

Paraules clau

discapacitat, paraplàgic, entrenament, condició física, activitat física

Influència de la pràctica d'activitat física en els aspectes físics del paraplàgic sedentari

Gonzalo Cuadrado Sáenz

Director de l'INCAFD de Lleó

Nuria Mendoza Laiz

Professora de la Facultat de Ciències de l'Esport de Castella-La Manxa

Rafael Pérez Redondo

Professor de l'INCAFD de Lleó

Abstract

Most studies estimate that between 10 and 15% of the Spanish population have some handicap. In Spain, about 480.000 people under 65 years of age, show some type of handicap and the latest statistics show that there are 110.000 people under the age of 65 who use wheel chairs, of whom only 2.400 possess a federated licence of the Spanish federation of sport for the physically handicapped, i.e. 22%. If we look both at the extremely high number of spinal injuries and the daily ever increasing numbers, we believe in the absolute necessity that this group should learn to strengthen to the maximum those parts of the body that have not suffered any damage, and also those parts that may be restored to a greater or lesser extent.

In this study, we have tried to reach the following objective:

To determine the influence that aerobic physical exercise has on the physical condition of people affected by a spinal injury.

We noticed how the programme, fundamentally aimed at improving the endurance of the group of sedentary subjects, achieved significant improvements, both in the factors associated with endurance –sub maxim heart rate, increasing maximum speed, and explosive force.

To sum up, after the study, the programme of physical training undertaken, improves physical performance and, as a result, the level of physical condition of the group of spirally injured, and the level of physical condition of the group of paraplegic sportspeople, is much higher than that found in sedentary paraplegics, as was to be expected.

Key words

handicapped, paraplegic, training, physical condition, physical activity.

Resum

La majoria d'estudis consideren que entre el 10 i el 15% de la població espanyola presenta alguna discapacitat. A Espanya, aproximadament 480.000 persones que tenen menys de 65 anys presenten alguna mena de discapacitat i les últimes dades estadístiques recollides reflecteixen que hi ha 110.000 persones menors de 65 anys, usuàries de cadira de rodes, de les quals només 2.400 disposen de llicència federativa de la Federació Espanyola d'Esports per a Minusvàlids Físics, és a dir un 2,2%.

Si observem, tant el nombre summament elevat de lesionats medul·lars com el seu creixent augment de dia en dia, es crea la necessitat imperiosa que aquest col·lectiu aprengui a potenciar al màxim les parts del cos que no han sofert cap alteració, així com aquelles altres que poden ser rehabilitades en més o menys grau.

En aquest estudi ens hem marcat l'objectiu següent:

- Determinar la influència de l'exercici físic aeròbic sobre la condició física de les persones afectades per una lesió medul·lar.

Es va observar que el programa, destinat fonamentalment a la millora de la resistència del grup de subjectes sedentaris, va aconseguir millores significatives tant en els factors vinculats a la resistència –freqüència cardíaca submàxima (fc_{sub}), velocitat incremental màxima (vi_{max}) com en els vinculats a la força explosiva (di_{max})–.

Un cop fet l'estudi, vam concloure que el programa d'entrenament físic realitzat millora el rendiment físic i, consegüentment, el nivell de condició física del grup de lesionats medul·lars estudiats, i que el nivell de condició física del grup de paraplègics esportistes és molt superior al trobat entre els paraplègics sedentaris, com calia suposar.

Introducció

La majoria d'estudis consideren que entre el 10 i el 15% de la població espanyola presenta alguna discapacitat. A Espanya, aproximadament 480.000 persones que tenen menys de 65 anys presenten alguna mena de discapacitat i les últimes dades estadístiques recollides reflecteixen que hi ha 110.000 persones menors de 65 anys, usuàries de cadira de rodes, de les quals només 2.400 disposen de llicència federativa de la Federació Espanyola d'Esports per a Minusvàlids Físics, és a dir un 2,2%.

Pel que fa al futur, cal parlar d'un previsible creixement del nombre de discapacitats físics, de forma especial com a conseqüència d'accidents de trànsit.

Si observem, tant el nombre summament elevat de lesionats medul·lars com el seu creixent augment de dia en dia, es crea la necessitat imperiosa que aquest col·lectiu aprengui a potenciar al màxim les parts del cos que no han sofert cap alteració, així com aquelles altres que poden ser rehabilitades en més o menys grau.

Les persones afectades per una paraplegia depenen de la part superior del cos per poder realitzar la major part de les activitats de la vida diària. La seva mobilitat reduïda els proporciona un baix nivell de condició física, cosa que incrementa el risc de patir, entre d'altres coses, deficiències cardiovasculars, musculoesquelètiques i obesitat.

Aquesta realitat fa que la millora del nivell de condició física dels paraplègics sedentaris, mitjançant la pràctica d'activitat física, els ajudi a aconseguir més independència en totes les tasques quotidianes i, en definitiva, una millora en la seva qualitat de vida. Després d'haver realitzat la revisió bibliogràfica pertinent, hem de ressaltar l'escassetat de treballs publicats sobre la població objecte del nostre estudi, fonamentalment quan aquesta ha abandonat el centre hospitalari on ha estat tractat. A nivell nacional vam trobar investigacions que examinaven l'impacte de l'activitat física o l'esport en el

procés de socialització de la persona amb discapacitat tot proporcionant-li molts beneficis psicològics i socials. A nivell internacional vam trobar estudis comparatius entre esportistes discapacitats i esportistes no discapacitats, però molt pocs que fessin referència a la condició física dels paraplègics sedentaris d'edat avançada abans.

Objectiu

Amb aquesta base, doncs, ens hem marcat l'objectiu següent:

- Determinar la influència de l'exercici físic aeròbic sobre la condició física de les persones afectades per una lesió medul·lar.

Mètode

Mostra

Per a realitzar el treball present hem utilitzat dos grups de persones.

1. El grup de les persones sedentàries del nostre estudi va estar format per 15 persones ($35,8 \pm 7$ anys) els quals havien de tenir una lesió medul·lar a nivell dorsal o lumbar, una paraplegia o paraparèsia, sense problemes associats i sense rebre un tractament farmacològic gaire sever que modifiqués els canvis produïts en la seva condició física a causa dels efectes secundaris que poguessin aparèixer. No havien de realitzar cap mena d'activitat física.
2. El grup de paraplègics esportistes va estar format per 12 esportistes ($30,6 \pm 4$ anys) amb una lesió medul·lar a nivell D6-D12, els quals entrenen cap a 8 mesos l'any i fa una mitjana de 6,3 que realitzen activitat física regular. No va mostrar tants problemes, per tal com duia a terme activitat física regularment.

Procediment

La mostra del col·lectiu d'usuari de cadira de rodes procedeix del CAMF d'Alcuescar (Càceres). L'objectiu del centre és oferir i obtenir una millor i més gran qualitat de vida i de benestar social per al resident.

Un problema que es troba en el món de l'activitat física adaptada és l'escassetat d'instruments de mesurament i control específics estandarditzats i útils, i sobretot en

l'aplicació tècnica quotidiana del professional.

Davant d'aquesta realitat es va estudiar la fiabilitat d'un test incremental de la velocitat de desplaçament d'usuari en cadira de rodes i una prova de desplaçament horitzontal després d'un impuls.

Test incremental de la velocitat de desplaçament: TEST-POSTEST. És un test físic incremental màxim progressiu i continu. El subjecte es desplaça en una cadira de rodes, mitjançant impulsos regulars dels seus membres superiors, (Faber Light, 930 base) proveïda d'un velocímetre adaptat i calibrat a la circumferència de les rodes, realitzat sobre una pista d'atletisme sintètica de 400 metres. La velocitat de desplaçament inicial va ser d'1km/h; s'incrementava 1km/h cada 200 metres fins que el subjecte no podia mantenir la velocitat predeterminada per al tram que recorria. Es va registrar contínuament la Freqüència cardíaca (Fc) cada 5 segons mitjançant un cardiòmetre i es va relacionar la velocitat mitjana de cada tram de 200 metres amb l'última Fc corresponent a cada tram.

La prova de velocitat incremental es va aplicar en tres ocasions abans de l'aplicació del programa d'exercici amb els propòsits d'estudiar la reproductibilitat de la prova i controlar el possible fenomen d'aprenentatge dels subjectes. Entre l'aplicació de dues administracions van passar almenys 72 hores, per evitar que la fatiga hi influís. Es va aplicar una significació mitjana de 0,05.

Prova de desplaçament horitzontal després d'un impuls: consisteix a obtenir la màxima distància en un impuls que realitzen des de la cadira de rodes partint de la posició d'aturat i en una superfície llisa. Es col·loca el subjecte a la cadira en una posició estàtica i hom li fixa l'esquena al respall de la cadira, perquè els músculs abdominals no intervinguin en l'esforç. Es va prendre el millor de tres impulsos. Es realitza al començament del període d'entrenament i en finalitzar els dos mesos d'entrenament.

Programa d'entrenament

Vam plantejar un període d'entrenament de dos mesos per comparar amb altres estudis que apareixen a la literatura científica (Platonov, 1990; García Manso, 1996).

Dos dels paràmetres més utilitzats i més acceptats per al control de l'entrenament són

Figura 1.
Subjecte 4.

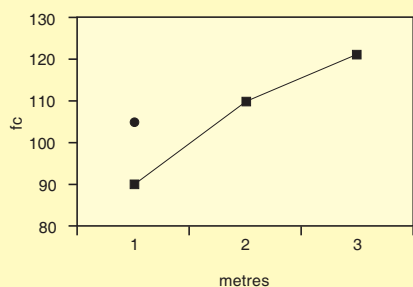
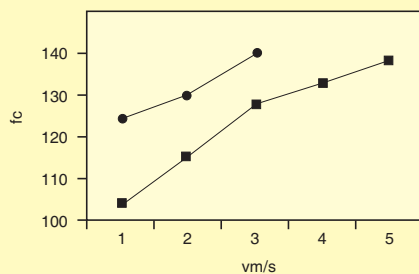


Figura 2.
Subjecte 9.



el consum màxim d'oxigen i la freqüència cardíaca. El primer paràmetre és més vàlid, però requereix un seguit de condicions que en dificulten l'ús generalitzat. La Fc és un bon paràmetre per la seva fàcil aplicació i la seva alta correlació lineal amb el consum d'oxigen en proves d'esforç incrementals, tant en persones normals com en paraplègics (Ogata, 1994).

El control de la intensitat de l'exercici físic mitjançant la Fc es pot expressar amb percentatges respecte a la freqüència cardíaca màxima ($F_{C_{max}}$) o a la freqüència cardíaca de reserva màxima ($F_{CR_{max}}$) (índex de Karvonen). L'American College Sport Medicine recomana l'ús de $F_{CR_{max}}$ per a la prescripció individualitzada de l'exercici.

$$\% F_{CR_{max}} = 100 \times (FC - F_{C_{repòs}}) / (F_{C_{max}} - F_{C_{repòs}})$$

Una altra forma habitual de controlar la intensitat de l'exercici és el mesurament de la velocitat de desplaçament, com la relació entre l'espai recorregut i el temps invertit a recórrer-lo. En usuaris de cadira de rodes és fàcil mesurar la V de desplaçament mitjançant un velocímetre instal·lat i calibrat en una de les rodes.

El programa d'entrenament consistia en cinc dies setmanals d'entrenament mixt en una cadira de rodes: dos dies d'entrenament a intervals, és a dir, 8 repeticions de 50 segons al 85%-90% de la $F_{CR_{max}}$, i descansar fins baixar al 70% de la $F_{CR_{max}}$ i tres dies d'entrenament extensiu de 2 repeticions de 20 minuts al 75-80%, amb una pausa intermèdia fins a baixar al 70% de la $F_{CR_{max}}$.

Tractament de les dades

Programa estadístic SPSS per a Windows (6.1).

Fiabilitat del test-retest intraobservador: error metòdic (1-2, 2-3), coeficient de variació associat a l'error metòdic, coeficient de correlació intraclasse (ICC).

Anàlisi descriptiva de les dades, aplicació de les proves t de Student, prova de Kendall, proves t per a mostres independents.

Resultats

Es va observar que el programa, destinat fonamentalment a la millora de la resistència del grup de subjectes sedentaris, va aconseguir millores significatives tant en els factors vinculats amb la resistència ($f_{c_{sub}}$, $v_{i_{max}}$) com en la força explosiva ($d_{i_{max}}$). Les dades van revelar un augment d'un 54% de la $V_{i_{max}}$, un descens d'un 23% de la $F_{c_{max}}$ per efectuar un mateix esforç absolut, un descens de la $F_{c_{repòs}}$ i un increment d'un 12,8% en la força explosiva.

En l'estudi individualitzat, cal destacar el guany del subjecte sedentari 4, ja que la millora en la distància recorreguda és d'un 300% de la prova inicial a la prova final del test de velocitat incremental. Aquest subjecte aconsegueix un gran increment de la distància amb una freqüència cardíaca màxima propera a l'aconseguida al test inicial, tot assolint un gran augment de la seva autonomia i més possibilitats en les seves activitats diàries. (Fig. 1)

Continuant amb l'estudi individualitzat, la millora del subjecte sedentari 9 en la distància recorreguda és d'un 66% de la prova inicial a la prova final del test de velocitat incremental. Aquest subjecte aconsegueix una distància superior amb més intensitat de treball, tot mantenint la mateixa freqüència cardíaca màxima. (Fig. 2)

Comparats els resultats obtinguts entre els subjectes sedentaris no entrenats, els se-

dentaris entrenats i els jugadors de bàsquet, a la figura 3 es pot observar com han variat les mitjanes de la velocitat incremental màxima al test de velocitat incremental.

A la figura 4 també s'observen diferències en les distàncies mitjanes obtingudes en el test de velocitat incremental.

A la figura 5 es troben els resultats en les distàncies mitjanes obtingudes en la prova de desplaçament horitzontal després d'un impuls.

Discussió

Característiques de la mostra

La distribució percentual segons el sexe de la mostra estudiada (82% homes i 18% dones) és similar a la detectada en la població de lesionats medul·lars dels Estats Units per Triechmann (1988) i l'espanyola pel Centre de Paraplègics de Toledo. Així mateix, les dificultats, i en ocasions la impossibilitat, d'efectuar pel cap baix dos trams de 200 metres en el test de velocitat incremental, va indicar el baix nivell de condició física inicial en els subjectes estudiats, característic de les persones inactives i dependents d'una cadira de rodes (Shephard i Davis, 1987, 1988; Davis, 1993). Aquest nivell baix de condició física es manifesta particularment en persones amb lesions medul·lars severes o superiors a T3 (Kofsky, 1983; Davis, 1993).

Aplicabilitat de la prova de velocitat incremental

La freqüència cardíaca màxima obtinguda en les proves incrementals depèn del tipus d'acció motora desenvolupada (caminar, córrer, pedalejar, etc.), ja que cadascuna es caracteritza per implicar diferents quantitats de massa muscular, positures corporals, etc. (Magel i col., 1975; McArdle i col., 1978 i Vander i col., 1984, citats per McArdle, 1990). Així, atès que els resultats han mostrat una excel·lent reproductibilitat de la prova per estimar la freqüència cardíaca màxima i la velocitat incremental màxima, aquesta prova pot ser útil per determinar la $F_{c_{max}}$ esmentada i orientar els programes d'entrenament. En aquest sentit, el programa d'entrenament aplicat ha estat efectiu i s'hi ha emprat la $F_{c_{max}}$ esmentada com a variable en la prescripció de l'exercici físic.

D'altra banda, l'aplicació de la prova va requerir material fàcilment accessible, i la metodologia va poder aplicar-se sense problemes a la població d'usuaris de cadira de rodes altament sedentaris.

Tanmateix, el protocol aplicat als subjectes estudiats no va permetre d'obtenir un nombre suficient de dades, és a dir, de trams de 200 metres, per poder estudiar el possible punt d'inflexió de la relació entre la velocitat incremental i la freqüència cardíaca. Paral·lelament, després d'observar el baix grau de condició física inicial, que va implicar l'execució dels diferents trams en períodes de temps que van oscil·lar entre els 12 i els 2,4 minuts, treball clarament de resistència, es planteja la possibilitat d'adaptar el protocol amb trams més curts, per exemple de 100 metres, ja que el dotzè tram s'efectuaria a una velocitat de 12 km/h i caldrien, doncs, 30 segons per fer-lo. Aquest últim període de temps de 30 segons permetria l'adaptació de la freqüència cardíaca a l'esforç implicat en el tram esmentat. De tota manera, en subjectes amb una millor condició física caldrien els trams utilitzats ja que són capaços d'adquirir velocitats incrementals superiors.

Efectes de l'entrenament físic

Convé de ressaltar que durant el desenvolupament de l'estudi no es van registrar modificacions en el tractament farmacològic de cap dels voluntaris. D'altra banda, es va constatar l'aplicació del principi d'unitat funcional i el de multilateralisme de l'entrenament. Així, es va observar que l'entrenament físic no solament va induir respostes en la condició física sinó també en aspectes psicossocials, tema que es va estudiar en una altra investigació.

En relació amb els principis d'entrenament de multilateralisme i unitat funcional, es va observar que el programa destinat fonamentalment a la millora de la resistència va aconseguir millores significatives tant en els factors vinculats a la resistència (FC_{sub} i VI_{max}) com a la força explosiva (DI_{max}). En aquest sentit, Gerasimov (1973) també va observar augments de la força entre el 20% i el 50% després de 15 a 32 dies d'entrenament de resistència. El mateix autor va detectar també que els entrenaments de resistència havien incrementat la velocitat dels subjectes entrenats entre un 15% i un 40%. Nilson i col. (1975) va obtenir millores del 18% de la

força mesurada com a repeticions de màquina de pressió sobre banc i un 80% de la resistència dinàmica després de 7 setmanes d'entrenament de resistència en paraplàtics. Addicionalment, la millora després d'un període d'entrenament fonamentalment de resistència de diferents qualitats físiques (resistència, força resistència abdominal, força explosiva i velocitat) en persones amb un nivell de condició física inicial baix ha estat descrita per diferents autors (Bell, 1988; Nelson, 1990; Sale, 1990; Platonov, 1994; Rodríguez i col., 1995). Coherentment, les persones estudiades en aquesta investigació que partien amb un nivell de condició física inferior van ser les que van obtenir més increments percentuals tant en resistència com en força. Per exemple, al test de velocitat incremental, els subjectes que partien amb un nivell menor (4 i 9) van arribar a millorar fins a un 207% la seva velocitat incremental (VI) respecte als valors inicials; en canvi, els subjectes amb un nivell inicial superior (3 i 5) van millorar un 46%. Aquesta manera de millorar simultàniament la força i la resistència del tronc i els membres superiors és de vital importància per a les persones dependents d'una cadira de rodes, per tal de poder superar les dificultats i limitacions de la vida diària cosa que incideix, per tant, en la seva qualitat de vida.

La majoria de les activitats quotidianes representen un esforç submàxim per a les persones que les executen, i la capacitat de dur-les a terme amb la major facilitat possible i el fet que realitzar-les suposi un esforç percentual menor s'associa amb un increment de la salut o qualitat de vida de les persones. En aquest sentit, Dallmeijer i col. (1996) van relacionar el nivell d'esforç requerit per realitzar determinades tasques quotidianes estandarditzades d'un grup de tetraplàtics mitjançant el mesurament de la freqüència cardíaca, amb el seu nivell de condició física avaluat mitjançant la punta del consum d'oxigen i la força isomètrica màxima. Van observar que un nivell de capacitat física més elevat en tetraplàtics es relaciona amb una major facilitat física d'aquests per realitzar les activitats quotidianes, atès que aquestes comporten menys estrès –"physical strain"– (Dallmeijer i col., 1996).

En el nostre estudi, després del període d'entrenament, els subjectes estudiats van mostrar un descens del 8,6% de la freqüència cardíaca per desenvolupar un esforç ab-

solut similar de caràcter submàxim, una determinada velocitat de desplaçament, i això implica un esforç cardíac menor per a una mateixa activitat. De fet, aquesta minva significativa estadísticament expressada en $\%FCR_{max}$ va ser del 23%, coherent amb les observacions de McArdle (1990). Tot i que cal ser prudent i considerar que la freqüència cardíaca corresponent a un determinat esforç submàxim pot variar uns 35 batecs

Figura 3. Mitjanes de la velocitat incremental màxima en el test de velocitat incremental

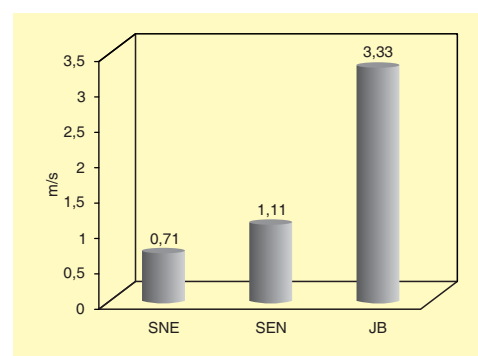


Figura 4. FC_{max}

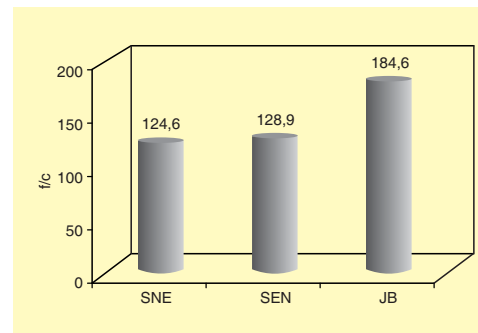
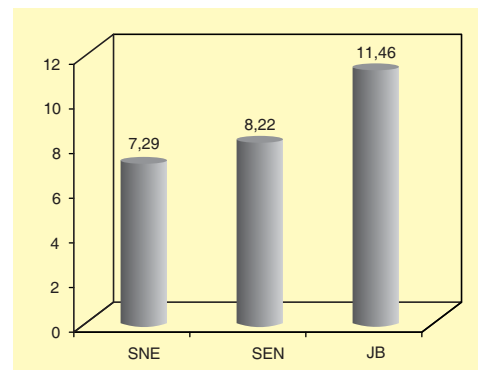


Figura 5.



per minut en persones normals no usuàries de cadira de rodes (McArdle i col., 1990), en el nostre estudi la freqüència cardíaca submàxima va mostrar un índex de reproductibilitat excel·lent entre els tres mesuraments ($ICC = 0,96$).

Així mateix, part d'aquest descens pot ser atribuït a la pendent menor de la recta que relaciona la freqüència cardíaca amb l'increment de la càrrega en càrregues pròximes al màxim tant expressades com a velocitats properes al màxim (Conconi i col., 1982; Gusi, 1994; López i col., 1995) o com a potències de treball –watts– (Wahlund H., 1948; Hoffmann i col., 1994). De tota manera, el descens es va poder observar en totes les anàlisis gràfiques individuals i l'anàlisi conjunta de la mostra va indicar que va ser significatiu estadísticament i rellevant des de les perspectives del control de l'entrenament i, sobretot, de la qualitat de vida de l'individu.

Adicionalment, es va observar un descens significatiu de la Freqüència Cardíaca de repòs després de l'entrenament. Aquest descens i la millora de l'economia del sistema cardiovascular és característic des de les 4-6 setmanes d'entrenament fonamentalment aeròbic en sedentaris (Hollman i Hettiger, 1980; Brown, 1972) que és associat amb una modificació de l'equilibri entre l'activitat tònica de l'accelerador simpàtic i les neurones depressores parasimpàtiques a favor d'un major domini vagal (McArdle i col., 1990; p. 285). Així mateix, Davis i col. (1991), després d'entrenar 24 paraplègics inactius durant 24 setmanes, van associar increments de la resistència amb augments del volum cardíac.

Paral·lelament, la capacitat d'esforç màxim, avaluada com a velocitat incremental màxima de desplaçament, va augmentar un 54,4% amb l'entrenament programat. Resulta il·lustratiu que un dels subjectes fos incapaç de desplaçar-se 200 metres a la velocitat mínima abans del programa d'entrenament, i que posteriorment pogués desplaçar-se 600 metres amb intensitats superiors i, doncs, retardar l'aparició de la fatiga. És a dir, va aconseguir més autonomia amb les implicacions biopsicosocials que això implica. Per tant, l'entrenament va ser útil per augmentar la capacitat d'esforç dels lesionats medul·lars estudiats i en va permetre una millora de la qualitat de vida.

Fitzgerald (1990) va descriure que els homes paraplègics entrenats són capaços de fer esforços continuats durant més de 20

minuts, atès que obtenen el seu estat d'equilibri o estacionari (“*steady-state*”); les dones mostraven un descens brusc. Els homes estudiats en el nostre estudi van trigar 6 setmanes a ser capaços de realitzar esforços continuats durant 20 minuts, i les dones van incrementar la seva capacitat d'esforç, però no van poder aconseguir-ho durant el procés d'entrenament de dos mesos. McArdle i col. (1990) indiquen que el cansament produït per un esforç amb potències submàximes similars realitzat pels membres superiors és més gran que l'efectuat per les cames. Els autors esmentats associen aquesta observació amb la dificultat de realitzar grans volums de treball tant en el treball extensiu com en l'intensiu.

El control indirecte dels efectes de l'entrenament sobre l'impuls mecànic i la força explosiva dels subjectes sobre la cadira de rodes, mitjançant el mesurament de la distància de desplaçament, va indicar un augment significatiu del 12,8%. D'una banda, aquest augment pot haver contribuït parcialment a l'increment de la velocitat incremental màxima ja que el subjecte era capaç de recórrer més espai amb una mateixa freqüència de moviments. De fet, la prova de Kendall va indicar la concordança entre els subjectes que havien incrementat més la DI_{max} i els que van augmentar més el seu Vi_{max} i van disminuir el seu FC_{sub} . En aquest sentit, Davis i col. (1984) van observar millores tant en la força com en la resistència d'11 paraplègics després d'un entrenament fonamentalment de força isocinètica durant 8 setmanes.

De l'altra banda, va poder contribuir a l'esforç percentual menor (FC_{sub}) requerit en una determinada velocitat ja que el percentatge de força màxima aplicada en un esforç pot condicionar el percentatge d'implicació de cada una de les diferents vies energètiques; així, un esforç que requereixi d'un percentatge menor de la força màxima és més susceptible d'utilitzar un percentatge superior d'energia per la via aeròbica i pot retardar la fatiga (Ehlenz i col., 1990; pàg. 66). Encara que la prova de concordança de Kendall no descarta aquesta hipòtesi, l'anàlisi estadística mitjançant regressió lineal no la va confirmar.

Segons Ehlenz i col., “per a càrregues inferiors al 20% de la capacitat màxima de força, no té efecte una millora de la força resistència basada en l'entrenament de força màxima, a causa que la font energètica és

aeròbica”. En canvi, la força explosiva depèn fonamentalment de la força màxima (Schmidtbleicher, 1980) i la velocitat màxima de contracció. En aquest sentit, la força explosiva necessita fibres de contracció ràpida i vies energètiques predominants diferents de les requerides per a la força resistència que utilitza prioritàriament d'altres fibres musculars (Ehlenz i col., 1990). Així, és coherent que la relació entre l'augment de l'expressió indirecta de la força explosiva amb la velocitat incremental màxima, dependent en part de la força resistència –200 metres cada tram–, no sigui lineal.

En conjunt, una part del descens de la FC_{sub} i els augments de la Vi_{max} i DI_{max} podrien relacionar-se amb una millora de la tècnica i la força de propulsió per tal de recórrer més distància amb cada impuls. De fet, programes d'entrenament de 2 mesos de durada han suposat millores en l'eficàcia de moviment i economia de cursa, en l'eficàcia de la tècnica de maneig de la cadira i, per tant, increments en la distància i la velocitat de translació amb un mateix esforç (Coley, 1981; Legros, 1992). Encara que els subjectes estudiats estan acostumats a desplaçar-se normalment en cadira de rodes a velocitats baixes, no estan acostumats a desplaçar-se a les velocitats requerides en el programa d'entrenament i de valoració. Des de la perspectiva biomecànica, els subjectes amb més anys d'entrenament físic i tècnic mostren desplaçaments per impuls de la cadira de rodes més llargs (Gossey i col., 1997). Des de la perspectiva fisiològica, algunes persones són capaces d'obtenir alts consums d'oxigen, però solament són capaços d'empènyer a velocitats baixes (Campbell, 1992). Ensenms, en incrementar la velocitat de translació disminueix la rellevància del pes desplaçat i augmenta la de la velocitat del canell i la tècnica (O'Connor i Roberston, 1998), probablement a causa de la inèrcia adquirida sobre un artefacte amb rodes que no implica grans desplaçaments verticals del centre de gravetat.

Conclusions

El programa d'entrenament físic realitzat millora el rendiment físic i, conseqüentment, el nivell de condició física del grup de lesionats medul·lars estudiats.

El nivell de condició física del grup de paraplègics esportistes, és molt superior al trobat entre els paraplègics sedentaris, com era d'esperar.

Bibliografía

- Bell, G.; Petersen, S.; Quinney, H. i Wenger, H.: "Sequencing of endurance and high velocity strength training. Can.", *Journal Sport Science*, 13 (4)(1988), pàg. 214-219.
- Brown, C.: "The effects of cross-country running on preadolescents girls. Med.", *Science in Sports*, 4 (1972), pàg. 1-5.
- Campbell, E. y Graham, J.: "Precompetition anxiety and self confidence in wheelchair sport participants", *Adapted Physical Activity Quarterly*, 14 (1992), pàg. 95-107.
- Coley, D.; Krahembuhl, G. i Burkett, L.: "Changes in running economy relative to VO2 max. During a cross-country season", *Journal Sport Medicine Fitness*, 24 (1981), pàg. 321-326.
- Conconi, F.; Ferrari; Ziglio; Droghetti i Codeca: "Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners", *J. Appl. Physio*, 52 (1982), pàg. 869-873.
- Dallmeijer, A.; Hopman, M. i Van Der Woude, L.: "Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia: the role of sport activity", *Spinal cord*, 34 (12) (1996), pàg. 729-735.
- Davis, G.: "Exercise capacity of individuals with paraplegia", *Medicine and science in sports and exercise* (Indianapolis), 25 (4) (1993), Apr, pàg. 423-432.
- Davis, G.; Shephard, R. i Ward, G.: "Alterations of dynamic strength following forearm crank training of disabled subjects", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16 (1984), p. 147.
- Davis, G.; Pyley, J. i Shephard, R.: "Gains of cardiorespiratory fitness with arm-crank training in spinally disabled men", *Canadian journal of sport sciences*, 116 (1991), 1, pàg. 64- 72.
- Ehrlenz, H.; Grosser, M. i Zimmermann, E.: *Entrenamiento de la fuerza*, Barcelona: Ed. Martínez Roca, 1990.
- Fitzgerald, M.: "Considerations when adapting fitness equipment for persons in wheelchair", *Pa-laestra* 12 (4) (1990), pàg. 20-22.
- García Manso, J.; Navarro Valdivieso, M. i Ruiz Caballero, J.: *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*, Madrid: Ed. Gymnos, 1996.
- Gerasimov, G.: "Problemas biomecánicos de la técnica deportiva", *Kultura Fizyeczna*, 1973, (Citat por Nome ssusi, Mihaly).
- Gossey, V. i Campbell, I.: "A Kinematic analysis of wheelchair propulsion techniques in senior male, senior female, and junior male athletes", *Adapted Physical activity quarterly*, 14 (1997), pàg. 156-165.
- Gusi, N.: *Análisis secuencial de las adaptaciones fisiológicas al esfuerzo con el entrenamiento y su aplicación práctica*, Barcelona: Publicaciones Universitat de Barcelona, 1994.
- Guttmann, L.: *Spinal Cord Injuries: Comprehensive Management and Research*, Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd Osney Mead, 1973.
- Hoffmann, P.; Pokan, R. i Preidler, K.: "Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function", *Int J. Sports Med* 15 (1994), pp. 232-237.
- Hollmann, W. y Hettinger, T.: *Sportmedizin-Arbeits-und Trainingsgrundlagen*, Stuttgart-New York: Schattauer-Verlag, 1980.
- Hollmann, W.; Hettinger: *Sportmedizin- Arbeits-und Trainingsgrundlagen*, Stuttgart: 2a ed., 1980.
- Kofsky, P.; Davis, G. i Shephard, R.: "Muscle strength and aerobic power of the lower limb disabled", *Annali del ISEF*, 2 (1983), pp. 201-208.
- Legros, P.; Briswalter, J. i Jousselin, E.: "Variation du cout energetique de la course en fonction de leutrainement: evolution sur 7 annes pour un coureur de longues distances", *Sciences de Sport*, 7 (1992), pàg. 35-36.
- López, J. A.; García, B.; Fernández, A. i Chavarren, J.: "Validez y fiabilidad del umbral de frecuencia cardíaca como índice de condición física aeróbica", *Archivos Medicina Deporte*, 12 (1995) (50), pàg. 435-444.
- McArdel, W.; Katch, F. i Katch, V.: *Fisiología del ejercicio*, Madrid: Ed. Alianza Deporte, 1990.
- Nelson, C.: *An investigation of the relationships between the real self concept: Ideal self concept and motor ability of eighth grade girls in physical education*, Tesis Doctoral, University of North Carolina, 1990.
- Nilson, S.; Staff, P. i Pruett, E.: "Physical work capacity and the effect of training on subjects with longstanding paraplegia", *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7 (1975), pàg. 51-56.
- O'Connor, T. i Roberston, R.: "Three dimensional Kinematic analysis and physiologic assessment of racing wheelchair propulsion", *Adapted physical activity quarterly* 15, pàg. 1-14, 1998.
- Ogata, H.: "A review of wheelchair marathon and tennis", *J. Voeh*, 16 (3)(1994), pàg. 201-217.
- Platonov, V.: *La adaptación en el deporte*, Barcelona: Paidotribo, 1990.
- Platonov, V. i Bulatova, M.: *La preparación física*, Barcelona: Ed. Paidotribo, 1994.
- Rodríguez, C.: *Actividad física, condición física y salud en las poblaciones adultas*, Proyecto AFISAC, Fundación Barcelona Olímpica: estudios becados por la Fundación Olímpica, FBO, Barcelona, 1995.
- Sale, D.; Jacobs, Y. i MacDougall, J.: "Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training", *Medicine and Science in sports and exercise*, 22 (3) (1990), pàg. 348-356.
- Schmidtleicher, D.: "Maximalkraft und bewegungsschnelligkeit", *Bad Homburg* (Citat por Ehrlenz i cols., 1990), 1980.
- Shephard, R. i Davis, G.: "Cardiac effects of short term arm crank training in paraplegics: echocardiographic evidence", *European Journal of Applied Physiology*, 56 (1987), pàg. 90-96.
- Shephard, R. i Davis, G.: "Cardiorespiratory fitness in highly active versus inactive paraplegics", *Med. Sci. Sports Exerc*, 20 (1988), pàg. 463-468.
- Trieschmann, R. B.: "The Psychological aspects of Spinal cord injury", a C. J. Golden (ed.), *Current Topics in Rehabilitation Psychology*, USA: Ed. Grune & Stratton, 1984.
- Trieschmann, R. B.: *Spinal cord injuries: Psychological. social and vocational rehabilitation*, New York: Ed. Demos, 1988.
- Wahlund, H.: "Determination of the physical working capacity", *Acta Med Scand*, 215 (1948), pàg. 1-78.
- Zintl, F.: *Entrenamiento de la resistencia: fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*, Barcelona: Martínez Roca, 1991.