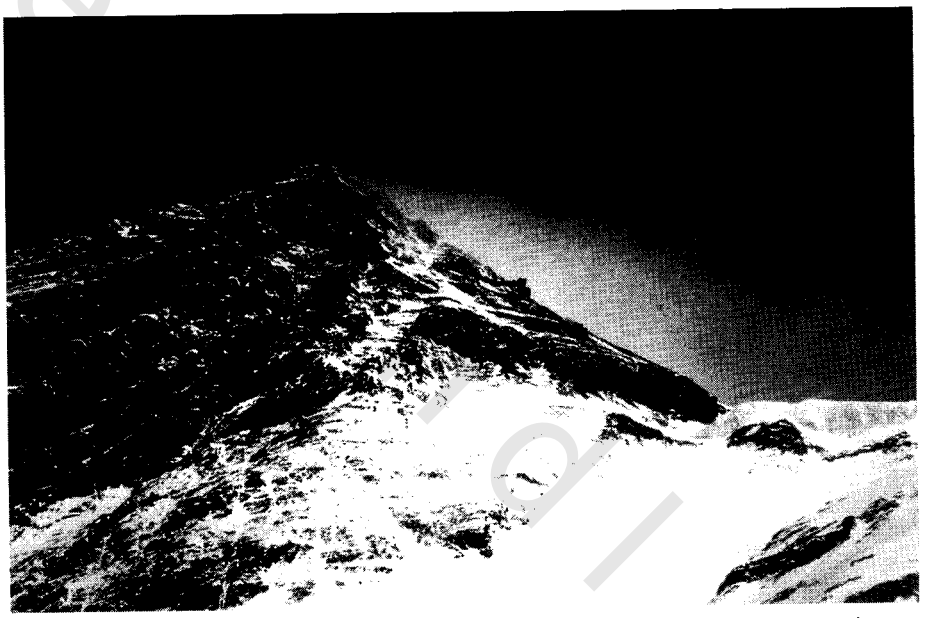
1

العيش في الأعالي

«تُصنع الأشياء العظيمة حين يلتقي الرجال والجبال»

«ويليم بليك، أقوال شعرية مأثورة»

obeikandl.com



قمة إيڤرست

obeikandl.com

تعد قمة إيڤرست، بارتفاعها البالغ 8848 م (29029 قدماً)، أعلى جبل على الأرض. ولو كان بالإمكان أن تنتقل فوراً من سطح الأرض إلى ذروة الجبل لكنت ستفقد وعيك وتدخل في غيبوبة خلال ثوان لنقص الأوكسجين. مع ذلك، وصل المتسلقان النمسويان پيتر هابلير وراينولد ميسنر سنة 1978 إلى قمة إيڤرست دون إمدادات إضافية من الأوكسجين، ثم فعل ذلك أيضاً أكثر من خمسة وعشرين رجلاً آخر بعد عشر سنوات. فما هو يا ترى تفسير مأثرتهم المستحيلة ظاهرياً؟ إن قصة الكشف العلمي لكيفية الإجابة عن هذا السؤال قد حل لغزها، كما أن الانعطافات والالتفافات على طول الطريق، الإثارات، أعمال التحمل البطولية الخارقة والشخوص المتكونة ذات العلاقة، كلها موضوع هذا الفصل.

طوال قرون، ظلت الجبال تسحر الناس وتشكل تحدياً لهم. فهي الجميلة لكن الممتنعة. كان يعتقد بادئ ذي بدء أنها موطن الآلهة، فآلهة الإغريق كانت تقيم على ذروة جبل الأولمپ، أعلى جبل في بلاد الإغريق. كما كان الهنود ينظرون إلى جبال الهملايا باعتبارها مقر الآلهة. كذلك وجدت أدلة في جبال الأندز على تضحيات كان يقدمها الإنسان القديم ربما

---

(1) و. جـ تيرنر (1889 ـ 1946) «رومانس».

لآلهة الجبال. بل حتى اليوم، ثمة ثقافات كثيرة تنظر إلى الجبال بقدسية واحترام. فقد قام تنزينغ نورغي بدفن الشوكولاتة والبسكويت في قمة إيڤرست عند أول وصول ناجح له، تقدمة منه للآلهة التي تقيم هناك. ذلك أن الجبال ما انفكت تحتجب خلف الأساطير والحكايات، ذراها وجروفها لا يسكنها، كما يتخيل الناس، الآلهة وحسب بل أيضاً مخلوقات غامضة مثل «البيتي الهيملاوي» و«تروكو» التشيلي الجنوبية (الذي يتغذى على دم البشر). بل حتى أسماؤها ساحرة: «تشيمبورازو، كوتوپاكسي، لقد اختلست مني روحي»!. مع ذلك وعلى الرغم، أو ربما بسبب هذه الحكايات، كان الناس ينجذبون دائماً إلى الجبال، سواء للإنعاش الروحي، أو لوعد بكنز مخبوء، أو كوسيلة للهروب من أنظمة استبدادية، أو للإثارة الكامة في اكتشاف أرض جديدة، أو، بصورة دنيوية أكثر، لشق طريق إلى الجانب الآخر، أو كما وردت في عبارة جورج مالوري الشهيرة، وبكل بساطة، «لأنها هناك»[2].

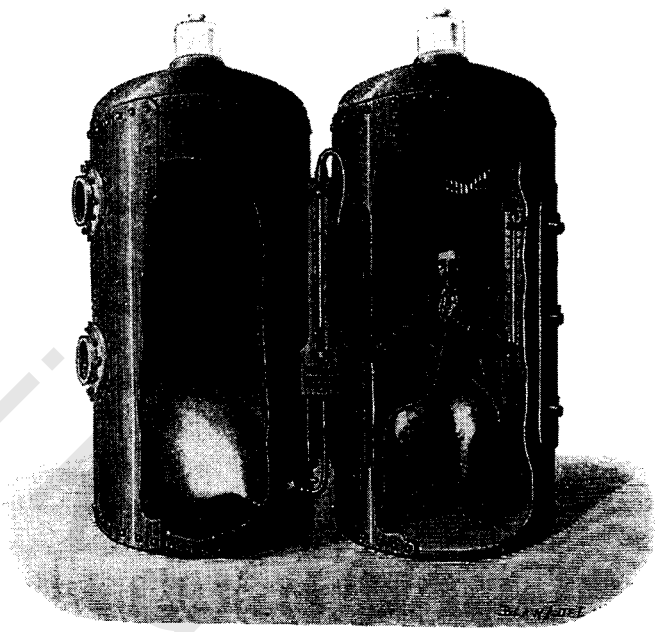
نتيجة لذلك، عُرف دوار الجبال منذ قرون. غير أن سببه ظل لغزاً غامضاً على القدماء الذين كانوا يعزونه لوجود الآلهة (التي تدفع الرجال للجنون) أو لانبعاثات سامة من النباتات، وهو ما أفضى إلى النظرة الأوروبية للجبال، باعتبارها خطرة وغامضة. لكن، قرابة النصف الأخير من القرن التاسع عشر، بدأ تسلق الجبال يظهر كرياضة وبدأ الرجال يتنافسون مع العوامل والقوى الجوية ومع بعضهم بعضاً في من يصل أولاً إلى أعلى القمم. كما أصبح الفيزيولوجيون، شيئاً فشيئاً يهتمون بتأثيرات الارتفاع على الجسم، وشيئاً فشيئاً صاروا أكثر معرفة بأسبابها، كما أسهمت دراساتهم إلى حد كبير في نجاح أول حملة للوصول إلى قمة إيڤرست. مع ذلك، كانوا المرة تلو المرة يندهشون بقدرة متسلقي الجبال على بلوغ ارتفاعات أعلى من توقعاتهم.

يُحدّد الارتفاع العالي، وعلى نحو اعتباطي نوعاً ما، بأنه الأعلى من

(2) جواب مالوري الشهير عن سؤال: «لماذا تريد أن تتسلق قمة إيڤرست؟»

3000 م (10000 قدم) فوق سطح البحر. على أن كثيراً من الناس، ربما قرابة 15 مليوناً، يعيشون فوق هذا الارتفاع في مناطق جبلية من العالم، وبأعداد أكبر من الأندز، الهملايا، والمرتفعات الإثيوبية. كما أن كثيراً من الناس الآخرين يزورون ارتفاعات تربو على الـ 3000 م كل سنة بغرض التزلج. السياحة، والتجوال وأشياء المرء على ظهره. إن أعلى موطن دائم للبشر هو مستوطنات التعدين على قمة أوكانكيلك في جبال الأندر، على ارتفاع 5340 م. وعلى الرغم من أن مناجم الكبريت تقع على ارتفاع 5800 م، إلاَّ أن عمال المناجم يفضلون أن يصعدوا كل يوم 460 متراً إضافياً إلى عملهم على أن يناموا على ارتفاع أعلى. كذلك من المعروف عن الجيش الهندي أنه يبقي جنوده شهوراً عديدة، على ارتفاع 5490 م لحراسة حدوده مع الصين، لكن ربما هذا هو الحد الذي يمكن للإنسان أن يعيش فيه فترة مديدة من الزمن. لأن الحياة في ارتفاعات كهذه مشحونة بالمصاعب. على رأس هذه المصاعب انخفاض نسبة الأوكسجين في الهواء، بيد أن البرد، التجفف والإشعاع الشمسي المكثف كلها مشكلات هامة أيضاً.

إن النقص في كثافة هواء الارتفاعات يعني أنه يحوي أوكسجيناً أقل، مما يثير مشكلة كبيرة بالنسبة إلى معظم المقتضيات، بما فيها الإنسان، تلك التي تحتاج باستمرار إلى الأوكسجين لتزود به خلاياها كلها. يحترق الأوكسجين، داخل كل خلية، جنباً إلى جنب مع الأغذية كمائيات الفحم مثلاً، لإنتاج الطاقة، والخلايا التي تبذل جهداً أكبر، كالخلايا العضلية مثلاً، تحتاج نسبياً إلى أوكسجين أكثر. وكل زيادة في ممارستها الرياضة تزيد من متطلباتها. لقد اكتشف الأوكسجين سنة 1775، على نحو ما ذكرنا في الفصل السابع، وعلى الفور تم تفهم آثاره المفيدة. لكن كان لا بد من مرور مئة سنة أخرى تقريباً قبل أن يكتشف الفرنسي پول بيرت أن نقص الأوكسجين هو السبب الرئيسي لدوار الجبال. ثم انقضى وقت أطول قبل أن تصبح فكرته مقبولة على نطاق واسع.



يدعى پول بيرت (1833 ـ 1886) وعلى نطاق واسع بأنه أبو فيزيولوجيا الارتفاعات وطب الطيران. لقد صنع، وهو تلميذ للفزيولوجي الفرنسي الشهير كلود برنار، حجرة لإزالة الضغط كبيرة إلى حد يكفي لأن يجلس داخلها رجل بصورة مريحة في مختبره الواقع في السوربون في باريس، كي يحدث ما يحاكي آثار الارتفاع. ويجسد عمله الشهير، «الضغط البارومتري» الدليل على دعم فكرته بأن الآثار المؤذية للصحة الناجمة عن الارتفاعات العالية إنما تعود لنقص الأوكسجين. كذلك كان أول من بيّن أن مرض زوال الضغط (الالتواء) يعود لتشكل فقاعات في الدم (أنظر الفصل الثاني).

القصص الأولى عن دوار الجبال

كان الصينيون أول من سجل آثار الارتفاعات في النص الكلاسيكي «شيين هان شو» الذي يصف الطريق بين الصين وما يمكن أن يكون أفغانستان الآن، وذلك قرابة 37 ـ 32 قبل الميلاد: «مرة ثانية وعند اجتياز جبل الصداع الكبير، جبل الصداع الصغير، الأرض الحمراء وسفح الحمىٰ، أصبحت أجسام الرجال كأنها مصابة بالحمى، إذ فقدوا ألوانهم وأصيبوا بنوبة من الصداع والإقياء، وهي الحالة التي أصيب بها الحمير والماشية أيضاً». لقد أشار الباحث الصيني البارز جوزيف فيدهام إلى أن تجارب كهذه أقنعت

الصينيين بأن المقصود من ذلك هو أن يبقوا ضمن الحدود الطبيعية لبلادهم. كذلك فإن الإغريق، الذين وجدوا أن أنفاسهم انقطعت على قمة جبل الأولمپ (قرابة 2900 م)، زعموا أن القمة هي حكر للآلهة وأنها خارج نطاق البشر الفانين.

لقد نشر الأب خوسي دي أكوستا، وهو من الإرسالية الجزويتية الإسبانية التي عبرت الأندز وقضت فترة من الزمن فوق الهضبة المعروفة باسم التيپلانو، واحداً من أول الأوصاف الواضحة لتأثير دوار الجبال الحاد وذلك سنة 1590 إذ أصيب الكثير من أفراد جماعته بالمرض حين عبروا الممر العالي في پارياكاركا (4800 م) «بل أنا نفسي فوجئت بوخز ألم شديد وغريب إلى درجة كدت معها أن أسقط «فاعتبر أن» الهواء هناك رقيق وخفيف بحيث لا يتناسب مع تنفس الإنسان: «كما كتب أنهم وجدوا أن ذلك الممر والممرات الأخرى على طول حواف الجبال هي ذات برودة غريبة، مع أنها أكثر غرابة في بعض النواحي مما هي في نواح أخرى، وهي نوعاً ما أكثر غرابة بالنسبة لمن صعدوا من ساحل البحر مباشرة. والآن يشير الباحثون إلى أن الحالة ربما ليست كذلك، نظراً لأن النص الإسباني الأصلي ترجم ترجمة غير صحيحة على ما يبدو.

مع ذلك، كان سكان الإنكا المحليون يدركون جيداً آثار الارتفاعات وكم تستغرق عملية التأقلم من وقت. لقد كانوا يعرفون أن سكان الأراضي الواطئة يموتون بأعداد كبيرة إذ إما نقلوا إلى ارتفاعات عالية للعمل في المناجم. وكانوا يحتفظون بجيشين، أحدهما يحتفظ به بصورة دائمة في الارتفاعات العالية لضمان تأقلمه والثاني يستخدم للقتال في المناطق الساحلية. ولكي ينجوا من وحشية الغزاة، كان الإنكا يتراجعون إلى الجبال صاعدين إلى الأعلى والأعلى حيث كان الغزاة الإسبان يجدون صعوبة في الذهاب في أثرهم. وعلى الرغم من أن الإسبان أقاموا، أخيراً، مدينة في پوتوسي (4000 م) إلاّ أنها كانت إلى حد كبير مدينة حدودية وكان يتعين

على النساء والمواشي العودة إلى ساحل البحر للإنجاب وتربية النسل في السنة الأولى. ورغم أن خصوبة النساء المحليات وإنتاجيتهن لم تكن تتأثر، إلاّ أن الأطفال الإسبان الذين كانوا يولدون في الأعالي كانوا يموتون لدى الولادة أو في الأسبوعين الأولين من العمر. وأول طفل من سلالة إسبانية بقي على قيد الحياة لم يولد إلاّ بعد ثلاث وخمسين سنة على تأسيس المدينة وذلك عشية عيد الميلاد سنة 1598، وهو الحدث الذي قوبل بالتحية والتهليل باعتباره معجزة من معجزات القديس نيقولا تولنتينو. لكن من المحزن أنه ما من أحد من أطفال «المعجزة» الستة عاش حتى البلوغ. غير أن المعضلة حلت نفسها بنفسها بعد جيلين أو ثلاثة، ربما بسبب التزاوج مع السكان الأصليين. أمّا الماشية والخيول فقد بقيت عقيمة نسبياً. نتيجة لذلك، نقل الإسبان العاصمة أخيراً إلى ليما. على أن دوار الجبال الطفولي ليس مجرد مشكلة من مشكلات الماضي. إذ إنه يؤثر حتى اليوم على صينيي المكان من الأراضي الواطئة الذين يستوطنون التيبت.

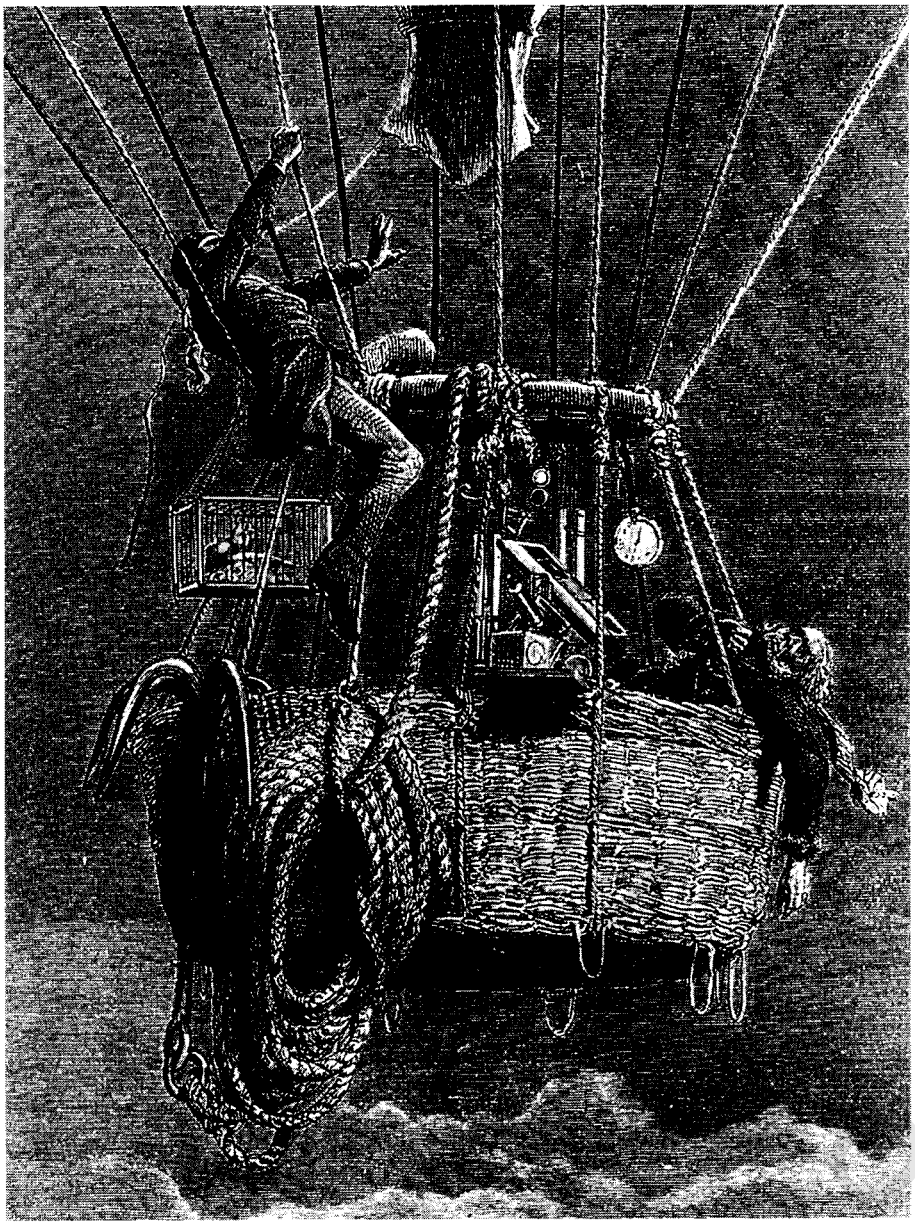
يكون دوار الجبال، كما قدر الإنكا، أقل حدة لدى الناس الذين يتعودون الارتفاعات بصورة تدريجية. أمّا النتائج الفظيعة والمميتة غالباً التي تنجم عن الصعود السريع جداً إلى الارتفاعات العالية فقد واجهها أول مرة المنطاديون الأوائل. إن أول طيران بمنطاد يعمل بالهواء الحار قام به سنة 1783 جان فرانسوا پيلاتر دي روزييه والماركيز دار لاندز في منطاد صنعه الأخوان مونغولفيي، إتيين وجوزيف، بعدئذ. وفي السنة نفسها، اخترع الفرنسي جاك شارل منطاد الهدروجين وبلغ، في صعوده الأول، ارتفاع 1800 م، دون أي آثار ظاهرة لأي مرض. لكن باستطاعة المناطيد أن تصل إلى ارتفاعات يمكن أن تكون ذات نتائج خطيرة.

وصفت أعراض مرض الارتفاع، التي تصاحب الطيران بالمنطاد، في تقرير شهير كتبه جيمس غليشر، وهو عالم أرصاد جوية رافق المنطادي هنري كوكسويل في رحلة جوية من وولڤر ـ هامپتون سنة 1862. لقد صعدا، خلال

ساعة إلى ارتفاع سجل فيه مقياس الضغط 247 مليمتراً زئبقياً ـ أي قرابة 8850 م. ثم استمرا في الارتفاع، غير أن الارتفاع الذي بلغاه بالضبط غير واضح نظراً لأن فليشر لم يعد قادراً، في ذلك الارتفاع، أن يرى مقياس الضغط بوضوح، ولم يعد واثقاً من أن مقياسه صحيح، لكنه يحتمل أن ما سجله كان يقارب 11000 م. لقد وصف بكل وضوح كيف اكتشف أن ذراعيه ورجليه جميعاً قد شلت وأنه بات عاجزاً عن قراءة ساعته أو رؤية رفيقه بوضوح، وأنه حاول أن يتكلم لكنه وجد أنه لا يستطيع ذلك ثم أصيب بعد ذلك بالعمى المؤقت. أخيراً، فقد الوعي. ولحسن الحظ أن كوكسويل لم يصب بالعجز تماماً بل ظل قادراً على إنزال المنطاد، إنما بكثير من المشقة، وذلك بتفريغ الهدروجين. لقد اضطر، نظراً لأن ذراعيه شلتا عن الحركة، لأن يسحب الحبل الذي يحرر صمام التفريغ، بأسنانه. في الطريق إلى الأسفل، استعاد غليشر وعيه وبات قادراً على تسجيل الملاحظات ثانية على ارتفاع قدّره هو نفسه بنحو 8000 م. وهو ما يوضح الشفاء السريع الذي يمكن أن يحدث عن إصابة حادة بنقص الأوكسجين.

بعد بضع سنوات، وقعت الإصابات القاتلة الأولى وذلك سنة 1875، عندما صعد ثلاثة علماء فرنسيين هم سيڤل، تيسانديه، وكروس سپيننللي، إلى ما يزيد عن 8000 م بالمنطاد «فزنيث». إذ على الرغم من أنه كان لديهم معدات أوكسجين أولية إلاّ أن مقدار الأوكسجين الذي كان يصل إليهم كان ضئيلاً، فاتفقوا على ألاّ يستخدموه إلاّ عند الضرورة[3]. لكن لسوء الحظ أن فرط الثقة بالنفس والإحساس بأنهم على أحسن ما يرام، وهو الإحساس الذي يتميز به نقصان الأوكسجين الحاد، كان معناه أن لا يستخدموه أبداً وأن يفقدوا وعيهم جميعاً. وحده تيسانديه نجا من الموت ليروي فيما بعد أنه

(3) لقد تم تحذيرهم من هذه المشكلة من قبل پول بيرت، إلاّ أن رسالته وصلت متأخرة جداً. إذ كان تاريخ الرحلة قد حدد مسبقاً، واتخذ القرار بالمضي قدماً أيّاً كان.



رحلة المنطاد الشهيرة من وولڤر هامپتون التي قام بها جيمس غليشر وهنري كوكسويل. هذه الطباعة الحجرية تصورهما وهما في ذروة صعودهما، حيث يقدر الارتفاع بنحو 11000 م (علو سبعة أميال). هنا غليشر فاقد الحس وقد انهار في السلة. أمّا كوكسويل الذي فقد القدرة على استخدام يديه بسبب البرد الشديد ونقص الأوكسجين معاً فإنه يكافح لتحرير صمام الغاز وذلك بسحب الحبل الذي يحرره بأسنانه. بالمقابل، يبدو الحمام (في السلة المعلقة بالحلقة) غير متأثر بالارتفاع.

طبعة حجرية لسيڤل، تيساندييه، وكروس سپيننللي في المنطاد «زنيث». هنا، سيڤل (إلى اليسار) يهم بقطع الخيوط التي تمسك بأكياس الصابورة كي يصعد أعلى وأعلى. فيما تيساندييه (في الوسط) يقرأ مقياس الضغط، بينما أخذ كروس ـ سپيننللي القطعة الفمية بجهاز الأوكسجين بين يديه. وهذه تتصل بالمنطاد المخطط، الذي يحوي مزيجاً من الهواء بنسبة 72 بالمئة أوكسجين.

أقلع المنطاد في 15 نيسان / أبريل 1875 من مصنع غاز في ڤيليت خارج باريس ثم صعد إلى ارتفاع 7500 م. عند هذه النقطة سأل سيڤل، وكان على حق، زميليه إن كان عليهما أن يصعدوا أعلى، ولدى تلقيه موافقتهما حرر ثقل الموازنة فارتفع المنطاد ارتفاعاً سريعاً إلى 8600 م ليغدو الرجال الثلاثة جميعاً وقد شلوا عن الحركة وغامت عيونهم قبل أن يشعروا بالحاجة إلى تنفس الأوكسجين. بعدئذ استعاد كل من تيساندييه وكروس سپيننللي فترة وجيزة من الزمن، وعيهما وبأوقات مختلفة لكن، وقد أصابهما نقص الأوكسجين بالارتباك، عمل كل منهما على تحرير المزيد من الصابورة، مما ساهم في تفاقم الوضع سوءاً، أو جعل المنطاد يرتفع أكثر وأكثر. وعندما أفاق تيساندييه أخيراً، كان المنطاد على ارتفاع 6000 م وكان يهوي سريعاً. لكن زميليه كليهما كانا قد فارقا الحياة.

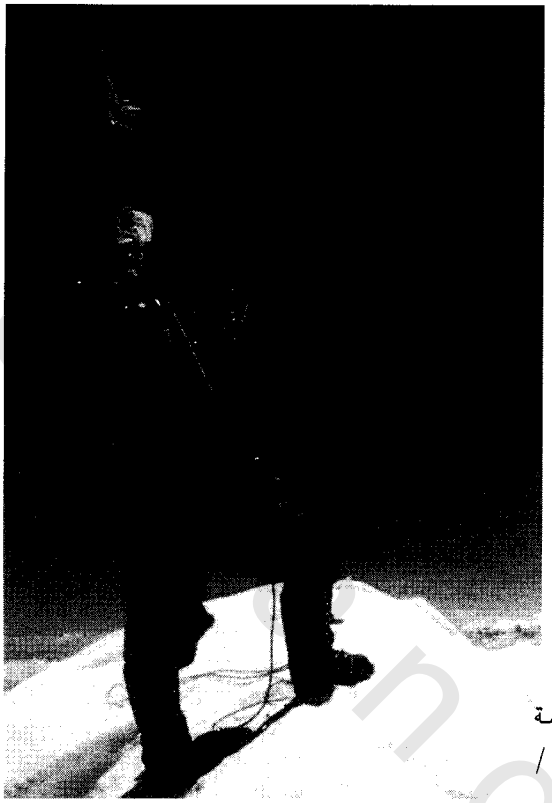
حاول أن يستخدم جهاز الأوكسجين لكنه لم يستطع تحريك ذراعيه. مع ذلك، وبعيداً عن الشعور بأنه معني، فقد كتب: «لا يعاني المرء على أي حال، بل العكس صحيح إنه يشعر بفرح داخلي وكأنه ممتلئ بفيض مشع من النور. كما يصبح غير مبال ولا يعود للتفكير بالوضع الخطر أو بالخطر أصلاً».

صعود إيرست

مع ظهور رياضة التسلق، أصبحت آثار دوار الجبال معروفة على نطاق أوسع ومفهومة على نحو أفضل. لقد قدر، في أواسط عشرينيات القرن العشرين، أن باستطاعة الناس أن يتسلقوا إلى ارتفاع 8000 م ويبقوا هناك سالمين بضعة أيام، شريطة أن يكونوا قد قضوا أسابيع كثيرة على ارتفاع متوسط وتأقلموا تدريجياً. وعلى العكس، حين يتعرضون لضغط بارومتري مماثل في حجرة إزالة الضغط، فإنهم سيغيبون عن الوعي خلال بضع دقائق.

في سنة 1953، تمت الرحلة البريطانية إلى قمة إيفرست، بقيادة السير جون هونت (اللورد فيما بعد)، وكان كل من فيها يدرك جيداً أهمية التأقلم. إن المسيرة الطويلة من كتماندو وإلى خمبو، عند أسفل الجبل، استغرقت عدة أسابيع وفرضت فترة إجبارية من التأقلم. فمعظم الطريق كان على ارتفاع 1800 م، مرتفعاً أحياناً إلى 3600 م. بعدئذ، كرست أربعة أسابيع أخرى للتأقلم في منطقة خمبو (4000 م) قبل أن يحاولوا إقامة مخيمات أعلى في الجبل. كذلك تبنى الفريق سياسة محددة وهي إقامة تلك المخيمات على الارتفاعات التي يستطيعون فيها أن يناموا ويأكلوا بسهولة. ثم النزول إلى ارتفاعات أدنى لقضاء فترات راحة لبضعة أيام ينتعشون ويستعيدون توازنهم، وهي العملية التي اعتمدتها معظم الرحلات الحديثة، وكان لها، كما سنرى، أساس فزيولوجي سليم.

كذلك، كان هناك، وللمرة الأولى، سياسة شاملة تقوم على استخدام



تنزينغ نورغي، وقد صوره على قمة إيڤرست إدموند هيلاري في 29 أيار / مايو 1953، أول صعود ناجح

أوكسجين إضافي، حيث الأوكسجين لم يكن، سابقاً، يستخدم على نطاق واسع، لأن ثقة معظم المتسلقين بالجهاز المخترع حديثاً كانت ضئيلة، فيما كان الجهاز القديم ثقيلاً جداً. على ارتفاع 6500 متر، بدأت حملة إيڤرست باستخدام الأوكسجين كي يساعد في النوم (بمعدل ليتر بالدقيقة) وكذلك أثناء التسلق 4 ل.د. لكن حتى مع توفر هذه المزية، فقد أدت آثار الارتفاع إلى نوع من الضرر بجسدي التدريجي وفقدوا جميعاً شيئاً من وزنهم، بل أصبحوا أحياناً معوَّقين بشكل حاد، تماماً كما يصف هونت ذلك خطياً:

«أصبح تقدمنا أبطأ وأكثر إنهاكاً. فكل خطوة عمل شاق يقتضي جهداً إرادياً للقيام به. لكن ما إن يسير بضعة خطوات وبإيقاع جنائزي حتى يتحتم الوقوف لاستعادة ما يكفي من القوة للمتابعة. كنت من قبل قد بدأت ألهث

متقطع الأنفاس... فيما بدت رئتاي وكأنهما على وشك الانفجار، لقد كنت أئن وأتأوه وأنا أكافح للحصول على هواء كافٍ، إنها تجربة فظيعة مرعبة، لم أكن أملك فيها القدرة على ضبط ـ الذات».

فيما بعد، اكتشف سبب هذه الصعوبة الشديدة. فالأنبوب الذي يصل قناع هونت الوجهي بزجاجة الأوكسجين كان قد سد تماماً بالجليد بحيث لم يكن يتلقى أي أوكسجين، وهكذا لم يكن يحمل جهاز الأوكسجين الثقيل وحسب، بل لم يكن يحصل على أي فائدة منه! في وقت لاحق، كتب هونت، واصفاً رحلته إلى إيڤرست: «سوف أخص الأوكسجين بذكر خاص... فهو فقط، برأيي، كان بالغ الأهمية بالنسبة إلى النجاح. ولولا الأوكسجين، ما كنا بالتأكيد لنصل إلى القمة».

في 29 أيار / مايو 1953 اقتحم إدموند هيلاري وشيرپاتنزينغ نورغي قمة إيڤرست ليصل الخبر إلى لندن في 2 حزيران / يونيو أي تماماً وقت تتويج صاحبة الجلالة الملكة إليزابيث. أعلنت ذلك مكبرات الصوت على طول طريق التتويج فقابلته بالهتاف والتهليل حشود الناس. وفي «مخيم القاعدة»، دهش الفريق الناجح وهو يسمع أخبار نجاحه تذيعها إذاعة عموم الهند، ذلك أن مراسل التايمز، جيمس موريس كان قد غادر مخيم القاعدة المتقدم في 30 أيار / مايو كي يرسل مقالته. ولكي يحتفلوا، أطلقوا اثنتي عشرة قنبلة هاون، كهدية من الجيش الهندي إلى الثلوج.

لقد أدى استخدام الأوكسجين لقهر إيڤرست إلى الاعتقاد بأنه كان من المستحيل البقاء على قيد الحياة فوق القمة لولا المساعدة. والواقع أن د. غريفيث بوغ، وهو فزيولوجي شارك في الحملة الأولى للوصول إلى قمة إيڤرست، ادعى أن «الرجال الاستثنائيين وحدهم هم الذين يستطيعون الصعود فوق 8200 م بغير أوكسجين إضافي». وقد دعم تقريره هذا عدد من الحوادث المأسوية ذهب ضحيتها نخبة من المتسلقين كانوا يتسلقون بغير

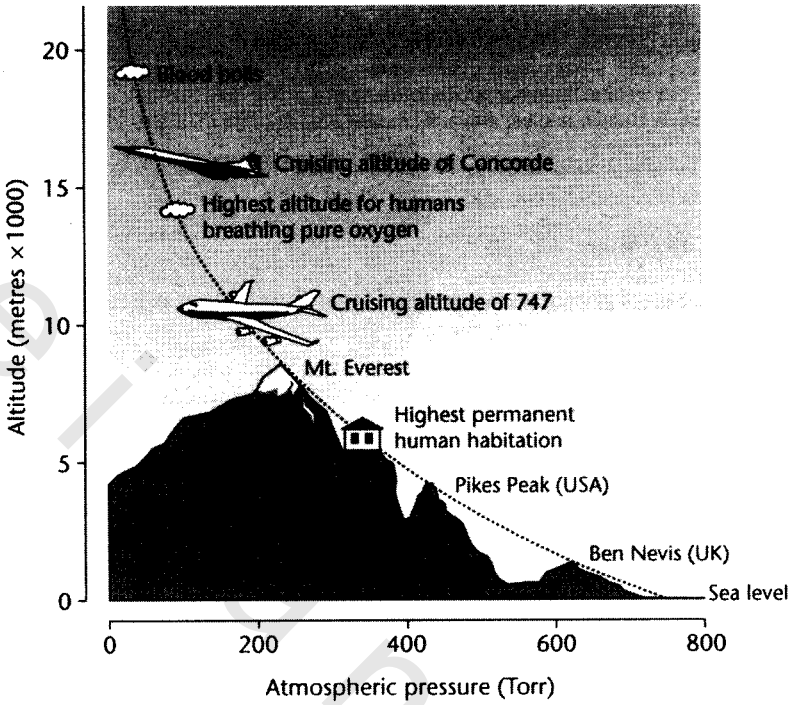
مساعدة، وكانوا يموتون عادة بسبب الإجهاد الناجم عن نقص الأوكسجين ما كان يجعلهم يترنحون بشدة ثم ينزلقون ليواجهوا حتفهم. لكن بقدر ما كان الأمر يتعلق بفزيولوجيا الارتفاعات العالية، فإن قوة إرادة المتسلقين وتصميمهم برهنا أن الفزيولوجيين على خطأ. إذ استطاع، سنة 1978، كل من پيتر هابلر وراينولد ميسنر أن يتسلقا إيڤرست دون أوكسجين. ثم كرر تلك المأثرة كثيرون آخرون، بمن فيهم سنة 1988 أول امرأة وهي ليديا بريدي (إلاّ أن زعمها هذا كان موضع خلاف، نظراً لأنها تسلقت وحيدة وبذلك لم تستطع أن تثبت عملياً إن كانت قد وصلت إلى القمة أم لا).

يتضح من هذه الروايات أنه لا بد من التمييز بين آثار الصعود المفاجئ إلى الارتفاعات، كما يمكن أن يحدث في رحلة بالمنطاد أو حين يفقد فجأة ضغط حجرة الطائرة، وبين آثار صعود تدريجي أكثر، والنموذج الأمثل له هو التسلق البطيء إلى ذروة جبل، حيث يأخذ المرء وقته اللازم للتأقلم. أمّا آثار الإقامة مدى الحياة في الارتفاعات العالية فتشكل حالة ثالثة.

استطراد بخصوص الضغط البارومتري

يعتبر إيڤانجليستا توريشللي أول من أدرك أن للهواء وزناً. ففي رسالة إلى أحد زملائه بتاريخ 1644، كتب توريشللي «إننا نعيش غارقين في قاع محيط من عنصر هو الهواء الذي يُعرف بالتجربة، التي لا ريب فيها، أن له وزناً. كذلك يشتهر توريشللي، وهو تلميذ غاليليو، بأنه صنع أول مقياس زئبقي لقياس الضغط الجوي (وهو الضغط الذي يشكله وزن الهواء نفسه).

إن النقص في كثافة الهواء مع الارتفاع إنما يعني أن الضغط الجوي يتناقص كلما ارتفع المرء أعلى وأعلى. لقد أوضح هذا، أول مرة بليز پاسكال في ما وصفه، وعلى نحو جذاب، «بالتجربة العظمى»، ليستخلص بكل بساطة أن الضغط يقل كلما ارتفع المرء أعلى، وذلك لأن وزن الهواء الضاغط على القمة يكون أقل.



أثر الارتفاع على الضغط الجوي وعلى الضغط الجزئي للأوكسجين في الهواء. لا يتناسب الانخفاض في الضغط الجوي تناسباً خطياً مع الارتفاع ذلك أن الهواء قابل للانضغاط وينسحق تحت ثقل الجو في أعلاه، لهذا يزداد الضغط بسرعة أكبر مع الاقتراب من الأرض.

حتى فترة حديثة جداً، كانت الوحدات المستخدمة في قياس الضغط الجوي (تور) تدعى باسم الإيطالي توريشللي اعترافاً بإسهاماته الهامة. لكن رسمياً الآن، حل محل تور وحدة جديدة للضغط تدعى باسم الفرنسي پاسكال، وهو التغيير الذي، كما يمكن أن نتصور، لم يمر دون اعتراض وجدل. مع ذلك، ولأن الكثير من الأبيات القديمة تستخدم المصطلح تور، ولأن الكثير من الفزيولوجيين ما زالوا، يستخدمون هذا المصطلح فقد فعلت ذلك هنا أيضاً.

يكون الضغط الجوي (أو البارومتري) على مستوى سطح البحر نحو 760 تور (مليمتر زئبقي) ويشكل الأوكسجين 21 بالمئة من الهواء 0,04 في

المئة ثاني أوكسيد الفحم[4] والبقية آزوت خالص تقريباً. وهكذا فإن الضغط الذي يحدثه الأوكسجين على سطح البحر، والمعروف باسم الضغط الجزئي للأوكسجين، هو 159 تور (أي 21 بالمئة من الـ 760 تور). على قمة إيڤرست، يكون محتوى الهواء من الأوكسجين بالنسبة نفسها، لكن، نظراً لأن الضغط البارومتري ينخفض إلى نحو 250 تور فإن الضغط الجزئي للأوكسجين في الهواء ينخفض بالنسبة والتناسب نفسيهما. وأكثر من ذلك، فإن التناقص النسبي في الضغط الجزئي للأوكسجين في الرئتين يكون أكبر حتى مما هو في الجو. هذه الحقيقة المفاجئة نوعاً ما تنشأ لأن الجسد يطلق قدراً مهماً من بخار الماء الذي يحد تواجده في الحويصلات الرئوية ـ وهي الجيوب الهوائية الصغيرة التي يتم بها التبادل الغازي بين الهواء الموجود في الرئة والهواء المنحل في الدم ـ من الفراغ المتاح للأوكسجين، وهي حقيقة تصبح مهمة بصورة متزايدة في الارتفاعات العالية.

يكون هواء الرئتين، على أي ارتفاع، مشبعاً ببخار الماء الذي ينتجه الجسم، وهو أمر تمكن رؤيته بجلاء في يوم بارد عندما يتكثف البخار الذي ينطلق مع أنفاسك خارجاً إلى الهواء البارد، مشكلاً سحابة صغيرة، وللبخار هذا ضغط جزئي مقداره 47 تور، مما يعني أنه حين يكون الضغط الجوي 47 تور، وهو ما يحدث على ارتفاع 19000 م، فإن الرئتين ستكونان

(4) نسبة CO_2 في الجو بالضبط هي دائماً موضع خلاف. ففي مطلع القرن العشرين كانت قد حددت بحيث تراوح بين 0,04 بالمئة و0,033 بالمئة ثم قام ج.س. هالدين بتجربة على سطح المختبر الفيزيولوجي في أكسفورد، في محاولة منه للحصول على القيمة بالضبط. أمّا اليوم، فالقضية هي ما إذا كانت نسبة الـ CO_2 في الجو ترتفع كنيجة لاستخدام الوقود الأحفوري أم لا. ومن المثير للاهتمام أن نسبة الـ CO_2 هذه تختلف من مكان إلى آخر على سطح الكرة الأرضية، فعندما تهبط درجة الحرارة دون 70° مئوية، كما يمكن أن يحدث في القطب الجنوبي، يتجمد الـ CO_2 وتهبط نسبته إلى الصفر. هذه الظاهرة أكثر تطرفاً حتى على المريخ حيث الجو كله CO_2 تقريباً، لذا يرق خلال الشتاء عندما تتجمد الـ CO_2 ثم يعود فيتشكل فقط في الربيع عندما ترتفع درجة الحرارة ويتبخر الغاز الجامد.

بليز پاسكال (1623 ـ 1662) يحظى بشرف كونه أول إنسان يبيِّن بصورة علمية أن الضغط الجوي ينخفض مع الارتفاع. لم يقم پاسكال بالتجربة بنفسه عملياً، بل أقنع ابن حميه وعدداً آخر من الناس المعتبرين في المدينة بأن يتسلقوا البوي دي دوم في أواسط فرنسا ويحملوا معهم مقياس ضغط ليقيسوا ما إذا كان الضغط ينخفض أم لا. فيما ترك مقياس ضغط آخر في بلدة كليرمونت تحت حراسة الأب المحترم شاستين (الذي كتب عنه للذكر بـ «أنه رجل سام بقدر ما هو مكين») وذلك بغرض الضبط والتحكم. وقد لوحظ أن المقياس الذي أخذوه إلى القمة هو وحده الذي تغير.

مشغولتين تماماً ببخار الماء، دون أي فراغ للأوكسجين أو الغازات الأخرى. وهكذا يزداد الكسر العشري للضغط الغازي في الرئتين والعائد لبخار الماء بتزايد الارتفاع ليرتفع من 6 بالمئة على مستوى سطح البحر إلى 19 بالمئة على قمة إيڤرست.

يساعد تواجد بخار الماء في الحويصلات الرئوية في تفسير لماذا يكون الضغط الجزئي للأوكسجين في الحويصلات الرئوية أدنى مما هو في الجو (وكون الجسم يستخلص الأوكسجين من الهواء هو، في الحقيقة، عامل مساهم أيضاً) وذلك يحدد جسدياً أيضاً الارتفاع الذي يمكن للبشر أن يصعدوا إليه، والذي يمكن فيه الحفاظ على نسبة الأوكسجين العادية للرئتين (100 تور) يأخذ الأوكسجين النقي، وهو ارتفاع 10400 م تقريباً، أي الارتفاع الذي يسيَّر عليه معظم الطيران التجاري. على أنه يمكن للإنسان أن يعيش على ارتفاعات أعلى لأن تزايد التنفس يطلق بعضاً من ثاني أوكسيد الفحم الموجود في الرئتين وبذلك يوفر فسحة أكبر للأوكسجين. لكن فوق 12200 ـ 13700 م يمكن أن يحدث نقص حاد في الأوكسجين ويفقد الإنسان الوعي. أما فوق 18900 م، فإن الدم «يفور» (أي عملياً يتبخر) بحرارة الجسم نفسها.

وهو يفسر لماذا يحتاج الإنسان إلى بذلة أو حجرة مضغوطة، ذات إمدادات من الهواء محتواة ـ ذاتياً، في الارتفاعات العالية جداً أو رحلات الفضاء (انظر الفصل السادس).

مخاطر إزالة الضغط المفاجئة

«في حال الفقدان المفاجئ لضغط الحجرة، تنزل أقنعة الأوكسجين من أماكنها فوق رؤوسكم». إن التزايد الهائل في السفر جواً خلال الخمس وعشرين سنة الماضية إنما يعني أن معظمنا يألف هذه الكلمات، رغم أن القلة القليلة منا، لحسن الحظ، جرَّبت مثل هذه الحالة الطارئة. تسير معظم طائرات النقل على ارتفاع نحو 10400 م، فإذا انفتحت نافذة في ارتفاع كهذا، سيصحب ذلك صوت عالٍ للهواء وهو يندفع خارج الحجرة إلى أن يتوازن الضغط في الداخل مع الضغط الخارجي. نتيجة لذلك، فإن الأشياء الفالتة، الناس غير المثبتين بأحزمة يمكن أن يتدفقوا مع الهواء إلى الخارج فيما تمتلئ حجرة الطائرة بضباب خفيف مع هبوط في درجة الحرارة إلى ما يساوي مثيلتها في الخارج مما يؤدي إلى تكثف بخار الماء في الهواء. إنه لأمر حيوي أن تلبس قناع الأوكسجين بسرعة، نظراً لأن مستوى الأوكسجين في رئتيك سوف يهبط على الفور وتفقد وعيك خلال أقل من ثلاثين ثانية. غير أن الوقت «النافع» الذي يستطيع القبطان أن يقوم بإجراء تصحيح له، هو أقل حتى نحو خمس عشرة ثانية فقط. لقد أغمي على أحد الطيارين لأنه ارتفع بطائرته عندما أزيل ضغط قمرته فجأة وانحنى لالتقاطهما قبل أن يلبس قناعه الأوكسجيني، لكن لحسن الحظ لم يقع مساعده في الخطأ نفسه.

يكون الضغط الجزئي للأوكسجين في الرئتين على ارتفاع 10400 م، وأنت تتنفَّس هواء غير مضغوط، نحو 20 تور، وهو أدنى بكثير من المطلوب للحفاظ على الحياة. لكن عندما تتنفس الأوكسجين النقي، ترتفع إلى نحو 95 تور، وهو كافٍ للبقاء على قيد الحياة إذا كنت تجلس بهدوء،

إلاّ أنه غير كافٍ إن كنت تجهد نفسك. وهذا هو السبب الذي يفسر لماذا يدرب ركاب الطائرة على الجلوس بسكينة إلى أن تستوي الطائرة على ارتفاع معقول (السبب الآخر هو أن الطائرة تكون في وضع ميلان حاد لتكسب ارتفاعاً أو تفقد ارتفاعاً بسرعة).

في أوائل الحرب العالمية الثانية اتضح انخفاض القدرة على ممارسة الجهد في الارتفاعات العالية أيما اتضاح. إذ رغم أن رماة الرشاشات الخلفية للقاذفة التي تطير على ارتفاع 5500 متر كانوا متنبهين تماماً وهم يجلسون وراء رشاشاتهم يتنفسون الهواء، فإنهم، حين حاولوا أن يزحفوا راجعين إلى القسم الرئيسي من الطائرات، أُصيب كثيرون منهم بالإغماء. السبب هو أن الحاجة المتزايدة للأوكسجين من قبل العضلات العاملة لم يستطع تلبيتها مما كانوا يأخذونه من الهواء، وبذلك انخفض الأوكسجين المتاح للدماغ إلى ما هو أدنى من المطلوب لبقاء الوعي. لكن، إذا كان المرء يجلس بهدوء، يمكنه أن يرتفع إلى 7000 متر، وهو يتنفس الهواء في طائرة غير مضغوطة، قبل أن يفقد وعيه، وهو ارتفاع، كما يمكن ملاحظته، أدنى بكثير من قمة إيڤرست.

على أن الحالة الأكثر حذراً من إزالة الضغط الفورية إنما هي الفقدان البطيء لضغط الحجرة نظراً لأن الانخفاض التدريجي في نسبة الأوكسجين قد لا تظهر مباشرة نتيجة لذلك. قد لا يدرك الطيار أن ثمة خطأ ما وبالتالي يخفق في اتخاذ إجراء تصحيحي. مثل هذا النقص التدريجي في الأوكسجين، كما وصفه المنطاديون الأوائل بكل وضوح، يمكن أن يولد مشاعر بالنشوة والجذل ويؤدي إلى فقدان التركيز وإضعاف المقدرة على الحكم، لينجم عنه في النهاية انخفاض في القدرة العضلية، فقدان الوعي، الغيبوبة ومن ثم الوفاة. هذه الآثار تنجم عن عجز الجسم عن التكيف بسرعة كافية مع انخفاض نسبة الأوكسجين في الهواء على ذلك الارتفاع.

إن الحد المسموح به للطيران بلا أوكسجين في حجرة غير مضغوطة هو 3000 متر، برغم أنه يتم استخدام الأوكسجين عادة بدءاً من ارتفاع 2400 متر لضمان هامش سلامة جيد. يضغط الهواء في طائرات النقل التجارية على ارتفاع 1500 ـ 2400 متر فوق سطح البحر، نظراً لأن الوزن والكلفة المطلوبين للحفاظ على فارق ضغط أكبر على جدران الحجرة يقفان مانعاً. كما أنه غير ضروري، نظراً لأن الضغط الجزئي للأوكسجين، على هذا الارتفاع، يكون كافياً لضمان أن الدم سيكون مشبعاً تماماً بالأوكسجين بشكل عادي. غير أن مرضى القلب والرئتين قد لا يكونون قادرين على التكيف مع نقصان مستويات الأوكسجين وقد يحتاجون إلى الأوكسجين أيضاً في أثناء الطيران. إن تعديل ضغط الحجرة بالنسبة إلى ذلك الموجود على الأرض، والعكس بالعكس، هو السبب في «فرقعة» الأذنين التي يعاني منها الركاب أثناء هبوط الطائرة وإقلاعها عن مستوى سطح البحر (وهي الظاهرة التي سنفسرها بتفصيل أكثر في الفصل الثاني).

خلافاً لطائرات النقل التجارية، ثمة الكثير من الطائرات المقاتلة ذات الأداء العالي، غير مضغوطة أو تضغط فقط بدءاً من ارتفاع 7600 متر. ذلك أن الوزن الإضافي الذي ينجم عن ضغط الحجرة ضغطاً كاملاً قد يجعل الطيار أقل قدرة على المناورة بكثير. نتيجة لذلك يتعيَّن على الطيار أن يلبس قناعاً وجهياً محكم السد ويتنفس مزيجاً من الهواء والأوكسجين النقي. يعدل المزيج بصورة آلية وفق الارتفاع بحيث يضمن أن يتلقى الطيار كفايته من الأوكسجين، لكن الأكثر بكثير يسبب له التسمم بالأوكسجين (انظر الفصل الثاني). لكن فوق 11500 متر، يتعيَّن على الطيار أن يتزود بالأوكسجين النقي المضغوط. إن تنفسه الهواء المضغوط يبدو وكأنه أمر غريب أو خلافاً للتنفس العادي، حيث الشهيق، أي استنشاق الهواء عملية إيجابية فاعلة والزفير سلبي منفعل يحدث فقط حين تسترخي عضلات الصدر، فإن الهواء المضغوط يملأ الرئتين وهما في حالة سلبية منفعلة فيما يتعين إخراجه وهما

في حالة إيجابية فاعلة. بذلك، يمكن أن يكون التنفس المضغوط عملاً شاقاً تماماً. لكن ثمة مشكلة أخرى هي أن الرئتين قد تنفجران إذا ازداد ضغط الغاز زيادة شديدة، وذلك أشبه نوعاً ما بالضفدع المعتد بنفسه في حكاية إيسوب، ذلك الضفدع الذي نفخ صدره إلى أن انفجر. لكن إذا ما توفر ضغط ما خارجي قابل لدعم جدار الصدر، يمكن للرئتين أن تتحملا ضغوطاً غازية أعلى. لهذا يلبس طيارو القوات الجوية بذلة ضغط مضاد في الارتفاعات العالية. إنها بشكل أساسي بذلة محكمة السد تنفخ حول الصدر والبطن بهواء ذي ضغط جوي منخفض ويستخدمها الطيارون العسكريون فوق 12000 متر تجنباً لخطر زوال الضغط الانفجاري إذا ما تشقق غطاء الطائرة (بشظية، مثلاً). مثل هذه البذلة لبستها جودي ليدن حين قامت بانزلاقتها المعلقة من منطاد على ارتفاع 12000 متر فوق البادية الأردنية سنة 1996، وقد ضربت، بفعلها ذلك، الرقم القياسي المسجل عالمياً للانزلاق المعلق.

تصمم الطائرات المدنية بحيث يستغرق، إذا ما أصيبت نافذة بعطل ما، خروج الهواء وانخفاض الضغط بضع ثوان (وهذا أحد الأسباب التي تفسر لماذا نوافذ الكونكورد صغيرة جداً). لكن إذا ما أصيبت طائرة مقاتلة بقذيفة أو اضطر طيارها إلى الخروج منها لسبب طارئ بأن يقذف نفسه خارج غطاء القمرة وهو على ارتفاع عالٍ، فإن زوال الضغط يمكن أن يتم بسرعة كبيرة جداً. كذلك يدرب الطيارون على التنفس خلال إزالة الضغط ليمنعوا تمدد الهواء اللاحق من أن يمزق رئاتهم. كما أنهم يكونون عرضة للإصابة «بالالتواء» الذي يحدث عندما تنطلق الغازات المنحلة في سوائل الجسم على شكل فقاعات من المحلول حين ينخفض الضغط. تحاكي مشكلات تمدد الغاز لدى إزالة الضغط في الارتفاعات تلك المشكلات التي يعاني منها الغواصون الصاعدون من الأعماق والتي نتفحصها في الفصل الثاني بعمق أكثر.

تطير الكونكورد، على عكس معظم الطيران التجاري، على ارتفاع

15000 ـ 18000 متر. وهذا ارتفاع أعلى بكثير من الحد الذي يمكن فيه البقاء حياً (السقف هو نحو 14000 متر) حتى وإن كنت تتنفس الأوكسجين النقي المضغوط. ذلك أن الضغط البارومتري المنخفض في هذه الارتفاعات يعني، كما شرحنا من قبل، أنه وبكل بساطة لا يوجد فراغ كافٍ في الرئتين للمقدار الضروري من الأوكسجين، كما أنه قريب من الحد الذي تبدأ فيه سوائل الجسم بالتبخر في درجة حرارة الجسم (18900 متر)، لذلك فإن زوال الضغط المفاجئ في طائرة الكونكورد تطير على مثل ذلك الارتفاع يحتمل أن يكون قاتلاً، وهي الحقيقة التي قد لا يعيها، لسعادتهم، الكثير من المسافرين.

دوار الجبال الحاد

على الرغم من أن قلة من الناس يمكن أن تعاني من زوال ضغط مفاجئ في طائرة. فسهولة السفر المتزايدة وانتشار شعبيته، عطل المغامرات في السنوات الأخيرة إنما يعني أن الكثير باتوا يعرفون تأثيرات دوار الجبال. إن الرحلة إلى أسفل قمة إيفرست باتت عملاً سياحياً مألوفاً، وآلاف الأشخاص غير المدربين يقومون بمثل هذه الرحلة إلى «مخيم القاعدة»، فيما يجري سباق ماراتون بصورة منتظمة على سفوح الجبل. وفي جبال الأندز، ثمة أعداد كبيرة من الناس كل سنة. تأخذ طريق الإنكا، من كوسكو إلى مدينة ماتشوبيتشو القديمة، وهو الطريق الذي يلتف عبر ممرات مدهشة وعلى ارتفاع 4500 متر. ونظراً لأن من الممكن الوصول إلى أعالي الأندز بسكة الحديد أو الطائرة، فإن دوار الجبال مرض شائع، فالمسافرون جواً إلى لاباز، عاصمة بوليفيا، التي تقع على ارتفاع 3500 متر، ينصحون بألاً يجهدوا أنفسهم كثيراً لدى وصولهم، ومع ذلك فإن عدة رجال أعمال يموتون كل سنة بسبب نوبات قلبية أو جلطات دموية ناجمة عن الارتفاعات العالية.

تحدث أعراض مرض الجبال عادة لدى سكان الأراضي الواطئة عندما يصعدون إلى ما يزيد عن 3000 متر. لكن، إذا ما أتيح لهم الوقت، فإن معظم الناس يكونون قادرين على التكيف. بيد أن الارتفاع فوق 4800 ـ 6000 متر، وهو العلو الذي وصلته أعلى الجماعات السكانية الآندية والهملاوية، يجعل من المستحيل على الإنسان تحقيق مزيد من التكيف، لذا تبدأ بالتراجع تدريجياً كافة مجالات الأداء. بل حتى بالنسبة إلى أشد الأفراد تكيفاً، يصبح الصعود فوق 7900 متر خطراً وينبغي أن يقتصر على بضع ساعات. يشير المتسلقون إلى هذا الارتفاع بوصفه «منطقة الموت»، نظراً لأن المكوث الطويل هناك يسبِّب عطباً جسدياً سريعاً. وهذا هو السبب في أن مخيمات الحملات تقام على ارتفاعات أدنى ثم يتم الصعود في اندفاعة نهائية إلى القمة بهدف المكوث فوق ارتفاع 7900 متر أقصر فترة ممكنة.

يبدأ دوار الجبال خلال ثماني إلى ثماني وأربعين ساعة عقب صعود سريع إلى ارتفاع عالٍ. بادئ ذي بدء تشعر بخفوت رأس غالباً ما يكون مسبباً للنشوة، لكن بعد بضع ساعات، يتلاشى هذا الشعور لتشعر بأنك متعب على نحو لا تفسير له، مما يتطلب منك جهداً غير عادي لكي تمشي، فيما يغدو الركض وبكل بساطة ليس الخيار المطروح. يتفاقم إحساسك بصعوبة المشي سوءاً بفعل مشاعر الدوار التي قد تسبب لك فقدان توازنك. كما يصعب عليك النوم وإذا نمت تهب فجأة من النوم مرات كثيرة خلال الليل، يصحب ذلك شعور مزعج بأنك على وشك الاختناق. كذلك تصاب بصداع حاد، فقدان شهية، شعور بالغثيان، بل قد تتقيأ. كما أن النزف من الأوعية الدموية الصغيرة في شبكية العين أمر شائع، لكن هذه تشفى عادة دون أن تترك عطباً دائماً.

تختفي هذه الأعراض المزعجة لدى معظم الناس بعد بضعة أيام، كونها، أحياناً، قد تتطور إلى وزمة رئوية تهدِّد الحياة بالخطر، إذ تصبح فيها الرئتان مليئتين بالسائل. وعلى نحو نادر قليلاً، يتورم الدماغ وهي الحالة

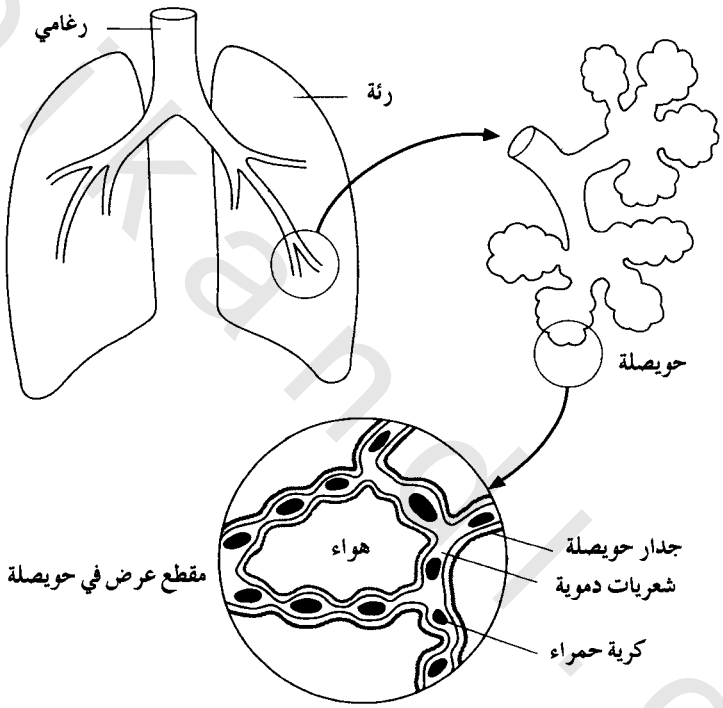
المعروفة باسم الوزمة الدماغية التي يشكو فيها المريض من صداع فائق، فقدان توازن ورغبة شديدة في الاستلقاء أرضاً وعدم فعل أي شيء، ليعقب هذا، وبسرعة، غيبوبة ثم وفاة. وعلى الرغم من أن الأوكسجين يمكن أن يكون مفيداً في دوار الجبال، وفي الوزمة الرئوية والدماغية، إلاَّ أن العلاج الحقيقي الوحيد هو الإسراع أو الهبوط إلى ارتفاعات أدنى. وإنه لخطأ قاتل أن تدفع المال لحمال كي يحملك أعلى وأعلى في الجبل، كما عرف عن بعض السياح في جبال الهملايا.

لقد قدم لنا إدوارد ويمپر وصفاً تصويرياً من الطراز الأول لآثار دوار الجبال الذي يصيب الإنسان بالعجز، فخلال صعوده الأول لقمة شيمبورازو سنة 1879، أصيب هو ودليلاه، جان أنطوان ولويس كارل، بالعجز نتيجة الهواء المخلخل على ارتفاع نحو 5000 متر.

«خلال ساعة تقريباً، وجدت نفسي أستلقي على ظهري، جنباً إلى جنب مع الدليلين كارل، وقد صرنا خارج المعركة»، عاجزين عن القيام بأقل جهد. أدركت أن العدو انقض علينا وأننا نعاني من الهجمة الأولى لدوار الجبال. انتابتنا الحمى، كما أصابنا صداع شديد وبتنا عاجزين عن تلبية حاجتنا من الهواء إلاَّ إذا تنفسنا وأفواهنا مفتوحة، الأمر الذي بدأ يخرش البلعوم. وإضافة إلى أننا أسرعنا إلى حد كبير من معدلنا العادي في النفق، فقد وجدنا أن من المستحيل الحفاظ على حياتنا دون أن نقوم من حين إلى آخر بشهقات تشنجية، تماماً كأسماك أخرجت لتوها من الماء.

يواجه نحو 40 بالمئة من الناس الذين يرتحلون فوق 14000 متر، شكلاً من أشكال دوار الجبال، رغم أنه قد لا يكون حاداً كذاك الذي أصيب به ويمپر والأخوين كارل، على أنه يصعب التكهن من سيصاب به ومن لا يصاب، إذ لا علاقة له باللياقة البدنية، فصفوة المظليين يمكن أن يصابوا به بينما لا تصاب جداتهم الهشات به. سبب دوار الجبال الحاد غير معروف بصورة مؤكدة، لكن يذهب الظن إلى أن كلاً من انخفاض نسبة الأوكسجين

في الدم والانخفاض في حموضة الدم (انظر فيما يلي) أمر مهم. كما يعتقد بعض الباحثين أن هذا يؤدي إلى انتقالات في سوائل الجسم وإلى وزمة دماغية خفيفة، وقد دعم هذه النظرية قياسات (فورالد) الدماغي التي أجريت على ارتفاعات تصل إلى 5300 متر.



تتكوَّن الرئة من سلسلة أنابيب متفرعة تصبح أرق وأدق مع كل انقسام وتنتهي إلى أكياس هوائية صغيرة تدعى الحويصلات. ثمة نحو 150 مليون حويصلة في كل رئة، جدرانها رقيقة للغاية تحيط بها شبكة من أوعية دموية أدق (تدعى الشعريات)، يشبه دفق الدم في جدران الحويصلات بـ «صحيفة» من الدم المتدفق على سطح هذه «الصحيفة» يتم تبادل الغاز من الهواء الموجود في الحويصلات والدم الموجود في الشعريات والمساحة السطحية للحويصلات التي تبلغ حوالي 70 متراً مربعاً، أي مساحة ملعب تنس تقريباً.

تبدو الوزمة الرئوية، أي حين تمتلئ الرئتان بالسائل، وكأنها تنجم عن رد فعل الأوعية الدموية الرئوية تجاه انخفاض نسبة الأوكسجين في الرئتين، وهو ما يحدث في الارتفاعات العالية. أما على مستوى سطح البحر، فإن انخفاض نسبة الأوكسجين في حويصلة رئوية واحدة يدل عادة على أن هناك حاجزاً يسد مجرى الهواء. وبما أن الدم يكون بكل وضوح غير كافٍ للانتشار في تلك الحويصلة وإروائها، فإن الأوعية الدموية المحلية تتقلص، منغلقة أمام دفق الدم، محولة إياه إلى مناطق أخرى أفضل تهوية. ولسوء الحظ أنها لا تستطيع التمييز بين انخفاض نسبة أوكسجين حويصلي بسبب انخفاض دفق الهواء وبين ذلك الناجم عن نقص في الضغط الجزئي للأوكسجين الموجود في هواء الشهيق. لذا، وعلى نحو حتمي، تتقلص الأوعية الدموية الرئوية في الارتفاعات العالية. مع ذلك، ثمة بعض الأوعية أكثر حساسية تجاه نقص الأوكسجين من أوعية أخرى، لهذا فإن التقلص الوعائي يكون على شكل بقع فقط، مما يدفع مزيداً من الدم عبر الشعريات التي تظل مفتوحة، لينتج زيادة في الضغط الدموي الرئوي يجعل السائل يتسرب منها ويتراكم في الجيوب الهوائية أو ما بينها. يشابه هذا الوضع ذاك الذي يحدث حين تسد بعض الثقوب في مرشة ببقايا كلسية، مما يجعل ضغط الماء الذي يخرج من الثقوب الأخرى غير المسدودة أعلى بكثير. ونظراً لأنه ما من سائل يتسرَّب من الشعريات عالية الحساسية (التي هي مغلقة طبعاً) فإن الوزمة تكون على شكل بقع، كما لاحظ أحد الخبراء وعلى نحو جدير بالتذكر. «تبدو الرئة وكأنها ملأى بقذائف مدفعية».

يعيق السائل الموجود في الكيس الهوائي تبادل الغاز فيغدو التنفس شاقاً بل يمكن سماع طقطقات حادة في أسفل الرئتين، ربما سببها صوت تخريص السائل في الرئتين أثناء التنفس. وما لم يعالج فوراً، فإن الضحية يغرق، بالحقيقة في السائل الذي ينتجه. إن الأفراد الذين يصعدون بسرعة إلى ارتفاع 3000 متر ثم يقومون بنشاط جسدي مجهد يكونون عرضة على

نحو خاص للإصابة بالوزمة الرئوية، وهي لا تحدث إلاّ نادراً إذا كان الصعود تدريجياً وتم تحاشي الإجهاد الجسدي في البداية.

وما يتصف بالأهمية الكبرى للمتسلقين، ولأولئك الذين يعيشون ويعملون بصورة دائمة في المرتفعات، إنما هو قدرتهم على القيام بالعمل. إذ من الواضح أنه كلما كان العمل أصعب (والتسلّق أسرع)، ازدادت الحاجة للأوكسجين أكثر. أما لدى سكان الأراضي الواطئة فإن القدرة على القيام بالعمل تنخفض بسرعة في الارتفاعات العالية: والقدرة على العمل على ارتفاع 7000 متر تصبح أقل من 40 بالمئة من مثيلتها على مستوى سطح البحر. كما أن معدل التسلق، بغير أوكسجين، يمكن أن يكون بطيئاً جداً بالحقيقة. ففي 1952 استغرق ريموند لامبرت وتنزينغ نورغي خمس ساعات ونصف الساعة كي يتسلقا 2000 متر فقط على السفح الجنوبي لقمة إيڤرست. أما على قمة الجبل نفسه، فقد وجد رينولد ميستر أنه، هو وزميله پيتر هابلر ينهاران على الثلج، إنهاكاً كل بضع خطوات، بحيث استغرقت المئة متر الأخيرة ما يربو على الساعة.

«إثر كل بضع خطوات، كنا نتكوَّم فوق فؤوسنا الجليدية، مفتوحي الأفواه شاهقين طلباً للأنفاس الكافية لإبقاء عضلاتنا تعمل... على ارتفاع 8800 متر، لم يعد بإمكاننا أن نقف على أقدامنا حين نستريح، فكنا نزحف على ركبنا متمسكين بفؤوسنا... وكل عشر أو خمس عشرة خطوة ننهار على الثلج لنستريح. ثم نزحف من جديد».

مثل هذه الصعوبات يواجهها الأشخاص غير المتأقلمين على ارتفاعات أدنى. غير أن المقيمين الدائمين يتصفون بقدرة ملحوظة على العمل. أما المسافرون جواً الذين يصلون إلى لاباز فيشعرون على الفور بأنهم مرهقون منهكون بسبب رقة الهواء ثم يفاجأون (ويغتمون) إذ يكتشفون أن السكان المحليين يجرون وكأنهم في سباق ماراتون.

في الهواء الرقيق

عندما تصل إلى ارتفاع عالٍ، فإن أول ما تلاحظه هو أن تنفسك بات أسرع. هذه الزيادة في التنفس[5] هي استجابة هامة ومباشرة للانخفاض في الضغط الجزئي للأوكسجين في الهواء، تتيح الإمكانية لإيصال المزيد من الأوكسجين إلى النسج، ويتحقق هذا بواسطة المستقبلات الكيماوية (الجسيمات السباتية) المتوضعة في الشرايين السباتية التي تحس بانخفاض نسبة الأوكسجين في الدم فترسل إشارة إلى مركز التنفس في الدماغ بزيادة التنفس. تقع الجسيمات السباتية في موقع هام لأنها تراقب نسبة الأوكسجين في الدم الداخل إلى الدماغ[6]. أما الآلية التي تحس بها بالتغير في نسبة الأوكسجين فإنها ما تزال موضع جدل حامٍ.

لا يزداد التنفس في البداية، زيادة كبيرة جداً ـ ليس أكثر من 1,65 مرة بالمقارنة مع ذاك على مستوى سطح البحر، بل حتى في الارتفاعات الكبيرة التي تصل حتى 6000 متر. السبب هو أن فرط تهوية الرئتين لا يحسن ما يأخذه المرء من الأوكسجين فحسب، بل يؤدي أيضاً إلى التخلص من المزيد من ثاني أوكسيد الفحم أثناء الزفير. ينتج الجسم ثاني أوكسيد الفحم هذا

(5) المصطلح التقني هو التهوية التي تعرَّف بأنها حجم الهواء الذي يتم تنفسه شهيقاً (أو زفيراً) في كل دقيقة. يستنشق الرجل المتوسط نحو نصف ليتر من الهواء في كل نفس كما يأخذ نحو اثني عشر نفساً في كل دقيقة. وبذلك يكون معدل تهويته ستة ليترات/دقيقة، أمّا الحد الأعلى الممكن فهو نحو 150 ل./د. لكنه رقم يمكن أن يحصّله الرياضيون النخبة فقط.

(6) إذا توخينا الدقة نقول، تقيس الجسيمات السباتية الضغط الجزئي للأوكسجين في الدم. وفي الفيزيولوجيا فإن المصطلحات التي تستخدم لوصف نسبة الأوكسجين في الدم ذات معان دقيقة للغاية (وذلك لدواع حسنة جداً). يشير الضغط الجزئي للأوكسجين في الدم إلى الضغط الجزئي للغاز المنحل. أمّا محتوى الدم من الأوكسجين في الدم ـ فإنه مساوٍ تقريباً للأوكسجين المتحد مع الهيموغلوبين (باعتبار أن القليل جداً منه ينحل عملياً في المحلول). لذلك فإنه يتوقف على عدد الكريات الحمر ويزداد عندما يرتفع الهيماتوكريت. أمّا الإشباع بالأوكسجين فمحدد النسبة المئوية للهيموغلوبين الذي ضم إليه الأوكسجين.

كناتج لا فائدة منه لعملية الاستقلاب، وبمقادير كبيرة جداً. إنه ينحل في شكل محلول ليعطي حمض الفحم. إن الكمية التي نزفرها من هذا الغاز تعادل 12,5 ليتراً من حمض القوة الصناعي (أو، وعلى نحو أكثر دقة، 12,5 مول (الوزن الجزيئي الغرامي) من أيونات الهيدروجين كل يوم. ينقل الدم ثاني أوكسيد الفحم من موقعه بحيث تصنعه النسج إلى الرئتين ومن هناك نزفره إلى الجو. لذلك تتفاوت نسبته في الأكياس الهوائية بتفاوت معدل التنفس: فمعدلات التنفس الأعلى تطلق قدراً أكبر من ثاني أوكسيد الفحم كما تخفض كلاً من نسبة تركيز الغاز في الدم والحويصلات على السواء.

يعد ثاني أوكسيد الفحم منظماً قوياً للتنفس (إنه يؤثر على مجموعة مختلفة من المستقبلات الكيماوية الموجودة في الدماغ). فإذا انخفضت نسبته في الدم، انكبح التنفس. بإمكانك أن تجرب هذا على نفسك، ولسوف تجد أن باستطاعتك أن تمسك أنفاسك فترة أطول إذا تنفست بسرعة كبيرة جداً فترة قصيرة من الزمن قبل ذلك (لا تفعل هذا أكثر من دقيقة واحدة وإلاَّ قد تصاب بالدوخة). السبب هو أن إمساك النفس لا تنهيه الحاجة للأوكسجين بل ارتفاع نسبة ثاني أوكسيد الفحم في الدم. فحين تصل هذه إلى مستوى حرج، تحرضك على أن تأخذ نفساً. أما فرط التهوية قبل إمساك الأنفاس فيطرد ثاني أوكسيد الفحم من الجسم ويتيح إمكانية انقضاء فترة زمنية أطول قبل أن يتراكم هذا الغاز من جديد إلى مستوى يكفي للتحريض على التنفس. والاندفاعات المتضادة من الأوكسجين وثاني أوكسيد الفحم هي التي تفسر لماذا لا يحدث تغير في التنفس على ارتفاعات تقل عن 3000 متر.

ليس الانتقال من سيطرة الأوكسجين على التنفس إلى سيطرة ثاني أوكسيد الفحم بالأمر اللطيف دائماً، بل يمكن أن يؤدي إلى «شطط» أو إلى «تذبذبات» تشبه تلك التي نراها في أجهزة التدفئة المركزية المعدلة تعديلاً سيئاً. يتجلى هذا في تناوب فترات التنفس وعدم التنفس وعلى نحو يمكن أن يكون مزعجاً للمرء ومكرباً لأصحابه. إنه يحدث أكثر ما يحدث في

الليل. تفسير هذا النمط الخاص من التنفس هو أن ازدياد معدل التنفس يتخلله من حين إلى آخر انخفاض في نسبة الأوكسجين في الهواء يؤدي إلى فقدان ثاني أوكسيد الفحم من الجسم وبالتالي يتوقف التنفس. يعقب ذلك اختلاف في طول الفترة التي يتكوَّن خلالها ثاني أوكسيد الفحم ويتراكم في الدم من جديد، وبذلك يخفف هذا الكبح، في الوقت ذاته، تشتد الحاجة للأوكسجين وعلى نحو متزايد فينتهي إمساك الأنفاس بشهقة مفاجئة طلباً للهواء، وهي الشهقة التي قد تكون أحياناً عنيفة إلى حدٍّ يكفي لإيقاظ النائم، ثم تتكرَّر الدورة ذاتها. إن المقاطعة المستمرة للنوم تسهم في صعوبات الحياة في الأعالي وتفسر القول المأثور لدى المتسلقين «تسلُّقٌ عالٍ، نوم منخفض».

إن للانخفاض في نسبة ثاني أوكسيد الفحم في الدم، الذي ينتج عن زيادة التنفس، تأثيراً في تخفيض النسبة الدموية لأيونات الهيدروجين (التي يشار إليها أيضاً بوصفها انخفاضاً في حموضة الدم، أي زيادة في «PH» الدم أو زيادة في قلوية الدم). سبب ذلك هو أن ثاني أوكسيد الفحم يتحد مع الماء لينتج ثاني كربونات وأيونات الهيدروجين في تفاعل تحفزه خميرة تدعى أنهيدرات الفحم، ويظن أن أيونات الهيدروجين الناتجة عن هذا التفاعل هي التي تنظم عملياً معدل التنفس وليس ثاني أوكسيد الفحم نفسه. أما المستقبلات الكيماويات التي تستشعر التغير في أيونات الهيدروجين فتتوضح في قاعدة الدماغ، في منطقة تعرف بالغمد النخاعي.

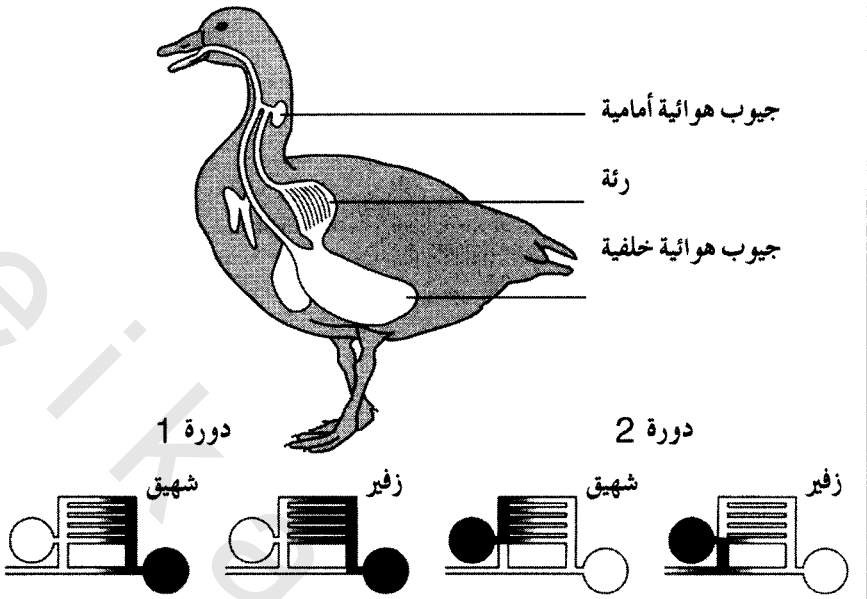
لماذا يعود تنظيم التنفس لدى الإنسان بصورة أساسية إلى ثاني أوكسيد الفحم وليس إلى الأوكسجين؟ السبب، على ما يبدو، هو أننا نشأنا وتطورنا على مستوى سطح البحر ولم نغامر في الصعود إلى الجبال العالية، من وجهة نظر تطورية، إلاَّ حديثاً جداً. تكون نسبة الأوكسجين في الرئتين، على مستوى سطح البحر، أعلى بكثير مما هو مطلوب، حتى لو تناقص التنفس إلى حد كبير. من جهة أخرى، فإن لمعدل التنفس تأثيراً بارزاً جداً على نسبة

ثاني أوكسيد الفحم في الرئتين والنسج، لذا من المهم جداً المطابقة بين معدل التنفس ونسبة الغاز في الجسم، من هنا، فإن ثاني أوكسيد الفحم يقوم بدور الضبط والربط الرئيسي للتنفس.

الطيران عالياً

يمكن للمرء أن يبقى حياً على قمة إيڤرست بغير أوكسجين، فقط إذا كان ذا لياقة عالية جداً وأخذ الوقت الكافي للتكيف. بل حتى في هذه الحالة، فإنه يتحرك ببطء وصعوبة. بالمقابل، فإن طيوراً كالإوز ذات رأس القضيب مثلاً، تهاجر بانتظام عبر الهملايا طائرة على الارتفاعات نفسها أو أعلى. بل الأكثر من ذلك، أنها قد تبدأ طيرانها من مستوى سطح البحر وتصل ارتفاعات 9000 م في أقل من يوم، بحيث لا يتوفر لها وقت للتأقلم. حتى عصفور الدوري المعروف فإنه يكون متنبهاً ونشطاً عندما يتعرض لضغط ارتفاعات تصل إلى 6000 م، في حين يمكن أن يصاب الإنسان في ارتفاعات كهذه بالغيبوبة. إذن، ما الذي يقف وراء القدرة الخارقة لدى الطيور في تحملها لنسب الأوكسجين المنخفضة؟

السبب، على ما يبدو، هو أن رئة الطير مصممة تصميماً يختلف عن رئة الإنسان، وهي قادرة أن تستخلص أوكسجيناً أكثر من الهواء المستنشق وتطرد مع زفيرها ثاني أوكسيد فحم أكثر أيضاً. صحيح أن رئتي الطائر صغيرتان ومشدودتان لكنهما تتواصلان مع فضاءات الهواء الواسعة التي تمتد بين الأعضاء الداخلية وفي عظام الجمجمة والهيكل العظمي. لا تعمل هذه الفضاءات الهوائية كسطوح تنفسية بل كجيوب تخزين. أمّا الأنابيب الدقيقة التي تصل ما بين الفضاءات الهوائية الأمامية والخلفية فهي الأمكنة التي يتم فيها تبادل الغاز (أي هذه هي الرئات). إنها تستغرق نَفَسَيْن كاملين لكي يمر الهواء بصورة كاملة عبر رئات الطائر. فالشهيق الأول يملأ الجيوب الهوائية الخلفية. بعدئذٍ يمر هذا الهواء، خلال الزفير والشهيق الثاني، إلى الجيوب الهوائية الأمامية ليستخلص منه الأوكسجين، أثناء مروره، وهو يتحرك عبر الرئات. أخيراً، ينفث الهواء من الجيب الهوائي الأمامي في النفس التالي إلى الخارج. هذه الآلية تعني أن الهواء يجري باستمرار فوق السطوح التنفسية متيحاً الإمكانية للطائر لأن يستخلص من الأوكسجين أكثر بكثير من أي حيوان بري، ذلك أن الحويصلات ذاتها النهايات المنغلقة، لدى هذا الأخير، تعني أن الهواء لا يدفع دفعاً عبر سطح التبادل الغازي بل عليه بدلاً من ذلك أن ينتشر ببطء إليه.



نقلاً عن شميدت نيلسون، 1995

ثمة عامل آخر يساعد الطيور في الطيران على ارتفاعات عالية وهو أنها أقل حساسية بكثير تجاه الانخفاض في نسبة ثاني أوكسيد الفحم في الدم، وما يصاحبه من انخفاض في حموضة الدم، من الثدييات. لذلك تحافظ على معدل تنفسي مرتفع حتى عندما ينخفض مستوى ثاني أوكسيد الفحم كذلك، للطيور قلوب أكبر تضخ قدراً أكبر من الدم في كل نبضة مما هو الحال لدى ثديين من حجم مماثل، كما أن الخضاب لدى الطيور التي تعيش في ارتفاعات عالية يضم الأوكسجين بشره أكثر، وبذلك يستخلص من الهواء المزيد من الأوكسجين.

التأقلم

على الرغم من أن تزايد التنفس، لدى الوصول إلى ارتفاع عال، يكون بسيطاً نسبياً، إلاّ أنه يتزايد أكثر في الأسبوع التالي وما بعد، ليغدو أخيراً أعلى بخمس إلى سبع مرات من المعدل العادي وذلك بعد أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع. هذا الارتفاع الثانوي في التنفس هو آلية التكيف الأهم بالنسبة

إلى الارتفاعات وهو الذي يبت بمقدار الارتفاع الذي يمكن للمرء أن يصل إليه. إذ بقدر ما يكون تنفسك أسرع وأعمق، يكون ما تستنشقه من الأوكسجين أكبر، وبالتالي مدى الارتفاع الذي يمكن أن تصل إليه في الجبل أكبر.

يستدعي التأقلم لزوماً إنهاء الكبح الذي يمارسه على التنفس بالأساس انخفاض نسبة ثاني أوكسيد الفحم في الدم وما يصحبه من نقصان في حموضة الدم. ومن الجلي أن استعادة حموضة الدم أمر مفيد في هذا المجال، الأمر الذي يتحقق، بالواقع، عن طريق الكلى[7]. لكن، وعلى الرغم من أن مثل هذا التعويض الكلوي هام ولا ريب بالنسبة إلى التأقلم طويل الأمد، إلاَّ أن هذا لا يمكن أن يكون كامل القصة، ذلك أن المعدل الذي يحدث به بطيء جداً وأثره ضئيل جداً، أي أكثر ضآلة من أن يعلل تزايد التنفس الذي يلاحظ خلال الأيام القليلة الأولى وأنت على ارتفاع عالٍ. لذا لا بد من أن يكون الأمر متعلقاً بعملية إضافية، وإن تكن لم تحدد تماماً بعد، (وهي الحساسية الزائدة للجسيمات السباتية تجاه انخفاض الأوكسجين والاستعادة التدريجية لحموضة السائل الذي يحيط بالمستقبلات الكيماوية في الدماغ. وكلتاهما ما تزال فرضية تبحث[8]). وانطلاقاً من أهميتها، قد يكون

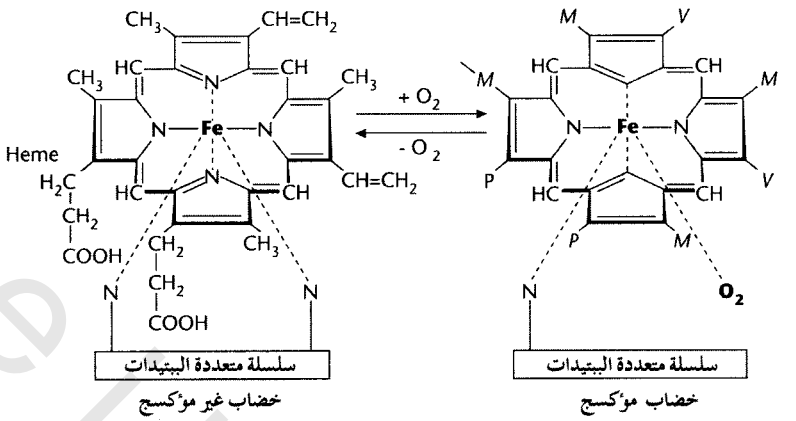
(7) يمكن تسريع التأقلم بواسطة العقار أسيتازولاميد الذي يعمل على تحريض الكلى لإفراز أيونات الكربونات الثنائية وإعادة الدم إلى نسبة حموضته المقاومة. إنه يساعد أيضاً في إبقاء نسبة ثانية أكسيد الفحم عالية حول المستقبلات الكيماوية المركزية. والاسيتازولاميد لا يسرّع التأقلم وحسب بل يلطف أيضاً من دوار الجبال الحاد.

(8) تقدم الدراسات الحديثة التي قام بها لوك هاوارد وبيتر روبينز رؤية جديدة إلى العمليات التي تقف وراء التغيرات الأولية في التنفس كرد فعل على الارتفاعات العالية. لقد بيَّنا، في مختبرهما في أوكسفورد أن التهوية تزداد حين تكون نسبة الأوكسجين في الجو منخفضة حتى ولو بقيت حموضة الدم ثابتة وذلك بتعديل نسبة ثاني أوكسيد الفحم في الهواء المستنشق تعديلاً حذراً. مما يدل على أن انخفاض الأوكجسين بذاته قد يكون له تأثير على التنفس أكثر أهمية مما كان يتصور سابقاً. أمّا الآلية التي تحكم هذه الظاهرة فما تزال مجهولة. لكن أحد الاقتراحات هو أنها تتعلق بازدياد حساسية الجسيمات السباتية.

مدهشاً أن تعلم أن الآلية المسؤولة عن الارتفاع الثانوي في التنفس ما تزال مسألة قيد البحث أيضاً ولم تحل تماماً ـ إلاّ أنها تزود الفزيولوجيين بحجة ممتازة للإرتحال إلى قمم الجبال كي يحاولوا البت بها وتصنيفها.

الخضاب

الخضاب هو جزيء كروي الشكل يتكون من أربع وحدات فرعية، كل منها تتألف بدورها، من شطر دموي متحد مع بروتين متعدد الببتيدات. في قلب حلقة شطر الدم تقع ذرة حديد يتعلق بها الأوكسجين. شطر الدم هذا هو المسؤول عن لون الدم. فعندما يتحد مع الأوكسجين (أوكسيد ـ هيموغلوبين) يكون الخضاب قرمزياً لامعاً يفسر لون الدم الشرياني وكذلك اللون القرنفلي لدى «البيض» من البشر ذوي البشرة الرقيقة الشفافة. أمّا الخضاب غير المتحد مع الأوكسجين فيكون ذا لون أزرق مائل للأرجواني قاتم. هو لون دم الأوردة. يعرف هذا اللون أيضاً باسم «سيان» أي الأزرق، ومن هنا جاءت كلمة «سيانوزيز» أو الازرقاق، وهو المصطلح التقني لازرقاق الشفتين والأطراف لدى الأفراد الذين يعانون من نقص الأوكسجين في الدم. أمّا اللون البني للدم الجاف أو اللحم القديم فهو لون ما بعد الخضاب، وهو الخضاب المتأكسد (عكس الخضاب المتحد مع الأوكسجين). إنه يحدث عندما تتأكسد ذرة الحديد الموجودة في لب جزيء الخضاب، متحولة من شكلها الحديدي العادي ($_{36}Fe^{+}$) إلى شاردة حديدية (Fe^{3+}) لا تتحد مع الأوكسجين. يوجد لدى الكريات الحمر خميرة تقلب المقدار الضئيل مما بعد الخضاب الذي يتشكل بسرعة مرجعة إياه إلى شكل الخضاب العادي. أمّا اللون الأحمر الكرزي اللامع للدم، فإنه يدل على التسمم بأول أوكسيد الفحم، وهي الحالة التي يحتل فيها جزيء أول أوكسيد الفحم مركز الخضاب، وهو المكان الذي يحتفظ به عادة للأوكسجين والأجهزة الغازية سيئة التكييف التي تولد أول أوكسيد الفحم قد تخفض إلى حد كبير، أو حتى تلغي قدرة الدم على نقل الأوكسجين. إن العلاج الوحيد، في هذه الظروف، هو أن تعطي المصاب أوكسجيناً نقياً يتنفسه. والأفضل هو أن تضعه في حجرة عالية الضغط. ذلك أنه في وسط ضغطه على وحدات ضغط جوية ينحل في الدم من الأوكسجين ما يكفي ليحافظ على الحياة ريثما يفلت أول أوكسيد الفحم قبضته عن جزيء الخضاب. ونظراً لأن الأوكسجين يشكل خطر اشتعال جدياً، تملأ الحجرة بالهواء ويعطى المصاب الأوكسجين بواسطة قناع.



الخضاب جزيء مشهور، مع سلسلة من صفات «الأول» تلتصق باسمه. فهو واحد من أول البروتينات التي تمت بلورتها، والبت بدقة بوزنها الجزيئي، وتبيان وظيفتها الفزيولوجية بالتحديد، (نقل الأوكسجين) كما كان أول بروتين حددت بنيته ثلاثية الأبعاد. وذلك بتحليل بلورة خضابية بالأشعة السينية قام به ماكس بيروتز سنة 1959.

يعد فرط التهوية المفتاح الذي يفسر لماذا يتمكن المتسلق جبال متأقلم من البقاء حياً على قمة جبل إيڤرست دون استعانة بأوكسجين إضافي. فكما ذكر رينولد ميسز الذي قال إنه عندما وصل إلى القمة «لم يكن أكثر من رئة تشهق طلباً للنفس». ذلك إنك عندما تتنفس أسرع، فإن قدر أكبر من ثاني أوكسيد الفحم يطرد خارجاً وهو ما يخفض الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم في الرئتين ويوفر فراغاً أكبر للأوكسجين. لقد تبين أنه بينما يصعد متسلقوا الجبال النخبة أعلى فأعلى، ينخفض الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم في رئاتهم انخفاضاً هائلاً إلى أن يصلوا إلى ذروة إيڤرست ويغدو ذلك الضغط 10 فقط بدلاً من 40 على مستوى سطح البحر. لكن ليس كل امرئ بقادر على التأقلم تأقلماً يكفي لتوليد التزايد الهائل في التنفس الضروري لتخفيض نسبة ثاني أوكسيد الفحم إلى تلك الدرجة، ولا كل واحد يستطيع أن يتحمل الانخفاض في حموضة الدم التي ترافقه. مثل هؤلاء الناس لا

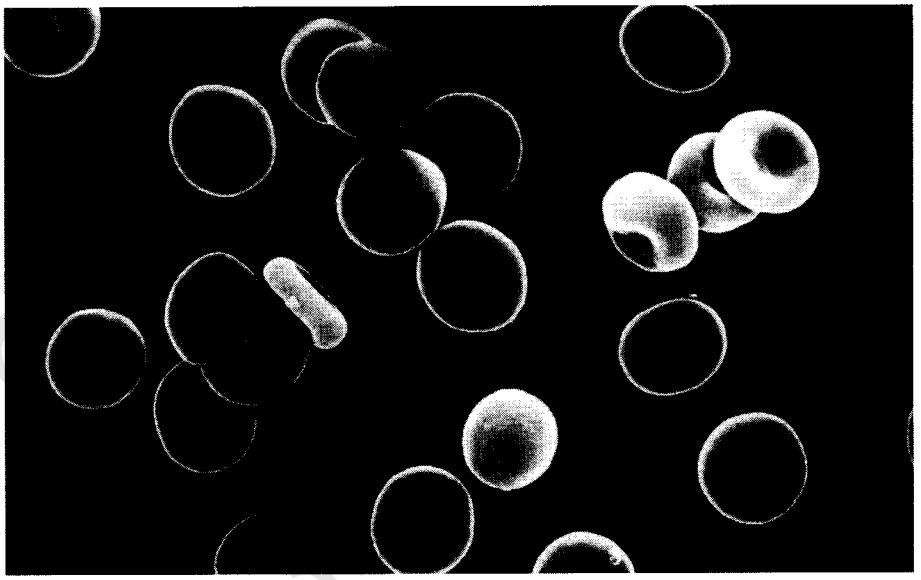
يستطيعون الوصول إلى القمة نظراً لأن إخفاقهم في نفث القدر الكافي من ثاني أوكسيد الفحم إنما يعني أنهم لا يملكون الفراغ الكافي للأوكسجين في رئاتهم. بل حتى أولئك الذين يفلحون في الوصول إلى القمة، لا بد لهم من فترة تأقلم قبل أن يكون باستطاعة أجسامهم أن تتحمل تلك المستويات المنخفضة جداً من ثاني أوكسيد الفحم.

يبلغ الضغط الجزئي للأوكسجين في رئتي متسلق جبال حسن التأقلم يقف على ذروة إيڤرست، نحو 36 تور وهو تماماً الحد النهائي للحياة البشرية. وإنه تصادف خارق للعادة أن أعلى قمة على الأرض هي أيضاً أعلى نقطة تقريباً يمكن للبشر أن يعيشوا فيها أحياء دون مساعدة. والحقيقة أن إيڤرست قريبة جداً من الارتفاع الأعظمي الذي يمكننا بلوغه، وأن الاختلافات الصغرى في الضغط البارومتري، كذلك التي تنجم عن فصول السنة مثلاً، يمكن أن تعني الفارق بين النجاح أو الإخفاق في الصعود بغير أوكسجين.

ثمة طريقة واضحة أخرى للحصول على المزيد من الأوكسجين للنسج ألا وهي زيادة قدرة الدم على نقل الأوكسجين. ذلك أن الأوكسجين ينتقل في الدم، لدى بعض الحيوانات على شكل محلول. غير أن المقدار الذي يمكن نقله بهذه الطريقة، ضئيل جداً لذا فإن معظم الحيوانات، بما فيها البشر، تستخدم البروتينات كناقلة ـ أوكسجين. ربما أن هذه البروتينات تكون ملونة عادة، فإنها غالباً ما تدعى بالصبغيات التنفسية. إن خضاب الدم هو المسؤول، لدى معظم الثدييات، عن نقل الأوكسجين. إنه يتكون من أربع وحدات فرعية متميزة، لكل منها ذرة حديد تقع في القلب منها، وكل جزيء أوكسجين ينضم على نحو غير قابل للانعكاس إلى ذرة حديد، وخضاب الدم أكثر ضآلة بكثير من أن تصفيه الكليتان مرسلة إياه إلى البول، لذلك يظل محتوى داخل الكريات الحمر مما يمنحها لونها المميز؛ والبول الأحمر هو إشارة خطر تدل على مرض الكريات الحمر (ما لم تكن، بالطبع، قد أكلت حديثاً الشون الأحمر).

إن التكيف طويل الأمد مع الارتفاعات، أو بالحقيقة أول ما سُجِّل، هو الزيادة الملحوظة في عدد الكريات الحمر (وبالتالي في نسبة الخضاب أيضاً). وهذا يباشر مع هرمون الأريثروبويتين الذي يتم إفرازه رداً على انخفاض نسبة الأوكسجين في الدم. هذا الهرمون، وعلى نحو مدهش ربما، نتيجة الكلى، وهو على ما يبدو التجلي لمورث الأريثروبويتين وبالتالي فإن تصنيع هذا الهرمون يبتدئ بانخفاض نسبة الأوكسجين. آلية العمل هنا غير مفهومة تماماً لكن يعتقد أن المورث ذاته (الـ د.ن.أ.) يمتلك عنصر تحكم يستشعر مباشرة الأوكسجين ويحس بمستواه في الكلية. أمّا الزيادة في تدوير الكريات الحمر التي يطلقها الأريثروبويتين فتبدأ في غضون ثلاثة إلى خمسة أيام من الوصول إلى الارتفاع العالي ثم يستمر طوال بقاء المرء هناك. يبلغ حجم الدم الذي تشغله الكريات الحمر (والذي يعرف باسم الهيماتوكريت) نحو 40 بالمئة لدى ساكن أرض واطئة لكنه يمكن أن يرتفع إلى 60 بالمئة عقب التأقلم. والرياضيون غالباً ما يتدربون على الارتفاعات لكي يزيدوا كرياتهم الحمر ويحسنوا من قدرة دمهم على نقل الأوكسجين، على الرغم من أن بعضهم هذه الأيام يتنفسون هواء ذا نسبة منخفضة من الأوكسجين أثناء بولهم أو يأخذون بدلاً من ذلك أريثروبويتين مهندساً وراثياً (انظر الفصل الخامس). كذلك غالباً ما يكون لدى الناس المصابين بمرض رئوي مزمن وصعوبة في التنفس (وبالتالي يعانون من نقص الأوكسجين) عدد مرتفع من الكريات الحمر حتى وإن كانوا على مستوى سطح البحر.

لكن على الرغم من أن ازدياد عدد الكريات الحمر يعزز قدرة الدم على إيصال الأوكسجين إلى النسج، إلاَّ أنه يحدث أيضاً زيادة مصاحبة في لزوجة الدم، مما يجعل من الأصعب على القلب أن يضخ الدم إلى كل أنحاء الجسم. ومن المعتقد في الوقت الراهن أن الزيادة في الهيماتوكريت ضئيلة الفائدة (ربما على أحد ما أن يقول ذلك للرياضيين) وهي وجهة النظر التي تدعمها حقيقة أن لدى حيوان اللاما وحيوانات أخرى تكيفت مع العيش



كريات حمراء متجمعة ملأى بالخضاب. هناك نحو 5000 مليون كرية حمراء في كل مليمتر من الدم وتحتوي على نحو 150 مليغراماً من خضاب الدم. إنها تفتقر للنواة ولها شكل ثنائي التقعر أشبه بالقرص وهي قابلة للانتفاخ والانكماش إلى حد كبير بحيث يمكنها أن تنحشر بسهولة في أدق الشعريات الدموية. متوسط عمر الكرية الحمراء هو 120 يوماً في جهاز الدوران بينما تصنع باستمرار كريات جديدة في نقي العظام.

في المرتفعات العالية، من الكريات الحمر ما يماثل تلك الموجودة لدى حيوانات الأراضي الواطئة. والحقيقة، إذا ارتفعت كثافة الكريات الحمراء على نحو عالٍ جداً يمكن أن يكون له عواقب وخيمة. لقد كان كارلوس مونجي أول من لاحظ، سنة 1925، أن بعض الناس الذين قضوا معظم حياتهم في المرتفعات العالية، ظهرت لديهم أعراض مماثلة لأعراض مرض الجبال الحاد. إذ كانوا يشكون من الصداع، الدوخة، النعاس. التعب المزمن، وفي بعض الحالات من علامات دالة على قصور القلب أو الإصابة بالسكتة الدماغية. كذلك كان الهيماتوكريت لديهم عالياً يصل إلى 85 بالمئة. بل يمكننا أن نلاحظ حتى اليوم أن سكان مدن مثل لاباز (3500 م) تكون شفاههم زرقاء وأظفار أصابعهم زرقاء وأصابعهم متخشبة وهو ما يميز مرض مونجي. هذا كله ينجم عن ترسب الكريات الحمراء في الشعريات الدموية.

مما يخفض إلى حد كبير معدل دفق الدم وبالتالي ما يصل من إمدادات الأوكسجين أيضاً. إن الانحدار إلى مستويات أدنى يخفف المشكلة كما أن الناس المصابين بمرض مونجي يواجهون مشكلة هي نفيهم الدائم إلى مستويات سطح البحر. لماذا ترى فقدت أجسامهم القدرة على التكيف مع الارتفاعات، ولماذا هذه الحالة أكثر شيوعاً لدى الرجال مما هي لدى النساء؟ كل ذلك ما يزال لغزاً.

إن الزيادة الهائلة في معدل التنفس وعمقه، وكذلك التنظيم الكلوي لحموضة الدم والحساسية المنخفضة تجاه تأثيرات ثاني أوكسيد الفحم، كلها تشكل تكيفات الجسم الأكثر أهمية تجاه الارتفاعات العالية. إنها تفسر قدرتنا ليس فقط على البقاء أحياء، بل أيضاً على القيام بتمارين مجهدة فوق قمة إيڤرست دون استخدام أوكسجين إضافي. على أن سكان الأراضي الواطئة الذين ينتقلون إلى الجبال العالية عندما يبلغون سن الرشد، لا يصلون أبداً إلى مستوى التأقلم الذي نجده لدى الناس الذين عاشوا هناك طوال حياتهم، حتى وإن أقاموا هناك سنين عديدة. يتصف سكان المرتفعات العالية بأن لهم صدوراً أكبر بكثير ذات أشكال برميلية ورئات أكبر أيضاً تتناسب مع صدورهم وهم أيضاً أصغر حجماً بحيث إن معدل حجم رئاتهم إلى حجم أجسامهم يكون زائداً. كما أن قلوبهم أكبر من قلوب سكان المنخفضات مما يتيح لها إمكانية ضخ الدم إلى الجسم بكفاءة أكبر، فيما رئاتهم ونسجهم ذات شعريات دموية أكثر مما يسهل تلقي الأوكسجين وتسليمه. تفسر هذه التكيفات التشريحية؟ وتلاحظ أن قدرة أناس كهؤلاء على العمل أكبر بكثير من قدرة سكان المنخفضات، حتى وإن تأقلم هؤلاء، جيداً بعد ذلك، إذ غالباً ما يدهش الأوروبيون الشبان اللائقون بدنياً وهم يجوبون عالياً جبال الهملايا (وينزعجون) من الأحمال الثقيلة التي يحملها بلا مبالاة حمّالون عتاق أو فتيات «شرباني» صغيرات السن، وهي الأحمال التي يجدون من الصعوبة بمكان رفعها، فكيف بحملها كثيراً من الأميال؟

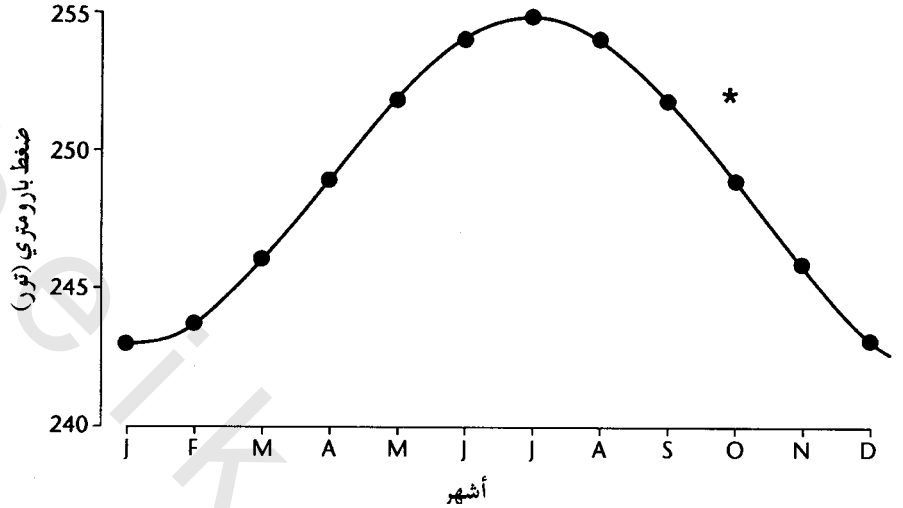
إن التكيفات التي تظهر لدى سكان الارتفاعات العالية هي، على ما يبدو، وراثية جزئياً ومكتسبة جزئياً، ذلك أن أطفال سكان المنخفضات الذين يولدون ويترعرعون في المرتفعات العالية تظهر لديهم رئات أكبر لكن لا يصير لديهم أبداً الصدر البرميلي الذي يتميز به بعض شعوب الأندز.

عِبَر من دراسات الارتفاعات العالية

لفيزيولوجية الارتفاعات العالية قصة، تتخللها حايات تحذيرية. لقد ذكر الفزيولوجيون وعلى نحو متكرر أن من المستحيل أن يصعد الناس فوق ارتفاع معين، ليصابوا بالارتباك والحيرة بعد ذاك وهم يرون متسلقي الجبال يمضون قدماً للبرهنة على أنهم مخطئون. لماذا كانت هذه هي الحالة، أمر يقدم لنا صورة إيضاحية عن الكيفية التي يعمل بها العلم عملياً.

لقد نشأت الأخطار الأولى من تقدير الضغط الجوي على قمة إيڤرست، فالباحثون الأوائل بينوا أن الضغط الجوي يختلف باختلاف درجة حرارة الجو ويرتفع بارتفاع هذه الدرجة (ذلك أن ضغط الغاز يتوقف على السرعة التي تعصف بها جزيئات الغاز والأشياء المحيطة بها). لكن مع ظهور الطيران، بات من الضروري تطوير طريقة معيارية لقياس الارتفاعات، ولدواعي الراحة، فقد افترضت هذه الطريقة درجة حرارة معيارية هي درجة مستوى سطح البحر ومعدلاً معيارياً لتناقصها حسب الارتفاع. لهذا السبب لم تأخذ بالحسبان تأثير الاختلافات الموسمية على درجة الحرارة ولا أن كثافة الجو تختلف باختلاف خط العرض، إذ تزداد عند خط الاستواء وتخف عند القطبين[9]. نتيجة لذلك، تكهنت الحسابات التي تستخدم طريقة الجو المعيارية بضغط بارومتري على قمة جبل إيڤرست (236 تور) أدنى مما هو في الواقع، كما خلص بعض العلماء إلى أنه من غير المحتمل أن يستطيع

(9) يكون الضغط البارومتري أعلى قرب خط الاستواء بسبب الكتلة الكبيرة من الهواء البارد الموجودة في الجو فوق خط الاستواء والتي تضغط بالحقيقة على الهواء الذي تحتها.



متوسط الضغط الجوي الشهري على ارتفاع 8848 م (29000 قدم) تقاس بواسطة مناطيد الأرصاد الجوية المنطلقة من نيودلهي، تبين النجمة الظاهرة القياس الذي تم الحصول عليه في السنة ذاتها من قمة جبل إيڤرست (8848 م). يتفاوت الضغط الجوي تفاوتاً كبيراً، حسب الفصل، ليكون أعلى في الصيف عندما ترتفع درجة الحرارة. لهذا السبب، يسهل أكثر الوصول إلى قمة إيڤرست في الصيف عندما يعني الضغط الجوي الأعلى أن نسبة الأوكسجين في الهواء أكبر أمّا في الشتاء، فإن الضغط البارومتري الأدنى، وبالتالي نسبة الأوكسجين الأقل، تتفاقم سوءاً بسبب ظروف الطقس الأقسى. لهذا، وحتى سنة 1987 فقط، لم يقم أحد بتسلق القمة في الشتاء إلى أن قام شيرپا آنغ ريتا بصعوده الشتائي الأول وبغير أوكسجين. وهو ما يزال الإنسان الوحيد الذي قام بذلك ولعل ما ساعده على النجاح في ذلك إنما هو الطقس الحسن، وعلى نحو غير عادي في كانون الأول / ديسمبر من تلك السنة.

أحد البقاء حياً هناك بغير أوكسجين إضافي. والأذكياء منهم كانوا يدركون أن تقديرات الضغط الجوي كانت منخفضة جداً، مع ذلك ظلوا يجهلون ما مقدار ذلك الضغط فعلاً، في سنة 1981 فقط استطاعت الحملة الأمريكية للبحث الطبي إلى إيڤرست أن تقيس عملياً الضغط الجوي هناك، وذلك من قبل د. كرسي بيز والذي وجد أنه 253 تور. توضح هذه القصة أهمية تحديد كل متغير بأكثر ما يمكن من الدقة لدى إجراء أي حسابات، وكذلك الأخطاء التي يمكن أن تقع عندما يتم تقدير مثل هذه المتغيرات تقديراً بدلاً من حسابها بدقة، كما أن من المثير أن نلاحظ أنه لو كانت إيڤرست واقعة في

أحد القطبين لكان الضغط الجوي سيصير، بالحقيقة، أخفض بكثير من أن نبقى أحياء على القمة بغير أوكسجين إضافي.

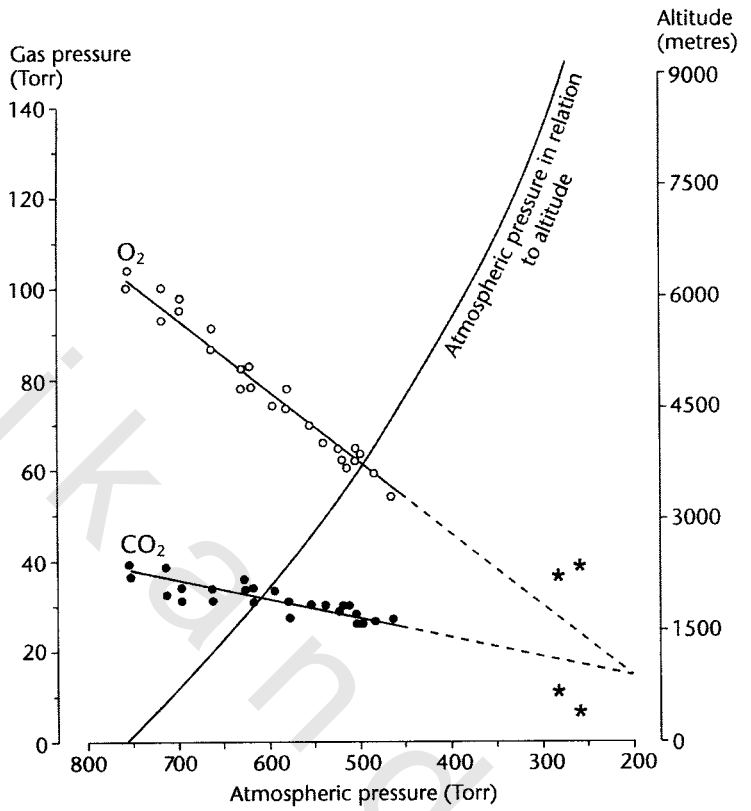
كذلك هناك مصدر آخر للخطأ نشأ لدى تقدير نسبة الأوكسجين في الرئتين على قمة إيڤرست، على أن أولى الدراسات المتعمقة لآثار التكيف طويل الأمد مع الارتفاعات العالية إنما قامت بها مابيل پيورفوي فيتزجيرالد خلال حملة جامعة أكسفورد إلى قمة پايك في كولورادو سنة 1911 بقيادة الفزيولوجي المتميز جون سكون هالدين. لقد درست فيتزجيرالد الفزيولوجيا كطالبة في أكسفورد، ففي تلك الأيام كان يسمح للنساء بإجراء امتحاناتهن (حق كان قد منح حديثاً) لكن دون أن تنشر أسماؤهن في لوائح الصف ولا يمنحن درجة. على أن مابيل ميزت نفسها بحصولها على علامات الصف الأول. ثم ظلت في أكسفورد تعمل في قسم الفزيولوجيا، وهي الفترة التي قامت في أثنائها بعدد من الدراسات حول التنفس. سنة 1911، وجنباً إلى جنب مع هالدين، غوردن دوغلاس (وهو عالم فزيولوجي بارز آخر)، وآخرين، قامت مابيل برحلة إلى قمة پايك، حيث الارتفاع 4302 م وهي من أعلى القمم في الولايات المتحدة. كان هدفهم أن يدرسوا آثار الارتفاع العالي على الجسم البشري (أجسامهم، بالحقيقة) لم تكن هذه الحملة شاقة كثيراً: فقد حملتهم مقطورة معلقة تعمل بقوة البخار مباشرة إلى قمة الجبل التي كان على رأسها كوخ صغير يعرف باسم بيت القمة. هنا أقام أفراد الفريق بنوع من الرفاهية النسبية، لكن باستثناء، مابيل ربما بسبب صعوبة تنظيم ترتيبات النوم. فقد أرسلت على متن بغل إلى ارتفاعات أدنى كي تفحص محتوى الدم من الخضاب ونسبة ثاني أوكسيد الفحم في هواء الزفير لدى عمال منجم محلي.

ولقد كوفئت جهودها خير مكافأة. إذ أثبتت المشاهدات الأقدم، وهي أن محتوى الدم البشري من الهيموغلوبين. وبالتالي عدد الكريات الحمر، يكون زائداً لدى الأفراد المتأقلمين. كذلك بينت معطياتها العلاقة الخطية

مابيل فيتزجيرالد مع أعضاء آخرين من الحملة الأنكلو ـ أمريكية إلى قمة پايك سنة 1911 (من اليسار إلى اليمين: هالدين، فيتزجيرالد، شنايدر، هندرسون ودوغلاس)

على نحو مدهش بين الارتفاع والضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم في الهواء الخارجي من الحويصلات الرئوية. عندما قدرت هذه العلاقة استقرائياً بالنسبة إلى ارتفاع 8848 م، وهو ارتفاع قمة إيڤرست، كان التكهن بأن الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم في الحويصلات الرئوية سيكون نحو 15 تور[10]. بهذه النسبة من ثاني أوكسيد الفحم، يكون الضغط الجزئي للأوكسجين في الرئتين هو 20 تور تقريباً، وهو أدنى كثيراً من حد بقاء الإنسان على قيد الحياة. لقد أدى هذا، وطوال سنين كثيرة إلى فكرة خاطئة هي أنه من المستحيل الوصول إلى قمة إيڤرست بغير أوكسجين إضافي. لكن من السهل، إذا ما استرجعنا الأشياء، أن نرى لماذا حدث ذلك الخطأ. لقد تبين أن العلاقة بين الارتفاع والضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم في

(10) لعل ما يجدر ذكره هنا أن مابيل نفسها لم تفعل ذلك.



تكون العلاقة بين الضغط الجوي ونسبة ثاني أوكسيد الفحم (Co_2) أو الأوكسجين (o_2) في رئات الناس المتأقلمين خطية حتى ارتفاع 5500 م (18000 قدم) حيث الضغط الجوي 400 تور. بعد ذلك تنحرف العلاقة عن خطيتها لأن الزيادة في معدل التنفس وعمقه تطرد مزيداً من ثاني أوكسيد الفحم من الرئتين وبذلك توفر فراغاً أكبر للأوكسجين. تدل الخطوط المتقطعة على مستويات ثاني أوكسيد الفحم والأوكسجين المتكهن بها مع افتراض أن تظل العلاقة خطية، فيما تدل الدوائر على المعطيات التي حصلت عليها مابيل فيتزجيرالد في حملة قمة پايك وأماكن أخرى. أما النجيمات فتدل على المعطيات التي حصل عليها د. كريس بيزو على قمة إيڤرست (أنظر الإيضاح المقابل).

الحويصلات الرئوية لا تعود خطية بعد ارتفاع 5500 م، وذلك بسبب التزايد الهائل في النفس نتيجة لذلك، فإن الضغط الجزئي للأوكسجين في الحويصلات على قمة إيڤرست أكبر بكثير مما تم التكهن به (35 تور بدلاً من 20 تور)، وبالتالي يمكن البقاء على قيد الحياة هناك بالحقيقة، كما أثبت

ذلك الكثير من متسلقي الجبال. العبرة هي أن من الخطر دائماً التقدير استقرائياً فيما وراء معطيات المرء (فقد توقفت مابيل على ارتفاع 4270 م) إذ لا ضمانة البتة لأن تبقى العلاقة هي ذاتها.

حياة عالية

على الرغم من أن انخفاض نسبة الأوكسجين هي الصعوبة الأولية التي يواجهها شخص يقف على قمة جبل عالٍ، إلاّ أن هناك عوامل أخرى، كالبرد مثلاً، التجفف، وحرقة الشمس، تثير مشكلات أخرى أيضاً. فالإشعاع الشمسي يكون شديداً على نحو غير عادي نظراً لأن الجو الأرق والأقل كثافة يجعل حجب الأشعة أقل ثم يتفاقم الأمر سوءاً نتيجة

د. كريس بيزو يأخذ عينة من غاز حويصلة رئوية على قمة إيڤرست خلال حملة البحث الطبي الأمريكية سنة 1981. إذ بعد كفاح مرير للوصول إلى القمة وتوقف للتمتع والإعجاب بالمنظر، انطلق إلى العمل ليجمع عينات من هواء حويصلات الرئوية ذاتها. فالفيزيولوجيا يمكن أحياناً أن تكون تحدياً جسدياً بقدر ما هي تحدٍّ فكري.

الانعكاسات المنطلقة من الثلوج والجليد مما يمكن أن يؤدي إلى حرقة شمس حادة. كما تتناقص الرطوبة مع الارتفاع، ذلك أن الانخفاض في درجة الحرارة والضغط الجوي إنما يعنيان انخفاضاً أيضاً في محتوى الهواء من بخار الماء. لذلك فإن التجفف، الذي يزداد سوءاً بازدياد سرعة التنفس، يغدو مشكلة ويغدو من الضروري أن تشرب قدراً كبيراً من الماء لتعويض الماء الذي يتبخر من الرئتين أثناء التنفس، وهي ليست دائماً بالمهمة السهلة، خاصة عندما يتعين عليك إمّا أن تحمل الماء معك أو أن تأخذ ما يكفي من الوقود لإذابة الثلج. على أن الأخطر من هذا كله هو البرد، إذ تهبط درجة الحرارة درجة مئوية واحدة تقريباً كلما ارتفعت (100 م)، ذلك أن التأثير العازل للجو يكون أقل، بسبب رقة الهواء، وبالتالي فإن قدراً أكبر من الحرارة ينفذ إلى الفضاء بواسطة الأشعة. أمّا النقصان في درجة الحرارة فيتضاعف بفعل الرياح العالية التي تؤدي إلى ما يسمى بعامل آخر هو «برد ـ الريح» لقد فقد الكثير من متسلقي الجبال أطراف أصابعهم أو أصابع أرجلهم بسبب قضمة الصقيع، ففي سنة 1998، أثناء الحملة الصاعدة على سفح إيڤرست سيِّئ السمعة، والمدعو كانفشائغ، فقد ستيڤ ڤينابل ثلاث أصابع ونصف الإصبع من رجليه في حين اضطر إد وبستر لأن يبتر ثلاثاً من أصابع رجليه والسلاميات الأخيرة لثماني أصابع من يديه، بينما قضى آخرون نحبهم. لماذا حدث هذا، وكيف يتغلب الجسم على الحواف الخطرة للبرد، هو ذا موضوع الفصل الرابع.

القيام بالغوص

عندما وصلت إلى پورتوريكو، لم أكن قد فتحت عيني أبداً تحت الماء، ناهيك عن الغوص إلى قاع البحر. لكن كان على هذا كله أن يتغير، فحين غادرت، كنت قد قمت بغوصتي ـ السكوبا الأولى إلى حيد بحري مرجاني، وتعلقت بالغوص مدى الحياة.

كانت وجهتي هي مؤسسة البحث في سان جوان، عاصمة پورتوريكو فأقمت في قلعة حجرية قديمة بنيت داخل سور المدينة على جرف صخري عال يطل على البحر، علماؤها منهمكون في دراسة كيف تعمل الخلايا العصبية، وما إذا كان هناك أي صلة بين الجهاز العصبي وجهاز المناعة، وكذلك دراسة المخلوقات الجميلة والنادرة التي كانت تعيش في الجزيرة والبحار المحيطة بها. علاوة على المختبرات، كان ثمة عدة مهاجع نوم للعلماء الزائرين مثلي أنا. كنت أقضي معظم وقتي في المعهد، لكن في مناسبتين اثنتين، أخذوني لزيارة السلاسل الصخرية المرجانية التي تحد الجزيرة. في رحلتي الأولى زودني أصدقائي بخزان غاز وصمام تحت الطلب ثم مشوا إلى جانبي في الماء الضحل الذي كان يحيط بالجزيرة المرجانية إلى أن أتعود على الجهاز لكن سرعان ما وجدت نفسي، وقد استغرقني تأمل سمكة صغيرة تتخبط على الرمل، أكافح طلباً للهواء، وهي المواجهة الصعبة التي لم يهب فيها رفيقي لإسعافي بل ظل يحاول دفع رأسي تحت سطح

الماء. وكنت ساخطة ـ إذ كان الغاز قد نفد. «لا عليك. كان جوابه» سنستمر نشرْكِل» (أي نسبح تحت الماء مزودين بأداة للتنفس).

بذلك تم إدخالي إلى الفردوس.

كان شعري يطفو أفقياً حول رأسي متحركاً هنا وهناك وبكل كسل وفق تحركي أنا في رقصة باليه تحت الماء بطيئة الحركة. فيما كانت أعداد هائلة من السمك، ألوانها لامعة براقة كالجواهر تسبح حولي. منها أسماك مخططة بالأزرق والأصفر زاهية صغيرة، ذات أجسام مسطحة تساعدها في الاختفاء ما إن تقع تحت ناظري أحد، وحشود من أسماك أخرى تلتف وتدور في تناغم رائع وهي تشق طريقها عبر شقوق الحيد الصخري. كذلك كانت ثمة أسماك ببقع أرجوانية وسوداء وعيون تحدق من زعانف ذيولها، وأسماك على ظهرها زعانف تنجر إثرها مثل أعلام خفاقة. وأسماك مرصعة المتون بالفضي والأزرق أو ذات معاطف مبقعة زاهية الألوان. فيما مر بجانبي قطيع من سمك الأخفس شديد الرمادية والبنية، بوجوهه الحزينة وهو يمخر العباب ببطء وتثاقل. كما غطست سمكة مرجانية اللون ذات بقع وردية وزيتونية بحثاً عن ساتر. كنت أمسك بيدي حقيبة لدائنية صغيرة تحوي فتات جبن، فتحتها قليلاً فأحاط بي فجأة حشد من السمك التواق للطعام وقد جذبته رائحة الجبن. وكم استغربت أن ذلك السمك يستهويه الجبن. شيء ما قبّل قدمي، نظرت إلى الأسفل فرأيت سمكة صغيرة ذات شفاه بارزة مطاطية تقضم كاحلي قضماً رقيقاً. لقد كنت مستغرقة في ذلك العالم تحت المائي الرائع الجمال إلى درجة لم ألاحظ إلاّ بالكاد أن علي أن أخرج إلى السطح طلباً للهواء من حين إلى حين.

بعد ثلاثة أيام، كان الفجر رمادياً ملبداً بالغيوم، وكانت بداية لا تدعو كثيراً للتفاؤل من أجل غوصتي ـ السكوبا الأولى. ظل رفاقي يكررون على مسامعي التعليمات طوال رحلتنا إلى مكان الغوص. «ظلي قريبة منا... أي

مشكلة، الرأس إلى السطح... تذكري، ازفري حينما تصعدين... لا تصابي بالبرد...» وكنت أصغي بانتباه شديد. وصلنا فبدأنا نتواثب فوق الأمواج باتجاه الحيد الصخري، الرأسي في جوار جزيرة صغيرة مغطاة بالأشجار. وكان الزورق يتأرجح إلى الأعلى والأسفل مع حركة الموج. فيما كانت غيوم مبرقة مرعدة تتجمع في السماء. حدقت النظر جانباً، مجهدة نفسي لأن أرى الحيد، لكن الرؤية كانت بالغة السوء، فعاصفة اليوم السابق كانت قد جرفت معها قدراً كبيراً من الرمل. بحرص شديد نزلت في الماء المعتم، حركت زجاجات الغاز الثقيلة على ظهري لتأخذ وضعاً مريحاً ثم ثبتت حزام الوزن. كنت أتوقع أن أغرق لكن بدوت قابلة للطفو وعلى نحو مدهش.

«لا تقلقي». قال لي أحدهم «فقط تمسكي جيداً بسلسلة المرساة وامشي بثبات تحتها. ونحن سنكون معك مباشرة».

حاولت أن أطبق تعليماتهم، لكن رغم كل ما بذلت من جهد كي أنزل إلى الأسفل وأنا أستخدم سلسلة المرساة، يداً فوق يد، ظللت ولسر لا أدري كنهه، ثابتة فوق السطح. كما بدا وكأنني لا أحصل على أي هواء من خزاني. لاحظ أحد رفاقي ما أواجهه من صعوبات فصاح:

«ما الأمر؟ هل أنت خائفة؟»

«أجل» قلت برقة، إذ أدركت فجأة أنني كنت خائفة.

فكل تلك القصص التحذيرية عن ضرورة إطلاق الأنفاس خلال صعود طارئ لتفادي انفجار الرئتين كانت قد تركت آثارها العميقة في نفسي.

«حسن» أجاب «اصعدي إلى القارب. ليس باستطاعتك أن تغوصي إن كنت خائفة».

«لكن...».

«لا، آسف، ارجعي إلى القارب».

بأسىٰ انقلبت إلى جانبي ثم انزلقت على بطني إلى الأمام مثل فقمة تُسحَب سحباً. فيما رفاقي تجمعوا معاً، أشاروا برؤوسهم إلى بعضهم بعضاً ثم مالوا إلى الوراء على جانب القارب وبحركة واحدة مضوا جميعاً. أمّا أنا فجسلت في القمرة ملء عيني الدموع، بينما كان المطر قد بدأ يتساقط في البحر من حولي بصوت حفيف، كنت أشعر وكأنني قد نُبِذت شعور لم يحل دونه إدراكي بأن الخطأ كله كان خطأي. لقد أتيحت لي الفرصة لكنني، وبكل بساطة، خفت أن أمسك بها.

صرخة أيقظتني من حلمي، فقد ظهر شكل أسود يقطر ماء من البحر، أزاح قطعة التنفس الفمية ثم تكلم «هل أنت جاهزة الآن؟ ما يزال لدي ساعة من الهواء أتريدين أن تأتي وتري الحيد الصخري؟».

هذه المرة كان الأمر سهلاً. فلم أواجه مشكلة في النزول إلى الأسفل ولم أعان من صعوبة التنفس ذاتها. حينذاك علمت، أنني، لخوفي، كنت قد ملأت رئتي بالهواء، لكنني نسيت أن أزفره. لذلك ازدادت قابلية طفوي كثيراً ولم يكن باستطاعتي أن أتنفس، ليس لأنه لم يكن هناك هواء في خزاني، بل، وبكل بساطة، لأن رئتي كانتا مليئتين بالهواء مسبقاً.

غطست تحت السطح فتبدى الحيد الصخري منتفخاً أمام عيني. وكانت تجربة مثيرة بالنسبة إلى شخص تدرب كعالم حيوان مثلي. لقد استطعت أن أقضي ساعات وأنا أراقب فقط بقعة واحدة صغيرة من الحيد الصخري، وقد كان بإمكاني أن أفعل ذلك بما لدي من احتياطي هواء. كانت ثمة ديدان متعددة الهلب، تبسط أجسامها وتقبض باستمرار، فاتحة بزعانفها الرئيسية الأشبه بالزهرة على أطرافها ثم مفلتة إياها كي تنخل الماء بحثاً عما فيه من كائنات بالغة الصغر تعيش عليها وتقتات. فيما كان سرطان صغير لا يرى إلاّ بصعوبة وهو يجثم ساكناً بينها، فقط لمعة عينيه كانت تدل على وجوده. وكانت شقائق البحر، باستطالاتها التي تتموج ببطء، ورصانة

في التيار بانتظار أن يثيرها محرض ما، بانتظار أن تحين الفرصة وتقترب الفريسة سيئة الحظ لتتكور حولها في الحال. فيما كانت سمكة ببغائية متألقة بألوانها الأرجوانية والبيضاء تحتمي بذراعيها. وكان المرجان نفسه عبارة عن أعداد لا تحصى من البوالب الأشبه بالأزهار لكنها حيوانات فعلاً، يثب بعضها على بعض بطرق بروتوبلازمية تمر عبر الدرع القرني الواقي الذي تفرزه المستعمرة المرجانية. داخل خلاياها، تؤوي البوالب المرجانية أشنات وحيدات الخلية خضراء ـ زرقاء قادرة على التركيب الضوئي تبث ثاني أوكسيد الفحم الجوي، وبذلك تقدم الغذاء لمضيفها لكنها تشي بوجود حياة في المنبسطات العليا الخفيفة من البحر، إنه تزاوج بين النبات والحيوان، الشريكين في الحياة، ذو أهمية بالغة بالنسبة إلى دورة الفحم على الأرض، ذلك أن البولب المرجاني ينفلق على ثاني أوكسيد الفحم ليحوله إلى فحمات الكالسيوم ثم يرصفه جنباً إلى جنب ليشكل الحيد الصخري، والحيد الصخري مستعمرات متراكزة الطبقات مزخرفة بالأصفر والبنفسجي الغامق، قوية، ذات جهاز عصبي حسن النمو وهي في حداثتها، لكن ما إن تصل إلى متوسط العمر حتى تتخلى عن وجودها النشط. إذ تثبت نفسها على صخرة ولا تتحرك بعد ذلك أبداً. فتفقد، وهي في حالة القعود هذه، جهازها العصبي، إذ لا تعود بحاجة إليه ولعل هذا إنذار شديد اللهجة لمن لا يقوم منا بممارسة الحركة والرياضة على نحو كافٍ.