Università degli Studi dell'Insubria
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Corso di Laurea in Fisioterapia

Analisi del comfort di una seduta ergonomica non convenzionale in ambito scolastico

Relatore:

Prof. PIERGIORGIO BENAGLIA

Tesi di laurea di:

Gabriele STRAZZELLA

Matricola n: 713162

Anno Accademico 2011/2012

ANALISI DEL COMFORT DI UNA SEDUTA ERGONOMICA NON CONVENZIONALE IN AMBITO SCOLASTICO

INDICE **Pag.**

INTRODUZIONE: SEDENTARIETA' E RACHIALGIA *4*

CAPITOLO 1: CHINESIOLOGIA E PATOMECCANICA DELLA STAZIONE SEDUTA

1.1. Confronto tra stazione seduta e in piedi *7*

1.2. Neutral position *8*

1.3. Slump sitting *10*

1.4. Erect stance *12*

1.5. Forward leaning *13*

1.6. Backward leaning *15*

CAPITOLO 2: SEDUTE ERGONOMICHE CONVENZIONALI

2.1. Schienale *17*

2.2. Supporto lombare *18*

2.3. Braccioli *20*

CAPITOLO 3: SEDUTE ERGONOMICHE NON CONVENZIONALI

3.1. Forward sloping seats *22*

3.2. Kneeling chair *24*

3.3. Rocking chair *24*

CAPITOLO 4: DISEGNO SPERIMENTALE A MISURE RIPETUTE

4.1. Materiali e metodi *26*

4.2. Risultati *30*

CAPITOLO 5: DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

5.1. Comodità schienale *33*

5.2. Benessere delle ginocchia *35*

5.3. Benessere del sedere *35*

5.4. Benessere del collo *37*

5.5. Imbarazzo *38*

5.6. Dati antropometrici *38*

5.7. Limiti dello studio *39*

5.8. Conclusioni *39*

Allegato *41*

Bibliografia *42*

INTRODUZIONE

SEDENTARIETA' E RACHIALGIA

Negli ultimi 40 anni l'incidenza del mal di schiena negli uomini e triplicata passando dal 6,3 al 16,3% ed è raddoppiata nelle donne passando dal 8,6 al 17,3% (Harkness 2005). Attualmente più del 80% della popolazione ha riportato almeno un episodio di rachialgia nella vita (Rubin 2007) ed il 67% almeno un episodio di lombalgia (Ihlebaek 2006) determinando una spesa annua di 100 miliardi (Frymoyer 1991). Nel corso di un anno il 40% delle persone riferisce almeno un evento acuto di dolore lombare (Drezner 2001). L'incidenza mondiale negli adolescenti è tra l' 8% (Diepenmaat 2006) e il 44% (Murphy 2004) e risulta aumentata negli ultimi 15 anni del 36 % (Olsen 1992), aumento dipeso in buona parte dallo stile di vita meno attivo e strettamente correlato alla posizione seduta (Ehrlich 2003, Buckle 1981, Kelsey 1975, Dul 1987). Oltre il 25% delle lombalgie è infatti causato dalla stazione seduta (Nurul 2010) che, se prolungata nel tempo, porta alla riduzione dell'altezza del disco intervertebrale (McMillan 1996). Per quanto riguarda i soggetti rachialgici il 72% accusa un aumento del mal di schiena assumendo la stazione seduta e il 53% di loro attribuisce il proprio mal di schiena proprio a quest'ultima stazione (Barbar-Craig 2003).

Più del 60% delle persone ha almeno un episodio di lombalgia al lavoro e il 45% ha il primo attacco di lombalgia mentre lavora (Rezaee 2011), con un' incidenza nei lavoratori d'ufficio di almeno un episodio di mal di schiena ogni 3 anni (Lengsfeld 2000, Frymoyer 1980, Nachemson 1970). Spyropoulos (2007) ha riscontrato che il 40% dei lavoratori d'ufficio lamenta problemi di natura muscolo-scheletrica. In Olanda il

26,5% dei lavoratori d'ufficio soffre di seri problemi alla schiena (Hildebrandth 1990), mentre in Nigeria il 59,7% di loro manifesta lombalgia (Sanya 2005). In Grecia invece il 44% soffre di lombalgia a causa del lavoro sedentario (O'Neil 2001), infatti tra i lavoratori d'ufficio greci il 37,8% ha avuto almeno un episodio di lombalgia nel corso di un mese, il 41,8% nel corso di 2 mesi e il 61,6% nel corso della vita (Spyropoulos 2007). Questo problema è presente anche tra gli autisti di mezzi pubblici, infatti tra loro la prevalenza di mal di schiena è del 35-60% (Szeto 2007), con un incremento del 39% per quelli che svolgono 10 ore in più di lavoro settimanalmente (Krause 2004), percependo inoltre una sensazione di disagio alla schiena nel 90% di questi ultimi (Szeto 2007) a causa delle posizioni mantenute a lungo senza pause (Hagg 1991).

Tra gli studenti si riscontra una grossa prevalenza di mal di schiena dovuta soprattutto alla sedentarietà obbligata a scuola (Smith 2007, Murphy 2004, Sjolie 2004), difatti annualmente il 42,8% di loro soffre di mal di schiena (Kennedy 2008) e il 6% delle visite mediche avvengono proprio a causa di questo problema (Smith 2007). Si nota inoltre, sempre negli studenti, una precoce degenerazione dei dischi intervertebrali correlata al mal di schiena (Phelip 1999). Nelle varie parti del mondo i dati sono allarmanti, infatti nel Kuwait la percentuale degli studenti tra i 10-18 anni che abbia presentato almeno una volta nella vita mal di schiena è del 58% (Shehab 2005), nel Regno Unito in quelli tra i 10-16 anni è del 40% (Jones 2004), in Spagna in quelli tra i 13-15 anni è del 61% (Kovacs and Gestoso 2003) e in Finlandia in quelli tra i 12-18 anni è del 26% (Vikat 2000). Per quanto riguarda quelli che l'abbiano presentato almeno una volta nell'ultimo anno, in Danimarca il 23% di quelli tra i 14-16 anni ha avuto almeno un attacco di lombalgia (Hestbaek 2004), in Norvegia il 58% di quelli tra 8-9

anni (Sjolie 2004) e a Taiwan il 37% di quelli tra i 10-12 anni (Cho 2003). Negli studenti che invece abbiano manifestato mal di schiena nell'ultimo mese, nel Regno Unito il 24% di quelli tra gli 11-14 anni ha avuto almeno un attacco di lombalgia (Watson 2002) e in Danimarca il 39% di quelli tra i 3-9 anni (Wedderkopp 2001).

In letteratura sono riportati diversi approcci per prevenire il mal di schiena, tra questi quelli meno efficaci sono la manipolazione del rachide e l'utilizzo di solette ortopediche (Burton 2005), mentre hanno invece una limitata evidenza scientifica l'adozione di materassi ergonomici (Kovacs and Abraira 2003) e la prescrizione di esercizi fisici e stretching (Burton 2005). Una buona rilevanza scientifica viene attribuita ai consigli ergonomici come: la modifica dell'altezza del tavolo da lavoro durante la stazione seduta (Allie 2005), l'evitare di mantenere quest'ultima per tempi prolungati oltre le 3 ore (Mc Beth 2007) e il cambio posturale frequente (Nelson 1998, Murphy 2004). Il rimedio che comunque risulta più utile per prevenire le rachialgie è l'adozione di sedute ergonomiche (Nelson1998, Herbert 2001), in particolare non convenzionali (Shenoy 2007). Esse infatti, nell'ambito lavorativo, consentono di ridurre il mal di schiena (Herbert 2001), di migliorare le performance (Loisen 2001) e ridurre le assenze da lavoro (Moore 1998), mentre nell' ambito scolastico permettono principalmente di ridurre le incidenze di rachialgia (Hakala 2010). Data l'importanza che viene attribuita alla seduta ergonomica e alla prevenzione negli adolescenti, l'obbiettivo del nostro studio è di approfondire gli aspetti biomeccanici e il comfort della sedia ergonomica non convenzionale in ambito scolastico.

CAPITOLO 1

CHINESIOLOGIA E PATOMECCANICA DELLA STAZIONE SEDUTA

1.1. Confronto tra stazione seduta e in piedi

Come si può vedere dalla tabella della (fig.1.1.1) la stazione seduta rispetto a quella in piedi comporta una maggior pressione a carico dei dischi intervertebrali (Nachemson 1970, Callaghan 2001), determinando uno scivolamento posteriore del nucleo polposo (fig.1.1.2) con conseguenze negative per l'anulus fibroso, la cui porzione posteriore risulta essere meno resistente di quella anteriore (Pynt 2008). Tale fenomeno è dovuto al fatto che il braccio della gravità a livello lombare è decisamente maggiore nella stazione seduta che in quella in piedi. Infatti il baricentro del tronco, cadendo posteriormente rispetto alle tuberosità ischiatiche che fungono da fulcro, determina una retroversione di circa 28° del bacino che causa la flessione del tratto lombare (in particolare a livello di L4-L5) fino a 38° (Andersson 1979). In tale condizione anche le strutture muscolo-connettivali posteriori del rachide risultano decisamente sollecitate, fino a 6 volte in più che in stazione eretta (Callaghan 2001).

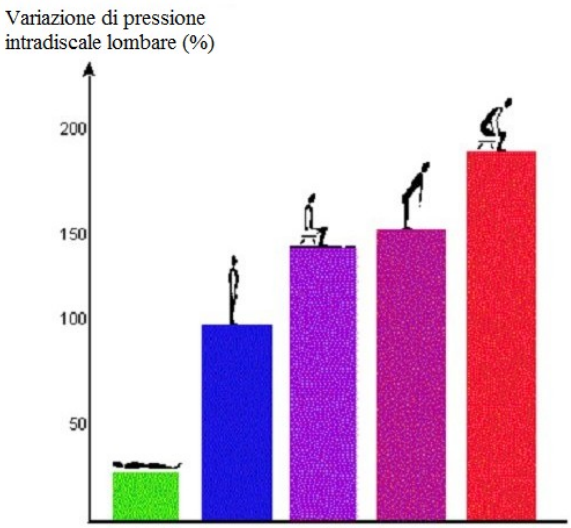

Fig. 1.1.1. Pressione intradiscale delle vertebre lombari nelle varie stazioni e posture (Nachemson 1976, modificato).

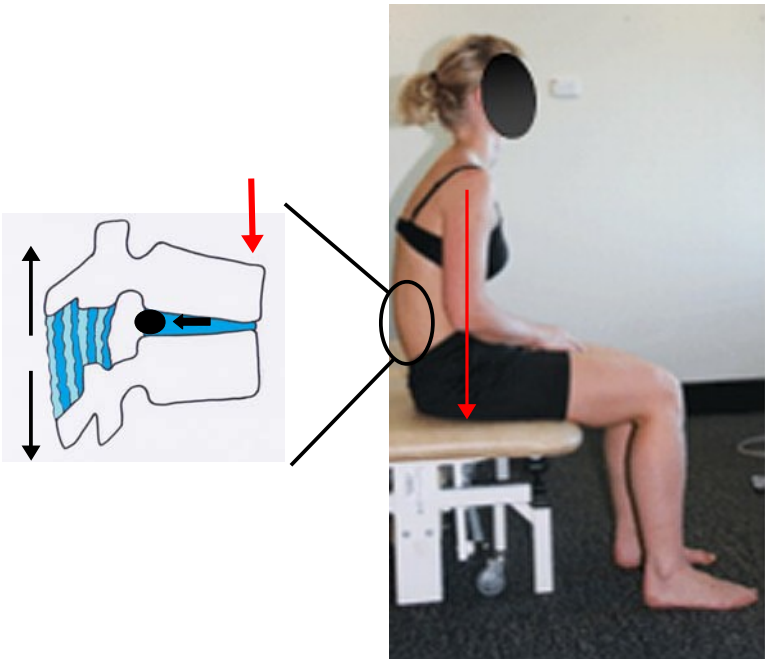

Fig. 1.1.2. Scivolamento indietro del nucleo polposo e tensionamento dei legamenti delle vertebre lombari. Freccia rossa: forza peso.

La stazione seduta può presentarsi con posture diverse che dipendono principalmente dalle caratteristiche morfologiche del soggetto e dalle attività che deve svolgere (Cram 1995) e sono in continuo mutamento (Andersonn 1987, Grieco 1986). Bhatnager (1985) ha riscontrato che in un ora di seduta si cambia in media 20-30 volte posizione con un aumento del 50% dopo 3 ore. Tutto questo è dovuto al fastidio provocato da una posizione statica perdurata nel tempo (Fujimaki).

In letteratura non ci sono termini univoci per indicare le posture tipiche della stazione seduta, che comunque sono le seguenti.

1.2. Neutral position

La neutral position (denominata anche middle position, upright sitting a seconda degli

autori) (fig.1.2.1) è la posizione più ricercata in ergonomia per il suo minor stress meccanico. Il baricentro del tronco cade a livello delle tuberosità ischiatiche sulle quali si crea un'alta pressione data la ristrettezza della superficie d'appoggio. La posizione del rachide lombare rispetto alla posizione eretta è leggermente più flessa, mentre il bacino si trova in posizione zero con anche flesse a 90°.

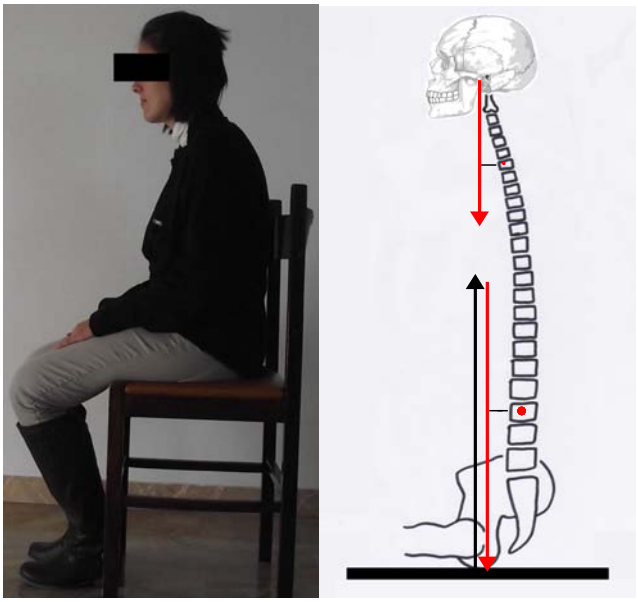

Fig. 1.2.1. Neutral position. Freccia rossa craniale: baricentro segmenti corporei craniali a C7. Freccia rossa caudale: baricentro segmenti corporei craniali a L3. Freccia nera: reazione vincolare dell'appoggio.

La pressione a carico dei dischi intervertebrali nella neutral positon rispetto alla stazione eretta risulta maggiore del 40% (Akerblom 1948, Nachemson 1976), questo perchè nella neutral position la leggera flessione del tratto lombare porta di poco indietro il centro di rotazione delle vertebre lombari, creando così a tale livello un piccolo momento flessorio (fig.1.2.1) che viene contrastato attraverso tre meccanismi, due passivi e uno attivo. Il primo, passivo, sfrutta la stiffness delle strutture muscolo-legamentose poste posteriormente al rachide che subiscono in tal modo uno stress 6

volte maggiore rispetto alla stazione eretta (Callaghan 2001). Il secondo meccanismo passivo è costituito dalla resistenza alla compressione della porzione anteriore dell'anulus fibroso. L'ultimo meccanismo, quello attivo, sfrutta l'attività muscolare degli estensori del rachide che aumentano la loro attività del 300% (Callaghan 2001). Lo stesso avviene anche a livello del capo in cui il baricentro passa di poco anteriormente rispetto alle vertebre cervicali, determinando così un leggero momento flessorio (fig.1.2.1) contrastato dai 3 meccanismi citati in precedenza.

1.3. Slump sitting

Nello slump sitting (fig.1.3.1) (chiamato anche flexed sitting, sitting relaxed, sloop sitting o posterior sitting) il baricentro del tronco cade a livello della porzione posteriore delle tuberosità ischiatiche creando così, i problemi di pressione ischiatica già citati a proposito della neutral position. Il bacino, retrovertendosi, sposta indietro il baricentro del tronco e conseguentemente il rachide si flette riportando cosi il baricentro in avanti.
Nello slump sitting l'aumentata flessione del tratto lombare porta ad un maggior momento flessorio della gravità (Brunswich 1984, Pynt 2008) e quindi ad un aumento del 45% della pressione intradiscale rispetto alla neutral position (Nachemson 1976) (fig.1.3.1). In tal modo la compressione della parte anteriore dell'anulus fibroso tende a spingere indietro il nucleo polposo creando una progressiva e pericolosa tensione della parte posteriore dell'anulus stesso e del legamento longitudinale (Pynt 2008).

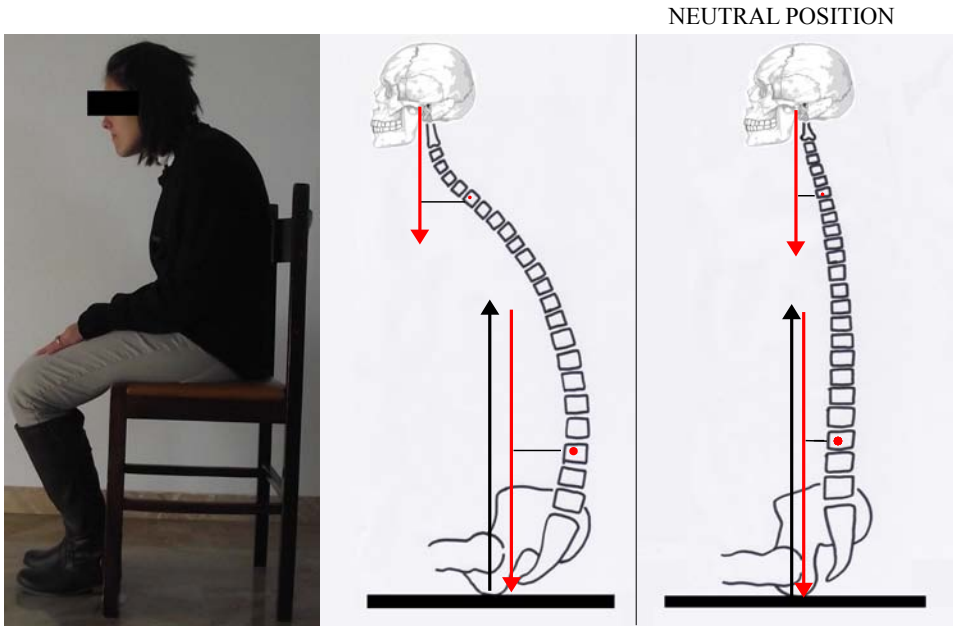

Fig.1.3.1. Confronto tra slump sitting (a sinistra e al centro) e neutral position (a destra).

Gli studi di Caneiro (2010) mostrano che nella slump position c'è una minor attività degli erettori del tratto lombare e una completa inattività di quelli del tratto dorsale poiché, differentemente dalla neutral position, il momento della gravità viene contrastato grazie al tensionamento delle strutture passive muscolo-legamentose con conseguente sovraccarico delle stesse. Ciò spiega i dati presenti in letteratura che indicano lo slump sitting come la postura seduta con il più alto rischio di discopatia ed ernia (O'sullivan 2006), solitamente sintomatica solo a lesione avanzata (Martin 2003) dato che il disco intervertebrale è sprovvisto di recettori. Altri autori hanno riscontrato un elevato stress a carico dei legamenti e degli elementi elastici in serie dei muscoli del rachide, dimostrando che per 10 minuti di flessione isometrica del rachide sono necessarie più di 7 ore per far tornare tali tessuti alla loro lunghezza originale (Solomonow 2009, O'sullivan 2006). Ciò innesca una reazione sub-infiammatoria locale

che aumenta esponenzialmente dopo la prima ora, con successivo aumento della lassità tissutale e alterazione della propriocettività legamentosa (Solomonow 2009, O'sullivan 2006).

Nello slump sitting il capo risulta molto esteso per mantenere lo sguardo rivolto in avanti, in tal modo il baricentro del capo si trova molto anteriormente rispetto all'articolazione occipito-atlantoidea e di C7 (fig.1.3.1) richiedendo una grossa attività della muscolatura estensoria locale, comportando notevole affaticamento e contratture responsabili di quadri cervicalgici e cefalea miotensiva (Caneiro 2010).

1.4. Erect stance

Nell' erect stance (fig.1.4.1) (denominato anche sitting erect o sitting straight) il baricentro del tronco cade a livello del ramo ischiatico distribuendosi in questo modo su una superficie d'appoggio maggiore e protetta da tessuti molli, così da esercitare una pressione minore. Il bacino antivertendosi sposta in avanti il baricentro del tronco, conseguentemente il rachide si estende riportando cosi il baricentro indietro. In questo caso la rotazione del bacino non solo sposta posteriormente il fulcro delle tuberosità ischiatiche, ma lo eleva così da creare un nuovo appoggio dato dal ramo ischiatico.

Nell' erect stance la posizione del rachide è molto più simile alla stazione eretta e quindi la pressione all'interno dei dischi intervertebrali è decisamente minore rispetto alla neutral position (Wilke 1999). Ciò comporta pertanto una netta riduzione dei fenomeni di degenerazione discale citati nella slump position.

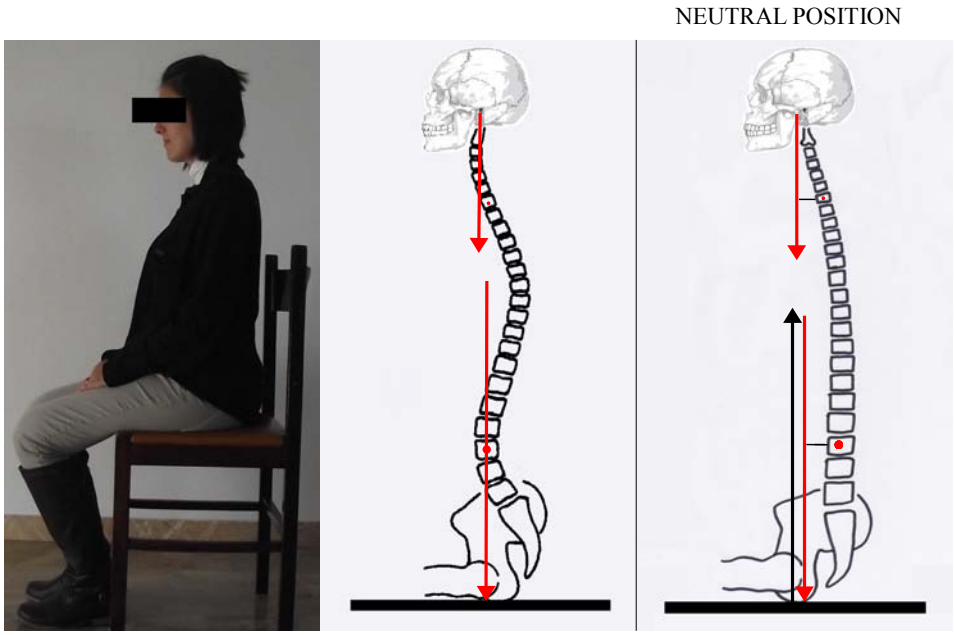

Fig. 1.4.1. Confronto tra erect stance (a sinistra e al centro) e neutral position (a destra).

Si assiste però ad un'intensa attività dei paravertebrali e degli erettori della colonna lombare (Caneiro 2010) contratti isometricamente per impedire la retroversione del bacino, causata sia dalla tensione degli estensori d'anca, sia dal momento retrovertente e dalla forza di reazione vincolare. Nell'erect stance quindi, il principale problema è rappresentato dall'elevato rischio di contratture e affaticamento muscolare.

Il collo e il capo sono molto vicini alla linea gravitazionale e non necessitano quindi dell'attività della propria muscolatura estensoria (fig.1.4.1).

1.5. Forward leaning

Il forward leaning (fig.1.5.1) (denominato anche anterior leaning posture o anterior

sitting) è la postura più adottata per svolgere lavori al tavolo che richiedano concentrazione (Mandal 1985). In esso il baricentro del tronco cade a livello del terzo prossimale del femore e viene in parte scaricato grazie all'appoggio degli arti superiori. A livello dorsale si assiste ad un momento estensorio (fig.1.5.1).

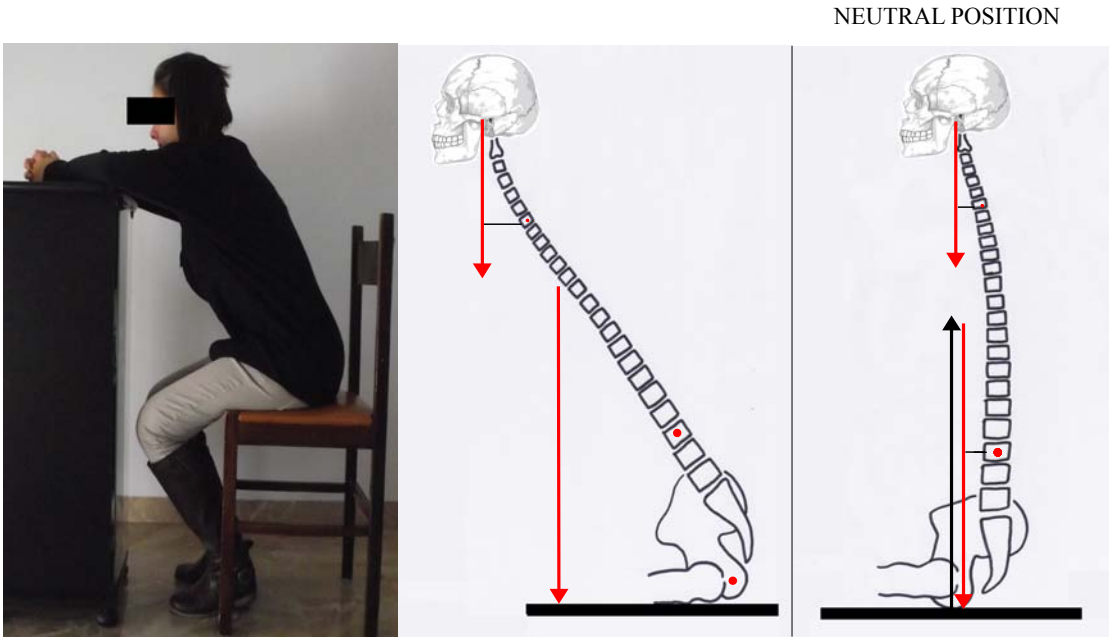

Fig. 1.5.1. Confronto tra forward leaning (a sinistra e al centro) e neutral position (a destra).

Benchè nel forward leaning il baricentro del tronco si sposti molto in avanti, la pressione a livello dei dischi intervertebrali si mantiene su livelli accettabili (Nachemson 1965) grazie all'appoggio degli arti superiori. Si tratta di una catena cinetica chiusa che porta il rachide ad avere un duplice momento: flessorio fino al punto in cui la porzione craniale del rachide incontra la linea di baricentro del tronco ed estensorio oltre a questa linea.

La posizione del capo è molto simile a quella dello slump sitting (fig.1.5.1), determinando un elevata attività dei muscoli estensori. Pertanto nel forward leaning il problema principale è a carico del tratto cervicale che deve contrastare la forza di

gravità, con conseguente affaticamento e contratture in questa regione (Sauter 1983).

1.6. Backward leaning

Il backward leaning (fig.1.6.1) (chiamato anche posterior leaning posture o posterior sitting) è una delle posture più adottate per riposare, conversare o parlare al telefono (Grandjean 1980, Laubli 1986), ma anche la più dannosa per il rachide lombare. In esso il baricentro del tronco cade a livello del sacro e dei glutei ed è solo grazie al contatto del tratto dorsale con lo schienale che la pressione viene distribuita su una superficie d'appoggio maggiore. Lo spostamento posteriore del baricentro causato dalla maggior retroversione di bacino viene limitato dal contatto con lo schienale (fig.1.6.1).

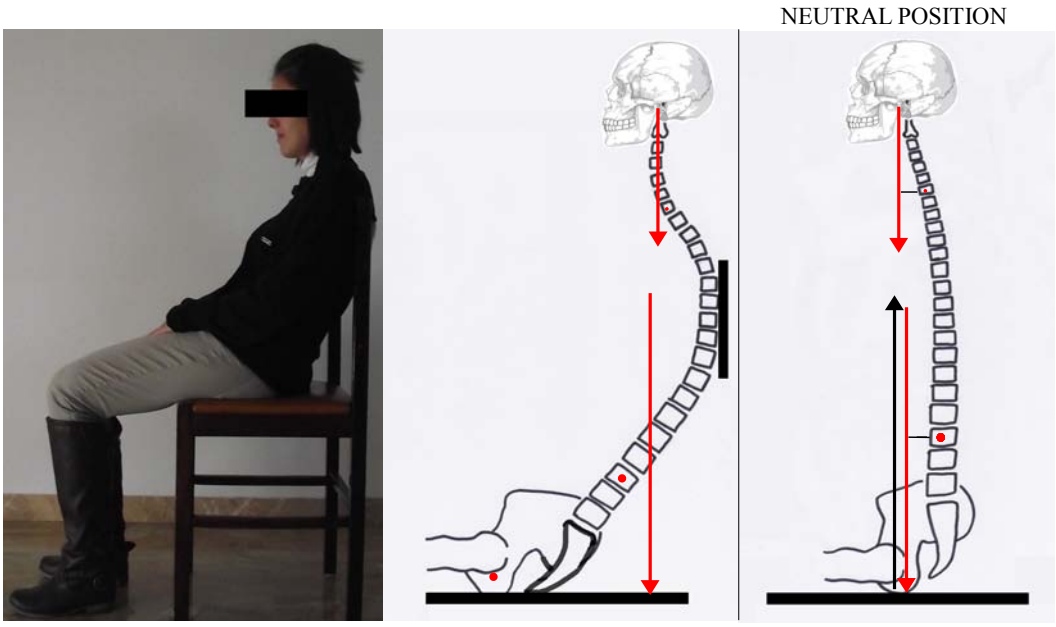

Fig.1.6.1. Confronto tra backward leaning (a sinistra e al centro) e neutral position (a destra).

Nel backward leaning avviene il contrario rispetto al forward leaning: lo spostamento posteriore del baricentro del tronco creerebbe un momento estensorio al rachide, ma, a

causa del contatto con lo schienale che trasforma la catena cinetica da aperta a chiusa, solo il bacino ha un momento estensorio, mentre il tratto lombare lo ha flessorio. Questa situazione crea un grosso carico a livello dei dischi intervertebrali lombari e dei tessuti passivi situati posteriormente al rachide, massimizzando così i danni descritti nello slump sitting.

Il capo, in questo caso, si trova in equilibrio (fig.1.6.1), senza la necessità di attivare i propri muscoli e di sollecitare i propri tessuti connettivali, se non in piccolo grado per adottare degli aggiustamenti.

CAPITOLO 2

SEDUTE ERGONOMICHE CONVENZIONALI

Con questo termine si intendono sedie studiate sotto il profilo biomeccanico e del comfort da professionisti del settore. Esse devono essere adatte o adattabili al 95% della popolazione generale e devono avere la seduta e lo schienale con forme simili o adattabili alla morfologia del corpo umano. Infine, possono anche avere in dotazione lo schienale reclinabile, il supporto lombare e i braccioli.

2.1. Schienale

Lo schienale, e soprattutto la sua reclinabilità, comporta diversi benefici per la meccanica della stazione seduta: in primo luogo una riduzione della flessione del tratto lombare e della retroversione del bacino (Andersson 1979), evitando i diversi svantaggi già citati nei paragrafi precedenti. Si è visto infatti che passando da uno schienale con angolo di 90° ad uno con angolo di 110° si riduce di più di un terzo la pressione intradiscale (Andersson 1974b), questo perchè il momento flessorio al rachide diminuisce e aumenta lo scarico del peso sullo schienale. Anche la pressione a livello delle tuberosità ischiatiche diminuisce per distribuirsi maggiormente a livello della colonna vertebrale in appoggio (fig.2.1.1).

Si osserva un decremento generale dell'attività dei muscoli paravertebrali passando da una seduta senza schienale ad una con schienale. Inoltre, tale attività muscolare diminuisce con l'aumento della reclinazione dello schienale. Passando da un angolo di 90° a 110° si riduce di metà a livello lombare, di un terzo a livello dorsale e di un quinto

a livello del muscolo trapezio (Hosea 1986).

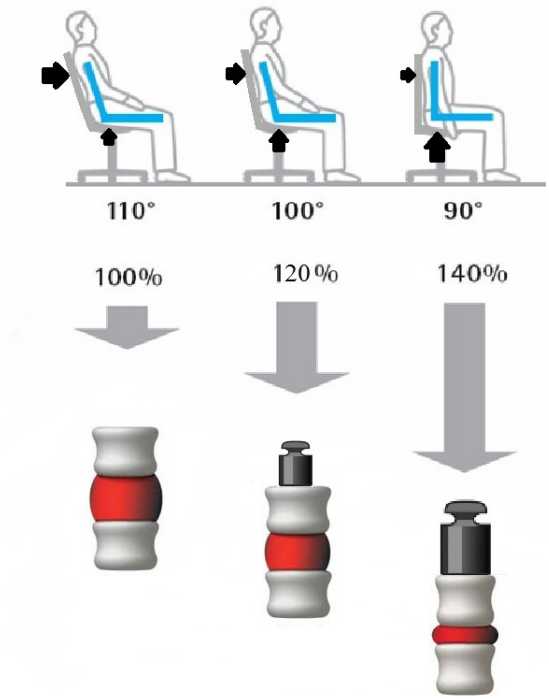

Fig.2.1.1. Compressione disco intervertebrale, pressione ischiatica e pressione orizzontale al rachide con 110°, 100°, 90° di inclinazione di schienale.

Si tenga tuttavia presente che tutti questi dati sono comunque molto influenzabili e che le misurazioni condotte negli studi si riferiscono alla neutral position e con colonna aderente allo schienale.

2.2. Supporto lombare

Il supporto lombare viene utilizzato spesso per rendere più corretta la postura seduta: infatti se il bacino è mantenuto aderente allo schienale, il supporto lombare mantiene la lordosi lombare a circa 47° contro i 10° con il solo schienale (Andersson 1979).

E' stata notata una stretta correlazione tra spessore del supporto lombare, inclinazione

dello schienale e diminuzione della pressione intradiscale: utilizzare uno schienale con un angolo di 90° e con un supporto lombare di 5 cm equivale, in termini di pressione intradiscale, ad utilizzare uno schienale reclinato di 120° (Andersson 1974b). Ciò si spiega, dal punto di vista biomeccanico, con il fatto che il supporto lombare, mantenendo una maggior lordosi lombare, avvicina la linea di gravità alle vertebre lombari (fig.2.2.2), diminuendo e distribuendo la pressione intradiscale. Tuttavia, per garantirne l'efficacia, risulta di fondamentale importanza il corretto posizionamento del supporto che va posto a livello delle vertebre lombari più caudali (L4-L5). Non deve inoltre essere trascurato che reclinando lo schienale, dato che questo si muove su un asse posteriore rispetto all'asse della tuberosità ischiatica, sposta il supporto lombare in una posizione più craniale determinandone quindi il mal posizionamento (fig.2.2.1). Per questo motivo alla reclinazione dello schienale di circa 15° si dovrebbe associare uno spostamento caudale del supporto lombare di 4,5 cm (Snorrason 1968).

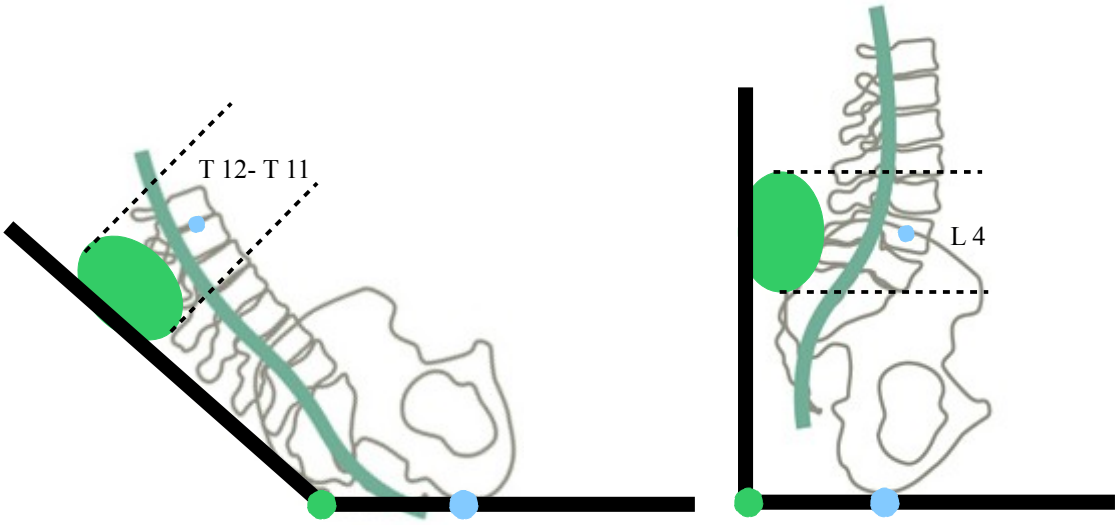

Fig. 2.2.1. Schienale reclinato con supporto lombare (a sinistra), schienale a 90° con supporto lombare (a destra). Pallino verde: asse schienale, pallino azzurro: asse tuberosità ischiatica.

Per quanto riguarda l'attività muscolare paravertebrale, un supporto lombare dai 3 ai 5 cm di spessore non provoca sensibili differenze rispetto all' utilizzo del solo schienale. La differenza avviene con l'utilizzo di uno spessore di 7 cm, che aumenta l'attività muscolare a livello lombare e toracico (Hosea 1986), poiché in tal caso il baricentro del tronco si sposta anteriormente e crea così un momento flessorio al rachide.

Anche nel caso in cui il supporto lombare venga posizionato male, non solo non si assiste all'aumento della lordosi lombare, ma si verifica lo scivolamento anteriore del bacino (fig.2.2.2) riducendo inevitabilmente i benefici sopra citati.

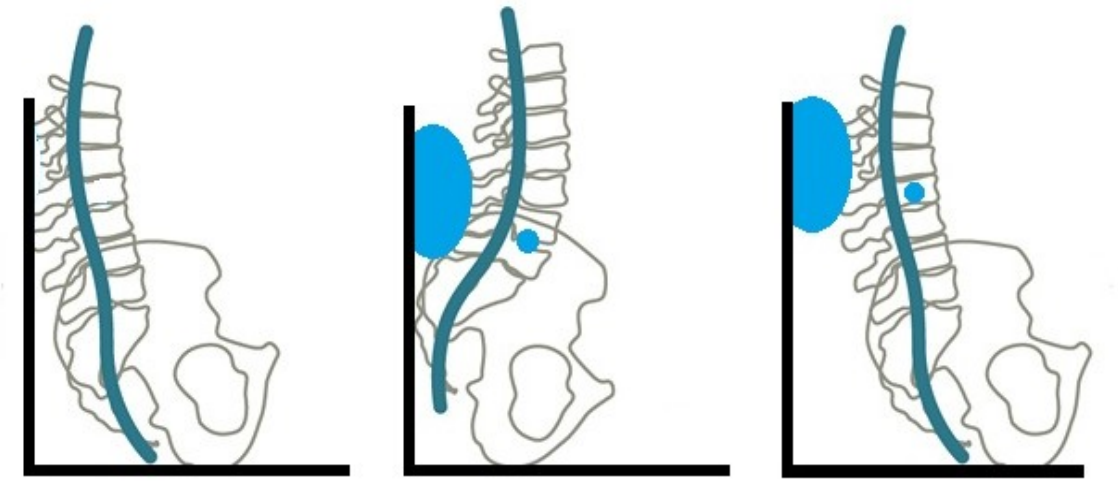

Fig. 2.2.2. Assenza di supporto lombare (a sinistra), posizionamento corretto del supporto lombare (al centro), posizionamento scorretto del supporto lombare (a destra).

2.3. Braccioli

Il bracciolo permette in primo luogo di ridurre il carico a livello discale fino a dimezzarlo (Andersson 1974b) in quanto il carico della colonna viene in parte trasferito agli arti superiori, così da diminuire il momento flessorio al rachide e la pressione a livello ischiatico.

Per quanto riguarda l'attività muscolare si riscontra una diminuzione dello sforzo dei paravertebrali con l'utilizzo dei braccioli (Andersson 1974a, Rosemeyer 1971) per lo stesso motivo citato sopra, diminuendo così il rischio di lombalgia. Si evidenzia anche una diminuzione della cervicalgia associata alla mouse sindrome visto che questo ausilio permette di lavorare al computer con gli avambracci in appoggio (Marcus 2002).

CAPITOLO 3

SEDUTE ERGONOMICHE NON CONVENZIONALI

Vengono definite con questo termine sedie dotate di seduta inclinata anteriormente (forward sloping seats), appoggio tibiale (kneeling chair) e base oscillante (rocking chair).

3.1. Forward sloping seats

I primi studi biomeccanici relativi a sedie con piano di seduta inclinato anteriormente risalgono agli inizi degli anni 80' (Avery 1979, Bendix 1983, Brunswich 1984, Drury 1985), ma è solo negli ultimi 20 anni che tali sedute si sono diffuse e sono largamente raccomandate dagli ergonomisti.

E' stato ormai dimostrato che questo tipo di seduta riduce sensibilmente la flessione del tratto lombare (Bendix 1983, Brunswich 1984, Link 1990, Bettany 2008) promuovendo una postura più simile a quella mantenuta in stazione eretta. Non tutti gli studi però concordano sul corretto grado di inclinazione anteriore del piano di seduta: Bendix (1983) consiglia una seduta inclinata di 5°, Brunswich (1984) invece ne consiglia una tra i 15° e i 25°. Mandal (1991) e Barkla (1974) hanno riscontrato che una seduta inclinata anteriormente di 8° risulta più confortevole rispetto ad una orizzontale, soprattutto se viene utilizzata per almeno mezz'ora. Per quanto riguarda il benessere al collo e al tratto lombare invece, sembrerebbero più efficaci rispettivamente sedute inclinate anteriormente di 5° e di 10°(Naqvi 1994).

La biomeccanica nel forward sloping seats è decisamente diversa dalla seduta classica.

La presenza di un angolo superiore ai 90° tra tronco e cosce permette di non sviluppare tensioni ai tessuti molli posti posteriormente all'articolazione coxo-femorale, così da non retrovertere il bacino. Inoltre la seduta inclinata anteriormente, spostando in avanti il baricentro, rende necessaria l'estensione del rachide lombare per evitare di far uscire il baricentro del tronco dalla base d'appoggio. Questo determina un avvicinamento tra baricentro e centro di rotazione delle vertebre che diminuisce così la pressione intervertebrale (fig. 3.1.1).

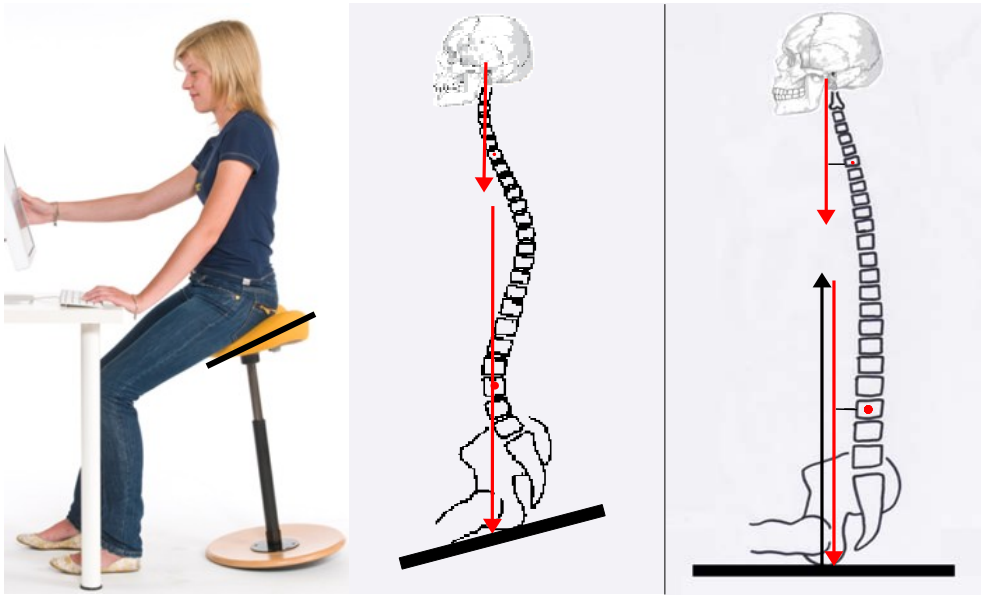

Fig. 3.1.1. Confronto della postura con utilizzo del forward sloping seats (a sinistra e al centro) e la neutral position sulla seduta orizzontale.

La pressione a livello della base d'appoggio viene distribuita su più punti, maggiormente a livello del ramo ischiatico e al terzo prossimale del femore e in parte viene scaricata a livello dei piedi nel appoggio al suolo (Graf 1993). Il baricentro cade molto vicino alle vertebre lombari quindi non è richiesta una grossa attività muscolare per mantenere la posizione, così da ottenere una postura ergonomica ma senza un eccessivo sforzo muscolare.

3.2. Kneeling chair

Per kneeling chair si intende una sedia dotata di appoggi tibiali a livello del terzo prossimale di tale segmento. L'associazione dell'inclinazione anteriore del piano di seduta con l'appoggio tibiale determina la riduzione fino al 30% della pressione ischiatica sul sedile (fig.3.2.1); tale caratteristica permette inoltre di ridurre l'attività muscolare degli arti inferiori, segnatamente del quadricipite

Fig.3.2.1. Appoggio tibiale nella kneeling chair (a sinistra) e appoggio al suolo nella forward sloping seats (a destra). G: forza peso, G1 e G2 componenti rispettivamente ortogonale e parallela al piano di seduta.

3.3. Rocking chair

Per rocking chair si intende una seduta dotata di base oscillante. Essa consente di ottenere una posizione seduta attiva, ovvero permette il continuo spostamento del baricentro in avanti e indietro (fig.3.3.1). Questa caratteristica fa sì che si evitino i danni da forward leaning e backward leaning visto che la sedia asseconda le esigenze

funzionali dell'individuo permettendogli di mantenere una postura corretta. Inoltre si evita l'attività muscolare isometrica e la compressione intradiscale costante: nell'oscillazione in avanti della seduta si assiste ad un incremento dell'attività muscolare dei paravertebrali e un aumento della compressione anteriore dell'anulus fiboso, mentre nel rotolamento posteriore l'attività dei paravertebrali si riduce e la compressione dell'anulus fibroso si sposta sulla zona posteriore. Questo meccanismo consente di evitare contratture muscolari (Udo 1999) e permette di nutrire il disco intervertebrale attraverso l'effetto di spremitura e riassorbimento (Wilke 1999).

Inoltre, utilizzando tali sedie è stata dimostrata una riduzione della stasi venosa agli arti inferiori, ciò grazie alla contrazione e al rilasciamento del gastrocnemio impegnato nell'oscillazione, che drena così il sangue in zone più craniali (Stranden 2000, Pierce 2009).

Fig.3.3.1. Spostamento del baricentro nella rocking chair.

CAPITOLO 4

DISEGNO SPERIMENTALE A MISURE RIPETUTE

4.1. Materiali e metodi

Soggetti: sono stati reclutati 34 studenti (17 femmine e 17 maschi) provenienti da 2 classi del terzo anno della scuola secondaria di primo grado dell'Istituto Vidoletti di Varese, non affetti da patologie di ordine ortopedico e neurologico cognitivo e/o motorio. L'età media era 13.06 anni (range 13-14), il peso medio 56.4 kg (range 33-94), l'altezza media 161 cm (range 142-179) (fig.4.1.1). La lunghezza dell' arto inferiore (LAI) media era di 85.8 cm (range 74-102), del femore (LF) 39.4 cm (range 34-51.5) e del rachide (LR) 75.6 cm (range 67-87) (fig.4.1.2).

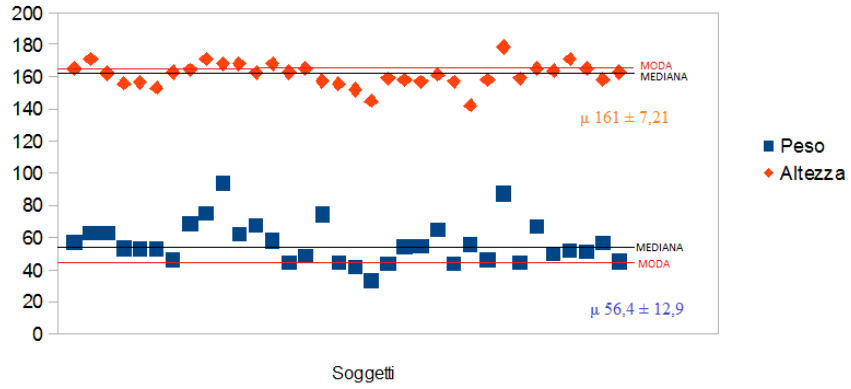

Fig.4.1.1. Distribuzione altezza e peso del campione.

DATI ANTROPOMETRICI	μ ± ds	MODA	MEDIANA	RANGE
PESO	56.4 ± 12.9	44.5	54	33-94
ALTEZZA	161 ± 7.21	165	162	142-179
LAI	85.8 ± 5.13	85	85	74-102
LF	39.4 ± 3.4	40	39	34-51.5
LR	75.6 ± 4.06	74	75	67-87

Fig.4.1.2. Dati antropometrici generali.

Sedie: sono state utilizzate sedie scolastiche (SS) già in dotazione dell'istituto, ergonomiche (SE) (modello Bell 177, Furlani) e kneeling rocking chair (KRC), (Variable, Varièr). Tutte erano sprovviste di sistema di regolazione dell'altezza, della profondità e dello schienale.

SS: seduta orizzontale e piatta con sbordatura concava verso il basso, schienale inclinato posteriormente di 10° con leggera concavità latero-laterale, seduta e schienale rigidi non deformabili.

Le misure sono riportare in (fig.4.1.3.).

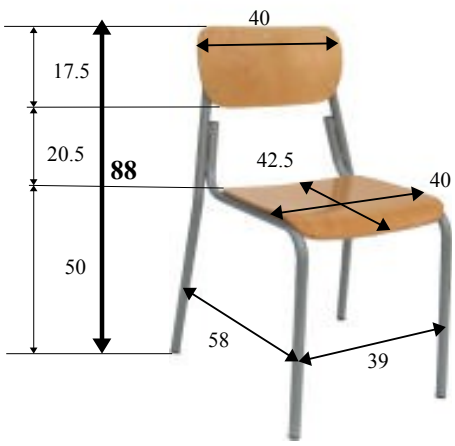

Fig.4.1.3. Sedia scolastica (SS).

SE: seduta orizzontale concava latero-lateralmente maggiormente piatta al centro con sbordatura concava verso il basso, schienale inclinato posteriormente di 15° concavo latero-lateralmente maggiormente piatto al centro, seduta e schienale imbottiti con buone capacità di deformazione elastica.

Le misure sono riportate in (fig.4.1.4).

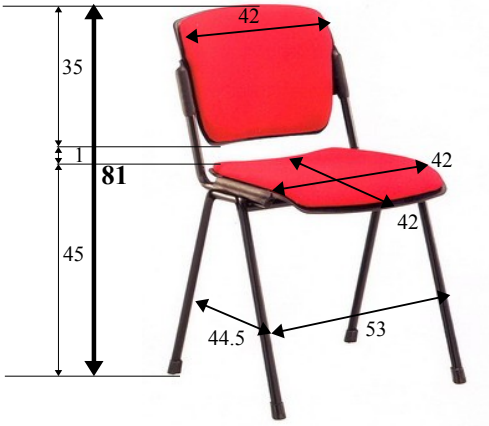

Fig.4.1.4. Sedia ergonomica (SE).

KRC: seduta piatta e inclinata anteriormente di 15°, schienale verticale a concavità posteriore soprattutto nella porzione più alta, appoggio tibiale piatto e inclinato posteriormente di 30°, lamine convergenti anteriormente, seduta e schienale imbottiti con buone capacità di deformazione elastica. Pur non essendo dotata di sistema di regolazione, la KRC risulta adattabile a soggetti di altezza diversa: a seconda della lunghezza del femore l'appoggio ischiatico avviene più anteriormente o posteriormente sul piano di seduta.

Le misure sono riportate in (fig.4.1.5).

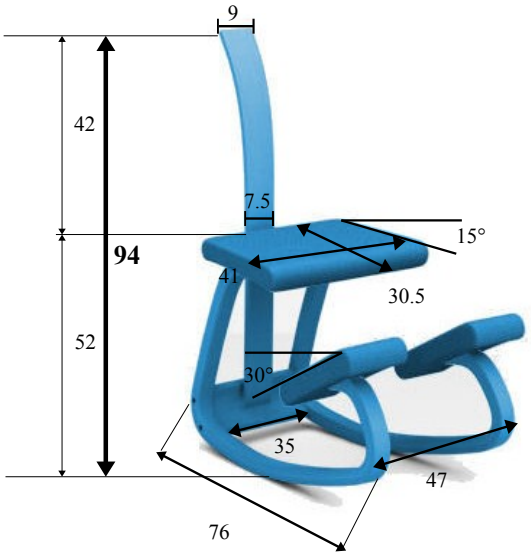

Fig.4.1.5. Kneeling rocking chair (KRC).

Valutazione del comfort: è stata utilizzata la scala analogo visiva (VAS) tipo Likert per indagare 7 diversi aspetti relativi al comfort (vedi allegato).

La valutazione soggettiva della miglior seduta è stata eseguita chiedendo di mettere le sedie in ordine decrescente in base alla propria preferenza.

Familiarizzazione: la KRC è stata preventivamente provata da tutti i soggetti, esponendo loro come utilizzarla correttamente: gambe a contatto con gli appoggi tibiali e piedi appoggiati alla porzione orizzontale del telaio (fig.4.1.6), consigliando tuttavia un frequente cambio posturale, scegliendo liberamente di utilizzare o meno lo schienale.

Fig.4.1.6. Posizione standard KRC.

Procedure: lo studio si è svolto nell'arco di 7 settimane. Le 3 sedie venivano utilizzate a rotazione secondo l'ordine standard SE, KRC, SS da ogni soggetto per 3 ore consecutive e in 3 giorni consecutivi. Al termine di ognuno dei 3 giorni di utilizzo veniva consegnata ad ogni soggetto la scheda del comfort per la valutazione della relativa sedia e al 3° giorno anche la richiesta di indicare la miglior seduta.

Analisi dati: sono stati confrontati a) i punteggi totali (TOT) ovvero la somma degli items, b) i TOT escluso l'item comodità schienale (TOT-S) e c) ogni item, utilizzando l'analisi della varianza ad una via. Sono stati correlati i dati antropometrici con i TOT e i punteggi dei singoli items con test di Pearson.

4.2. Risultati

TOT e preferenze: viene attribuito un punteggio del TOT maggiore nella SE rispetto alla KRC e in quest'ultima rispetto alla SS (fig.4.2.1), con differenze statisticamente significative ($p<0.05$)(fig.4.2.3). Nell'analisi della miglior seduta è emerso che nessuno studente preferiva la SS, 14 preferivano la KRC e 20 preferivano la SE.

TOT-S: la differenza tra la SE e la KRC si riduce del 7 % (fig.4.2.2).

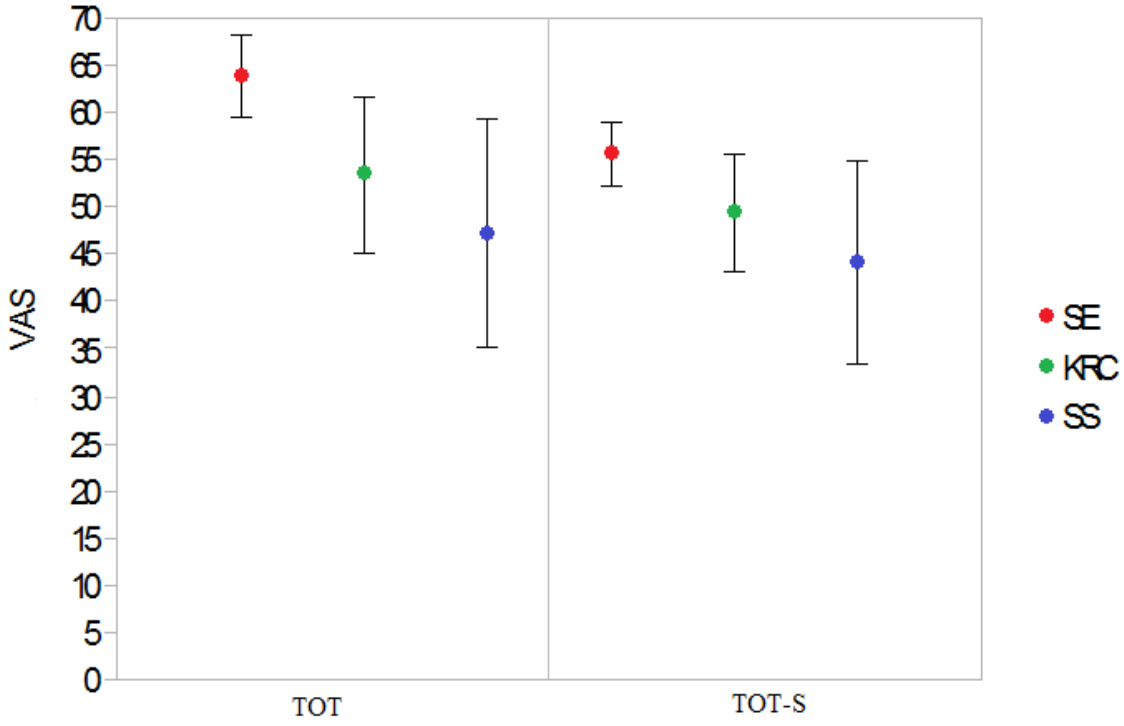

Fig.4.2.1. Confronto tra punteggio totale e punteggio totale escludendo l'item comodità schienale. Cerchi colorati: medie, intervalli di incidenza: deviazioni standard.

Items vs items: il grafico illustrato in (fig.4.2.2) mostra la distribuzione delle medie e delle ds degli items nelle 3 sedie. Viene attribuito sempre un punteggio decisamente superiore in tutti gli items per la SE rispetto alla SS, con valori statisticamente

significativi ($p<0.05$) ad eccezione dell'item comodità schienale($p>0.05$) (fig.4.2.3).

La SE ha ottenuto punteggi maggiori rispetto alla KRC in tutti gli items, con valori statisticamente significativi per gli items comodità, benessere ginocchia e benessere schiena; al contrario punteggi molto simili con differenze non significative per gli items benessere sedere, benessere collo e imbarazzo; infine, la SE ha avuto punteggi molto superiori rispetto alla KRC per l'item comodità schienale benchè statisticamente non significativi. Punteggi maggiori, ma non statisticamente significativi sono stati rilevati nella SS rispetto alla KRC per gli items benessere ginocchia e benessere schiena. Per tutti gli altri items viene attribuito un punteggio maggiore alla KRC rispetto alla SS con valori statisticamente significativi per gli items benessere sedere, benessere collo e imbarazzo e con valori non significativi per gli items comodità e comodità schienale.

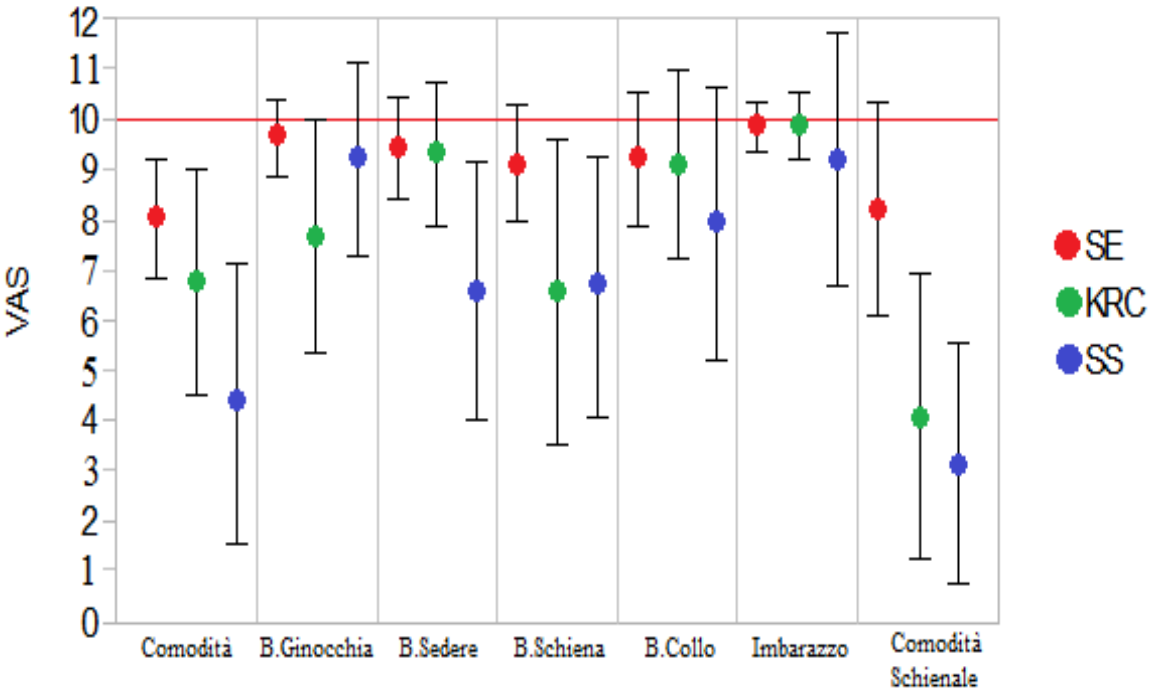

Fig.4.2.2. Medie e deviazioni standard dei vari items nelle 3 sedie. Cerchi colorati: medie, intervalli di incidenza: deviazioni standard.

ITEMS	SE vs KRC	KRC vs SS	SE vs SS
COMODITA'	P<0.05 SE: + 19% ± 32	p>0.05 KRC: + 55% ± 76	P<0.05 SE: + 84% ± 62
B.GINOCCHIO	P<0.05 SE: + 26% ± 35	p>0.05 SS: + 20% ± 43	P<0.05 SE: + 5% ± 22
B.SEDERE	p>0.05 SE: + 1% ± 20	P<0.05 KRC: + 41% ± 44	P<0.05 SE: + 43% ± 36
B.SCHIENA	P<0.05 SE: + 39% ± 48	p>0.05 SS: + 2% ± 51	P<0.05 SE: + 36% ± 44
B.COLLO	p>0.05 SE: + 1% ± 18	P<0.05 KRC: + 14% ± 39	P<0.05 SE: + 16% ± 38
C. SCHIENALE	p>0.05 SE: + 100%± 81	p>0.05: KRC: + 31%± 91	p>0.05 SE: + 162% ± 94
IMBARAZZO	p>0.05 SE: + 0,3% ± 9	P<0.05 KRC: + 7% ± 30	P<0.05 SE: + 8% ± 26
TOT	P<0.05 SE: + 19% ± 15	P<0.05 KRC: + 13%± 29	P<0.05 SE: + 35% ± 25
TOT-S	P<0.05 SE: + 12% ± 13	P<0.05 KRC: + 12%± 29	P<0.05 SE: + 26% ± 24

Fig.4.2.3. ANOVA a una via con differenze tra le medie e le deviazioni standard in percentuali nelle tre sedie.

Dati antropometrici: la correlazione di ogni dato antropometrico con i punteggi dei singoli item e del TOT risulta sempre inferiore a 0.5.

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'obiettivo di questo studio è stato di confrontare, negli studenti adolescenti il livello di comfort di 2 sedute ergonomiche ed una standard. Utilizzando la scala VAS Likert abbiamo indagato, non solo la comodità generale, ma anche il comfort dei singoli segmenti corporei, dei componenti della sedia e le reazioni psico-emotive che le sedute potevano suscitare. In tal modo è stato possibile analizzare i punti di forza e di debolezza di ogni sedia per comprendere quali caratteristiche fossero le più rilevanti per la comodità. In generale i risultati mostrano che la SE e la KRC sono decisamente più comode della SS, con un leggero vantaggio della SE rispetto alla KRC negli item comodità e nelle preferenze. A nostro parere (trovando conferma anche in letteratura) la SS risulta più scomoda rispetto alle altre due e non ha caratteristiche ergonomiche (Cram 1995, Graf 1993). Nello specifico, il piano di seduta e lo schienale sono rigidi e non confortevoli e creano perciò pressioni a livello delle tuberosità ischiatiche e dei processi spinosi.

Nei seguenti paragrafi verranno discussi i risultati relativi alla KRC e alla SE analizzando gli items significativi.

5.1. Comodità schienale

Lo schienale è un accessorio importante della sedia poichè aiuta a contrastare il mal di schiena (Vergana 2002), così come la sua conformazione e il posizionamento: uno

schienale ampio e a concavità anteriore risulta più comodo (Khalid 2006, Saarinen 1968). Grazie agli studi di Anderson (1974b) è emersa inoltre l'importanza della reclinabilità dello schienale per diminuire lo sforzo muscolare al rachide, purchè abbia una conformazione ergonomica data la maggior pressione esercitata sullo stesso. Nei risultati è emerso che la media della comodità schienale nella KRC si aggirava su valori bassi (4.12), differentemente dalla SE in cui la maggior superficie di contatto data da uno schienale più largo e imbottito diminuiva la pressione e giustificava punteggi superiori del 100%.

Lo schienale della KRC presenta un design molto diverso da quello delle altre sedie: infatti, come descritto nel paragrafo 4.1, risulta molto più stretto, concavo posteriormente e senza imbottitura. Queste caratteristiche facevano ipotizzare che non sarebbe stato ben tollerato dai soggetti e ciò è stato confermato dal TOT che presenta una differenza a favore della SE del 19% rispetto alla KRC. Tuttavia, i dati del TOT-S, ovvero la somma di tutti gli items escluso l'item comodità schienale, mostrano che tale differenza si riduce al 12%.

Lo schienale della KRC è stato ideato pensando ad un suo utilizzo saltuario. Infatti, nella KRC l'inclinazione anteriore della seduta e la base oscillante, rendono inutile lo schienale poichè il rachide assume una postura simile a quella eretta senza necessità di appoggi. Ciò si basa anche su osservazioni condotte sugli impiegati d'ufficio che utilizzano per meno del 20% del tempo lo schienale. A queste considerazioni bisogna però aggiungere che una delle componenti che più influenza il mal di schiena è la posizione statica, quindi è indispensabile poter garantire un backward leaning ergonomico. Tuttavia, tale postura viene utilizzata dagli studenti non solo come

posizione saltuaria per modificare il carico, ma frequentemente nelle fasi di ascolto di una lezione. Ciò spiegherebbe pertanto i punteggi inferiori rispetto alla SE nell'item comodità schienale ed in parte nella comodità generale e preferenza. Sarebbe utile modificare lo schienale della KRC, che attualmente appare più idonea per attività prevalenti in forward leaning, con occasionale backward leaning.

5.2. Benessere delle ginocchia

Differentemente alle sedie convenzionali, in cui il peso del tronco viene scaricato soprattutto sulle tuberosità ischiatiche e a livello della pianta del piede, nella KRC viene scaricato parzialmente a livello delle tibie: ciò porta alcuni professionisti a temere che si possano presentare problematiche a carico dell'articolazione del ginocchio nell'utilizzo prolungato della KRC (Graf 1993). I nostri risultati ci indicano al contrario che il benessere delle ginocchia si aggira intorno a valori alti (7.68), di poco inferiori a quelli della SE. Ciò dimostra che l'articolazione del ginocchio non viene sollecitata, evidenza per altro già nota dato che non è il ginocchio ad appoggiare sui cuscinetti, ma il terzo prossimale della tibia.

5.3. Benessere del sedere

Negli studi di Sauter (1991) viene chiarito che aumentando l'altezza della seduta migliora il benessere alla zona ischiatica e contrariamente diminuendola peggiora. Secondo Allie (2005) il benessere della zona ischiatica è dovuto principalmente alla

lunghezza sagittale della seduta che, permette di aumentare la superficie di contatto con il femore. Per Graf (1993) e Saarinen (1968) invece il benessere della zona ischiatica dipende principalmente dalla forma della seduta e dalla sua inclinazione. I risultati del nostro studio mostrano che il benessere del sedere nella SS ha un punteggio minore del 29% rispetto alla KRC e del 30% rispetto alla SE con differenze statisticamente significative. Analizzando le tre sedie si nota che hanno tre piani di seduta diversi: la SE imbottita, leggermente concava e orizzontale, la KRC imbottita e inclinata anteriormente mentre la SS non imbottita e orizzontale. Valutando queste sedute in accordo con Graf (1993) e Saarinen (1968) si può dire che risulti più scomoda per i glutei la SS poiché non essendo imbottita non si conforma al corpo come le altre due, aumentando la pressione. Nella KRC, malgrado non sia provvista di una una superficie concava che accolga meglio le tuberosità ischiatiche e la lunghezza sagittale inferiore di ¼, i livelli di comfort sono risultati elevati. Ciò è dovuto all'inclinazione anteriore che permette di ripartire il peso a livello delle gambe diminuendo in questo modo la pressione ai glutei (Graf 1993). Inoltre, la base oscillante permette di spostare a piacimento il peso in punti diversi alternando così pressione e scarico (Bendix 1985). Per quanto riguarda le considerazioni fatte da Sauter (1991) e Allie (2005), non troviamo conferme nel nostro studio poiché le altezze e le lunghezze sagittali della SE e della SS risultano molto simili (par. 4.1). Bisogna anche considerare che, pur in presenza di una superficie di contatto maggiore, normalmente il peso del corpo viene concentrato in un punto preciso che coincide con le tuberosità ischiatiche. Quindi risulta più utile adottare sedute con forme simili alle superfici corporee in modo da distribuire maggiormente il peso in un determinato punto, o meglio adottare sedute con

inclinazioni diverse e/o oscillanti che permettano di spostare il peso del corpo in punti diversi.

5.4 Benessere del collo

E' stato valutato il benessere del collo perchè questo parametro viene molto influenzato dalla postura seduta (Caneiro 2010, Ariens 2001, Sommerich 2000). Infatti nella stazione seduta con il tratto cervicale flesso e il capo esteso (forward leaning, slump sitting) il baricentro cade anteriormente rispetto alle vertebre cervicali determinando un momento flessorio, che essendo contrastato da un intensa attività degli estensori del capo, determina l'insorgenza di cervicalgia. Ciò è confermato da diversi studi che hanno riscontato un aumento dell'attività muscolare e di disturbi al collo nello slump sitting e nel forward leaning (Mc Lean 2005, O'sulliva 2004, Caneiro 2010).

Indagando il benessere del collo si riscontra un punteggio più alto della SE e della KRC rispetto alla SS con differenze statisticamente significative e superiori rispettivamente del 16% e del 14%. Questo può essere dovuto alla scomodità dello schienale nella SS (3.15) che come ci ricordano Aullie (2005), Bendix (1983) e Sauter (1983) può compromettere la postura da seduti. La nostra ipotesi è che il campione, per non appoggiarsi allo schienale della SS, abbia adottato prevalentemente come postura il forward leaning o lo slump sitting, mettendo quindi in forte tensione il tratto cervicale in accordo con Caneiro (2010), Mc Lean (2005) e O'sullivan (2004). Nella KRC questo non accade perchè, pur risultando scomodo lo schienale, l'inclinazione anteriore della seduta e la base oscillante portano ad un adattamento globale della colonna che permette

di mantenere una posizione naturale senza appoggiarsi allo schienale e senza caricare il tratto cervicale.

5.5. Imbarazzo

Negli studi di Martin (2003) si è visto che le persone preferiscono una sedia che li aggrada sotto il profilo estetico rispetto ad una funzionalmente più idonea, per questo motivo si è deciso di sondare anche un item che valutasse lo stato psico-emotivo che la sedia potesse suscitare.

Nell'esame statistico è emerso che gli studenti non provavano imbarazzo nelle tre sedie visto che i valori erano molto alti (>9). Questo dato indica che nella nostra casistica l'estetica non è un fattore che determina la preferenza di una sedia e non produce problemi psico-emotivi negli studenti.

5.6. Dati antropometrici

In vari studi viene sottolineata l'importanza di personalizzare le misure della sedia in base alle caratteristiche antropometriche dei soggetti per migliorarne l'ergonomia e il comfort (Allie 2005, Klemart 1980, Stewart 1980).

Correlando i vari item e il punteggio totale con i dati antropometrici dei soggetti, non sono emerse correlazioni evidenti, in disaccordo con quanto affermato da Allie (2005), Klemart (1980) e Stewart (1980). Tale rilevazione evidenzierebbe che le caratteristiche antropometriche non influenzano notevolmente la percezione del comfort di una sedia,

dato che il nostro campione esibiva caratteristiche di altezza e peso molto diverse (par.4.1). Va inoltre precisato che la KRC non richiede regolazione dell'altezza pur essendo idonea per soggetti con statura compresa tra 1,5 e 2 metri. Infatti, a seconda della lunghezza del femore l'appoggio delle tuberosità ischiatiche potrà avvenire più avanti o più indietro sul piano di seduta.

5.7. Limite dello studio

Ci sono importanti considerazioni da fare riguardanti l'interpretazione dei risultati dello studio: la prima è che attraverso i dati che abbiamo rilevato possiamo solo dedurre che i soggetti preferiscono utilizzare, per un breve lasso di tempo, la SE rispetto alla KRC e la KRC rispetto alla SS e non possiamo affermare che questa scelta sia valida anche per un lungo periodo di utilizzo. Infatti, considerando il design della KRC è legittimo ipotizzare che sia necessario un maggior tempo per familiarizzare con essa ed utilizzarla perciò nel migliore dei modi.

Il secondo elemento che sarebbe stato interessante sondare è la videoregistrazione delle posture dei soggetti per verificare se alcuni fastidi si associavano a posture specifiche, e se queste ultime venivano assunte per assolvere attività scolastiche particolari.

5.8. Conclusioni

Le SS risulta più scomoda e dannosa sotto il profilo biomeccanico, la SE invece, pur risultando comoda, non ha le caratteristiche biomeccaniche richieste per prevenire le

rachialgie. La KRC è adeguata sotto il profilo biomeccanico e risulta comoda, a patto che venga sostituito lo schienale con uno più confortevole, dato che durante l'attività scolastica gli studenti adottano frequentemente una postura in backward leaning per l'ascolto. Analizzando la letteratura si è constatato che sono presenti pochi articoli che indaghino il comfort delle sedie ergonomiche a scuola.

SEDIA ERGONOMICA	
E' comoda questa sedia?	
Per nulla	Comodissima
Provi benessere alle ginocchia?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere al sedere?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere alla schiena?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere al collo?	
Per nulla	Tantissimo
Ti senti in imbarazzo su questa sedia?	
Per nulla	Tantissimo
E' comodo lo schienale?	
Per nulla	Comodissimo

SEDIA VARIABLE	
E' comoda questa sedia?	
Per nulla	Comodissima
Provi benessere alle ginocchia?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere al sedere?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere alla schiena?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere al collo?	
Per nulla	Tantissimo
Ti senti in imbarazzo su questa sedia?	
Per nulla	Tantissimo
E' comodo lo schienale?	
Per nulla	Comodissimo

SEDIA SCOLASTICA	
E' comoda questa sedia?	
Per nulla	Comodissima
Provi benessere alle ginocchia?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere al sedere?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere alla schiena?	
Per nulla	Tantissimo
Provi benessere al collo?	
Per nulla	Tantissimo
Ti senti in imbarazzo su questa sedia?	
Per nulla	Tantissimo
E' comodo lo schienale?	
Per nulla	Comodissimo

MIGLIOR SEDUTA
Fai una classifica che va dalla sedia migliore a quella peggiore
1°
2°
3°

Allegato. Scheda comfort

Bibliografia

- Adams, M. A., Hutton, W. C. 1983, The effect of posture on the fluid content of lumbar intervertebral discs, *Spine*, **8,** 665–71.

- Adams, M. A., McNally, D.S., Chinn, H., et al. 1994, Posture and the compressive strength of the lumbar spine, *Clin Biomech*, **9**, 5–14.

- Adams, M. A., McNally, D. S., Dolan, P. 1996, Stress distributions inside intervertebral discs: the effects of age, degeneration, *J Bone Joint Surg Br*, **78B,** 965–72.

- Adams, M. A., Dolan, P. 1997, The combined function of spine, pelvis and legs when lifting with a straight back. In: Vleeming, A., Mooney, V., Dorman, T., Snijders, C., Stoeckart, R., editors. Movement, stability and low back pain: the essential role of the pelvis. NewYork: Churchill Livingstone.

- Akerblom, B. 1948, Standing and sitting posture (Stockholm, Sweden: nordiska bokhandeln).

- Allie, P., Kokot, D. 2005, Choosing a Chair Based on Fit, Comfort and Adjustable Features 2.1**.**

- Andersson, et al. 1974a, "Myoelectric activity in individual lumbar erector spinae muscles in sitting: A study with surface and wire electrodes", *Scand J Rehabil Med*, Supple., **6**, 91-108.

- Anderson, et al. 1974b, " Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting: studies on an experimental chair", *Scand J Rehabil Med*, **6**, 108-121.

- Andersson, et al. 1979, "The influence of backrest inclination and lumbar support on the lumbar lordosis in sitting", *Spine*, **4**, 52-58.

- Andersson, G. 1987, "Biomechanical aspects of sitting: An Application to VDT terminal", *Behav inf Technol*, **6**, 257-269.

- Ariëns, G.A., Bongers, P. M., Douwes, M., et al. 2001, Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Result of a prospective cohort study, *Occup Environ Med*, 58, 200-207.

- Aruin, A., Shiratori, T. 2003, Anticipatory postural adjustaments while sitting: the effect of different leg support, *Experimental Brain Research*, 151, 46-53.

- Avery, S. 1979, Modified rocking chair, *Phys Ther*, **59**, (4), 427.
- Barbar-Craig, H., Banfield, G., Knight, J. 2003, Prevalence of back and neck pain amongst ENT consultants: national survey, *J Laryngol Otol*, **117**, (12), 979-82.
- Barkla, D.M 1974, Chair angles, duration of sitting, and comfort ratings, *Ergonomics*, **7**, (3), 297-304.
- Bendix, T., et al. 1983, Posture of the trunk when sitting on forward inclining seats, *Scand J Rehabil Med*., **15,** (4), 197-203.
- Bendix, et al. 1985, Comparisons of office chairs with fixed forwards or backwards inclining, or tiltable seats, Eur J Appl Physiol Occup Physiol, **54**, (4), 378-85.
- Bendix, T. 1986, Sitting postures- a review of biomechanical and ergonomic aspects, *Manual Medicine,* **2,** 77-81.
- Bettany-Saltikov, J., Warren, J., Jobson, M. 2008, Ergonomically designed kneeling chairs are they worth it? Comparison of sagittal lumbar curvature in two different seating postures, *Stud Health Technol Inform,* **140**, 103-6.
- Bhatnager, V., et al. 1985, Posture, postural discomfort, and performance, *Human Factors*, **27**, (2), 189-99.
- Bogduk, N. 1997, Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum. Melbourne: Churchill Livingstone.
- Brunswic, M. 1984a, Ergonomics of seat design, *Physiotherapy,* **70**, (2), 40-43.
- Buckle 1981, Phd thesis in progress. Cranfield institute of technology.
- Burton, A. K., Clarke, R. D., McClune T. D., et al. 1996. The natural history of low back pain in adolescents. *Spine*, **21**, 2323-8.
- Burton, A. K. 2005, How to prevent low back pain, *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, **19**, (4), 541–555.
- Cakir, A., Hart, D. J., Stewart, T. F. M. 1980, Workplace design, health and safety, task organization. Visual display terminals, John Wiley & sons ltd, New York. 1980a manual covering ergonomics.

- Callaghan, J. P., Mc Gill, S. M. 2001, Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting, *Ergonomics,* **44**, (3), 280-294.

- Caneiro, J. P., O'Sullivan, P., Burnett, A., et al. 2010, The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle, *Activity Manual Therapy*, ***15, 54–60***

- Carmona, J., Ballina, R., Gabriel, et al. 2001, The burden of musculoskeletal diseases in the general population of Spain: results from a national surveyl on behalf of the EPISER Study Group, *Ann Rheum Dis,* **60**, 1040–1045.

- Cho, C. Y., Hwang, I. S., Chen, C. C. 2003, The association between psychological distress and musculoskeletal symptoms experienced by Chinese high school students, *J Orthop Sports Phys Ther*, **33**, 344-53.

- Claus, A. P. et al. 2009, Is 'ideal' sitting posture real? Measurement of spinal curves in four sitting postures, *Man Ther,* **14,** (4), 404-8.

- Cram, J. R., Vinitzky, I. 1995, Effects of chair design on back muscle fatigue, *Journal of Occupational Rehabilitation,* **5,** (2), 101-113.

- Diepenmaat, A. C., Van der Wal, M. F., De Vet, H. C., et al. 2006, Neck/shoulder, low back, and arm pain in relation to computer use, physical activity, stress, and depression among Dutch adolescents, *Pediatrics,* **117**, (2), 412–416.

- Dolce, J. R., Raczynski, D. 1985, Neuromuscular activity and electromyography in painful backs: psychological and biomechanical models in assessment and treatment, *Psychol bull*, **97,** 502-520.

- Drezner, J. A., Herring, S. A. 2001, Managing low-back pain: steps to optimize function and hasten return to activity, *Phys Sportsmen,* **29**, (8), 37-43.

- Dul, J., Hilderbrandt, V. H. 1987, Ergonomic guidelines for the prevention of low back pain at the workplace, *Ergonomics,* **20**, 419-429.

- Ehrlich, G. E. 2003, Low Back Pain, *Bulletin of the World Health Organization*, **81**, (9), 671-676.

- Frymoyer, J. W., Pope, M. H., Costanza, M. C., et al. 1980, Epidemiologic studies of low-back pain, *Spine*, **5**, (5), 419-23.

- Frymoyer J. W., Cats-Baril, W. L., 1991, An overview of the incidences and costs of low back pain, *The Orthopedic Clinics of North America*, **22**, (2), 263-271.

- Fujimaki, G., Noro, K., Sitting Comfort of Office Chair Design.

- Gauer, O. H., Thron, H. L. 1965, Postural changes in the circulation, in w f hamilton (ed), handbook of physiology, (washington, dc: american physiological society), **3**, 2409-2439.

- Graf, M., et al. 1993, Investigations on the effects of seat shape and slope on posture, comfort and back muscle activity, *International J Industrial Ergonomics,* **12**, (1-2), 91-103.

- Grandjean 1980, Fitting the Task to the Man.

- Grandjean, E., Vigliani, E. 1980, Ergonomics of vdus; review of present knowledge. In ergonomics aspect of visual display terminals, Taylor & Francis ltd, London.

- Grieco, A. 1986, ”Sitting Posture: An Old Problem and a New One”, *Ergonomics*, **29**, 345-362.

- Hagg, G., Anderson, P. A., Hobart, D. J., et all. 1991, Static work loads and occupational myalgia-a new explanation model., electromyographical kinesiology, Amsterdam, *Elsevier Science Publishers*, 141-144.

- Hakala, P. T., et al. 2010, Computer-associated health complaints and sources of ergonomic instructions in computer-related issues among Finnish adolescents: a cross-sectional study, *BMC Public Health,* **11**, 10-11.

- Harkness, E. F., Macfarlane, G. J., Silman, A. J., et al. 2005, Is musculoskeletal pain more common now than 40 years ago?: Two population-based cross-sectional studies. *Rheumatology*, **44,** (7), 890–895.

- Hestbaek, L., Leboeuf-Yde, C., Kyvik, K. O., et al. 2004, Comorbidity with low back pain: A cross-sectional population-based survey of 12- to 22-year-olds, *Spine*, **29**, 1483-91.

- Hedman, T. P., Fernie, G. R. 1997, Mechanical response of the lumbar spine to seated postural loads, *Spine*, **22**, 734–43.

- Herbert, R. et al. 2001, Impact of a joint labor-management ergonomics program on upper extremity musculoskeletal symptoms among garment workers, *Appl Ergon*, **32**, (5), 453-60.

- Hildebrandth, H., Van Der Valk, M., Vink, P., et al. 1990, The back up: the effect of the back up on the musculoskeletal load during display work, (unpublished).

- Hosea, et al. 1986, “Myoelectric analysis of the paraspinal musculature in relation to automobile driving”, *Spine*, **11**, 928-936.

- Ihlebaek, C., Hansson, T. H., Laerum, E., et al. 2006, Prevalence of low back pain and sickness absence: a ‘borderline’ study in Norway and Sweden, *Scandinavian Journal of Public Health,* **34**, (5), 555–558.

- Jackson, M., Solomonow, M., Zhou, B. H., et al. 2001, Multifidus EMG and tension relaxation recovery after prolonged static lumbar flexion, *Spine*, **26**, 715–23.

- Jones, M. A., Stratton, G., Reilly, T., et al. 2004, A school-based survey of recurrent non-specific low-back pain prevalence and consequences in children, *Health Educ Res,* **19**, 284-9.

- Keegan, J.J. 1953, Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *Journal of bone and joint surgery american*, **35-**A, 589-603.

- Kelsey 1975, An epidemiological study of acute lumbar and intervertebral discs, R*heumatology and Rehabilitation*, **14**, 144-159.

- Kennedy, C., Kessab, O., Gilkey, D., et al 2008, Psychosocial factors and low back pain among college students, *J Am Coll Health*, **57**, (2), 191-5.

- Khalid, H. M. 2006, Embracing diversity in user needs for affective design, *Appl Ergon*, **37**, 409–18.

- Kovacs, F. M., Gestoso, M., Gil del Real, M. T., et al. 2003, Risk factors for non-specific low back pain in schoolchildren and their parents: A population based study, *Pain*, **103**, 259-68.

- Kovacs, F. M., Abraira, V., Pena, A., et al. 2003, Effect of firmness of mattress on chronic non-specific low-back pain: randomised, double-blind, controlled, multicentre trial, *Lancet*, **362**, 1599–1604.

- Krause, N., Rugulies, R., Ragland, D. R., et al. 2004, Physical workload, ergonomic problems, and incidence of low back injury: a 7.5-year prospective study of San Francisco transit operators, *Am J Ind Med,* **46**, (6), 570-585

- Lee, L. 2003, Ch 7: restoring force closure/motor control of the thorax. In: Lee D, editor. The thorax: an integrated approach. 2nd ed. Minneapolis: OPTP, 103–35.

- Lengsfeld, M.,Frank, et al. 2000, Lumbar spine curvature during office chair sitting, *Medical Engineering and Physics*, **22**, 665-669.

- Link, C. S., et al. 1990, Lumbar curvature in standing and sitting in two types of chairs: relationship of hamstring and hip flexor muscle length, *Phys Ther*, **70**, (10), 611-618.

- Loisel, P., Gosselin, L., Durand, P., et al. 2001, Implementation of a participatory ergonomics program in the rehabilitation of workers su!ering from subacute back pain, *Applied Ergonomics*, **32**, 53-60

- Mandal 1985, The seated Man, Homo Sedens.

- Mandal, A. C. 1991, Investigation of the lumbar flexion of the seated man. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **8**, 75-87.

- Marcus, M., Gerr, F., Monteilh, et al. 2002, A Prospective Study of Computer Users: II. Postural Risk Factors for Musculoskeletal Symptoms and Disorders, *American Journal of Industrial Medicine*, **41**, 236-249.

- Martin, G., Helander 2003, Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort!, *Ergonomics,* **46**, (13-14), 1306-1319.

- McLean, L. 2005, The effect of postural correction on muscle activation amplitudes recorded from the cervicobrachial region, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, **15**, (6), 527–35.

- McMillan, D. W., Garbutt, G., Adams, M. A. 1996, Effect of sustained loading on the water content of intervertebral discs: implications for disc metabolism, *Ann Rheum Dis*, **55**, 880–7.

- Moore, J. S., Garg, A., 1998. The e!ectiveness of a participatory ergonomics program in the red meat packing industry * evaluation of a corporation, *Int. J. Ind. Ergon*, **21**, (1), 47-58.

- Murphy, S., Buckle, P., Stubbs, D. 2004, Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren, *Applied Ergonomics,* **35**, (2), 113–120.

- Nachemson, A. 1965, The effect of forward leaning on lumbar intradiscal pressure, *Acta orthop Scandina*v, **31**, 314-328.

- Nachemson, A. L., Elstrom, G. 1970, Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs, *Scandinavian J of Rehabilitation Medicine*, supple.1.

- Nachemson, A. L. 1976, The lumbar spine: an orthopaedic challenge, *Spine*, **1**, 59–69.

- Naqvi, S. A. 1994, Study of forward sloping seats for VDT workstations, *J Hum Ergol*, **23**, (1), 41-9.

- Nelson, N. A., Silverstein, B. A. 1998, Workplace changes associated with a reduction in musculoskeletal symptoms in office workers, *Hum Factors,* **40**, (2), 337-50.

- Izzah, N., Samad, A., Abdullah, H., et al. 2010, Prevalence of Low Back Pain and its Risk Factors among School Teachers, *American Journal of Applied Sciences,* **7**, (5), 634-639.

- O'Neil 2001, R. Europe Under Strain, *Livanis Publications*, 13-29.

- O'Sullivan, P. 2004, Clinical instability of the lumbar spine, modern manual therapy, Boyling and Jull. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier.

- O'Sullivan, P. B., Dankaerts, W., Burnett, A. F., et al. 2006, Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population, *Spine*, **31**, (19), 707–12.

- Ohshima, H., Urban, J. P. G., Bergel, D. H. 1995, Effects of static load on matrix synthesis rates in the intervertebral disc measured in vitro by a new perfusion technique, *J Orthop Res*, **13**, 22–7.

- Olsen, T. L.,Anderson, R. L., Dearwater, S. R., et al. 1992, The epidemiology of low back pain in an adolescent population, *American Journal of Public Health*, **82**, (4), 606-608.

- Ostensvik, T., et al. 2009, Association between numbers of long periods with sustained low-level trapezius muscle activity and neck pain. *Ergonomics*, **52**, (12), 1556-67.

- Phelip, X. 1999, Why the back of the child?, *Eur Spine J*, **8**, 426-8.

- Pierce, C., et al. 2009, Influence of seated rocking on blood pressure in the elderly: a pilot clinical study, *Biol Res Nurs*, **11**, (2), 144-51.

- Pynt, J., et al. 2008, Kyphosed seated postures: extending concepts of postural health beyond the office, *J Occup Rehabil*, **18**, (1), 35-45.

- Rezaee, M., Ghasemi, M., Jafari, N. J. 2011, Low Back Pain and Related Factors among Iranian Office Workers, I*nternational Journal Of Occupational Hygiene*, **3**, (1), 23-28

- Rosemeyer, B. 1971, "Electromyographische Untersuchungen der rucken-und schultermuskulatur im stehen und sitzen unter berucksichtigung der haltung des autofahrers", *Arch Orthop Unfallchir*, **71**, 59.

- Rubin, D. 2007, Epidemiology and risk factors for spine pain, *Neurol Clin*, **25**, (2), 353-371.

- Saarinen, A. 1968, Eero Saarinen on his work 1947–1962. New Haven: Yale University Press.

- Sahrmann, S. 2002, Movement impairment syndromesof the lumbar spine. In: Diagnosis and treatment ofmovementimpairment syndromes, St Louis:Mosby, 51–119.

- Sanya, A. O., Ogwumike, O. O. 2005, Low back pain prevalence amongst industrial workers in the private sector in Oyo State, Nigeria, *Afr J Med Med Sci,* **34**, (3), 245-9.

- Sauter, S., Gottlieb, M., Rohrer, K., et al. 1983, The Well-being of Video Display Terminal.Users: An Exploratory Study. Cincinnati, *National Institute for Occupational Safety and Health*.

- Sauter, S., Schleifer, L., Knutson, S. 1991, Work Posture, Workstation Design, and Musculoskeletal Discomfort in a VDT Data Entry Task, *Human Factor*s, **33**, (2), 151-167.

- Shehab, D. K., Al-Jarallah, K. F. 2005, Nonspecific low-back pain in Kuwaiti children and adolescents: Associated factors, *J Adolesc Health*, **36**, 32-5.

- Shenoy, S., Aruin, A. S. 2007, Effect of chair design on feed-forward postural control in sitting, *Motor Control*, **11**, (4), 309-21.

- Sjolie, A. N. 2004, Persistence and change in nonspecific low back pain among adolescents: A 3-year prospective study, *Spine*, **29**, 2452-7.

- Smith, Derek, R., Leggat, et al. 2007, Back pain in the young: a review of studies conducted among school children and university students*, Current Pediatric Reviews*, **3**, (1), 69-77.

- Snorrason, E. 1968, "Easy chair problems" Tidshr. for danske Sygehuse, **44**, (22), 3-15.

- Solomonow, M., Zhou, B. E., Baratta, R. V., et al. 1999,. Biomechanics of increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: part 1. Loss of reflexive muscular stabilization, *Spine,* **24**, 2426–34.

- Solomonow, M., Baratta, R. V., Banks, A., et al. 2003, Flexion-relaxation response to static lumbar flexion in males and females, *Clin Biomech*, **18**, 273–9.

- Solomonow, M. 2009, Ligaments: a source of musculoskeletal disorders, *J Bodywork Mov Ther*, **13**, (2), 136-54.

- Spyropoulos, P., Papathanasiou, G., Georgoudis, G., et al. 2007, Prevalence of low back pain in Greek public office workers, *Pain Physician*, **10**, 651–660.

- Stranden, E., Kroese, A. J. 1998, Venodynamics in healthy subjects and in patients with venous dysfunction, *scope on phlebology and lymphology*, **5**, 4-12.

- Stranden, E. 2000, Dynamic leg volume changes when sitting in a locked and free floating tilt office chair, *Ergonomics*, **43**, (3), 421-33.

- Szeto, G. P., Lam, P. 2007, Work-related musculoskeletal disorders in urban bus drivers of Hong Kong, *J Occup Rehabil*, **17**, (2), 181-98.

- Udo, H., et al. 1999, The Effect of a Tilting Seat on Back, Lower Back and Legs during Sitting Work, *Industrial Health*, **37**, 369-3.

- Vergara, M. 2002, Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting posture, *Applied Ergonomics*, **33**, 1-8.

- Vikat, A., Rimpela, M., Salminen, J. J., et al. 2000, Neck or shoulder pain and low back pain in Finnish adolescents, *Scand J Public Health*, **28,** 164-73.

- Walker, B. F., Muller, R., Grant, W. D. 2004, Low back pain in Australian adults. health provider utilization and care seeking. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics,* **27**, (5), 327–335.

- Watson, K. D., Papageorgiou, A. C., Jones, G. T., et al. 2002, Low back pain in schoolchildren: Occurrence and characteristics, *Pain*, **97**, 87- 92.

- Waxman, Robin, M. P. H., Tennant, et al. 2000, A Prospective Follow-Up Study of Low Back Pain in the Community, **25**, (16), 2085-2090.

- Wedderkopp, N., Leboeuf-Yde, C., Andersen, L. B., et al. 2001, Back pain reporting pattern in a Danish population-based sample of children and adolescents, *Spine*, **26**, 1879-83.

- Wetzel, F. T., Donelson, R. 2003, The role of repeated end-range/pain response assessment in the management of symptomatic lumbar discs, *Spine*, **3**, 146–54.

- Whittfield, J., Legg, S. J., Hedderley, D. I. 2005, Schoolbag weight and musculoskeletal symptoms in New Zealand secondary schools, *Appl Ergon*, **36**, 193-8.

- Wilke, H. J., Neef, P., Caimi, M., et al. 1999, New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life, *Spine,* **24**, 755–62.