

Évolution anthropométrique et physiologique des surfeurs de haut niveau. Recherche de paramètres associés à la performance

Anthropometric and Physiological Changes in Top Level Surfers. Investigation into Performance-Related Parameters

A. Fleury · J.D. Lafitte · C. Monchaux · F. Bauduer

Reçu le 16 avril 2018 ; accepté le 4 septembre 2018
© Société d'Anthropologie de Paris et Lavoisier SAS 2018

Résumé Les paramètres anthropométriques et physiologiques à l'effort constituent des éléments déterminants dans la pratique sportive à haut niveau. Notre étude s'est appliquée à dresser l'évolution du profil d'un échantillon de surfeurs du pôle France entre deux périodes (2000–2005 *versus* 2010–2015) et à déterminer quels paramètres sont associés à la performance en surf de haut niveau (jugée par rapport au classement fédéral des individus). Nous avons utilisé les données issues des évaluations annuelles de ces sportifs. Elles comprennent l'âge, les paramètres anthropométriques : taille, poids, indice de masse corporelle (IMC), pourcentage de masse grasse à l'adipomètre ainsi que physiologiques à l'effort : consommation maximale d'oxygène (VO₂ max), puissance maximale aérobie (PMA), fréquences cardiaques aux seuils ventilatoires aérobie (SV1) et anaérobie (SV2) exprimées en pourcentage de la fréquence cardiaque maximale (FC max) et puissance maximale anaérobie alactique (PMAA) des membres inférieurs évaluée par un test de

détente verticale. Nous avons étudié au total 83 hommes et 23 femmes. Par rapport à l'échantillon plus ancien, nous avons mis en évidence une réduction du dimorphisme sexuel et du pourcentage de masse grasse et, sur le plan physiologique, une amélioration globale des paramètres physiologiques chez les hommes avec une significativité statistique au niveau du VO₂ max et de la PMAA. Les paramètres physiologiques retrouvés significativement associés à la performance chez les hommes ($p < 0,05$) sont la PMAA ou la détente des membres inférieurs, les puissances à SV2 et à SV1, les pourcentages de FC max atteints à SV2 et à SV1 et la PMA. On observe un processus de sélection/adaptation chez les surfeurs de haut niveau spécifique à leur discipline sur le plan biométrique et physiologique. Des constatations identiques ont été faites dans diverses autres pratiques sportives, mais avec une distribution différente des paramètres associés à la performance. Ces éléments sont importants pour la sélection initiale et le suivi des individus ainsi que pour la mise en place de programmes optimaux d'entraînement.

A. Fleury
Collège des sciences médicales, université de Bordeaux,
146 rue Léo-Saigat, 33076 Bordeaux cedex, France

J.D. Lafitte
Centre hospitalier de Pau, 4 bld Hauterive,
64000 Pau, France

Service médical, Fédération française de surf,
40150 Hossegor, France

C. Monchaux
Service de médecine du sport, centre hospitalier de la Côte
basque, 13 av. Jacques-Loeb, 64100 Bayonne, France

F. Bauduer (✉)
UMR 5199 PACEA, université de Bordeaux,
allée Geoffroy-Saint-Hilaire, 33604 Pessac cedex, France
e-mail : frederic.bauduer@u-bordeaux.fr

Institut du thermalisme, 8 rue Sainte-Ursule,
40100 Dax, France

Mots clés Anthropométrie · Adaptation · Évolution · Surf · Performance

Abstract Anthropometric and physiological parameters are key factors in high-level sports performance. Our study aimed to describe changes in the profiles of “Team France” surfers over two periods (2000–2005 *versus* 2010–2015) and to determine which parameters are associated with performance (according to National Surfing Federation rankings), using the data from annual assessments of the surfers. These include anthropometric data: age, height, weight, and body fat percentage (using an adipometer) and physiological characteristics: maximum oxygen uptake (VO₂ max), maximum aerobic power, cardiac frequency at aerobic (SV1) and anaerobic (SV2) thresholds expressed in percentages of the maximum heart rate (CF max) and maximum anaerobic alactic power (MAAP) of the lower limbs during a vertical jump.

The number of surfers investigated included 83 men and 23 women. Our comparison between the earlier and later samples showed a reduction in sexual dimorphism and body fat percentage and an overall improvement in physiological parameters, which was significant in men for VO_2 max and MAAP. The physiological parameters significantly associated with performance in men ($P < 0.05$) included vertical jumping, power at SV2 and SV1, CF max percentage at SV2 and SV1 and maximum aerobic power. Regarding biometrics and physiology, we have observed a specific selection/adaptation process in high-level surfers. The same tendency appears in other sports disciplines but with a different distribution of performance-related parameters. These are important factors for identifying talent, monitoring individuals, and designing optimum training programs.

Keywords Anthropometry · Adaptation · Change · Surfing · Performance

Introduction

Les différents représentants du monde vivant ont adapté leur morphologie et leur physiologie à leurs milieux par le fait de processus évolutifs étagés sur des millions d'années (macro-évolution). Au sein des espèces, on constate également une sélection qui s'opère quant à l'adaptation à l'environnement (micro-évolution). De nombreux exemples ont été rapportés à cet égard chez l'homme par les généticiens des populations [1]. La pratique sportive à haut niveau peut être interprétée à travers le prisme de la vision darwinienne, à savoir un lieu de compétition entre les êtres humains où domineront ceux possédant les critères les plus adaptés à la performance [2]. Pour illustrer cette réflexion, nous nous sommes intéressés au surf, discipline issue de la culture polynésienne désormais mondialisée, requérant des aptitudes particulières pour la pratique à haut niveau.

En 1990, le surf est reconnu comme une discipline de haut niveau par la Commission nationale et bénéficie des dispositions prévues pour les sportifs appartenant à cette catégorie : suivi social, aides individualisées, suivi médical, structures d'accès au haut niveau, etc. Le pôle France de Biarritz est labellisé en 1996, puis se scinde en deux avec un pôle France jeunes et la création du pôle Espoirs Aquitaine en 2010. Le nombre de licenciés a été multiplié par 2 entre 2007 et 2014 pour les hommes, et par 2,8 pour les femmes. Il reste faible par rapport aux autres sports (20^e sport le plus pratiqué : 140 000 licenciés). Ces chiffres sont modestes en raison des exigences géographiques de la pratique (proximité d'un littoral) et du fait que la majorité des pratiquants ne souscrivent pas de licence. En 2013, on estime à 37 millions le nombre de surfers dans le monde, contre 13 millions

en 2002 [3]. Le surf sera pour la première fois sport olympique aux Jeux de Tokyo en 2020 (et cette épreuve se déroulera probablement sur la côte aquitaine lors des Jeux de Paris en 2024). L'objectif de ce travail est de décrire les caractéristiques anthropométriques et physiologiques des surfers de haut niveau, leur évolution sur dix ans en rapport avec les changements survenus dans la pratique, et de mettre en évidence des paramètres associés à la performance. Les paramètres étudiés peuvent être influencés à des degrés divers par des facteurs génétiques et environnementaux, en particulier liés à l'entraînement. Ils sont employés de plus en plus pour la sélection et le suivi des sportifs de haut niveau [4,5].

Sujets et méthodes

Présentation synthétique de la pratique du surf en compétition [6]

Les concurrents vont à l'eau par groupes (séries) de quatre, de trois ou même de deux et se distinguent par des tee-shirts de couleurs différentes. Ils évoluent au sein d'une zone délimitée et pendant une durée variant entre 15 et 30 minutes en moyenne. Chaque vague surfée est notée entre 0 et 10 par quatre ou cinq juges sous la responsabilité d'un chef juge. Pour les gratifier de bonnes notes, les juges attendent des compétiteurs : qu'au plan technique leurs manœuvres respectent au mieux les critères de jugement en vigueur et qu'au plan stratégique ils sélectionnent les vagues qui offrent le plus fort potentiel de points. Depuis mars 2005, les critères de jugement sont les suivants :

« le surfeur devra exécuter des manœuvres radicales contrôlées, dans la section la plus critique de la vague avec vitesse, puissance et flow (anglicisme imposé par la nomenclature et traduisible par "fluidité") pour optimiser au maximum son potentiel de points. Le surf innovant et évolutif tout comme la variété du répertoire technique (manœuvres) devront être pris en compte au moment de récompenser les vagues surfées. Le surfeur qui respecte ces critères, en affichant sur les vagues le plus haut degré de difficulté et d'engagement, sera gratifié des scores les plus élevés ».

Une manœuvre sera jugée radicale par l'endroit où elle est exécutée : celui à privilégier sera la section la plus critique de la vague, la plus proche du point de déferlement (la plus grande verticalité déverse le maximum d'énergie, délivre le maximum de vitesse), offrant au compétiteur l'opportunité de mettre en avant son degré d'engagement, ses qualités de puissance et de contrôle, son habileté technique, et la qualité du timing avec la vague. Elle doit être contrôlée, c'est-à-dire effectuée sans déséquilibre ou mouvements parasites et de façon complète. Une manœuvre exécutée à 90 % et terminée

par une chute ne sera pas notée (toutefois, dans le cadre d'un tube profond, le surfeur qui sort du tube mais qui chute à la sortie sera pénalisé pour manque de contrôle, mais son surf dans le tube sera valorisé). Le surfeur se doit de rechercher la vitesse maximale, ce qui va permettre de rendre les manœuvres plus explosives, plus nombreuses grâce à un enchaînement plus rapide et de rallonger la distance surfée. À la fin de la série, on retient en général les trois meilleures vagues (parfois quatre ou cinq) de chaque concurrent sur chaque feuille de juge, ce qui permet un classement des concurrents de la série. Les premiers classés accèdent au tour suivant, les autres sont éliminés du tableau principal (et inclus dans un tableau secondaire de repêchage) et ainsi de suite jusqu'à la finale. Le surfeur doit donc assurer la meilleure prestation possible sur chaque vague, à chaque série de la compétition, plusieurs fois par jour, et ce, pendant plusieurs jours.

Le surf est caractérisé par une intermittence d'exercices variés en intensité et en durée, selon que l'athlète rame, est stationnaire, attend une vague ou la surfe à proprement parler (action de glisse). Les concurrents ne sont notés que sur la glisse et les manœuvres effectuées. Or, les analyses physiologiques de l'activité nous montrent que la majeure partie de l'effort consiste à ramer. Grâce à du matériel d'enregistrement vidéo, puis des cardiofréquencemètres et récemment des montres GPS, les chercheurs ont pu au fil des années analyser les efforts fournis sur le terrain en termes de durée, de fréquence cardiaque, de vitesse et de distance parcourue. L'analyse des données quantitatives et qualitatives du surf en compétition permet d'identifier les caractéristiques physiologiques requises. Ainsi, les périodes d'intensité modérée qui sollicitent la filière aérobie sont majoritaires, dominées par l'effort de rame (environ 50 % du temps) [7–10]. Le surf nécessite donc une bonne endurance cardiorespiratoire et musculaire pour maintenir un niveau technique et physique élevé durant toute une session, mais également pour mieux récupérer entre deux vagues surfées. De surcroît, les qualités physiques liées à la filière énergétique anaérobie sont sollicitées par intermittence dans les efforts brefs et intenses [11]. Endurance et puissances aérobie et anaérobie vont surtout concerner le haut du corps, mais également les membres inférieurs durant les périodes de glisse.

L'effort de rame effectué à plat ventre sur la planche avec les bras va lui-même alterner entre de courtes périodes intenses de sprint (4 % du temps) et des périodes plus longues d'endurance (environ 48 %) [7–10]. Lors de l'effort de rame explosif que le sportif fournit pour prendre la vague de son choix, il sollicite la filière énergétique anaérobie alactique. Cet effort dure 61 % du temps entre un et dix secondes, et 20 % du temps entre 11 et 20 secondes [9], tandis que la rame du bord pour revenir à la zone de déferlement une fois la vague surfée peut durer plus de dix minutes [12]. Ce repositionnement sera une phase d'intensité plus faible, nécessitant une bonne aptitude aérobie [7–9,12]. S'ajoutent à cette

phase d'endurance à la rame les multiples apnées que le surfeur doit subir pour passer sous les vagues qui déferlent (« faire le canard »), accroissant l'intensité de l'exercice. Même si le temps passé stationnaire est important en cumulé, il s'avère qu'il ne dure qu'entre une et dix secondes dans 64 % des cas [9]. Une fois positionné, le surfeur doit ensuite donner l'impulsion qui lui permettra de se mettre debout (*take-off*), sollicitant la puissance des membres inférieurs. Le même type d'effort se retrouve lors de manœuvres explosives au cours de la glisse. Lors de la période de glisse (environ 5 % du temps), les filières sollicitées varient en fonction des vagues choisies, de leur longueur et des manœuvres effectuées. L'effort peut passer de l'anaérobiose alactique sur les vagues courtes à lactique sur les efforts intenses de plus longue durée. En outre, lors de l'évolution debout sur la planche, l'équilibre postural est important ainsi que des notions plus subjectives de *flow*, d'engagement et de créativité. Il ne faut pas oublier que le surf est une discipline complexe qui requiert, à côté des exigences physiques, bien d'autres aptitudes que nous n'évaluerons pas ici.

Échantillon d'étude

L'échantillon d'étude est constitué par 48 hommes et 19 femmes pratiquant le surf à haut niveau (athlètes du pôle France) qui ont bénéficié de l'évaluation annuelle obligatoire au niveau du service de médecine du sport du centre hospitalier de la Côte basque de 2010 à 2015. Ces résultats ont été comparés avec une série analogue de trois hommes et quatre femmes évaluée entre 2000 et 2005 (période antérieure aux changements des critères de notation) au même endroit et selon les mêmes techniques [13]. Pour la recherche des paramètres physiologiques associés à la performance en surf, seuls les sujets de sexe masculin ont été analysés en raison de l'effectif féminin trop restreint ne permettant pas de tirer des conclusions significatives sur le plan statistique.

Explorations anthropométriques

Taille, poids, calcul de l'indice de masse corporelle

Les paramètres suivants ont été recueillis : taille exprimée en centimètres, poids en kilogrammes et indice de masse corporelle (IMC) ou indice de Quételet calculé grâce au rapport poids (kg)/(taille [m])².

Calcul du pourcentage de masse grasse

Le pourcentage de masse grasse a été déterminé à partir de la somme de quatre plis cutanés mesurés en millimètres avec une pince adipométrique de Harpenden. Cinq mesures sont effectuées pour chaque pli par le même opérateur à l'intérieur de chaque groupe de surfeurs, et la moyenne est calculée. La

somme des quatre plis est convertie en pourcentage de masse grasse selon les équations de Durnin/Womersley¹ (obtention de la densité corporelle par tranche d'âge) puis de Siri² (conversion de la densité corporelle en pourcentage de masse grasse).

Explorations physiologiques

Épreuve d'effort sur cycloergomètre

Nous utilisons le cycloergomètre pour les surfeurs dans le service de médecine du sport de l'hôpital de Bayonne depuis 1999. L'exercice est effectué sur un vélo adapté au travail des membres supérieurs en position assise qui nécessite de produire un effort proche de la rame. Après un échauffement de trois à cinq minutes, la puissance imposée augmente progressivement par paliers de 5 W toutes les 30 secondes pour rendre la progression plus linéaire et précise à l'approche de la puissance maximale, imposant donc à l'athlète une production d'énergie croissante. Un électrocardiogramme enregistre l'adaptation cardiaque à l'effort. Le sportif respire à travers un masque relié à une machine analysant la composition des échanges gazeux (ergospiromètre), permettant donc de calculer instantanément la quantité d'oxygène consommée et celle de dioxyde de carbone produite, reflétant l'adaptation respiratoire en réponse à une augmentation de la charge de travail. Le caractère maximal de l'épreuve est jugé sur les critères de la conférence de consensus de la Société française de médecine du sport du 3 avril 2001 sur les épreuves d'effort des sportifs de haut niveau [18].

Mesure de la consommation maximale d'oxygène

La mesure de la consommation maximale d'oxygène (VO_2 max) se pratique depuis longtemps (1924 pour l'aviron) dans les sports où elle influence le degré de performance. C'est en particulier le cas des disciplines d'endurance telles que la course à pied (demi-fond et fond), du ski de fond, du cyclisme ou de l'aviron. Le VO_2 max d'un individu est le volume maximal d'oxygène qu'il peut consommer par unité de temps au cours d'un exercice suffisamment intense pour le conduire jusqu'à l'épuisement. Il s'exprime en litres par minute ou millilitres par minute et par kilogramme de masse corporelle (ml/min par kg). La VO_2 max et la fréquence cardiaque évoluent linéairement avec l'augmentation de la charge de travail, comme un facteur de bonne adaptation physiologique à l'exercice, puis le VO_2 max est atteint lors de la phase de plateau [19]. Il s'agit d'un critère d'évaluation

de la capacité aérobie et d'aptitude aux exercices de longue durée (endurance) [19].

Seuils ventilatoires aérobie et anaérobie

L'endurance aérobie est corrélée avec la position des seuils ventilatoires lors des épreuves à charge croissante [20], d'où la mesure de consommation d'oxygène aux seuils dits seuil ventilatoire aérobie (SV1) et seuil ventilatoire anaérobie (SV2). La zone de transition aérobie-anaérobie correspond à l'intensité de l'exercice pour laquelle la contribution du métabolisme anaérobie à la fourniture d'énergie augmente rapidement, avec une augmentation brutale des concentrations sanguines en acide lactique (lactatémie). Cette zone est comprise entre le seuil aérobie (ou seuil d'apparition des lactates) et le seuil anaérobie (ou seuil d'accumulation des lactates, encore appelé seuil lactique ou seuil d'inadaptation respiratoire).

Fréquence cardiaque maximale

La fréquence cardiaque maximale (FC max) est définie lorsque la courbe de FC atteint un plateau horizontal. On définit également les FC aux SV1 et SV2 en les convertissant en pourcentage de la FC max observée.

Puissance maximale aérobie

Une puissance est un débit d'énergie, c'est-à-dire une quantité maximale d'oxygène qu'un organisme peut utiliser par unité de temps. Son unité conventionnelle est le watt (W) rapporté au poids : W/kg. La puissance maximale aérobie (PMA) se définit comme étant la puissance maximale développée (ici celle des membres supérieurs), correspondant à la VO_2 max [19]. Elle est déterminée lors de l'atteinte de la FC max à SV1 et à SV2.

Test de détente verticale

Le test de détente verticale (exprimée en centimètres) permet d'apprécier la puissance maximale anaérobie alactique (PMAA) des membres inférieurs, nécessaire pour réussir des manœuvres explosives dans les portions les plus critiques des vagues comme l'exigent les critères de jugement actuels du surf professionnel. L'évaluation est bipodale, unipodale droite et gauche, à trois reprises, et le meilleur essai est enregistré. Il s'agit d'un saut vertical, sans élan avec une légère flexion préalable des genoux contre mouvement qui étire et met en tension les extenseurs de la cuisse. Le mouvement des bras est autorisé. Nous utilisons un appareil TK 100 Jumpmetre[®] à affichage digital. Le sujet porte une ceinture reliée à un tapis en caoutchouc.

¹ Validée pour les deux sexes [14] et en particulier chez les jeunes sportifs [15].

² Pouvant être considérée comme la méthode de référence y compris chez les sportifs [16,17].

Recherche des paramètres associés à la performance en surf

À partir des épreuves d'effort de 2010 à 2015 de nos surfeurs de sexe masculin, nous allons rechercher les paramètres déterminants pour la performance avec pour critère de jugement le classement fédéral national. Nous étudierons les paramètres biométriques (taille, poids, IMC, pourcentage de masse grasse) constitutionnels (âge) et physiologiques à l'effort : VO₂ max, PMA, PMAA, pourcentage de la FC max à SV1 et à SV2 quant à leur éventuel impact sur la performance.

Analyse statistique

L'analyse statistique des variables quantitatives entre groupes a été réalisée par un test de Student. Pour étudier spécifiquement l'association entre les différents paramètres et la performance, nous avons utilisé le test de corrélation de Spearman dans lequel le coefficient r_s est calculé par séries de données appariées X/Y, X étant le classement fédéral national et Y les variables explorées. Tous les résultats sont considérés comme significatifs pour un risque alpha inférieur à 5 % exprimé par une valeur de p inférieure à 0,05.

Résultats

Un échantillon de surfeurs composé de 48 hommes et de 19 femmes âgés de 15 à 27 ans a été testé entre 2010 et

2015 et comparé avec un groupe historique de 36 hommes et 4 femmes (âges extrêmes : 15-29 ans) apparié qui avait été évalué entre 2000 et 2005.

Évolution anthropométrique (Tableau 1)

Si on compare nos deux échantillons de surfeurs testés à dix ans d'intervalle, chez les hommes, pour une moyenne d'âge similaire, on note essentiellement une diminution significative du pourcentage de masse grasse (-15 % ; $p < 0,05$). Chez les femmes, l'échantillon le plus récent a une moyenne d'âge très inférieure (17,6 vs. 24 ans), ce qui induit un biais pour l'interprétation des résultats (diminution des paramètres physiologiques âge-dépendant) ; on remarque cependant aussi une baisse notable du pourcentage de masse grasse (-10,7 %). La moyenne d'IMC de nos surfeurs est inférieure à celle de la population générale française dans les deux sexes. On note une réduction du dimorphisme sexuel dans notre échantillon 2010-2015.

Évolution des caractéristiques physiologiques à l'effort

Consommation maximale d'oxygène (Tableau 2)

Le VO₂ max est en augmentation en dix ans chez les surfeurs étudiés, hommes comme femmes (respectivement de 10,16 % ; $p < 0,05$ et de 9,53 %). Le VO₂ à SV1 a davantage progressé que celui à SV2 (+11,90 vs. +2,60 %) à la fois chez les hommes et chez les femmes (+4,89 vs. -3,00 %).

Tableau 1 Âge et caractéristiques biométriques de surfeurs de haut niveau : données comparatives entre deux échantillons évalués à dix ans d'intervalle (sont indiquées les moyennes et entre parenthèses les écarts-types) / *Age and biometric characteristics of high-level surfers: comparative data for two samples assessed at a 10-year interval (mean values, with standard deviation in parentheses)*

Hommes				
	2000 à 2005 ($n = 36$) [13]	2010 à 2015 ($n = 48$)	Évolution (%)	Valeur de p
Âge (années)	17,6 (3,6)	17,55 (3,65)	-0,28	n.s
Taille (cm)	174,0 (5,26)	172,64 (7,5)	-0,78	n.s
Poids (kg)	67,0 (5,06)	62,4 (9,1)	-6,86	< 0,05
IMC (kg/m ²)	21,88 (1,71)	20,83 (1,93)	-4,79	n.s
% masse grasse	9,49 (2,24)	8,05 (2,67)	-15,17	< 0,05
Population générale 2006 [22] : taille : 175,6 m ; poids : 77,4 kg ; IMC : 25 kg/m ²				
Femme^a				
	2000 à 2005 ($n = 4$) [13]	2010 à 2015 ($n = 19$)	Évolution (%)	
Âge (années)	24,0 (6,9)	17,68 (0,7)	-26,33	
Taille (cm)	165,0 (4,39)	167,47 (12,02)	+1,5	
Poids (kg)	57,0 (3,61)	59,38 (7,35)	+4,17	
IMC (kg/m ²)	21,15 (1,65)	21,16 (0,44)	+0,04	
% masse grasse	19,5 (3,25)	17,4 (2,60)	-10,77	
Population générale 2006 [22] : taille : 162,5 m ; poids : 62,4 kg ; IMC : 23,9 kg/m ² (IMC : indice de masse corporelle) ; n.s : non significative				

^a Du fait de la faiblesse des effectifs la valeur de p n'a pas été calculée

Puissance maximale aérobie (PMA) (Tableau 3)

Elle est comparable par rapport à l'échantillon antérieur chez les hommes (variation de +1,70 %) et diminuée chez les femmes (-7,33 %). On note toutefois, de même que pour le VO₂, une puissance maximale à SV1 en progression chez l'homme (+5,67 %), tandis qu'elle diminue chez la femme (-8,02 %).

Les paramètres à SV2 sont stables chez les hommes et en nette baisse chez les femmes (respectivement -1,60 et -13,44 %).

Pourcentages de fréquence cardiaque maximale aux SV1 et SV2 (Tableau 4)

Ils varient peu dans les deux sexes.

Tableau 2 VO₂ max et VO₂ à SV1 et à SV2 de surfers de haut niveau : données comparatives entre deux échantillons évalués à dix ans d'intervalle (sont indiquées les moyennes et entre parenthèses les écarts-types) / *VO₂ max and VO₂ at SV1 and SV2 of high-level surfers: comparative data for two samples assessed at a 10-year interval (mean values plus standard deviation under parentheses)*

Hommes				
	2000 à 2005 (n = 36) [13]	2010 à 2015 (n = 48)	Évolution (%)	Valeur de p
VO ₂ max (ml/kg/min)	48,72 (4,5)	53,67 (7,01)	+ 10,16	< 0,05
VO ₂ à SV1 (ml/kg/min)	32,09 (2,83)	35,91 (5,09)	+ 11,90	< 0,05
VO ₂ à SV2 (ml/kg/min)	41,95 (3,96)	43,07 (5,53)	+2,60	n.s
Femmes^a				
	2000 à 2005 (n = 4) [13]	2010 à 2015 (n = 19)	Évolution (%)	
VO ₂ max (ml/kg/min)	40,2 (8,18)	44,03 (1,13)	+9,53	
VO ₂ à SV1 (ml/kg/min)	28,42 (6,86)	29,81 (1,97)	+4,89	
VO ₂ à SV2 (ml/kg/min)	36,83 (7,64)	35,4 (3,18)	-3,00	

VO₂ : consommation d'oxygène par un travail des membres supérieurs ; SV1 : seuil aérobie (adaptation respiratoire) ; SV2 : seuil anaérobie (inadaptation respiratoire) ; n.s : non significative

^a Du fait de la faiblesse des effectifs la valeur de p n'a pas été calculée

Tableau 3 Puissances aérobie (maximales, à SV1 et à SV2) de surfers de haut niveau : données comparatives entre deux échantillons évalués à dix ans d'intervalle (sont indiquées les moyennes et entre parenthèses les écarts-types) / *Anaerobic power (maximum at SV1 and SV2) of high-level surfers: comparative data for two samples assessed at a 10-year interval (mean values, with standard deviation in parentheses)*

Hommes				
	2000 à 2005 (n = 36) [13]	2010 à 2015 (n = 48)	Évolution (%)	Valeur de p
PMA (W/kg)	2,84 (0,62)	2,79 (0,32)	-1,7	n.s
P/m à SV1 (W/kg)	1,93 (0,32)	2,04 (0,28)	+5,67	n.s
P/m à SV2 (W/kg)	2,49 (0,27)	2,45 (0,26)	-1,6	n.s
Femmes^a				
	2000 à 2005 (n = 4) [13]	2010 à 2015 (n = 19)	Évolution (%)	
PMA (W/kg)	2,59 (0,45)	2,4 (0,23)	-7,33	
P/m à SV1 (W/kg)	1,87 (0,44)	1,72 (0,24)	-8,02	
P/m à SV2 (W/kg)	2,38 (0,36)	2,06 (0,26)	-13,44	

PMA : puissance maximale aérobie des membres supérieurs rapportée au poids ; P/m : puissance des membres supérieurs, rapportée au poids ; SV1 : seuil aérobie (adaptation respiratoire) ; SV2 : seuil anaérobie (inadaptation respiratoire) ; n.s : non significative

^a Du fait de la faiblesse des effectifs la valeur de p n'a pas été calculée

Détente verticale : évaluation de la puissance maximale anaérobie alactique des membres inférieurs (Tableau 5)

La détente bipodale a gagné 6,44 cm chez les hommes, soit une augmentation de 14,38 %, témoignant d'une meilleure PMAA. Cette évolution n'est pas retrouvée chez les femmes (-1,22 %). Elles ont cependant progressé en détente unipodale droite et gauche (18,09 et 7,64 %), mais de façon bien moindre que les hommes (32,32 et 28,59 %). Les surfeurs de sexe masculin ont une détente bipodale supérieure de 17 %

par rapport à leurs homologues féminins sur l'échantillon le plus récent.

Paramètres associés à la performance en surf

Données anthropométriques et âge (Tableau 6)

Selon le test de Spearman, les seuls paramètres corrélés significativement au niveau du classement sont l'âge (r_s à -0,62 ; $p < 0,0000$: prédominance des sujets les plus âgés de

Tableau 4 Pourcentages de fréquence cardiaque maximale atteinte à SV1 et à SV2 de surfeurs de haut niveau : données comparatives entre deux échantillons évalués à dix ans d'intervalle (sont indiquées les moyennes et entre parenthèses les écarts-types) / *Percentage of maximum cardiac frequency at SV1 and SV2 of high-level surfers: comparative data for two samples assessed at a 10-year interval (mean values, with standard deviation in parentheses)*

Hommes				
	2000 à 2005 ($n = 36$) [13]	2010 à 2015 ($n = 48$)	Évolution (%)	Valeur de p
% FC max à SV1	84,91 (2,76)	87,42 (4,60)	+3,3	n.s
% FC max à SV2	94,56 (1,91)	95,12 (2,84)	+1,13	n.s
Femmes^a				
	2000 à 2005 ($n = 4$) [13]	2010 à 2015 ($n = 19$)	Évolution (%)	
% FC max à SV1	86,91 (1,82)	89,45 (2,39)	+2,92	
% FC max à SV2	95,14 (1,43)	95,2 (0,54)	+0,06	

% FC max : pourcentage de la fréquence cardiaque maximale ; SV1 : seuil aérobie (adaptation respiratoire) ; SV2 : seuil anaérobie (inadaptation respiratoire) ; n.s : non significative

^a Du fait de la faiblesse des effectifs la valeur de p n'a pas été calculée

Tableau 5 Détentes verticales (bipodale, unipodale droite et gauche) de surfeurs de haut niveau : données comparatives entre deux échantillons évalués à dix ans d'intervalle (sont indiquées les moyennes et entre parenthèses les écarts-types) / *Vertical jump (bipodal, right and left unipodal) of high-level surfers: comparative data for two samples assessed at a 10-year interval (mean values, with standard deviation in parentheses)*

Hommes				
	2000 à 2005 ($n = 36$) [13]	2010 à 2015 ($n = 48$)	Évolution (%)	Valeur de p
db (cm)	44,76 (7,22)	51,2 (7,08)	+14,38	< 0,05
dd (cm)	25,09 (4,34)	33,2 (5,19)	+32,32	< 0,05
dg (cm)	26,19 (5,15)	33,68 (5,57)	+28,59	< 0,05
Femmes^a				
	2000 à 2005 ($n = 4$) [13]	2010 à 2015 ($n = 19$)	Évolution (%)	
db (cm)	40,13 (5,42)	42,5 (6,36)	+5,9	
dd (cm)	23,1 (2,62)	29 (0,7)	+25,54	
dg (cm)	24,35 (2,69)	28 (2,82)	+14,98	

db : détente verticale bipodale ; dd : détente verticale unipodale droite ; dg : détente verticale unipodale gauche ; n.s : non significative

^a Du fait de la faiblesse des effectifs la valeur de p n'a pas été calculée

l'échantillon aux places les plus élevées) et le poids (r_s à $-0,41$; $p < 0,0001$: surfeurs les plus lourds en haut du classement).

Caractéristiques physiologiques à l'effort (Tableau 6)

À l'exception du VO_2 max (et du SV2), tous les paramètres physiologiques étudiés semblent significativement corrélés à la performance : PMA, puissance maximale à SV1 et à SV2, pourcentages de FC aux SV1 et SV2, et PMAA. La puissance maximale à SV1 et à SV2 et la détente bipodale (PMAA) représentent ici les paramètres physiologiques les plus déterminants avec des valeurs de p extrêmement basses.

Tableau 6 Facteurs associés à la performance en surf selon le test de corrélation de Spearman dans notre cohorte de 48 surfeurs de sexe masculin / <i>Performance-related factors in surfing according to Spearman's correlation test: data from our cohort of 48 male surfers</i>		
Paramètres étudiés	Indice r_s	Valeur de p de corrélation
Âge ^a	-0,62	0,000000
Caractéristiques anthropométriques		
Taille	-0,19	0,07
Poids ^a	-0,41	0,0001
IMC	-0,26	0,08
% de masse grasse	-0,01	0,88
Caractéristiques physiologiques		
VO_2 max	0,007	0,94
Seuil ventilatoire aérobie 1 (SV1) ^a	-0,23	0,03
Seuil ventilatoire aérobie 2 (SV2)	-0,18	0,09
Fréquence cardiaque maximale à SV1 (%) ^a	-0,22	0,04
Fréquence cardiaque maximale à SV2 (%) ^a	-0,30	0,004
Puissance maximale aérobie (PMA) ^a	-0,27	0,01
Puissance maximale à SV1 ^a	-0,49	0,000002
Puissance maximale à SV2 ^a	-0,54	0,0000002
Puissance maximale anaérobie alactique des membres inférieurs (test de détente verticale) ^a	-0,52	0,000004
^a Paramètres avec significativité statistique		

Discussion

Limites et biais d'une telle étude

Un certain nombre d'éléments sont à considérer avant de discuter les résultats obtenus dans cette étude. Tout d'abord, le surf constitue une discipline complexe requérant des aptitudes techniques et psychologiques (non explorées ici) en plus de qualités physiques particulières. L'âge est un paramètre important dans l'interprétation de bon nombre de données anthropométriques et physiologiques, ce d'autant plus que certains individus de notre échantillon sont encore adolescents, alors que d'autres sont de jeunes adultes. Les sujets de sexe féminin étant ici en faible nombre et d'âge moyen très différent aux deux périodes explorées, nous n'avons pas pu interpréter leurs résultats sur le plan statistique ni évaluer l'impact des différents paramètres sur la performance. Nous avons tenu à rapporter les données les concernant, car celles-ci sont rares comme le déplorait une étude publiée récemment [21]. Néanmoins, on peut dire que très probablement la baisse des résultats des explorations physiologiques, retrouvée chez les filles dans l'échantillon le plus récent (contrastant avec les progrès enregistrés chez les garçons), est explicable essentiellement par la grande différence d'âge avec la cohorte la plus ancienne. Nos conclusions sont exploitables dans le contexte de nos surfeurs nationaux et non forcément applicables à d'autres pratiquants à travers le globe tout en tenant compte des outils utilisés (variations interobservateurs et entre les méthodes). Notre étude a cependant l'avantage de décrire sans biais de sélection les caractéristiques de nos jeunes pratiquants de haut niveau de façon similaire aux autres séries de la littérature.

Anthropométrie et surf de haut niveau

Les diverses caractéristiques anthropométriques observées chez les pratiquants sportifs de haut niveau sont, selon Norton et Olds [2], la résultante d'une « optimisation morphologique » liée à la sélection naturelle et à l'entraînement. Les femmes de notre étude sont plus grandes que celles de la population générale en 2014 (164,9 cm) [22]. Cependant, l'échantillon féminin testé entre 2000 et 2005 ne comportant que quatre personnes, les résultats comparatifs doivent être interprétés avec prudence. Les hommes en revanche sont en dessous de la moyenne concernant la taille et le poids (Tableau 1). Ils sont de même poids et de même taille que dans une étude similaire publiée en 2013 [23]. On constate donc une réduction du dimorphisme sexuel du point de vue anthropométrique chez les pratiquants de surf à haut niveau. L'évolution du profil moyen féminin tend donc vers des surfeuses de plus en plus athlétiques, certainement en lien avec l'exigence de puissance musculaire permettant de faire la différence dans cette catégorie. Il existe un engouement

croissant des filles pour cette discipline, comme en témoignent l'accroissement du nombre des surfeuses et la baisse de leur moyenne d'âge au niveau de notre échantillon le plus récent (Tableau 1). Chez les sportifs, l'IMC ne constitue qu'un indicateur global [24] qui ne discerne pas les proportions de masse grasse, musculaire ou osseuse. Dans cette population, l'IMC sera surestimé compte tenu de la masse grasse faible [25]. En comparaison avec les surfeurs et surfeuses internationaux antérieurs, on retrouve cette tendance à l'augmentation de l'IMC pour une diminution du taux de masse grasse. Le faible pourcentage de masse grasse constaté chez nos surfeurs par rapport à la population générale est un phénomène recherché dans tous les sports de haut niveau avec forte composante d'endurance [26,27]. Il varie dans la littérature chez les surfeurs entre 10,5 et 22 % selon la mesure des plis cutanés que nous avons utilisée ici [28,29]. La technique d'absorptiométrie par scanner retrouve des résultats similaires [30]. Le pourcentage de masse grasse constitue un paramètre important de niveau d'entraînement et prédictif de la performance dans les sports d'endurance comme par exemple chez les coureurs à pied de fond [26]. Il est significativement plus bas chez les surfeurs professionnels par rapport à des pratiquants de niveau intermédiaire [31]. Cependant, il ne constitue pas dans notre étude un élément déterminant pour la performance, car le surf n'est pas un pur sport d'endurance [21]. Il a été même suggéré qu'un certain taux de masse grasse pourrait constituer une réponse adaptative à la pratique du surf en eau froide [28,29]. On peut constater que les surfeurs de notre étude ont un pourcentage de masse grasse moindre que les professionnels de triathlon, pour un IMC plus élevé chez les hommes (Tableau 8). Les sportifs étudiés dans notre échantillon, hommes ou femmes, sont plus jeunes que les catégories de professionnels comparées, cela traduisant un biais de recrutement au niveau du surf. Les paramètres biométriques et physiologiques doivent bien sûr être interprétés en tenant compte de l'âge. Celui-ci joue un rôle déterminant dans la performance, la moyenne d'âge des surfeurs les mieux classés étant très significativement supérieure à celle des autres individus situés plus bas dans la hiérarchie (Tableau 7). Cela peut paraître évident pour un échantillon comportant une majorité d'individus encore en phase de croissance et dont les paramètres physiologiques à l'effort sont appelés à s'améliorer avec le temps (tout comme les qualités techniques et stratégiques qui ne sont pas étudiées ici). La distance moyenne des caractéristiques biométriques des sportifs de haut niveau par rapport à la population générale détermine le pool potentiel de pratiquants [2]. Les caractères taille, poids, IMC de nos surfeurs des deux sexes sont proches de ceux d'une grande partie de la population de jeunes Français à l'opposé de sports beaucoup plus sélectifs comme par exemple le basket ou le rugby qui sont associés à un recrutement beaucoup plus large sur le plan géographique [32]. Les kayakistes et

canoëistes de course en ligne sont par exemple plus grands et plus lourds (Tableau 8), ces sports demandant davantage de puissance et une certaine longueur du « bras de levier ». La masse musculaire est augmentée sans majoration significative du poids corporel du fait de la diminution de la masse grasse ces dernières années. Cette évolution est le témoin d'une préparation physique de plus en plus présente dans la discipline. L'évolution du morphotype des sportifs professionnels ainsi que leurs capacités physiologiques à l'effort ont été constatées dans de nombreuses spécialités comme en particulier dans le rugby professionnel [32]. Pour trouver les individus les plus adaptés à leur activité se met en place un véritable processus de sélection « darwinienne ». Les tailles les plus faibles sont requises pour la gymnastique [33,34], les plus élevées au volley-ball [35], au basket ou au saut en hauteur. En rugby, les individus de taille et de poids élevés sont recherchés, et il a été retrouvé un parallélisme entre ces paramètres et la performance des équipes dans les compétitions internationales [32]. À côté des paramètres taille, poids, IMC et pourcentage de masse grasse utilisés dans la majorité des études, certains auteurs ont évalué le somatotype (degré d'endo-, d'ecto- et de mésomorphie) pour l'approche anthropométrique des sportifs de haut niveau [33,34] y compris les surfeurs [28,31].

Caractères physiologiques à l'effort et performance en surf

On doit souligner d'emblée qu'il existe en surf une grande variabilité de la performance par rapport par exemple à la course à pied, à la natation ou à l'haltérophilie. En effet, à côté des aptitudes intrinsèques (physiques et techniques) du compétiteur interviennent des facteurs extérieurs qui se modifient constamment comme en particulier les conditions de vague [36]. Cela fait que les résultats en surf sont moins prévisibles que pour les autres disciplines citées plus haut. C'est donc un élément important qui pondère les résultats de notre étude. Les caractéristiques physiologiques du surfeur de haut niveau se sont modifiées sur ces dix dernières années. On observe ici une augmentation de quasiment tous les paramètres explorés. On note en tête un net progrès de la détente des membres inférieurs, le surf étant un sport nécessitant plus d'explosivité depuis l'adoption en 2005 des nouveaux critères d'évaluation en compétition. La détente verticale associée à la PMAA représente le paramètre physiologique qui a le plus progressé en dix ans chez nos surfeurs (Tableau 5) et que nous retrouvons fortement corrélé à la performance (Tableau 6) comme l'ont attesté d'autres études [31,37–39]. La PMAA est le support physiologique permettant l'exécution des manœuvres aériennes qui constituent désormais l'élément majeur dans l'attribution des points en compétition [40]. La moyenne de notre échantillon se situe au-dessus des résultats obtenus dans des séries

Tableau 7 Âge et caractéristiques biométriques de sportifs de haut niveau de sexe masculin : données comparatives (moyennes) / *Age and biometric characteristics of high-level sportsmen: comparative data (means)*

Disciplines	Âge	Taille	Poids	IMCC	MG
Surf					
Surfeurs internationaux (1980) [28]	22,2	173,6	67,9	22,6	10,5
Surfeurs du classement WCT (2013) [46]	28	177,5	73,2	23,2	NC
Surfeurs juniors du Pays basque espagnol (2012) [23]	17,6	174,3	66,73	22,0	NC
Surfeurs de haut niveau de 2010 à 2015 ^a	17,55	172,64	62,4	20,83	8,05
Sports sollicitant les membres supérieurs					
Kayakistes de slalom (2007) [47]	28,1	177,0	71,7	22,8	NC
Canoëistes de slalom (2007) [47]	NC	177,0	73,1	21,9	NC
Canoë-kayakistes de course en ligne (2003) [48]	27,8	184,3	85,2	25,1	NC
Kayakistes de descente de haut niveau (2001) [49]	22,1	177,9	74,2	23,4	NC
Sports sollicitant les 4 membres					
Triathlètes de demi-ironman (2014) [50]	NC	177,3	75,2	23,9	8,9

NC : non calculé ; MG : masse grasse exprimée en pourcentage ; WCT : World Championship Tour constitue la division d'élite du Championnat du monde professionnel (top 34) ; Triathlon *ironman* : nom donné au plus grand format de la discipline

^a Présente étude

Tableau 8 Données comparatives du VO₂ max entre surf et autres sports (moyennes) / *Comparative data for VO₂ max between surfing and other sports (means)*

Disciplines	Âge	VO ₂ max
Surf		
Surfeurs australiens (1989) [12]	20,7	40,4
Surfeurs de haut niveau de 2000 à 2005 [13]	17,6	48,7
Surfeurs pro de niveau européen (2005) [29]	25,6	50
Surfeurs australiens pro catégorie junior (2010) [51] (52)	18	39,5
Surfeurs de haut niveau (2012) [11]	23	44
Surfeurs de haut niveau de 2010 à 2015 (notre étude)	17,55	53,6
Surfeurs du WCT (2018) [21]	18,8	40,71
Sports sollicitant les membres supérieurs		
Kayakistes de l'équipe de France (1991) [52]	NC	58,1
Canoëistes de l'équipe de France (1991) [52]	NC	52,2
Pratiquants de sauvetage côtier (1997) [53]	21	40,4
Pratiquants de <i>stand-up paddle</i> ^a (2016) [54]	NC	43,7
Sports sollicitant les 4 membres		
Nageurs de haut niveau (1991) [52]	NC	60,5
Décathloniens de haut niveau (1991) [52]	NC	58,1

NC : non calculé ; pro: niveau professionnel ; WCT : World Championship Tour constitue la division d'élite du Championnat du monde professionnel (top 34)

^a Sport qui consiste à pagayer debout sur une planche de surf de grande dimension

de surfeurs australiens, mais très en dessous des résultats des volleyeurs (Tableau 9). Ce paramètre est utilisé en Australie comme critère sélectif pour intégrer l'équipe nationale de surf [38]. Une étude réalisée chez des volleyeurs n'a pas retrouvé de corrélation entre détente et âge [41] ; les différences d'âges observées dans notre échantillon ne constituent donc probablement pas un biais influençant la PMAA. On retrouve ici une différence de 17 % de PMAA entre les deux sexes contre 27 % dans une série publiée [42]. Le développement de la PMAA des membres inférieurs et supérieurs est un élément fondamental dans l'entraînement du surfeur (augmentation de la masse musculaire et de l'explosivité : squats avec charge, pliométrie, développé couché, pompes sautées, etc.). L'importance retrouvée ici de paramètres explorant le potentiel anaérobie comme la puissance et la fréquence cardiaque à SV2 dans la performance confirme le rôle essentiel de cette filière dans les séquences d'activité physique présentes dans le surf de compétition comme cela a déjà été relevé dans d'autres études [11,43].

Le surf à haut niveau nécessite également une certaine capacité aérobie. Le VO₂ max est particulièrement élevé chez les pratiquants de sports d'endurance comme le cyclisme ou l'aviron [19]. Nos résultats de VO₂ max obtenus à partir d'une épreuve d'effort sont comparés à ceux issus d'autres catégories de sportifs de haut niveau dans le tableau 8. Dans ce tableau, les épreuves d'effort concernant les surfeurs et les sports sollicitant les membres supérieurs ont toutes été réalisées sur les membres supérieurs (en utilisant un cycloergomètre ou un ergomètre de kayak modifié). Le VO₂ max obtenu ici est donc supérieur en moyenne aux valeurs obtenues dans les séries publiées de surfeurs (Tableau 8). Cette différence est

Tableau 9 Données comparatives concernant la détente verticale entre surf et autres sports (moyennes) / *Comparative data for vertical jumping between surfing and other sports (means)*

Disciplines	Détente bipodale (cm)
Surf	
Surfeurs internationaux australiens (2013) [55]	40
Surfeurs de l'équipe nationale d'Australie (2015) [38]	49
Surfeurs internationaux australiens (2016) [56]	51
Surfeurs de haut niveau de 2010 à 2015 (notre étude)	51,2
Divers	
Volleyeurs de haut niveau (1999) [41]	71,7
Athlètes de puissance : sprint, saut en hauteur (1991) [57]	38,5
Athlètes de course d'endurance de 17 à 26 ans (1991) [57]	32,9
Footballeurs de 18 ans de niveau national (1992) [58]	38,4
Footballeurs de 14 à 20 ans (1990) [59]	47

le témoin en partie de la qualité physique des surfeurs français. En 1991, Jousselein et al. [44] avaient fait des recueils sur 679 sportifs de haut niveau de 14 à 19 ans et comparé 13 sports rangés par ordre croissant en fonction du VO_2 max. Le VO_2 max, quelle que soit la discipline, était toujours supérieur à celui du sédentaire. Comme dans des études publiées antérieurement, nous n'avons pas relevé de corrélation entre le VO_2 max et la performance chez nos surfeurs de haut niveau [11,43,45]. Le VO_2 max a cependant été retrouvé significativement plus élevé chez les pratiquants de haut niveau que chez les pratiquants du surf loisir [21]. Il convient donc d'avoir un taux minimal de VO_2 max pour le surf de haut niveau, mais au-delà de ce prérequis, il n'y a pas de bénéfice net à améliorer ce paramètre (l'endurance n'est pas la caractéristique unique associée à cette pratique). Les variables aérobies ne sont pas cependant à négliger, car la FC max à SV1 et la PMA apparaissent ici significativement associées au classement fédéral (Tableau 6). Les programmes d'entraînement propres à chaque discipline favorisent l'amélioration des filières énergétiques mises en jeu. Les facteurs conditionnant le degré de performance ne sont pas identiques selon le sexe comme démontré par exemple chez les triathlètes pratiquant l'*ironman* [27]. Considérant les différences biologiques observées entre les deux sexes chez les individus pratiquant le surf à haut niveau [42], on ne peut donc pas extrapoler nos résultats au surf féminin.

Tableau 10 Paramètres associés à la performance en surf et propositions de méthodes de suivi et d'entraînement / *Performance-related parameters in surfing and proposals for follow-up and training methods*

Paramètres associés à la performance dans notre étude	Sollicitation en surf	Méthodes d'évaluation	Entraînement
Puissance maximale anaérobie alactique des membres inférieurs	<ul style="list-style-type: none"> • Explosivité • Manœuvres • Figures 	Test de détente ± combiné avec SJ et IMTP avec réévaluation à 3 mois d'entraînement grâce au rapport de puissances mesurées au test de détente et au IMTP	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement musculaire • Squats avec charge (1 à 3 RM) • Statodynamique • Pliométrie
Puissance et fréquence cardiaque à SV2	Rame anaérobie (sprint)	Épreuve d'effort maximale progressive	<ul style="list-style-type: none"> • Séances de sprint à la rame en HIIT en utilisant cardiofréquencemètre ou VMA
Puissance et fréquence cardiaque à SV1	Rame aérobie	Épreuve d'effort maximale progressive	<ul style="list-style-type: none"> • Endurance à la rame sur 400 m • HIIT
Puissance maximale aérobie	Endurance à la rame	<ul style="list-style-type: none"> • Épreuve d'effort maximale progressive • Parcours de rame/crawl sur 400 m 	<ul style="list-style-type: none"> • Endurance à la rame sur 400 m • HIIT série de sprint à la rame de 30 s • Musculation des membres supérieurs

SJ : *Squat Jump* : consiste à sauter avec pour position de départ une flexion des genoux ; IMTP : *Isometric Mid Thigh Pull* : tirage vertical contre résistance d'une barre fixe placée au niveau des cuisses ; RM : *Repetition Maximum* ; HIIT : *High Intensity Interval Training*

Application au suivi et à l'entraînement des surfeurs de haut niveau

Au total, l'évaluation de l'importance d'un certain nombre de paramètres physiologiques vis-à-vis de la performance, rapportée ici, nous conduit à proposer des méthodes d'évaluation et d'entraînement spécifiques au surfeur de haut niveau (Tableau 10). Ces propositions tiennent compte du rôle respectif des filières aérobies au niveau des membres supérieurs (surtout impliqués dans la phase de rame pour accéder à la vague) et anaérobie au niveau des membres inférieurs (lors du *take-off* et de l'exécution des figures) et du paramètre clé « puissance » des membres supérieurs (accélération à la rame au moment de prendre la vague) et inférieurs (garante de l'explosivité lors de l'évolution sur la vague) dans la pratique du surf de compétition. Sans négliger le travail foncier, il semble important d'orienter la préparation physique sur les capacités anaérobies (puissance maximale sur des efforts brefs du haut du corps, mais également sur la puissance des membres inférieurs qui conditionne la qualité de l'évolution sur la planche et donc le rang de classement en compétition). À cet égard, des approches de type *high intensity interval training* ou *squat jump* semblent particulièrement séduisantes (Tableau 10). La puissance, et donc le volume musculaire corrélé au poids, sont impliqués dans la performance et doivent être développés (Tableaux 6 et 10).

Conclusion

Comme dans la pratique à haut niveau d'autres disciplines sportives, le surf concentre des individus aux caractéristiques anthropométriques et physiologiques optimales vis-à-vis de la performance. En rapport avec les exigences actuelles du circuit professionnel, les surfeurs présentent des paramètres fonctionnels (capacité aérobie minimale, paramètres anaérobies, puissance) qui conditionnent leur niveau de classement et qui donc peuvent être suivis et développés dans le cadre de programmes spécifiques d'entraînement. Ces éléments purement biologiques ne constituent cependant qu'une partie des ingrédients requis pour accéder au sommet de la hiérarchie.

Liens d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

References

- Cavalli-Sforza LL, Menozzi P, Piazza A (1994) The history and geography of human genes. Princeton University Press, Princeton, USA, 1 088 p
- Norton K, Olds T (2004) Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses. 4th edition. UNSW Press, Sydney, Australia 421 p
- GIP littoral aquitain (2017) Diagnostic de la filière surf, 64 p. (www.littoral-aquitain.fr/sites/default/files/upload/pdf/PP/rapport_diag_surf_vf.pdf)
- Douda HT, Toubekis AG, Avioniti AA, Tokmakidis SP (2008) Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *Int J Sports Phys Perf* 3:41–54
- Mermier CM, Janot JM, Parker DL, Swan JG (2000) Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br J Sports Med* 34:359–65
- Fédération française de surf (page consultée le 2 février 2016). Règlement sportif 2015 [en ligne]. http://www.surfingfrance.com/images/Statuts_Reglements/Reglement%20sportif%202015.pdf 139
- Meir RA, Lowdon BJ, Davie AJ (1991) Heart rates and estimated energy expenditure during recreational surfing. *Aust J Sci Med Sport* 23:70–4
- Mendez-Villanueva A, Bishop D, Hamer P (2006) Activity profile of world-class professional surfers during competition: a case study. *J Strength Cond Res* 20:477–82
- Farley O, Harris NK, Kilding AE (2012) Physiological demands of competitive surfing. *J Strength Cond Res* 26:1887–96
- Secomb JL, Sheppard JM, Dascombe BJ (2015) Time-Motion Analysis of a Two Hour Surfing Training Session. *Int J Sports Physiol Perform* 10:17–22
- Farley O, Harris NK, Kilding AE (2012) Anaerobic and aerobic fitness profiling of competitive surfers. *J Strength Cond Res* 26:2243–48
- Lowdon BJ, Bedi JF, Horvath SM (1989) Specificity of aerobic fitness testing of surfers *Aust J Sci Med Sport* 21:7–10
- Dubois H (2005) Étude du suivi physiologique de surfeurs de haut niveau pendant cinq ans. Thèse de doctorat en médecine, université de Bordeaux
- Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel RM (2003) Development and validation of skin fold thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am J Clin Nutr* 77:1186–91
- Hodgdon JA, Friedl KE, Beckett MB, et al (1996) Use of bioelectrical impedance analysis measurements as predictors of physical performance. *Am J Clin Nutr* 64:463–8
- Modlesky CM, Cureton KJ, Lewis RD, et al (1996) Density of the fat-free mass and estimates of body composition in male weight trainers. *J Appl Physiol* 80:2085–96
- Siri WE (1993) Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition* 9:480–91
- Medelli J (2002) Position de consensus de la Société française de médecine du sport concernant la directive n° 000149 du 3 avril 2001 sur les épreuves d'effort des sportifs de haut niveau. *Sci Sports* 17:48–50
- Kenney L, Wilmore J, Costill D (2015) Physiology of sport and exercise. 6th edition. Human Kinetics, Champaign, USA, 648 p
- Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35:236–43
- Furness J, Hing W, Sheppard JM, et al (2018) The physiological profile of male competitive and recreational surfers. *J Strength Cond Res* 32:372–8
- Synthèse textile habillement (2006) FITH n° 12 hors-série février 2006
- Fernandez-Lopez JR, Camara J, Maldonado S, Rosique-Gracia J (2013) The effect of morphological and functional variables on ranking position of professional junior Basque surfers. *Eur J Sport Sci* 13:461–7
- Pineau JC (1997) Relation fonctionnelle entre la masse grasse, les plis cutanés, le déficit ou l'excédent pondéral et le « poids théorique idéal ». *CR Acad Sci - Ser III -Sci Vie* [en ligne]. Août 1997, [consulté le 9 octobre 2016]. Disponible sur Internet : <http://www.lissa.fr/rep/articles/9338000>

25. Mercier B, Mercier J, Granier P, et al (1992) Maximal anaerobic power: relationship to anthropometric characteristics during growth. *Int J Sports Med* 13:21–6
26. Legaz A, Eston R (2005) Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *Br J Sports Med* 39:851–6
27. Knechtle B, Wirth A, Baumann B, et al (2010) Differential correlations between anthropometry, training volume, and performance in male and female ironman athletes. *J Strength Cond Res* 24:2785–93
28. Lowdon BJ (1980) The somatotype of international surfboard riders. *Aust J Sports Med* 12:34–9
29. Mendez-Villanueva A, Bishop D (2005) Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Med* 35:55–70
30. Nana A, Slater GJ, Hopkins WG, et al (2016) Importance of standardized DXA protocol for assessing physique changes in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 26:259–67
31. Barlow MJ, Findlay M, Gresty K, Cooke C (2014) Anthropometric variables and their relationship to performance and ability in male surfers. *Eur J Sport Sci* 14:S171–S7
32. Bauduer F, Monchaux C, Mathieu JP (2006) Professionnalisme et rugby de haut niveau : approche anthropobiologique. *BMSAP* 18:103–11
33. Massidda M, Toselli S, Brasili P, Calo CM (2013) Somatotype of elite Italian gymnasts. *Coll Antropol* 37:853–7
34. Taboada-Iglesias Y, Gutierrez-Sanchez A, Vernetta Santana M (2016) Anthropometric profile of elite acrobatic gymnasts and prediction of role performance. *J Sports Med Phys Fitness* 56:433–42
35. Zadraznik M, Dervisevic E (2011) Level of play related anthropometric differences in volleyball players. *Br J Sports Med* 45:533–49
36. Mendez-Villanueva A, Mujika I, Bishop D (2010) Variability of competitive performance assessment of elite surfboard riders. *J Strength Cond Res* 24:135–9
37. Sheppard JM, Nimphius S, Haff GG, et al (2013) Development of a comprehensive performance-testing protocol for competitive surfers. *Int J Sports Physiol Perform* 8:490–5
38. Tran TT, Lundgren L, Secomb J, et al (2015) Comparison of physical capacities between nonselected and selected elite male competitive surfers for the National Junior Team. *Int J Sports Physiol Perform* 10:178–82
39. Fernandez-Gamboa I, Yanci J, Granados C, Camara J (2016) Comparison of anthropometry and lower limb power qualities according to different levels and ranking position of competitive surfers. *J Strength Cond Res* 31:2231–37
40. Ferrier B, Sheppard J, Farley ORL, et al (2018) Scoring analysis of the men's 2014, 2015 and 2016 World Championship Tour of surfing: the importance of aerial manoeuvres in competitive surfing. *J Sports Sci* 36:2189–95
41. Dauty M, Hamon D, Danion H, et al (1999) Corrélation de la détente verticale avec la souplesse et la force des quadriceps et ischiojambiers. *Sci Sports* 14:71–6
42. Parsonage JR, Secomb JL, Tran TT, et al (2017) Gender differences in physical performance characteristics of elite surfers. *J Strength Cond Res* 31:2417–22
43. Minahan CL, Pirera DJ, Sheehan B, et al (2016) Anaerobic energy production during sprint paddling in junior competitive and recreational surfers. *Int J Sports Physiol Perform* 11:810–5
44. Jousselein E, Desnus B, Fraisse F, et al (1990) La consommation maximale d'oxygène des équipes nationales françaises de 1979 à 1988 (sportifs de plus de 20 ans). *Sci Sports* 5:39–45
45. Mendez-Villanueva A, Perez-Landaluce J, Bishop D, et al (2005). Upper body aerobic fitness comparison between two groups of competitive surfboard riders. *J Sports Sci Med* 8:43–51
46. Association of Surfing Professionals (page consultée le 9 octobre 2015). World Championship Tour 2013 personal profiles [en ligne]. <http://www.worldsurfleague.com/athletes/tour/mct?year=2013>
47. Ridge BR, Broad E, Kerr DA, Ackland TR (2007) Morphological characteristics of Olympic slalom canoe and kayak paddlers. *Eur J Sport Sci* 7:107–13
48. Ackland TR, Ong KB, Kerr DA, Ridge B (2003) Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *J Sci Med Sport* 6:285–94
49. Leveque JM, Brisswalter J, Bernard O, Goubault C (2001) Évaluation des caractéristiques physiologiques des kayakistes de descente de haut niveau de performance. *Sci Sports* 16:23–8
50. Gilinsky N, Hawkins KR, Tokar TN, Cooper JA (2014) Predictive variables for half-Ironman triathlon performance. *J Sci Med Sport* 17:300–5
51. Loveless DJ, Minahan C (2010) Peak aerobic power and paddling efficiency in recreational and competitive junior male surfers. *Eur J Sport Sci* 10:407–15
52. Fraisse F, Desnus B, Handschuh R, et al (1991) La consommation maximale d'oxygène des sportifs de haut niveau de moins de 20 ans. *Sci Sports* 6:25–35
53. Morton DP, Gastin PB (1997) Effect of high intensity board training on upper body anaerobic capacity and short-lasting exercise performance. *Aust J Sci Med Sport* 29:17–21
54. Schram B, Hing W, Climstein M (2016) Profiling the sport of stand-up paddle boarding. *J Sports Sci* 34:937–44
55. Sheppard JM, Nimphius S, Haff GG, et al (2013) Development of a comprehensive performance-testing protocol for competitive surfers. *Int J Sports Physiol Perform* 8:490–5
56. Secomb JL, Nimphius S, Farley OR, et al (2016) Lower-body muscle structure and jump performance of stronger and weaker surfing athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 11:652–7
57. Grassi B, Cerretelli P, Narici MV, Marconi C (1991) Peak anaerobic power in master athletes. *Eur J Appl Physiol* 62:394–9
58. Guillodo Y, Sebert P, Barthelemy L (1992) Latéralité podale et détente verticale chez le footballeur de haut niveau. *Sci Sports* 7:123–4
59. Sebert P, Barthelemy L, Dietman Y, et al (1990) A simple device for measuring a vertical jump: description and results. *Eur J Appl Physiol* 61:271–3