



CLUB DES
CARDIOLOGUES
DU SPORT

ADAPTATIONS CARDIOCIRCULATOIRES À L'EXERCICE

Avec la revue

Cardio

N°18 - Février 2009

& Sport

LA REVUE PRATIQUE DE LA CARDIOLOGIE DE L'EFFORT

ÉVÉNEMENT

Hockey sur glace
Entretien avec
le Dr Haider Bouziane

ENTRAÎNEMENT

Sport mécanique
Contraintes de pilotage

CAS CLINIQUE

Dissection coronaire
Le mécanisme
étiologique

MISE AU POINT

Fèvre et sport
Un ménage plus risqué
que l'on ne le pense

RÉADAPTATION

**Adaptations
cardiocirculatoires
à l'exercice**
Les sujets paraplégiques
en fauteuil



Vainqueur de l'US
Open en 1972 et du
tournoi de Roland-
Garros en 1973,
Ilie Nastase est
toujours sur le cours
à bientôt 63 ans.



SPORTS ET SENIORS

Oui, mais comment ?

Dossier

- Spécificités cardiovasculaires, respiratoires et musculaires du senior
- Le bilan cardiovasculaire avant le sport : pour les seniors de plus de 65 ans
- Quels sports pour quels seniors ?

Adaptations cardiocirculatoires à l'exercice

Les sujets paraplégiques en fauteuil

Dans le monde, l'incidence annuelle des lésions traumatiques est de 15 à 40 blessés médullaires par million d'habitants (1). Quel que soit leur niveau d'aptitude physique, ces sujets se retrouvent brutalement face à une diminution majeure de leur autonomie et à une nécessité de réorganisation complète de leur vie quotidienne. Dans la majorité des cas, ils deviennent des utilisateurs quasi exclusifs de leurs membres supérieurs, en fauteuil roulant et pour les transferts. Les adaptations cardiocirculatoires et ventilatoires aux différents "nouveaux" efforts à réaliser doivent être optimisées, malgré les profondes modifications entraînées par les lésions médullaires et l'apparition d'un risque cardiovasculaire réel pour ces patients, souvent bien jeunes.

Dr Evelyne Lonsdorfer (Service de physiologie et explorations fonctionnelles, CHU de Strasbourg)

La paraplégie se définit comme une paralysie plus ou moins complète des deux membres inférieurs, dont les causes peuvent être multiples (tumoraux, infectieuses, inflammatoires, vasculaires), mais dont l'étiologie la plus fréquente reste traumatique. Les données épidémiologiques montrent que l'homme jeune est le plus souvent touché et que les accidents de la voie publique en sont la principale cause. Suivent ensuite la violence et les chutes pour 22 %, le sport initiant 8 % de la pathologie, dont plus des deux tiers sont dus aux accidents de plongée. La mortalité est fortement liée au niveau de lésion médullaire chez ces sujets, et lorsque celle-ci est complète et haute (au-dessus de C3), les sujets décèdent ou restent dépendants d'une ventilation assistée. Aujourd'hui, grâce aux progrès médicaux et chirurgicaux majeurs, plus de 80 % des blessés médullaires qui passent

les 24 premières heures post-traumatiques survivent encore 10 ans après. Pour comprendre les différences d'adaptation du système cardiocirculatoire à l'effort de ces patients, il est nécessaire de donner quelques rappels des déficiences causées par la lésion médullaire. Nous aborderons ensuite les manifestations cliniques qui suivent les phases aiguë et chronique de la lésion, puis l'adaptation particulière à l'exercice de ces patients, comparativement aux sujets valides soumis aux mêmes conditions d'effort. Enfin, nous donnerons quelques éléments sur les effets de l'entraînement physique de ces patients.

> La lésion médullaire est responsable de déficiences

Déficiences motrices et sensitives

Elles sont classées selon la classifica-

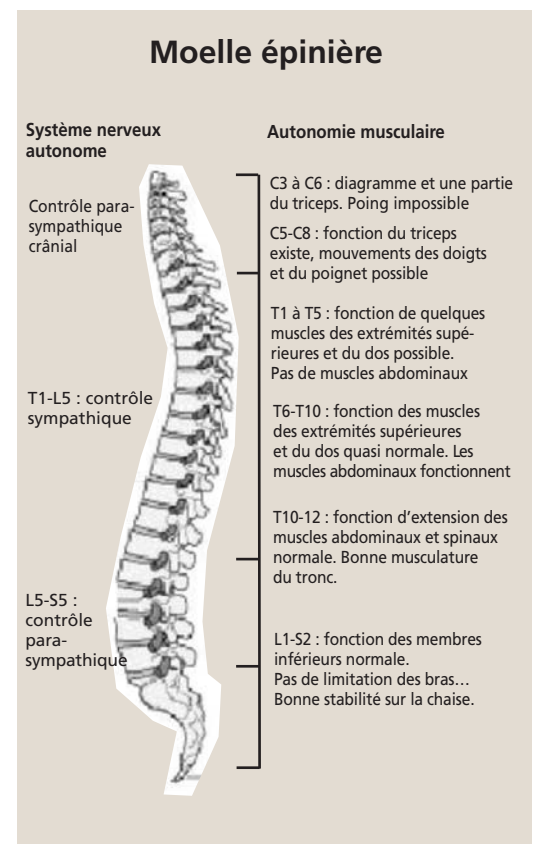


Tableau 1 - Classification des lésions.

Classification de Frankel	
A	Lésion complète
B	Lésion motrice complète, sensitive incomplète
C	Lésion motrice non fonctionnelle
D	Lésion motrice fonctionnelle
E	Récupération complète
Classification ASIA	
A	Lésion complète : absence de fonction sensitive ou motrice en S4-S5
B	Lésion incomplète : présence d'une fonction sensitive (sans motricité) sous le niveau neurologique, s'étendant aux segments sacrés S4-S5
C	Lésion incomplète : présence d'une fonction motrice sous le niveau neurologique, plus de la moitié des muscles clés ayant un score < 3
D	Lésion incomplète : présence d'une fonction motrice sous le niveau neurologique, plus de la moitié des muscles clés ayant un score égal à 3
E	Normal

tion neurologique internationale des lésions médullaires ASIA-IMSOP, publiée en 1994 (2). Une lésion est dite complète s'il n'existe pas de fonction motrice ou sensitive dans les derniers segments sacrés. Elle est dite incomplète s'il existe une fonction motrice ou sensitive sous-lésionnelle, incluant les derniers segments sacrés. Dans ce cas, la classification de Frankel (3) ou ASIA est utilisée (Tab. 1).

Déficiences respiratoires

L'atteinte respiratoire est constante dans les paraplégies hautes ou les tétraplégies. Elles touchent les deux diaphragmes (C3 à C5), les muscles intercostaux (T1) et, plus accessoirement, les scalènes (C4) et les sterno-cléido-mastoïdiens (C2). Dans les atteintes de type C4, C5 et C6, l'ampliation thoracique est minorée et la toux est souvent inefficace.

Déficiences neuro-orthopédiques

Elles sont dominées par la spasticité qui peut se manifester par de l'hypertonie, des contractures, ou encore des spasmes.

Déficiences neurovégétatives

Elles sont fortement liées à l'importance de l'atteinte neurologique.

Il existe notamment une baisse de la tension artérielle de base avec atteinte significative de la diastolique. Ceci est lié à la réduction de l'activité sympathique et se traduit généralement par des troubles visuels, vertiges, palpitations et acouphènes.

Lors des premiers jours post-traumatiques, la bradycardie est constante dans les lésions médullaires cervicales.

Il existe des anomalies de la thermorégulation, avec absence de frisson thermique, de sudation et vasodilatation en sous lésionnel.

Une hyper-réflexie survient lors des atteintes complètes ou incomplètes, supérieures à T6, et traduit une réponse végétative majeure à un stimulus nociceptif sous lésionnel (distension vésicale par exemple).

On observe une importante élévation de la tension artérielle ne pouvant pas être compensée, comme c'est le cas chez le sujet non blessé médullaire, par les influx du système nerveux parasympathique. Ce pic hypertensif est souvent accompagné de cépha-

lées pulsatiles et de sueurs sous-lésionnelles. L'évolution peut se faire vers une hémorragie cérébrale, un œdème pulmonaire, des crises convulsives, voire un arrêt cardiaque.

Déficiences vésico-sphinctériennes, génito-sexuelles et cutanées

Elles sont également à prendre en compte dans les suites de la lésion médullaire.

> Des manifestations cliniques suivent la phase aiguë

Elles sont dominées par les complications cardiovasculaires (et ceci malgré le jeune âge des patients souvent indemnes d'antécédents cardiovasculaires), avec des arythmies cardiaques et des thrombo-embolies potentielles. On observe une hyperactivité vagale avec une possible vasodilatation et stase sanguine dans les parties déclives. L'incidence des thromboses veineuses profondes serait de 15 % et de 5 % pour les embolies pulmonaires (4). Toutes les mesures prophylactiques (bas de contention ou pantalon de compression, anticoagulation, mobilisation...) doivent être envisagées.

> Des manifestations cliniques en phase chronique

Passée la phase aiguë, la fonction cardiaque se stabilise, mais il persiste des troubles réflexes liés aux anomalies neurovégétatives, avec hypotension orthostatique, hyper-réflexie autonome (lésion au-dessus de T6), perte du réflexe de tachycardie (lésion de T1/4) et de la transmission du signal douloureux d'origine cardiaque (lésion supérieure à T4), hypotrophie du ventricule gauche. Les anomalies cardiaques apparaissant à ce stade sont plus fréquentes chez des patients

présentant déjà des antécédents de maladies cardiovasculaires (5).

Tous ces éléments ont une incidence sur l'adaptabilité des systèmes cardiaque, ventilatoire et vasculaire pour la tolérance à l'effort des sujets paraplégiques.

> Exercice et paraplégie

De manière générale, l'adaptation à l'exercice intègre trois grands systèmes :

- cardiaque,
- respiratoire,
- musculaire.

Ils fonctionnent en synergie, de manière à répondre aux besoins énergétiques.

La réponse cardiaque à l'exercice est perturbée

Le système nerveux sympathique permet de moduler les stress cardiocirculatoire et thermique induits par l'effort. Le débit cardiaque est maintenu grâce aux influx nerveux sympathiques vasoconstricteurs, qui permettent d'augmenter le retour veineux et le volume télédiastolique, donc la précharge, avec une augmentation parallèle de la fréquence cardiaque et de la contractilité myocardique, et mise en jeu, au niveau cutané, des phénomènes de transpiration. En cas de lésion médullaire, nous l'avons vu, le contrôle sympathique est altéré, voire absent, selon la hauteur et l'importance (complète ou non) de cette lésion. Ainsi, la régulation du tonus vasculaire est diminuée, voire absente, chez ces sujets et la réponse cardiaque à l'exercice s'en retrouve perturbée. Eriksson et al. (6) ont observé des variations importantes des fréquences cardiaques maximales à l'effort selon le niveau de lésion et son étendue. L'explication proposée est que la perte du contrôle sympathique réduit les possibilités contractiles et d'adaptation chronotrope du cœur. Il s'en suit un débit cardiaque qui reste bas.

Le deuxième élément important qui peut intervenir à l'exercice est la paralysie flasque des membres inférieurs

qui va interférer sur les possibilités du retour veineux. En effet, l'absence de "pompe musculaire" efficace des membres inférieurs et la semelle plantaire, comparée à une "éponge veineuse", contribuent également à la limitation du volume sanguin télédiastolique et des pressions de remplissage ventriculaire. Ainsi, dans les mêmes conditions d'exercice, le volume d'éjection systolique est très inférieur à celui de sujets valides. Dans une étude récente, Flemming a bien mis en évidence les effets de l'absence de régulation sympathique sur l'évolution du débit cardiaque et de la tension artérielle à l'effort dans l'atteinte médullaire (7). Il a évalué la réponse à l'exercice de sujets paraplégiques et tétraplégiques et comparé celle-ci avec des sujets contrôles réalisant un effort à la même intensité métabolique (même VO_2). Il a observé une augmentation du débit cardiaque grâce à une majoration du volume d'éjection systolique dans le groupe des sujets tétraplégiques et une élévation de la fréquence cardiaque dans le groupe des sujets paraplégiques, porteurs de lésions médullaires incomplètes. La pression artérielle moyenne à l'effort diminue chez les blessés médullaires, surtout chez les tétraplégiques. La perte du contrôle sympathique semble donc bien être un facteur limitant la fonction cardiovasculaire à l'effort.

Élévation de la tension artérielle et de la stimulation ventilatoire

La diminution de la masse musculaire fonctionnelle mise en jeu à l'exercice est un autre facteur de perturbations de l'adaptation cardiovasculaire à l'effort des paraplégiques (8). En effet, les sujets ne réalisent des efforts que quasi exclusivement avec les bras, le reste du corps restant peu mobilisable, voire immobile. Lorsque l'on demande à des sujets valides de faire

un exercice maximal avec les bras, celui-ci a un coût métabolique plus important que lorsqu'il est réalisé avec les jambes, et il semble moins efficace si l'on veut améliorer ses capacités physiques (9). Les différents auteurs s'intéressant à la mesure de la VO_2 max s'accordent à dire que la VO_2 max obtenue lors d'un effort avec les bras est de l'ordre de 0,6 à 0,8 X VO_2 max des jambes (10). A même charge, l'effort avec les bras nécessite une fréquence cardiaque plus élevée, la tension artérielle et la stimulation ventilatoire sont plus importantes, et le taux de lactate sanguin produit est plus élevé. Par contre, le volume d'éjection systolique est plus bas lors de l'exercice réalisé avec les bras (11). Les deux modalités d'exercice nécessitant le même débit cardiaque maximal, l'élévation de la tension artérielle se fait par une augmentation des résistances vasculaires périphériques.

Une fatigue musculaire précoce

Par ailleurs, l'exercice réalisé avec les bras met en jeu de plus petits groupes musculaires que lorsque l'effort est réalisé avec les jambes. Bien souvent, la limitation à l'effort des sujets paraplégiques survient par fatigue musculaire locale pure avant qu'il y ait eu une sollicitation optimale du système cardiovasculaire, surtout lorsque le sujet est particulièrement déconditionné. De plus, le rendement mécanique sur un fauteuil roulant à propulsion manuelle est excessivement bas (< à 20 % dans tous les cas), ce qui préjuge par contre d'une sollicitation et dépense énergétique importante pour ces patients lors du moindre souhait de déplacement.

> Faut-il et peut-on entraîner les paraplégiques ?

La réponse est oui ! Les activités habi-



La pratique de l'activité physique n'est pas contre-indiquée chez les blessés médullaires.

tuelles de rééducation des sujets et le réentraînement segmentaire sus-lésionnel musculaire ne sont pas suffisants à entretenir, voire améliorer, la condition physique des blessés médullaires qui sont assez inévitablement happés dans la spirale du déconditionnement, bien connue dans les pathologies chroniques. Aujourd'hui, le réentraînement, qui reste encore malheureusement de prescription marginale, peut tout à fait être proposé à ces sujets, ce d'autant que son bénéfice est régulièrement rapporté dans la littérature. En effet, de nombreuses études ont montré qu'après une courte période d'entraînement en endurance, on peut obtenir des bénéfices sur le $VO_2\max$ (12), avec des améliorations assez proches de ce que l'on peut observer chez les sujets valides sédentaires, à savoir une majoration de $VO_2\max$, de la puissance maximale atteinte, et une diminution des valeurs de FC en sous-maximal. Toutefois, des améliorations centrales ont également été constatées, avec, après entraînement, pour Davis et al. (13), une modification du $VO_2\max$ qui serait liée à une augmentation du volume d'éjection systolique. Au niveau circulatoire, les observations sont moins unanimes,

mais il semblerait toutefois que des modifications apparaissent, principalement au niveau des membres paralysés, mais ceci semble très dépendant des segments musculaires

stimulés lors du réentraînement. Ainsi, l'adaptation cardiocirculatoire à l'exercice en fauteuil roulant présente ses particularités dans la paraplégie, mais en aucun cas la pratique de l'activité physique n'est contre-indiquée chez les blessés médullaires, à condition toutefois de prendre en compte les troubles associés à la section (plus ou moins complète) et le niveau de lésion. De même, la possibilité de prendre part à des compétitions sportives de plus en plus populaires aujourd'hui permet d'envisager de nouveaux objectifs de bien-être physique et psychologique pour ces patients. ■

MOTS CLÉS

Paraplégie, Exercice, Système cardiocirculatoire

Bibliographie

1. Lim PA, Tow AM. Recovery and regeneration after spinal cord injury: a review and summary of recent literature. *Ann Acad Med Singapore* 2007 ; 36 : 49-57.
2. Ditunno JF Jr, Young W, Donovan WH, Creasey G. The international standards booklet for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Am Spinal Injury Ass Paraplegia* 1994 ; 32 : 70-80.
3. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *I Paraplegia* 1969 ; 7 : 179-92.
4. Waring WP, Karunas RS. Acute spinal cord injuries and the incidence of clinically occurring thromboembolic disease. *Paraplegia* 1991 ; 29 : 8-16.
5. Leaf DA, Bahl RA, Adkins RH. Risk of cardiac dysrhythmias in chronic spinal cord injury patients. *Paraplegia* 1993 ; 31 : 571-5.
6. Eriksson P, Löfström L, Ekblom B. Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. *Scand J Rehabil Med* 1988 ; 20 : 141-7.
7. Flemming D, Mohr T, Christina MR et al. Cardiovascular control during Exercise: Insight from spinal cord injured humans. *Circulation* 2003 ; 107 : 2127-33.
8. Hoffman M. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Med* 1986 ; 3 : 312-30.
9. Bergh U, Kanstrup IL, Ekblom B. Maximal oxygen uptake during exercise with various combinations of arm and leg work. *J Appl Physiol* 1976 ; 41 : 191-6.
10. Pogliaghi S, Terziotti P, Cevese A et al. Adaptations to endurance training in the healthy elderly: arm cranking versus leg cycling. *Eur J Appl Physiol* 2006 ; 97 : 723-31.
11. Bevegard S, Freyschuss U, Strandell T. Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J Appl Physiol* 1966 ; 21 : 37-46.
12. Devillard X, Rimaud D, Roche F, Calmels P. Effects of training programs for spinal cord injury. *Ann Readapt Med Phys* 2007 ; 50 : 480-9 ; 490-8.
13. Davis GM, Shephard RJ, Leenen FH. Cardiac effects of short term arm crank training in paraplegics: echocardiographic evidence. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987 ; 56 : 90-6.