

# Canvis fisiològics a causa del desentrenament

MAURO RONCONI I JOSÉ RAMÓN ALVERO-CRUZ

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Departamento de Fisiología Humana y Educación Física y Deportiva. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga. Málaga. España.

## RESUM

Segons la bibliografia científica, el "desentrenament" és definit com una interrupció parcial o total de l'entrenament. Es diferencien dos tipus de desentrenament: un desentrenament de curta durada (DCD), inferior a les 4 setmanes, i un desentrenament de llarga durada (DLD), superior a 4 setmanes. El tipus de desentrenament i el nivell de rendiment caracteritzen els canvis cardiorespiratoris, musculars i metabòlics. El  $VO_{2max}$  disminueix d'un percentatge del 4 al 14% durant un DCD i entre el 6 i el 20% durant un DLD en atletes ben entrenats; en individus amb poques setmanes d'entrenament s'evidencia una reducció del 3 al 6%. El DCD es caracteritza per la reducció del volum de la sang de fins a un 12% en atletes ben entrenats i d'un 4,7% en individus poc entrenats; la menor quantitat de sang provoca una pèrdua de fins al 12% de la sang expulsada pel ventricle esquerre (despesa cardíaca) i un augment de la freqüència cardíaca que arriba fins a un 10% més en el DCD, i un 5% més en DLD, en esforç màxim i submàxim. També les funcions respiratòries pateixen un deteriorament, amb una disminució del volum respiratori de fins al 10 o el 12%, en atletes molt entrenats, durant un DLD. Un període de DCD no influeix sobre la força muscular i la secció del múscul, mentre que períodes de DLD produeixen fins a una disminució del 12 al 14% de la força muscular en atletes ben entrenats. L'edat i el nivell de rendiment també influeixen sobre la disminució de força i secció muscular durant un DLD. Les alteracions dels valors del quocient respiratori (QR) en períodes de DCD, com queda demostrat en diversos estudis, palesen una més alta dependència dels hidrats de carboni com a font d'energia utilitzada en el metabolisme muscular. Les concentracions de lactat en la sang, en esforç submàxim, augmenten amb pocs dies de desentrenament i d'una disminució del llindar làctic en atletes, durant esforç màxim i submàxim, en períodes llargs de desentrenament.

**PARAULES CLAU:** Desentrenament. Desentrenament de curta durada. Desentrenament de llarga durada.

## ABSTRACT

According to the scientific literature, detraining is defined as a partial or total interruption of training due to several causes. Two types of detraining are defined: short-term detraining (STD) when the period of detraining lasts less than 4 weeks, and long-term detraining (LTD) marked by a period of more than 4 weeks. The kind of detraining and the level of performance determine the cardiorespiratory, muscle and metabolic changes.  $VO_2$  max declines by a rate of 4%-14% in STD and by up to 6-20% in LTD in well-trained athletes; a reduction of 3%-6% is evident in individuals with a few weeks of training. STD is characterized by a reduction in blood volume of up to 12% in well-trained athletes and by a reduction of 4.7% in recently trained individuals; the lower blood volume causes a loss of up to 12% in stroke volume and heart rate increases by up to 10% in STD and by 5% in LTD during maximal and submaximal intensities. Ventilatory function also deteriorates with a reduction in ventilatory volume of up to 10%-12% in well-trained athletes during LTD. A period of STD does not influence muscle strength or muscle section, while periods of LTD reduce muscle strength by up to 12-14% in trained athletes. Age and the level of pre-detraining performance also influence the decrease in muscle section and muscle strength during LTD. Alterations in the values of the respiratory exchange ratio (RER) during periods of STD, as demonstrated in several studies, show a higher dependence on carbohydrate as a source of energy used in muscle metabolism. Blood lactate concentrations, at submaximal intensities, rise after a few days of detraining. A decrease in lactate threshold occurs in endurance athletes at maximal and submaximal intensities during LTD.

**KEY WORDS:** Detraining. Short-term detraining. Long-term detraining.

Correspondència: Dr. José Ramón Alvero Cruz. Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Edificio López de Peñalver. Campus de Teatinos s/n. 29071 Málaga. España.

Correu electrònic: [alvero@uma.es](mailto:alvero@uma.es)

## INTRODUCCIÓ

El “desentrenament” ha estat recentment definit com la pèrdua parcial o completa de les adaptacions fisiològiques, anatòmiques i del rendiment aconseguit amb el procés d'entrenament i com a conseqüència de la reducció o suspensió del procés d'entrenament<sup>1</sup>. El concepte de desentrenament no s'ha de confondre amb la síndrome de desentrenament, terme clínic que es refereix a atletes amb un llarg historial d'entrenament i que presenten sensacions d'arítmia cardíaca, palpitations, pèrdua de la gana, insomni, ansietat i depressió<sup>1</sup>. Molts factors, com les lesions –més o menys greus–, el treball físic, el moment de conclusió de la temporada, poden incidir sobre la durada i els efectes d'un període de desentrenament. D'acord amb la bibliografia científica<sup>2,3</sup>, existeixen dos tipus de períodes de desentrenament: un desentrenament de curta durada (DCD), caracteritzat per una durada de menys de 4 setmanes, i un desentrenament de llarga durada (DLD), amb un període superior a les 4 setmanes. La durada del període de desentrenament i el nivell d'entrenament previ dels individus caracteritzen els canvis fisiològics, tant a nivell cardiorespiratori, com muscular o metabòlic.

## CANVIS CARDIORESPIRATORIS

### Consum màxim d'oxigen ( $VO_{2m\grave{a}x}$ )

La majoria d'estudis han demostrat que el  $VO_{2m\grave{a}x}$  té una disminució amb el desentrenament, entre el 4 i el 14%<sup>4-6</sup>, durant un període inferior a 4 setmanes i entre el 6 i el 20% durant un període de més de 4 setmanes<sup>7-8</sup>, en individus amb nivell molt alt d'entrenament aeròbic. Godfrey et al<sup>9</sup> van estudiar un atleta de rem de molt alt nivell després de 8 setmanes de desentrenament i els resultats es van quantificar en una pèrdua d'un 8% del  $VO_{2m\grave{a}x}$  en una prova incremental en cicloergòmetre. En un estudi de Coyle et al<sup>10</sup> va resultar que com més alt era el nivell d'entrenament i rendiment, també era més elevat l'empitjorament del nivell del  $VO_{2m\grave{a}x}$  durant un període de desentrenament.

Però contradictòriament, els resultats de Cullinane et al<sup>11</sup> van trobar que el nivell de  $VO_{2m\grave{a}x}$  es va mantenir durant el període de desentrenament de curta durada, molt probablement a causa del nivell de rendiment i a la quantitat d'entrenament dels individus estudiats:  $< 56 \text{ ml/kg/min de } VO_{2m\grave{a}x} < 1$  any d'entrenament. En un altre estudi, Pivarnik i Senay<sup>12</sup> van demostrar que en individus amb un període d'entrenament de només 4-8 setmanes, els nivells de  $VO_{2m\grave{a}x}$ , després d'un període de DCD, van baixar entre el 3 i el 6%. Klausen et al<sup>13</sup> tam-

bé van estudiar individus amb només 8 setmanes d'entrenament i després d'un DLD van observar caigudes dels valors de  $VO_{2m\grave{a}x}$  al nivell dels valors basals o de preentrenament. En un estudi de Marles et al<sup>14</sup> es va observar que en un grup de 9 joves individus sotmesos a un entrenament d'alta intensitat de 6 setmanes, un període de DLD determinava una reducció significativa dels valors de  $VO_{2m\grave{a}x}$  (reducció del 8%), d'un 12% al llindar ventilatori aeròbic (VT1), i d'un 8% al llindar anaeròbic (VT2), durant una prova incremental en cicloergòmetre.

### Canvis en el volum de sang

Està demostrat que una de les causes de la reducció de les funcions cardiovasculars durant un DCD cal trobar-la en la reducció del volum de la sang<sup>10</sup>. Segons Thompson et al<sup>15</sup>, el volum del plasma es redueix només amb 2 dies d'inactivitat. Coyle et al<sup>10</sup> van demostrar que un DCD determina una reducció del volum de la sang fins a un 12%, majoritàriament a causa de la reducció del 9% del volum plàsmic. Sembla que el 3% de la reducció de volum de la sang es podria atribuir a la reducció de la massa de les cèl·lules vermelles que contribueixen a la disminució de  $VO_{2m\grave{a}x}$ <sup>10</sup>. També Pivarnik i Senay<sup>12</sup> van observar que en individus acabats d'entrenar-se el volum de sang va disminuir després de 4 setmanes de desentrenament fins al valor d'un 4,7%. Els efectes d'un període de DLD no han estat encara estudiats, però com indiquen Mujika i Padilla<sup>2,3</sup>, sembla que n'hi ha prou amb només uns quants dies de desentrenament per mostrar una reducció dels volums de plasma i de sang.

### Canvis en el volum sistòlic

Estudis de Coyle et al<sup>4,10</sup> han demostrat que la reducció de  $VO_{2m\grave{a}x}$  després de períodes de desentrenament curt i llarg és conseqüent a la reducció de la quantitat de sang expulsada en cada batec; reducció a causa del menor volum sistòlic característic del període de desentrenament. Aquests autors van observar, en un grup d'atletes molt entrenats de resistència, que després d'un període de 4 setmanes sense entrenament, la disminució de  $VO_{2m\grave{a}x}$  en els primers 21 dies estava relacionada amb la disminució del volum sistòlic i que en el mateix període va haver-hi una reducció de fins al 12%. Una reducció d'un 3 a 4% en l'índex del volum sistòlic va ser estudiada per Miyashita et al<sup>16</sup> en un grup d'individus de 45 anys d'edat i amb només 15 setmanes d'entrenament. Aquest temps d'entrenament reduït probablement va ser el responsable de la disminució d'un 7% del  $VO_{2m\grave{a}x}$  del mateix grup d'estudi.

### Canvis en les dimensions cardíques

La reducció del  $VO_{2\text{màx}}$ , conseguint a la pèrdua del volum de sang i a la disminució del volum sistòlic, durant un període de desentrenament sembla que està relacionada amb els canvis en les dimensions cardíques<sup>17</sup>.

Maron et al<sup>18</sup> van observar una reducció important, entre el 15 i el 33%, en el gruix del ventricle esquerre (VE) en 6 atletes olímpics de rem, després d'un període de DLD (6-34 setmanes).

En un altre estudi recent de Pelliccia et al<sup>19</sup> amb 40 atletes d'alt rendiment, sotmesos a un període de DLD, s'ha demostrat una significativa reducció de la cavitat del VE fins a un 7%. Giada et al<sup>20</sup>, en un estudi interessant, també van observar la influència de l'edat en les adaptacions cardiovasculars en 2 grups de ciclistes (19-25 i 50-65 anys). Després de 2 mesos de desentrenament (DLD) es van comprovar modificacions en la morfologia ventricular en ambdós grups, amb una pèrdua més gran en la massa i el volum del VE, en el grup dels més grans (50-65 anys). Obert et al<sup>21</sup> van observar canvis en la dimensió interna del VE (més del 4%) en un grup de 29 nens (10-11 anys) sotmesos a un entrenament de cursa de 13 setmanes; després d'un DLD de 2 mesos, però tots els paràmetres de la morfologia cardíaca van tornar al període de preentrenament. Contràriament al que s'ha demostrat en diversos estudis, Cullinane et al<sup>11</sup> no van poder comprovar canvis en les dimensions cardíques en 15 corredors després d'un DCD de 10 dies; també Pavlik et al<sup>22</sup>, estudiant un grup de ciclistes i corredors, no van observar canvis significatius de la dimensió del VE després de 60 dies de desentrenament.

### Canvis en la freqüència cardíaca

Com a resultat d'una reducció del volum de sang, la freqüència cardíaca (FC) augmenta durant un esforç d'intensitat màxima i submàxima en atletes durant un període de desentrenament<sup>2</sup>. Coyle et al<sup>10</sup>, estudiant atletes d'esports aeròbics, va notar un augment en la FC d'un 11% en el transcurs d'exercicis submàxims després de 2-4 setmanes de desentrenament. Segons un estudi de Houmard et al<sup>23</sup>, en un grup de corredors amb 14 dies sense entrenament, la FC va augmentar 11 i 9 batecs/min en exercicis d'intensitats submàxima i màxima, respectivament. Coyle et al<sup>4</sup> també van estudiar que durant un DLD la FC augmenta; van demostrar que en un grup d'atletes ben entrenats en modalitats aeròbiques, l'augment de la FC era d'un 5% després d'un període de desentrenament de 84 dies. Un estudi amb resultats contradictoris amb els anteriors va ser

el presentat per Cullinane et al<sup>11</sup>, en què s'informava de la no presència de canvis significatius en la FC dels atletes, després de 10 dies de desentrenament. Els mateixos resultats, segons estudis d'altres autors, es confirmen en individus poc entrenats. Segons Wibom et al<sup>24</sup>, un curt període sense entrenament no sembla que afecti la FC durant exercicis submàxims. També un estudi de Fringer i Stull<sup>25</sup> va confirmar que la FC no augmenta durant exercicis màxims i submàxims, després d'un llarg període sense entrenament, en individus poc entrenats.

### Canvis en la ventilació

Quant a la funció respiratòria, l'entrenament provoca canvis significatius en la ventilació pulmonar durant l'exercici d'intensitat submàxima i màxima. L'increment de les necessitats de consum d'oxigen en un esportista durant l'exercici, es tradueix en una major producció de  $CO_2$  ( $VCO_2$ ), que ha de ser eliminat a través d'un increment de la ventilació. Les funcions respiratòries tenen un deteriorament<sup>1</sup> en atletes molt entrenats, després d'un període de desentrenament. Com han demostrat diversos autors, la ventilació (VE) és afectada després d'un llarg període de desentrenament. Drinkwater i Horvath<sup>26</sup> van observar una pèrdua del 10,3% de la VE en atletes joves, en 12 setmanes de desentrenament; Fardy<sup>7</sup> va demostrar una pèrdua del 10% de la VE en jugadors de futbol després de 5 setmanes sense entrenament, i Miyamura i Ishida<sup>8</sup> van observar una VE fins a un 14% menor en jugadors de bàdminton amb 2 anys de desentrenament. Períodes de desentrenament també afecten la VE d'individus recentment entrenats, tal com van demostrar en un estudi Miyashita et al<sup>16</sup>, en què un grup d'individus van reduir fins a un 7% els valors de VE després de 6 mesos sense entrenament.

### CANVIS MUSCULARS

Durant un període de desentrenament hi ha múltiples canvis a nivell muscular, caracteritzats per la pèrdua de força i la disminució de la grandària i distribució de les fibres.

### Canvis sobre la força

D'acord amb el que s'ha publicat en la bibliografia científica<sup>27</sup>, la força muscular pot mantenir el seu estat o disminuir lleument després de períodes de DCD. Un estudi de Hortobagyi et al<sup>28</sup> va demostrar que després de 14 dies de desentrenament només la força excèntrica va quedar afectada, mentre que tots els aspectes neuromusculars no es van alterar. Períodes

des més llargs de 8-12 setmanes sense entrenament es caracteritzen per una pèrdua de força d'un 7 a un 12%<sup>27</sup>. Hakkinen et al<sup>29</sup> van confirmar una pèrdua de força en atletes molt entrenats d'un 12% en els exercicis d'asseguda i extensió de cames, després de 8 setmanes de desentrenament. Neuffer et al<sup>30</sup> van demostrar que la pèrdua de força específica en la natació en joves nedadors va arribar fins a un 14% menys després d'un període de DLD de més de 4 setmanes. Un interessant treball de Lemmer et al<sup>31</sup> va estudiar els efectes i els canvis de força màxima en grups d'individus d'edat i sexe diferents; després d'un període de 31 setmanes de DLD, el grup de joves (20-30 anys), independentment del sexe, va perdre un 8% de força (1 RM), mentre que el grup de més grans (65-75 anys) va perdre un 14% de la força (1 RM); l'estudi va demostrar que l'edat influeix sobre la pèrdua de força màxima durant un període de desentrenament. En un altre estudi recent de Toreman i Ayceman<sup>32</sup> s'ha demostrat que, amb dos grups de persones grans (60-73 i 74-86 anys), un desentrenament de 6 setmanes afectava més el rendiment i la flexibilitat muscular en el grup de més edat (74-86 anys). Un treball de Fatouros et al<sup>33</sup> va estudiar 2 grups d'individus sotmesos a un entrenament al 55 i al 82% d'1 RM, respectivament, i va resultar que el grup entrenat a baixa intensitat (55%) va perdre més força (20-25%) respecte de l'altre grup després d'un període de desentrenament de 48 setmanes, tot demostrant que la intensitat de l'entrenament també influeix sobre la pèrdua de força durant un desentrenament de llarga durada. Harris et al<sup>34</sup>, en un estudi recent, van entrenar 3 grups de gent gran (majors de 71 anys) amb 3 intensitats diferents d'exercici (2 × 15 RM, 3 × 9 RM i 4 × 6 RM) durant 18 setmanes; successivament dividits en 2 grups, independentment de la intensitat de l'entrenament anterior, i sotmesos a períodes sense entrenament de 6 setmanes (grup 1) i 20 setmanes (grup 2), ambdós grups van palesar una pèrdua de força muscular del 4,5 i del 13,5%, respectivament, tot demostrant-se que la disminució de força muscular en individus ancians sembla independent de la intensitat de l'exercici.

També és interessant l'estudi de Gondin et al<sup>35</sup>, en el qual van investigar l'efecte d'un DCD sobre els canvis neuromusculars amb electroestimulació després d'un període d'entrenament de 8 setmanes; els quàdriceps de 9 individus van ser sotmesos a 32 sessions d'electroestimulació i els efectes van ser controlats amb electromiografia. Després d'un període de desentrenament de 4 setmanes va resultar que la pèrdua de força va anar acompanyada d'alteracions nervioses i que els canvis a nivell muscular van ser més lents que les modificacions a nivell nerviós.

## Canvis en les fibres musculars

Segons Coyle et al<sup>36</sup>, un període de DCD no influeix significativament sobre canvis en la secció i distribució de la fibra muscular; al contrari, un període de desentrenament més llarg induïx una pèrdua de secció de les fibres i de la massa muscular. Hakkinen et al<sup>29</sup> van informar d'una reducció de percentatge de fibra ràpida (FT) fins a un 60% en culturistes d'alt nivell després de 13 mesos de DLD, i Coyle et al<sup>36</sup>, d'un canvi progressiu de fibres FTa a FTb, de fins a un 19%, en ciclistes d'alt nivell després de 56 dies sense entrenament. Andersen et al<sup>37</sup>, en un grup de 13 joves (23-25 anys), van demostrar que un DLD de 3 mesos està associat a la pèrdua de força màxima, atròfia muscular i pèrdua de propietats contràctils de les fibres ràpides; també en un treball de Kadi et al<sup>38</sup> va ser demostrada una disminució significativa de la secció de fibra muscular després d'un període de desentrenament de 30 dies.

## CANVIS METABÒLICS

Altres canvis que es produeixen durant un període de desentrenament són la disminució del volum mitocondrial<sup>39,40</sup>. Atletes molt entrenats van mostrar una ràpida disminució de l'activitat enzimàtica oxidativa en les primeres 8 setmanes de desentrenament, seguida d'un nivell enzimàtic estabilitzat sobre un 50% del nivell inicial durant les últimes 4 setmanes<sup>13,41,42</sup>. Períodes de DCD i DLD sembla que no afecten, segons un estudi de Chi et al<sup>39</sup>, la concentració de mioglobina, ni tampoc les activitats dels enzims glicolítics.

## Canvis en el quocient respiratori (QR)

L'increment del quocient respiratori (QR) durant un exercici d'intensitat submàxima i màxima és una de les conseqüències metabòliques d'un període de DCD<sup>1</sup>. L'augment que es produeix del QR significa que hi ha una dependència més gran dels hidrats de carboni com a font d'energia utilitzada en el metabolisme muscular, amb una disminució de la utilització dels lípids<sup>1</sup>. En un estudi de Houmard et al<sup>23</sup>, un grup de corredors va presentar un augment del QR de 1,03 a 1,06 després de 2 setmanes de desentrenament; Madsen et al<sup>42</sup> van investigar un grup d'atletes que pedalanta a un 75% del  $VO_{2max}$  van incrementar el QR de 0,89 a 0,91 després d'un DCD de 4 setmanes. També Moore et al<sup>6</sup> van confirmar que després de 3 setmanes sense entrenament, un grup d'atletes va augmentar el QR de 0,89 a 0,95 en un exercici a una intensitat del 60% del  $VO_{2max}$ .

Alteracions dels valors del QR han quedat demostrades en estudis de diversos autors i que es manifesten també en individus recentment entrenats. En un estudi de Moore et al<sup>6</sup> el QR es va incrementar de 0,87 a 0,96 després de 3 setmanes de desentrenament en individus amb només 7 setmanes d'entrenament aeròbic. També altres estudis<sup>25,26</sup> van confirmar que períodes de DCD van produir canvis del QR en dones joves recentment entrenades.

### Canvis en el lactat

La concentració d'àcid làctic és una de les variables fisiològiques més sensibles tant a l'entrenament com al desentrenament. La concentració de lactat en la sang durant un exercici submàxim s'incrementa en atletes de molt alt nivell amb només 7 dies de descans<sup>39,41,42</sup>.

El llindar de lactat segons estudis de Coyle et al<sup>36</sup> disminueix progressivament durant 3 mesos de DLD, en atletes molt entrenats, del 79 al 74% del  $VO_{2\max}$ . En estudis de Ready et al<sup>43</sup> i de Wibom et al<sup>24</sup> resulta que la disminució del llindar no es manifestaria amb un desentrenament de menys de 4 setmanes. Resultats d'estudis<sup>36</sup> amb ciclistes i corredors d'alt nivell van mostrar un canvi de concentració en la sang de lactat d'1,9 mM a 3,2 mM després de 84 dies sense entrenament. En un treball recent, Godfry et al<sup>9</sup> van estudiar els efectes de 8 setmanes de DLD en un atleta olímpic de rem; la corba lactat/watts a 2 mM i a 4 mM va ser més baixa del 27 i del 22%, respectivament, que els valors usuals. La concentració de lactat en la sang no sembla afectada amb períodes breus de desentrenament, en individus recentment entrenats, i un estudi de Wibom et al<sup>24</sup> va indicar que 3 setmanes de desentrenament, successives a 6 setmanes d'entrenament aeròbic, no van produir canvis en la concentració de lactat en la sang en un grup de 9 joves de 20 anys.

**Taula I** Canvis fisiològics amb el desentrenament

Variables	Disminució	Augment
$VO_{2\max}$	↓	–
Volum de sang	↓	–
Volum sistòlic	↓	–
Dimensions cardíaques	↓	–
FC màxima	–	↑
FC submàxima	–	↑
VE	↓	–
Quocient respiratori	–	↑
Lactat	–	↑
Llindar làctic	↓	–
Força	↓	–

La taula I presenta un resum de les modificacions que produeix el desentrenament.

### CONCLUSIONS

Queden àmpliament demostrats els canvis fisiològics que es manifesten amb un període de desentrenament, tant a nivell cardíac com cardiovascular, amb disminució del  $VO_{2\max}$ , de la despesa cardíaca i de la freqüència cardíaca.

Sobre la força, el desentrenament produeix pèrdues de la força i modificacions en les característiques de la fibra muscular.

Els canvis metabòlics del desentrenament es caracteritzen per una més gran utilització del metabolisme anaeròbic, amb augments del quocient respiratori i en la producció de lactat.

## Bibliografia

1. Mujika I, Padilla S. Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:413-21.
2. Mujika I, Padilla S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. Short term insufficient training stimulus. *Sports Med.* 2000;30:79-87.
3. Mujika I, Padilla S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II. Long term insufficient training stimulus. *Sports Med.* 2000;30:145-54.
4. Coyle E, Martin III W, Sinacore DR, Joyner MJ, Hgberg JM, Hollosky JO. Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol.* 1984;57:1857-64.
5. Martin WH, Coyle EF, Bloomfield SA, Ehasani AA. Effects of physical deconditioning after endurance training on left ventricular dimensions and stroke volume. *J Am Coll Cardiol.* 1986;7:982-9.
6. Moore RL, Thacker EM, Kelley GA, Musch TI, Sinoway LI, Foster VL, et al. Effect of training/detraining on submaximal exercise responses in humans. *J Appl Physiol.* 1987;63:1719-24.
7. Fardy P. Effects of soccer training and detraining upon selected cardiac and metabolic measures. *Res Q.* 1969;40:502-8.
8. Miyamura M, Ishida K. Adaptive changes in hypercapnic ventilatory response during training and detraining. *Eur J Appl Physiol.* 1990;60:353-9.
9. Godfry RS, Ingham SA, Pedlar C, White G. The detraining and retraining of an elite rower: a case study. *J Sci Med Sport.* 2005;8:314-20.
10. Coyle EF, Hemmert MK, Coggan AR. Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: role of blood volume. *J Appl Physiol.* 1986;60:95-9.
11. Cullinane EM, Sady SP, Vadeboncoeur L, Burke M, Thompson PD. Cardiac size and  $\text{VO}_2$  max do not decrease alter short-term exercise cessation. *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18:420-4.
12. Pivarnik J, Senay L. Effects of exercise detraining and deacclimation to the heat on plasma volume dynamics. *Eur J Appl Physiol.* 1986;55:222-8.
13. Klausen K, Andersen L, Pelle I. Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta Physiol Scand.* 1981;113:9-16.
14. Marles A, Legrand R, Blondel N, Mucci P, Betbeder D, Prieur F. Effect of high-intensity interval training and detraining on extra  $\text{VO}_2$  and on the  $\text{VO}_2$  slow component. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:633-40.
15. Thompson PD, Cullinane EM, Eshleman R, Sady SP, Herbert PN. The effects of caloric restriction or exercise cessation on the serum lipid and lipoprotein concentration of endurance athletes. *Metabolism.* 1984;33:943-50.
16. Miyashita M, Haga S, Mizuta T. Training and detraining effects on aerobic power in middle-aged and older men. *J Sports Med.* 1978;18:131-7.
17. Neuffer PD. The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. *Sports Med.* 1989;8:302-21.
18. Maron BJ, Pelliccia A, Spataro A, Granata M. Reduction in left ventricular wall thickness after deconditioning in highly trained Olympic athletes. *Br Heart J.* 1993;69:125-8.
19. Pelliccia A, Maron BJ, De Luca R, Di Paolo FM, Spataro A, Cullasso F. Remodeling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after long-term deconditioning. *Circulation.* 2002;105:944-9.
20. Giada F, Bertaglia E, De Piccoli B, Franceschi M, Sartori F, Raviele A, et al. Cardiovascular adaptations to endurance training and detraining in young and older athletes. *Int J Cardiol.* 1998;65:149-55.
21. Obert P, Mandigout S, Vinet A, N'Guyen LD, Stecken F, Courteix D. Effect of aerobic training and detraining on left ventricular dimensions and diastolic function in prepubertal boys and girls. *Int J Sports Med.* 2001;22:90-6.
22. Pavlik G, Bachl N, Wollein W, Langfy GY, Prokop L. Effect of training and detraining on the resting echocardiographic parameters in runners and cyclists. *J Sports Cardiol.* 1986;3:35-45.
23. Houmard JA, Hortobagyi T, Johns RA, Bruno NJ, Nute CC, Shinebayer MH, et al. Effect of short-term training cessation on performance measures in distance runners. *Int J Sports Med.* 1992;13:572-6.
24. Wibom R, Hultman E, Johansson M, Matherei K, Constantin D, Schantz PG. Adaptation of mitochondrial ATP production in human skeletal muscle to endurance training and detraining. *J Appl Physiol.* 1992;73:2004-10.
25. Fringer MN, Stull GA. Changes in cardiorespiratory parameters during periods of training and detraining in young adult females. *Med Sci Sports.* 1974;6:20-5.
26. Drinkwater BL, Horvath SM. Detraining effects on young women. *Med Sci Sports.* 1972;4:91-5.
27. Mujika I, Padilla S. Muscular characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1297-303.
28. Hortobagyi T, Houmard JA, Stevenson JR, Fraser DD, Johns RA, Israel RG. The effects of detraining on power athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:929-35.
29. Hakkinen K, Komi P, Tesch P. Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on forctime, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscle. *Scand J Sports Sci.* 1981;3:50-8.

30. Neuffer PD, Costill DL, Fielding R, Flynn MG, Kirwan JP. Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19:486-90.
31. Lemmer J, Hurlburt D, Martel G, Tracy B, Ivey F, Metter J, et al. Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1505-12.
32. Toreman NF, Ayceman N. Effects of six weeks of detraining on retention of functional fitness of old people after nine weeks of multicomponent training. *Br J Sports Med.* 2005;39:565-8.
33. Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, Leontsini D, et al. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power and mobility of inactive older men are intensity dependent. *Br J Sports Med.* 2005;39:776-80.
34. Harris C, Debeliso M, Adams KJ, Irmischer B, Spitzer Gibson T. Detraining in the older adult: effects of prior training intensity on strength retention. *J Strength Cond Res.* 2007;21:813-8.
35. Gondin J, Guette M, Ballay Y, Marti A. Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97:165-73.
36. Coyle EF, Martin III W, Bloomfield SA, Lowry OH, Holloszy JO. Effects of detraining on response to submaximal exercise. *J Appl Physiol.* 1985;59:853-9.
37. Andersen LL, Andersen JL, Magnusson SP, Suetta C, Madsen JL, Christensen LR, et al. Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *J Appl Physiol.* 2005;99:87-94.
38. Kadi F, Schjerling P, Andersen LL, Charifin N, Madsen JL, Christensen LR, et al. The effects of heavy resistance training and detraining on satellite cells in human skeletal muscles. *J Physiol.* 2004;558:1005-12.
39. Chi MM, Hintz CS, Coyle EF, Martin WH, Ivy JL, Nemeth PM, et al. Effects of detraining on enzymes of energy metabolism in individual human muscle fibers. *Am J Physiol.* 1983;244:276-87.
40. Costill DL, Fink WJ, Hargreaves M, King DS, Thomas R, Fielding R. Metabolic characteristics of skeletal muscle during detraining from competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17:339-43.
41. Bergman BC, Wolfel EE, Butterfield GE, Lopaschuk GD, Casazza GA, Horning MA, et al. Active muscle and whole body lactate kinetics alter endurance training in men. *J Appl Physiol.* 1999;87:1684-96.
42. Madsen K, Pedersen P, Djurhuus M, Klitgaard N. Effects of detraining on endurance capacity and metabolic changes during prolonged exhaustive exercise. *J Appl Physiol.* 1993;75:1444-51.
43. Ready AE, Eynon R, Cunningham D. Effect of interval training and detraining on anaerobic fitness in women. *Can J Appl Sport Sci.* 1981;6:114-8.