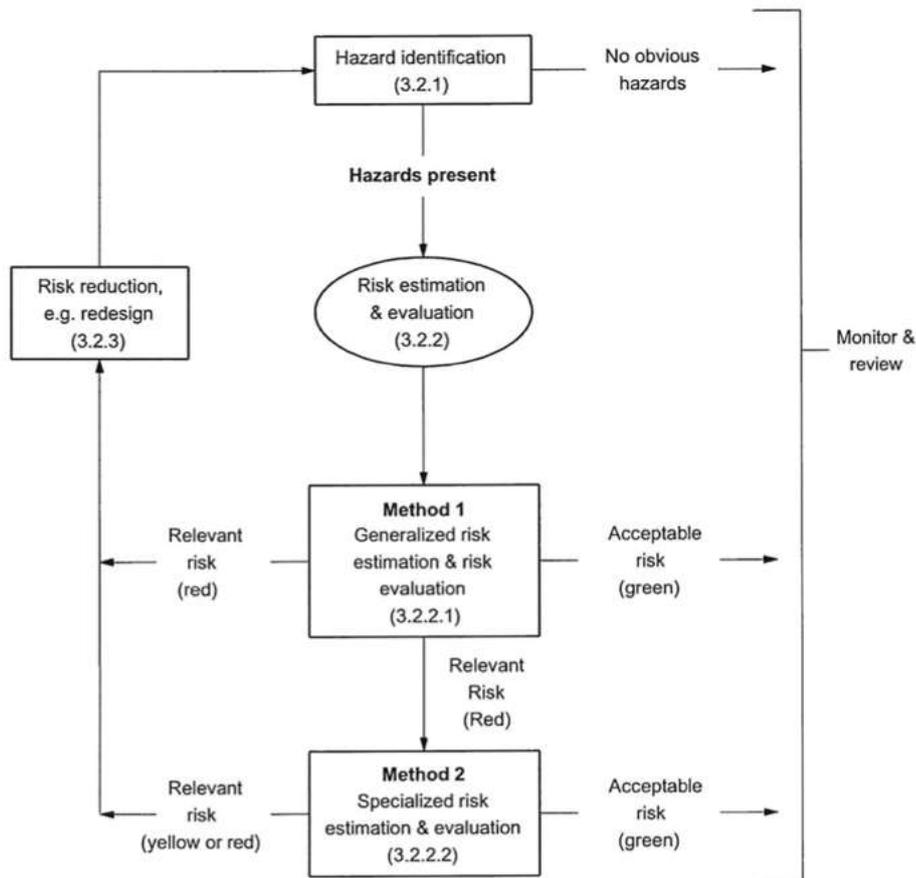
Svantaggi:

1. Deve essere utilizzato il dinamometro per valutare le operazioni di traino – spinta
2. Non prende in considerazione le condizioni di salute del lavoratore
3. Non permette di ricavare l'effettiva esposizione giornaliera di un singolo lavoratore in presenza di attività

2. La norma ISO 11228-2

In linea di principio, la movimentazione manuale dei carichi dovrebbe essere sempre evitata, essendo che rappresenta un potenziale pericolo per i lavoratori. La norma UNI ISO 11228-2 entra in gioco nel momento in cui, non essendo possibile eliminare le fasi più gravose, sia necessario esaminare approfonditamente i fattori che rendono rischiosa l'attività di traino e spinta; per mezzo del protocollo descritto nella norma è possibile qualificare e quantificare gli elementi che determinano il rischio al fine di migliorarne le condizioni operative. L'analisi prevede due fasi (metodi) di approfondimento successive, attraverso le quali si procede dapprima all'identificazione dei pericoli, alla stima del rischio e infine alla sua valutazione, come rappresentato nella figura sottostante.

Figura 2: Norma ISO 11228 - 2



ISO 11228 – part 3 “Handling of low loads at high frequency” (Movimenti ad alta frequenza con carichi leggeri)

La norma ISO 11228-3 si applica ai fini della valutazione del rischio e nell’ottica della pianificazione di misure di prevenzione nel caso di svolgimento di attività semplici o complesse che comportano movimenti ripetuti degli arti superiori. Non rientrano nella norma le operazioni di spinta o traino, sollevamento, trasporto o sostenimento statico di carichi. Le caratteristiche delle attività che sono considerate sono forza, postura dei vari distretti, ripetitività e la durata del compito ripetitivo e la durata del turno lavorativo, nonché l’organizzazione delle pause e delle attività complementari.

La norma, ai fini della stima e della valutazione del rischio derivante da movimenti ripetuti degli arti superiori, prevede un approccio a due fasi successive.

Nella prima fase è prevista l’identificazione e il riconoscimento dei pericoli, alla quale, in caso di presenza, segue un primo screening consistente in una check list specifica ai fini della stima del rischio; al termine si ottiene un risultato numerico, come *Lifting Index (LI)*.

La check list è inerente ai principali fattori di rischio (ripetitività, forza, movimenti e posture incongrue, insufficienza dei periodi di recupero, eventuali elementi complementari) ed è organizzata in cinque step successivi. Sulla base delle risposte il Lifting Index rientra in tre fasce di rischio crescente: verde, giallo e rosso.

Qualora tutte le risposte rientrino all’interno della fascia verde il rischio è da considerarsi trascurabile e basterà ripetere la valutazione periodicamente; viceversa se una o più risposte ricadono nella fascia gialla o rossa vi sono condizioni di rischio rispettivamente possibile o elevato e quindi è richiesta l’analisi dei singoli fattori che caratterizzano l’attività in esame. A questo scopo, la norma UNI ISO 11228-3 riporta un elenco di protocolli di valutazione: tra questi viene data la priorità al metodo OCRA, che consente il calcolo di un indice che tiene conto di vari fattori di rischio; in via subordinata al metodo ora citato, si possono adottare i protocolli Strain index e HAL/ACGIH TLV, che tuttavia risultano applicabili, con varie limitazioni, nel caso di attività costituite da un solo compito ripetitivo.¹⁷

¹⁷ INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
Conoscere il rischio – movimentazione manuale dei carichi. La norma tecnica UNI ISO 11228-3

ISO 11226 “Evaluation of static working postures” (Valutazione di postazioni di lavoro statiche)

Tale norma considera i fattori derivanti dal mantenimento di posture incongrue e/o statiche di lavoro, dove viene impiegato uno sforzo nullo o minimo. Una postura statica è considerata tale se mantenuta per un tempo superiore a 4 secondi.

La norma risulta utile ai fini della valutazione dei rischi derivanti da specifiche posture statiche e successivamente, qualora risultasse necessario, ad individuare le misure più idonee per la riduzione del rischio ed una migliore ergonomia della postazione di lavoro.

I lavoratori esposti al rischio sono molteplici, in quanto sono molteplici anche le parti del corpo che possono essere coinvolte, quali tronco, testa, spalle e parte superiore delle braccia, mani e avambracci e infine la parte inferiore del corpo (gambe e ginocchia). Per determinare se il rischio derivante dal mantenimento di posture statiche durante l'attività lavorativa possa essere considerato accettabile o meno la norma fornisce un approccio di lavoro a due step:

Step 1. Analisi Preliminare

La valutazione viene svolta, per ogni distretto del corpo interessato, con una check list contenente una serie di domande che possono condurre a:

- Postura accettabile: fine del processo di valutazione, in quanto il rischio è accettabile.
- Postura non raccomandata: rischio non accettabile, pianificazione delle attività volte a ridurre il rischio.
- Postura che richieda approfondimento: postura intermedia, che imponga il passaggio allo step 2.

Step 2. Analisi approfondita con il fattore tempo

Qualora la valutazione non consenta di determinare la presenza di un rischio accettabile sulla base della sola analisi delle geometrie, occorrerà tenere in considerazione di ricondurre la valutazione ad un giudizio di Postura Accettabile o Postura non Raccomandata e concludere la valutazione.

3) Materiali e Metodi

1. Presentazione tuta sensorizzata

Si procede ora con la presentazione dei prodotti derivanti dalla Myontec Ltd, azienda finlandese fondata nel 2008, specializzata nella produzione di indumenti sportivi, per la sicurezza sul lavoro ed ergonomici. Per Myontec Ltd le prime validazioni tecnologiche risalgono al 2007, i prodotti indossabili in oggetto risalgono al 2014, mentre quelli ergonomici al 2018.

La filosofia di misurazione dei prodotti Myontec interessa la misurazione di gruppi muscolari funzionali invece dei singoli muscoli, garantendo una migliore qualità del segnale e la ripetibilità di esso, al fine di confrontare i risultati nel tempo. Ad ogni gruppo muscolare viene assegnato un canale di misurazione, che genera dati per sé stesso. I segnali sono misurati da elettrodi.

I tessuti degli indumenti sono tipici tessuti sportivi, lavabili sia a mano che in lavatrice, resistenti all'acqua e in grado di operare in condizioni di umidità fino al 90% e di temperature comprese tra 0° C e 40° C.

1. Gli *Shorts* in Figura 3 si utilizzano per la misurazione contemporanea dei gruppi muscolari dei quadricipiti, bicipiti femorali e glutei. Per un corretto utilizzo devono essere indossati con la cella di misurazione rivolta in avanti.

Figura 3: Shorts



2. MBody Shirt: si tratta di una maglia sensorizzata che, come si evince dalla Figura 4, permette di misurare i gruppi muscolari dei flessori ed estensori dell'avambraccio, bicipiti, tricipiti, deltoidi, pettorali, trapezi e muscolo gran dorsale. Al contrario della ErgoShirt (maglia ergonomica) essa non permette di misurare l'elevazione angolare degli arti ed è fornita di tre celle di acquisizione, MCell, con rispettivi connettori¹⁸.

Figura 4: MBody Shirt



3. Lower Back Belt: rappresentata nella Figura 5, la cintura lombare può essere utilizzata per misure riabilitative ed ergonomiche. Grazie ad essa viene misurata l'attività muscolare dei muscoli Multifido e Muscolo Sacrospinale in combinazione.

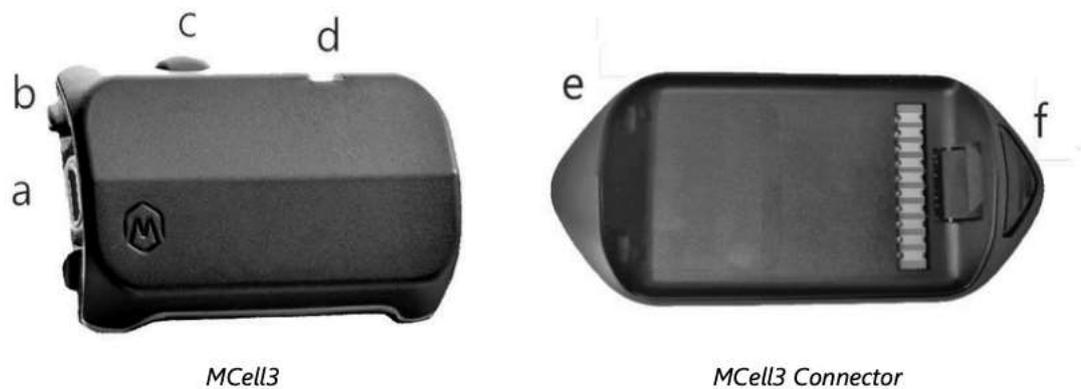
Figura 5: Lower Back Belt



¹⁸ vedere punto 4 "MCell 3"

4. MCell 3: celle di acquisizione del segnale elettromiografico¹⁹, con relativo connettore, per la misurazione dell'attività muscolare, in Figura 6

Figura 6: MCell 3



5. *Muscle Monitor*: è un software Windows su misura per le esigenze di coloro che desiderino ottenere maggiori informazioni e con maggior precisione. Tra le opzioni offre la possibilità di registrare offline e online, offre diverse funzionalità riguardanti l'esportazione di dati derivanti dai prodotti Myontec e la loro successiva elaborazione.

Per i propri clienti, Myontec, offre la possibilità di poter modificare i prodotti sulla base delle singole esigenze spostando le celle di acquisizione tra i canali dei gruppi muscolari d'interesse e, in tal senso, la Figura 7 evidenzia quali siano i canali implementabili con la personalizzazione dei prodotti, con un limite massimo di 8 canali (4 gruppi muscolari sul lato sinistro e 4 sul lato destro, per esempio) per ciascun capo d'abbigliamento.

A seguito di attente valutazioni fatte sulla base degli obiettivi della presente Tesi, si è optato per richiedere la modifica di *MBody Shirt*: la versione standard permette l'acquisizione dei segnali riguardanti estensori e flessori dell'avambraccio, bicipiti e tricipiti; i canali per i quali è stata inoltrata la richiesta d'aggiunta sono *deltoidi*, *trapezi*, *pettorali* e *latissimus dorsi*²⁰, per un totale di otto canali disponibili alla misurazione.

¹⁹ Elettromiografia: vedi capitolo successivo

²⁰ Muscolo gran dorsale

Figura 7: Implementazione canali di misura

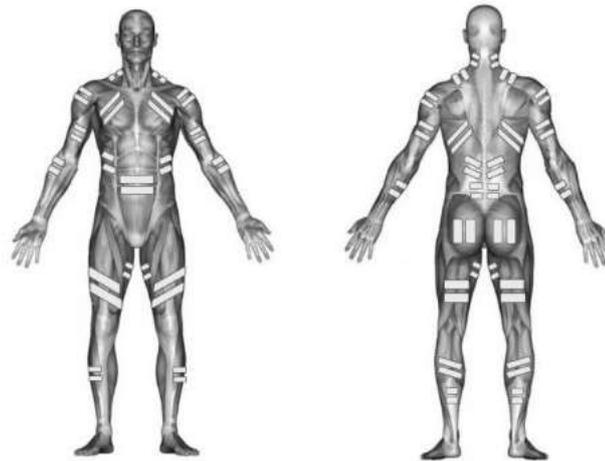
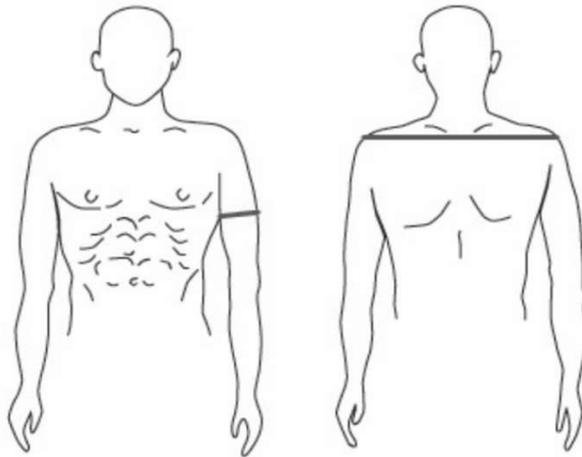
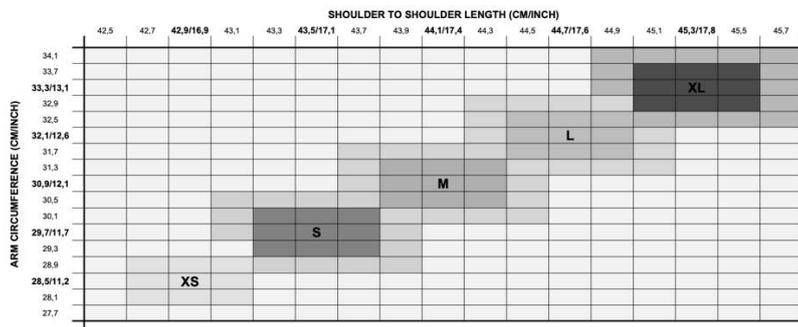


Figura 8: Scelta della taglia



ARM CIRCUMFERENCE
Take the measurement from
the widest point of Your arm
(biceps)

SHOULDER TO SHOULDER
Take the measurement from
left shoulder line tip point
to right.



Sulla base della guida alle taglie, reperibile sul sito della Myontec Ltd, e al fine di coprire un numero quanto più consistente di persone, sono stati acquisiti i dati per la scelta della taglia sul Tesista, il quale ricade nella fascia della taglia “M”: l’acquisto delle magliette è stato effettuato in doppia taglia (M e L), i pantaloncini, MShort, sono stati acquistati in taglia unica (L), mentre l’acquisto della fascia lombare, MBelt, comprendeva già tutte e tre le taglie esistenti (S, M, L).

La tuta sensorizzata, grazie ai sensori che vi sono applicati, rappresenta un metodo innovativo di acquisizione del segnale elettromiografico di superficie, ciò significa che permette di ottenere informazioni in merito al livello di attivazione muscolare attraverso l’analisi del segnale stesso. Dal momento che gli indumenti sensorizzati captano il segnale elettromiografico, è necessario portare uno specchio che ne tratti, in parte, l’argomento.

2. Elettromiografia di superficie

Il sistema muscolare scheletrico è l’insieme di organi adibiti al movimento, il quale è permesso dalla contrazione muscolare. La contrazione avviene nel momento in cui le fibre di cui è costituito il muscolo, in seguito ad uno stimolo nervoso, scrono le une sulle altre generando una forza tale da permettere il movimento del corpo o di una sua parte (articolazione). Per elettromiografia (EMG) si fa riferimento ad una tecnica diagnostica di registrazione e analisi del segnale mioelettrico, ovvero del biopotenziale elettrico che concerne l’attività muscolare durante la contrazione, è un esame di tipo funzionale che può analizzare il funzionamento di un muscolo (o un gruppo di muscoli) attraverso i potenziali elettrici che si sviluppano in esso durante la contrazione. Patologie del sistema muscolare o del sistema nervoso possono compromettere il comportamento fisiologico che il corpo richiede e l’elettromiografia può aiutare nella diagnosi. Oltre al campo medico l’elettromiografia può dimostrarsi utile in ambito sportivo, valutando come il sistema muscolare evolve nella sua risposta quando sottoposto a cicli di lavoro o di recupero.

A seconda di come il segnale è registrato, in generale, si parla di elettromiografia di superficie (sEMG) o elettromiografia “ad ago” (detta anche elettro-neurografia, ENG). La sEMG prevede il prelievo del segnale tramite degli elettrodi posti sulla pelle (elettrodi superficiali), mentre l’EMG ad ago prevede l’utilizzo di aghi sottocutanei posti in diretto contatto con il muscolo di interesse (l’ago sarà tanto più lungo quanto più il muscolo è profondo). I potenziali registrati andranno quindi ad evidenziare un gruppo di unità

motorie e la loro velocità di conduzione con gli elettrodi superficiali, mentre con gli elettrodi ad ago si potrà analizzare una singola unità motoria, permettendo di “guardare” direttamente nel muscolo.

L'elettromiografia trova molteplici campi di applicazione:

- *Ricerca medica* per ortopedia, chirurgia (analisi pre-chirurgica), neurologia (deficit periferico di forza o sensibilità);
- *Riabilitazione* post-operatoria, post-incidente, fisioterapia;
- *Ergonomia* per prevenzione del rischio (risposta dei muscoli), design ergonomico;
- *Sport*: biomeccanica, analisi del movimento, allenamento degli atleti (performance muscolare, tecniche e regimi di allenamento), riabilitazione sportiva.

L'EMG di superficie è comunemente utilizzata per quantificare l'entità e le tempistiche di attivazione muscolare durante le varie attività, può fornire informazioni quantitative e qualitative sulla coordinazione e coattivazione tra i muscoli e il loro contributo a sviluppare forza per un determinato movimento. È uno strumento utile per elaborare cicli di lavoro e conseguentemente eventuali tempi di recupero, comprendere l'economia del movimento a livello muscolare in funzione dell'intensità dell'attività e determinare il grado di affaticamento.

3. Protocollo di Campionamento

Il set-up della tuta passa necessariamente attraverso il protocollo di campionamento che, quindi, è di fondamentale importanza ed è per questo motivo che deve possedere caratteristiche di semplicità e praticità e deve essere ripetibile per diversi contesti senza che la sua struttura venga estremamente alterata.

I materiali necessari al campionamento sono: tuta sensorizzata (MBelt, MBody Shirt, Shorts), tavola autocostruita per le prove di massima contrazione volontaria (MCV), cinghia non allungabile di dimensioni 2-3 m circa, “dinamometro” gripper per flessori ed estensori del polso, computer, metro a nastro “da sarto” ed eventualmente una sedia disponibile.

In definitiva il protocollo prevede molteplici fasi, di seguito enunciate:

1. *Vestizione corretta*: per garantire l'adesione dei sensori alla pelle è fondamentale la scelta della taglia idonea al soggetto su cui si faranno i campionamenti. Una volta

selezionata la taglia della fascia lombare (*Mbelt*) e della *Mbody Shirt*, l'ordine corretto di vestizione è il seguente: MBelt, Shorts e in ultimo la MBody Shirt, la quale andrà inserita all'interno dei pantaloni evitando interferenze con i sensori di questi ultimi. Qualora i sensori non fossero completamente a contatto con la pelle, sono fornite anche delle bretelle ed una fascia elastica, da legare a livello del torace, al fine di renderli completamente adesi alla pelle.

Una volta assicuratisi che la vestizione sia avvenuta nel modo corretto, si può passare alla fase successiva.

2. *Sincronizzazione delle celle di acquisizione del segnale*: la sincronizzazione delle celle avviene collegandole via cavo con il computer e utilizzando l'apposita sezione "Synchronize" del software "Muscle Monitor". Questa fase è estremamente importante dal momento in cui si decidesse di abbinare i dati, ottenuti dalle misurazioni, ad un video. L'orario ci permette di capire il momento in cui i muscoli si attivano maggiormente e quindi abbinare le variazioni del segnale in relazione alle operazioni svolte. Qualora si volessero appaiare i dati al video, si utilizza un'applicazione (*TimeStamp Camera*) per smartphone che permette di registrare video o scattare foto lasciando in evidenza la data e l'ora in cui questi accadono. Prima di procedere alla registrazione di filmati bisogna assicurarsi che l'orario del computer (che corrisponderà a quello delle celle di acquisizione del segnale una volta sincronizzate) e quello dello smartphone siano sincronizzati.
3. *Applicazione delle celle*: per questioni di praticità e semplicità ogni cella è stata rinominata per riconoscere il connettore al quale essa va applicata, in modo da avere per ciascuna cella i dati degli stessi gruppi muscolari ad ogni misurazione. Potenzialmente però ogni cella può essere applicata su ogni connettore. Per esempio, al connettore posto sul braccio destro corrisponde la cella nominata "Braccio Destro", al connettore posto in corrispondenza dei pettorali corrisponde la cella nominata "Petto" e così, allo stesso modo, per le celle rimanenti.
4. *Inizio delle misurazioni*: una volta che tutte le celle sono state correttamente applicate, è il momento di iniziare con le misurazioni. L'input di inizio misurazione la cella lo riceve attraverso la pressione del pulsante su di essa: una volta premuto, dal momento in cui vibra, essa sta misurando e quindi acquisendo dati.

Figura 9: Mcell3- Al punto C il pulsante di inizio misurazioni



5. *Prove di Massima Contrazione Volontaria, MCV*: per definizione, la Massima Contrazione Volontaria, è la massima forza possibile che il sistema neuromuscolare è in grado di esprimere attraverso una contrazione muscolare volontaria. È soggettiva, quindi varia in funzione della persona che esegue tali prove, ed è un concetto fondamentale per capire quale sia la massima forza che un soggetto può esprimere nel corso dell'attività lavorativa. La MCV è espressa sotto forma di contrazioni muscolari isometriche²¹ che, a livello elettromiografico, non rappresentano il massimo dell'azione elettrica del muscolo ma si tratta di contrazioni di tipo sub-massimale, utili per avere un riferimento dell'impegno a cui è sottoposto il muscolo. L'azione elettromiografica più elevata ce l'abbiamo grazie ad azioni muscolari di tipo balistico²².

Myontec Ltd fornisce un protocollo²³ contenente esercizi per l'esecuzione delle MCV dei gruppi muscolari del bicipite, trapezio, deltoide, quadricipite, glutei e flessori della coscia.

Al fine di eseguire al meglio gli esercizi del protocollo e di ridurre gli errori casuali derivanti da movimenti involontari delle cinghie utilizzate, è stato ideato un apparato di test portatile per l'esecuzione delle prove di MCV durante contrazioni isometriche. Si tratta di una tavola in legno di Faggio (estremamente resistente) con due punti di ancoraggio in acciaio inossidabile per fissare la cinghia in funzione degli esercizi del protocollo proposto dalla Myontec.

²¹ La contrazione isometrica prevede la contrazione del muscolo ma senza che questo subisca una variazione di lunghezza a livello macroscopico (nonostante i singoli sarcomeri si accorcino)

²² Che prevede esplosività, in termini di velocità di esecuzione e accelerazione, espletati in un breve lasso di tempo con elevata forza

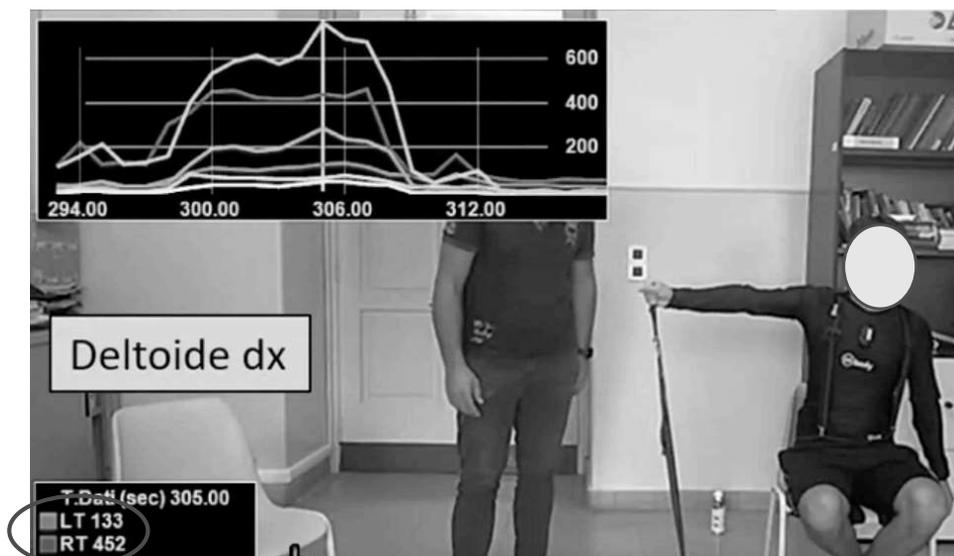
²³ https://www.myontec.com/files/ugd/13ac38_e0efc15c19ec4020a5d650f3af80395e.pdf

Gli esercizi consigliati, però, presentano diverse criticità: non riguardano tutti i gruppi muscolari che la tuta può potenzialmente analizzare (per esempio sono esclusi quelli della zona lombare, dei pettorali e dei tricipiti). La seconda criticità riscontrata riguarda, nello specifico caso, i gruppi muscolari del trapezio e del deltoide.

Figura 10: MCV trapezio



Figura 11: MCV Deltoide



Nelle Figure 10 e 11 sono presentati gli esercizi per le Massime Contrazioni Volontarie rispettivamente di trapezi e deltoidi, ma nell' esecuzione di essi si è presentato un risultato inatteso: come si evince, nello specifico esercizio riguardante il trapezio, il trapezio stesso si attiva maggiormente nell'esercizio dedicato al deltoide rispetto a quanto si attivi nell'esercizio specifico per sé. Ciò significa che quelli in figura non sono gli esercizi idonei per tali muscoli.

Sulla base di queste considerazioni si è optato per lo svolgimento di prove di massima contrazione volontaria "funzionale", ovvero impostata sulla base delle attività che devono essere svolte.

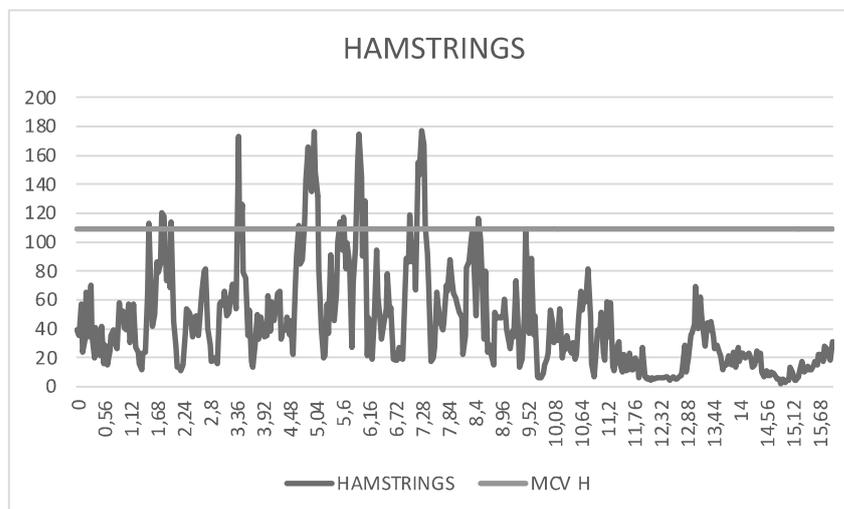
6. *Esecuzione delle misurazioni*: una volta che la fase di prove di MCV è terminata, si consiglia di fermare il movimento della persona per qualche istante al fine di "pulire il segnale". Questo per riconoscere il momento in cui si ha l'inizio delle attività su cui fare l'analisi. Qualora nelle attività che sono oggetto di valutazione ci fosse necessità di un repentino cambio nelle operazioni, o se semplicemente si volesse separare una fase da un'altra, c'è la possibilità di inserire un "marker" premendo rapidamente sul tasto di accensione della cella.
7. *Esportazione delle misurazioni*: una volta terminato il campionamento, per porre fine all'acquisizione di dati da parte delle celle va premuto il pulsante di cui al punto C in Figura9, fino al momento in cui non la cella non vibra per tre volte. A questo punto le celle possono essere scollegate dal proprio connettore per essere poi collegate al computer. Grazie a "Muscle Monitor" si possono esportare i dati ottenuti per ciascuna cella di acquisizione nel formato ".csv", per poi essere analizzati con il programma Microsoft Excel.

Le possibilità di esportazione dal software al computer sono due, che si differenziano soltanto nelle frequenze di campionamento: la prima opzione permette di avere i dati esportati a frequenze di 1Hz; quindi, per ogni secondo si ottiene un dato (= una misura). Con la seconda opzione si possono esportare i dati con frequenze pari a 25hz, ogni secondo misurato riporta 25 dati (= 25 misure), dividendo il secondo in 25 parti uguali.

Considerata la natura delle azioni analizzate all'interno del presente progetto di Tesi si è scelto di esportare i dati esclusivamente alla frequenza di 1 Hz, in quanto non vi sono azioni brusche o estremamente rapide e l'elevata variabilità dei dati che si presenta nella modalità di esportazione a 25 Hz, tra un frammento di secondo e il successivo, è ritenuta eccessivamente alta. A titolo puramente esemplificativo si

riporta un grafico esportato a 25 Hz che mostra l'andamento delle attivazioni muscolari dei flessori della coscia in operazioni di spinta di rotoli di carta.

Grafico 2: Esportazione a 25 Hz - Hamstrings



8. *Svestizione e sanificazione degli indumenti*: una volta terminate le attività in analisi si può procedere con la svestizione e la sanificazione degli indumenti.

4. Prove di Laboratorio

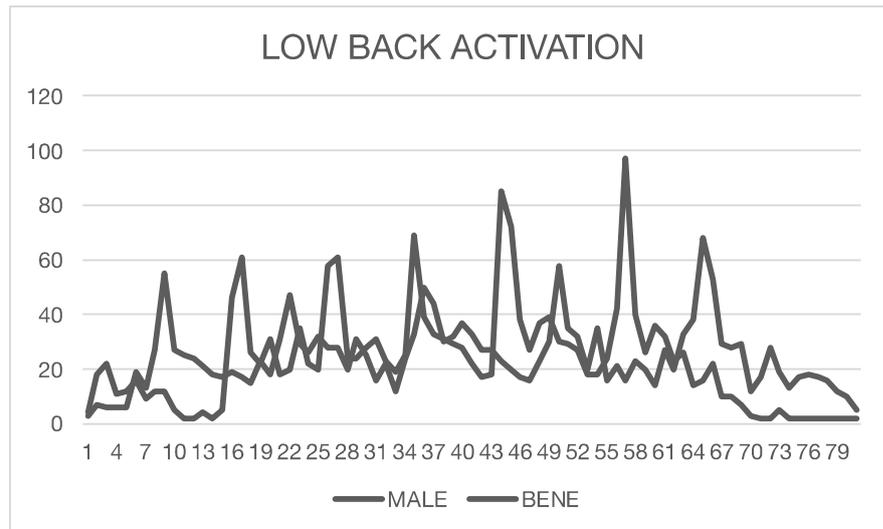
Le prove di laboratorio sono state realizzate con l'obiettivo di prendere confidenza con gli indumenti sensorizzati, studiarne le potenzialità e i limiti, effettuare simulazioni in un contesto controllato che ricreassero situazioni operative verosimili per diverse realtà aziendali. Grazie alle prove di laboratorio, si comprendono al massimo le potenzialità che i dispositivi sensorizzati offrono, permettendo di definire nella sua totalità e completezza anche il protocollo di campionamento.

Nel corso delle dette prove è stato liberato un intero bancale di 70 sacchi di pellet, dal peso di 15 Kg ciascuno. È importante l'omogeneità nel peso dei sacchi in quanto permette di analizzare al meglio le diverse attivazioni muscolari in funzione, sia del passare del tempo, sia delle diversità di movimenti compiuti per lo sbancamento. I sacchi di pellet sono stati disposti a gruppi di 5 gli uni sopra gli altri, formando 14 strati per un'altezza totale di 170 cm e vengono trasportati per una distanza che può variare da 3,5 m fino a 4,5 m in funzione del punto in cui viene afferrato il sacco. L'altezza di scarico all'arrivo è di 6 cm e ogni sacco di pellet ha uno spessore variabile tra i 10 e 12 cm.

Le movimentazioni per le prove di laboratorio sono state eseguite dal Tesista.

Le movimentazioni di tutti i sacchi di pellet sono state eseguite con modalità differenti. Nei grafici sottostanti, per esempio, viene analizzato il trasporto rispettivamente di n. 10 sacchi di pellet movimentati *volutamente* in modo scorretto e successivamente in modo corretto.

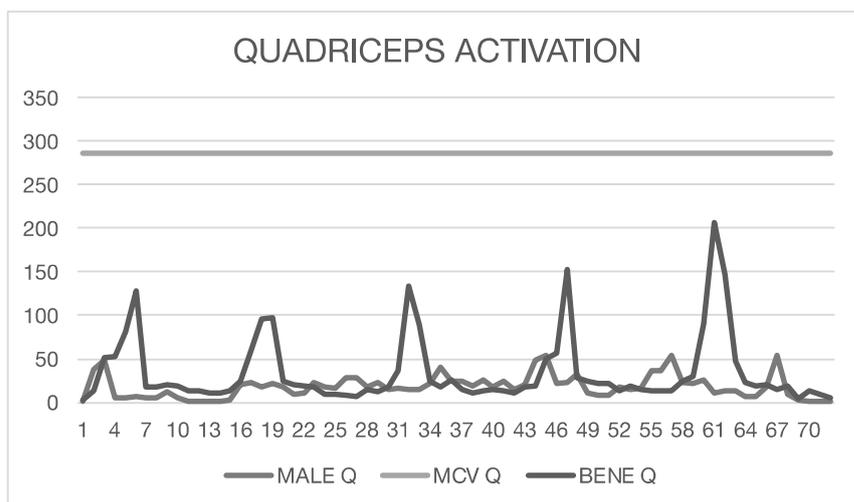
Grafico 3: Attivazione Low Back



Nel grafico è evidente come nelle movimentazioni svolte correttamente (prestando attenzione alla posizione del tronco, piegando le gambe e restando con la schiena in posizione eretta, trasportando il carico mantenendolo accostato al busto) l'attivazione muscolare, soprattutto nei picchi, è minore e quindi l'impegno muscolare in confronto è diminuito.

Degno di nota è il caso dei quadricipiti che, come si può immaginare, evidenziano dei picchi di attivazione nella movimentazione eseguita correttamente dati dalla flessione delle gambe per afferrare i sacchi. Il grafico sottostante lo dimostra:

Grafico 4: Attivazione Quadricipiti



Escludendo i picchi non si notano differenze sostanziali tra le due movimentazioni. I quadricipiti si attivano in media per un 6% della MCV nella movimentazione scorretta, mentre per un 12% nella movimentazione eseguita correttamente. Nel caso dei quadricipiti la MCV è stata eseguita come da protocollo fornito dall'azienda Myontec Ltd, per quel che riguarda la *zona lombare*, invece, non ci sono esercizi di riferimento di massima contrazione volontaria.

Per le prove di laboratorio sono state analizzate anche le attivazioni dei gruppi muscolari degli arti superiori. Non si notano evidenti differenze tra le due movimentazioni oppure casi degni di essere analizzati singolarmente, indi per cui ci si limita ad evidenziare le attivazioni medie (da leggere come attivazioni medie percentuali) dei vari gruppi muscolari rispetto alla MCV di riferimento, mentre i grafici delle attivazioni vengono riportati singolarmente nel Capitolo 8 "Allegati".

Tabella 8: Attivazioni medie rispetto alla MCV di riferimento

	ATTIVAZIONI MEDIE				
	WRIST FLEXORS	WRIST EXTENSOR	TRICEPS	BICEPS	DELTOIDS
MOVIMENTAZIONE CORRETTA	0,11	0,2	0,18	0,1	0,04
MOVIMENTAZIONE SCORRETTA	0,06	0,16	0,18	0,2	0,04

5. Descrizione del contesto aziendale e malattia professionale

Le misure e l'acquisizione dei dati sono state fatte in un'azienda friulana posta ai piedi delle Alpi Carniche che si occupa della lavorazione della carta e specializzata nella produzione di carta alimentare idonea al contatto con gli alimenti, determinante per la protezione e l'igiene degli stessi e nella produzione di carte tecniche per specifiche esigenze, dettate dagli acquirenti. Lo stabilimento si estende per oltre 55000 m², di cui 22000 coperti. Ad oggi l'azienda dà lavoro complessivamente a circa 190 persone, la produzione è a ciclo continuo e utilizza impianti differenziati per soddisfare le esigenze, anche specifiche, che scaturiscono da diversi utilizzi e fasce di mercato.

Il ciclo produttivo della cartiera, sinteticamente, può essere descritto come di seguito: la materia prima, costituita da cellulosa, viene trasferita ad un nastro trasportatore che la invia a uno spappolatore (pulper), al cui interno si realizza la dispersione delle fibre cellulose in acqua e la miscela viene avviata ad una serie di raffinatori (cicloni) che ne permettono l'eliminazione di eventuali impurità, le quali interferirebbero con la formazione della carta. Qui la miscela viene inviata al tino di miscelazione, dove vengono aggiunti coloranti, colle e coagulanti. All'uscita del miscelatore la pasta viene immessa nella macchina continua, un impianto dalle dimensioni imponenti, composta di varie aree: nell'area filtrazione l'impasto viene distribuito su una rete e, mentre avanza, inizia a perdere acqua dando forma ad un foglio umido. Quest'ultimo, nella zona di pressa, passa attraverso dei cilindri che lo spremono facendo sì che perda ulteriore umidità rendendolo di uno spessore uniforme. Successivamente, nella zona seccheria il foglio passa tra una serie di cilindri riscaldati grazie ai quali si asciuga e secca progressivamente. Avanzando ulteriormente, nella zona delle calandre, altri cilindri provvedono a lisciarlo e infine il foglio continuo viene avvolto in grandi anime di supporto. Il processo termina dunque con la formazione di bobine di dimensione e peso variabili in funzione delle richieste della clientela. Una volta che i rotoli di carta si trovano al reparto allestimento, pronti su misura per il cliente, subiscono una spinta da parte dei lavoratori, i quali li fanno rotolare fino alla zona di imballo e pesa. Successivamente viene effettuato lo stoccaggio in magazzino.

Tale operazione, ovvero la spinta dei rotoli di carta dal reparto allestimento (in prossimità della macchina arrotolatrice) sino alla zona di imballo e pesa, è l'operazione prescelta per l'analisi: in funzione delle richieste del cliente l'attività può essere ripetuta anche per 50 volte nel turno di lavoro con un carico non indifferente per i vari distretti muscolari.

La scelta di analizzare tale attività è ricaduta anche in virtù del fatto che è giunta una denuncia di malattia professionale, poi riconosciuta, causata da sovraccarico biomeccanico: ernia discale lombare.

Le ernie discali lombari rappresentano una patologia della colonna vertebrale lombare, che provoca comparsa di dolore, anche molto importante, ed inefficienza nella vita quotidiana sia lavorativa, sia domestica o di divertimento.

È una patologia invalidante e comporta la necessità di riposo. L'ernia discale può verificarsi in qualunque tratto della colonna vertebrale, ma la più alta frequenza spetta al tratto lombare e specialmente al disco compreso tra la quarta e quinta vertebra lombare (L4-L5).

Il disco intervertebrale è un "cuscinetto ammortizzatore" interposto tra una vertebra e l'altra. La sua forma è pari a quella del corpo vertebrale (ovalare) ed è costituito da due parti ben distinte: un anello fibroso esterno ("l'anulus") che racchiude una parte interna, di consistenza molle (il nucleo polposo del disco). La funzione del nucleo polposo è di rispondere alle sollecitazioni delle forze agenti sulla colonna sia in compressione, sia in rotazione, sia in flessione-estensione e di distribuirle in modo uniforme a tutto il disco ed il legamento.

Tuttavia, quando si parla di "ernia del disco", molte sono le definizioni associate: bulging o protrusione, ernia contenuta, ernia espulsa, ernia migrata, etc. Nella protrusione discale si ha una deformazione dello strato più esterno di un disco intervertebrale della colonna, tale per cui quest'ultimo risulta schiacciato e fuori asse rispetto agli altri dischi intervertebrati sani. Nell'ernia discale, come abbiamo visto, l'anello fibroso si rompe sotto la spinta del nucleo polposo e fuoriesce.

Le varie sottocategorie sono:

- *Ernia contenuta*: le fibre più esterne dell'anello fibroso sono ancora integre mentre sono interrotte quelle più interne;
- *Ernia espulsa*: in cui tutte le fibre sono interrotte ed il nucleo può, a sua volta, rompere anche il **legamento longitudinale** nell'ernia espulsa trans-legamentosa oppure no nell'ernia espulsa sotto-legamentosa;
- *Ernia migrata*: a seconda se il frammento di disco espulso "migra" verso l'alto, verso il basso o lateralmente.

Le ernie discali possono verificarsi in qualunque tratto della colonna vertebrale: cervicale dorsale e lombare. Il tratto comune tra le varie sedi è la comparsa del dolore e, a seconda della sede, il dolore verrà definito come brachialgia (tratto cervicale), dorsalgia (tratto dorsale) o sciatalgia (tratto lombare).

Le cause sono varie, tra le principali vi sono:

- *esercizio fisico particolarmente intenso*
- *mancaza di attività*
- *sollevamento di carichi pesanti* con postura scorretta del corpo (specialmente a seguito di lavori fisicamente impegnativi)
- *vibrazioni*, dovute alla guida di autoveicoli (soprattutto se costante e prolungata) o dall'utilizzo di attrezzature manuali (elettriche e pneumatiche in genere)
- *gravidanza*
- *lavori sedentari*
- *attività lavorative*, che implicano sollevare, tirare, spingere, flettere lateralmente e ruotare ripetutamente la schiena
- *movimenti ripetitivi*

Oltre ai fattori già enunciati ne esistono altri di tipo individuale quali età, peso in eccesso, fumo e altezza.

6. Prove sul campo

Com'è già stato annunciato nel capitolo precedente le prove sul campo sono state effettuate in una cartiera e riguardano la spinta di rotoli di carta in modalità differenti.

I rotoli in questione sono due.

Il Rotolo 1, utilizzato nella prima movimentazione, presenta le seguenti caratteristiche:

- Peso: 668 Kg
- Diametro esterno: 80 cm
- Lunghezza: 110 cm

Il Rotolo 2, utilizzato nella seconda movimentazione, presenta le seguenti caratteristiche:

- Peso: 2835 Kg
- Diametro esterno: 116 cm
- Lunghezza: 204 cm

Il lavoratore che si è occupato delle movimentazioni:

- Sesso: Maschile
- Et : 53 anni
- Altezza: 178 cm
- Peso: 91 Kg
- Anzianit  di servizio: 3,5 anni

Appartiene al “Reparto Allestimento” ed   adibito alla mansione di “Addetto Spedizioni e Imballi”. In totale nel reparto sono presenti 65 lavoratori e per tale mansione ne sono impiegati 10, organizzati su tre turni lavorativi.

I rotoli di carta vengono spinti lungo una distanza di 9,2 m.

In funzione delle richieste del cliente si arriva a spingere anche 40 rotoli di carta per turno lavorativo qualora si tratti di rotoli di dimensioni minori, altrimenti all’aumentare delle dimensioni dei rotoli il numero cala di conseguenza.

Nelle operazioni di spinta dei rotoli di carta sono state analizzate diverse modalit  di spinta, entrambe precedute dalla MCV funzionale.

Tabella 9: MCV funzionali - Movimentazione 1 e Movimentazione 2

	MCV											
	W_FLEXORS	W_EXTENSORS	TRICEPS	BICEPS	DELTOIDS	TRAPEZIUS	PECTORALIS	L_DORSI	LOW_BACK	QUADRICEPS	HAMSTRING	GLUTEUS
MOV. 1	109	310	109	127	331	457	81	72	39	52	53	86
MOV. 2	56	196	79	103	215	521	94	78	38	74	104	124

La tabella mostra i risultati derivanti da entrambe le prove di MCV (una per movimentazione), suddivise per distretto muscolare.

La prima movimentazione   composta di diverse modalit  di spinta, nell’ordine:

1. Spinta Standard
2. Spinta su Culla
3. Spingirotolo²⁴ (scarico)
4. Spingirotolo (carico)
5. Spinta di schiena

²⁴ Spingirotolo: dispositivo elettrico utilizzato per spostare i rotoli di carta da un punto ad un altro dell’azienda, con l’obiettivo di ridurre l’impegno muscolare.

La seconda movimentazione è così composta:

1. Spinta Standard (2 lavoratori)
2. Spingirotolo (carico)
3. Spinta di schiena (2 lavoratori)

Si procede ora con l'analisi delle movimentazioni prendendo in considerazione per ciascuna di queste i gruppi muscolari più significativi. Per i restanti gruppi muscolari si rimanda al Capitolo 8 "Allegati"

1. Movimentazione 1 "Spinta standard"

Grafico 5: Hamstrings - Movimentazione 1 "Spinta standard"

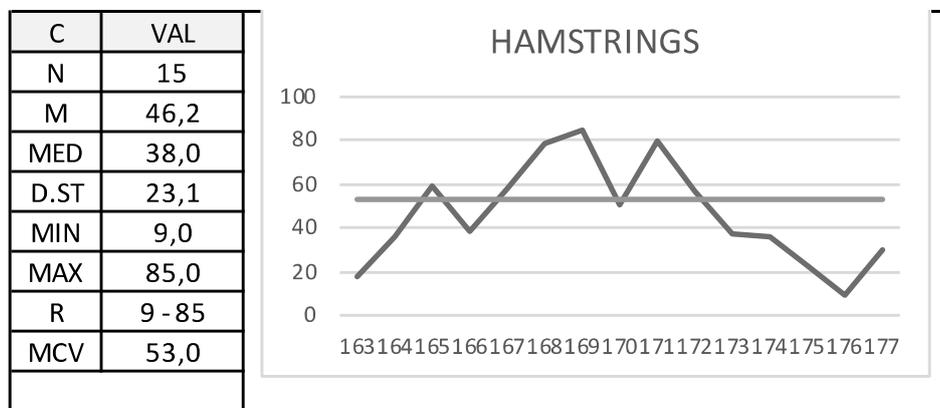
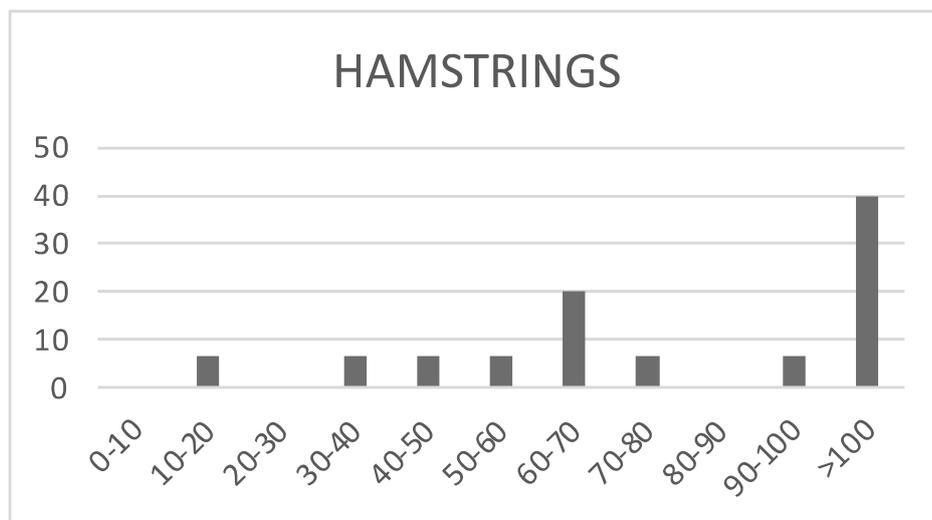


Grafico 6: %Attivazione/MCV – Movimentazione 1 "Spinta Standard"



Nella modalità “Spinta Standard” si può notare come il gruppo muscolare dei flessori della coscia sia attivo per buona parte del tempo in percentuali che superano i valori di riferimento delle MCV. Anche nella fascia di attivazione percentuale tra il 60% e il 70% si trovano per una parte di tempo significativa.

Al fatto che i gruppi muscolari siano attivi in percentuali maggiori rispetto alla Massima Contrazione Volontaria si può rispondere sostenendo che la MCV di tipo isometrico rappresenta un dato definito come sub-massimale e che quindi può essere superato con azioni di tipo balistico, come riportato nei paragrafi precedenti.

La durata delle operazioni è 15 secondi (N), il range di attivazioni va da 9 μV a 85 μV (R), l’attivazione media è pari a 46,2 μV (M), la mediana (MED) delle attivazioni è 38 μV , mentre la deviazione standard (D.ST) è pari a 23,1 μV .

Grafico 7: Triceps - Movimentazione 1 "Spinta Standard"

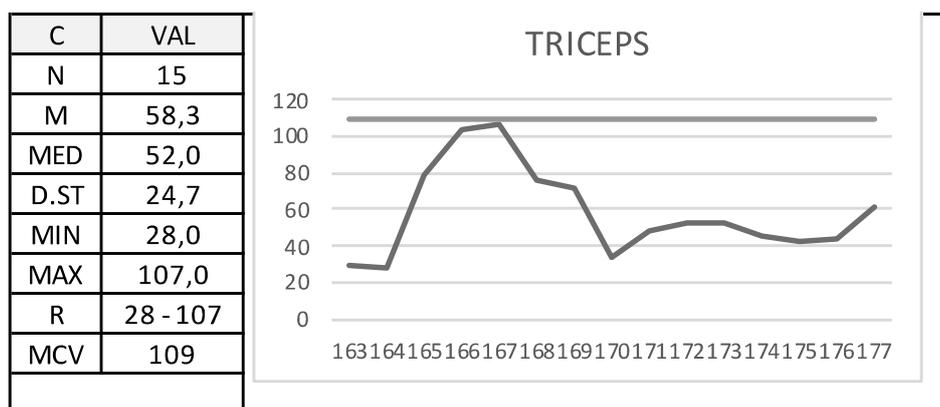
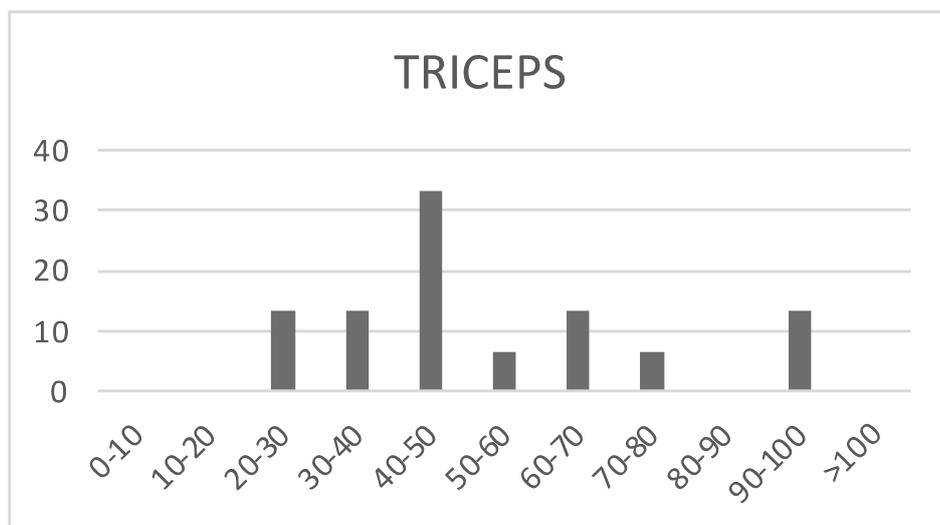


Grafico 8: %Attivazione/MCV – Movimentazione 1 “Spinta Standard”



Per quel che riguarda il gruppo muscolare dei tricipiti, essi passano la maggior parte del tempo attivi nella fascia compresa tra il 40% ed il 50% rispetto alla MCV di riferimento e non risultano mai attivi nelle fasce percentuali tra 0-20%, 80-90% e oltre al 100%. Ciò significa che la MCV non è mai stata superata per questa operazione. L'attivazione media è 58,3 μ V, in un range che va da 28 μ V a 107 μ V.

2. Movimentazione 1 “Spinta su Culla”

Grafico 9: Triceps - Movimentazione 1 "Spinta su Culla"

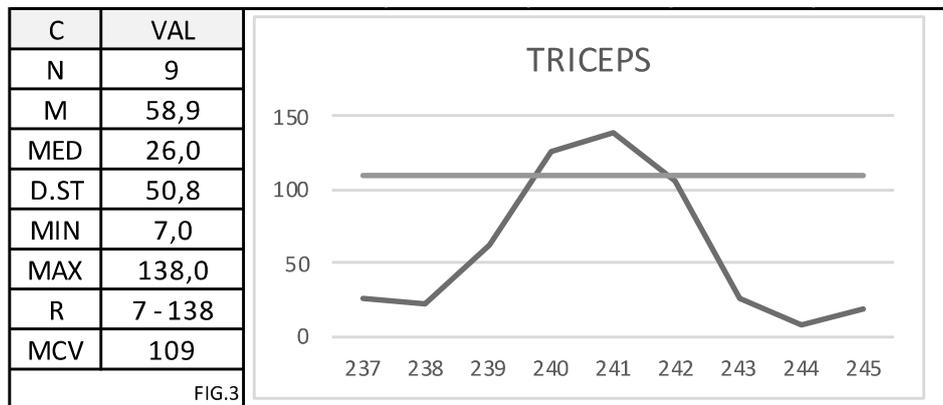
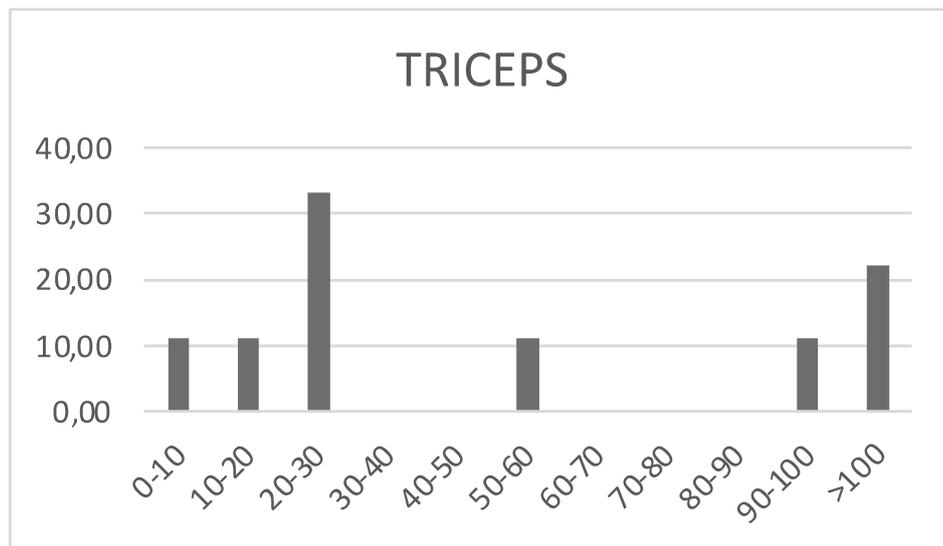


Grafico 10: %Attivazione/MCV Movimentazione 1 "Spinta su Culla"



Il gruppo muscolare dei tricipiti nella modalità “Spinta su Culla” presenta un range di attivazione compreso tra 7 e 138 μ V, l'attivazione media è pari a 58,9 μ V e passa la maggior parte del tempo nella fascia di attivazione tra il 20% e il 30% rispetto alla MCV di

riferimento. Viene superata la MCV e i tricipiti non risultano mai attivi nelle fasce dal 30% al 50% e dal 60% al 90% del proprio riferimento.

3. Movimentazione 1 “Spingirotolo (scarico)”

Le due situazioni riguardanti le modalità di spinta effettuate con lo spingirotolo sono sovrapponibili, quindi ci si limita ad analizzare un caso soltanto. Il gruppo muscolare che merita di essere analizzato riguarda quello dei tricipiti: è lampante la differenza di attivazioni rispetto alle due modalità di spinta precedenti, non si superano mai la MCV e per la maggior parte le attivazioni si trovano nella fascia dallo 0% al 10% rispetto alla MCV di riferimento. L’attivazione media è pari a 8,1 μV e il range di attivazioni va da 3 μV a 32 μV rispetto ad una massima contrazione volontaria di 109 μV .

Grafico 11: Triceps - Movimentazione 1 "Spingirotolo (scarico)"

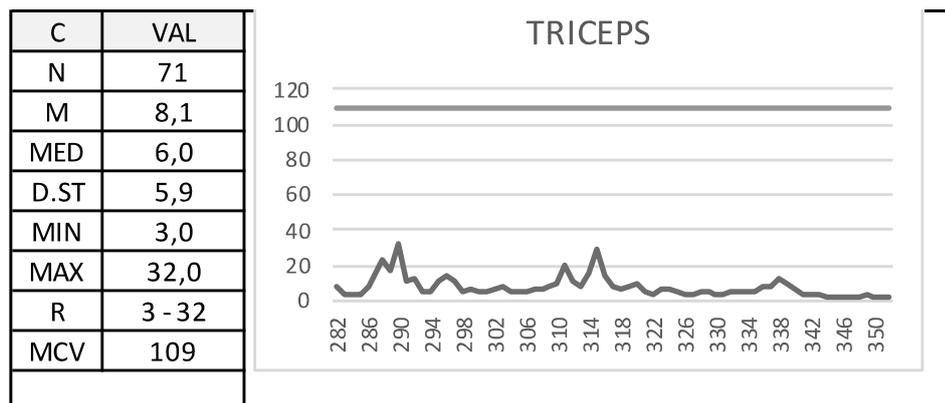
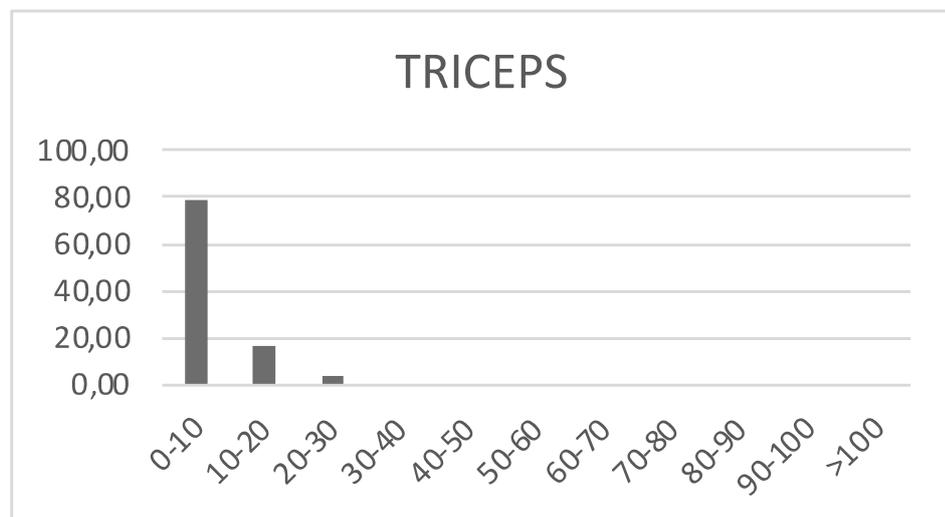


Grafico 12: %Attivazione/MCV Movimentazione 1 "Spingirotolo (scarico)"



In generale, nelle modalità di spinta che coinvolgono l'utilizzo dello spingirotolo, si nota un'attivazione minore rispetto alle altre modalità per quel che riguarda la parte superiore del corpo, mentre i gruppi muscolari, soprattutto delle gambe (glutei, quadricipiti e flessori della coscia), restano mediamente piuttosto attivi.

4. Movimentazione 1 "Spinta di schiena"

L'ultima modalità analizzata riguarda la spinta dei rotoli di carta inizialmente "di schiena", ovvero rivolgendo la schiena al rotolo e spingere facendo leva sui quadricipiti, sperando di ottenere un minor impegno muscolare della zona lombare, nel dettaglio:

Grafico 13: Low back - Movimentazione 1 "Spinta di schiena"

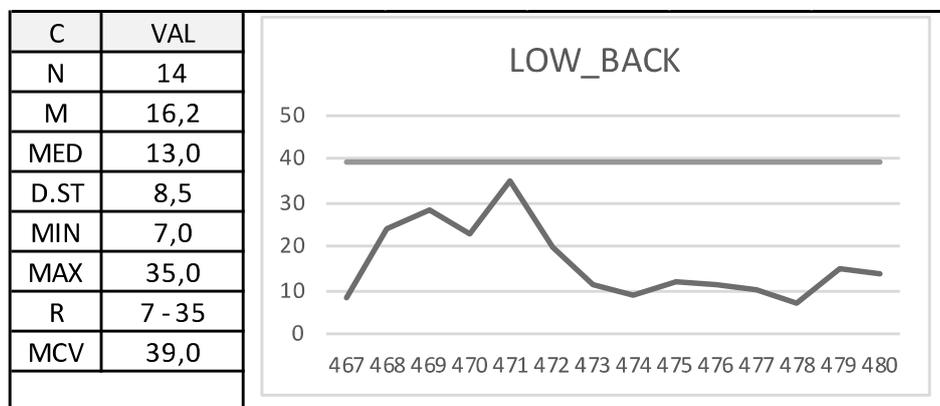
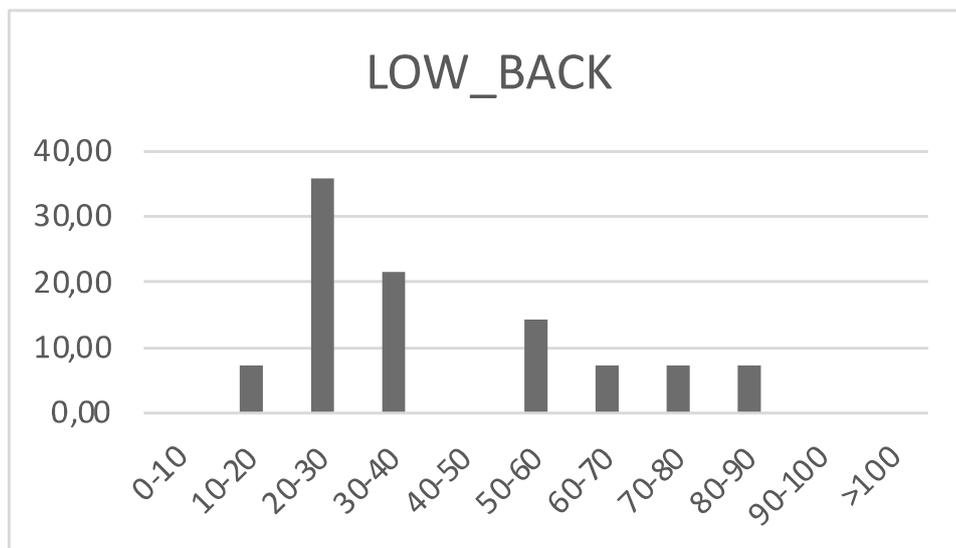


Grafico 14: %Attivazione/MCV Movimentazione 1 "Spinta di schiena"



Come si nota dai Grafici 13 e 14 la zona lombare si attiva in range da 5 a 35 μV , l'attivazione media è pari a 16,2 μV e si attiva per la maggiore nella fascia di attivazione compresa tra il 20% e il 30% della Massima Contrazione Volontaria di riferimento. Non si attiva mai sopra al 90%, comunque non distante dalla propria MCV.

Singolare il caso dei quadricipiti: essi mostrano una maggior attivazione all'inizio e alla fine della movimentazione, momenti che coincidono con l'inizio della spinta del rotolo e con la fine delle operazioni di spinta, quando il moto del rotolo viene arrestato.

Grafico 15: Quadriceps - Movimentazione 1 "Spinta di schiena"

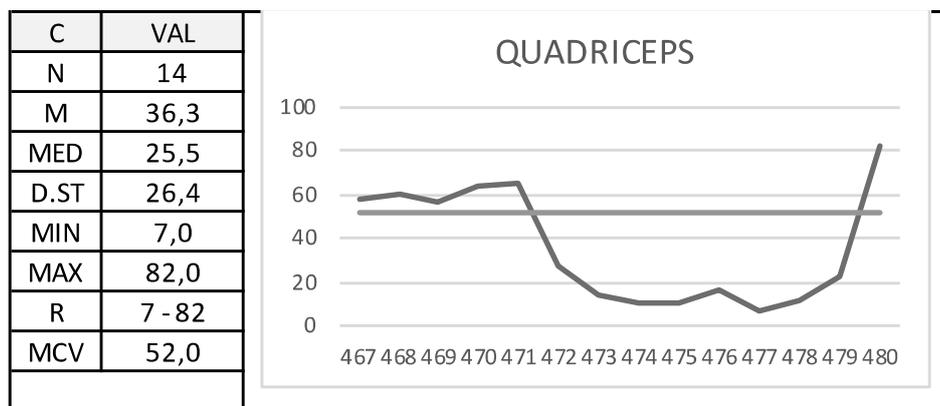
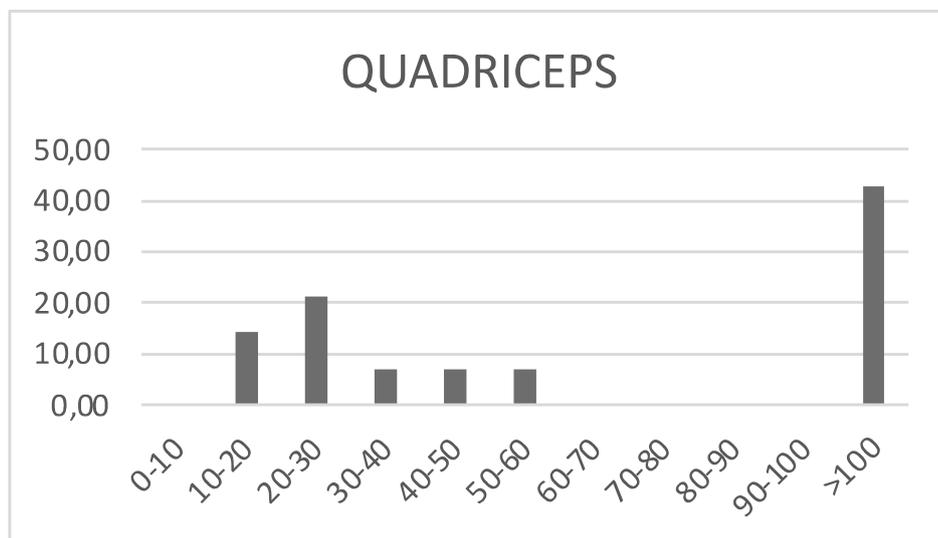


Grafico 16: %Attivazione/MCV Movimentazione 1 "Spinta di Schiena"



Si procede ora con l'analisi della seconda movimentazione, la quale coinvolge il Rotolo 2. Tutte le movimentazioni per questo tipo di rullo vengono svolte da una coppia di lavoratori con eccezione per la modalità di spinta che prevede l'utilizzo dello spingirotolo, simulando quel che accade nelle normali giornate lavorative.

1. Movimentazione 2 "Spinta Standard" + "Spingirotolo (carico)"

Nello specifico caso si mettono a confronto le attivazioni muscolari dei tricipiti nella modalità di spinta standard e con l'utilizzo dello spingirotolo.

Grafico 17: Triceps - Movimentazione 2 "Spinta Standard"

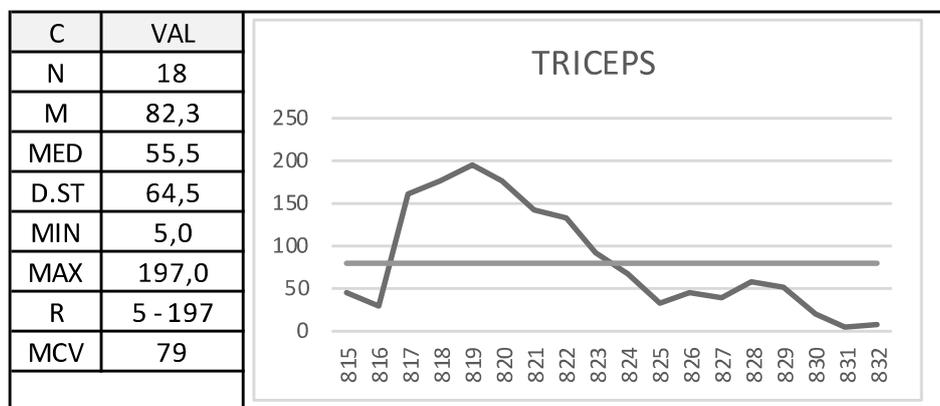


Grafico 18: %Attivazione/MCV Movimentazione 2 "Spinta Standard"

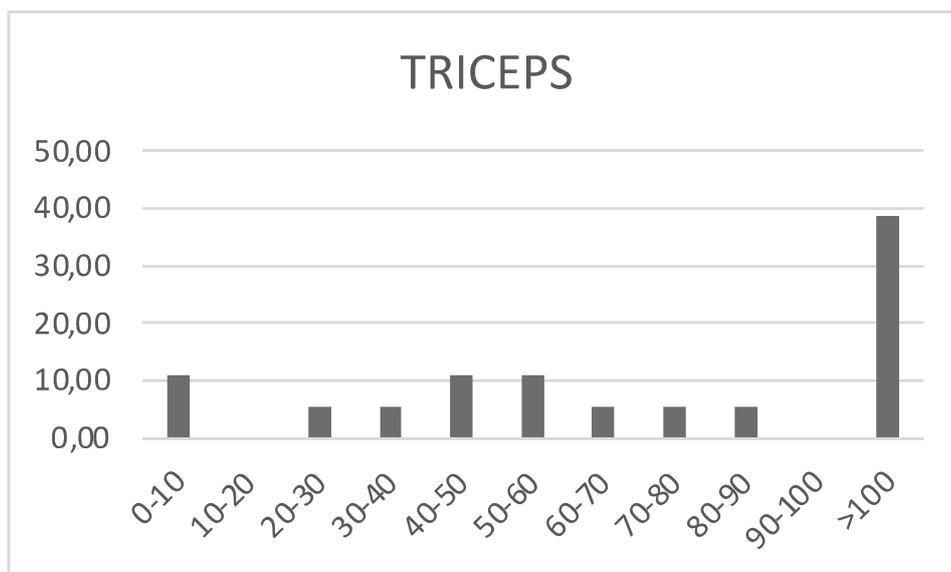


Grafico 19: Triceps - Movimentazione 2 "Spingirotolo (carico)"

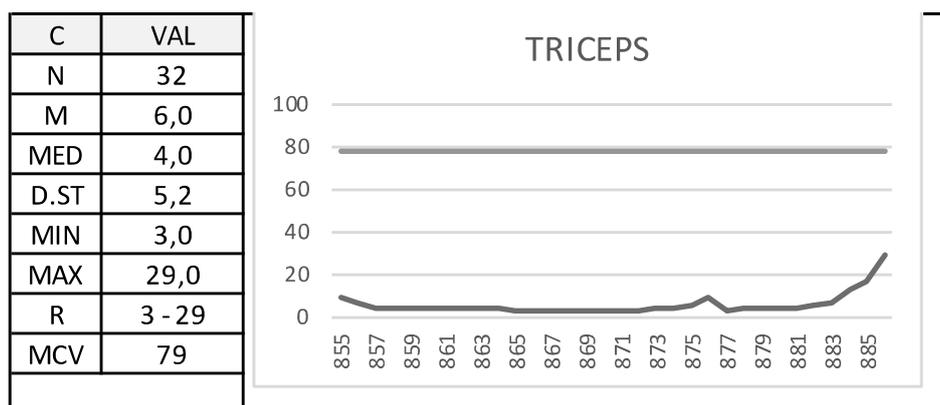
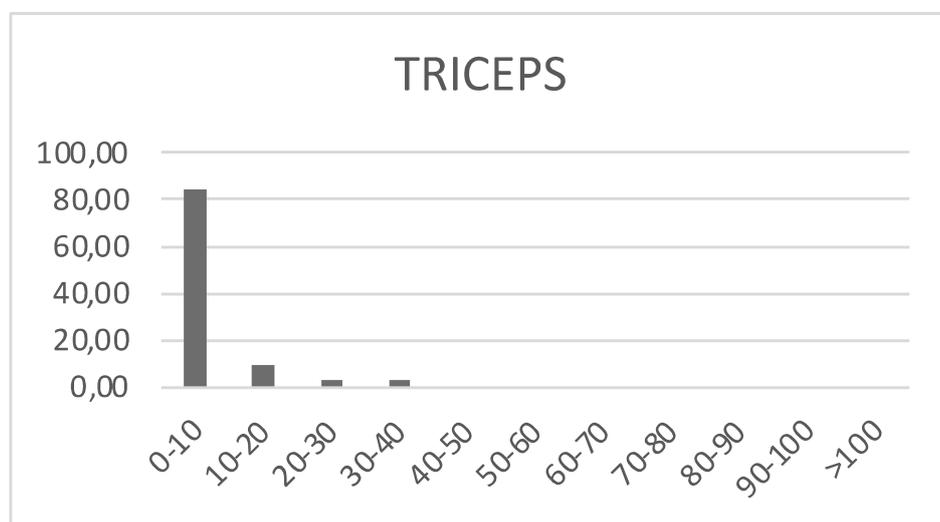


Grafico 20: %Attivazione/MCV Movimentazione 2 "Spingirotolo (carico)"



L'introduzione della misura di prevenzione nel caso dei tricipiti porta i suoi evidenti frutti: si passa da un'attivazione media di 82,3 μV a una di 6 μV .

Il range di attivazione nella modalità di spinta "standard" va da 5 μV a 197 μV , mentre con l'introduzione dello spingirotolo il range di attivazione è minimo, da 3 μV a 29 μV e l'attivazione non supera mai il 40% della MCV di riferimento.

2. Movimentazione 2 “Spinta di Schiena”

Per la fase della “spinta di schiena”, viene analizzata l’attivazione della zona lombare:

Grafico 21: Low Back Movimentazione 2 "Spinta di schiena"

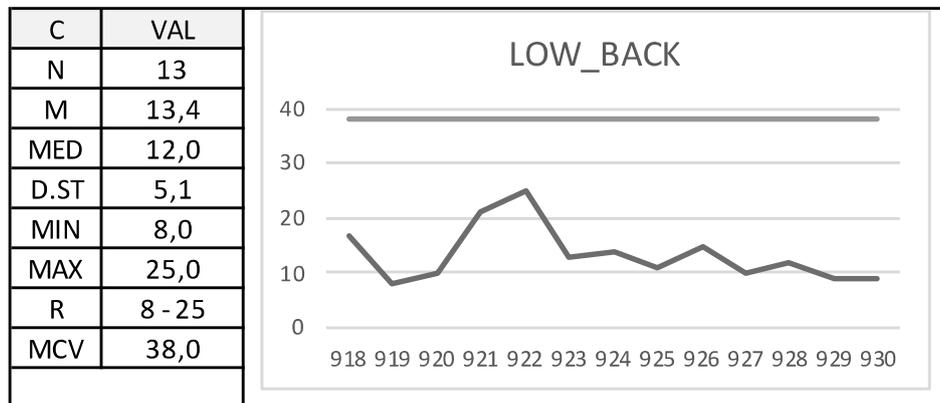
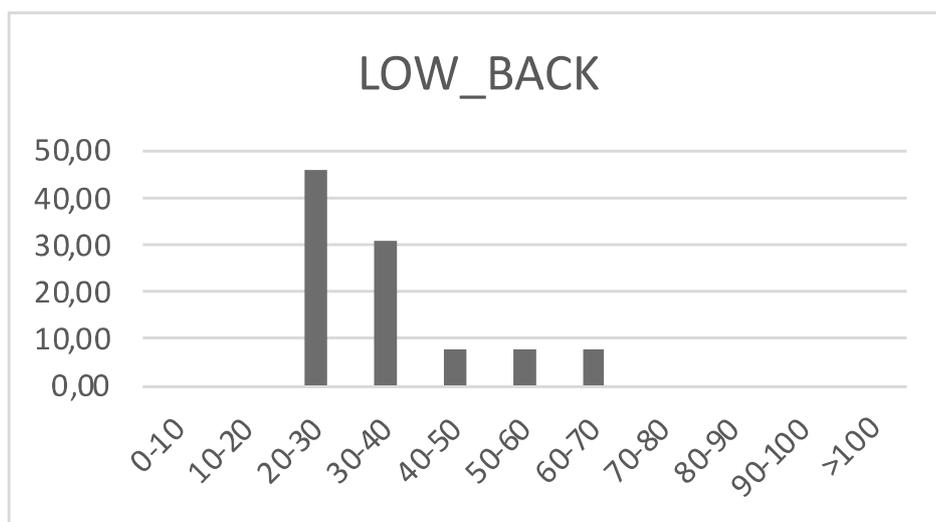


Grafico 22: %Attivazione/MCV Movimentazione 2 "Spinta di schiena"



Per quel che riguarda la zona lombare, nell’ultima modalità di spinta del Rotolo 2, il range di attivazione va da 8 μ V a 25 μ V, con una media di 13,4 μ V. In percentuale non si attiva mai sotto al 20% così come non si attiva mai sopra al 70% della massima contrazione volontaria di riferimento.

5) Risultati

Gli indumenti sensorizzati ci permettono di valutare che impatto hanno gli interventi migliorativi sulle condizioni di lavoro cui i lavoratori sono sottoposti.

La legenda utile per la lettura delle tabelle 10 e 11 si trova nel Capitolo 8 “Allegati”.

Tabella 10: Attivazione media Movimentazione 1

	ATTIVAZIONE MEDIA - MOVIMENTAZIONE 1											
	W_F	W_E	TR	B	D	T	P	L_D	L_B	Q	H	G
SPINTA STANDARD	52,8	77,6	58,3	33,4	90,3	53,4	23,6	15,0	11,7	15,7	46,2	26,6
SPINTA SU CULLA	45,2	72,8	58,9	45,6	97,2	56,7	19,0	17,7	11,6	22,0	30,3	19,8
SPINGIROTOLO SCARICO	14,5	47,6	8,1	39,1	13,7	15,5	10,4	8,2	8,7	6,3	15,1	13,3
SPINGIROTOLO CARICO	12,9	35,5	9,5	29,2	15,4	12,7	5,9	4,5	8,8	7,3	23,2	10,8
SPINTA DI SCHIENA	29,8	76,9	48,6	25,8	47,6	44,8	11,6	15,5	16,2	36,3	35,1	24,9

Le caselle evidenziate di verde mostrano l’impatto che ha la misura di prevenzione (Spingirotolo nello specifico) rispetto alle altre modalità di spinta per quel che riguarda la Movimentazione 1. Si nota una diminuzione nell’attivazione media dei vari gruppi muscolari, ciò significa che il suo utilizzo comporta un miglioramento nelle condizioni di lavoro, di conseguenza lo sforzo muscolare si riduce impattando positivamente anche sulla probabilità di andare in contro ad insorgenza di patologie correlate al sovraccarico biomeccanico. Per quel che riguarda la modalità di spinta “di schiena” non si segnalano diminuzioni significative nell’attivazione della zona lombare.

Tabella 11: Attivazione media Movimentazione 2

	ATTIVAZIONE MEDIA - MOVIMENTAZIONE 2											
	W_F	W_E	TR	B	D	T	P	L_D	L_B	Q	H	G
SPINTA STANDARD	38,4	61,4	82,3	29,6	103,8	74,6	13,6	15,2	13,0	19,8	30,1	18,8
SPINGIROTOLO CARICO	12,7	44,2	6,0	29,4	10,6	9,9	6,0	4,3	8,8	6,0	18,2	12,1
SPINTA DI SCHIENA	44,7	56,0	83,5	27,2	96,1	69,8	14,1	20,4	13,4	44,8	25,6	20,5

Nella seconda movimentazione si nota distintamente l’impatto che lo spingirotolo ha sui vari distretti muscolari. Balza all’occhio il caso dei Deltoidi (D) che passano da un’attivazione media pari a 103,8 μ V a una pari a 10,6 μ V. Anche i restanti gruppi muscolari subiscono una netta diminuzione nell’attivazione media.

Nonostante i netti miglioramenti nelle condizioni di lavoro con l’utilizzo dello spingirotolo, quest’ultimo continua a non essere utilizzato a sufficienza in quanto i lavoratori lamentano un rallentamento delle attività. La spinta con l’ausilio risulta molto più lenta della spinta in modalità “standard”. Bisognerebbe studiare il corretto

compromesso tra ritmi produttivi e condizioni lavorative pensando, magari, ad un'evoluzione dello Spingiroto a beneficio sia della produzione che della salute e sicurezza dei lavoratori, ma questo va oltre allo scopo della presente Tesi.

6) Conclusioni

Alla luce di quanto emerso nel presente lavoro di Tesi, si può affermare che gli indumenti sensorizzati, già ampiamente in uso in ambiti sportivi, hanno un futuro promettente anche in campo occupazionale. Sicuramente sono necessari dei progressi nella vestibilità, nella connettività e nell'utilizzo continuativo nel tempo, in quanto si è notato che dopo circa mezz'ora di funzionamento senza interruzioni il segnale che indica l'ampiezza delle attivazioni tende a calare, quasi perdesse di sensibilità. Sono ancora necessari numerosi studi e sperimentazioni sul campo per determinarne l'efficacia e l'effettivo beneficio, ma lo studio portato a compimento è di buon auspicio per eventuali applicazioni future, in modo particolare per la valutazione di eventuali interventi migliorativi e al fine di riprogettare le postazioni di lavoro in un'ottica di *"human centered workplaces"*.

Sicuramente l'elevata replicabilità e ripetibilità dei campionamenti in svariati campi sono qualità che i dispositivi in oggetto possiedono e difficilmente passano inosservati.

I detti indumenti sensorizzati possono essere spendibili per diverse realtà, dall'industria alla consulenza, a seguito di un adeguato periodo di formazione e addestramento che favoriscano l'utilizzo delle presenti tecnologie.

La diffusione dei DMS correlati ad attività lavorative non è un fenomeno di poco conto e un eventuale sviluppo di questa tecnologia nell'ambito della prevenzione è auspicabile porti a dei benefici concreti per quel che riguarda la valutazione dello sforzo muscolare, al fine della riprogettazione delle attività lavorative più dispendiose.

7) Bibliografia

1. Documenti Istituzionali

INAIL (2022). Dati INAIL

Andamento degli Infortuni sul Lavoro e delle Malattie Professionali

INAIL (2021). Tabelle Nazionali con cadenza semestrale

Analisi della numerosità delle Malattie Professionali

INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Conoscere il rischio – Operazioni di Traino e Spinta. Le Tabelle delle Malattie professionali

INAIL (2019). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Conoscere il rischio – Movimentazione Manuale dei Carichi. La norma tecnica UNI ISO 11228.1 “Lifting and Carrying”

INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Conoscere il rischio – Operazioni di Traino Spinta. La norma tecnica UNI ISO 11228-2

INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Conoscere il rischio – Movimenti Ripetuti degli Arti Superiori. La norma tecnica UNI ISO 11228-3

INAIL (2017). Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Conoscere il rischio – Movimentazione Manuale dei Carichi. Il technical report ISO/TR 12295:2014

EU-OSHA (2019). European Risk Observatory Report

Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU

2. Sitografia

INAIL – Infortuni e Malattie Professionali, gli Opend Data mensili Inail del 2021

<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/sala-stampa/comunicati-stampa/com-stampa-open-data-2021.html>

SENTENZA n.179 del 1988

<https://www.giurcost.org/decisioni/1988/0179s-88.html>

Scala di Borg: Scala di Percezione dello Sforzo

<https://www.fisioscience.it/blog/scala-di-borg/>

Pagina Web Puntoicuro.it. Le Novità della nuova UNI ISO 11228-1:2022

<https://www.puntosicuro.it/pubbliredazionale-C-119/ergonomia-conosciamo-le-novita-della-nuova-uni-iso-11228-1-2022-AR-22245/>

Pagina Web Puntoicuro.it. Movimentazione Manuale: la norma UNI ISO 11228-2

<https://www.puntosicuro.it/movimentazione-carichi-C-44/movimentazione-manuale-la-norma-uni-iso-11228-2-AR-16911/>

Pagina Web Ottouno.it. Valutazione Posture Statiche: la norma UNI ISO 11226

<https://ottouno.it/valutazione-delle-posture-statiche-la-norma-uni-iso-11226/>

Pagina Web del Progetto Europeo SENIAM

<http://www.seniam.org/>

Pagina Web di Myontec Ltd, produttore dei dispositivi sensorizzati.

<https://www.myontec.com>

Pagina Web Azienda Sanitaria Universitaria Giuliano Isontino (ASU GI). Ernie Discali

http://www.aots.sanita.fvg.it/aots/infocms/repositpubbl/table34/22/allegati/ernie_discali.pdf

3. Articoli e Studi

Livia Di Stefano, Dario Fontana. “*Disturbo muscolo-scheletrici e lavoro: una mappatura critica*”. Quaderni Fondazione Marco Biagi – Ricerche (2017)

Mosso A, “*La Fatica*”. Milano: Treves, 1981

Boksem MA, Tops M. “*Mental fatigue: costs and benefits.*” *Brain Res Rev.* 2008;59(1):125 – 139

Marcora SM, Staiano W, Manning V. “*Mental fatigue impairs physical performance in humans.*” *J Appl Physiol* (1985). 2009;106(3):857 – 864

SNOOK, Stover H. and CIRIELLO, Vincent M., 1991. “*The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces*”. *Ergonomics*, 34:9, 1197 – 1213

F. Draicchio, A. Silveti, A. Ranavolo. “*Il contributo dell’elettromiografia di superficie (sEMG) alla valutazione del rischio biomeccanico nelle attività industriali*” *Med-Lav Erg* 2011; 33:3, 226 – 229

F. Draicchio, G. Chini, A. Marchesi, A. Silveti, A. Ranavolo. “*Valutazione tecnico-scientifica con elettromiografia di superficie (sEMG) dell’impegno muscolare di un operatore sanitario durante la movimentazione di un paziente non collaborante con un solleva pazienti carrellato e uno a soffitto*”. Arjo White Paper, INAIL.

P. Konrad, “*The abc of emg*”, *Pract. Introd. Kinesiol. Electromyogr.*, vol. 1, pagg. 30–35, 2005.

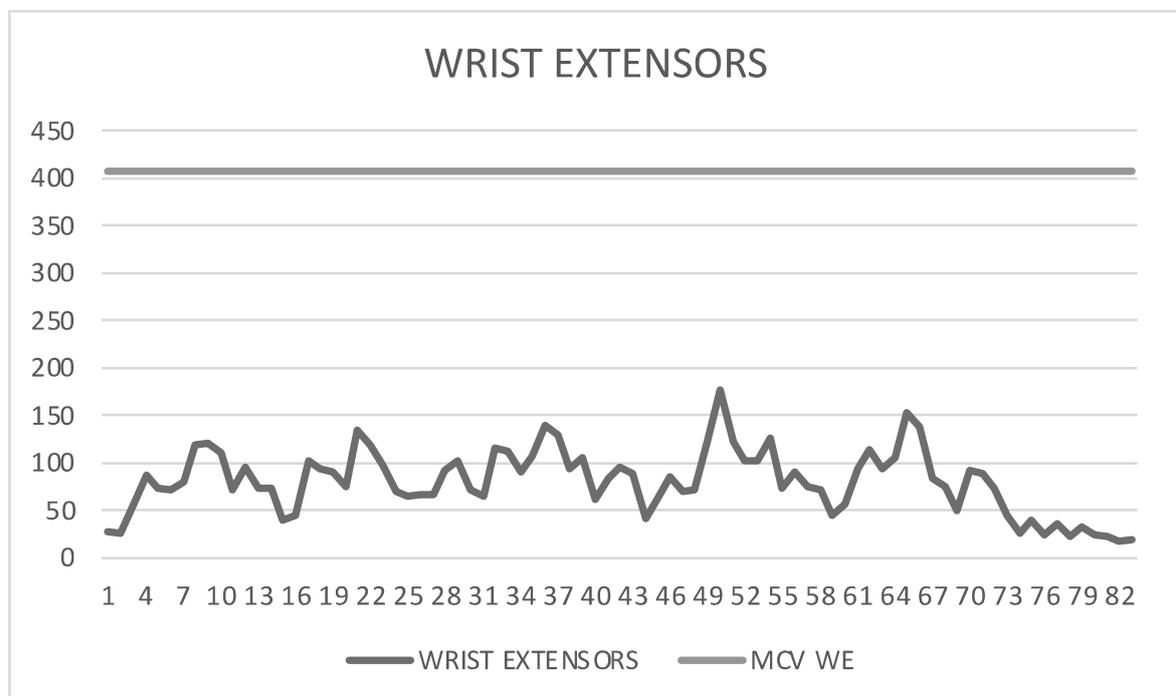
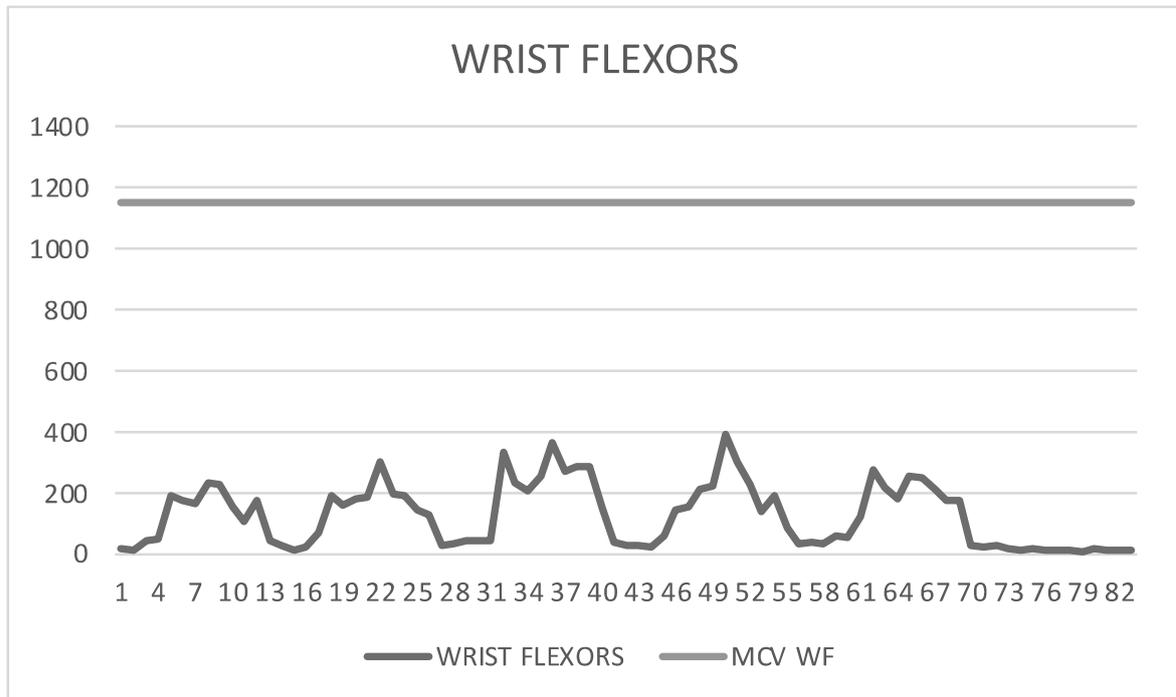
R. Merletti e P. Parker, “*Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications*”. Hoboken: Wiley-Interscience, 2004.

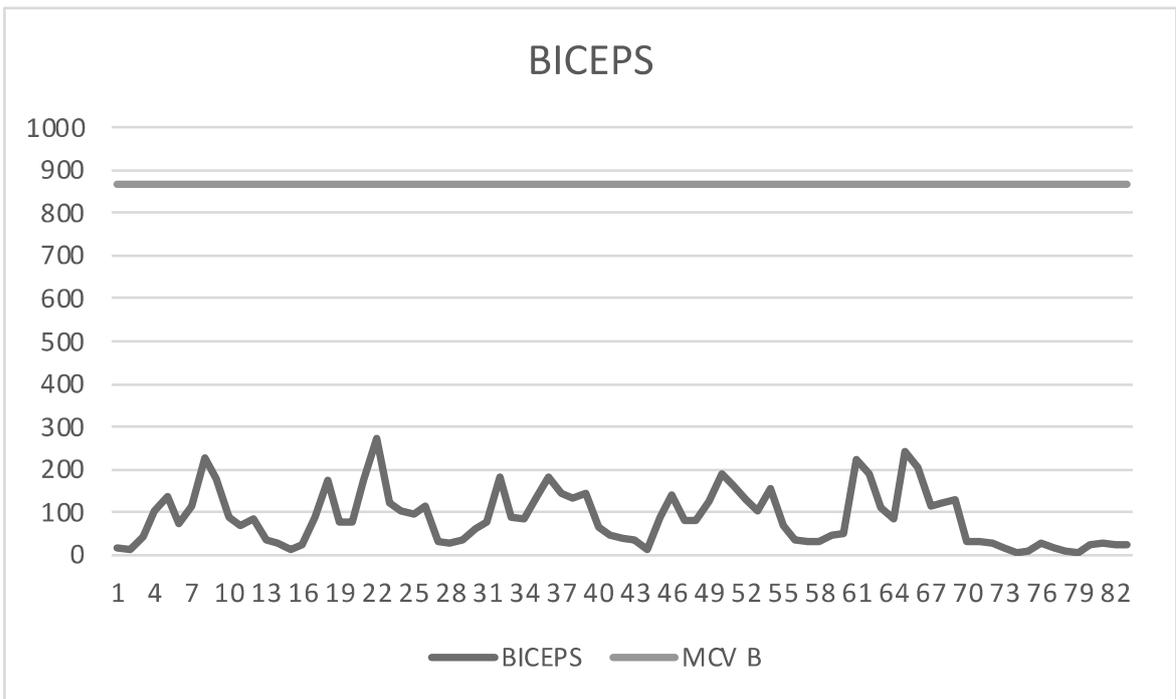
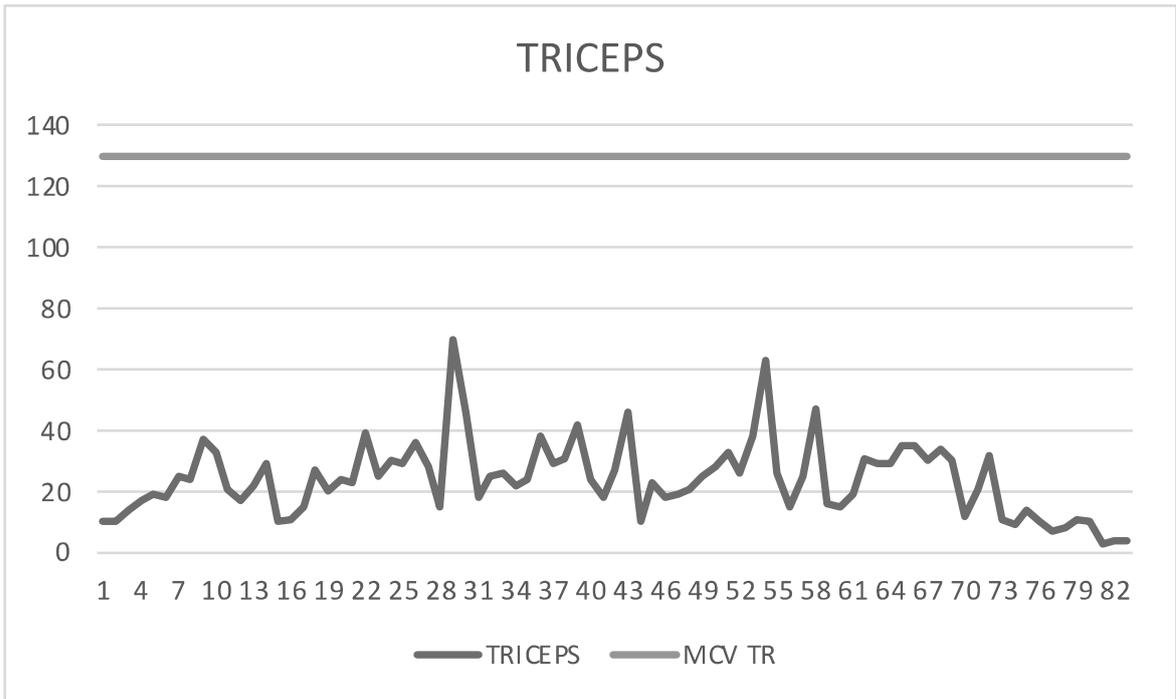
L. Pigni, D. Colombini, M. Rabuffetti, M. Ferrarin. “*Tecniche di acquisizione ed analisi del segnale elettromiografico per lo studio del sovraccarico biomeccanico occupazionale*”. Fondazione Don Gnocchi – Onlus, Milano (2010).

8) Allegati

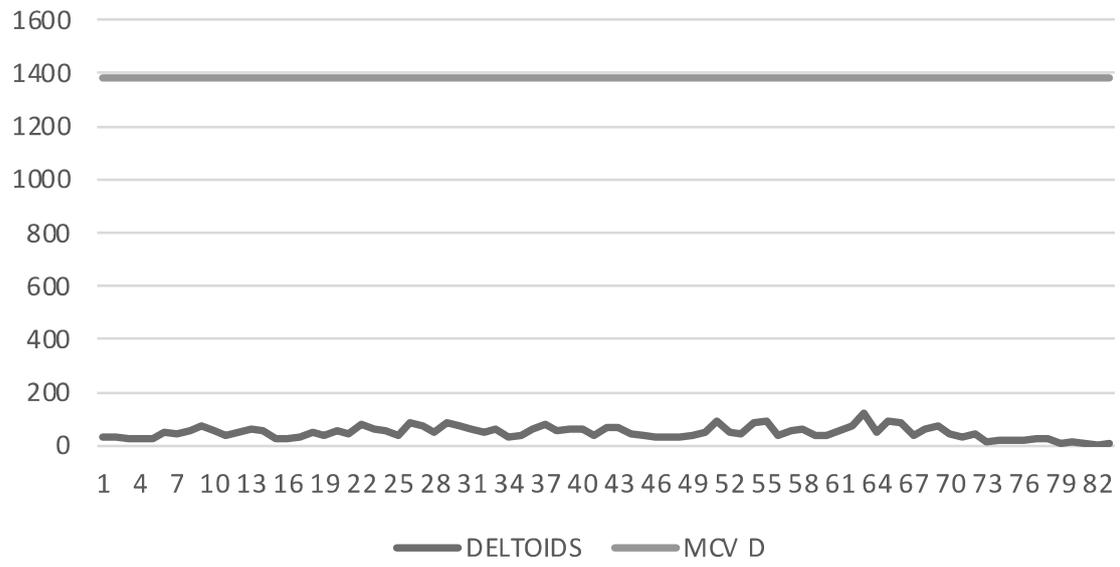
Allegato 1 - Prove di Laboratorio

Grafici delle movimentazioni eseguite *volutamente* nel modo corretto

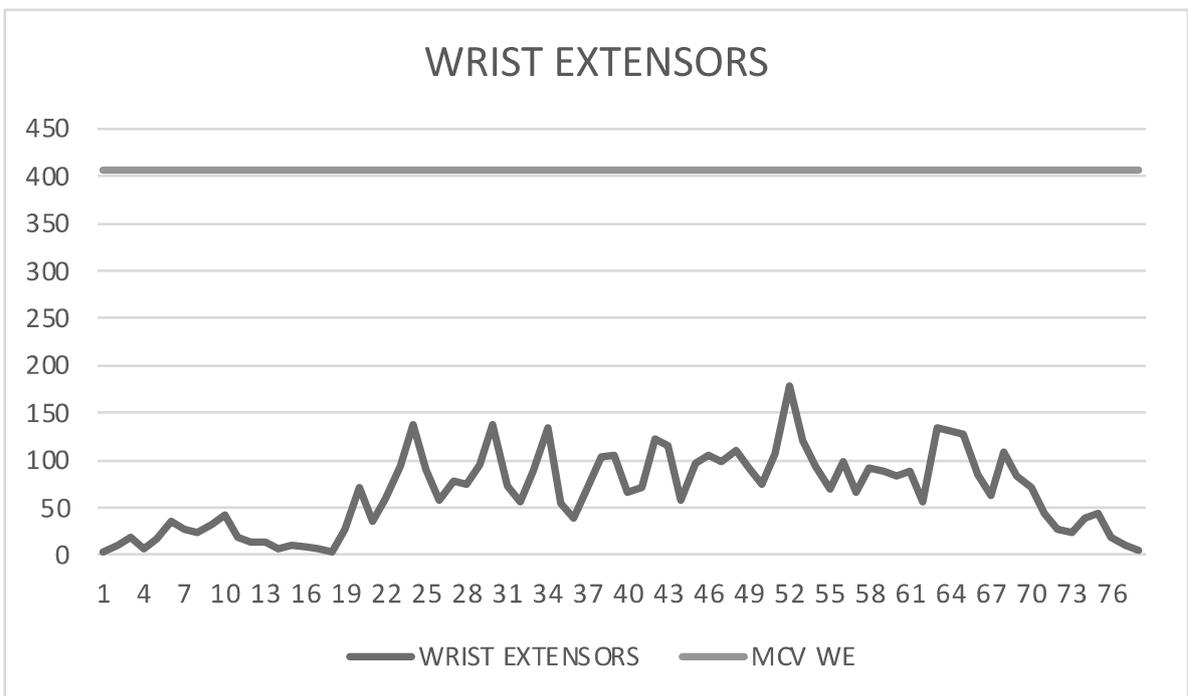
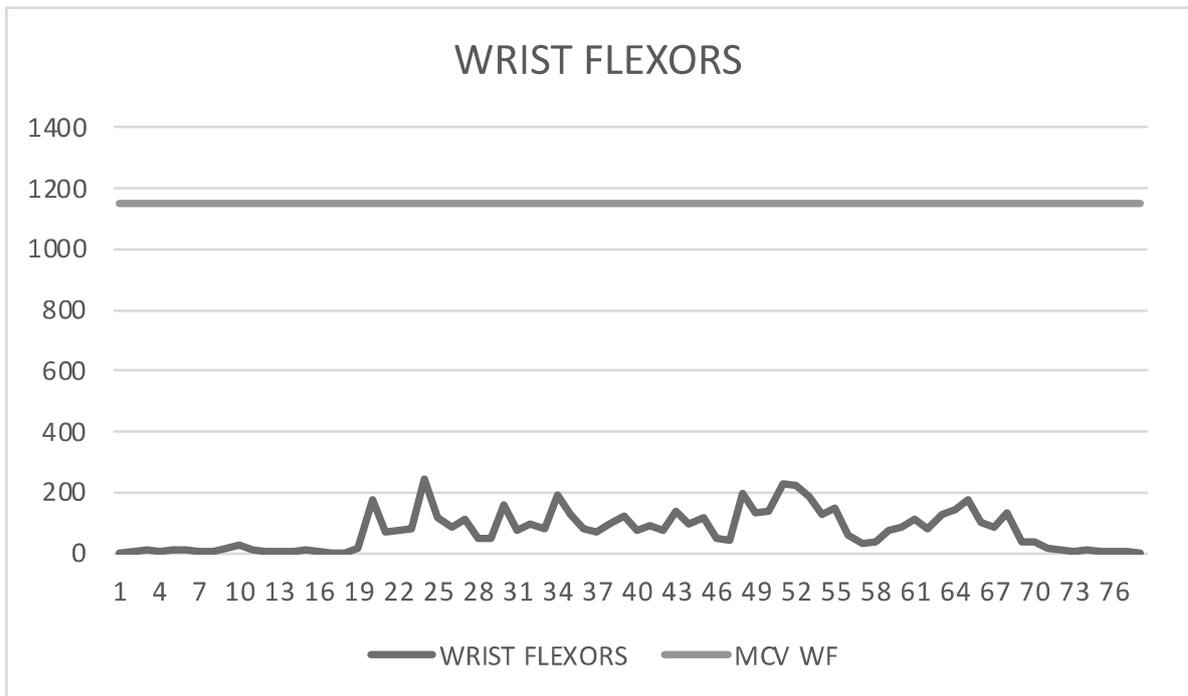


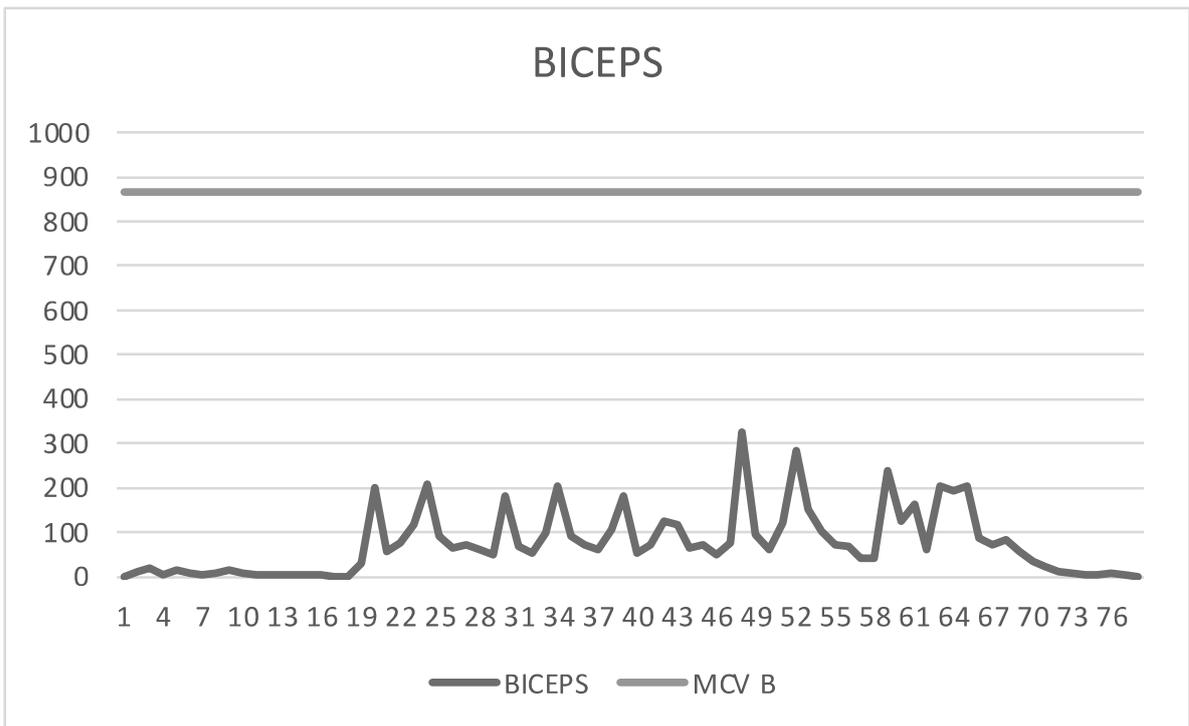
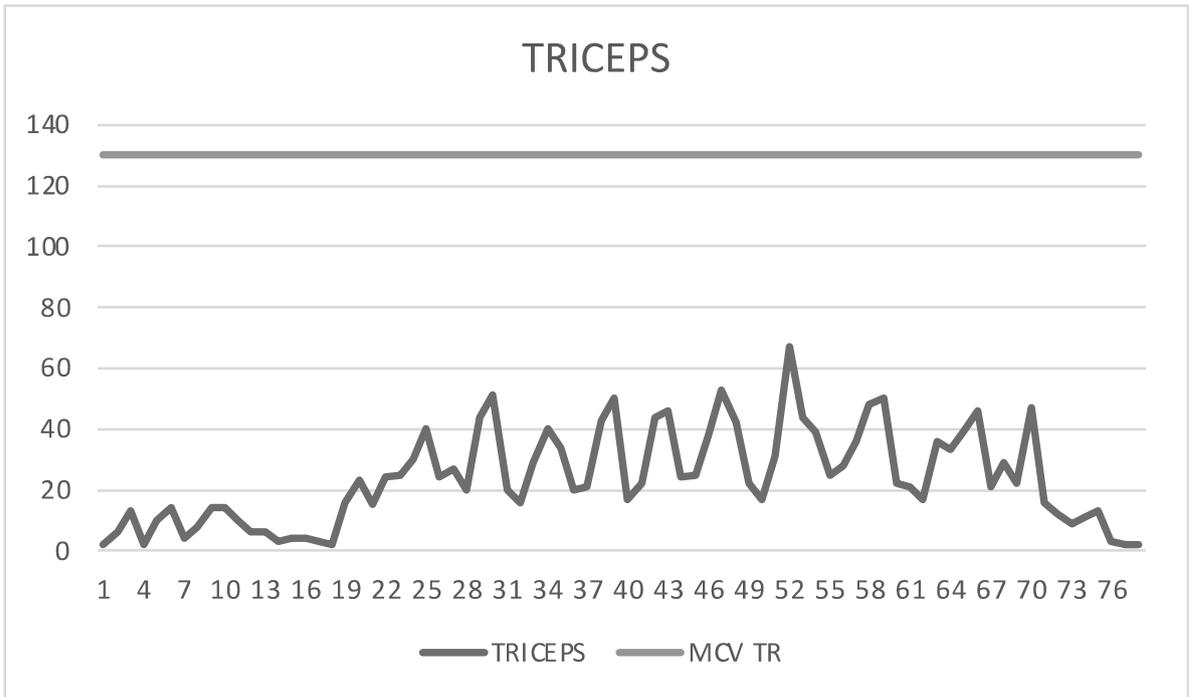


DELTOIDS

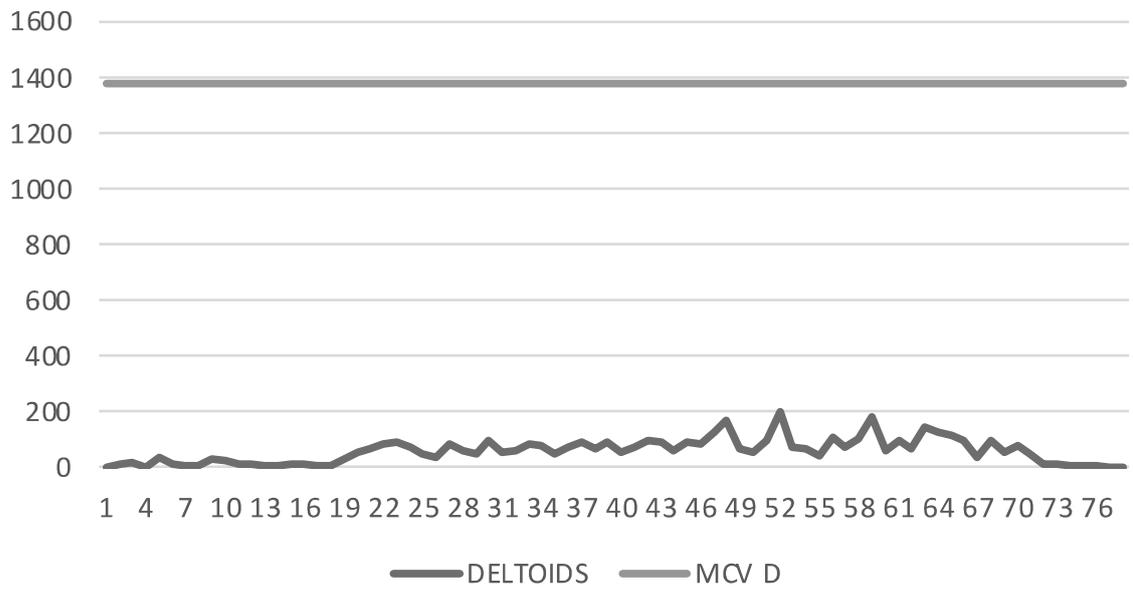


Grafici delle movimentazioni eseguite *volutamente* nel modo scorretto



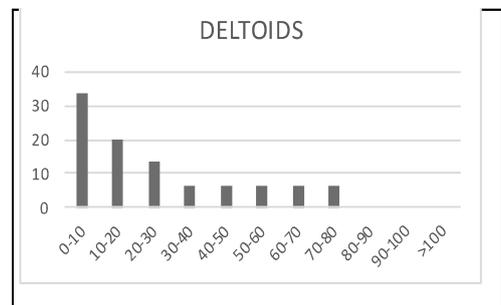
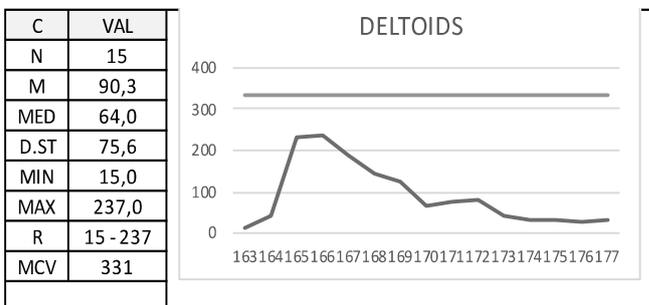
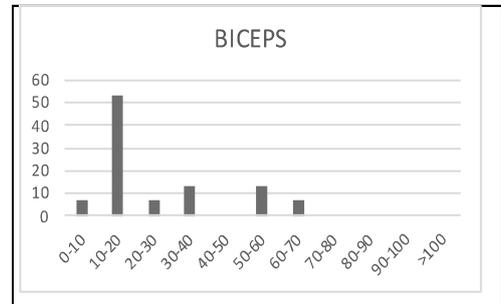
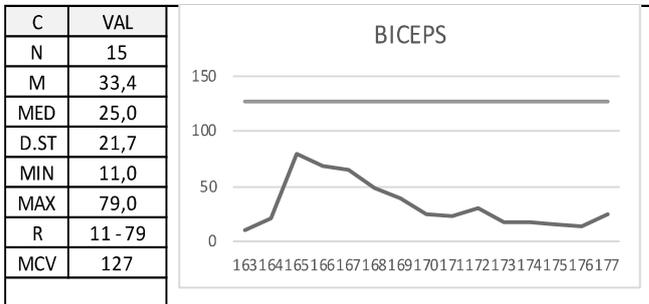
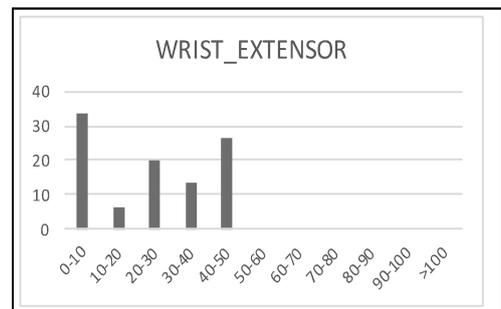
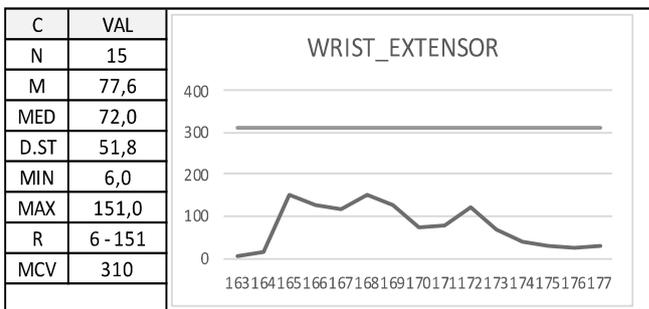
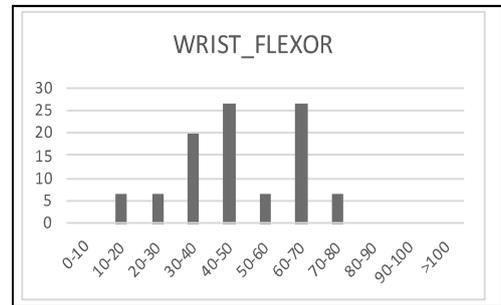
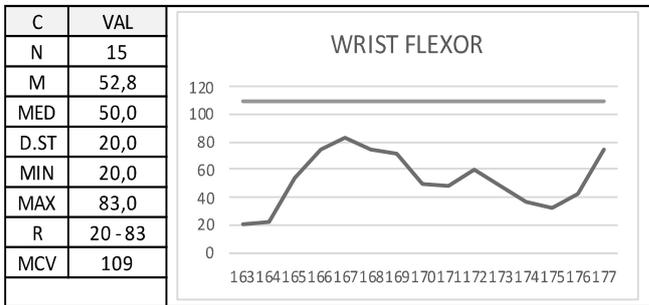


DELTOIDS

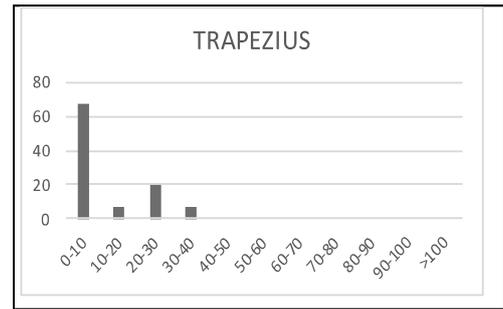
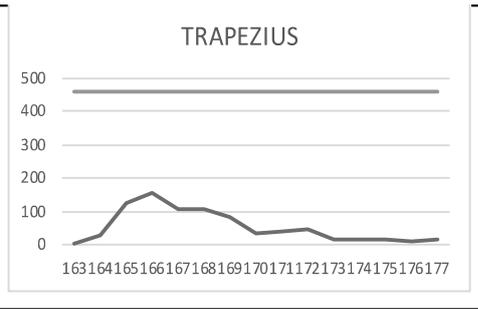


Allegato 2 - Prove sul campo Movimentazione 1

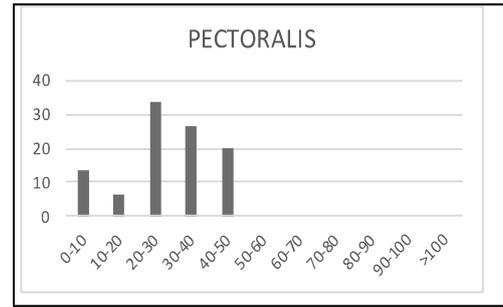
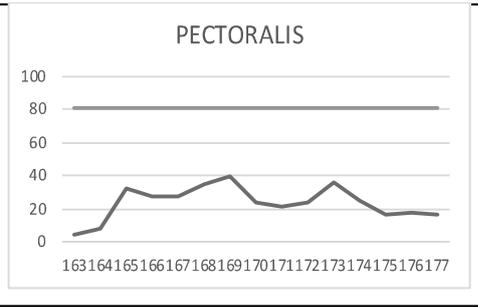
Movimentazione 1 "Spinta Standard"



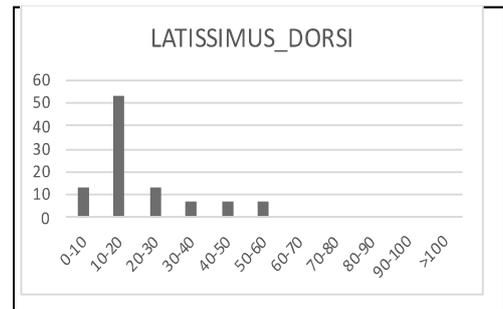
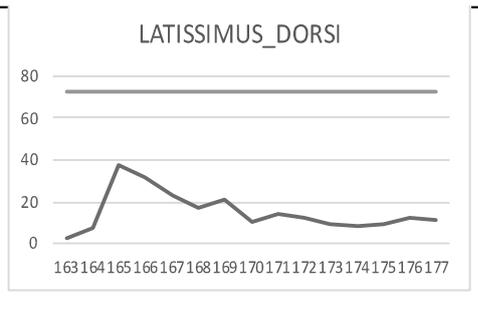
C	VAL
N	15
M	53,4
MED	34,0
D.ST	48,5
MIN	6,0
MAX	156,0
R	6 - 156
MCV	457



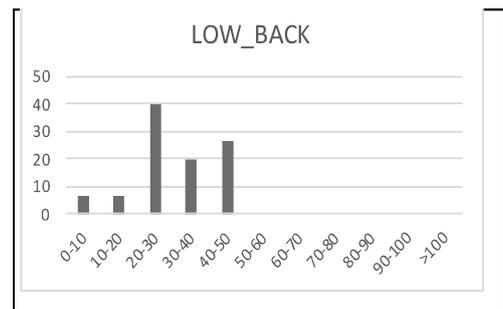
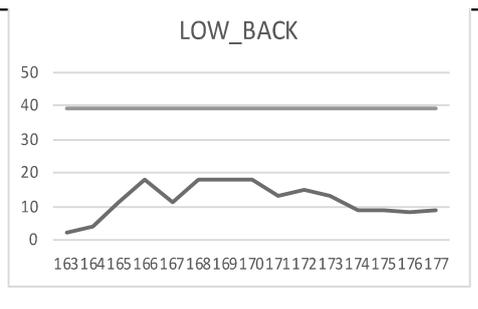
C	VAL
N	15
M	23,6
MED	24,0
D.ST	10,0
MIN	4,0
MAX	39,0
R	4 - 39
MCV	81



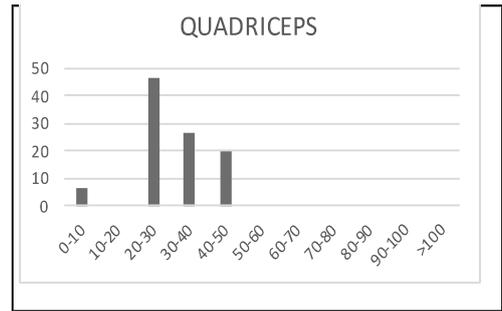
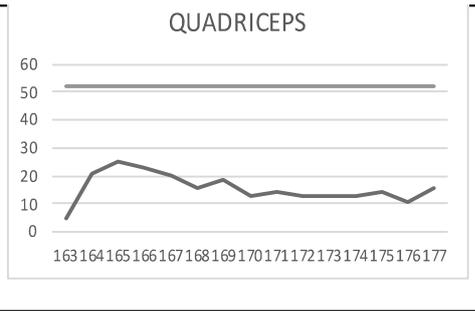
C	VAL
N	15
M	15,0
MED	12,0
D.ST	9,5
MIN	3,0
MAX	37,0
R	3 - 37
MCV	72,0



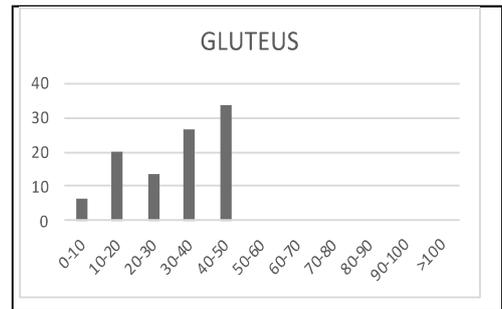
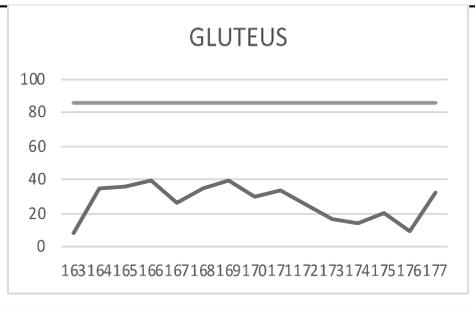
C	VAL
N	15
M	11,7
MED	11,0
D.ST	5,1
MIN	2,0
MAX	18,0
R	2 - 18
MCV	39,0



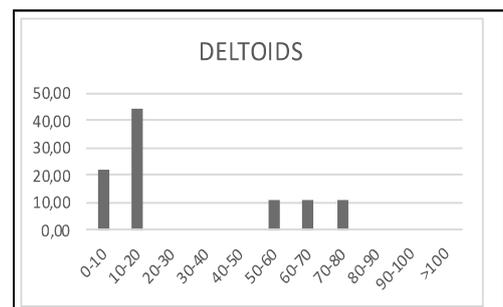
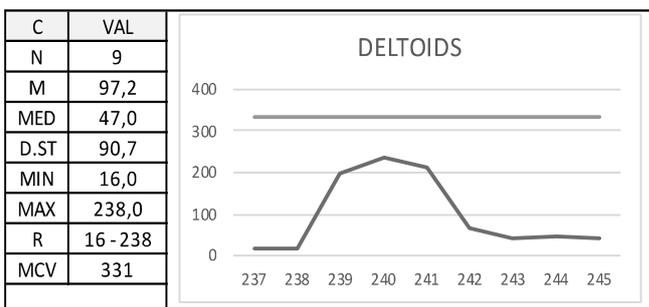
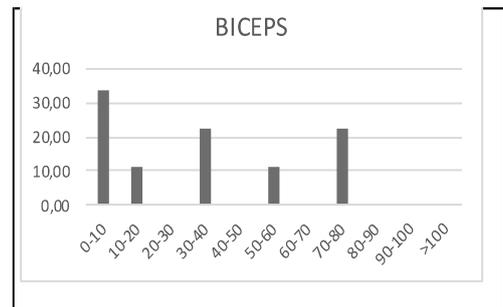
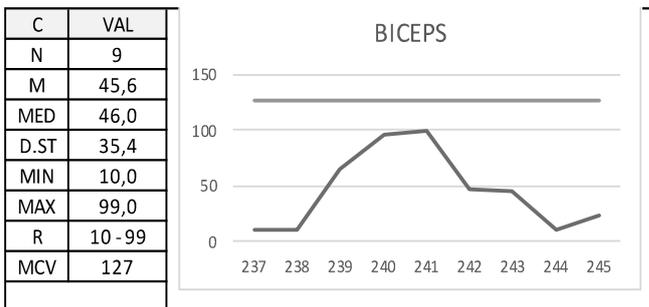
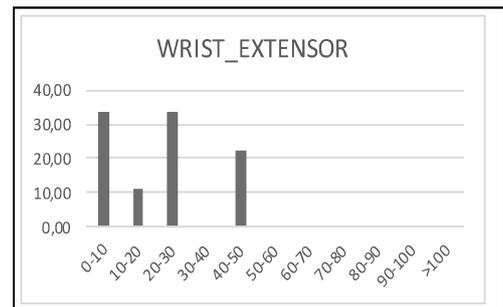
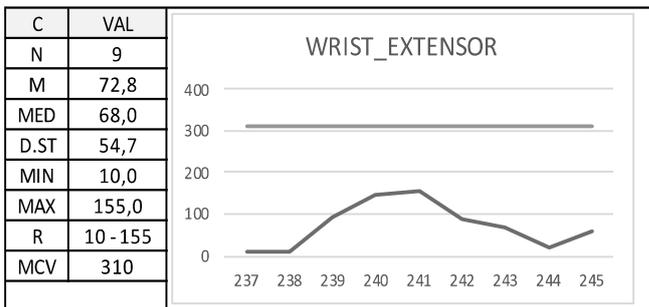
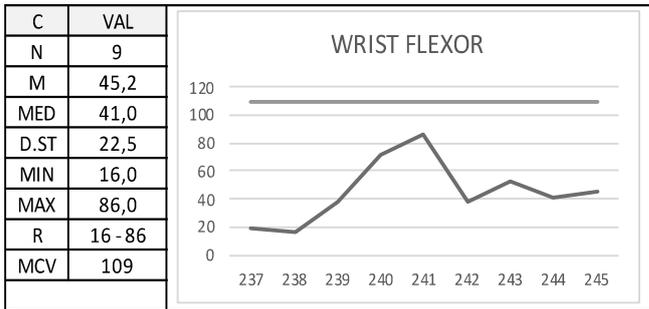
C	VAL
N	15
M	15,7
MED	14,0
D.ST	5,1
MIN	5,0
MAX	25,0
R	5 - 25
MCV	52,0

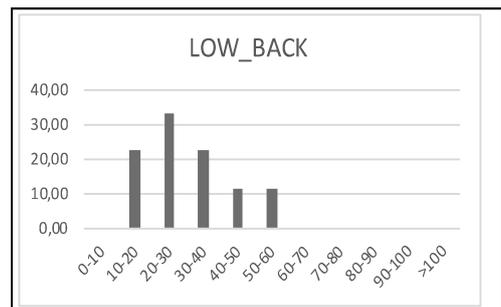
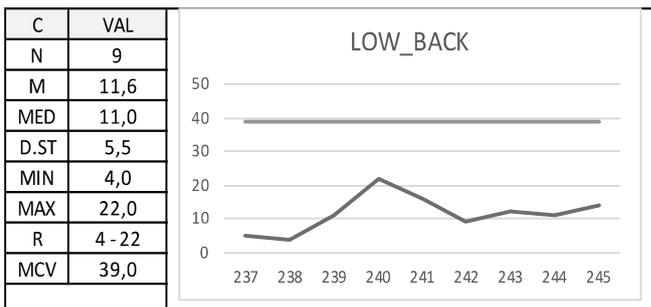
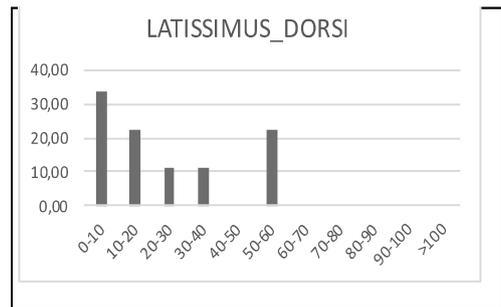
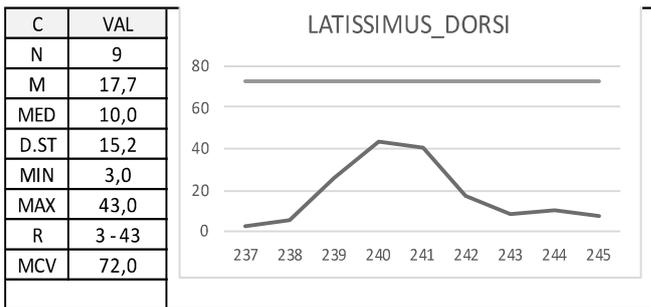
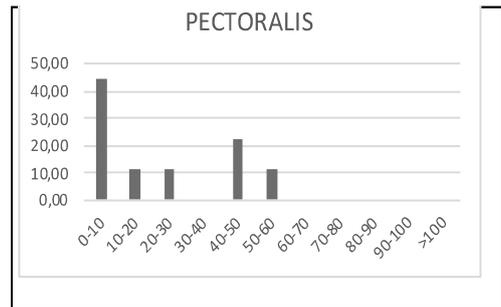
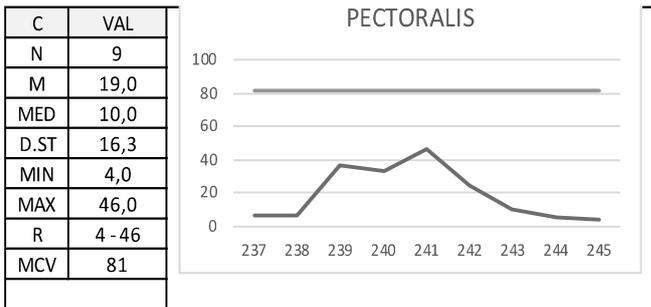
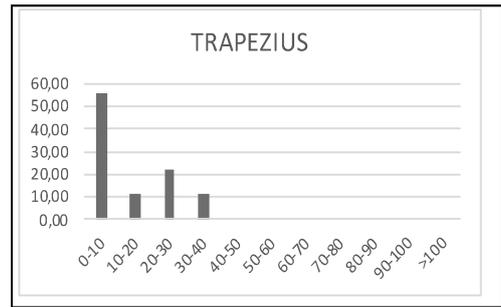
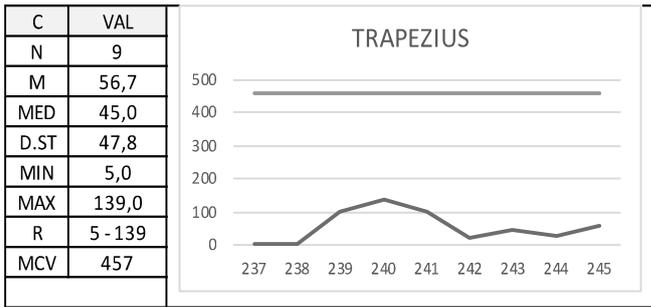


C	VAL
N	15
M	26,6
MED	30,0
D.ST	10,8
MIN	8,0
MAX	40,0
R	8 - 40
MCV	86,0

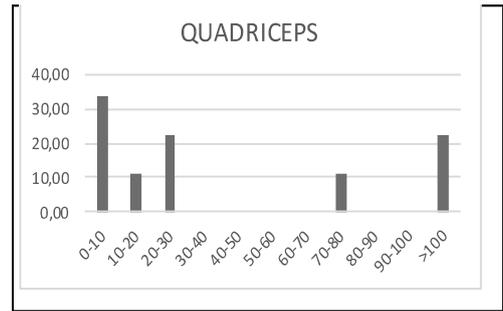
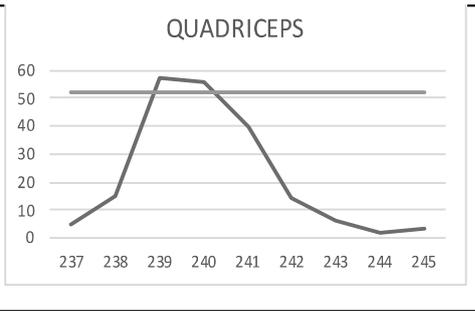


Movimentazione 1 "Spinta su Culla"

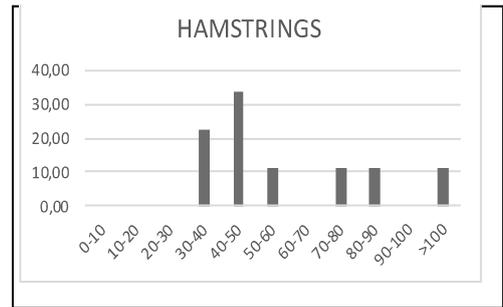
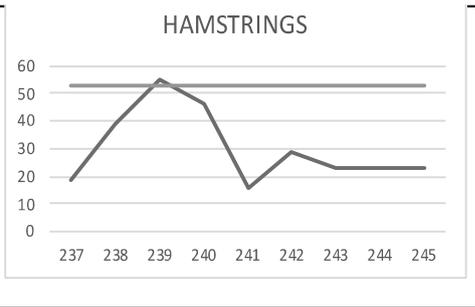




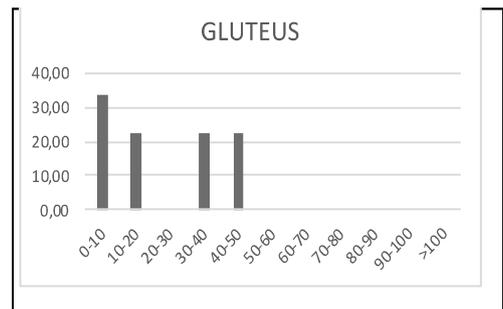
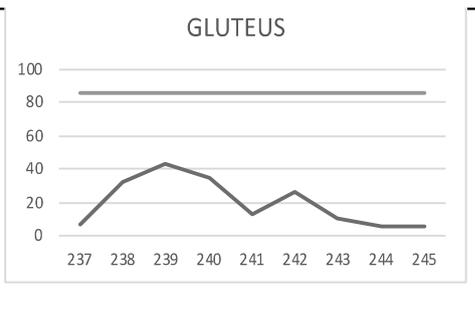
C	VAL
N	9
M	22,0
MED	14,0
D.ST	22,7
MIN	2,0
MAX	57,0
R	2 - 57
MCV	52,0



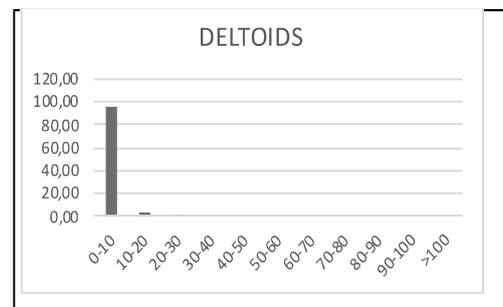
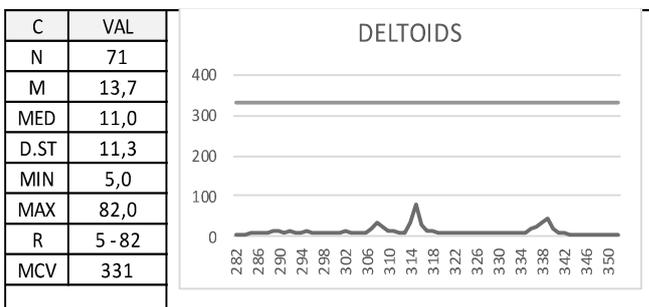
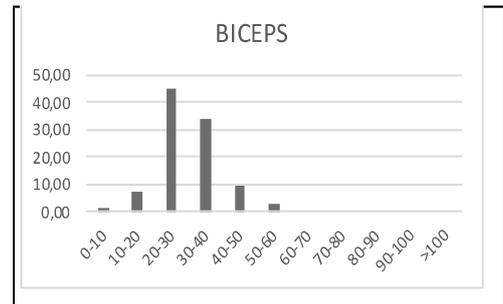
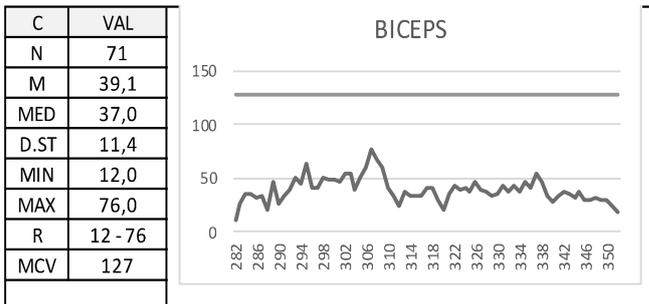
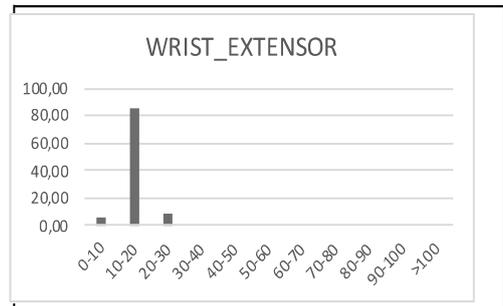
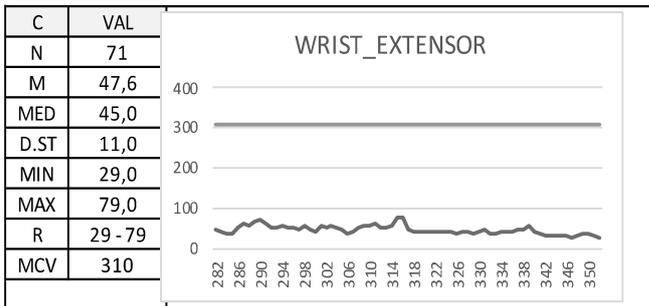
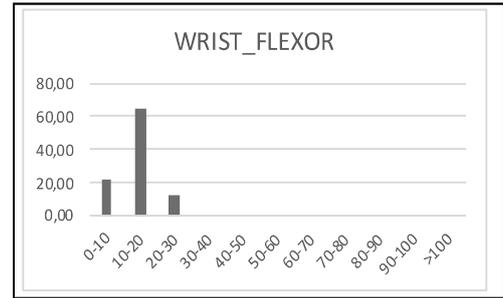
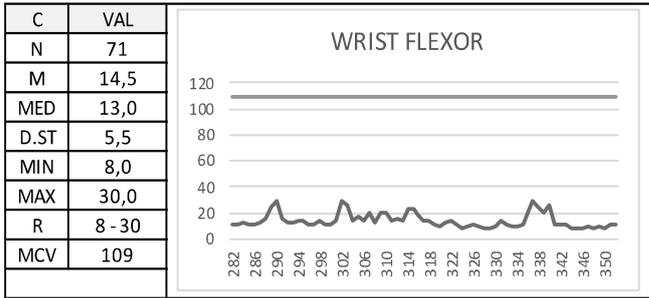
C	VAL
N	9
M	30,3
MED	23,0
D.ST	13,4
MIN	16,0
MAX	55,0
R	16 - 55
MCV	53,0



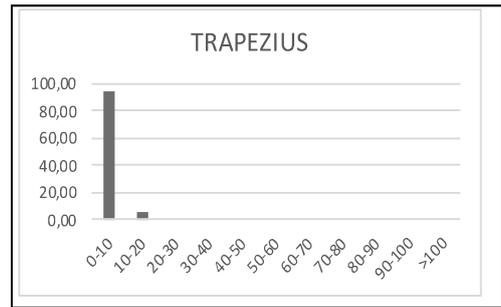
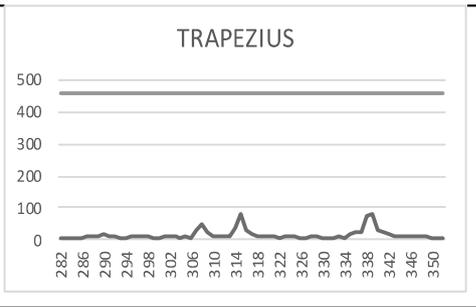
C	VAL
N	9
M	19,8
MED	13,0
D.ST	14,3
MIN	6,0
MAX	43,0
R	6 - 43
MCV	86,0



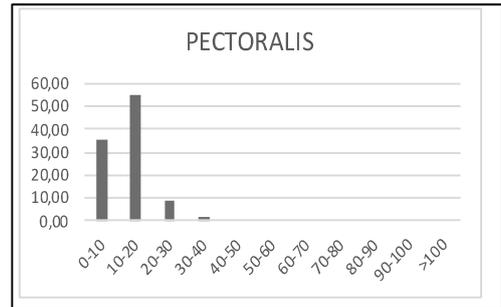
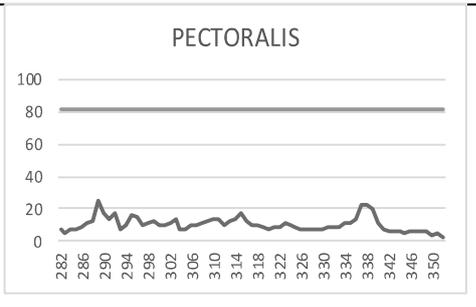
Movimentazione 1 “Spingirotolo (scarico)”



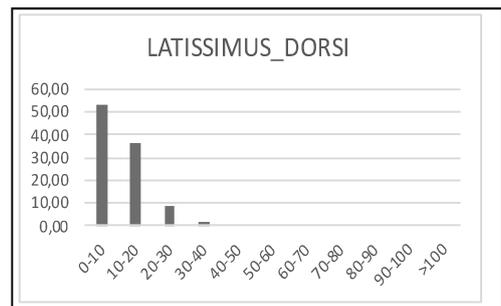
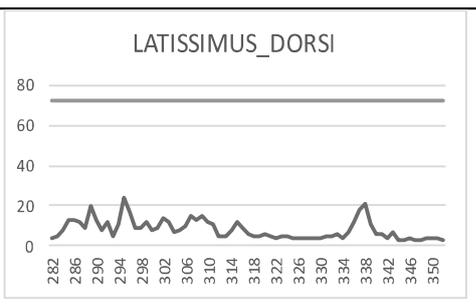
C	VAL
N	71
M	15,5
MED	10,0
D.ST	15,6
MIN	6,0
MAX	82,0
R	6 - 82
MCV	457



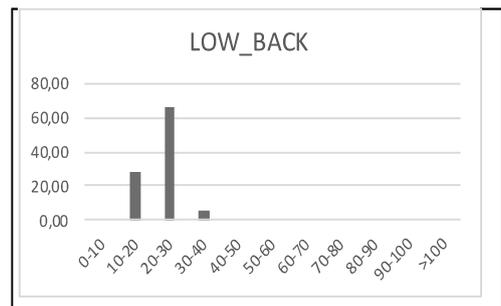
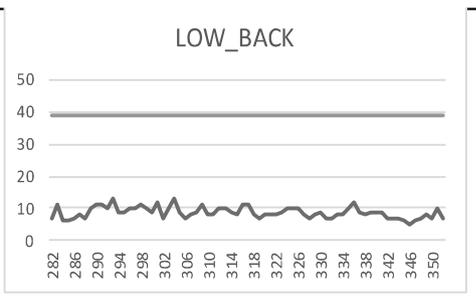
C	VAL
N	71
M	10,4
MED	10,0
D.ST	4,4
MIN	3,0
MAX	25,0
R	3 - 25
MCV	81

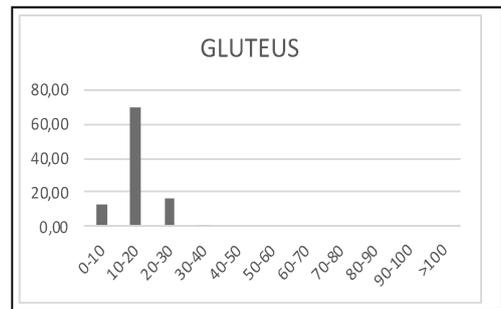
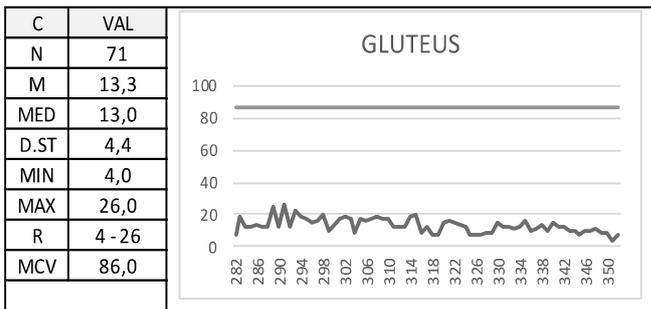
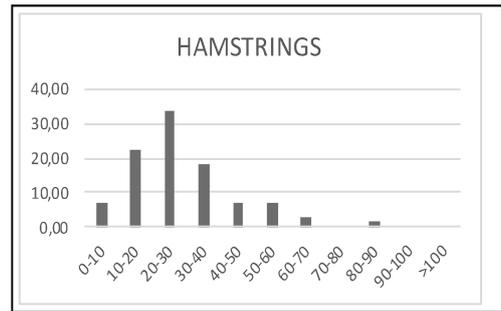
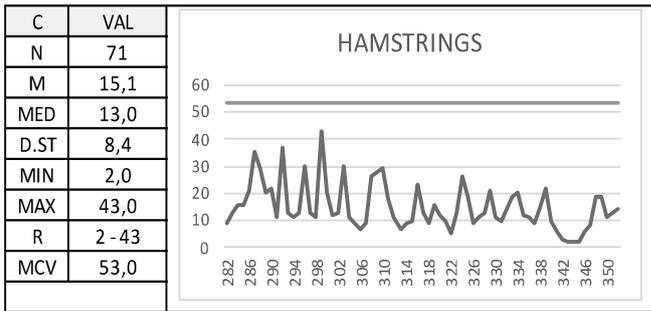
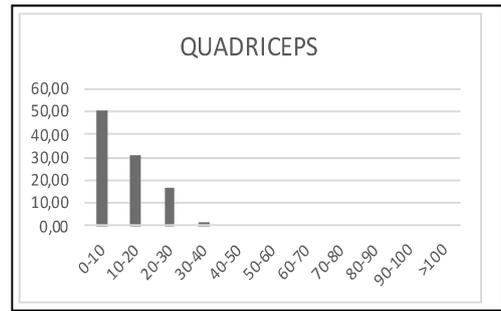
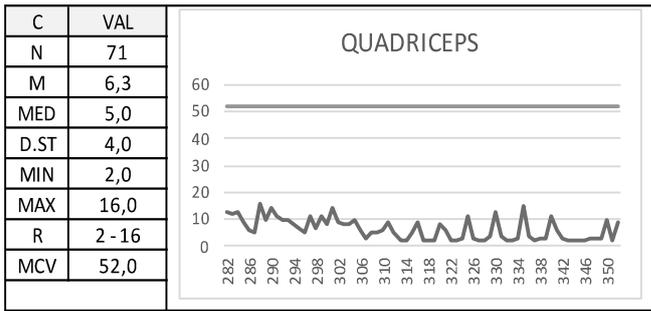


C	VAL
N	71
M	8,2
MED	7,0
D.ST	4,8
MIN	3,0
MAX	24,0
R	3 - 24
MCV	72,0

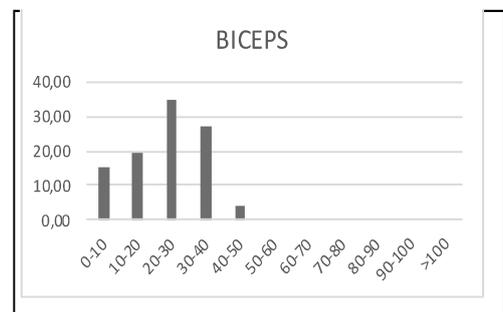
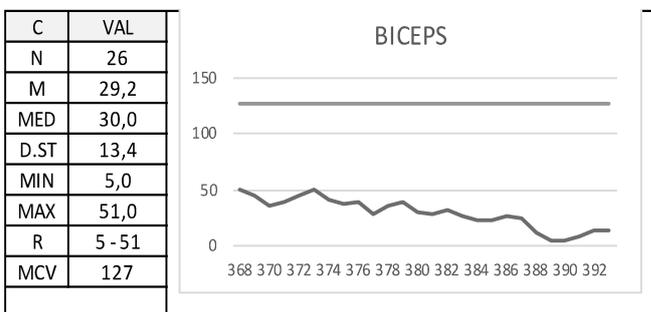
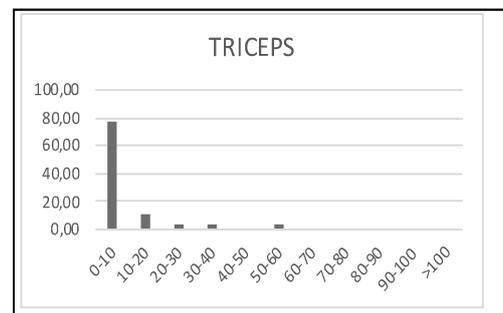
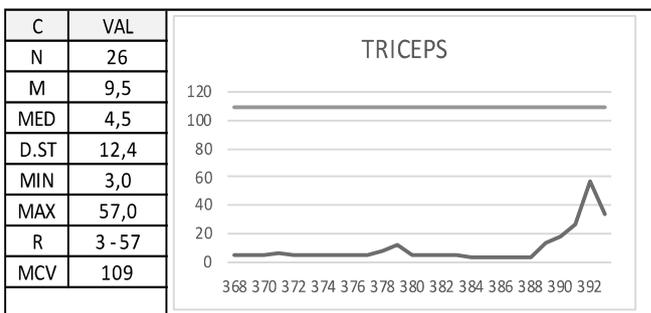
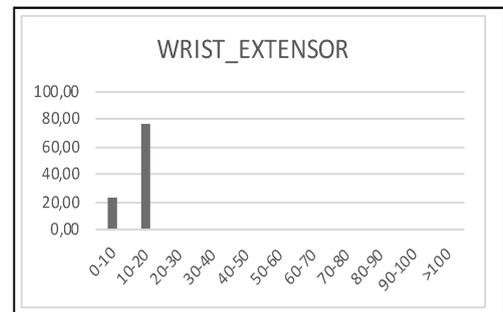
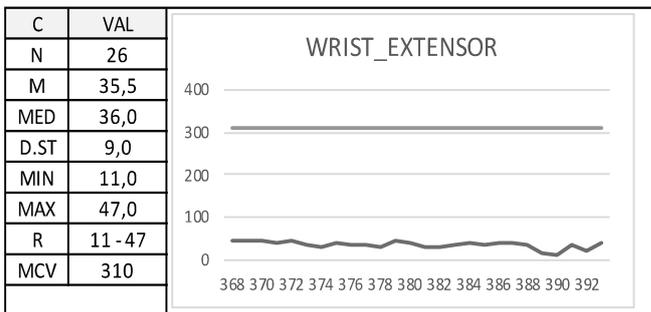
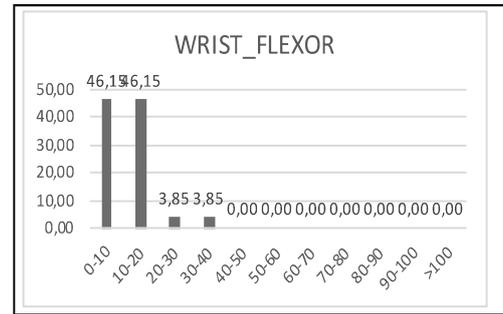
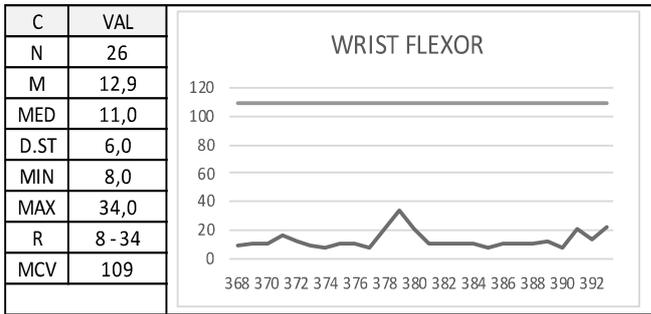


C	VAL
N	71
M	8,7
MED	9,0
D.ST	1,7
MIN	5,0
MAX	13,0
R	5 - 13
MCV	39,0

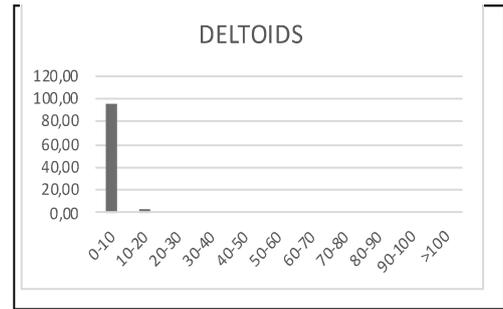
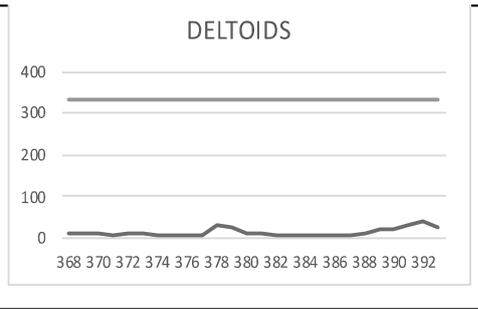




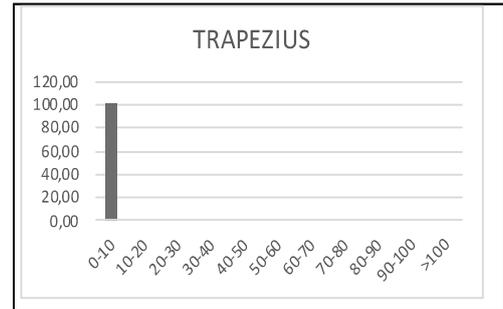
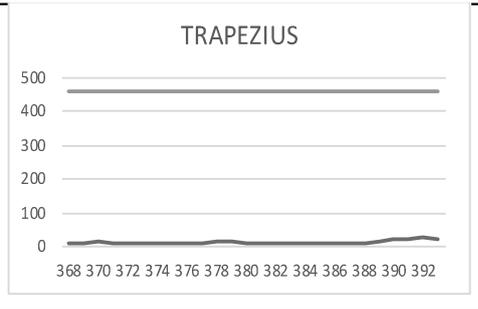
Movimentazione 1 "Spingirotolo (carico)"



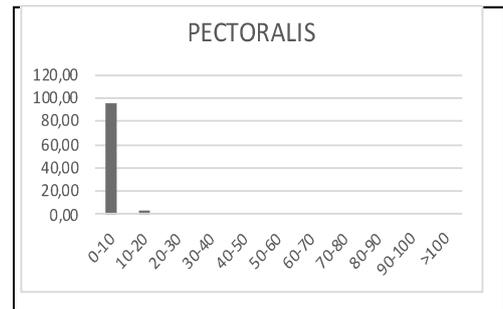
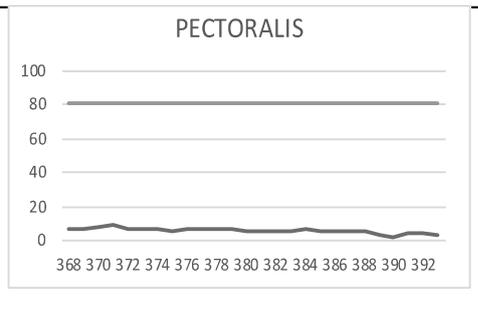
C	VAL
N	26
M	15,4
MED	11,5
D.ST	9,2
MIN	7,0
MAX	42,0
R	7 - 42
MCV	331



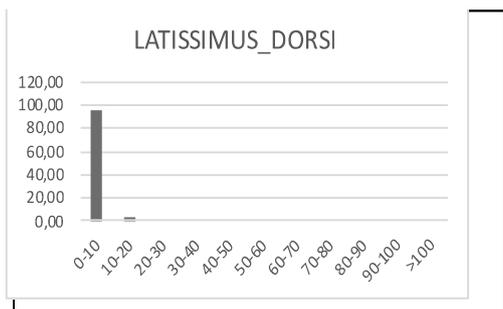
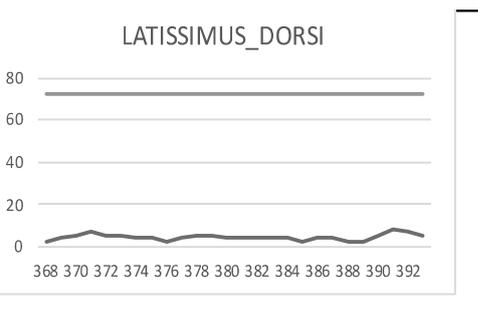
C	VAL
N	26
M	12,7
MED	11,0
D.ST	5,2
MIN	8,0
MAX	29,0
R	8 - 29
MCV	457

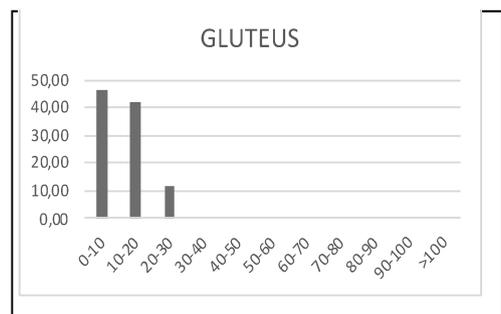
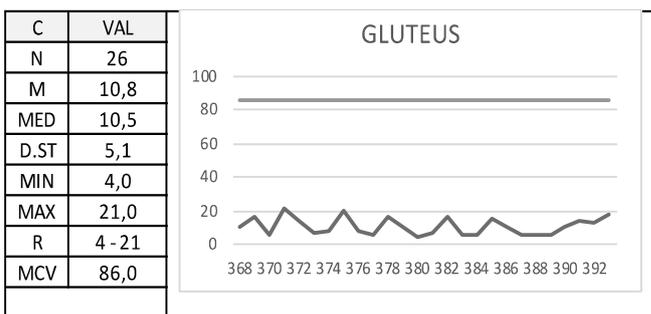
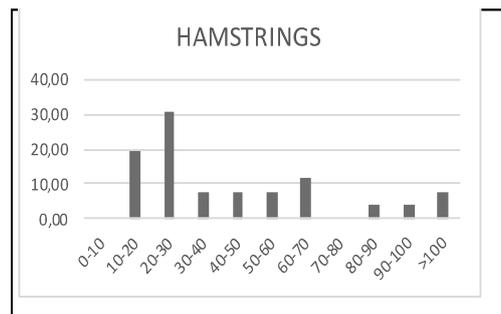
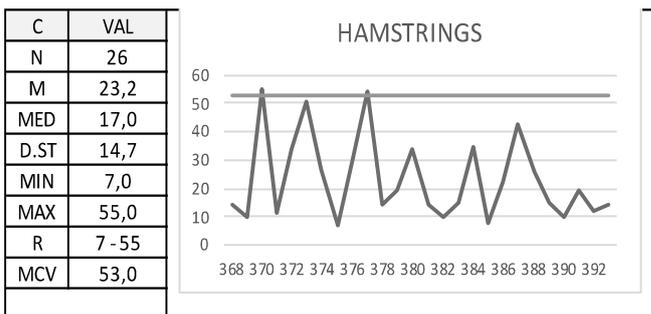
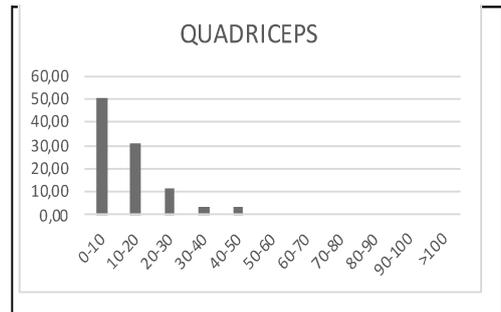
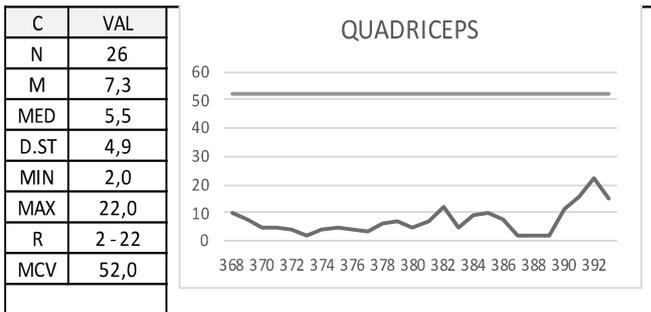
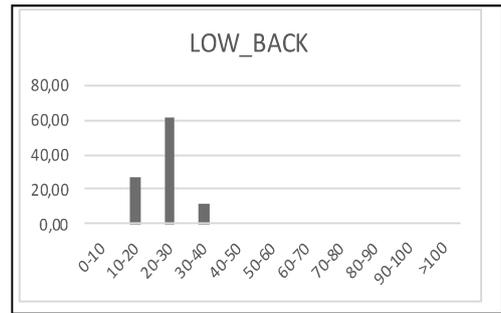
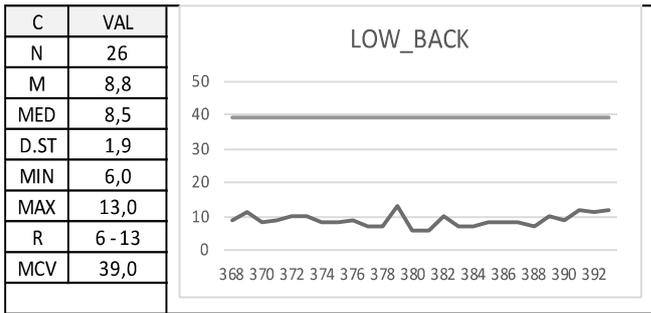


C	VAL
N	26
M	5,9
MED	6,0
D.ST	1,7
MIN	2,0
MAX	9,0
R	2 - 9
MCV	81

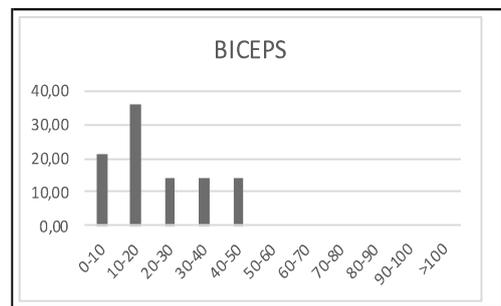
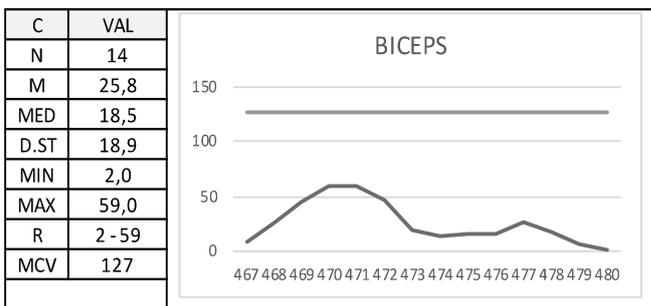
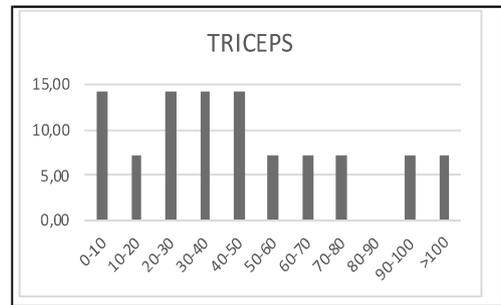
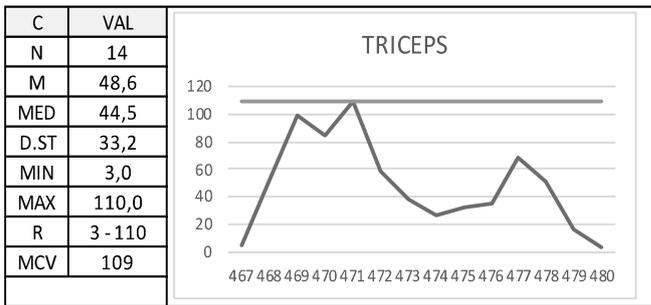
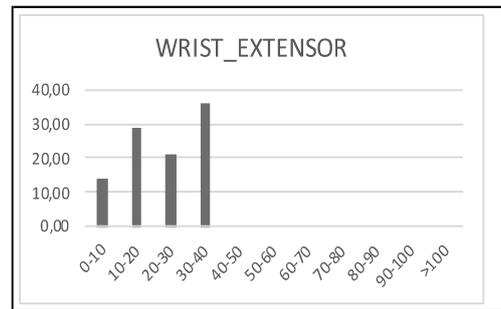
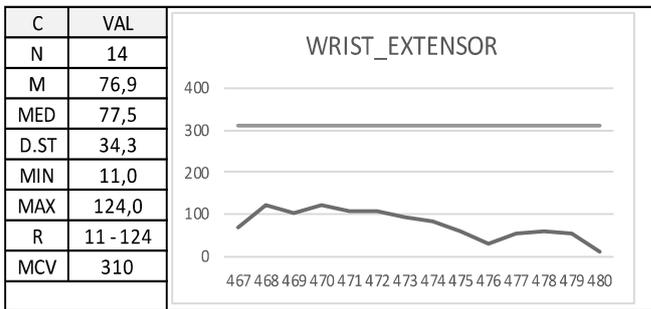
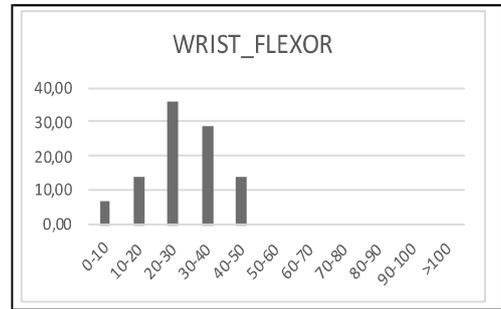
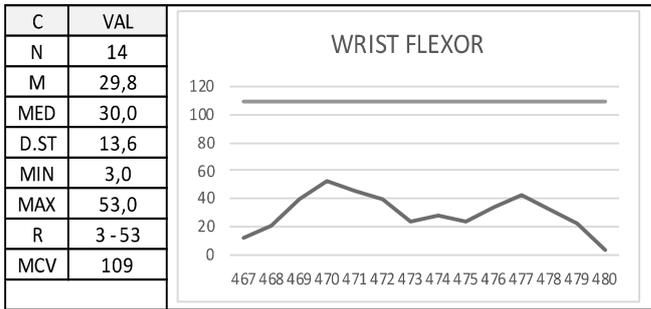


C	VAL
N	26
M	4,5
MED	4,0
D.ST	1,3
MIN	3,0
MAX	8,0
R	3 - 8
MCV	72,0

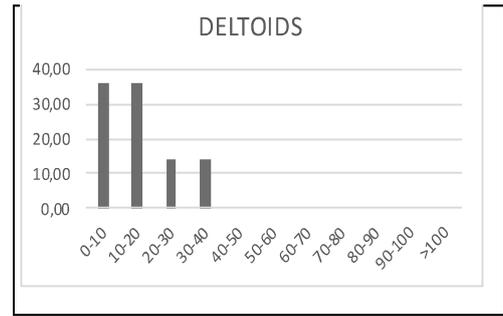
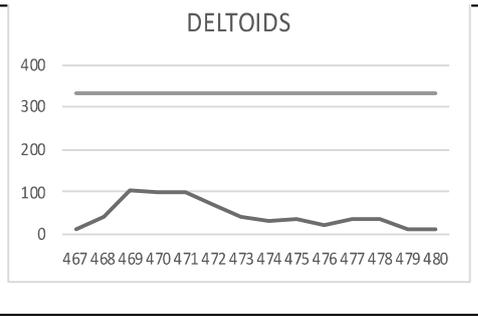




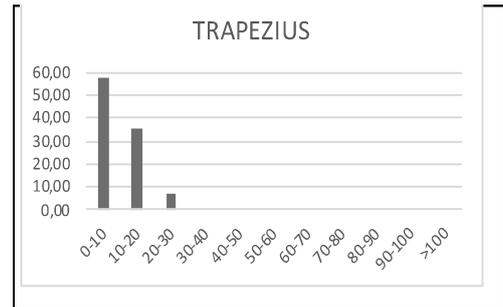
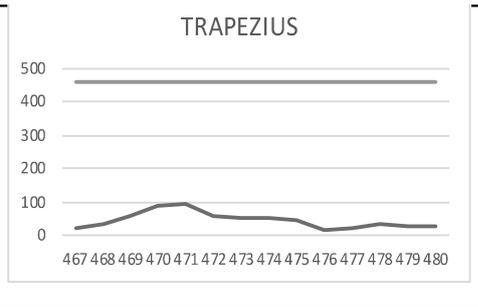
Movimentazione 1 "Spinta di schiena"



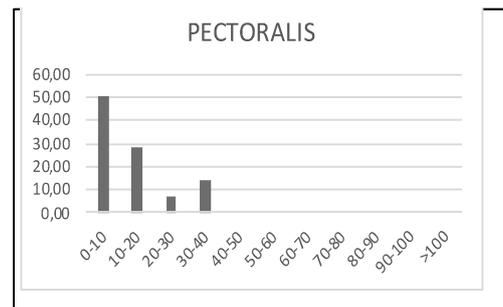
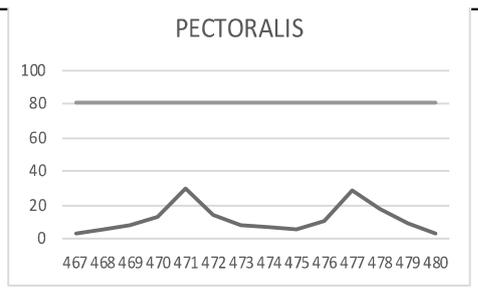
C	VAL
N	14
M	47,6
MED	38,5
D.ST	32,6
MIN	13,0
MAX	104,0
R	13 - 104
MCV	331



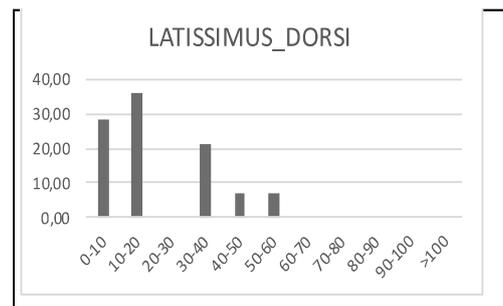
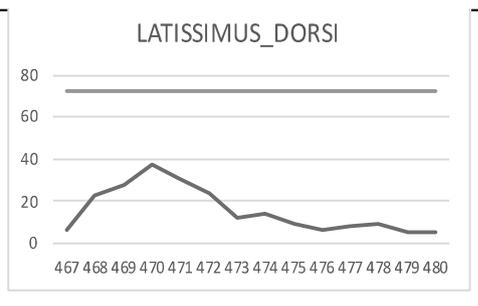
C	VAL
N	14
M	44,8
MED	40,5
D.ST	24,1
MIN	18,0
MAX	94,0
R	18 - 94
MCV	457



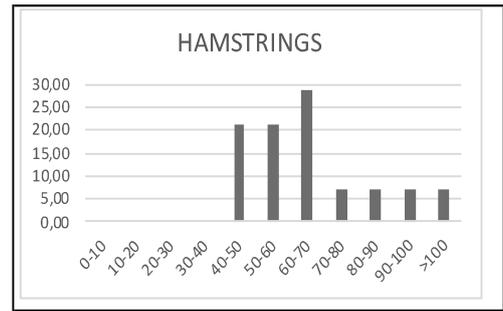
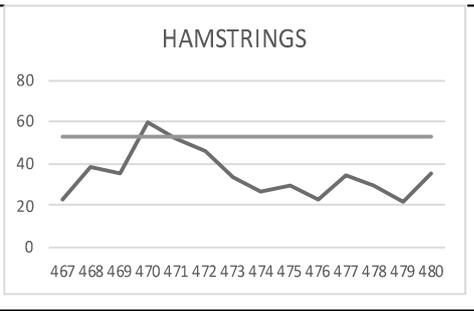
C	VAL
N	14
M	11,6
MED	8,5
D.ST	8,6
MIN	3,0
MAX	30,0
R	3 - 30
MCV	81



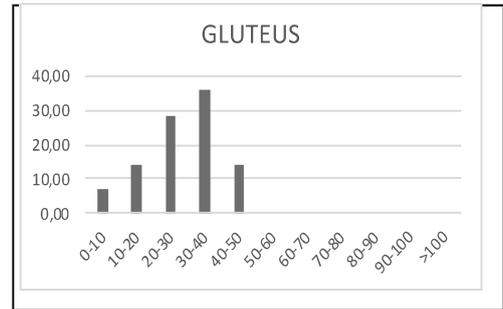
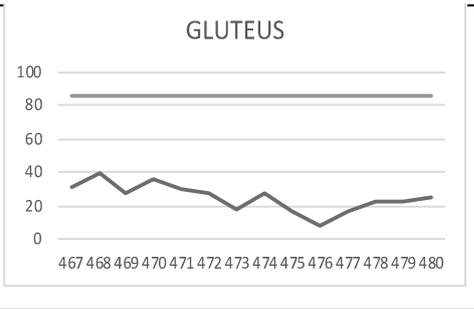
C	VAL
N	14
M	15,5
MED	10,5
D.ST	10,9
MIN	5,0
MAX	37,0
R	5 - 37
MCV	72,0



C	VAL
N	14
M	35,1
MED	34,5
D.ST	11,2
MIN	22,0
MAX	60,0
R	22 - 60
MCV	53,0

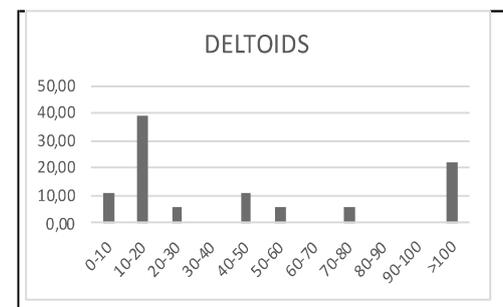
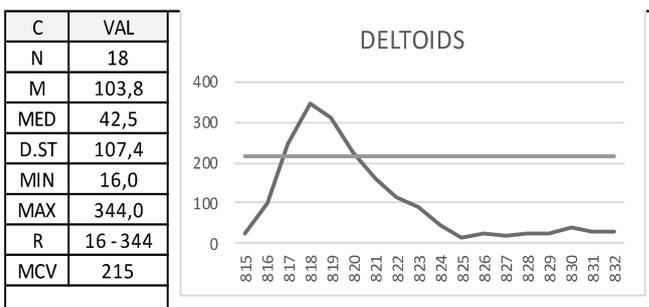
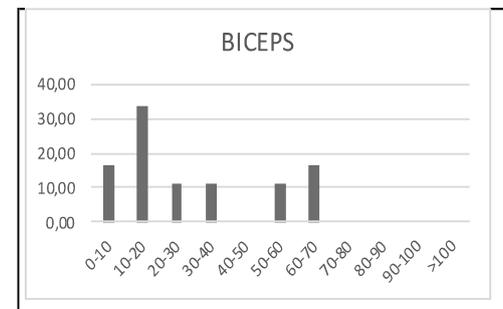
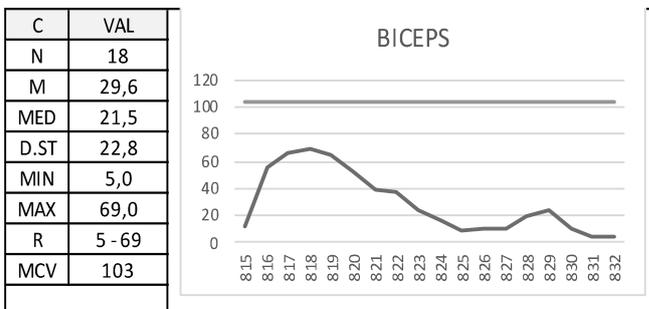
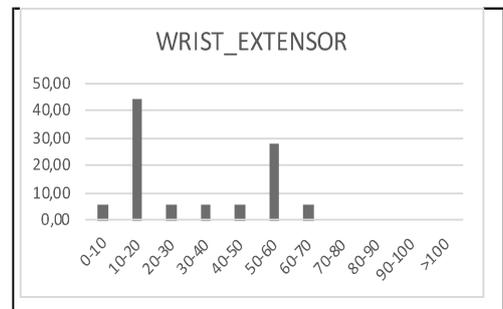
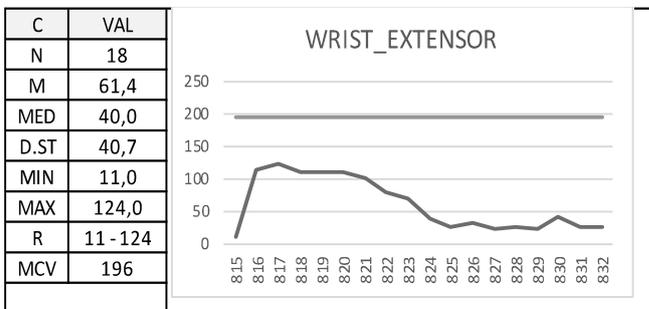
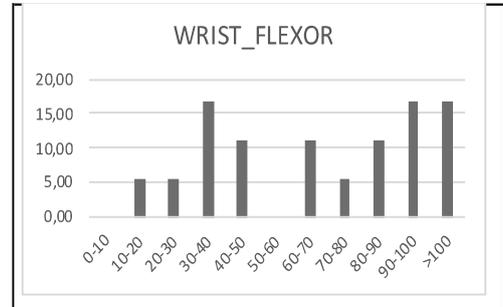
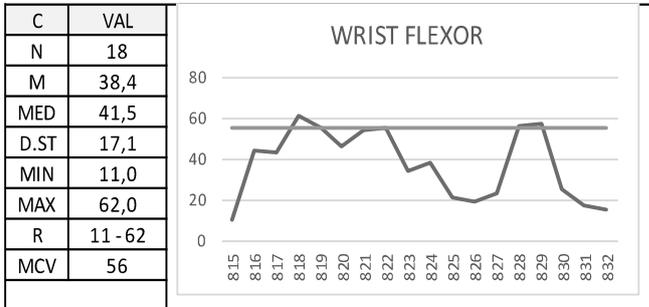


C	VAL
N	14
M	24,9
MED	26,0
D.ST	8,3
MIN	8,0
MAX	40,0
R	8 - 40
MCV	86,0

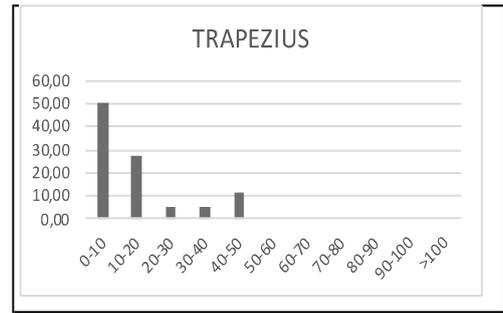
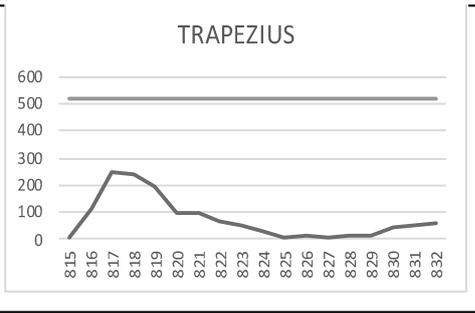


Allegato 3 - Prove sul campo Movimentazione 2

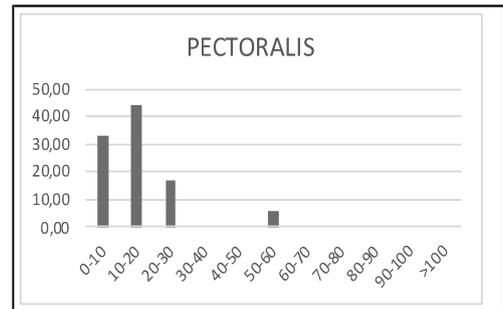
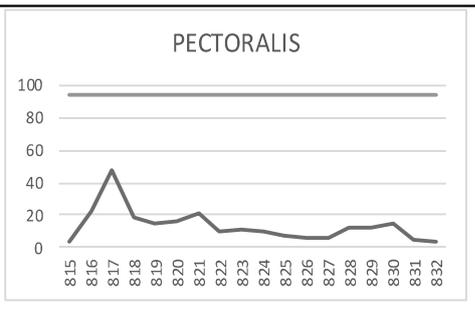
Movimentazione 2 "Spinta Standard"



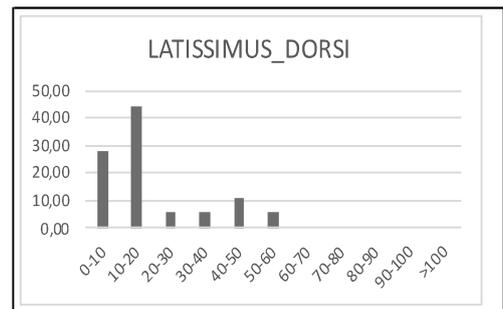
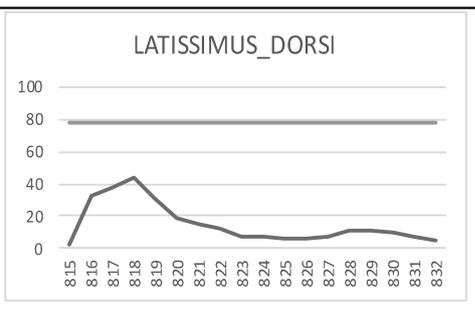
C	VAL
N	18
M	74,6
MED	53,0
D.ST	78,3
MIN	6,0
MAX	245,0
R	6 - 245
MCV	521



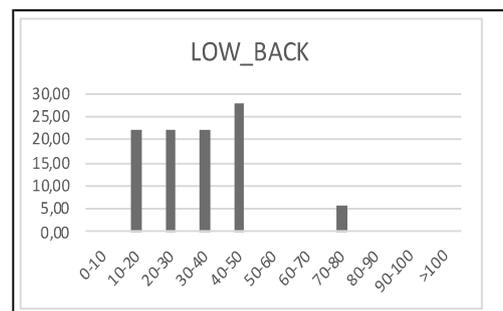
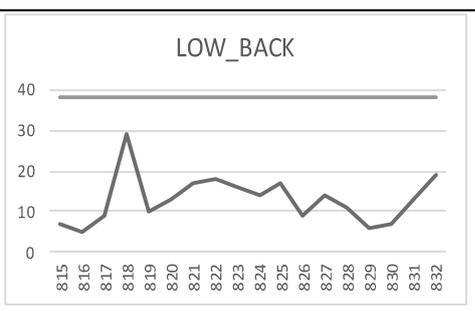
C	VAL
N	18
M	13,6
MED	11,5
D.ST	10,3
MIN	4,0
MAX	48,0
R	4 - 48
MCV	94



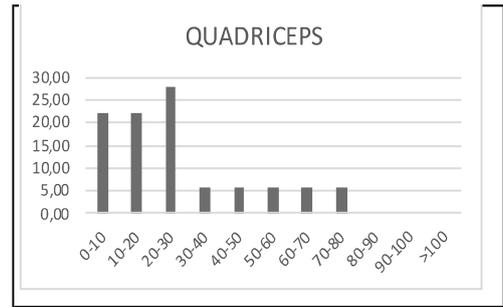
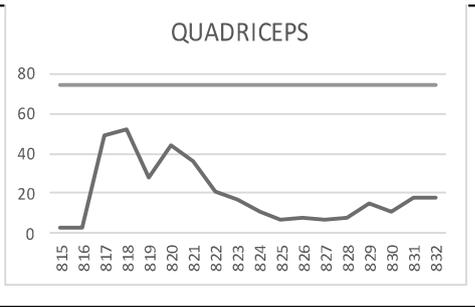
C	VAL
N	18
M	15,2
MED	10,5
D.ST	12,5
MIN	2,0
MAX	44,0
R	2 - 44
MCV	78,0



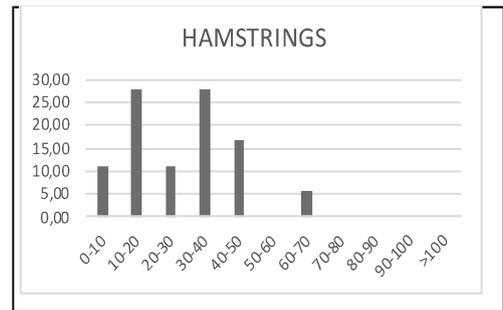
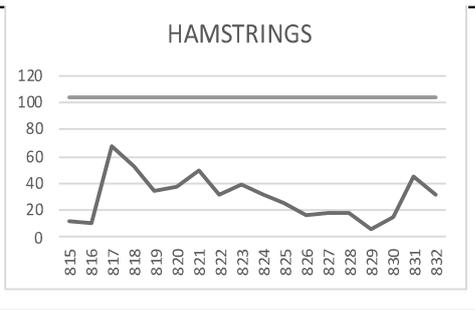
C	VAL
N	18
M	13,0
MED	13,0
D.ST	5,9
MIN	5,0
MAX	29,0
R	5 - 29
MCV	38,0



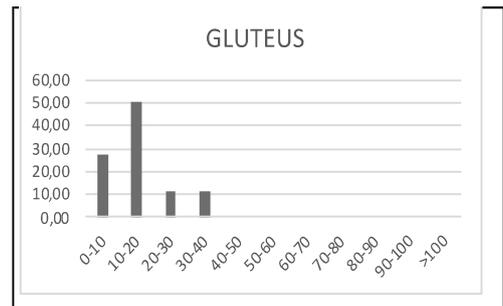
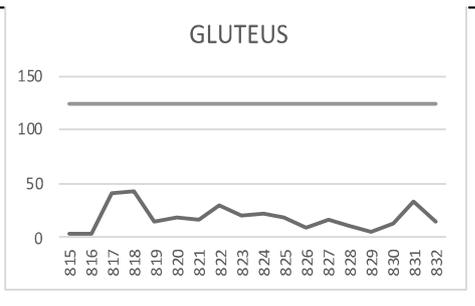
C	VAL
N	18
M	19,8
MED	16,0
D.ST	15,7
MIN	3,0
MAX	52,0
R	3 - 52
MCV	74,0



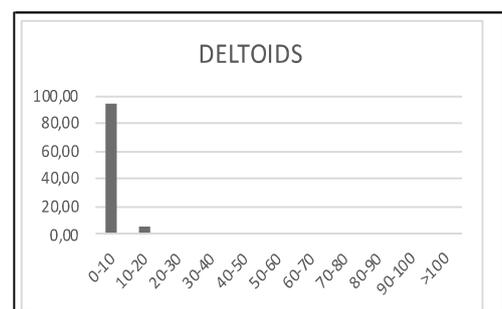
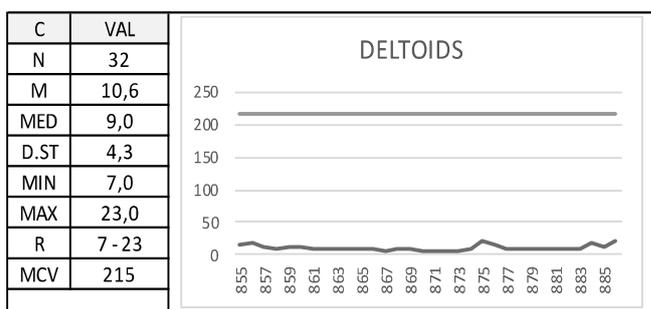
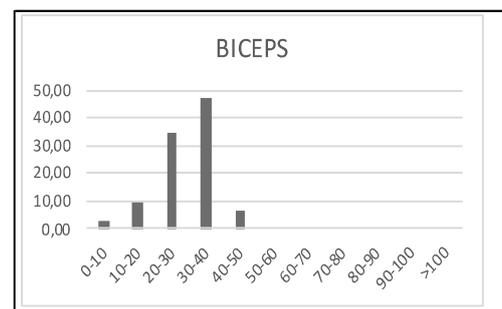
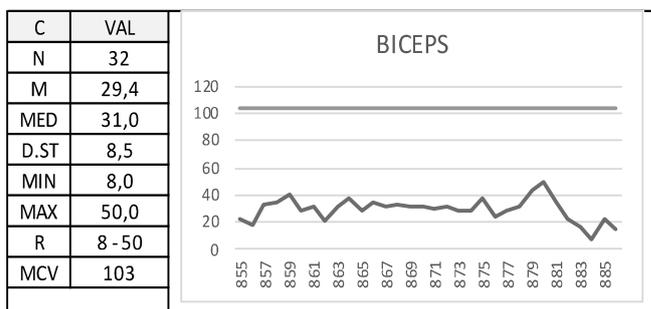
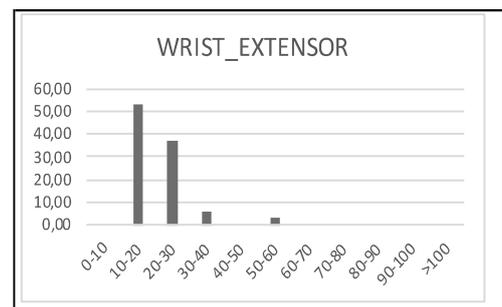
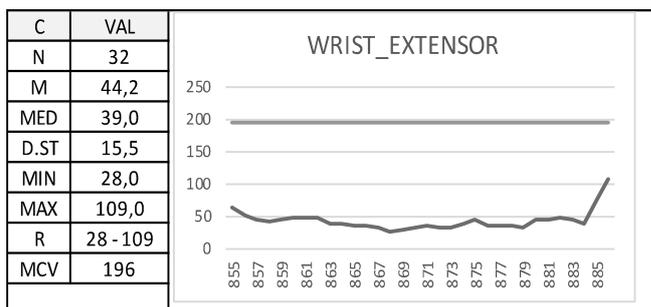
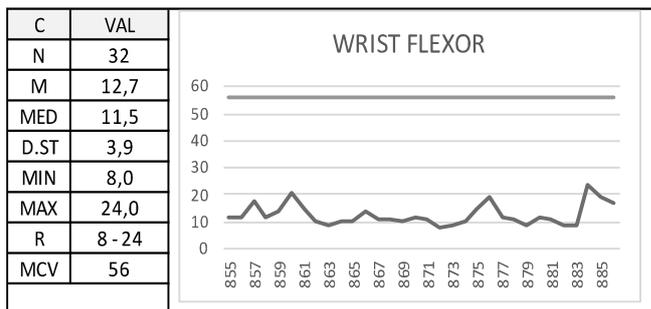
C	VAL
N	18
M	30,1
MED	31,5
D.ST	16,7
MIN	6,0
MAX	68,0
R	6 - 68
MCV	104,0



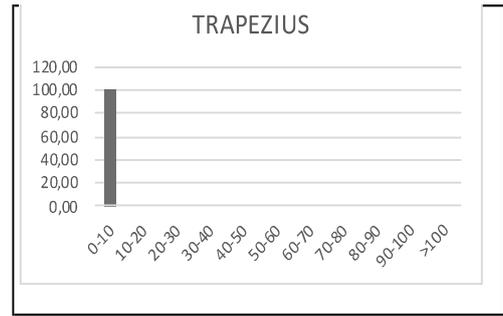
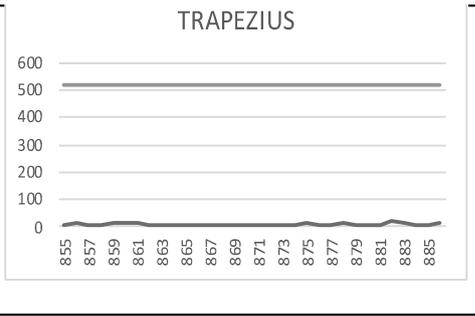
C	VAL
N	18
M	18,8
MED	17,0
D.ST	11,8
MIN	3,0
MAX	44,0
R	3 - 44
MCV	124,0



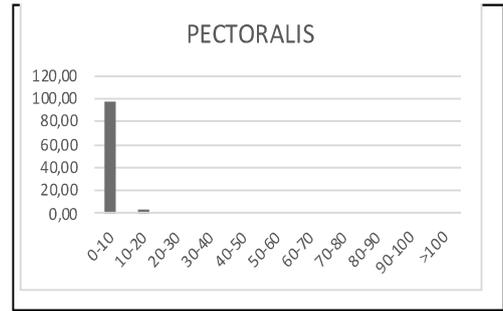
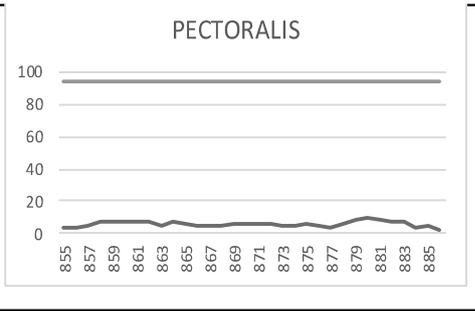
Movimentazione 2 “Spingirotolo (carico)”



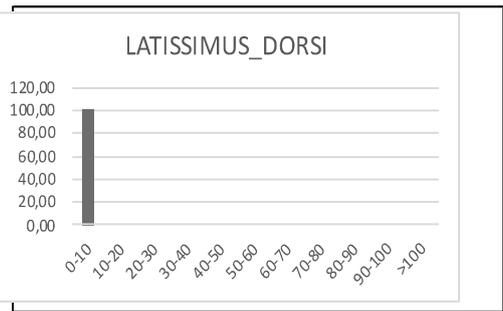
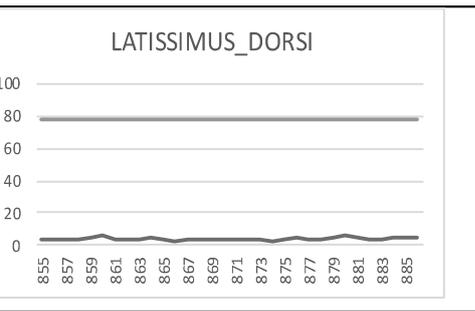
C	VAL
N	32
M	9,9
MED	9,0
D.ST	2,7
MIN	7,0
MAX	19,0
R	7-19
MCV	521



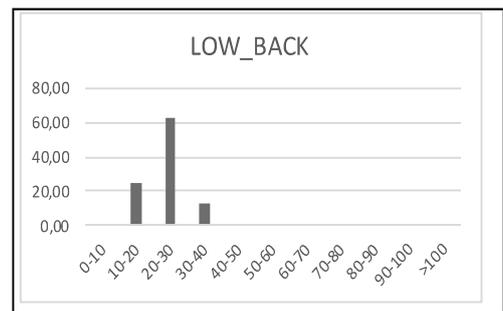
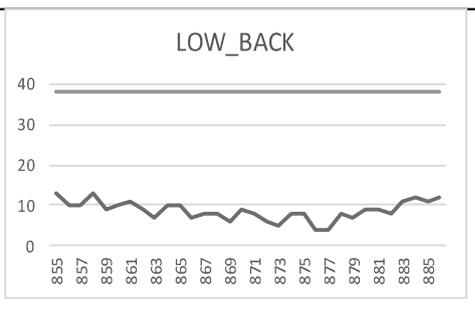
C	VAL
N	32
M	6,0
MED	6,0
D.ST	1,6
MIN	3,0
MAX	10,0
R	3-10
MCV	94



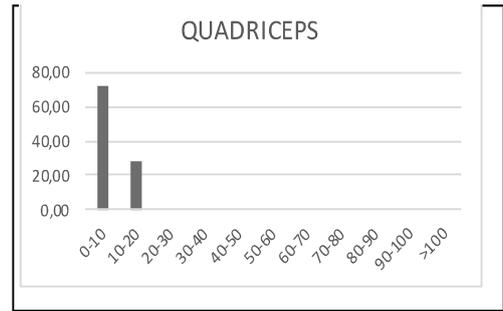
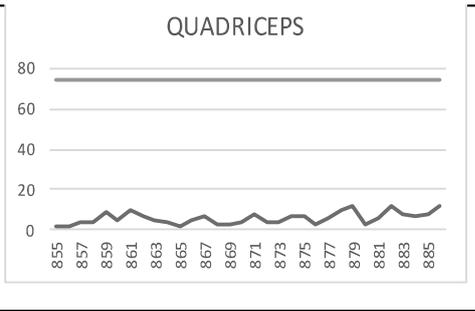
C	VAL
N	32
M	4,3
MED	4,0
D.ST	0,7
MIN	3,0
MAX	6,0
R	3-6
MCV	78,0



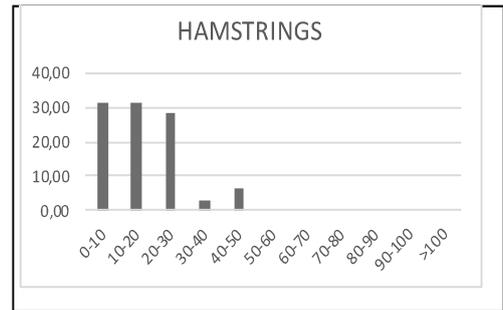
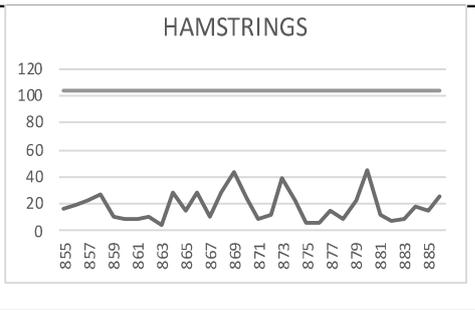
C	VAL
N	32
M	8,8
MED	9,0
D.ST	2,3
MIN	4,0
MAX	13,0
R	4-13
MCV	38,0



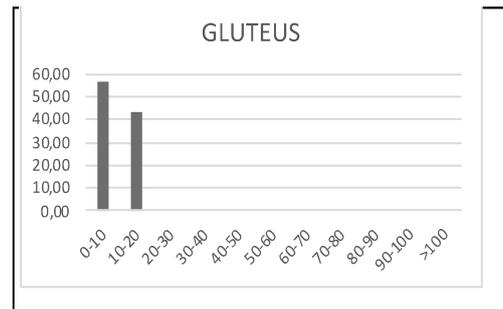
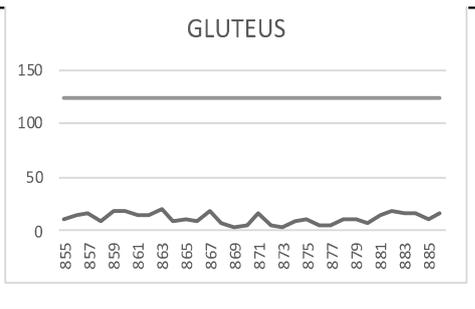
C	VAL
N	32
M	6,0
MED	5,5
D.ST	3,0
MIN	2,0
MAX	12,0
R	2 - 12
MCV	74,0



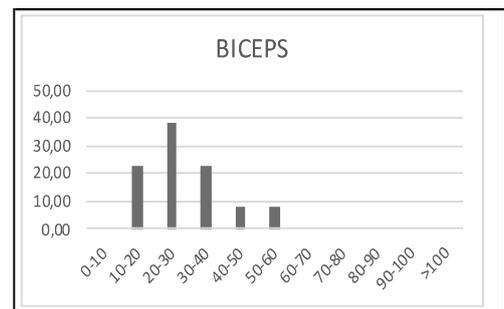
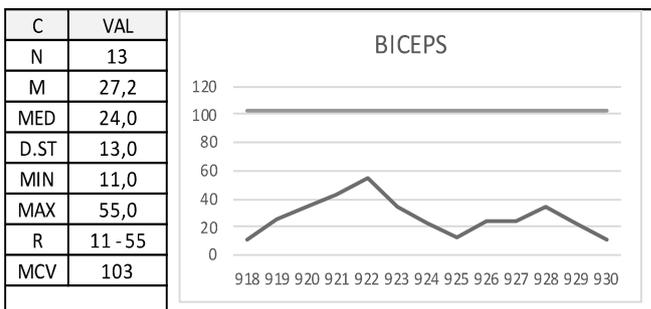
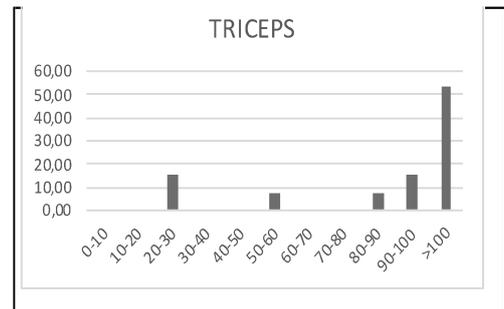
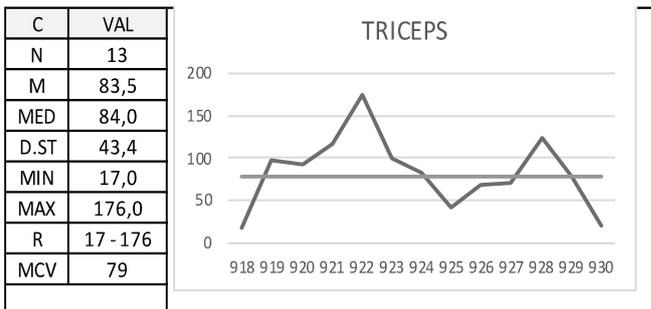
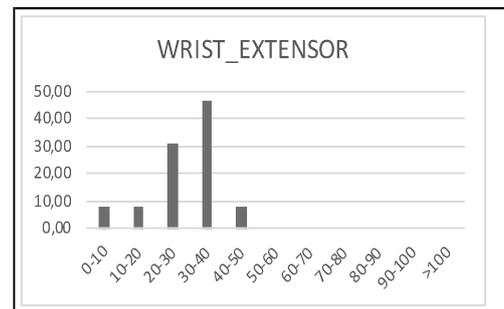
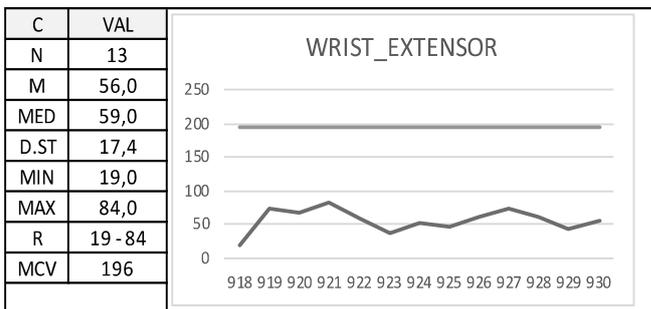
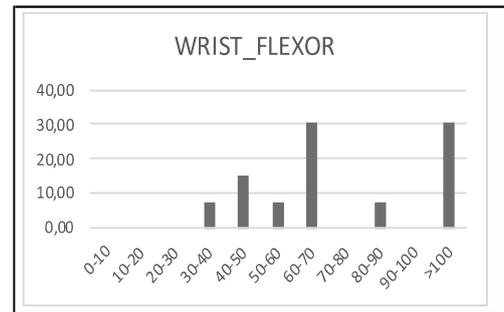
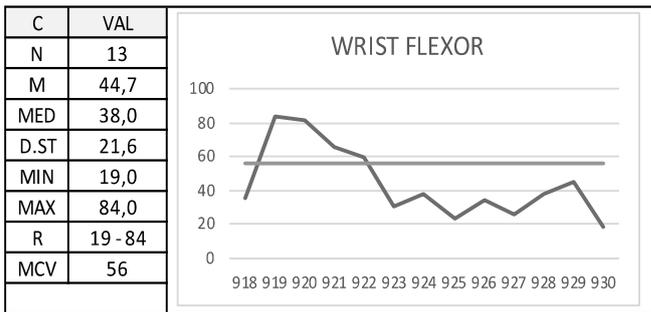
C	VAL
N	32
M	18,2
MED	15,0
D.ST	10,9
MIN	4,0
MAX	45,0
R	4 - 45
MCV	104,0



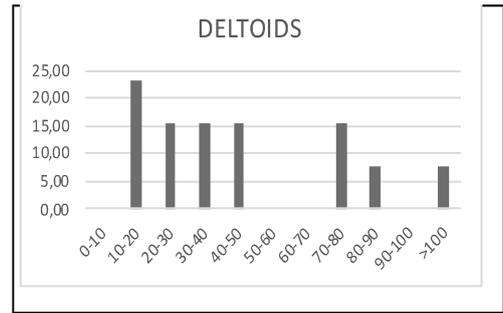
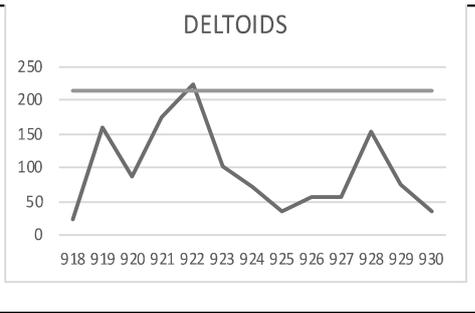
C	VAL
N	32
M	12,1
MED	12,0
D.ST	4,9
MIN	4,0
MAX	20,0
R	4 - 20
MCV	124,0



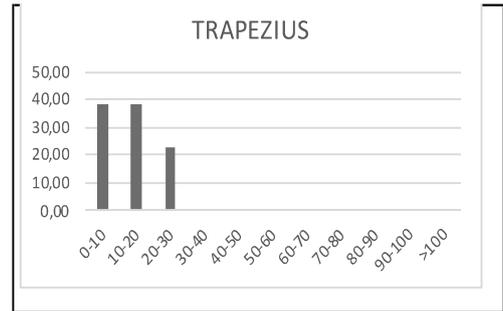
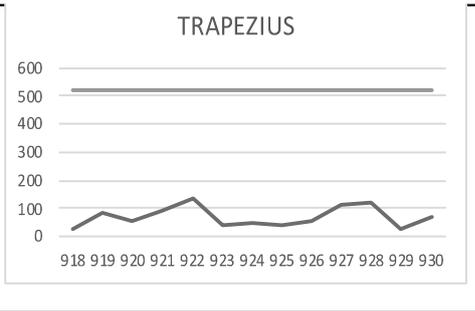
Movimentazione 2 “Spinta di Schiena”



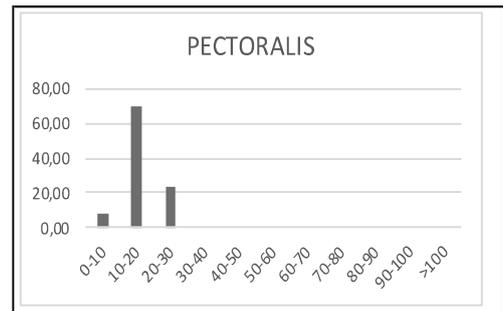
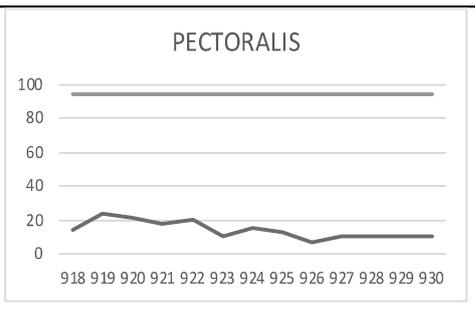
C	VAL
N	13
M	96,1
MED	74,0
D.ST	62,8
MIN	22,0
MAX	224,0
R	22 - 224
MCV	215



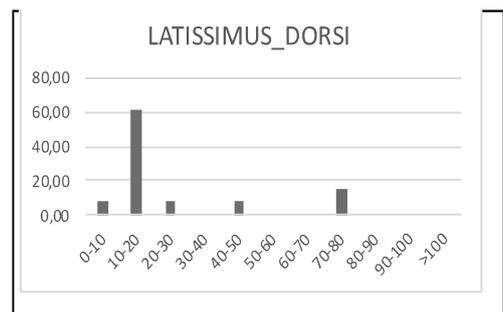
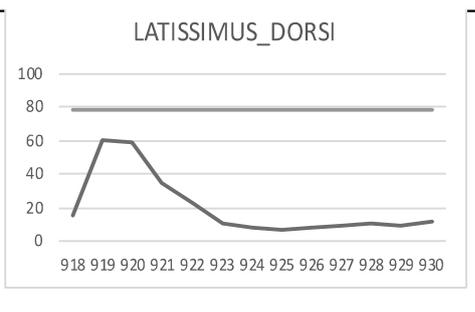
C	VAL
N	13
M	69,8
MED	58,0
D.ST	36,1
MIN	23,0
MAX	133,0
R	23 - 133
MCV	521



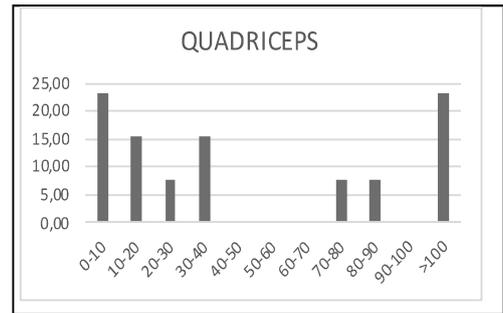
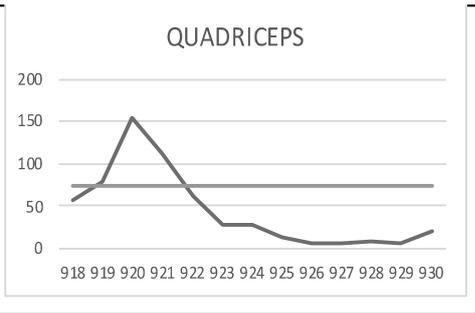
C	VAL
N	13
M	14,1
MED	13,0
D.ST	5,2
MIN	7,0
MAX	24,0
R	7 - 24
MCV	94



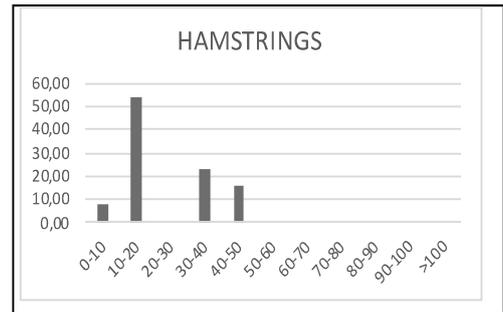
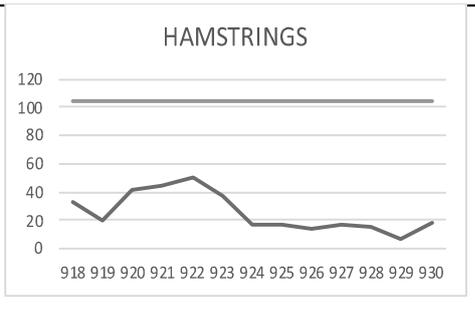
C	VAL
N	13
M	20,4
MED	11,0
D.ST	19,0
MIN	7,0
MAX	60,0
R	7 - 60
MCV	78,0



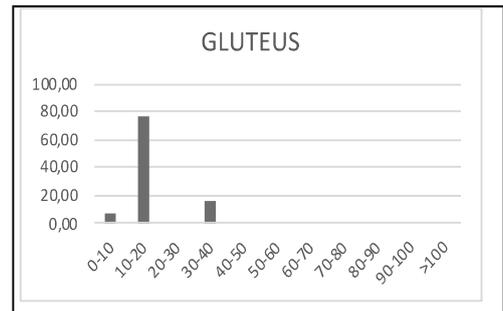
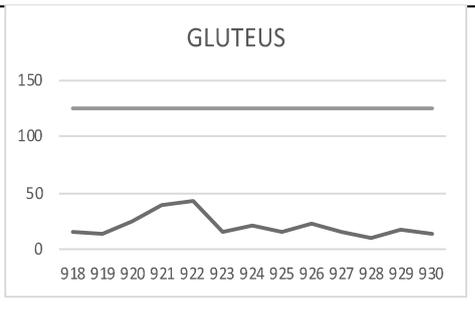
C	VAL
N	13
M	44,8
MED	27,0
D.ST	46,7
MIN	6,0
MAX	154,0
R	6 - 154
MCV	74,0



C	VAL
N	13
M	25,6
MED	19,0
D.ST	14,0
MIN	6,0
MAX	51,0
R	6 - 51
MCV	104,0



C	VAL
N	13
M	20,5
MED	15,0
D.ST	10,2
MIN	11,0
MAX	43,0
R	11 - 43
MCV	124,0



Allegato 4 - Legenda Alle Tabelle 10 e 11

SIGLA	GRUPPO MUSCOLARE
W_F	WRIST FLEXORS
W_E	WRIST EXTENSORS
TR	TRICEPS
B	BICEPS
D	DELTOIDS
T	TRAPEZIUS
P	PECTORALIS
L_D	LATISSIMUS DORSI
L_B	LOW BACK
Q	QUADRICEPS
H	HAMSTRINGS
G	GLUTEUS

Allegato 5 – Album fotografico

Parte dell'apparato di test portatile per la MCV – nel dettaglio i punti di ancoraggio in acciaio inossidabile



Rotoli interessati dalle Movimentazioni



Utilizzo dello Spingirolo



9) Ringraziamenti

Desidero riservare quest'ultima pagina a tutti coloro che mi hanno accompagnato nel mio percorso universitario e di Tesi.

Ringrazio il RAFP del Corso, Dottor Giovanni Missana per avermi fornito consigli e spunti sempre utili, sin dal primo Anno Accademico.

Ringrazio il Relatore, Professor Corrado Negro, per aver riposto piena fiducia in me e nel progetto ancor prima che questo si materializzasse.

Un ringraziamento speciale al Correlatore, Dottor Michele Bordignon, per essersi speso in tal modo, per avermi supportato in ogni fase della Tesi permettendomi di mettermi in gioco dal primo giorno in un'esperienza preziosa per il futuro.

Ringrazio il Tutor Didattico, Dottor Marco Rizzo, per le competenze, la puntualità e la disponibilità mostrata lungo il mio percorso.

Ringrazio il Professor Roberto Colli per l'aiuto e le competenze messe in campo, Alfonso Bellicoso e Silvio Barnabà per la disponibilità e la cortesia rispettivamente nei confronti miei e della Tesi.

Ringrazio il Dottor Enrico Casuccia per avermi permesso di svolgere le analisi necessarie in Cartiera.

Si ringrazia il fornitore dei dispositivi sensorizzati, Myontec Ltd.

Ultimi, ma non per importanza, si ringraziano i miei genitori e i miei familiari, i quali hanno sempre saputo essermi accanto e aiutarmi al bisogno.