الجامعة المستنصرية
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا/ ماجســـــــتير

الهايبوكسيا (Hypoxia)

محاضرة لطلاب الماجستير لمادة الفسلجة

أ . د غصون فاضل هادي

٢٠١٩

الهايبوكسيا (Hypoxia)

أن مصطلح كلمة الهيبوكسيا (Hypoxia) يتكون من مقطعين الأول (Hypo) يعني (نقص أو أدنى أو تحتاني) ، أما المقطع الثاني (xia) فهو اختصار لكلمة (Oxygen) ". [١]

لذا فان مصطلح نقص الأوكسجين أو الهيبوكسيا (Hypoxia) هو فقدان الإمداد العادي من الأوكسجين إلى أنسجة الجسم، أو عدم قدرة الأنسجة على استخدامه ، أما إذا كان هناك حرمان تام من الأوكسجين فذلك يسمي آنوكسيا (Anoxia) ، حيث ينشأ نقص الأوكسجين حينما لا يلتقط الدم الذي يمر عبر الرئتين ما يكفي من ذرات الأوكسجين، كما ويحدث ذلك عندما تكون هناك كمية منخفضة من الأوكسجين في الهواء، مثل الارتفاعات التي تتجاوز ٣٠٠٠ م، كذلك يمكن أن يعجز الدم عن التقاط ما يكفي من الأوكسجين لعيوب في الرئتين أو لعوائق في ممرات الهواء المتصلة بالتنفس، ومن الأعراض العامة اللانوكسيا الأنوكسية، التنفس السريع العميق، وكثيرا ما يصحب

[١] بسطويسي احمد؛ أسس ونظريات التدريب الرياضي: القاهرة، دار الفكر العربي، ١٩٩٩، ص٣٢٢.

الحالة الإزرقاق (تلون الجلد باللون الأزرق)، وقد تقود الحالات الحادة إلى فقدان الوعي وربما الموت .

"أما مصطلح الهيبوكسيك في مجال التدريب الرياضي فيعني النقص في الأوكسجين عند قيام اللاعب بأداء مجهود بدني متواصل حيث يؤدي ذلك إلى زيادة الدين الأوكسجين حيث يقل الأوكسجين ويمكن تدريب الرياضيين على أداء مجهود بدني متواصل مع تقليل في حجم الأوكسجين اللازم بعيداً عن تعرض اللاعب لأمراض قد تحجب عنه كميات الأوكسجين اللازمة ويتم ذلك عن طريق وضع البرامج الخاصة لذلك، ويكون عن طريق تحكم اللاعب في تقليل معدل التنفس .

ويعرفها علاوي (١٩٩٢) بأنها "التدريب بتعمد للتقليل من توصيل الاوكسجين للخلايا عن طريق تقليل عدد مرات التنفس اثناء الاداء بحيث يقل المجموع الكلي لعدد مرات التنفس خلال الاداء "

.

وبذلك فان معنى الهيبوكسيك في المجال الرياضي "نقص في الاوكسجين حيث يقل توتر الأكسجين نتيجة انخفاض سرعة انتشاره من الدم إلى أنسجة العضلات ". [٢]

وعليه فان جميع التعريفات تتفق على ان تدريبات الهيبوكسيك تتم بواسطة التقليل من كمية الاوكسجين المستنشق من قبل اللاعبين اثناء التدريب ومن ثم يؤدي الى تقليل الاوكسجين للعضلات العاملة لتجبرها على العمل من دون الاوكسجين وتحت ظروف صعبة لتساعدها على تحسين كفاية العضلات خلال المنافسات وفي الاجواء الطبيعية ، وزيادة قدرة الجسم على التكيف للدين الاوكسجيني ، مما ادى الى اهتمام الكثير من المدربين بتدريبات الهيبوكسيك .

❖ تدريبات الهيبوكسيك: Hypoxic Training

يشير على البيك (١٩٩٧) أن موضع الهيبوكسيك ظهر في بادئ الأمر عندما تحدد إقامة الدورة الأولمبية في المكسيك والتي ترتفع عن مستوى سطح البحر ٢٣٠٠ متر حيث بدأ الاتجاه بشكل إيجابي إلى محاولة المعرفة الدقيقة لمدى إمكانية وتأثير الرياضة والأرقام الرياضية عندما يتعرض الرياضي الى المنافسة في المرتفعات حيث بدأت التساؤلات بعد ذلك عن تأثيرها في تحقيق الإنجازات وما هي المدة اللازمة لحدوث التكيف .

ويشير يوسف دهب (١٩٩٤) على أنه تتم عملية تبادل الغازات بين الحويصلات والدم نتيجة لاختلاف الضغط الجزئي للغازات عند توترها (ويطلق مصطلح توتر على وصف الغاز عندما يكون في حالة ذائبة) في الأنسجة ، حيث ينتقل الغاز الى المنطقة الأعلى ضغطا وبناء على ذلك فإن ضغط الأكسجين في الحويصلات يبلغ (١٥٢ مم / زئبق) بينما يبلغ توتر الأكسجين في الدم حوالي (٤٠ مم زئبق) أما بالنسبة ثاني أكسيد الكربون فيكون العكس ، حيث يزيد توتره في الدم (

---

[٢] بسطويسي احمد؛ نفس المصدر السابق: ١٩٩٩، ص٣٢٢

٤٧ مم / زئبق) وعلية يتم انتقال الأكسيجين من الحويصلات إلى الدم في نفس الوقت ينتقل ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات .

❖ **أنواع الهيبوكسيا وتقسيماته** :

اتفق كل من محمد ماضي (١٩٩٥) ومحمد علاوي وأبو العلا عبد الفتاح (٢٠٠٠) على أنة توجد أربعة أنواع للهيبوكسيا هي :

١- الهيبوكسيا الشريانية : وهذا النوع يقل فيه الضغط الجزئي للأكسجين في الشعيرات الدموية (الدم الشرياني والوريدي) أقل من المستوى العادي مما يؤدي الى ظهور علامات نقص الأكسيجين ويحدث نتيجة الآتي :

- قلة الأكسيجين في هواء الشهيق والمرتبط بالصعود للمرتفعات .
- انخفاض حجم التهوية الرئوية في الدقيقة .
- حدوث أمراض رئوية أو غير رئوية كالرشح في الغشاء البلوري .
- قلة مرور الغازات بين الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية بسبب الاضطرابات .
- حدوث قصور في الدورة الدموية نتيجة خلط الأكسجين مع الدم الوريدي .

٢ . فقر الدم : يحدث في حالة عدم قدرة الهيموجلوبين على حمل الأكسيجين .
٣. نقص الأكسيجين الزائد : ويحدث نتيجة للقلة في ضغط الدم الوريدي عن الطبيعي .
٤. نقص الأكسيجين نتيجة تسمم الأنسجة : يحدث نتيجة تسمم إنزيمات الأكسدة .
كما يشير بسطويسي أحمد (١٩٩٩) أن أسباب نقص الأكسجين هي :
١. الهيبوكسيا الإرادية المقننة : وهي التي تحدث في مجال التدريب الرياضي .
٢. الهيبوكسيا اللاإرادية : وهي تحدث عند تعرض اللاعب الى المرض

❖ **المبادئ والآليات**

يتم اللجوء إلى التدريب على ارتفاع بسبب الاختلاف بين الضغط الجوي في مستوى سطح البحر والارتفاع الشاهق. يكون الهواء على مستوى سطح البحر، أكثر كثافة، حيث يكون هناك المزيد من جزيئات الغاز لكل لتر من الهواء. بغض النظر عن الارتفاع، يتكون الهواء من حوالي ٢١ في المائة من الأكسجين و٧٨ في المائة من النيتروجين. كلما زاد الارتفاع، كلما انخفض الضغط الذي تمارسه هذه الغازات. لذلك، نجد أن هناك جزيئات أقل لكل وحدة حجم، وهذا ما يؤدي إلى انخفاض في الضغوط الجزئية للغازات في الجسم، الشيء الذي ينتج مجموعة متنوعة من التغيرات الفيسيولوجية على مستوى الجسم والتي تحدث على علو شاهق.

❖ **عمليات التعويض البيو فسيولوجية الناتجة عن نقص الاكسجين**

ان نقص الاكسجين O_2 يؤثر على العمل الفسيولوجي العضوي وفق الفترات الزمنية التالية ضرفي (قصيرة المدى) عدة ايام (متوسطة المدى) عدة اسابيع (طويلة المدى) ، حيث ان عملية التكيف تتم خلال مرحلتين اساسيتين الاولى مرحلة الاثارة الحاد (التنبيه) والثانية مرحلة التأقلم لنقص الاكسجين.

مرحلة التكيف الحاد لنقص O_2 تكون مدته حوالي من 10-8 ايام، حيث في بداية التعرض لنقص O_2 تحس المستقبلات الكيميائية على مستوى كل من الشريان السباتي والاورطي بانخفاض او نقص $Po2$وS_aO_2 مما يسمح باستجابة انطلاق عملية التكيف بهدف تعويض النقص في O2 في الدم الشرياني

❖ التكيف على المدى القصير (تغيرات معدل التنفس في الدقيقة).

على الرغم من الاختلافات الواضحة في قدرة الأفراد على التأقلم على المرتفعات، إلا أنه بمجرد انتقال الإنسان إلى ارتفاع يتجاوز ٥٠٠٠ متر فوق سطح البحر تبدأ سلسلة من الاستجابات الفسيولوجية في الحدوث، دلالة على محاولة الجسم التكيف مع الوسط الجديد، بعض هذه الاستجابات فورية وتحدث بمجرد وصول الفرد إلى المرتفعات، والأخرى تأخذ وقت أطول حتى تظهر، قد تصل إلى أسابيع أو شهور .

فمن مظاهر الاستجابة السريعة للعيش في المرتفعات حدوث زيادة في التنفس فرط التهوية الرئوية لدى الفرد، ويرجع ذلك إلى أن الانخفاض في الضغط الجزئي للأوكسجين في الدم الشرياني S_aO_2 عند مستوى ٥٠٠٠ متر فوق سطح البحر يؤدي إلى تنبيه المستقبلات الكيميائية في الجسم الشريان السباتي وفي الشريان الابهر والتي بدورها تؤثر على مراكز التحكم في التنفس في الدماغ (SNA) الذي يؤدي بدوره الى زيادة معدل التنفس في الدقيقة (VE) ورفع مستوي عمل عضلات التنفس. ، مما ينتج عنه بالتالي زيادة التهوية الرئوية و تعويض الانخفاض في الضغط الجزئي للأوكسجين في الدم الشرياني .

و يرى الباحثين أن معدل التنفس في الدقيقة يزداد أثناء التواجد في المرتفعات ليصل إلى الضعف و حتى ثلاثة أضعاف في بعض الأحيان عنه على مستوى سطح البحر بهدف معادلة النقص الحادث في الضغط النسبي للأكسجين .

وعلى هذا الاساس يري كل من (Harms et Stager,1995) ان قدرة الاستجابة تتعلق ب معدل التنفس VE وكمية التشبع الشرياني بالأكسجين S_aO_2 . كما يري كل من (Huang et al 1984 ;) ان زيادة معدل التنفس تؤدي الى زيادة الضغط الاكسجيني في الحويصلات PAO_2 مما ينتج عنه تشبع الدم الشرياني بالأكسجين S_aO_2 .

كما ان الزيادة في معدل التنفس في المرتفعات ينجر عنه ضيق في الصدر محدثاً نقص في انتشار O2 الى الدماغ وعدم استقرار كل من الجهازين التنفسي والقلبي. (Liptttz et al 1995)

ان الزيادة هذه في معدل التنفس تحد من انخفاض الضغط الاكسجيني الشرياني P_aO_2 كما تسمح بالتخلص من كمية CO_2 الاضافية و الناتجة من عملية الايض اللاهوائي، وان انخفاض P_aCO_2 وتركيز H+ يؤدي الى رفع PH الدم.

ان صعوبة التنفس هذه بالمرتفع ينتج عنها انخفاض في معدل CO_2 بالدماغ بسرعة خلال بضعة ساعات، اما معدل CO_2 الدم والخلايا ينخفض خلال الاسبوع الأول من التعرض للمرتفع ومرات يكون اطول.

وخلال ٣-٥ ايام القدرة في التحكم في الاداء تنخفض كما تنخفض القدرة على المداومة بمعنى انخفاض في زمن اداء تمارين ذات شدة عالية(Horstman et al, 1980) كما يمكن ملاحظة انتاج حمض اللبن من العمليات الايضية اللاهوائية في حالة اداء تمارين ذات شدة اقل من شدة التمارين التي تؤدى على مستوى سطح البحر. [٣]

ويرى كل من (Asano ;1997 et Reevers ; 1993) انه في بداية التعرض للمرتفعات بداية من الثلاث ساعات الاولى يؤدي النقص في الضغط الشرياني للأوكسجين، الى استثارة المستقبلات الكيميائية الطرفية الموجودة على مستوي الشريان السباتي الذي يتأثر بانخفاض ضغط الاكسجين في الدم حيث يتم نقل الرسالة الى المراكز العصبية بالدماغ اين يستجيب الجاز العصبي الودي لتسريع عملية التنفس فتزداد عدد مرات التنفس وهذه الزيادة في عملية التنفس تؤدي الى نتيجتين اساسيتين هما:

a. تعويض النقص الحاصل في ضغط الحويصلات PAO_2 والضغط الشرياني P_aO_2 وكمية تشبع الشرايين بالا وكسجين S_aO_2 .
b. ونقص في الضغط الجزئي لغاز ثاني اكسيد الكربون CO_2 في هواء الشهيق والذي يعتبر مؤشر مهم على الوصول لعملية والحصول على تهوية فعالة استجابة لتعويض النقص الحاصل في عملية التزويد بالأكسجين للعضوية.

ويري كل من (Easton;1986 et Whipp; 1994) بان عملية التكيف الناتجة

عن التعرض للمرتفعات (هيبوكسي) لفترة طويلة يتمثل في ثلاثة مراحل اساسية تتمثل في:

* زيادة سريعة في عدد مرات التنفس نتيجة النقص الطفيف بعد ٢٠ الى ٣٠ دقيقة.

* اذا استمرت عملية التعرض للمرتفعات بضعة ايام يلاحظ زيادة تدريجية في التهوية VE .

---

[٣] زاوي علي ؛ مصدر سابق: اطروحة دكتوراه ، ٢٠١٤

كما يري كل من (Asano;1997, Huang;1984, Bhsgardi;1995) ان الاثارة المستمرة في الشريان السباتي يرفع من استجابة المستقبلات الحسية في الهيبوكسي الذي ينتج عنه الزيادة ولو جزئية في جم التهوية VE خلال مرحلة التأقلم.

تغيرات في كمية دفع الدم في الدقيقة.

ومن مظاهر الاستجابة السريعة كذلك ما يحدث للجهاز القلبي الوعائي حيث تزداد معدلات ضربات القلب وحجم نتاج القلب في الراحة وفي الجهد البدني دون الأقصى، بينما يبقى حجم الضربة(حجم الدم المدفوع من القلب في كل ضربة من ضربات القلب)بدون تأثير ملحوظ.

ان التغير الملحوظ في ارتفاع التواتر القلبي منذ بداية الوهلة الاولى من التواجد بالمرتفع مقارنة بالمنخفض سواء في حالة الراحة او في حالة النشاط مما ينتج عنه تسرع في ضربات القلب وهذا حسب (Grover et al; 1986) .

ويرى كل من (wolfel et al; 1994) ان الحجم المقذوف السيستولي VES لا يحدث فيه تغيير في بداية التواجد بالمرتفع ولاكن بعد عدة ايام يبدا في التناقص بمعدل بطيء سواءً في حالة الراحة او النشاط. اما (Lundby et van Hall , 2001) يري بانه من خلال هذه الزيادة معدل التدفق القلبي يصبح للرياضي القدرة على تعويض جزء من S_aO_2 مع العلم ان عملية التكيف هذه يكون تأثيرها محدود بالنسبة لرياضيي المداومة الذين لديهم احجام رئوية معتبرة على مستوي سطح البحر

الاستجابات التنفسية في المرتفعات (Respiratory responses at altitude):

١ التهوية الرئوية (pulmonary ventilation) :

ترتفع التهوية الرئوية في المرتفعات وهذا سواء في الراحة أو أثناء أداء التمرينات ، المستقبلات الكيميائية في الشريان الابهر أو الشريان السباتي تحفز بسبب انخفاض الضغط الجزئي للأكسجين PO2 وهذا يؤدي بوصول رسائل إلى مركز التنفس في الدماغ ، و نظرا لانخفاض في جزيئات الأكسجين في الهواء، بالتالي يجب الزيادة في حجم الهواء المتنفس بزيادة في التهوية الرئوية لتحقيق نفس الكمية على مستوى سطح البحر . هذه الزيادة في عملية الهواء تهدف إلى التخفيض في نسبة أكسيد الكربون في الحويصلات بحيث يرتفع الفرق الشرياني الوريدي بين الحويصلات والشعيرات الرئوية مما يؤدي إلى انخفاض في أكسيد الكربون في الدم و الضغط الجزئي، أي تسهيل إزالة أيونات +H.

٢- الانتشار الرئوي ونقل الأكسجين pulmonary diffusion and transport of oxygen

يتراوح الضغط الجزئي للأكسجين في على مستولى سطح البحر حوالي ١٥٩ مم زئبقي بحيث ينخفض إلى ١١٨ مم ز عند ارتفاع ٢٤٣٩ م، التدرج في الضغط الجزئي بين الحويصلات و الشعيرات ينخفض مما يؤدي إلى نقصان في شدة المبادلات الغازية في هذا المستوى، بحيث أن نسبة تشبع الهيموغلوبين بالأكسجين تصل إلى ٩٨ %على مستوى سطح البحر ولا تتجاوز ٩٢% عند ارتفاع ٢٤٣٩م.

في المرتفعات انخفاض الضغط الجزئي للأكسجين في الحويصلات يؤثر على مستوى تشبع الهيموغلوبين بالأكسجين، على مستوى سطح البحر من أجل ضغط جزئي للأكسجين ١٠٤مم زئبقي نسبة تشبع الهيموغلوبين تصل إلى ٩٦-٩٧% . في المرتفعات ٤٣٠٠ و بالرغم من انخفاض PO2 على مستوى الحويصلات ٤٦ مم زئبقي تنخفض نسبة التشبع إلى ٨٠%، بالرغم من انخفاض الضغط الجزئي للأكسجين تبقى مستويات تشبع الهيموغلوبين نوعا ما مرتفعة. [٤]

Changes in muscle structural and metabolic characteristics after 4 to 6 weeks of chronic hypoxia

Settings	Variation	% variation
Muscle surface	Decrease	11–13
Slow fiber surface (ST)	Decrease	21–25
Fast fiber surface (FT)	Decrease	19

[٤] W. Larry Kenney, Jack H. Wilmore, David L. Costill Physiologie du sport et de l'exercice , 2017, 341

13	Increase	Capillary density (capillaries per mm2)
25	Decrease	Succincte dehydrogenase
21	Decrease	Citrate synthase
32	Decrease	phosphorylase
48	Decrease	phosphofructokinase

التكيفات العضلية (muscle adaptations):

وبالنسبة للجهاز العضلي تؤدي عمليات التعويض البيو فسيولوجية إلى إحداث تغيرات واضحة في الشكل و الوظيفة بالنسبة للشعيرات الدموية ، فتزداد مساحة السطح العلوي لهذه الشعيرات، كذلك يزداد السمك و مستوى التعرجات بهدف التأقلم و التكيف مع نقص الأكسجين في المناطق المرتفعة

نقص في الوزن.

كذلك التعرض لنقص الاكسجين بالمرتفع ينتج عنها انخفاض الشهية (Hypophagie) بمعدل

يصل ٥٠ % من معدل انتاج الطاقة و معدل نحافة مرتبط بعلو المرتفع ومدة الاقامة يصل من ٣ الى ١٥% وعلى المدى الاطول اربعة اسابيع فما فوق يلاحظ نقص في الوزن (Kayser, 1994; Hoppeller, Desplanches, 2001) ، وكذلك نقص في البروتين العضلي. (Westerterp, 1992)

هذا الفقدان في الكتلة ينتج عنه سهولة في وصول الاكسجين الى الميتوكندريا. (Ward al., 1989)

❖ **التكيف الهرموني**

ان عملية الاقامة والتدريب في المرتفعات يصاحبها عدة تغيرات هرمونية.

هرمون التستوستيرون Testosterone

يزداد معدل انتاجه بداية من اليوم الثاني ويبقي معدل ارتفاعه مرتفعاً مقارنة بالحالة العادية خلال مرحلة الاقامة.

الكاتيكولامين Catecholamine

الذي يتمثل في مجموعة هرمونات الادرينالين والنورادرينالين ويفرز من طرف الغدة الكظرية الموجودة فوق الكلى يزداد انتاجه في بداية التعرض للمرتفع ويستمر خلال فترة الاقامة.

الكورتيزول Cortisol

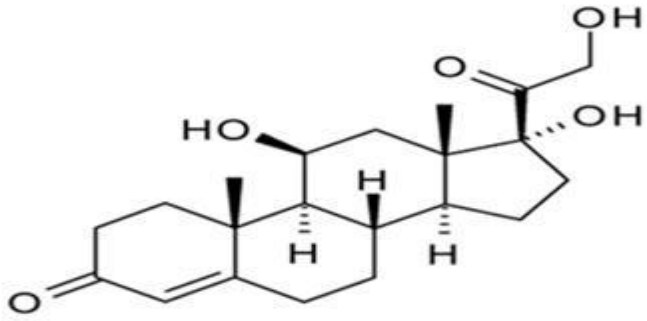
يعتبر من اهم الهرمونات التي تفرز على مستوي قشرة الغدة الكظرية، عند بداية التواجد بالمرتفع يزداد انتاجه و يصل الى معدله الاقصى خلال اليوم العاشر من بداية التأقلم عند الارتفاع ٥٠٠٠ متر، ويظهر على في الدم والبول مما يجعل عملية التخلص منه عن طريق البول مؤشر دال على عملية التاقلم، ويعمل هذا الهرمون على تامين التوازن بين الماء وأملاح الصوديوم Na و يعمل على الزيادة في أيض السكريات، ونفس الشيء بالنسبة لهرمون

الالدوستيرون aldosterone .

الية الاستجابة او العمل لمفعول الكورتيزول خلال الظروف العادية يفرز هرمون الكو رتيزول بإيقاع منتظم طوال اليوم وتنخفض نسبته في الليل وترتفع في الصباح، عندما يدرك الدماغ الضغوطات التي يتعرض لها الجسم، تبدأ الاستجابة للإجهاد والتوتر، فهناك استجابة سريعة يعتبر هرمون الأدرينالين مسؤولاً عنها، واستجابة بطيئة والتي يعتبر هرمون الكورتيزول مسؤولا عنها، هذا الاخير يرفع نسبة الكليكوز في الدم، أي النسبة اللازمة من أجل عمل الدماغ والعضلات، عن طريق كبح إفراز الأنسولين، فيبدأ الكبد في تحرير الكليكوز، وبالتالي يساهم في تثبيت الوضع بشكل تدريجي. تصل أعلى نسبة للكورتيزول خلال النصف ساعة الاولى من بداية الإجهاد . [٥]

---

[٥] زاوي علي ؛ مصدر سابق: اطروحة دكتوراه ، ٢٠١٤



شكل يمثل بنية هرمون الكورتزول

التكيفات الجهاز القلبي التنفسي**(respiratory cardio adaptations):**

الزيادة في التهوية الرئوية عند الراحة و التمرينات البدنية تعتبر التكيف الرئيسي الحاصل في المرتفعات، و هذا نتيجة للنقص في الضغط الجزئي للأكسجين في الهواء المتنفس، عند مرتفع ٤٠٠٠م يمكن أن ترتفع التهوية الرئوية حوالي ٥٠ % في الراحة، أثناء التمرينات البدنية تحت قصوى ترتفع مستويات التهوية من أجل إزالة غاز CO_2 أي بمعنى وسط أقل حموضة ، من أجل العمل على الرفع من درجة الحموضة PH يعمل الجسم على التخفيض من مستوى البيكربونات في الدم.

- قواعد ومميزات التدريب الهيبوكسيك

هناك عدد من الأساليب المتبعة عند تدريب المرتفعات ومنها (الركض على التلال ، واسلوب كتم النفس (الكمامات) ، واسلوب تدريب الركض في الغابات ، اسلوب نقص الأوكسجين "الهيبوكسيا" (Hypoxia) ، والتدريب بنقص الأوكسجين ، وتدريب نقص الأوكسجين المتقطع (IHT) ، ونظام غرف نقص الأوكسجين (HRS) ، أوضحت المصادر أن التدريب الهيبوكسيك يتطلب بعض القواعد هي :

١- يتراوح حجم التدريب بنقص الأوكسجين من (٢٠-٥٠) من الحجم الكلي لزمن و الوحدة التدريبية

٢- لا يسمح باستخدامه لمدة طويلة بسبب حدوث الإغماء أو الغثيان.

٣- التوقف لحظة الشعور بالصداع والذي قد يستمر لمدة ٣٠ دقيقة.

٤- تحديد الشدة أو السرعة المستخدمة إذ يجب مراعاة تقليل التكرار مع استخدام تدريب السرعة.

٥- لا يستخدم تدريب الهيبوكسيك في مجال المنافسات.

٦- يعد التدريب بتقليل التنفس مع الأحمال كبيرة التأثير على الجسم ولذلك لا يجب الاستمرار المنافسات طويلة بهذه الطريقة.

ومن مميزات تدريبات الهيبوكسيك:

١- تغيرات معدل التنفس في الدقيقة (زيادة) .

٢- تغيرات في كمية دفع الدم في الدقيقة . (زيادة) .

٣- تغيرات في عدد كريات الدم الحمراء. (زيادة) .

٤- تغيرات في الشعيرات الدموية (زيادة في السمك وكثرة التعرجات)

٥- تغيرات في كمية هيموغلوبين الدم (زيادة)|

٦- تغيرات في بلازما الدم مما يؤدي إلى زيادة كميات الأوكسجين المنقولة عبر الدم .

٧- تغيرات في درجة اللزوجة في الدم (زيادة)

٨- تغيرات في مستوى أقصي سعة لاستهلاك الأوكسجين (زيادة)

٩- تغييرات في أعداد المايتوكندريا (بيوت الطاقة) . زيادة .

١٠-تغييرات في الجهاز العضلي (تكيف) .

١١-تغييرات في نشاط الإنزيمات ، مما يؤدي إلى تحسين القدرة الهوائية .

١٢-زيادة كفاية الإمداد الدموية للأنسجة .

١٣-تغييرات في حجم مخزون الأوكسجين داخل الخلية نتيجة لعملية التأقلم والتكيف .

١٤-تغيرات في مختلف العمليات الخاصة بالطاقة (زيادة في نشاطها)

❖ **قناع الهايبوكسيا (Training Mask):**

أن استخدام القناع يعني استخدام أوكسجين أقل من الاعتيادي فلذلك يعمل الجسم ضعفين اثناء عملية التنفس ومع ذلك فانه لا يعكس الضغط الجوي الحقيقي لارتفاع (٢٠٠٠٠) ألف قدم و إذا أردنا تحقيق ذلك فيمكننا وضعه في غرفة الضغط الخاصة بذلك .

أن هذه الطريقة تحاكي مستويات الأوكسجين على ارتفاعات اعلى وتتسبب بـ (HAPE) من نقص الأوكسجين وهذا من شأنه أن يكون وسيلة للتدريب أكثر أمناً، ومن ناحية اخرى فان قلة الضغط الجوي قد يؤدي إلى تورم الدماغ ولا يمكن تحقيق هذا الشرط باستخدام القناع .

أن الارتفاعات العالية يكون الضغط الجوي فيه قليلاً مما يؤدي إلى نقص الأوكسجين للتر الواحد ، هذا من جهة ومن جهة أخرى فأن زمن لبس القناع لم يحدد كل يوم أو خلال التمرين ولكن يمكن التدرج من (٥ –١٠– ٢٠) دقيقة وبحسب قابلية الشخص المرتدي للقناع.

فيمكن تدريب الرياضيين على اداء مجهود بدني متواصل مع تقليل في حجم الأوكسجين اللازم بعيدا عن تعرض اللاعب الأمراض قد تحجب عنه كميات الأوكسجين اللازمة ، ويتم ذلك بوضع البرامج الخاصة بذلك ، إذ يذكر أبو العلا أحمد أن مدربي ألعاب القوى في كل من أمريكا وألمانيا واستخدموا تدريبات الهيبوكسيك عند تدريب لاعبيهم التي أعطت نتائج طيبة في المستوى .

يذكر أسامة رياض وإمام حسن " يمكن تقليل نسبة الضغط الأوكسجيني أثناء الأداء الرياضي بأن يتم التدريب باستخدام غطاء للفم والأنف.

وعندما تريد نخبة من الرياضيين تحسين أدائهم يذهبون إلى مستويات عليا (ارتفاع عال) للتدريب وعندما يعودون إلى مستوى سطح البحر يؤدون بطريقة ومستوى اقوى بكثير و اسرع و زيادة بالقدرة على التحمل .

وتُعرف هذه الأقنعة بأسماء متعدّدة، منها أقنعة التمرين، وأقنعة التنفس، وأقنعة نقص الأوكسجين Hypoxia Masks، وأقنعة محاكاة المرتفعات High Altitude Simulation Mask، وأقنعة الارتفاع Altitude Mask .

وتعد هذه الأقنعة منتجا حديثا نسبيًا، وقد صُمّمت لتقليد ومحاكاة تأثير الارتفاع عن مستوى سطح البحر عبر تقييد تدفق الهواء إلى رئتي مرتدي القناع والحدّ منه، إذ يعتقد بعض من الناس

أنّ هذا التأثير مفيد لتعزيز عضلات الجهاز التنفسي وخلق حالة من نقص الأوكسجين في الدم Hypoxemia بغية تحقيق الهدف النهائي المتمثل في تحسين الأداء الرياضي.

وقد شهدت العقود القليلة الماضية عدّة محاولاتٍ لمحاكاة التمرين فوق مستوى سطح البحر بطرائق مختلفة بدءًا من غرف النوم المرتفعة الضغط وصولا إلى الخيم المنخفضة الأوكسجين والات نقص الأوكسجين المحمولة، وتتطلب جميع هذه الطرائق مستوى احترافيًا عاليًا قبل التمكّن من تجربتها، في حين تُعدّ أقنعة نقص الأوكسجين خيارا أرخص نسبيًا،